

Manager Operațional

Ing. **Nicolaie Ghinea**

Colectiv de elaborare

M.Sc. ing. **Adrian Vilcan**, modelare macro-mezoscopica



dr.ing. **Valentin Anton** modelare microscopica



Ivana Martin, consultant mobilitate



ing. **Eugen Ionescu** consultant



CUPRINS

1. GENERALITATI ASUPRA CADRULUI DE INTOCMIRE A STUDIULUI	6
1.1 Conceptul de abordare a studiului - mobilitatea in mediul urban si periurban	6
2. MODELAREA TRAFICULUI RUTIER	8
2.1 Considerații asupra conceptului de modelare a traficului de vehicule	8
3. OBIECTIVELE STUDIULUI DE TRAFIC.....	12
3.1. Etape de studiu	13
3.1.1 Culegerea de date	13
3.1.2 Analiza la nivel macro/mezocopic cu Modelul de Transport Metropolitan București-Ilfov in VISUM.....	13
3.1.3 Analiza la nivel microscopic	15
3.2. Date sintetice folosite pentru delimitarea zonei de studiu	15
4. MASURATORI DE DEBITE DE TRAFIC SI PRELUCRAREA DATELOR.....	16
5. STUDIU ASUPRA DESFASURARII TRAFICULUI DE VEHICULE LA NIVEL DE RETEA SI IN INTERSECTII.....	18
5.1 MODELAREA MACROSCOPICA A DESFASURARII TRAFICULUI RUTIER	18
5.1.1. Modelul de transport urban si bazele de date aferente.....	18
5.1.2 Analiza macro – mezo a situației actuale a desfășurării traficului.....	26
5.1.3 Scenariul fără Pod Teclu cu cererea de mobilitate actuala.....	33
5.1.4 Scenariul cu Pod Teclu	38
5.2. MODELAREA MICROSCOPICA A DESFASURARII TRAFICULUI RUTIER	43
5.2.1. Considerații generale	43
5.2.2. Programul de modelare folosit “Synchro”.....	43
5.2.3. Parametrii de analiza folositi de “Synchro si SimTraffic”.....	44
5.2.4 Analiza microscopica a desfasurarii traficului de vehicule in intersectia la nivel	52
6. ANALIZA DESFASURARII DEPLASARILOR PRIN MODELARE MACRO-MEZOSCOPIC ..	56
6.1 Aspecte Generale.....	56
6.2 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in situația actuala	57
6.3 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in cazul scenariului fără Pod Teclu fără pasaje Bd. Th. Pallady	57
6.3 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in cazul scenariului cu Pod Teclu fără pasaje Bd. Th. Pallady	58
6.4 ANALIZA DESFASURARII DEPLASARILOR PRIN MODELARE MICROSCOPICA.....	58
6.5 EFECTE LA NIVEL DE RETEA	62
6.6 IMPACTUL ASUPRA EMISIILOR de CO2 ECHIVALENT si a CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL	63

LISTA DE FIGURI

Fig. 1 – Aria de studiu pod Teclu.....	15
Fig. 2 – Trafic recenat AM si PM	16
Fig. 3 – Schema metodologiei de realizare a modelului de transport in 4 pași	19
Fig. 4 – Distribuția Modală în funcție de Deținerea de Autovehicule	23
Fig. 5 – Debite de trafic - situația actuala de circulație ora de vârf de dimineață AM - vet/ora, vedere de ansamblu	29
Fig. 6 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate pe bara dintre intersecții - situația actuala de circulație ora de vârf de dimineața AM, vedere de ansamblu.	30
Fig. 7 – Debite de trafic - situația actuala de circulație ora de vârf de după amiaza PM - vet/ora, vedere de ansamblu	31
Fig. 8 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate pe bara dintre intersecții - situația actuala de circulație ora de vârf de după amiaza PM, vedere de ansamblu	32
Fig. 9 – Debite de trafic – fără pod Teclu, ora de vârf de dimineață AM - vet/ora, vedere de ansamblu	34
Fig. 10 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate pe bara, ora de vârf de dimineața AM, vedere de ansamblu.....	35
Fig. 11 – Debite de trafic - scenariul fără pod Teclu, ora de vârf de după amiaza PM - vet/ora, vedere de ansamblu	36
Fig. 12 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de după amiaza PM, vedere de ansamblu.....	37
Fig. 13 – Debite de trafic – cu pod Teclu, ora de vârf de dimineață AM - vet/ora, vedere de ansamblu	39
Fig. 14 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate pe bara, ora de vârf de dimineața AM, vedere de ansamblu.....	40
Fig. 15 – Debite de trafic - scenariul cu pod Teclu, ora de vârf de după amiaza PM - vet/ora, vedere de ansamblu	41
Fig. 16 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de după amiaza PM, vedere de ansamblu.....	42
Fig. 17 – Acumularea sosirilor in intersecție si plecările pe durata perioadei suprasaturate de trafic	47
Fig. 18 – Codificarea direcțiilor de deplasare in intersecție	54
Fig. 19 – Indici de Utilizare a Capacității	60
Fig. 20 – Nivele de serviciu	61
Fig. 21 – Întârzieri in intersecții.....	62

LISTA DE TABELE

Tabelul 1	Variabilele explicatorii si parametrii estimati	21
Tabelul 2	Parametrii modelelor gravitationale	22
Tabelul 3	Parametrii modului lent de călătorie	24
Tabelul 4	Parametrii modali folosiți la calibrarea alternativelor modale	26
Tabelul 5	Efecte la nivel global de rețea, zi de lucru normala, orele de vârf AM si PM – Veh-ora si Veh-km	62
Tabelul 6	Efecte la nivel global de rețea, la nivelul unui an de zile – Veh-ora si Veh-km	63
Tabelul 7	Emisii CO ₂ ech si consum combustibil ora de vârf de dimineață AM, fără Pod Teclu, tone/an	64
Tabelul 8	Emisii CO ₂ ech si consum combustibil ora de vârf de dimineață AM, cu pod Teclu, tone/an	65
Tabelul 9	Emisii CO ₂ ech si consum combustibil ora de vârf de după amiaza PM, fără Pod Teclu, tone/an	66

Tabelul 10	Emisii CO ₂ ech si consum combustibil ora de vârf de după amiaza PM, cu pod Teclu, tone/an	67
Tabelul 11	Reducere emisii CO ₂ ech pe an, tone/an.....	68
Tabelul 12	Reducere consum de combustibil pe an, tone/an	68

Prezentul studiu de trafic a fost realizat la solicitarea societății comerciale “QUADRATUM ARCHITECTURE s.r.l., cu sediul în București, Sectorul 6, Calea Plevnei nr. 145B”, care în calitate de Proiectant General, dorește realizarea estimărilor privind performanța traficului și estimărilor a efectelor atât la nivelul Municipiului București cât și la nivel local al realizării Podului Teclu peste râul Dambovita, la intersecția Splaiul Unirii – Str. N. Teclu. Beneficiarul final al investiției este Primăria sectorului 3 - București.

Studiul de trafic abordează o serie de analize pentru estimarea impactului asupra performanței traficului a pasajului și asupra măsurilor ce pot fi luate pentru creșterea accesibilității parcurii propuse și a performanței traficului în aria de studiu. De asemenea, se identifică și cuantifică efectele implementării proiectului pentru toată zona București-Ilfov, ca efect al realizării pasajului. Analizele de trafic se vor realiza prin modelare numerică de tip microscopic utilizând aplicațiile informatice: VISUM Expert 2022 - licența AV TRANSPORT PLANNING SRL, și Synchro10/ Synchro 11 și SimTrafic. Beneficiarul final al investiției este Primăria sectorului 3 - București.

1. GENERALITĂȚI ASUPRA CADRULUI DE ÎNTOCMIRE A STUDIULUI

1.1 Conceptul de abordare a studiului - mobilitatea în mediul urban și periurban

Din punct de vedere istoric, termenul *Mobilitate urbană* a apărut în urmă cu circa 50-60 de ani. Noțiunea de mobilitate se definește ca termen de cuantificare a activității urbane, ca rezultat al puternicelor dezvoltări tehnologice legate de transporturi în perioada menționată.

Abordarea deplasărilor zilnice și a problematichilor de transport s-a dezvoltat continuu trecând de la o disciplină tehnică, apanajul culturii ingineresti, la un concept pluridisciplinar în care sunt angrenați specialiști din domenii diferite: arhitectura, urbanism, sociologie, drept, mediu, medicina ș.a. Mobilitatea urbană capătă în zilele noastre conotații economice importante, acestea fiind direct

legate de ceea ce numim dezvoltarea “*mobiliara urbana*”. In aceste conditii deplasările în oraș nu sunt doar o problemă tehnică, ci și una economica, ce presupune practici de planificare și proiectare urbană.

Într-un înțeles general, în domeniul de studiu al orașului și al vecinatatilor, *mobilitatea definește capacitatea de deplasare a persoanelor, mărfurilor și activităților fiind determinată și legată de spațiu*, atât ca urmare a existenței unei distanțe de parcurs, cât și ca urmare a motivației sale fundamentale „*accesibilitatea activităților localizate*, pe care le relaționează în acest sens putând fi numită și *mobilitate spațială*.”

Pe plan administrativ “*Mobilitate Urbană și Periurbana*” vizează crearea unui sistem de transport durabil prin:

- Facilitarea accesului tuturor persoanelor la locurile de muncă și la servicii.
- Îmbunătățirea siguranței și securității rutiere.
- Reducerea poluării, a emisiilor de gaze cu efect de seră și a consumului de energie.
- Creșterea eficienței și a eficacității costurilor pentru transportul de persoane și mărfuri.
- Creșterea atractivității și a calității mediului urban.

Este cunoscut faptul ca în practica proiectării, studiile de trafic au ca scop furnizarea de informații cu privire la modul de efectuare a deplasărilor de persoane și bunuri. În acest sens, în literatura de specialitate sunt menționate în principal, două categorii de studii de trafic ce pot fi întocmite: *studii macroscopice și studii microscopice*.

2. MODELAREA TRAFICULUI RUTIER

2.1 Considerații asupra conceptului de modelare a traficului de vehicule

Studiile de trafic analizează deplasarea vehiculelor pe rețele rutiere sub forma fluxurilor de trafic. Din acest punct de vedere se constată că traficul rutier se poate desfășura în “*flux continuu*” (fără opriri sau întâzieri) sau sub forma de “*flux intrerupt*”. În practică, prima categorie de trafic corespunde deplasărilor în afara localităților, pe drumuri sau autostrăzi. Categoria a doua (flux intrerupt) reprezintă situația desfășurării traficului în mediul urban. Fragmentarea deplasărilor de vehicule pe artere rutiere este determinată de prezența intersecțiilor și de prezența trecerilor de pietoni. În acest mod se poate înțelege că deplasarea vehiculelor prin intersecții determină o limitare a timpului în care un flux de circulație poate traversa intersecția în decursul unității de timp (ora).

Studiile macroscopice estimează numărul de deplasări (persoane și bunuri), ce pot fi efectuate pe o rază extinsă (o țară, o regiune, o metropolă, etc.). Pe baza acestor studii, se poate stabili numărul de deplasări actuale, precum și numărul de deplasări în perspectivă (traficul actual și traficul de perspectivă). În practică proiectării traseelor rutiere aceste studii stabilesc traficul de calcul pentru dimensionarea structurală a sistemelor rutiere și a lucrărilor de artă. Studiile macroscopice furnizează prognoze asupra modului în care se desfășoară deplasările în zona analizată și formulează recomandări asupra modului în care trebuie concepută rețeaua rutieră. Studiile macroscopice de trafic sunt recomandate a fi realizate în fazele premergătoare a studiilor de urbanism general sau zonal ce afectează spații geografice mari. Aceste studii necesită multiple cercetări și investigații preliminare multi-disciplinare (economice, sociale, administrative, geodezice, etc.). Studiile macroscopice de trafic implică mobilizarea de fonduri apreciabile care adesea afectează semnificativ bugetele proiectelor.

Studiile Mezoscopice se realizează pe o arie extinsă, fiind bazate pe principiile studiilor macroscopice și considerând elementele studiilor microscopice, în principal detalierea rețelei stradale la nivel de elemente geometrice și a controlului traficului în intersecții în funcție de tipul acestora (intersecții cu reguli

de prioritate, senzori giratorii, intersecții semaforizate). Astfel, aceste studii combina avantajele studiilor macroscopice și a celor microscopice.

Studiile microscopice se realizează pe zone limitate, în care se face un relevu exact al tramei rutiere (elemente geometrice). În cadrul studiilor microscopice se analizează deplasarea vehiculelor și a pietonilor pe baza investigațiilor de trafic. Studiile microscopice oferă soluții ce ajută procesul de proiectare sub următoarele aspecte: organizarea circulației rutiere, optimizarea deplasărilor de vehicule și pietoni, proiectarea arterelor noi de circulație, îmbunătățirea elementelor geometrice a arterelor de circulație existente, organizarea semnalizării și semaforizării rutiere pe trama rutieră existentă.

Principiile de modelare în studiile microscopice au în vedere deplasarea vehiculelor pe rețele rutiere considerând mișcarea “*individuală*” a acestora. Modelele create cu ajutorul tehnicii informaționale, oferă utilizatorului posibilitatea analizelor complexe asupra variantelor de organizare a circulației

2.2. Utilizarea tehnicii informaționale în studiile de trafic microscopice

Realizarea unui transport eficient necesită în permanență o atență analiză și o evaluare a modului în care se desfășoară deplasările.

Utilizarea tehnicii informaționale, a programelor specializate pentru domeniul ingineriei de trafic, reprezintă un domeniu de activitate cu multiple avantaje pe planul analizei și optimizării soluțiilor de transport. În acest sens, semnalăm posibilitatea de a realiza analize ale modului în care se desfășoară traficul rutier folosind *conceptul de modelarea numerică*. Această abordare oferă specialiștilor posibilitatea modelării pe calculator a rețelelor rutiere urbane (artere și intersecții) prin generarea elementelor geometrice și declararea în intersecții a valorilor de trafic pentru care se dorește modelarea.

Dintre produsele I.T. larg utilizate in domeniul planificarii urbane pentru studiile de trafic mentionam programele din pachetele “*Visum*” dezvoltat de Grupul PTV din Germania si “*Synchro*” dezvoltat de compania Trafficware - USA .

Programul VISUM are capabilitatea de a integra atat modele de transport complexe in 4 pasi – simulari la nivel macroscopic, cat si simularea la nivel mezosopic considerand configuratia detaliata a retelei stradale si a intersectiilor, precum si modul de control al acestora, considerand intarzierile in intersectii pe directii de deplasare (conform H.C.M. 2010), asigurand astfel o integrare intre alegerea rutelor multiple la nivel de retea si analiza detaliata a intersectiilor si retelei stradale din perspectiva performantei traficului.

Programele “Synchro” si “SimTraffic” sunt dezvoltate de compania “Trafficware” din Albany – U.S.A., ele face parte din categoria softurilor “*microscopice*” specializate pentru modelarea traficului de vehicule si pietoni in intersectii. Programulele sunt dezvoltate pe baza algoritmilor de calcul cuprinsi in manualul de capacitate (H.C.M.2010 si H.C.M.6th), elaborat sub coordonarea organizatiei “*Transportation Research Board*” (membra a institutiei academice americane “*The National Academies*”). Programulele de calcul realizeaza modelarea retelelor rutiere urbane (artere si intersectii) prin generarea elementelor geometrice si declararea in intersectii a valorilor de debite de trafic pentru care se doreste studiul.

Aplicatia “*SimTraffic*” care insoteste programul Synchro, permite utilizatorului simularea deplasarilor, oferind utilizatorului un set complet de informatii legate de calitatea desfasurarii traficului. De asemenea, aplicatia ofera posibilitatea vizualizarii, pe modelul digital al intersectiilor, circulatia vehiculelor in sistem animat, precum si scheme ale intersectiilor, in care sunt evidentiata rezultatele procesului de simulare , parametrii de trafic.

Programele de calcul mentionate mai sus pot furniza o paleta larga de informatii asupra desfasurarii traficului de vehicule si pietoni:

-
- Intarzieri ale vehiculelor la accesul in intersectii (sec/veh);
 - timpul de stationare a vehiculelor la intrarea in intersectie (sec/veh);
 - raportul vol/capacitate,
 - viteze medie de circulatie in intersectii (km/h);
 - consum de carburant (km/l);
 - numarul de vehicule ce nu pot intra in intersectie pe faze de verde;
 - lungimi ale sirurilor de vehicule ce se acumuleaza la accese in intersectii.

Pe baza acestor date se pot realiza optimizări ale desfășurării traficului rutier ce oferă o serie de avantaje:

- Sistematizarea si gestionarea datelor de trafic înregistrate din măsurători;
- Realizarea de modele de trafic pentru valori actuale ale traficului de vehicule;
- Formularea unor estimări asupra desfășurării circulației in perspectiva;
- Realizarea unor variante de optimizare a desfășurării traficului.
- Formularea de recomandării pentru proiectarea elementelor geometrice ale intersecțiilor.

3. OBIECTIVELE STUDIULUI DE TRAFIC

În concordanță cu solicitarea beneficiarului, studiul de trafic abordează o serie de analize de specialitate pentru estimarea impactului realizării podului Teclu peste râul Dâmbovița pe Splaiul Independenței..

Principalele intersecții analizate sunt:

- Splaiul Independenței – Str. N. Teclu;
- Splaiul Independenței – DN CB.

Considerându-se și date recenzate de trafic din alte intersecții din aria de studiu.

Prezentul studiu de trafic cuprinde două paliere principale de analiza:

- ➔ ***Analiza desfășurării traficului pentru situația existentă.***
- ➔ ***Analiza desfășurării traficului pentru perspectiva, după realizarea investițiilor propuse.***

Pentru fiecare componentă de analiză s-au realizat următoarele abordări de calcul:

- ***analiza macro-mezo de simulare utilizând aplicația „VISUM”***
- ***analiza microscopică a utilizând aplicațiile „Synchro” și „SimTraffic”.***

Prezentul studiu de trafic analizează pe de o parte modul în care investițiile în curs de realizare (pasajele supraterane), influențează deplasările pe rețeaua rutieră, și pe de altă parte în studiul de trafic, se formulează estimări asupra modului în care se vor desfășura deplasările vehiculelor în zona urbană analizată.

Analizele de trafic de tip *macro-mezoscopic* sunt realizate cu scopul de a obține informații generale cu privire la modul în care se vor redistribui deplasările de vehicule ținând seama de aportul ce îl vor avea viitoarele pasaje denivelate. În acest sens, analizele de trafic oferă informații asupra principalilor parametrii de trafic estimați atât la nivelul zonei urbane analizate, dar la nivelul Zonei Metropolitane București-Ilfov. Analizele de trafic *macro-mezoscopic* au analizat timpul total petrecut în trafic și parcursul vehiculelor, la orele de vârf dimineață (AM) și după amiaza (PM), în zi normală de lucru și în zi nelucrătoare în contextul modelului de trafic al Municipiului București.

Modelele de trafic realizate au la baza „Modelul de Transport Metropolitan București-Ilfov”. Modelarea deplasărilor s-a realizat prin calibrarea datelor din modelul de transport in care s-au adăugat datele de trafic obținute din investigații de pe teren, („sondaj de trafic”), in intersecțiile din zona analizata.

In cadrul studiului de trafic sunt analizate condițiile de efectuare a deplasărilor in acord cu soluție tehnica cuprinsa in proiectul elaborat de "ASOCIEREA: QUADRATUM ARCHITECTURE & YARDMAN & EURO BUILDING IDEEA & EAST WATER DRILLING" in calitate de Proiectant General.

3.1. Etape de studiu

In cadrul prezentei lucrării au fost realizate următoarele etape:

3.1.1 Culegerea de date

- Releveul arterelor rutiere si intersecțiilor cuprinse in zona urbana analizata.
- Prelucrarea statistica a valorilor de debite de trafic recenzate de catre consultant in intersecțiile menționate mai sus. S-au considerat pentru o zi de lucru intervalul orar 7.00 – 10.00 ca vârf dimineață (AM) si intervalul orar 16.00 – 19.00 ca vârf după amiaza (PM).
- Echivalarea debitelor de vehicule recenzate in debite de trafic exprimate in v.e.t..

3.1.2 Analiza la nivel macro/mezocopic cu Modelul de Transport Metropolitan București-Ilfov in VISUM

- Calibrarea matricelor OD (Origine-Destinație) pentru orele de vârf AM si PM zi de lucru, si sâmbătă ora de vârf din intervalul orar 10:00-13:00.
- Analiza situației actuale si a scenariului fără proiect:
 - Fluxurile de circulație in veh. etalon/ora pe fiecare artera stradala in aria de studiu si in zona metropolitana București-Ilfov;
 - Raportul Volum/Capacitate pe fiecare artera stradala in aria de studiu si in zona metropolitana București-Ilfov;

- Fluxurile de circulație in intersecții in veh etalon/ora pe direcții de deplasare;
- Timpul de parcurs si viteza medie de circulație pe fiecare artera stradala;
- Nivelul de Serviciu global si întârzierea medie in fiecare intersecție;
- Rezerva de capacitate pe direcție de deplasare in fiecare intersecție;
- Performanta traficului in veh-ora si veh-km la nivelul întregii rețele.
- Stabilirea scenariului cu proiect – cu pod Teclu.
- Analiza scenariului cu proiect:
 - Fluxurile de circulație in veh. etalon/ora pe fiecare artera stradala in aria de studiu si in zona metropolitana București-Ilfov;
 - Raportul Volum/Capacitate pe fiecare artera stradala in aria de studiu si in zona metropolitana București-Ilfov;
 - Fluxurile de circulație in intersecții in veh etalon/ora pe direcți de deplasare;
 - Timpul de parcurs si viteza medie de circulație pe fiecare artera stradala;
 - Nivelul de Serviciu global si întârzierea medie in fiecare intersecție;
 - Rezerva de capacitate pe direcție de deplasare in fiecare intersecție;
 - Performanta traficului in veh-ora si veh-km la nivelul întregii rețele
- Estimarea efectelor implementării Scenariului cu pasaje:
 - Fluxurile de circulație si raportul Vol/Cap la nivelul întregii rețele;
 - Câștigul de timp global, in veh-ora zi de lucru si zi de sâmbătă;
 - Impactul global asupra parcursului exprimat in veh-km.
- Extragerea datelor pentru analiza la nivel microscopic.
- Raport estimare impact implementare proiect la nivel macro/mezoscopic.

Nota: deoarece la momentul realizarii podului Teclu nu erau realizate pasajele de la IKEA pe Bd. Theodor Pallady, s-a considerat ca in ambele scenarii fara pod

Teclu si cu pod Teclu, pasajele nu sunt realizate. Aceasta abordare ajuta la estimarea impactului doar datorita realizarii podului Teclu ca element de infrastructura rutiera.

3.1.3 Analiza la nivel microscopic

Aceasta analiza s-a realizat pentru scenariile: circulație cu pod Teclu, considerând:

- Relevul intersecțiilor cuprinse in modelele numerice: alcătuire geometrica, fluxuri de trafic, reglementari de circulație.
- Realizarea modelelor de trafic ale circulației rutiere pentru:
 - zi lucrătoare dimineața AM, după amiaza PM
 - zi nelucrătoare interval orar 10:00-13:00).
- Evidențierea valorilor pentru principalii parametri de trafic.
- Interpretarea rezultatelor, concluzii si recomandări.

3.2. Date sintetice folosite pentru delimitarea zonei de studiu

In figura 1 este prezentata aria de studiu.

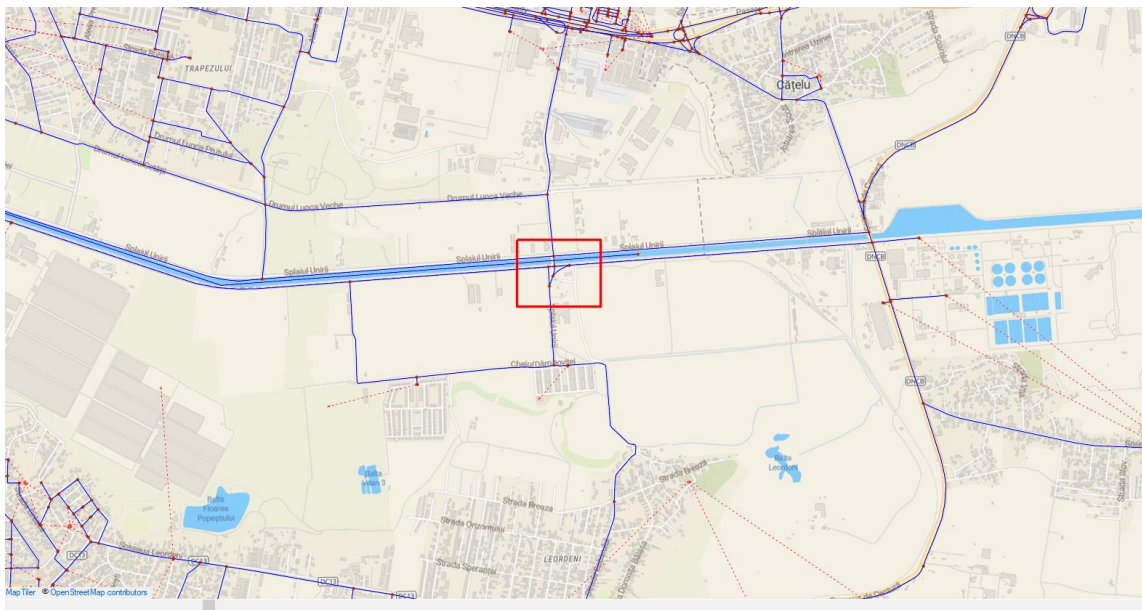


Fig. 1 – Aria de studiu pod Teclu

[<https://www.openstreetmap.org>]

4. MASURATORI DE DEBITE DE TRAFIC SI PRELUCRAREA DATELOR

În vederea întocmirii studiului de trafic în cadrul prezentei lucrări, a fost realizată și recenzarea traficului realizată de către consultant în intersecția Splaiul Unirii – Str. N. Teclu. Prelucrările de debite de trafic s-au realizat în intersecții în cursul lunii august 2023. Investigațiile au fost realizate astfel:

- În zi de lucru din timpul săptămânii, intervalele orare 07:00-10:00 și 16:00-19:00;

Principalele intersecții considerate sunt:

- Splaiul Independenței – Str. N. Teclu;

În afara de intersecțiile menționate mai sus, au fost utilizate recenzări de trafic recente și în alte intersecții, așa cum se prezintă în figura de mai jos.

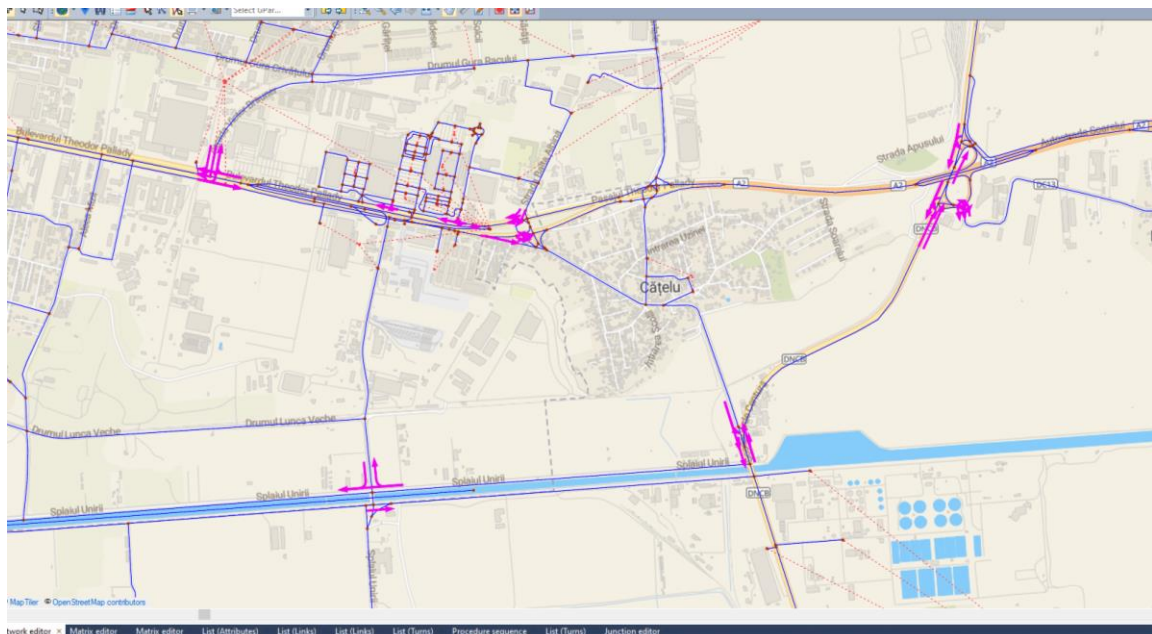


Fig. 2 – Trafic recenzat AM și PM

Investigațiile de trafic evidențiază debitele de trafic pe direcțiile de deplasare și pe categoriile de vehicule.

Debitele de trafic înregistrate au fost utilizate pentru calibrarea cererii de mobilitate în *Modelul de Transport București – Ilfov* pentru fiecare ora de vârf în parte.

Alegerea intervalului orar pentru efectuarea măsurătorilor

Înregistrările de debite de trafic au fost realizate pe categorii de vehicule pentru fiecare direcție de deplasare. Măsurătorile efectuate în zona, au fost realizate în zile lucrătoare, în intervalele orare: dimineață (AM) 07.00 – 10.00 și după amiaza (PM) 16.00 – 19.00. Aceste intervale orare reprezintă perioade de timp în care se înregistrează de regulă valori ridicate ale debitelor de trafic.

5. STUDIU ASUPRA DESFASURARII TRAFICULUI DE VEHICULE LA NIVEL DE RETEA SI IN INTERSECTII

5.1 MODELAREA MACROSCOPICA A DESFASURARII TRAFICULUI RUTIER

5.1.1. Modelul de transport urban si bazele de date aferente

Un model de transport reprezintă modul in care este constituita cererea de mobilitate, atât pentru persoane cat si pentru marfa, modul in care se distribuie deplasările între Origine si Destinație, modul in care se distribuie deplasările între diferite moduri de transport (rutier, cale ferata, naval, aerian, transport public) si modul in care se realizează aceste deplasări, cu diferite moduri de transport, pe rețeaua de transport aferenta acestuia.

Pentru a explicita aspectele enunțate mai sus, prezentam succint metodologia de realizare a unui model de transport in patru pași. Metodologia cuprinde etapele de calcul a deplasărilor pornind de la faza de generare a deplasării si încheind la atingerea destinației.

In figura 3 se prezintă schema metodologiei de realizare a modelului de transport in 4 pași, împreuna cu datele care sunt folosite pentru calibrarea si utilizarea acestuia. Bazele de date utilizate la calibrarea modelului sunt prezentate la modul general in aceasta etapa.

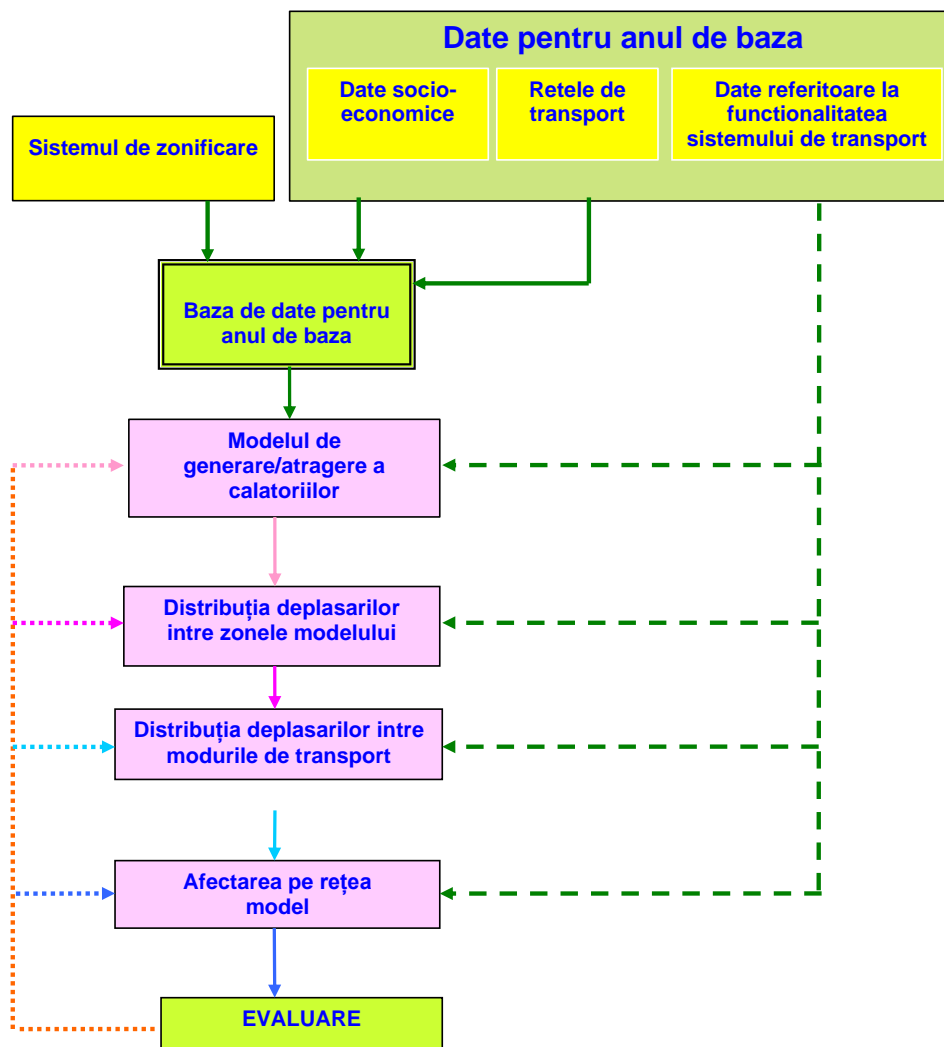


Fig. 3 – Schema metodologiei de realizare a modelului de transport in 4 pași

Calibrarea modelului de transport

Calibrarea modelului de transport consta in estimarea parametrilor ecuațiilor ce reprezintă legătura dintre factorii de generare a traficului si/sau factorii ce determina alegerea modului de transport si a unui anumit traseu/ruta pentru efectuarea deplasării de la Origine la Destinație pentru fiecare din cele patru componente ale modelului de transport.

Calibrarea modelului de generare/atragere a deplasărilor

Fiecărei zone i se asociază parametrii socio-economici ce o caracterizează:

- Pop = populație
- Wht = numărul de persoane care muncesc dintr-o gospodarie;

- Wh1 = numarul de persoane care muncesc in sectorul primar intr-o gospodarie;
- Wh2 = numarul de persoane care muncesc in sectorul secundar intr-o gospodarie;
- Wh3 = numarul de persoane care muncesc in sectorul tertiar intr-o gospodarie;
- Wwt = numarul de persoane care muncesc intr-o gospodarie;
- Ww1 = numarul de persoane care muncesc in sectorul primar intr-o gospodarie
- Ww2 = numarul de persoane care muncesc in sectorul secundar intr-o gospodarie
- Ww3 = numarul de persoane care muncesc in sectorul tertiar intr-o gospodarie
- Sh = numarul de studenti sau elevi intr-o gospodarie
- Ss = numarul de studenti sau elevi din scoli

De asemenea, fiecărei zone i se asociază un număr de deplasări generate si atrase, pe scopuri de călătorie, acestea fiind estimate din interviurile la domiciliu. Matricea origine-destinație estimata pe baza interviurilor la domiciliu o denumim „matrice OD a-priori”.

Pentru fiecare scop al deplasării, se considera următoarele ecuații cu ajutorul cărora se estimează numărul de deplasări generate si atrase de fiecare zona in parte:

Modelul de generare si atragere a calatoriilor este calibrat pe baza datelor socio-economice pentru fiecare zona. Datele socio – economice la nivel de gospodarie sunt preluate din recensământul efectuat in anul 2002. Aceleasi informatii despre populatie, au fost folosite pentru a extinde anchetele la domiciliu la nivelul intregului oras. In timpul achetelor la domiciliu au fost colectate informatii in legatura cu locatiile in care persoanele au mers la scoala sau serviciu. Acesta ofera informatii importante privind estimarea zonelor de atractie cum ar fi numarul de locuri de munca sau unitati de invatamant pe fiecare zona.

Urmatorul model de regresie a fost folosit pentru estimarea calatoriilor si atractiilor generate. Se presupune ca structura modelului va ramane aceeasi in viitor.

$$G_i = a_i + b_i \cdot X_1 + c_i \cdot X_2 + d_i \cdot X_3$$

$$A_j = a_j + b_j \cdot X_1 + c_j \cdot X_2 + d_j \cdot X_3$$

unde:

G_i = generarea calatoriilor in zona i

A_j = atragerea calatoriilor in zona j

X_1, X_2, X_3 = indicatorii socio economici pe zone

a, b, c = Parametrii

Variabilele explicatorii si parametrii estimati sunt prezentati in tabelul 1.

Tabelul 1 Variabilele explicatorii si parametrii estimati

Trip purpose		Constant	Pop	Wh1	Wh2	Wh3	Ww1	Ww2	Ww3	Sh	Ss	Correlation coefficient
Car owner												
To work	Gen	-	-	0.23	0.11	-	0.60	-	-	-	0.01	0.98
	Att	-	-	-	-	-	0.59	0.03	-	0.07	0.00	0.98
To study	Gen	-	-	-	0.13	0.20	-	-	-	0.23	-	0.89
	Att	0.01	-	-	-	0.07	-	-	-	0.02	-	0.93
To shop	Gen	-	0.04	-	-	0.04	0.02	-	0.04	-	0.00	0.70
	Att	29.54	-	-	0.30	-	-	-	0.76	0.01	0.01	0.48
For private	Gen	-	0.05	-	0.04	-	0.04	1.44	-	-	0.03	0.73
	Att	0.00	-	-	-	-	0.11	-	-	0.07	-	0.70
For business	Gen	-	0.00	-	0.26	0.03	-	0.01	-	-	0.01	0.33
	Att	-	-	-	-	-	0.01	-	-	0.03	-	0.43
Other	Gen	-	0.03	-	-	-	0.04	0.09	-	-	-	0.58
	Att	-	0.01	-	0.08	-	0.00	0.43	-	0.11	0.00	0.38
To home	Gen	-	0.05	-	-	-	0.61	-	0.36	0.48	-	0.66
	Att	0.01	0.19	0.20	-	-	0.82	0.00	-	0.05	0.03	0.98
Non car owner												
To work	Gen	-	0.02	0.16	-	0.70	-	-	-	0.02	0.01	0.88
	Att	36.49	-	-	-	-	0.25	-	0.10	0.08	0.02	0.92
To study	Gen	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	-	0.75
	Att	-	-	-	1.06	0.00	-	-	-	-	0.38	0.92
To shop	Gen	-	0.07	-	-	-	0.01	0.00	0.00	-	0.04	0.74
	Att	-	-	-	0.47	-	-	-	0.52	-	0.05	0.42
For private	Gen	-	0.05	-	0.84	0.09	-	0.00	0.54	-	0.03	0.62
	Att	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-	0.23	0.01	0.61
For business	Gen	-	-	-	0.00	-	0.01	-	-	-	0.01	0.43
	Att	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	0.42
Other	Gen	-	0.03	-	-	-	-	0.00	0.07	0.03	0.03	0.62
	Att	13.75	0.01	-	1.23	-	-	1.29	-	0.09	-	0.39
To home	Gen	0.03	0.04	-	0.16	0.21	-	0.00	-	0.91	0.80	0.61
	Att	-	0.25	-	-	0.89	-	-	-	-	0.41	0.05

Calibrarea modelului de distribuție între zone

Deplasările generate și atrase de fiecare zonă sunt apoi distribuite între zone, pentru fiecare pereche de Origine - Destinație, utilizând *modelul gravitațional*. Calibrarea modelului s-a bazat pe anchetele la domiciliu combinate cu deplasările produse de rețeaua de transport, pe baza Distribuției Lungimii Călătoriei (TLD). Modelul distribuției calatoriilor a fost calibrat folosind tehnica tr-proportională care este constrânsă atât la TLD cât și la Atragere/Generare calatorii.

Modelul distribuției deplasărilor este următorul:

$$T_{ij} = (G_i^a \cdot A_j^b) / D_{ij}^c$$

unde:

T_{ij} = Inter/Intra zone de călătorie

G_i = generarea călătoriei pe zona i

A_j = atragerea călătoriei pe zona j

D_{ij} = distanța dintre zona i și j

a, b, c = parametrii

Pentru intrazone, distanța (intrazonală) este calibrată în așa fel încât mișcările în interiorul zonelor să fie în concordanță cu cele din anchetele de la domiciliu.

Tabel 2 se prezintă parametrii modelelor gravitaționale:

Tabelul 2 Parametrii modelelor gravitaționale

	Parametrii model			Coeficient de corelare
	A	B	C	
Posesor auto				
La muncă	1.84	-0.33	-0.00012	0.84
La studiu	3,386.51	-1.37	-0.00006	0.65
La cumpărături	7.88	-0.39	-0.00050	0.73
Scop particular	1.61	-0.31	-0.00012	0.83
Pentru afaceri	5.12	-0.56	0.00004	0.50
Altele	10.41	-0.52	-0.00021	0.79
Spre domiciliu	39.78	-0.74	-0.00010	0.80
La muncă	4.59	-0.46	-0.00009	0.84
La studiu	676.72	-1.11	-0.00017	0.82
La cumpărături	7.43	-0.38	-0.00056	0.65
Scop particular	9.99	-0.54	-0.00012	0.52
Pentru afaceri	10.80	-0.70	0.00007	0.40
Altele	106.78	-0.87	-0.00012	0.76
Spre domiciliu	50.26	-0.75	-0.00014	0.80

Calibrarea modelului de distribuție între modurile de transport

Studiile efectuate în gospodăria oferă posibilitatea împărțirii modale la diferite nivele de deținere a vehiculelor în gospodăria. Pe măsură ce venitul și deținerea de autovehicule cresc, utilizarea mașinilor devine mai accesibilă membrilor gospodăriei, ducând la un număr mai mare de călătorii cu mașina. În cazul gospodăriilor unde există o singură mașină, este probabil ca aceasta să fie

utilizată în principal de capul familiei, ceilalți membri ai gospodăriei utilizând forme alternative de transport.

Figura 4 prezintă repartizarea modală pentru diferite nivele de deținere de autovehicule. Graficul arată creșterea semnificativă a călătoriilor cu vehicule private cu deținerea de autovehicule și descreșterea utilizării transportului public.

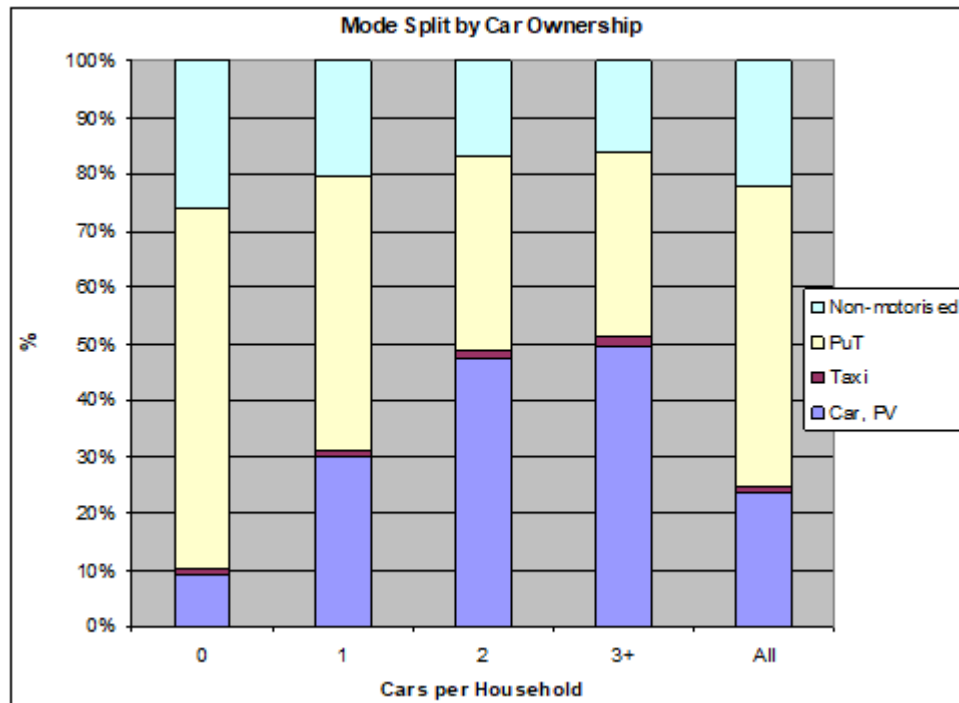


Fig. 4 – Distribuția Modală în funcție de Deținerea de Autovehicule Studii efectuate în gospodării

Numărul total de calatorii din etapa de distribuție a calatorilor consta in alocarea modurilor in funcție de alternativa modala din model. Alternativele modale se împart in următoarele categorii:

- Moduri lente
- Alternativa modala a celor fără vehicule
- Alternativa modala a celor cu vehicule

Moduri de transport lente (mers pe jos, cu bicicleta)

Alternativa modala lenta consta in parcursul pe jos au pe bicicleta iar in unele orașe este alternativa modal importanta datorita distantelor scurte. De aceea prima etapa

este separarea călătoriilor modale lente de cele motorizate. Modurile de calatori lente sunt extrase din toate călătoriile in concordanta cu distanta; spre exemplu cu creșterea distanțelor, persoanele sunt mai puțin dispuse sa meargă pe jos (sau sa folosească bicicleta). Următorul mod de calcul pentru deplasările lente a fost adopta in cadrul modelului:

$$P_{w_{ij}} = 1 / (1 + \exp(a + b D_{ij}))$$

unde:

$P_{w_{ij}}$ = distribuția modala a modurilor lente asupra modurilor motorizate

D_{ij} = distantele intre zona i si j

a, b = parametri

Modelul a fost calibrat in funcție de anchetele la domiciliu. Inițial, modul lent a fost calibrat pentru toate scopurile de călătorie si tipurile de vehicule. După examinarea relațiilor pentru fiecare tip de vehicul, scopurile de călătorie au fost agregate acolo unde s-au observat legături.

In tabelul 3 sunt prezentați parametrii modului lent de călătorie si agregarea.

Tabelul 3 Parametrii modului lent de călătorie

Scopul călătoriei	a	b	Coefficienți de corelare
Proprietar de vehicul			
afaceri	1.84	0.35	0.60
serviciu/privat	-0.77	1.08	0.99
cumpărături/studiu/acasă/altele	-1.83	1.06	0.98
Fără vehicul			
afaceri	-1.81	1.80	0.95
serviciu	-0.94	1.00	0.98
Privat	-1.16	1.31	0.96
cumpărături/studiu/acasă/altele	-1.77	0.90	0.98

Alegerea modului de transport pentru populația ce nu deține autoturism

Din restul călătoriilor ramase, unele sunt calatorii ale posesorilor de autoturisme si altele ale celor care nu au in posesie un autoturism. In mod normal ne așteptam ca persoanele care nu sunt posesori de vehicule sa folosească transportul public.

Cu toate acestea, in urma anchetelor la domiciliu o proporție semnificativa din cadrul persoanelor care nu sunt posesori de vehicule călătoresc in continuare cu autoturism ceea ce înseamnă ca merg cu un prieten sau un coleg ce posedă un autoturism. Pentru a reprezenta acest fenomen in alegerea modala, o distribuție modala fixa a fost aplicata acestui tip e calatori.

Alternativa modala pentru posesorii de autoturisme

Restul de calatorii este format din posesorii de vehicule, ce au o alternativa directa intre transportul public si cel privat. Distribuția modala intre transportul privat si transportul public este estimata pe baza calibrării modelului distribuției modale pentru posesori de vehicule.

$$T_{ij}^m = T_{ij} * \frac{\exp -\lambda (U_{ij}^m)}{\sum \exp -\lambda (U_{ij}^m)}$$

$$C_{ij} = (1/-\lambda) \ln (\sum \exp -\lambda (U_{ij}^m))$$

$$U_{ij}^m = \alpha_1(m) + \alpha_2 * \text{cost}(m) + \alpha_3 * \text{in-vehicle time}(m) + \alpha_4 * \text{wait time}(m) + \alpha_5$$

unde:

T_{ij} = calatorii intre zona i and zona j prin modul m

C_{ij} = timpul compus general intre zona i si zona j

U_{ij}^m = lipsa de utilitate prin folosirea modului m pentru a calatorii intre zona i si zona j

m = modul de transport

$\alpha, \beta, \gamma (n), \lambda, \mu$ = constante de calibrare

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ sunt coeficienți ale lipsei de utilitate pentru modul m

α_1 = constanta modala

α_2 = valoarea timpului

α_3 = coeficientul timpului in vehicul (de obicei 1)

α_4 = coeficientul staționarii

α_5 = penalizări de transbordare

Parametrii de scala si constantele modale sunt calibrate pe baza comportamentului calatorilor observat in cadrul anchetelor la domiciliu.

În tabelul 4 sunt prezentați parametrii modali folosiți la calibrarea alternativelor modale.

Tabelul 4 Parametrii modali folosiți la calibrarea alternativelor modale

Coeficient	Parametru	
VOT (euros/ora), α_2	Pentru distribuția modală	2.00
	Doar pentru alocare transportului public	1.14
Coeficient de scală	λ	0.02
Constanta modală pentru transportul public	α_1	8 mins
Timpul în vehicul	α_3	1.00
Timpul de transfer și așteptare la transportul public	α_4	1.60
Numărul de transferuri ale călătorilor la transportul public	α_5	5 mins
Procent de atragere al transportului public		24%

5.1.2 Analiza macro – mezo a situației actuale a desfășurării traficului

Culegerea de date – recensăminte de circulație

Așa cum s-a precizat mai sus, studiul de trafic pentru investiția analizată a fost realizat prin luarea în considerare și recalibrarea *Modelului de Transport București* pentru situația actuală, cu ajutorul măsurătorilor/datelor disponibile de debite de trafic realizate într-o zi de lucru, între orele 07:00 – 10:00 și 16:00 – 19:00 în următoarele intersecții:

- Splaiul Unirii – Str. N. Teclu.

În afara de datele de trafic obținute din recensarea traficului în intersecțiile de mai sus, au fost folosite și date de trafic de la recensări recente ale traficului din aria de studiu extinsă, așa cum s-a prezentat anterior.

Scenariul fără pasaje - calibrarea modelului de transport pentru aria de studiu

În cadrul acestei etape s-a detaliat modelul de transport în aria de studiu și s-a realizat calibrarea acestuia considerând datele de trafic recenzate în intersecțiile menționate anterior.

Rezultate obținute prin modelarea numerică

În figurile de mai jos sunt prezentate principalele rezultate ale modelării macro-mezo a desfășurării traficului rutier în zona urbană analizată:

- În figura 7 sunt arătate valorile debitelor de trafic exprimate în vehicule etalon/oră, pentru ora de vârf de dimineața AM, calibrare situația actuală.
- În figura 8 se prezintă întâzieri și Nivelele de Serviciu în intersecții, precum și Raportul Volum/Capacitate pe bară dintre intersecții, pentru situația actuală de circulație ora de vârf de dimineața AM.
- În figura 9 sunt arătate valorile debitelor de trafic exprimate în vehicule etalon/oră, pentru ora de vârf de după amiaza PM, calibrare situația actuală.
- În figura 10 se prezintă Întâzieri și Nivelele de Serviciu în intersecții, precum și Raportul Volum/Capacitate pe bară dintre intersecții, pentru situația actuală de circulație ora de vârf de după amiaza PM.

Valorile de trafic, raportul Volum/Capacitate și Nivelul de Serviciu au fost obținute prin afectarea pe rețea a matricelor OD calibrate pentru anul de bază după detalierea rețelei și a zonificării din cadrul modelului de transport București pentru aria de studiu. Astfel se asigură o abordare unitară a proiectului din perspectiva mobilității și a fluxurilor de circulație. Valorile respective sunt estimate direct în cadrul modelului de transport.

Nivelul de Serviciu în intersecții reprezintă gradul de congestie al intersecției respective și este dat de întârzierea medie într-o intersecție (întârzierea medie se calculează în secunde pe vehicul și ia în considerare toate vehiculele ce traversează intersecția respectivă). În tabelul de mai jos se prezintă Nivelul de Serviciu pentru intersecțiile nesemaforizate și semaforizate.

Nivel de Serviciu	Intersecții semaforizate	Intersecții nesemaforizate
	Întârzierea medie pe vehicul (secunde/vehicul)	
A	<= 10	<= 10
B	>10 – 20	>10 – 15
C	>20 – 35	>15 – 25
D	>35 – 55	>25 – 35
E	>55 – 80	>35 – 50
F	>80	>50

Sursa: *Traffic Engineering Handbook, ITE – Institute of Transport Engineers, USA*

Raportul Volum/Capacitate pentru artere rutiere reprezintă relația dintre intensitatea fluxului de circulație și capacitatea secțiunii sau segmentului de drum/artera stradala luat în considerare, așa cum se prezintă mai jos.

Nivel de Serviciu	Raport Volum / Capacitate	% Viteza Libera de Circulație
A	<= 0,50	>= 90%
B	0,60 – 0,69	70% – 90%
C	0,70 – 0,79	50%
D	0,80 – 0,89	40%
E	0,90 – 0,99	33%
F	>= 1,00	<= 25%

Sursa: *KITSAP County, Department of Public Works*

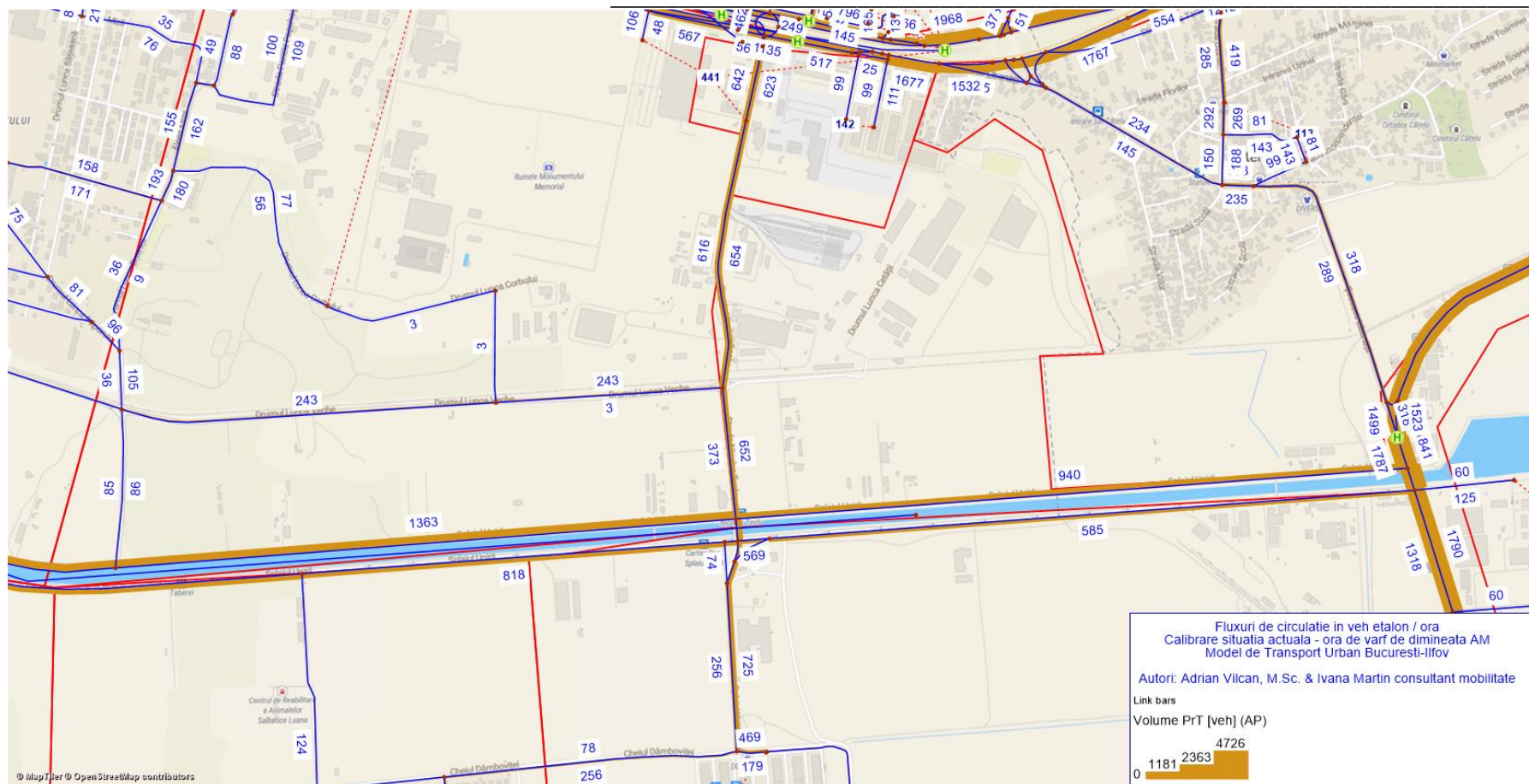


Fig. 5 – Debite de trafic - situația actuală de circulație ora de vârf de dimineața AM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 818 – 1.343 veh etalon / ora pe sens, și max. 256 – 725 veh etalon / ora pe sens în prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.

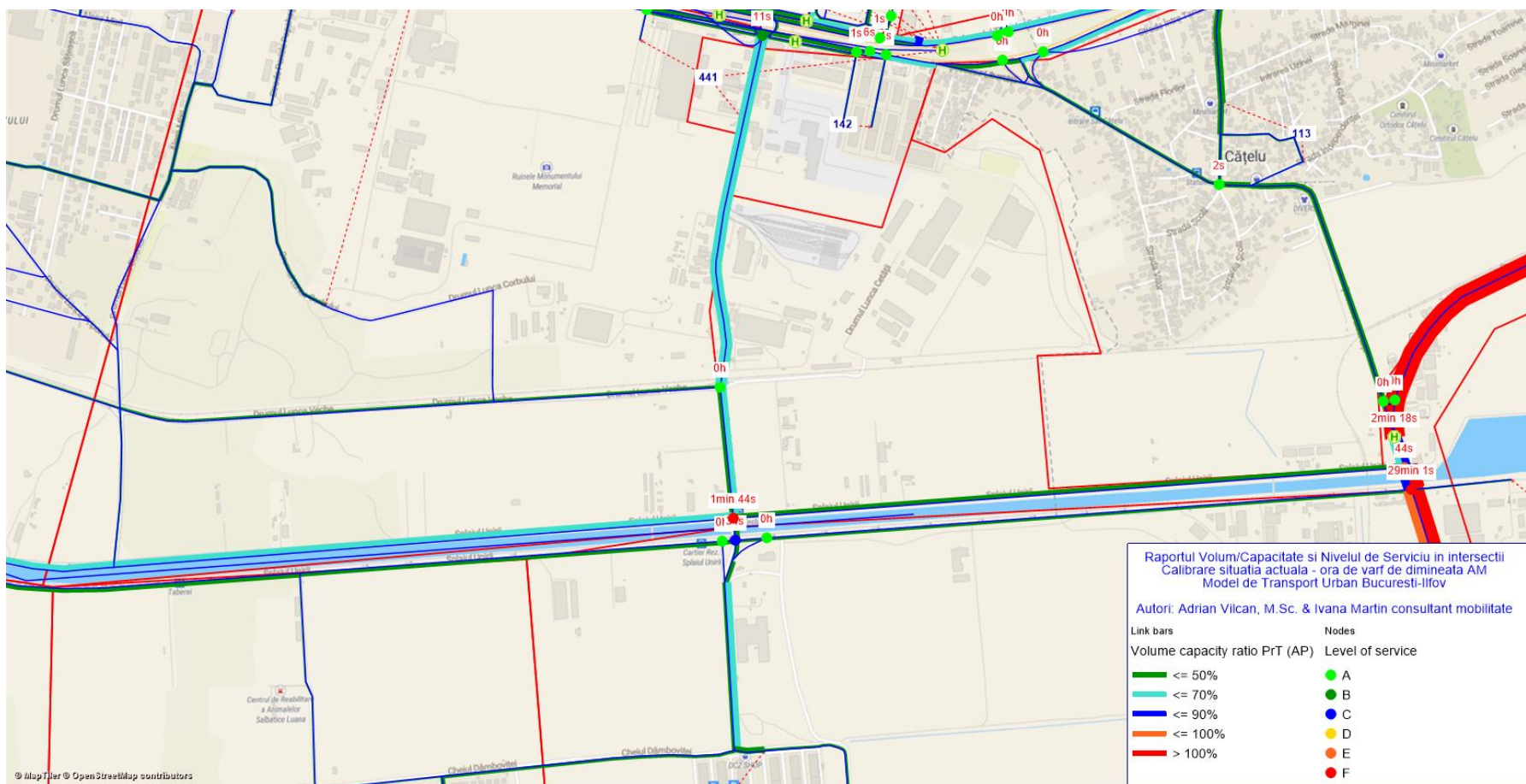


Fig. 6 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersectii - Raportul Volum/Capacitate pe bara dintre intersectii - situatia actuala de circulatie ora de varf de dimineata AM, vedere de ansamblu.

Obs: Nivelul de Serviciu minim in intersectia Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este E, cu o întârziere medie de 1 min si 44 sec / veh etalon.

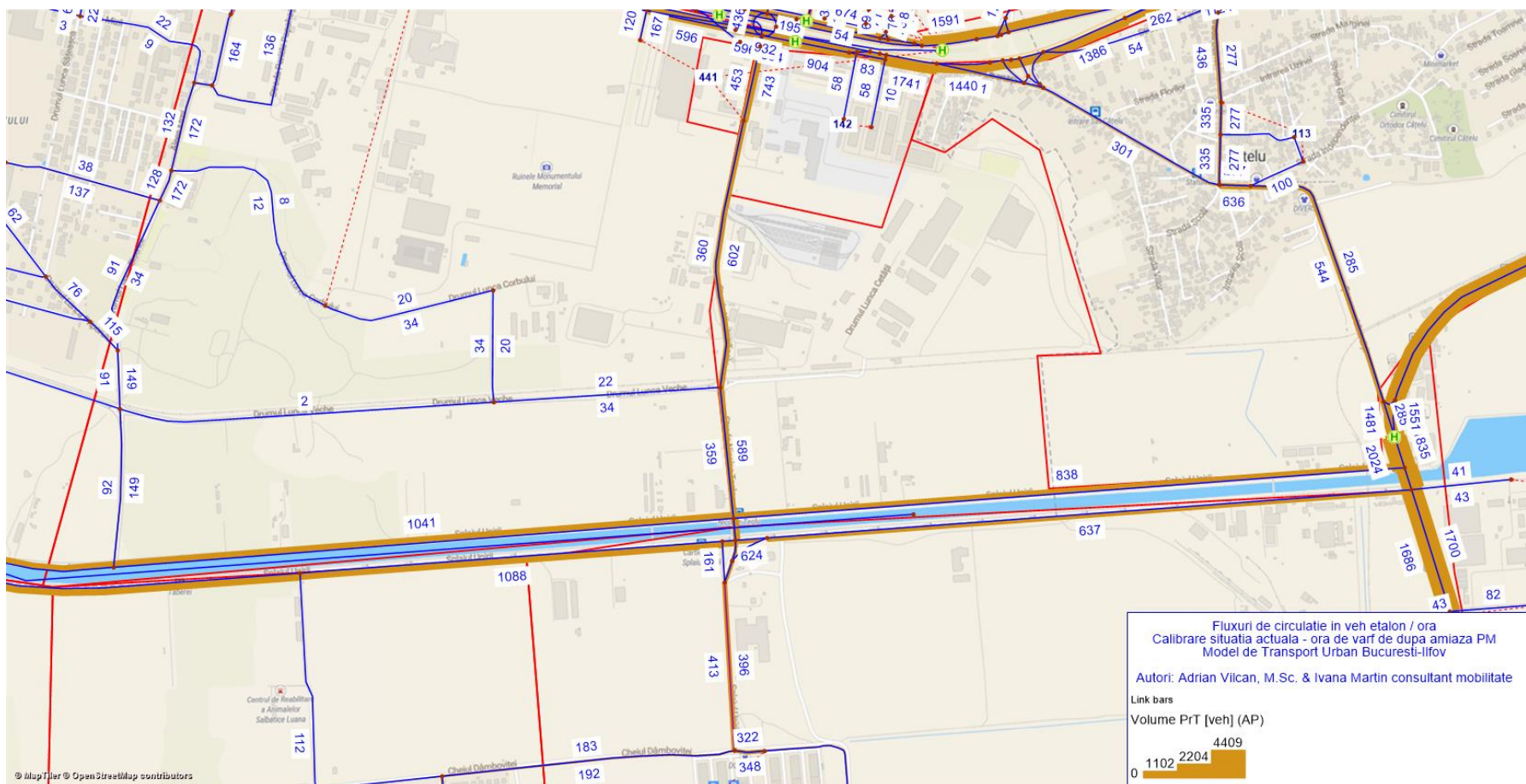


Fig. 7 – Debite de trafic - situația actuala de circulație ora de vârf de după amiaza PM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 1.041 – 1.048 veh etalon / ora pe sens, si max. 389 – 589 veh etalon / ora pe sens pe Str. N. Teclu

5.1.3 Scenariul fără Pod Teclu cu cererea de mobilitate actuala

In cadrul acestei etape a fost considerat in modelul de transport scenariul fara Pod Teclu.

Cererea de mobilitate estimata inițial pentru fiecare ora de vârf a fost considerata pentru estimarea debitelor de circulație si a performantei traficului, si anume raportul Volum/Capacitate si Nivelul de Serviciu in intersecții, pentru scenariul fără Pod Teclu si fără pasaje pe Bd. Th. Pallady.

Rezultate obținute prin modelarea numerica

In figurile de mai jos sunt prezentate principalele rezultate ale modelarii macro-mezo a desfășurării traficului rutier in zona urbana analizata:

- In figura 9 sunt arătate valorile debitele de trafic exprimate in vehicule etalon/ora, pentru ora de vârf de dimineața AM.
- In figura 10 se prezintă Întârzieri si Nivelele de Serviciu in intersecții, precum si Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de dimineața AM.
- In figura 11 sunt arătate valorile debitelor de trafic exprimate in vehicule etalon/ora, pentru ora de vârf de după amiaza PM.
- In figura 12 se prezintă Întârzieri si Nivelele de Serviciu in intersecții, precum si Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, pentru ora de vârf de după amiaza PM.

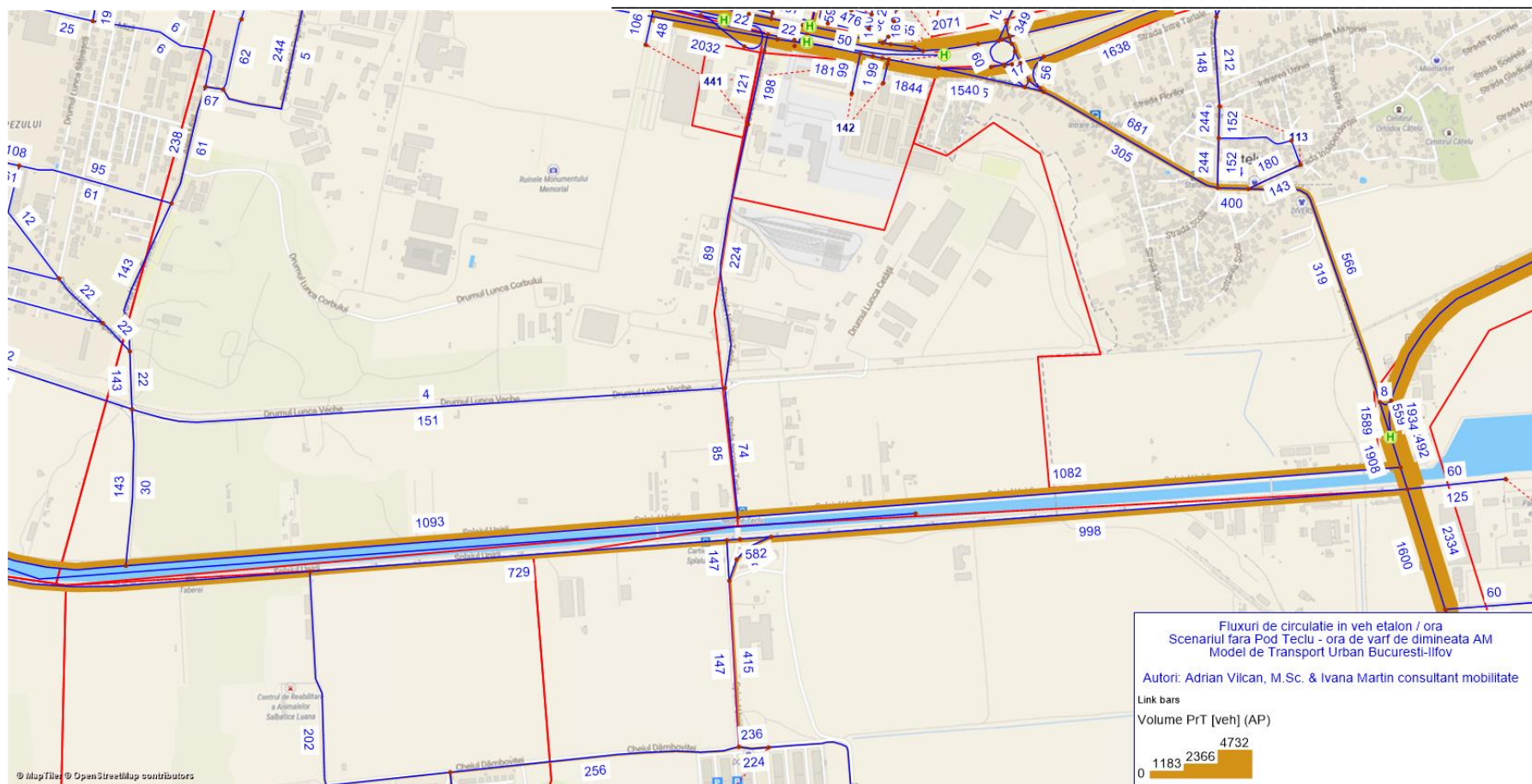


Fig. 9 – Debite de trafic – fără pod Teclu, ora de vârf de dimineață AM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 998 – 1.093 veh etalon / ora pe sens, si max. 147 – 415 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței

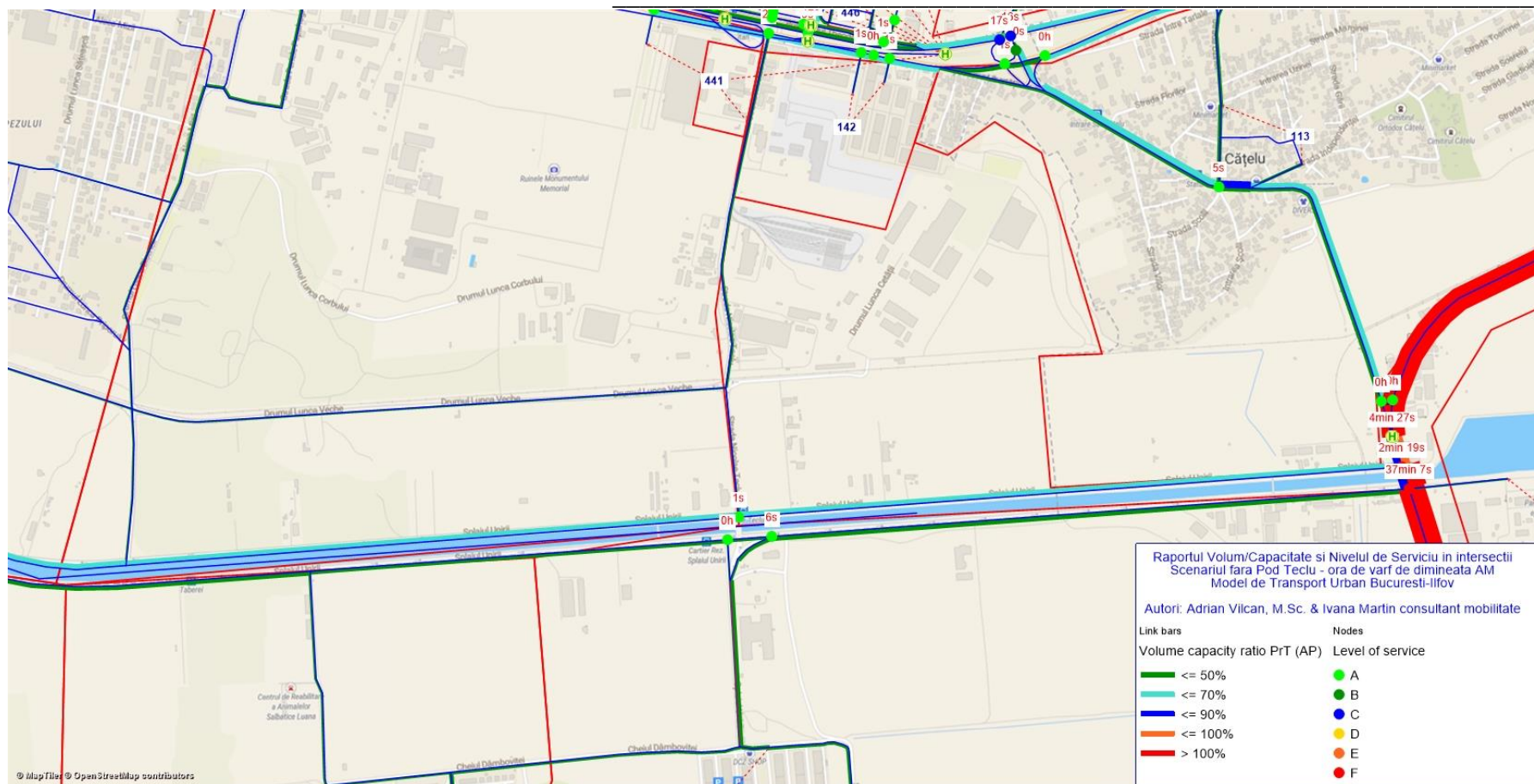


Fig. 10 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersectii - Raportul Volum/Capacitate pe bara, ora de vârf de dimineața AM, vedere de ansamblu

Obs: Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu.

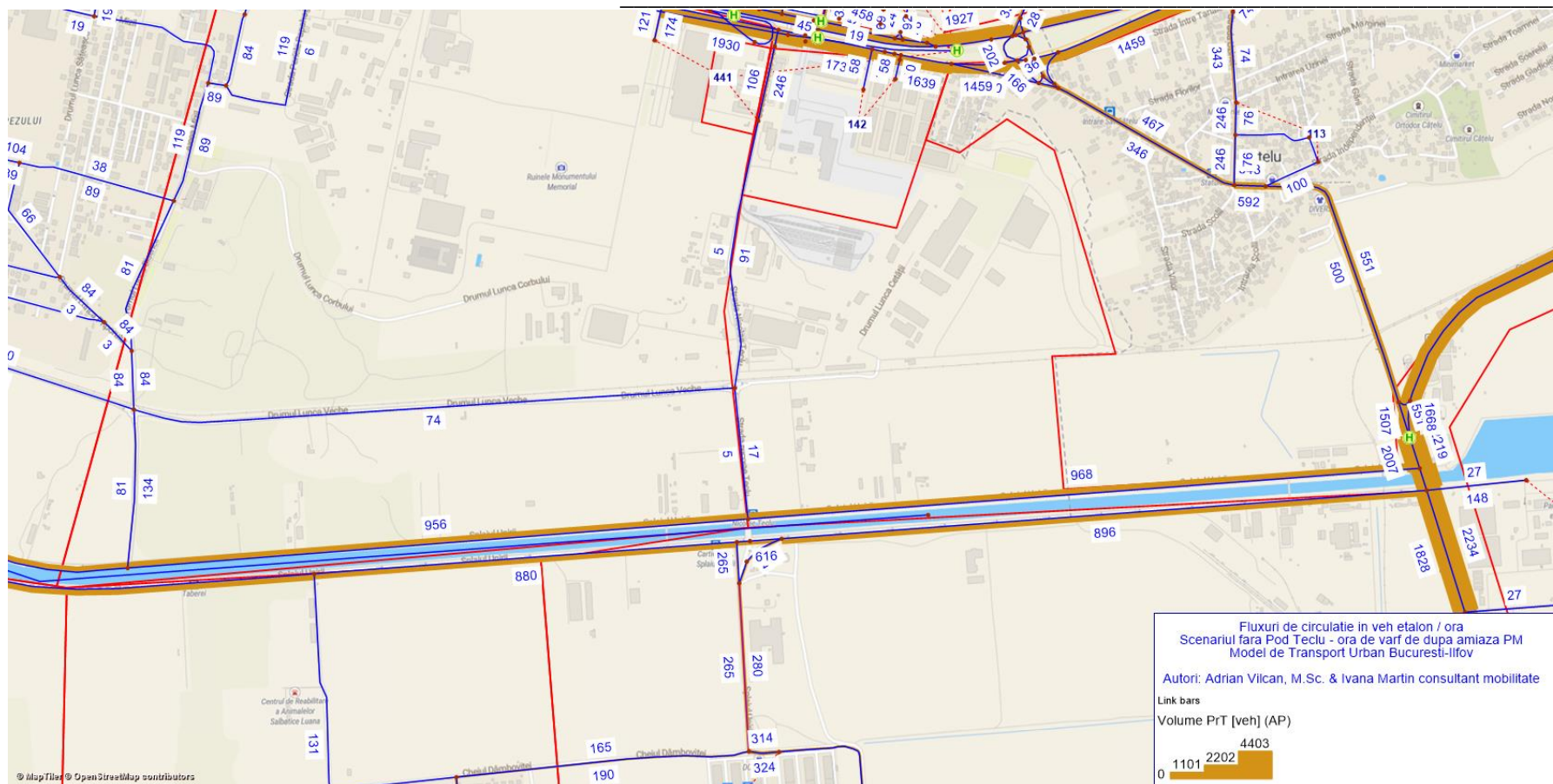


Fig. 11 – Debite de trafic - scenariul fără pod Teclu, ora de vârf de după amiaza PM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 896 – 968 veh etalon / ora pe sens, și max. 265 – 280 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței

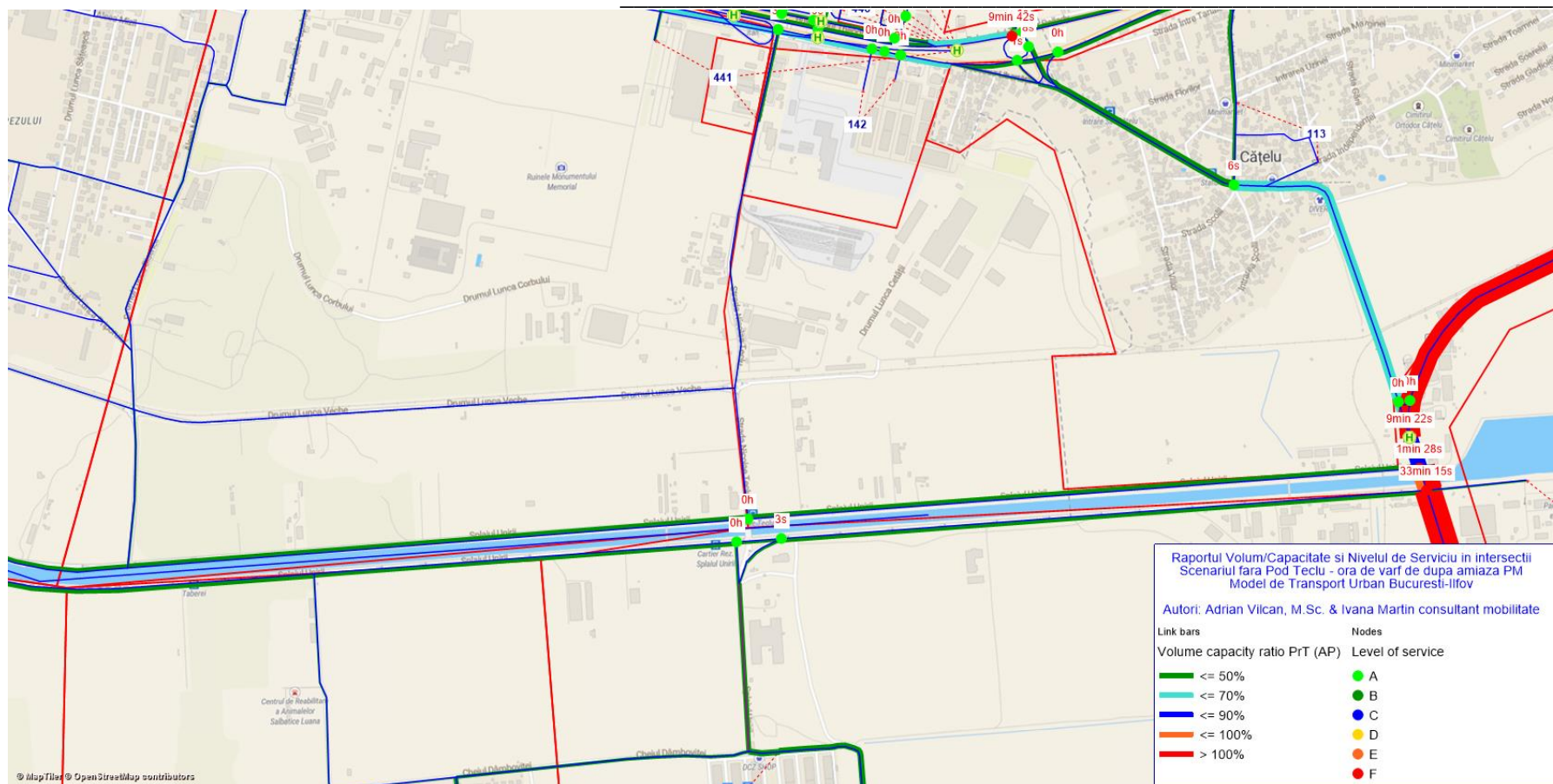


Fig. 12 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersectii - Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de după amiaza PM, vedere de ansamblu

Obs: Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu.

5.1.4 Scenariul cu Pod Teclu

În cadrul acestei etape a fost considerat în modelul de transport scenariul cu Pod Teclu și fără pasaje Bd. Th. Pallady (pentru a se putea „extrage” impactul direct al implementării podului Teclu)..

Cererea de mobilitate estimată inițial pentru fiecare ora de vârf a fost considerată pentru estimarea debitelor de circulație și a performanței traficului, și anume raportul Volum/Capacitate și Nivelul de Serviciu în intersecții, pentru scenariul cu Pod Teclu și fără pasaje pe Bd. Th. Pallady.

Rezultate obținute prin modelarea numerică

În figurile de mai jos sunt prezentate principalele rezultate ale modelării macro-mezo a desfășurării traficului rutier în zona urbană analizată:

- În figura 13 sunt arătate valorile debitele de trafic exprimate în vehicule etalon/ora, pentru ora de vârf de dimineața AM.
- În figura 14 se prezintă Întârzieri și Nivelele de Serviciu în intersecții, precum și Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de dimineața AM.
- În figura 15 sunt arătate valorile debitelor de trafic exprimate în vehicule etalon/ora, pentru ora de vârf de după amiaza PM.
- În figura 16 se prezintă Întârzieri și Nivelele de Serviciu în intersecții, precum și Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, pentru ora de vârf de după amiaza PM.

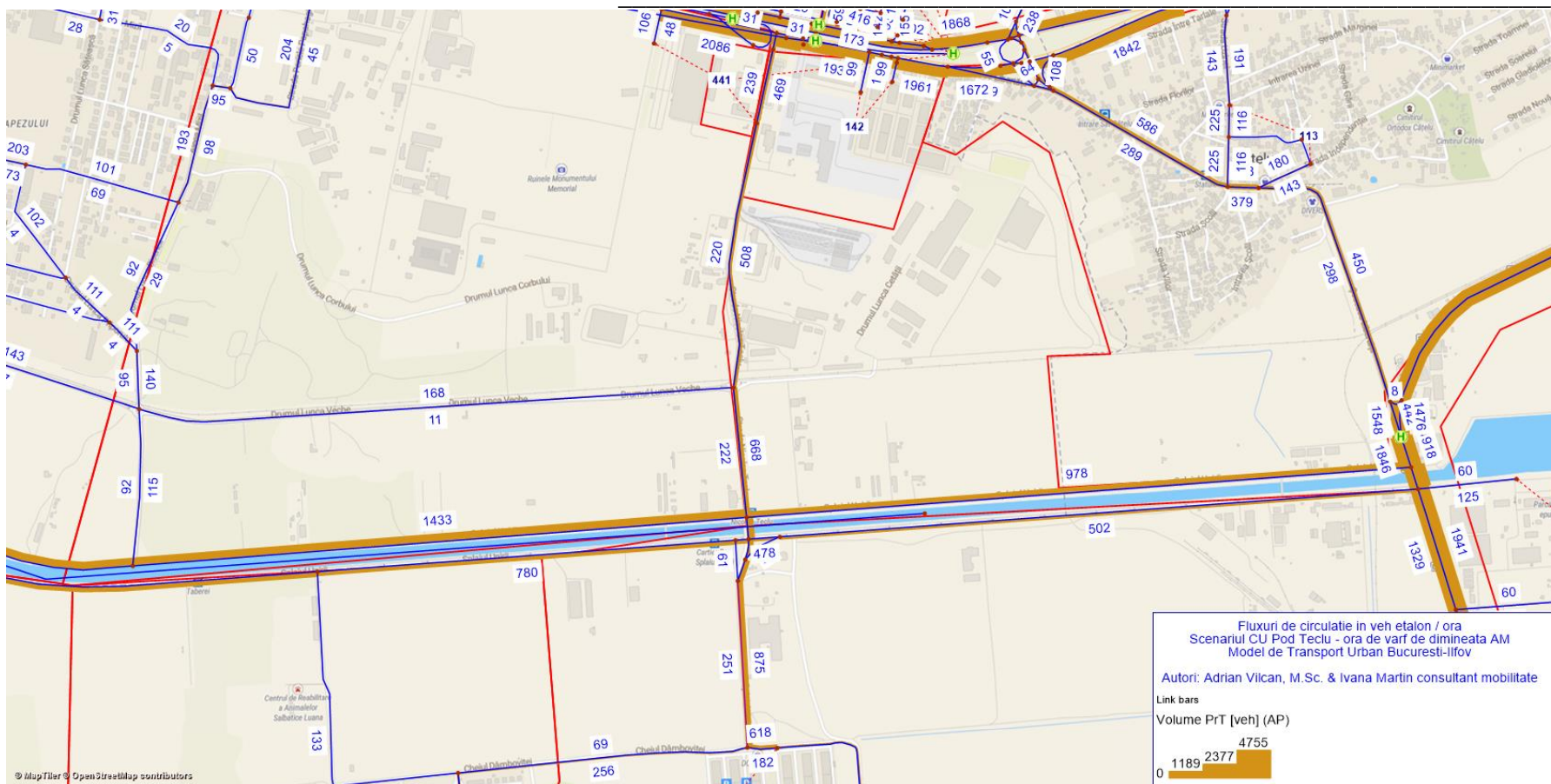


Fig. 13 – Debite de trafic – cu pod Teclu, ora de vârf de dimineață AM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 780 – 1.433 veh etalon / ora pe sens, si max. 251 – 875 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței

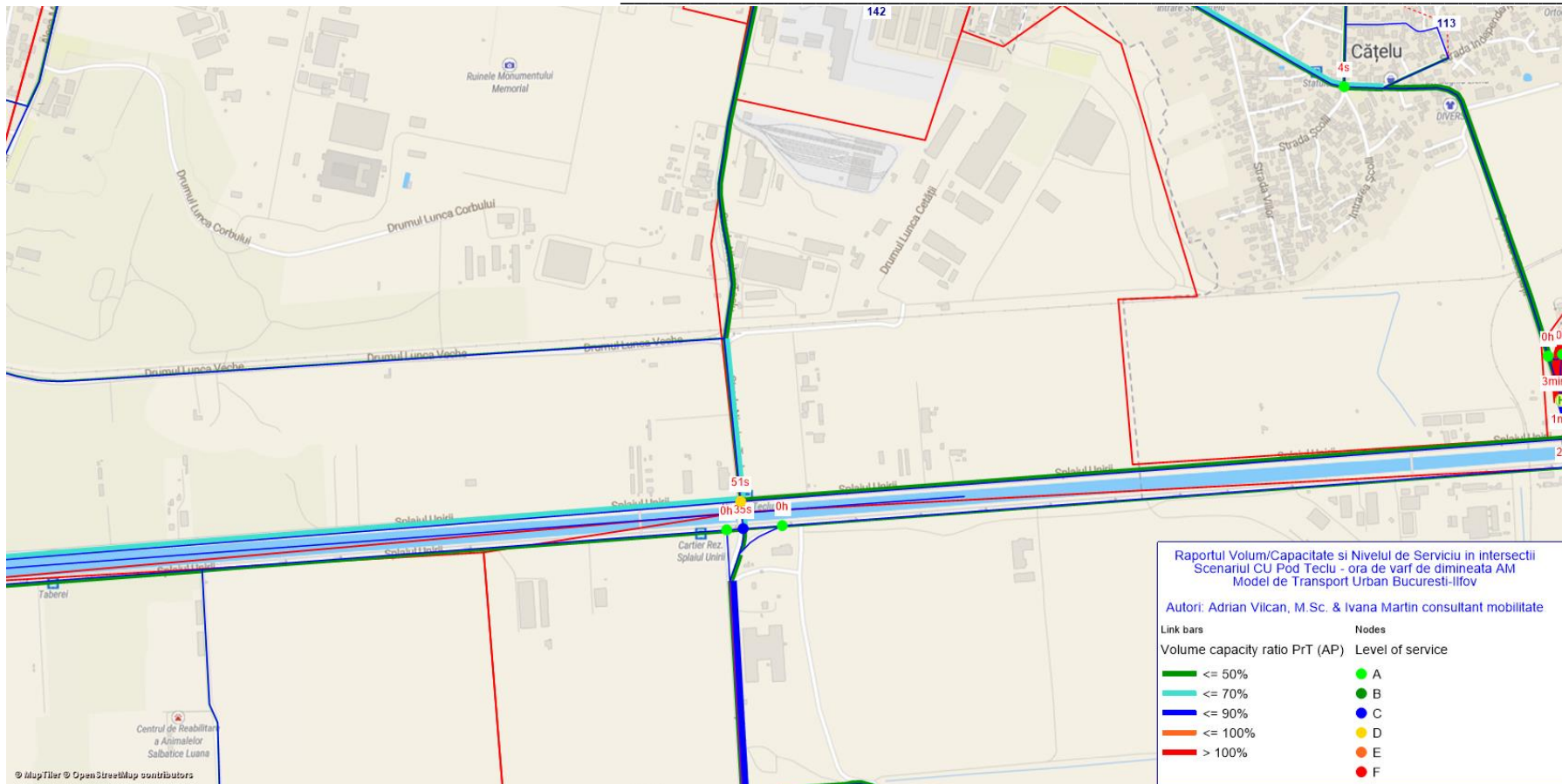


Fig. 14 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersecții - Raportul Volum/Capacitate pe bara, ora de vârf de dimineața AM, vedere de ansamblu

Obs: Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu. Nivelul de Serviciu minim in intersecția Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este D, cu o întârziere medie de 51 sec / veh etalon

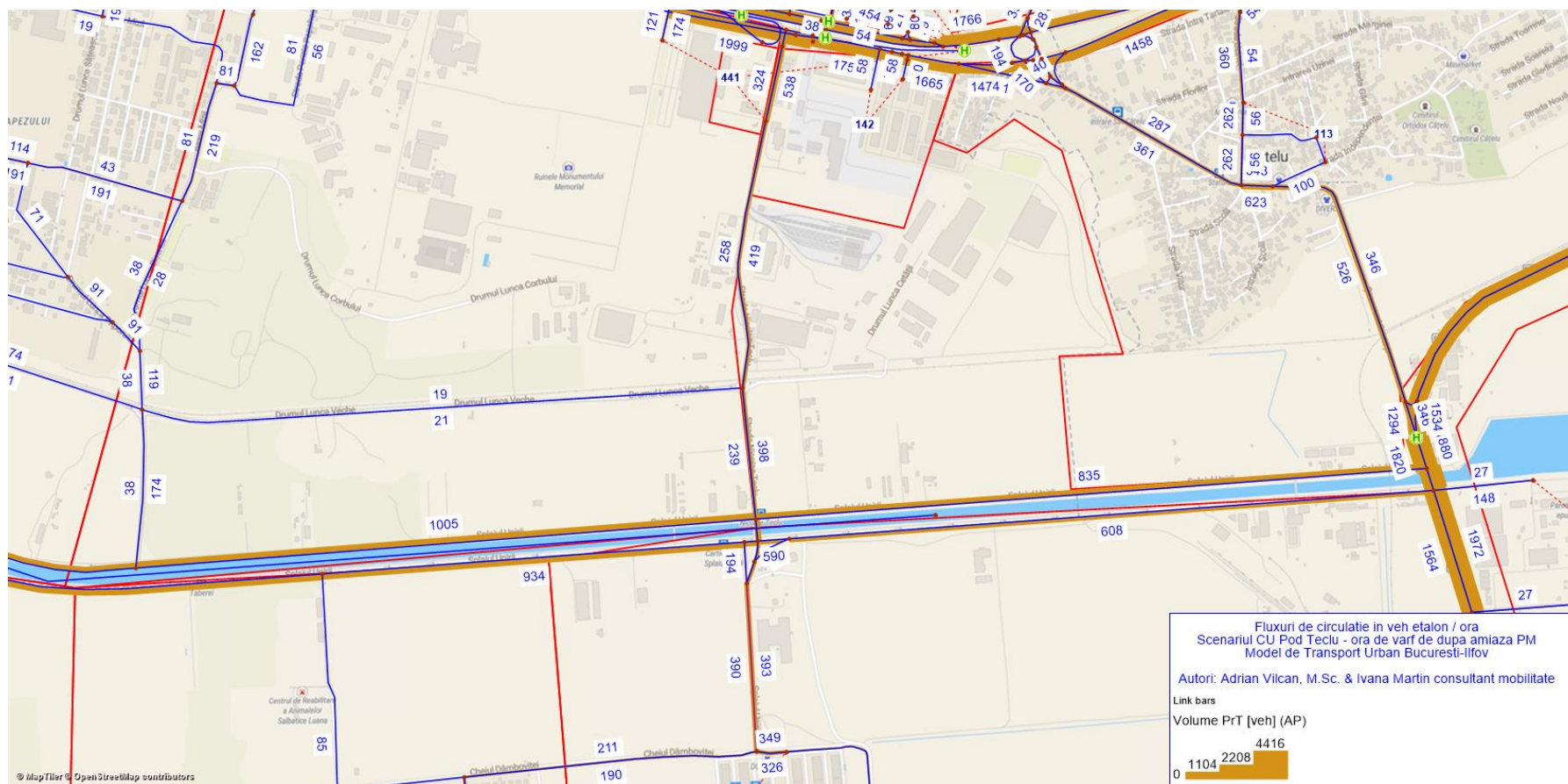


Fig. 15 – Debite de trafic - scenariul cu pod Teclu, ora de vârf de după amiaza PM - veh/ora, vedere de ansamblu

Obs: Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 934 – 1.005 veh etalon / ora pe sens, si max. 390 – 393 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței

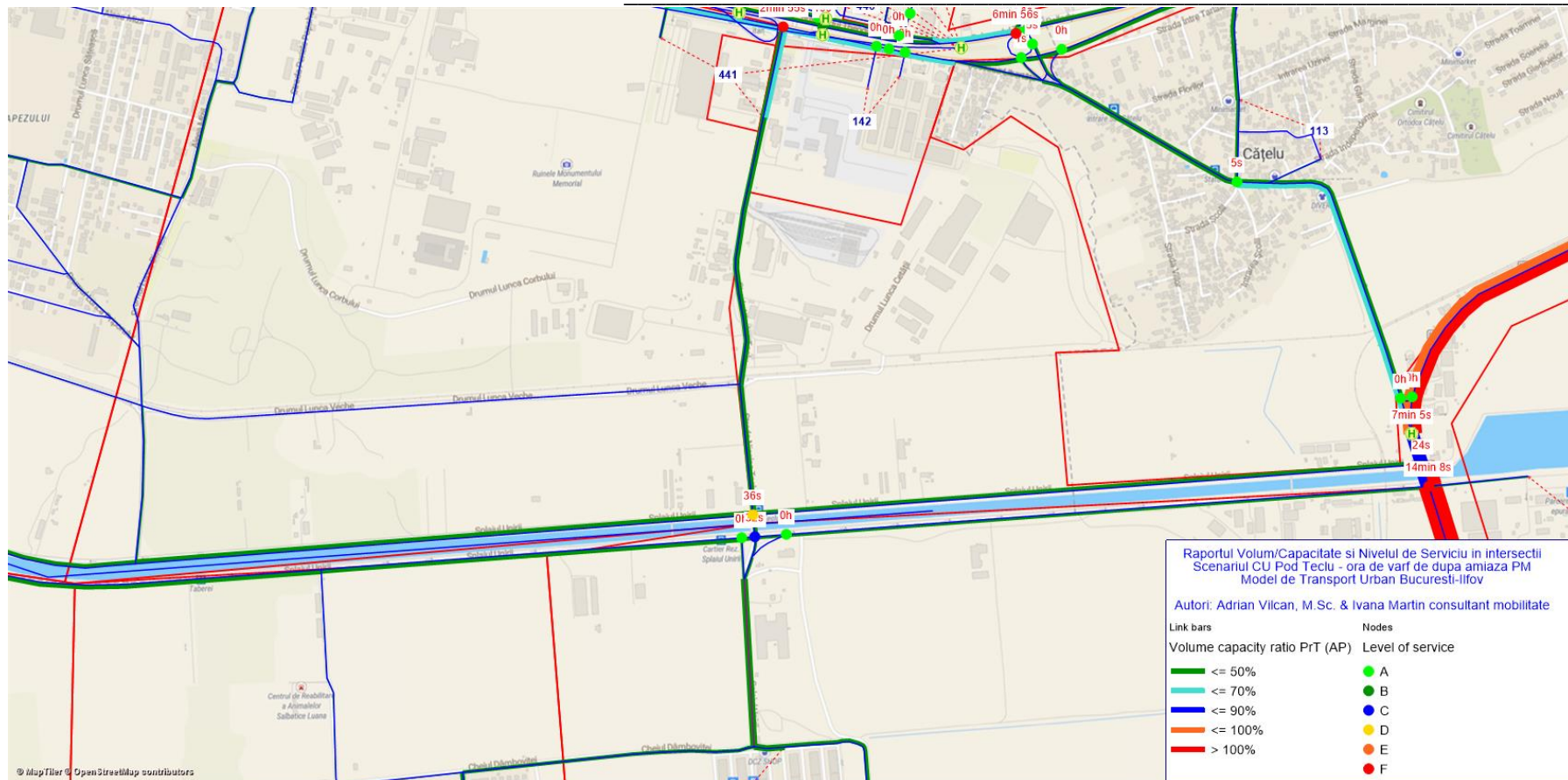


Fig. 16 – Întârzieri si Nivelul de Serviciu in intersectii - Raportul Volum/Capacitate la nivel de segment stradal, ora de vârf de după amiaza PM, vedere de ansamblu

Obs: Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu. Nivelul de Serviciu minim in intersectia Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este D, cu o întârziere medie de 36 sec / veh etalon

5.2. MODELAREA MICROSCOPICA A DESFASURARII TRAFICULUI RUTIER

5.2.1. Considerații generale

Analiza microscopica a desfășurării traficului rutier pe rețeaua rutiera propusa s-a realizat pe baza datelor de trafic furnizate de studiu macro – mezo prezentat mai sus. Modelarea microscopica a desfășurării deplasării vehiculelor si a pietonilor oferă soluții ce ajuta procesul de proiectare sub următoarele aspecte: *organizarea circulației rutiere, optimizarea deplasărilor de vehicule si pietoni, proiectarea arterelor noi de circulație, îmbunătățirea elementelor geometrice a arterelor de circulație existente, organizarea semnalizării si semaforizării rutiere pe trama rutiera existenta.*

Principiile de modelare in studiile microscopice au in vedere deplasarea vehiculelor pe rețele rutiere considerând mișcarea “*individuala*” a acestora. Modelele create cu ajutorul tehnicii informaționale, oferă utilizatorului posibilitatea analizelor complexe asupra variantelor de organizare a circulației in intersecții. Studiile de trafic de tip microscopice au ca rol principal optimizarea deplasărilor de vehicule si pietoni pe artere rutiere urbane si in intersecțiile acestora. De regula studiile microscopice sunt recomandate elaborării Planurilor de Urbanism Zonal (PUZ), modificări ale rețelilor geometrice ale rețelilor rutiere, optimizări ale circulației rutiere pe străzi.

5.2.2. Programul de modelare folosit “Synchro”

Pe piata I.T. destinata ingineriei de trafic, produsul “Synchro” reprezinta o solutie integrata pusa la dispozitia specialistilor din domeniul ingineriei de trafic.

Programul de calcul realizeaza modelarea rețelilor rutiere urbane (artere si intersecții) prin generarea elementelor geometrice si declararea in intersecții a valorilor de trafic.

Analiza de trafic are la baza o teorie proprie de calcul a capacitatii de circulatie in intersecții I.C.U. (Intersection Capacity Utilisation), dezvoltata de specialistii de la compania “Trafficware Corporation” (Albany – California). In acelasi timp, in program, sunt utilizati si algoritmi de calcul dezvoltati de Manualul de Capacitate (H.C.M.2010 si H.C.M.6th) al Administratiei Americane de Drumuri (A.A.S.H.T.O.). Referitor la

coordonarea și optimizarea circulației, programul Synchro permite realizarea în timp real a unor scenarii pentru planificarea intersecțiilor. Funcțiile de optimizare se realizează pe baza algoritmului de reducere a întârzierilor și evitarea blocajelor.

Analiza rezultatelor obținute prin modelarea circulației se face cu ajutorul programelor de simulare și vizualizare “*SimTraffic*” sau “*CORSIM*”. De asemenea, rezultatele pot fi exportate pentru programul “H.C.S.” (Highways Capacity Software).

Utilizarea programului “*SimTraffic*” permite vizualizarea, pe modelul digital al intersecției, circulația vehiculelor în sistem animat, precum și scheme ale intersecțiilor, în care sunt evidențiate rezultatele procesului de simulare. În acest sens se pot analiza următoarele categorii de informații:

- întârzierea vehiculelor la accesul în intersecție (sec);
- timpul de staționare a vehiculelor la intrarea în intersecție (sec/veh);
- viteza medie de circulație prin intersecție (km/h);
- consumul de carburant (km/l);
- numărul de vehicule care nu pot intra în intersecție pe faze de verde;
- lungimea șirului de vehicule ce se acumulează la accese în intersecție.

Pe baza datelor prezentate mai sus se pot realiza optimizări ale desfășurării traficului rutier ce oferă o serie de avantaje:

- Sistematizarea și gestionarea datelor de trafic înregistrate din măsurători;
- Realizarea de modele de trafic pentru valori actuale ale traficului de vehicule;
- Formularea unor estimări asupra desfășurării circulației în perspectivă;
- Realizarea unor variante de optimizare a desfășurării traficului.
- Formularea de recomandări pentru proiectarea elementelor geometrice ale intersecțiilor.

5.2.3. Parametrii de analiză folosiți de “Synchro și SimTraffic”

În vederea modelării cât mai fidele a desfășurării traficului de vehicule au fost reținuți pentru analiză comparativă între modelele realizate următorii parametri:

Raportul volum/capacitate

Acest parametru indica gradul de aglomerare al intersecției pentru fiecare grup de benzi de circulație.

$$X = Q/Q_{\max} \cdot (v/C)$$

X = raportul vol/ capacitate

Q = debitul de trafic (volumul)

Q_{\max} = debitul maxim (volum de saturatie)

v = timpul de verde

C = durata ciclului de semaforizare

Raportul critic volum-capacitate al intersecției

Acest concept folosit pentru analiza intersecțiilor semaforizate este raportul critic volum-capacitate X_c . Acest raport este calculat folosind ecuația de mai jos.

$$X_c = \left(\frac{C}{C - L} \right) \sum_{i \in c_i} y_{c,i}$$

in care:

$$L = \sum_{i \in c_i} l_{t,i}$$

in relațiile de mai sus:

X_c = raportul critic volum-capacitate al intersecției,

C = lungimea ciclului (sec),

$y_{c,i}$ = debitul critic de trafic pentru faza $i = v_i / (N s_i)$,

$l_{t,i}$ = timpul pierdut la faza $i = l_{1,i} + l_{2,i}$ (sec),

c_i = set de faze critice pe calea critica,

L = timp pierdut ciclu (sec).

Termenul suma al fiecareia dintre aceste ecuații reprezintă suma unei variabile specifice pentru setul de faze critice. O faza critica este acea faza din componenta ciclului de semaforizare, ce apare consecutiv și ale căror debite combinate au valoarea cea mai mare pentru ciclul de semaforizare.

Ecuația arată mai sus, se bazează pe ipoteza că fiecare faza critica are același raport volum-capacitate și că acel raport este egal cu raportul critic volum-capacitate

al intersecției. Această presupunere este validă atunci când durata unei verzi efective pentru fiecare fază critică "i" este proporțională cu $y_{c,i} / \sum(y_{c,i})$. Când această presupunere se susține, raportul volum-capacitate pentru fiecare fază necritică este mai mic sau egal cu raportul critic volum-capacitate al intersecției. În cazul intersecțiilor giratorii algoritmi de calcul definesc parametrii ce exprimă capacitatea maximă și respectiv minimă a acceselor în intersecție (HIGH Capacity, LOW capacity). Pe baza acestora este calculat parametrul vol/capacitate (v/c).

Intarzieri

Intarzierea calculată în această etapă reprezintă intarzierea medie de control suportată de toate vehiculele ce sosesc în timpul intervalului analizat. Ea include orice intarziere suportată de aceste vehicule ce încă mai fac parte din șirul de așteptare după terminarea intervalului analizat. Intarzierea de control pentru un grup de benzi este calculată prin ecuația de mai jos.

$$D = D_1 + D_2 + D_3$$

unde :

D = intarziere de control (s/veh),

D₁ = intarzierea uniformă (s/veh),

D₂ = intarzierea incrementală (s/veh),

D₃ = Intarzierea reziduală (s/veh).

Acest parametru definit prin formula lui Webster (H.C.M.2010), indică nivelul intarzierilor cumulând în calcul următoarele nivele de intarzieri înregistrate în intersecții: intarzierea uniformă (D₁), intarzierea incrementală (D₂), Intarzierea reziduală (D₃).

- *Intarzierea uniformă*

Intarzierea uniformă se calculează cu relația :

$$d_1 = \frac{0.5 C (1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$$

unde:

C = Lungimea ciclului de semaforizare,

g = durata fazei de verde,

$X = \text{raportul vol/capacitate}$

Relatia de mai sus reprezinta o modalitate de a calcula intarzierea atunci cand sosirile sunt presupuse a fi aleatoare pe durata ciclului de semaforizare.

- *Intarzierea incrementală*

Intarzierea incrementală are doua componente. O componenta ia in considerare intarzierea cauzata de efectul fluctuatiilor aleatoare ciclu-cu-ciclu ale cererii si care, ocazional, duc la depasirea capacitatii. Aceasta intarziere este evidentiata de aglomerarea sirului de asteptare la sfarsitul intervalului verde. (adica ciclu disfunctional). A doua componenta ia in considerare intarzierea cauzata de suprasaturarea sustinuta din timpul intervalului analizat. Aceasta intarziere apare cand cererea totala din timpul intervalului analizat depaseste capacitatea totala.

Uneori este denumite componenta “determinista” a intarzierii si este figurata ca variabila $d_{2,d}$ in figura 17.

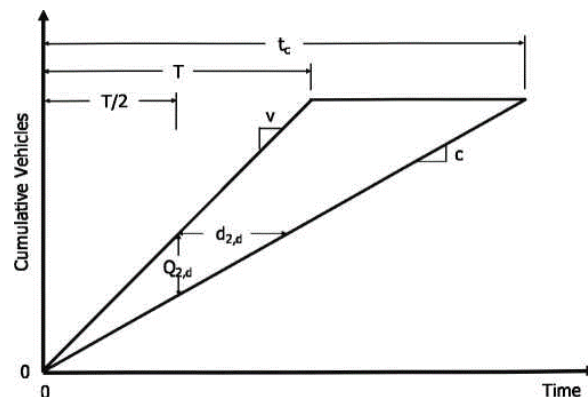


Fig. 17 – Acumularea sosirilor in intersectie si plecările pe durata perioadei suprasaturate de trafic
[HCM – 2010- fig. 18-18]

Reprezentarea grafica prezentata mai sus, arata rata de sosire a vehiculelor pe durata perioadei de analiza T. Intarzierea incrementală (determinista) este reprezentata grafic de suprafata triunghiulara figurata cu linie continua. Aceasta reprezentare este asociata cu intarzierea medie pe vehicul, aferenta variabilei $d_{2/d}$. Din reprezentarea grafica se remarca faptul ca intarzierea incrementală determina acumularea unui sir de asteptare (Q_{2d}).

- *Intarzierea initială a sirului de asteptare*

Ecuatia utilizata pentru estimarea intarzierii incrementale este bazata pe ipoteza ca nu exista un sir de asteptare initial la inceputul intervalului analizat. Intarzierea initială

a sirului de asteptare ia in considerare intarzierea suplimentara suportata din cauza unui sir initial. Acest sir este rezultatul unei cerinte de trafic nesatisfacute in perioada de timp anterioara.

In cazul intersectiilor giratorii programul Synchro calculeaza **intarzierea medie** pentru fiecare acces, ce este exprimata in sec/veh. In urma simularii numerice realizata cu aplicatia SimTraffic sunt calculate in **plus intarzierile determinate de vehiculele ce sunt obligate sa opreasca** la accese (stop delay/veh). Pe baza intarzierilor determinate aplicatia SimTraffic calculeaza **vitezele medii** ale vehiculelor la parcurgerea intersectiei. Aceste viteze sunt calculate pentru fiecare acces.

Indicele de Utilizare a Capacitatii

Din punct de vedere al abordarii matematice parametrul de trafic "**Indicele de Utilizare a Capacitatii**" a fost dezvoltat manualul "**Intersection Capacity Utilization - Evaluation Procedures for Intersection and Interchanges**" elaborat de David Husch si John Albeck – editia 2003. Acest parametru de trafic este utilizat de unele administratii ca masura suplimentara pentru evaluarea conditiilor de desfasurare a deplasarilor in intersectii. Parametrul "**Indicele de Utilizare a Capacitatii**" nu este cuprins in "**Highway Capacity Manual**" (HCM) elaborat de "**Transportation Research Board of the National Academies**" (T.R.B.).

Abordarea de calcul propusa in manualul "**Intersection Capacity Utilization**" are ca scop definirea unui parametru (ICU) pentru evaluarea rapida functionarii intersectiilor din punct de vedere al capacitatii de circulatie. Metodologia **Intersection Capacity Utilization** estimeaza care este gradul de incarcare al unei intersectii si care poate fi rezerva de capacitate estimata. Calculul ICU se bazeaza pe raportarea "Adjusted Reference Time" pentru fiecare relatie de trafic din intersectie aferent la 100% capacitate, raportat la valoarea debitului de saturare. Indicele ICU nu poate fi utilizat in calculului semaforizarii, el exprima doar gradul de incarcare al unei intersectii. Pentru mai multe lamuriri se poate citi din manualul "**Intersection Capacity Utilization**", Capitol 1 – "Introduction", pag.1, paragraful 5 si Capitol 2 – "Level of Service", pag.5.

Modelul matematic de calcul pentru estimarea capacitatii de circulatie a unei intersectii se poate exprima prin intermediul indicelui de utilizare a capacitatii de circulatie (I.C.U.). Acesta se calculeaza pe baza raportului dintre suma timpului total

necesar pentru a fi asigurate relațiile de mișcare în intersecție a tuturor participanților la trafic, raportat la lungimea ciclului de semaforizare calculat.

$$I.C.U. = \frac{\sum[\max(t_{\min}, Q/Q_{\max})C + t_{L_i}]}{C}$$

t_{\min} = durata minimă a fazei de verde

Q = debitul de vehicule

Q_{\max} = debitul maxim (volum de saturatie)

t_{L_i} = durata timp pierdut pentru relația critică din cadrul ciclului de semaforizare

C = durata ciclului de semaforizare

Coeficientul I.C.U. poate indica rezerva de capacitate disponibilă a intersecției sau cu cât s-a depășit această rezerva. Coeficientul nu poate estima întârzierile, dar poate fi folosit pentru a indica când o intersecție va fi congestionată. Coeficientul I.C.U. poate fi de asemenea folosit pentru o intersecție nesemnalizată, (inclusiv intersecțiile giratorii) pentru a evalua condițiile de circulație și capacitatea de circulație. Menționăm că valori ridicate ale Indicelui de Utilizare indică condiții modeste de desfășurare a deplasărilor în intersecții. Aceste condiții se pot materializa prin

întârzieri ridicate și/sau siruri de așteptare cu lungimi mari. În intersecțiile semaforizate valori ridicate ale Indicelui de Utilizare a Capacității pot semnala faptul că nu toate vehiculele pot fi evacuate pe durata ciclului de semaforizare curent. În aceste condiții un anumit număr de vehicule sunt obligate să aștepte un nou ciclu de semaforizare, respectiv noua fază de verde.

In concluzie, o valoare ridicată a Indicelui de Utilizare a Capacității, ce se poate plasa în unele cazuri în limite 110%-120%, nu reprezintă un criteriu care să indice blocarea intersecției.

Nivelul de servicii al intersecției calculat conform manualului “Intersection Capacity Utilization”- Trafficware Ltd. ed. 2003.

Nivelul de servicii pentru intersecții se exprimă ca o măsură a disconfortului, frustrării șoferului, consumului de carburant și timpului crescut de călătorie. Întârzierea unui conducător auto este compusă dintr-un număr de factori legați de semaforizarea

intersecțiilor, traficul de vehicule, obstacole sau incidente. Întârzierea totală este dată de diferența dintre timpul total de călătorie și timpul de referință a acesteia. Aceasta rezultă în condiții ideale de circulație: absența semaforului electric în intersecție, absența altor vehicule în intersecție.

Nivelul de servicii reprezintă măsuri / limite rezonabile în aprecierea calității călătoriei în intersecții (întârzierea controlată):

Nivelul A (LOS A) descrie un nivel scăzut al întârzierilor calculate, (maxim 10s/veh). Acest nivel de servicii este adoptat în caracterizarea circulației într-o intersecție atunci când deplasarea vehiculelor se face fără întârzieri și majoritatea vehiculelor care sosesc pot traversa intersecția. Majoritatea vehiculelor nu opresc deloc. Lungimi scurte ale ciclului de semaforizare pot contribui la valori scăzute ale întârzierilor.

Nivelul B (LOS B) exprimă faptul că intersecția funcționează cu întârzieri minore. Deplasarea vehiculelor în intersecție se face fără întârzieri apreciabile. Valoarea estimată a întârzierilor se plasează între 10 s/veh și 20 s/veh.

Nivelul C (LOS C) descrie deplasări ale vehiculelor în intersecție cu întârzieri limitate, cuprinse în marja de 20 s/veh până la 35 s/veh. Aceste întârzieri pot rezulta din deplasarea vehiculelor cu o viteză moderată. În aceste condiții poate să apară fenomenul de supraîncărcare a benzilor de circulație. Numărul vehiculelor ce opresc la intersecție în cadrul unei funcționări de nivel "C" să fie însemnat, deși multe vehicule pot trece fără să oprească.

Nivelul D (LOS D) descrie deplasări ale vehiculelor în intersecție cu întârziere controlată mai mare de 35 s/veh până la limita a 55 s/veh. În cadrul acestui nivel de servicii, influența congestiei în trafic devine ușor de remarcat. Întârzierile mai lungi pot rezulta din deplasări îngreunate ale vehiculelor și valori ale indicatorului volum/capacitate (v/c) ridicate.

Nivelul E (LOS E) descrie condiții de circulație ale vehiculelor în intersecție cu o întârziere controlată cuprinsă în marja 55s/veh - 80s/veh. Valorile ridicate ale întârzierilor indică viteza de deplasare

redușă în intersecție și rate ridicate ale indicatorului volum/capacitate (v/c). Numărul ciclurilor de semaforizare care nu pot asigura trecerea tuturor vehiculelor (acumulate în șirul de așteptare) pe faza de verde, este ridicat.

Nivelul F (LOS F) indică un nivel al întârzierilor mai mari de 80 s/veh. Acest nivel, considerat inacceptabil de către majoritatea șoferilor, apare adesea în situația blocajilor în trafic. Din punct de vedere al debitelor care determină acest nivel ridicat al întârzierilor se poate remarca faptul că această situație are loc atunci când rata fluxului de sosire depășește capacitatea grupurilor de benzi de circulație. În cadrul acestui nivel de servicii viteza de deplasare a vehiculelor este redusă și adesea se observă opriri în flux.

Nivelul G (LOS G), $1.00 < ICU = 1.09$: Intersecția este cu 10% - 20% peste capacitatea sa și este probabil să se înregistreze congestioni de 60 la 120 min pe zi. Cozile de așteptare sunt lungi și pot apărea blocaje frecvente.

Nivelul H (LOS H), $1.09 < ICU$: Intersecția este cu 20% peste capacitatea de circulație și pot apărea congestii de peste 120 min pe zi. Cozi de așteptare sunt lungi și pot apărea blocaje frecvente.

Lungimea estimată a șirurilor de așteptare

Acest parametru exprimă calitatea traficului de vehicule la traversarea unei intersecții. Calculul șirurilor de așteptare se face în conformitate cu Manualul de Capacitate (H.C.M.) realizat de administrația americană de drumuri (A.A.S.H.T.O.). Valorile estimate ale șirurilor de așteptare se calculează pt. fiecare bandă de circulație și în concordanță cu dorința de mișcare în intersecție a participanților la trafic. Lungimea medie a șirurilor de așteptare este calculată pe baza următorilor parametrii de influență: durata fazei de roșu, debitul de vehicule, debitul maxim (volum de saturare), rata sosirilor în intersecție, numărul de benzi de circulație în secțiune transversală, lungimea medie a vehiculelor, factorul de utilizare a benzilor.

$$L_{sir} = \frac{Q}{3600} \times (R - 6) \times \left[1 + \frac{1}{\frac{Q_{max}}{r} - 1} \right] \times \frac{l_{veh}}{n \times f}$$

L_{sir} = lungimea sirului de asteptare

Q_{max} = debitul maxim (volum de saturatie)

Q = debitul de vehicule

R = durata fazei de rosu

r = rata sosirilor in intersectie

l = lungimea medie a vehiculelor

f = factorul de utilizare a benzilor.

Emisii poluante

Emisiile poluante estimate in urma simularii numerice sunt: monoxidul de carbon, oxizi de azot, componenti volatili ai oxigenului. Emisiile sunt calculate in functie de consumul mediu de carburant. Relatiile simplificate de calcul sunt urmatoarele:

$$CO = F \times 69.9g/gal$$

$$NOx = F \times 13.6g/gal$$

$$VOC = F \times 16.2g/gal$$

In care:

F = Consumul de carburant

F = lunginea parcursa x k_1 + intarzieri x k_2 + opriri x k_3

$$K_1 = 0.075283 - 0.0015892 \times V + 0.000015066 \times V^2$$

$$K_2 = 0.7329$$

$$K_3 = 0.0000061411 \times V^2$$

V = viteza in intersectie

5.2.4 Analiza microscopica a desfasurarii traficului de vehicule in intersectia la nivel

Pentru realizarea modelelor de trafic au fost introduse in calcul caracteristicile tramei rutiere identificate pe teren:

- numar de benzi prevazute in sectiuni transversale proiectate si directiile de deplasare pentru fiecare acces;
- caracteristicile geometrice ale acceselor;

- semnalizarea rutiera verticala si orizontala proiectata.

Analiza conditiilor de desfasurare a traficului rutier

Prezentul studiu de trafic, evidentiaza principalii parametrii ce descriu modul de desfasurare a deplasarilor. Pentru analiza de trafic au fost retinuti: parametrii caracteristici modelului de trafic precum si rezultatele obtinute in urma simularii numerice:

Synchro: Parametrii caracteristici modelului de trafic

- Indicii de Utilizare a Capacitatii (I.C.U.) calculati in conformitate cu manualul cu acelasi nume elaborat de compania Trafficware Ltd.
- Nivelul de Servici (L.O.S.) in intersectii calculat in conformitate cu manualul *Intersection Capacity Utilisation*, elaborat de compania Trafficware Ltd.- 2003.
- Nivelul de Servici (L.O.S.) in intersectii calculat in conformitate cu manualul *Highways Capacity Manual ed6th*, elaborat de agentia Transportation Research Board – USA.

SimTraffic: Rezultate obtinute in urma simularii numerice

- Intarzieri medii ale vehiculelor in intersectie.
- Intarzieri medii ale vehiculelor in intersectie datorate opririlor.
- Numar de opriri (exprimare procentuala).
- Viteza medie de deplasare a vehiculelor.
- Emisiile de noxe: HC, CO, NOx.

Modelarea numerica a fiecărei intersectii, respecta conventia de codificare a directiilor de deplasare cunoscuta si sub denumirea “conventia NEMA”. In aceste conditii, identificam 6 mișcări posibile de deplasare. Codificarea deplasarilor se realizeaza in functie de punctele cardinale ce sunt asociate intersectiei si nodurile asociate directiei de deplasare. In contextul aspectelor aratate mai sus, semnificatia codificarilor se prezinta astfel:

- direcția EBT se atribuie nodurilor 1-2-5,
- direcția EBL se atribuie nodurilor 1-2-4,
- direcția EBL2 se atribuie nodurilor 1-2-3,

- intoarcerea in intersectie (virajul în U-turn) 1-2-1,
- direcția EBR se atribuie nodurilor 1-2-6,
- direcția EBR2 se atribuie nodurilor 1-2-7.

In figura 18 sunt prezentate codificările direcțiilor de deplasare pentru accesul analizat.

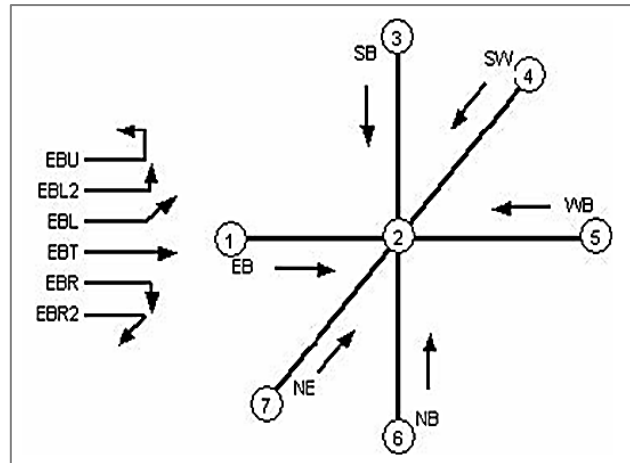


Fig. 18 – Codificarea direcțiilor de deplasare in intersecție

Codificarea direcțiilor de deplasare in intersecții descrisa mai sus, este utilizata de programele de calcul Synchro10 si SimTraffic folosite la modelarea numerica.

Modele ale desfasurarii traficului de vehicule

Analiza microscopica desfasurarii deplasarilor in intersecțiile invecinate amplasamentului podului “Nicolae Teclu” s-a realizat prin modelare numerica. Analizele de trafic in cele 2 intersecții principale – “Splaiul Unirii mal drept” si “Splaiul Unirii mal stang” s-au realizat pentru fluxurile de trafic rezultate din analiza macroscopica a rețelei rutiere din zona analizata.

Modelele numerice au fost realizate pentru a evidentia condițiile de circulatie corespunzatoare varfurilor de trafic ale distributiei zilnice dimineata (AM) si dupa amiaza (PM).

Modelele de trafic au următoarea componenta :

- ☀ **Modelul 1** – *circulatia rutiera dimineata AM*

✿ **Modelul 2** – *circulatia rutiera dupa amiaza PM*

Analiza rezultatelor obtinute in cadrul simularii numerice

Rezultatele obtinute din calcule exprima aplicarea principiilor de calcul si a formularilor matematice cuprinse in Manualul de Capacitate (Highway Capacity Manual). Acest document, unanim recunoscut in domeniul ingineriei de trafic a fost realizat de organismul tehnic american denumit “*Transportation Research Board*”, membru al “*National Academy*” - U.S.A.

Evaluarea desfasurarii traficului rutier in urma investitiilor proiectate se poate analizata prin evaluarea valorilor principalilor parametri ce caracterizeaza deplasarea vehiculelor in intersectiile mentionate mai sus. Modelarea desfasurarii traficului de vehicule, precum si evaluarea rezultatelor obtinute se realizeaza prin analiza pe doua paliere:

- analiza parametrilor ce caracterizeaza modelul de trafic. Acest set de informatii este furnizat de programul de modelare Synchro.
- analiza rezultatelor obtinute in urma simularii numerice a desfasurarii deplasarilor realizata cu ajutorul aplicatiei SimTraffic.

Rezultatele obtinute din modelare sunt evidentiate astfel:

Model 1 - varianta trafic dimineată - AM prezinta situatia circulatiei rutiere existenta in concordanta cu valorile de debite de trafic rezultate din modelarea macro. In **anexa 1** sunt prezentati in detaliu toti parametrii calculati in cadrul modelarii traficului. Rapoartele prezentate cuprind rezultatele modelarii folosind programul “*Synchro*” si rezultatele obtinute in cadrul simularii numerice utilizand aplicatia “*SimTraffic*”.

Model 2 - varianta trafic dimineată – PM prezinta situatia circulatiei rutiere existenta in concordanta cu valorile de debite de trafic rezultate din modelarea macro. In **anexa 2** sunt prezentati in detaliu toti parametrii calculati in cadrul modelarii traficului. Rapoartele prezentate cuprind rezultatele modelarii folosind programul “*Synchro*” si rezultatele obtinute in cadrul simularii numerice utilizand aplicatia “*SimTraffic*”.

6. ANALIZA DESFASURARII DEPLASARILOR PRIN MODELARE MACRO-MEZOSCOPIE

Analiza efectuata la acest nivel evidentiază următoarele aspecte.

6.1 Aspecte Generale

- ✿ Analizele asupra desfasurarii traficului rutier s-au realizat cu scopul de a evidentia conditiile de desfasurare a traficului rutier in zona analizata.
- ✿ Prezentul studiu de trafic realizeaza o estimare complexa asupra desfasurarii traficului de vehicule. Analiza de trafic ia in considerare pe de o parte, *traficul existent* (masurat in luna octombrie 2023), ce trebuie inteles ca un “esantion cu reprezentativitate rezonabila” in raport de distributia anuala a traficului.
- ✿ Analizele de trafic s-au efectuat pe baza investigatiilor de tip “sondaj de trafic”, realizate pe teren in intersectiile cuprinse in zona urbana de analiza.
- ✿ Intervalele orare in care au fost inregistrate debitele de trafic, corespund distributiei zilnice a traficului in care se identifica in mod curent valori ridicate intervalul orar: dimineata (AM) 07.00 – 10.00 si dupa amiaza (PM) 16 00 – 19.00. Debitele orare masurate pe categorii de vehicule au fost echivalate in vehicule etalon turisme (v.e.t.), in conformitate cu normele in vigoare (SR 7348/2001).

Masuratorile de trafic precum si observatiile realizate pe teren, confirma conditiile de desfasurare a traficului. Analiza conditiilor existente de desfasurare a deplasarilor (debite de trafic recenzate), corelate cu datele furnizate de aplicatia “*Google-Traffic*”, indica faptul ca valorile de debite recenzate reprezinta valori maxime ce se inregistreaza in zile de lucru. Din aceasta perspectiva, se poate afirma ca modelele de trafic realizate in cadrul prezentului studiu, evidentiaza distributii ale traficului rutier cu grad de solicitare ridicat. Pe baza rezultatelor obtinute din simularea numerica putem

considera ca analizele pun in evidenta situatiile cele mai dificile in desfasurarea deplasarilor in zona.

6.2 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in situația actuala

Ora de vârf de dimineață AM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 818 – 1.343 veh etalon / ora pe sens, si max. 256 – 725 veh etalon / ora pe sens in prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.
- Nivelul de Serviciu minim in intersecția Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este E, cu o întârziere medie de 1 min si 44 sec / veh etalon.

Ora de vârf de după amiaza PM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 1.041 – 1.048 veh etalon / ora pe sens, si max. 389 – 589 veh etalon / ora pe sens pe Str. N. Teclu.
- Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si tot de 30% pe Str. N. Teclu. Nivelul de Serviciu minim in intersecția Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este E, cu o întârziere medie de 1 min si 23 sec / veh etalon.

6.3 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in cazul scenariului fără Pod Teclu fără pasaje Bd. Th. Pallady

Ora de vârf de dimineață AM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 998 – 1.093 veh etalon / ora pe sens, si max. 147 – 415 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.
- Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu

Ora de vârf de după amiaza PM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 896 – 968 veh etalon / ora pe sens, si max. 265 – 280 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.

- Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu.

6.3 Concluzii privind desfășurarea deplasărilor de vehicule in cazul scenariului cu Pod Teclu fără pasaje Bd. Th. Pallady

Ora de vârf de dimineață AM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 780 – 1.433 veh etalon / ora pe sens, si max. 251 – 875 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.
- Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu. Nivelul de Serviciu minim in intersecția Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este D, cu o întârziere medie de 51 sec / veh etalon

Ora de vârf de după amiaza PM

- Fluxurile de trafic pe Splaiul Unirii ajung la max. 934 – 1.005 veh etalon / ora pe sens, si max. 390 – 393 veh etalon / ora pe sens pe prelungirea Str. N. Teclu spre Str. Cheiul Dâmboviței.
- Rezerva de capacitate pe Splaiul Unirii este de minim 30%, si de 50% pe Str. N. Teclu. Nivelul de Serviciu minim in intersecția Splaiul Unirii / Str. N. Teclu este D, cu o întârziere medie de 36 sec / veh etalon.

6.4 ANALIZA DESFASURARII DEPLASARILOR PRIN MODELARE MICROSCOPICA

Modelarea microscopica a vehiculelor are in vedere deplasarea vehiculelor pe rețele rutiere considerând mișcarea “*individuala*” a acestora. Modelele create cu ajutorul tehnicii informaționale oferă utilizatorului posibilitatea analizelor complexe asupra variantelor de organizare a circulației in intersecții.

Valorile de debite de trafic utilizate la modelarea numerica sunt preluate din date furnizate de modelarea macroscopica a desfășurării deplasărilor.

Valorile parametrilor de trafic prezentati in acest studiu, se bazeaza pe datele cuprinse in „*Modelul de Transport Metropolitan București-Ilfov*” actualizat valorile de

trafic recenzate in sondajele de trafic. Asa cum este mentionat in literatura de specialitate din domeniul ingineriei de trafic, intensitatea traficului rutier reprezinta o masura ce descrie desfasurarea deplasarilor. Din punct de vedere al practicii curente, "*Intensitatea Traficului Rutier*" poate avea valori variabile in functie de urmatoarele distributii: "*distributia zilnica*", "*distributia saptamanala*" sau "*distributia anuala*". In acest context, mentionam ca, pentru sectorul rutier analizat se pot inregistra in anumite perioade ale anului valori de debite de trafic diferite fata de debitele recenzate in prezentul studiu de trafic. Aceste valori pot modifica sensibil conditiile de circulatie, dar pe perioade de timp limitate.

Analiza conditiilor de desfasurare a traficului rutier este evidentiata prin intermediul principalilor parametri ce descriu conditiile de efectuare a deplasarilor. Pentru analiza de trafic au fost retinuti: parametrii caracteristici modelului de trafic precum si rezultatele obtinute in urma simularii numerice:

Synchro: Parametrii caracteristici modelului de trafic

- Indicii de Utilizare a Capacitatii (I.C.U.) calculati in conformitate cu manualul cu acelasi nume elaborat de compania Trafficware Ltd.
- Nivelul de Servici (L.O.S.) in intersectii calculat in conformitate cu manualul *Intersection Capacity Utilisation*, elaborat de compania Trafficware Ltd.- 2003.
- Nivelul de Servici (L.O.S.) in intersectii calculat in conformitate cu manualul *Highways Capacity Manual ed6th*, elaborat de agentia Transportation Research Board – USA.

SimTraffic: Rezultate obtinute in urma simularii numerice

- Intarzieri medii ale vehiculelor in intersectie.
- Intarzieri medii ale vehiculelor in intersectie datorate opririlor.
- Numar de opriri (exprimare procentuala).
- Viteza medie de deplasare a vehiculelor.
- Emisiile de noxe: HC, CO, NOx.

In urma modelarii numerice a deplasarilor in intersecțiile analizate nu se constata deficiente in desfasurarea traficului.

Indicii de Utilizare a Capacității (I.C.U.)

Acest parametru de trafic este utilizat de unele administrații ca măsură suplimentara pentru evaluarea condițiilor de desfășurare a deplasărilor in intersecții. Acest parametru oferă o informație rapida asupra funcționării intersecțiilor din punct de vedere al capacității de circulatei. In prezentul studiu de trafic *Indicii de Utilizare a Capacității* au fost calculați variantele de modelare dimineață (AM) si după amiaza (PM). In figura 19 sunt arătați valorile indicilor de utilizare a capacității pentru scenariile “*trafic dimineață (AM)*” si “*trafic după amiaza (PM)*”.



Fig. 19 – Indici de Utilizare a Capacității

Nivelul de Servici (L.O.S.) in intersecții calculat in conformitate cu manualul *Highways Capacity Manual ed6th*

Referitor la la acest parametru de trafic constatam ca atat in intrersectie cat si pe accesele de atere nu se inregistreaza valori ridicate ale nivelului de serviciu, fapt ce conforma bonditii de trafic corespunzatyoare.

In figura 20 sunt aratate valorile nivelelor de serviciu in intersecțiile semaforizate pentru scenariile “*trafic dimineata (AM)*” si “*trafic după amiaza (PM)*”.



Fig. 20 – Nivele de serviciu

Intazieri in intersecții

Intarzierea calculata in aceasta etapa reprezintă întârzierea medie de control suportata de toate vehiculele ce sosesc in timpul intervalului analizat. Ea include orice întârziere suportata de aceste vehicule ce încă mai fac parte din șirul de așteptare după terminarea intervalului analizat.

Acest parametru definit prin formula lui Webster (H.C.M.2010), indica nivelul întârzierilor cumulând in calcul următoarele nivele de întârzieri înregistrate in intersecții: întârzierea uniforma (D_1), întârzierea incrementală (D_2), Întârzierea reziduala (D_3).

In figura 21 sunt aratate valorile intazierilor in intersecțiile semaforizate, precum si intazierile ce se pot inregistra pe accese.



Fig. 21 – Întârzieri în intersecții

6.5 EFECTE LA NIVEL DE REȚEA

Efectele la nivel de rețea constând în efecte asupra timpului total de deplasare în rețea la orele de vârf dintr-o zi normală de lucru și la ora de vârf de sâmbătă exprimat în veh-ora, și asupra parcursului vehiculelor exprimat în veh-km sunt estimate în cadrul simulărilor realizate și sunt prezentate mai jos.

Zi de lucru, orele de vârf AM și PM

Tabelul 5 Efecte la nivel global de rețea, zi de lucru normală, orele de vârf AM și PM – Veh-ora și Veh-km

	Segmente stradale		Intersecții	Total
	Veh_h	Veh_km	Veh_h	Veh_h
AM				
Fără pod Teclu	67344	2123000	59927	127271
Cu pod Teclu	67020	2116294	60215	127234
<i>Diferența CU Pod vs fara Pod</i>		-6706		-37
PM				
Fara pod Teclu	64568	2089089	60241	124809
Cu pod Teclu	64399	2086170	59879	124278
<i>Diferența CU Pod vs fara Pod</i>		-2919		-531

Subliniem faptul ca, **la orele de vârf** se estimează o reducere cu cca 9.625 veh-km a parcursului, si o reducere de cca 568 veh-ora a timpului total petrecut in traficul rutier la într-o zi de lucru, pentru scenariul cu pod Teclu.

La nivelul unui an de zile, se estimează o reducere a timpului petrecut in trafic așa cum se prezinta mai jos.

Tabelul 6 Efecte la nivel global de rețea, la nivelul unui an de zile – Veh-ora si Veh-km

<i>Veh-ora pe zi (ore de vârf)</i>	<i>Grad ocupare, persoane veh</i>	<i>Persoane-ora pe zi (ore de vârf)</i>	Total reducere persoane-ora in trafic, pe an	Valoarea timpului, Euro (pt. VOT 12 Euro/h)	Valoarea timpului, Euro (pt. VOT 6.5 Euro/h)
-568	1.2	-2724	-756048	-9072575	-4914311

Se estimează o reducere a timpului petrecut in trafic de cca 0.8 milioane persoane ore pe an. Valoarea timpului economisit ca urmare a implementării proiectelor este estimat ca fiind de cca. 5 milioane Euro/an pentru VOT=6.5 Euro/ora si 9 milioane Euro/an pentru VOT=12 Euro/ora (pentru toți participanții la trafic din aria de studiu).

6.6 IMPACTUL ASUPRA EMISIILOR de CO2 ECHIVALENT si a CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL

In conformitate cu metodologia JASPERS, a fost estimat impactul asupra emisiilor de CO₂ech, așa cum se prezinta mai jos.

Tabelul 7 Emisii CO₂ech si consum combustibil ora de vârf de dimineață AM, fără Pod Teclu, tone/an

AM fără Pod Teclu											
						AutoB	AutoM	OGV1	OGV2	PSV	
		Gaz	Factor		CO2	90050	43579	0	0	5689	139317
		CO ₂	1		N2O	10	2	0	0	0	13
		N ₂ O	298		CH4	32	2	0	0	0	35
		CH ₄	23								
					tone pe an la AM						
					CO2 ech	143,996.29					
Intersecții		Gaz	Factor	tone/an							
Veh-h	59927.28	CO ₂	1	59058.33							
l/h	1.2	N ₂ O	298	2033.71							
Litri comb	71912.73	CH ₄	23	21.26							
				61113.30							
					CO2 ech	205,109.59					
FC	82653										

Tabelul 8 Emisii CO₂ech si consum combustibil ora de vârf de dimineață AM, cu pod Teclu, tone/an

AM cu Pod Teclu											
						AutoB	AutoM	OGV1	OGV2	PSV	
		Gaz	Factor		CO2	89700	43408	0	0	5677	138784
		CO ₂	1		N2O	10	2	0	0	0	13
		N ₂ O	298		CH4	32	2	0	0	0	35
		CH ₄	23								
					tone pe an la AM						
					CO2 ech	143,445.06					
Turns		Gaz	Factor	tone/an							
Veh-h	60214.69	CO ₂	1	59341.57							
l/h	1.2	N ₂ O	298	2043.46							
Litri comb	72257.62	CH ₄	23	21.36							
				61406.39							
					CO2 ech	204,851.46					
FC	82559										

Tabelul 9 Emisii CO₂ech si consum combustibil ora de vârf de după amiaza PM, fără Pod Teclu, tone/an

PM fără Pod Teclu											
						AutoB	AutoM	OGV1	OGV2	PSV	
		Gaz	Factor		CO2	87789	42636	0	0	5629	136054
		CO ₂	1		N2O	10	2	0	0	0	13
		N ₂ O	298		CH4	32	2	0	0	0	34
		CH ₄	23								
					tone pe an la AM						
					CO2 ech	140,619.20					
Turns		Gaz	Factor	tone/an							
Veh-h	60241	CO ₂	1	59367.51							
l/h	1.2	N ₂ O	298	2044.35							
Litri comb	72289.2	CH ₄	23	21.37							
				61433.23							
					CO2 ech	202,052.44					
FC	81431										

Tabelul 10 Emisii CO₂ech si consum combustibil ora de vârf de după amiaza PM, cu pod Teclu, tone/an

PM cu Pod Teclu											
						AutoB	AutoM	OGV1	OGV2	PSV	
		Gaz	Factor		CO2	87626	42555	0	0	5614	135795
		CO ₂	1		N2O	10	2	0	0	0	13
		N ₂ O	298		CH4	32	2	0	0	0	34
		CH ₄	23								
					tone pe an la AM						
					CO2 ech	140,351.75					
Turns		Gaz	Factor	tone/an							
Veh-h	59879.3	CO ₂	1	59011.05							
l/h	1.2	N ₂ O	298	2032.08							
Litri comb	71855.16	CH ₄	23	21.24							
				61064.38							
					CO2 ech	201,416.13					
FC	81170										

Astfel, la nivelul unui an de zile, se estimează o reducere a emisiilor de Co2ech in tone/an, astfel:

Tabelul 11 Reducere emisii CO2ech pe an, tone/an

AM fără pod Teclu	205.110
AM cu pod Teclu	204.851
Reducere emisii AM	258
PM fără pod Teclu	202.052
PM cu pod Teclu	201.416
Reducere emisii PM	636
Reducere emisii AM + PM, pe an	894
Reducere emisii la nivel de zi medie, pe an	3.578

In concluzie, se estimează o reducere a emisiilor de 3.578 tone CO2 ech. pe an, ca urmare a implementării proiectului.

La nivelul uni an de zile se estimează o reducere a consumului de combustibil astfel:

Tabelul 12 Reducere consum de combustibil pe an, tone/an

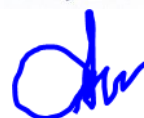
AM fără pod Teclu	82.653
AM cu pod Teclu	82.559
Reducere consum combustibil AM	94
PM fără pod Teclu	81.431
PM cu pod Teclu	81.170
Reducere consum combustibil PM	261
Reducere consum combustibil AM + PM, mii litri pe an	355
Reducere consum combustibil la nivel de zi medie, mii litri pe an	1.421

In concluzie, se estimează o reducere a consumului de combustibil de 1.421 mii litri pe an, ca urmare a implementării proiectului.

ing. **Adrian VILCAN**



dr.ing. **Valentin ANTON**



Bibliografie

- [1]. Transportation Research Board, National Academies:
„*Highway Capacity Manual*”, ISBN: 978-0-309-16077-3, Washington 2010
- [2]. Synchro Studio 10 User Guide -1993 - 2017 Trafficware Ltd. – U.S.A.
- [3]. „*Traffic Signal Timing and Coordination Manual*” –
Minnesota Department of Transportation – 2004.
- [4]. „*Intersection Capacity Utilization*” - Trafficware Corporation – U.S.A., 2003.
- [5]. „*Signalized Intersections: Informational Guide*” – Report No. FHWA-HRT-04-091.
- [6]. „*Signal Timing Process - Final Report*” – FHWA no. Dtfh61-01-c-00183.
- [7]. “*Transportation Engineering & Planning*” –
C.S. Papacostas & P.D. Prevedouros – Printices Hall – 2001
- [8]. Traffic Engineering – W.R. McSHANE, Roger ROSES, Elena PRASSAS - Printices Hall – 2001
- [9]. Transportation Engineering – Jon D. Fricker, Robert K. Witford - Printices Hall – 2005
- [10]. Transportation Systems Engineering – cap. 16. “Microscopic Traffic Simulation”
- Dr. Tom V. Mathew – 2014
- [11]. “*Trip Generation Manual*” 9th edition - Institute of Transportation Engineering
- [12]. “*Traffic Engineering Handbook*” 5th edition - Institute of Transportation Engineering
- [13]. An overview of microscopic and macroscopic traffic models - prof.dr.A.J. van der Schaft,
dr.ir.R.C.W.P. Verstappen, stud. J. Popping – RINJKSUNUNIVERSITEIT GRONINGEN - 2014
- [14]. Roundabouts: An Informational Guide - NCHRP REPORT 672 - 2010
- [15]. „*Inginerie de trafic – note curs*” - conf.dr.ing. Valentin ANTON - UTCB - 2016.
- [16]. „*Normativ pentru amenajarea intersecțiilor la nivel pe drumuri publice*” – AND-600/2010-2012