

# ASUPRA UNEI SOLUTII DE AMENAJARE A UNEI INTERSECTII DE STRAZI CU TRAFIC COMPLEX CA INTERSECTIE GIRATORIE SEMAFORIZATA

Lidia GAIGINSCHI, Iulian AGAPE, Adrian SACHELARIE, Radu GAIGINSCHI,  
Mihai PINTILIE, Alin GIRBACI

Universitatea Tehnică „Gh.Asachi” Iași;

## **Abstract.**

*The problem of traffic management in central areas of major European cities is of great actuality and is a common priority of experts, traffic police services and town hall. Starting from the premise that roundabouts intersections superiority is indisputable, from the point of view of traffic flow and road safety, and drawing from the experience in the field of traffic organising, the authors recently solved the traffic management issues in a known intersection of Iasi, traffic saturated. Complexity of the problem was increased by the additional traffic flows through the development in close proximity to the intersection of a large commercial complex. This paper synthesizes the development of this concept from the planning phase to materialization.*

*Cuvinte cheie: traffic, intersection, flow, capacity, reserve, roundabout*

## **1. Caracteristicile zonei de amplasare. Particularitățile investiției imobiliare.**

În lucrarea de față sunt analizate implicațiile asupra fluenței traficului pe Bulevardul Chimiei din Municipiul Iași în perspectiva construirii, la nr. 2, a unui centru comercial format din galerii comerciale, a unui complex Kaufland și a unui complex Lidl.

Amplasamentul se situează pe partea dreaptă a bulevardului, privind dinspre intersecția acestuia cu Bulevardul Primăverii și Bulevardul Tudor Vladimirescu (drumul național DN24) ca în figura 1, configurația viitoarei investiții fiind prezentată în figura 2. Amplasamentul destinat construcției, amenajării parcării, bransamentelor și utilităților este situat intravilan în Municipiul Iași, și se învecinează (figurile 1. și 3) la Nord cu Bulevardul Chimiei; la Vest cu Bulevardul Tudor Vladimirescu; la Sud cu complexul Praktiker și este delimitat la Est de obiective industriale.

Spațiul de parcare aferent centrului comercial este prevăzut cu 119 locuri de parcare destinate clienților complexului Lidl, și 359 locuri de parcare pentru clienții complexului Kaufland și galeriilor comerciale.

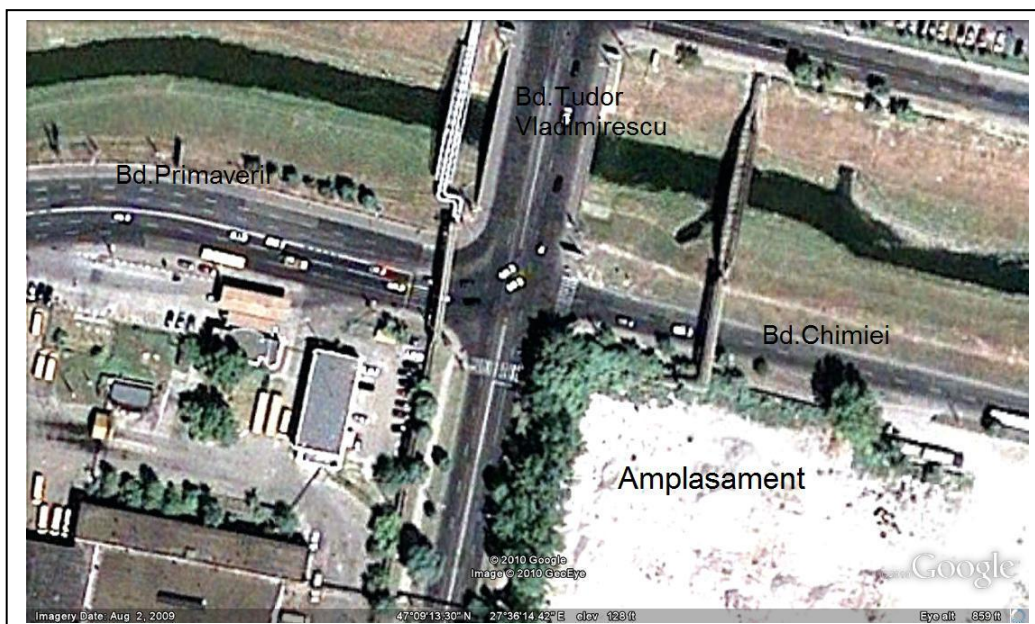


Figura 1

Pentru accesul în/din complex s-au prevăzut două căi pentru clienți. Prima intrare/ieșire este conectată la Bulevardul Tudor Vladimirescu, în proximitatea accesului către complexul Praktiker, aceasta cale de acces fiind prevăzută cu câte o singură bandă pe sens. Al doilea acces pentru clienți este poziționat de asemenea pe Bulevardul Tudor Vladimirescu, în apropierea intersecției acestuia cu Bulevardul Chimiei și Bulevardul Primăverii, având câte o bandă pe sens. Accesul autovehiculelor transport marfă, pentru aprovizionarea complexelor comerciale, se va face pe Bulevardul Chimiei. Astfel, legătura noii investiții cu rețeaua stradală urbană este asigurată prin Bulevardul Tudor Vladimirescu (DN24), spre Sud, către ieșirea din Municipiul Iași (pe DN24), spre Nord, către centrul municipiului, iar spre Est, prin Bulevardul Chimiei, spre cartierul Tătărași.

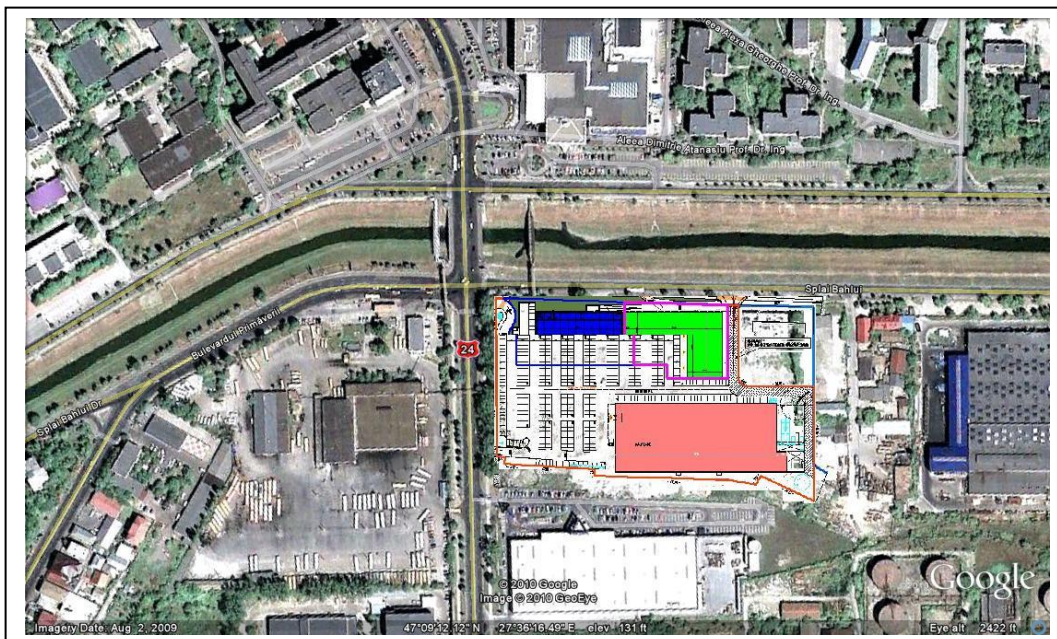


Figura 2



Fig.3 – Vedere asupra intersecției dintre Bulevardul Tudor Vladimirescu și Bulevardele Primăverii și Chimiei

În prezent, în zona adiacentă intersecției dintre bulevardul Tudor Vladimirescu, Chimiei și Primăverii rețeaua de transport în comun a orașului este prezentă cu linii regulate de autobuz și tramvaie având trasee care cuprind bulevardul Tudor Vladimirescu și bulevardul Primăverii.

În tabelul 1 sunt centralizate traseele mijloacelor de transport în comun care circulă în zona analizată, cu frecvențele de circulație corespunzătoare.

Tab.1.

Mijlocul de transport	Traseu	Frecvența (între 6.00-23.00) [unități/oră/sens]
Autobuze	43	10
	43b	5
	46	8
	121	10
<b>Total</b>	-	<b>33</b>
Tramvaie	1	11
	7	8
	13	11
<b>Total</b>	-	<b>30</b>

## 2.Precizari metodologice asupra determinarii capacitatilor de circulatie a strazilor si intersecțiilor de strazi

Metodologiile de calcul utilizate sunt prezentate foarte sintetic reținându-se acele relații care primează sub aspectul importanței. Acești algoritmi de calcul sunt reglementați prin standarde autohtone (SR-ISO) și sunt integrați practicii europene în domeniu.

Calculul capacităților de circulație a străzilor și intersecțiilor are ca finalitate încadrarea fluxurilor de vehicule. Capacitatea de circulație, ca număr maxim de vehicule care se pot deplasa într-o oră, în mod fluent și în condiții de siguranță a circulației, depinde de mai mulți factori cum sunt: caracterul circulației, sub aspectul continuității; caracteristicile traficului, exprimate prin: intensitatea și frecvența sosirilor de vehicule, viteza medie de circulație, componența traficului pe categorii de vehicule, inclusiv caracteristicile lor constructive și dinamice; structura rețelei principale de străzi, ce se referă la elementele geometrice ale străzilor, la distanțele între intersecții și treceri intermediare pentru pietoni, amenajarea și echiparea acestora; caracteristicile psihologice și fiziologice ale conducătorilor de vehicule: timpul de percepție reacție și timpul limită de așteptare la intersecții.

Factorii determinanți în calculul capacității de circulație sunt viteza de circulație; componența traficului (vehiculele cu viteze de circulație mai mici de 20 km/h constituie traficul lent); elementele geometrice ale străzii stabilite în funcție de viteza de proiectare; distanța între intersecții; modul de organizare și dirijare a circulației.

Un parametru important în calcul este **fluentea circulației F**, în secțiunea curentă a străzii, exprimând calitatea funcțională a străzii și fiind determinată cu relația:

$$F = \frac{v}{v_B} \quad (1)$$

unde  $v_B$  – viteza de proiectare a arterei [km/h] și care uzual se consideră  $v_B = 50$  km/h, egală cu viteza maximă legală în localitate.

$v$  – viteza de circulație, [km/h].

**Interspațiul minim de succesiune  $i_{\min}$**  corespunzător distanței necesare opririi vehiculului în palier este:

$$i_{\min} = \frac{v^2}{26 \cdot g \cdot f} + \frac{v}{3,6} \cdot t + S \quad [m] \quad (2)$$

unde  $v$  – viteza de circulație [km/h];

$g$  – accelerația gravitațională;  $g = 9,81$  [m/s<sup>2</sup>];

$f$  – coeficient de frecare la frânarea energetică;

$S$  – spațiul de siguranță [m] și care, de regulă, este egal cu lungimea vehiculului. Pentru calcul, valorile cele mai utilizate sunt:  $S = 4,5$  [m] – pentru circulația curentă;  $S = 10$  [m] pentru traficul lent;



t – timpul de percepție – reacție [s].

**Capacitatea maximă de circulație**, pentru o bandă carosabilă:

- pentru flux continuu, este: 
$$N^c = \frac{1000 \cdot v}{i_{\min}} = \frac{1000 \cdot v}{\frac{v^2}{26 \cdot g \cdot f} + \frac{v}{3,6} \cdot t + S} \quad [\text{vehicule/oră}] \quad (3)$$

- pentru flux discontinuu, capacitatea maximă de circulație N pentru o bandă carosabilă se ameliorează cu un coeficient subunitar K: 
$$N = N^c \cdot K \quad [\text{număr vehicule/oră}] \quad (4)$$

unde 
$$K = \frac{\frac{A}{v}}{\frac{A}{v} + \frac{v}{2} \cdot \left( \frac{1}{w_a} + \frac{1}{w_i} \right) + T_r} < 1 \quad (5)$$

A [m] – distanța între intersecții, inclusiv trecerile pentru pietoni, situate la același nivel

v [m/s] – viteza de circulație;

w<sub>a</sub> [m/s<sup>2</sup>] – accelerația la pornirea vehiculului;

w<sub>i</sub> [m/s<sup>2</sup>] – decelerația la oprirea vehiculului;

T<sub>r</sub> [s] – durata așteptării semnalului de intrare în intersecția prevăzută cu semafoare.

Se precizează ca în mediile urbane și în cazul particular abordat fluxurile intersectate sunt evident discontinue.

**Numărul de benzi de circulație, n**, pentru sensul de mers cel mai solicitat al străzii se determină cu relația:

$$n = \sum_i \frac{P_i}{N \cdot C} + K_1 + K_2 \quad (6)$$

unde: P<sub>i</sub> – intensitatea orară a traficului pentru viteză de circulație curentă sau lentă [vehicule echivalente/oră] pe sensul cel mai solicitat, obținut prin măsurători;

N- capacitatea de circulație discontinuă a unei benzi de circulație (sau continuă N<sup>c</sup>) [vehicule echivalente/oră], conform STAS 10144/5-89;

K<sub>1</sub> – termen care ține seama de frecvența mijloacelor de transport în comun pe pneuri [vehicule/oră, sens], și care are valorile:

- K<sub>1</sub> = 0, în situații curente;

- K<sub>1</sub> = 1, pentru frecvența mijloacelor de transport în comun pe pneuri > 60 vehicule/oră;

K<sub>2</sub> – termen care ține seama de existența unor rampe mari când traficul are în componență peste 10% vehicule cu sarcina utilă > 15 kN sau vehicule lente:

- K<sub>2</sub> = 0, pentru rampe < 4%;

- K<sub>2</sub> = 1, pentru rampe ≥ 4% pe cel puțin 200 m lungime;

C = C<sub>1</sub> \* C<sub>2</sub> \* C<sub>3</sub> coeficient de reducere a capacității de circulație și a cărui valoare ține seama de :

- lățimea benzilor de circulație (prin C<sub>1</sub>)

- existența unor obstacole laterale la distanțe d mai mici de 1,50 m de la marginea părții carosabile și pe lungimi mai mari de 5,00 m (prin C<sub>2</sub>), pentru capacitatea benzii alăturate obstacolului.

- existența locurilor de parcare adiacente părții carosabile și poziția de staționare a vehiculelor relative la axul străzii (prin C<sub>3</sub>).

- frecvența de circulație a tramvaielor, pe linii amplasate pe partea carosabilă (prin C<sub>4</sub>), când frecvența de trecere este mai mare de 3 tramvaie pe oră și sens.

Atunci când pentru o bandă carosabilă sunt necesare mai multe corecții, se va stabili corecția C ca medie ponderată a coeficienților respectivi, pe lungimile aferente.

Numărul final de benzi de circulație se va stabili în final avându-se în vedere ca numărul maxim să nu depășească 3 benzi pe sens, rotunjirile făcându-se evident la un număr întreg de benzi. Lățimea părții carosabile este o consecință a numărului de benzi necesare pe sens, n, iar lățimea benzii este reglementată între 3,00 și 3,50 [metri].

Capacitatea de circulație a intersecțiilor se exprimă prin numărul maxim de participanți la trafic care pot traversa sau schimba direcția de mers în condiții de siguranță și fluentă a traficului, depinzând de următorii factori:

- caracteristicile tipurilor de vehicule, mărimea fluxurilor de vehicule și de pietoni, precum și relațiile între acestea;

- viteza de circulație, accelerația și decelerarea vehiculelor, timpii de așteptare și traversare a intersecției;
- amenajarea tehnică a intersecției și echiparea pentru dirijarea și reglementarea circulației;
- caracteristicile suprafeței de rulare, încadrarea urbanistică și dotările pentru circulație (stații de transport în comun, parcaje, etc.);
- organizarea zonală a circulației respectiv pe străzile incidente și la intersecțiile vecine;

Amenajarea și echiparea intersecției trebuie să asigure preluarea integrală a fluxurilor provenite de pe străzile concurente, respectându-se distanțele minime de amplasare a intersecțiilor conform reglementărilor tehnice specifice. Pe baza diagramei traficului din intersecție se pot determina mai multe variante ale schemei de organizare a deplasării fluxurilor din intersecție, adoptându-se soluția care reduce la minimum timpul total de traversare și volumul de lucrări.

În spațiul comun de trecere al intersecției apar punctele limită de conflict între vehicule și între vehicule și pietoni, care determină lungimile de evacuare a intersecției de către vehicule ( $d_v$ ) și pietoni ( $d_p$ ), respectiv timpii necesari evacuării.

Principalii parametri care intervin în calculul capacității de circulație a intersecțiilor sunt:

**Intervalul mediu de succesiune** între vehicule determină posibilitatea efectuării diferitelor manevre de intersectare a fluxurilor pe baza priorității de dreapta sau a priorității de flux.

**Accelerația la demaraj și decelerația la încetinire sau oprire** în intersecție, care se consideră egale cu:

- $2 \text{ m/s}^2$  accelerația și  $4 \text{ m/s}^2$  decelerația, pentru vehicule ușoare;
- $0,75 \text{ m/s}^2$  accelerația și  $3 \text{ m/s}^2$  decelerația, pentru vehicule grele.

**Viteza de mers a pietonilor în intersecții**, este standardizată și are valorile:

- $1,2 \div 1,5 \text{ m/s}$ , când predomină circulația pietonală într-un sens;
- $0,8 \div 1 \text{ m/s}$ , când circulația pietonală este intensă în ambele sensuri.

► **Lățimea trecerii de pietoni**, care se stabilește în funcție de intensitatea medie a celor mai solicitate 4 ore din zi. Se consideră că lățimea unei benzi de pietoni este de  $0,75 \text{ m}$  și capacitatea acesteia este de  $800 \text{ pietoni/h}$  pentru sens dublu și  $1200 \text{ pietoni/h}$  pentru un sens dominant.

Soluția conturată în studiul de față este cea de intersecție giratorie și deci se consideră utilă prezentarea doar a metodicii specifice de calcul. De precizat că amenajarea acestor intersecții este un domeniu nou pentru majoritatea statelor lumii astfel că în prezent doar S.U.A. beneficiază de un standard intern specific (vezi Highway Capacity Manual, ediția 2010), algoritmul propus fiind de inspirație germană. Pe plan mondial s-au dezvoltat două direcții de abordare a problematicei giratoriilor. Școala germană propune o metodologie profund analitică și pune accent pe influența elementelor geometrice ale intersecției asupra capacității totale. Maniera britanico-australiană are baze empirice și aplicabilitate restrânsă, focalizând asupra intersecțiilor giratorii urbane. Autorii studiului au utilizat algoritmi germani ai lui Brilon și Stuwe.

Calculul capacității de circulație a intersecțiilor cu sens giratoriu a fost abordat, de-a lungul timpului, atât prin teoria acceptării interstițiului temporal, cât și prin metoda regresiei empirice. Britanicii au dezvoltat metoda regresiei multivariate utilizând particularitățile geometrice ale intersecției. Această soluție nu este suficient de precisă deoarece este axată pe combinația specifică de parametri, care constituie în fapt și baza calibrării. Posibilele valori ale tuturor parametrilor nu pot fi în totalitate determinate prin observații.

Procedura oficială utilizată de lucrările germane este cea relativă la teoria acceptării interstițiului temporal, fiind folosită ecuația lui Tanner, într-o formă ajustată la necesitățile sensului giratoriu de către Wu:

$$G = 3600 \cdot \left( 1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{n_k \cdot 3600} \right)^{n_k} \cdot \frac{n_z}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \left( t_g \cdot \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right)} \quad (7)$$

unde:  $G$  – capacitatea de bază a unei intrări [veh.ech/h];

$q_k$  – capacitatea medie de circulație a unei benzi a inelului rutier [veh.ech/h];

$n_k$  – numărul benzilor de circulație [-];

$n_z$  – numărul benzilor de intrare [-];

$t_g$  – intervalul critic [s];

$t_f$  – intervalul de succesiune [s];

$t_{\min}$  – intervalul minim între două vehicule succesive pe inelul rutier [s];

Pentru utilizarea acestor ecuații volumul traficului a fost măsurat în vehicule echivalente, utilizând aceiași coeficienți de echivalență. Pentru parametrii  $t_g$ ,  $t_f$  și  $t_{\min}$  au fost folosite valorile date de Stuwe:

$$t_g = 4,1 \text{ [s]}, \quad t_r = 2,9 \text{ [s]} \quad \text{si} \quad t_{\min} = 2,1 \text{ [s]}.$$

### 3.Rezultatele recensamantului de trafic

Programul experimental a surprins în totalitate situația normală a circulației, în limitele prevăzute de standardul specific.

Ca metodă de investigare, s-a utilizat recensământul de circulație rutieră ce are ca scop determinarea intensității și componenței circulației rutiere. După mărimea rețelei de drumuri cuprinsă, recensământul a fost parțial, adică a inclus numai o parte a rețelei de drumuri, respectiv zona limitrofă amplasamentului investiției din Bulevardul Chimiei nr.2. După tipul de participanți la trafic, recensământul s-a referit numai la vehiculele în mișcare. După mijloacele utilizate în scopul colectării informațiilor, metoda de investigare a fost manuală, utilizând operatori.

Programul experimental s-a derulat pe parcursul a două zile. În prima zi (ziua de miercuri a săptămânii) măsurătorile s-au derulat între orele 7.00 – 22.00. În cea de a doua zi (ziua de sâmbătă a săptămânii) măsurătorile s-au efectuat la aceleași ore, respectiv 7.00 – 22.00. Pe parcursul măsurătorilor nu s-au înregistrat accidente care să blocheze traficul rutier iar condițiile climaterice au fost favorabile circulației pe toată durata înregistrărilor. Nu s-au creat alte conjuncturi (concentrări locale de noxe, alte condiții defavorabile) care să altereze sau să invalideze rezultatele măsurătorilor.

S-a vizat documentarea necesară oferirii de soluții pertinente pentru fluidizarea traficului după punerea în funcțiune a noului obiectiv. În acest sens s-au stabilit judicios posturile de lucru pentru măsurarea fluxurilor de vehicule. Nu au fost reprezentate fluxurile de pietoni din zonă, deoarece acestea nu sunt semnificative. În figura 4 sensurile de circulație auto și fluxurile corespunzătoare au fost notate pentru identificare cu numere de la 1 la 8.

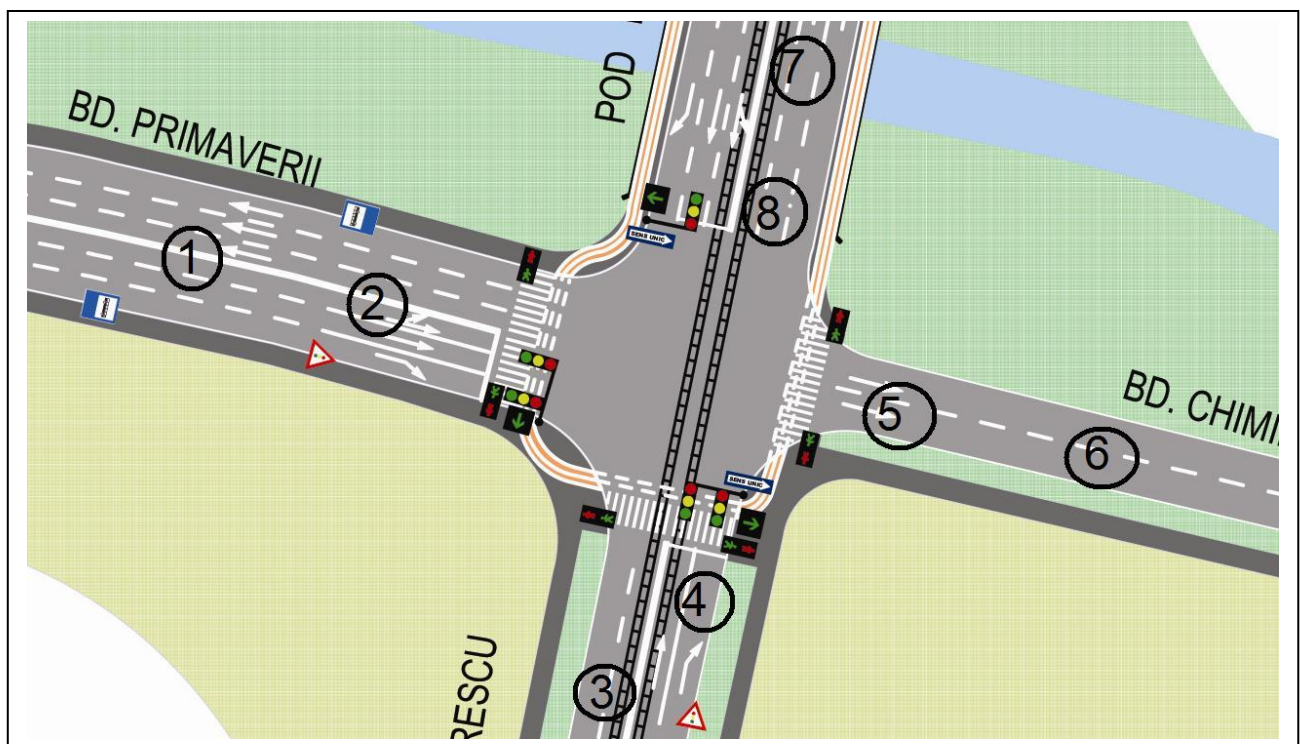


Figura 4. –Indexarea fluxurilor de vehicule care circulă prin intersecția analizată

Fluxurile înregistrate pe strazile intersectate prezintă interes doar sub forma fluxurilor de intrare în intersecție.

Cu „a” s-a notat numărul de autoturisme, cu „m” numărul de microbuze, cu „A” numărul de autobuze, cu „C” numărul de camioane iar cu „T” numărul de tramvaie. Fluxul de vehicule echivalent s-a notat cu „ech”.

Coeficienții de echivalare utilizați în calcul sunt cei normati, respectiv:

- 3,5 – pentru autobuze și tramvaie;
- 1,2 – pentru microbuze;

- 1 – pentru autoturisme.

Ținând cont de faptul că traficul greu, respectiv camioanele care circulă pe aceste două direcții, sunt de tipul autotractor cu semiremorcă, adică au dimensiuni foarte mari, coeficientul de echivalare utilizat pentru acest tip de vehicule a fost 3,5.

Rezultatele experimentale asupra solicitării intersecției sunt sintetizate în graficele din figurile 5 și 6.

S-a observat că valorile maxime de trafic au fost atinse în prima zi a măsurătorilor, pentru orice interval orar, respectiv în ziua de miercuri a săptămânii, motiv pentru care s-au furnizat reprezentările grafice numai pentru această zi. Fluxurile de autovehicule echivalente care intră în intersecție, de pe cele trei relații sunt respectiv 1 – 2, 7 – 8 și 3 – 4 . S-a ținut cont ca bulevardul Chimiei este prevazut cu sens unic, în sensul degajării intersecției , astfel încat fluxul 6—5 este nul . Numărul maxim de vehicule echivalente a depășit 3000, pentru intervalul orar 11 – 12.

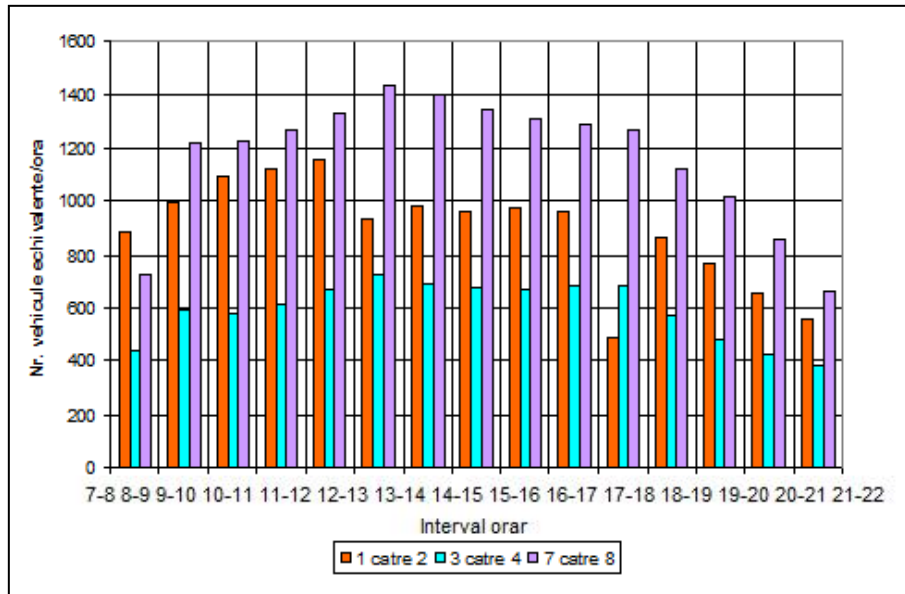


Fig.5- numărul de vehicule echivalente pe oră, care circulă către intersecția bulevardelor Tudor Vladimirescu, Primăverii și Chimiei

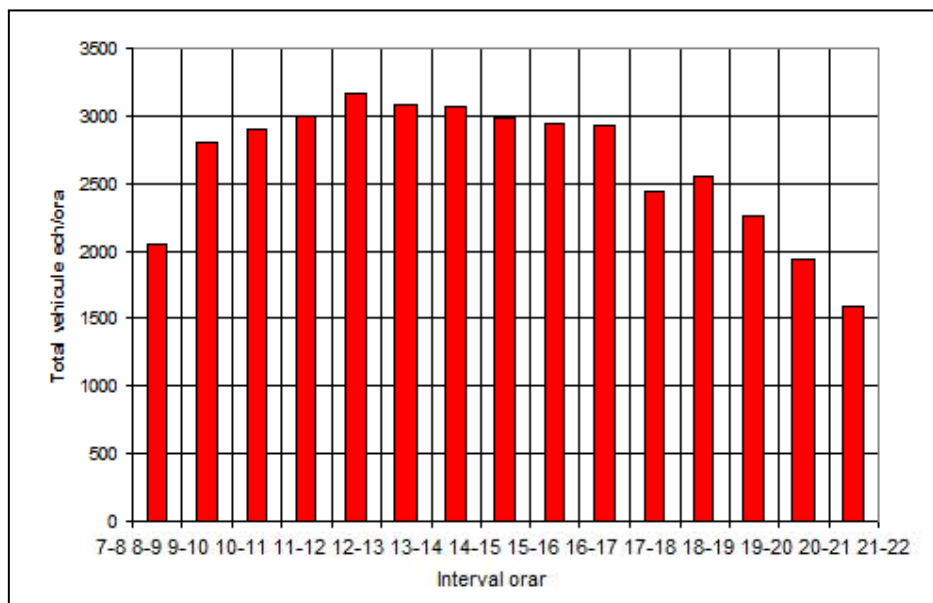


Fig.6 – numărul total de vehicule echivalente ce intră în intersecție

#### 4.Determinarea capacitatii de transport a intersecției proiectate.

Capacitatea de transport a intersecției dintre bulevardele Tudor Vladimirescu, Chimiei, Primăverii și calea de acces preconizată a complexului s-a determinat în varianta de sens giratoriu urban cu trei benzi de circulație, semaforizat în două faze și cu circulație de tramvaie canalizată diametral.

În această intersecție acced următoarele fluxuri:

1 → 2, dinspre bulevardul Primăverii, pe 3 benzi;

3 → 4, dinspre tronsonul sudic al bulevardului Tudor Vladimirescu (dinspre Calea Chișinăului), pe 2 benzi;

7 → 8, dinspre tronsonul nordic al bulevardului Tudor Vladimirescu (dinspre bulevardul Dimitrie Mangeron), pe 3 benzi.

În intersecție mai accede fluxul vehicular dinspre calea de acces a complexului Kaufland-Lidl (notat 10-9), pe o singură bandă. Accesul 6 → 5 dinspre bulevardul Chimiei presupune un aport vehicular nul, întrucât soluția funcțională de organizare a traficului prevede sens unic pe această stradă, pe direcția 5 către 6. Bulevardul Chimiei va fi utilizat doar pentru defluirea vehiculelor din sensul giratoriu. În concluzie, sensul giratoriu urban analizat va avea un număr de 4 intrări și 5 ieșiri

Capacitatea de transport a fiecărei intrări depinde de capacitatea circulatorie a inelului rutier și de numărul de benzi ale inelului, respectiv ale intrărilor.

Având în vedere parametrii geometrici ai girației, se stabilește cu ușurință că raza medie a benzii interioare este respectiv de 11,75 [m], a benzii centrale de 15,5 [m] iar a celei exterioare de 19,75 [m]. În virtutea acestora, autovehiculele vor parcurge pe inelul rutier drumuri medii egale cu circumferințele axelor benzilor de rulare, respectiv de 73,9 [m] pentru banda interioară, 97,4 [m] pentru banda centrală și de 124,1 [m] pentru banda exterioară. Calculul capacității circulatorii a inelului se face în ipoteza suprapunerii traficului lent și al circulației curente pe toate cele 3 benzi ale inelului. Vitezele de rulare pot varia așadar între viteza specifică traficului lent (30 km/h) până la cea constructivă a drumului (50 km/h).

Fluxurile circulatorii pe benzile inelului rutier sunt evident discontinue datorită intrărilor și ieșirilor în/din inel.

Accelerațiile și decelerațiile vehiculelor la pornire/oprire se admit la valoarea specifică traficului lent, având în vedere suprapunerea traficului rapid și lent, în coloană, pe cele 3 benzi ale inelului.

Pentru intersecțiile giratorii cu accese nereglementate prin semaforizare capacitățile circulatorii ale inelului pot fi diminuate datorită așteptării la intrare, în inel, pe o durată acceptată în această fază ca egală cu intervalul de succesiune la intrare, respectiv  $t_f = 2,9$  [s]. În cazul de față, se prevede semaforizarea și deci durată așteptării la intrarea în inel, pe timpul de verde al fiecărei faze, se anulează practic, circulația în inelul giratoriu va fi continuă și doar accesele în inel fiind fragmentate de secvențele semaforizării.

În tabelul 3 se regăsesc valorile calculate ale capacității circulatorii ale benzilor, respectiv ale inelului rutier aparținând girației.

Tab.3

capacitate inel		interior			central			exterior			total
v[km/h]	v[m/s]	Ku[-]	Nc	N	Ku[-]	Nc	N	Ku[-]	Nc	N	Nt
30	8.333333	0.739431	1146.495	847	0.789037	1146.495	904	0.826553	1146.495	947	2698
40	11.111111	0.614828	1323.847	813	0.677818	1323.847	897	0.728302	1323.847	964	2674
50	13.88889	0.505341	1443.99	729	0.573826	1443.99	828	0.631752	1443.99	912	2469

În aceste condiții, capacitățile la intrarea fiecăruia din fluxurile canalizate, în funcție de numărul benzilor sensului de acces în sensul giratoriu și de viteza de circulație, au valorile consemnate în tabelul 4:

Tab.4.

capacitate medie inel		nr.benzi/acces		
		1	2	3
		9catre10	3catre 4	7catre 8
Relatii de trafic		-	-	1catre 2
v[km/h]	Nt	1	2	3
30	899	607	1215	1823
40	891	612	1224	1836
50	823	648	1297	1946



Capacitățile totale de intrare ale girației în funcție de viteza medie a traficului sunt consemnate în tabelul 5. Se face precizarea că aceste capacități s-au determinat în ipoteza că se va utiliza pentru semaforizarea intersecției giratorii același ciclu ca în prezent (același număr de faze și cu aceeași timpi roșu și verde pentru fiecare fază). De exemplu, intrările pe relațiile 7-8 și 1-2 alternează, astfel încât capacitățile lor de intrare, din tabelul 4., se vor afecta cu coeficienții 1/3 și respectiv 2/3. Pe baza aceluiași raționament capacitatea de intrare a relației 3-4 se va afecta cu coeficientul 2/3. Se au în vedere astfel ponderile timpilor de verde ale celor două faze de semaforizare în totalul ciclului. În tabelul 5 sunt prezentate valori ale capacităților totale la intrarea în inelul girator în funcție de viteza de circulație:

Tab 5

v[km/h]	capacitate totala intrare
30	2834
40	2855
50	3026

S-au folosit pentru calcule următoarele valori ale parametrilor:  $n_k = 3$  [-];  $n_z = 3$  [-] (pentru accesele 1 → 2, 7 → 8), 2 (pentru accesul 3 → 4) și respectiv 1 (pentru accesul 9 → 10).

Capacitatea de intrare a sensului giratoriu analizat poate fi majorată cu până la 25% (în intervalele orare de vârf), având în vedere că girația proiectată este prevăzută cu amenajări speciale, destinate îmbunătățirii fluenței și capacității (racordări ale străzilor incidente cu inelul rutier; insule separatoare între sensurile aceluiași acces, marcaje orizontale pentru canalizarea integrală a circulației, indicatoare, lățime sporită a benzii exterioare, măsuri de îmbunătățire a vizibilității, etc.).

Capacitățile de circulație sunt exprimate în [vehicule echivalente/ora].

## 5. Analiza capacității de preluare a fluxurilor de autovehicule de către intersecția propusă

Analiza capacității de preluare a fluxurilor suplimentare de vehicule de către străzile intersectate prezintă un interes secundar astfel ca se va supune analizei doar intersecția giratorie. Amplasarea în zonă a complexului comercial va conduce la o creștere a intensității traficului pe bulevardele Tudor Vladimirescu, Primăverii și Chimiei și în intersecția acestora, la care se va racorda și accesul auto principal în incinta centrului.

Conform raportărilor rețelei Kaufland, în zona Iașului într-o astfel de unitate se emit zilnic, în medie, 10.000 de bonuri de casă. În perioadele de vârf (sărbători pascale și de Crăciun) se înregistrează o creștere de 25 % a numărului de vânzări. Pe de altă parte, din aceleași raportări, se constată că raportat la numărul de vânzări, numărul de vehicule care transportă clienți către supermarket este de 1:4. În concluzie, față de un aflux zilnic mediu de 2500 de autovehicule, în perioadele sărbătorilor celor mai importante se ajunge la un aflux zilnic de 3125 de autovehicule. Orele cele mai aglomerate sunt între 10-20 în funcție de ziua din săptămână, programul uzual de funcționare fiind 8-22. În aceste condiții este de așteptat ca fluxul vehicular maxim în/din incinta centrului, aferent supermarket-ului Kaufland, să nu depășească valoarea de 300 [vehicule echivalente/oră]. Această valoare este confirmată de determinările experimentale ale autorilor efectuate la complexul Nicolina, cel mai aglomerat supermarket Kaufland din Iași. Rezultatele documentării, confirmate și pe cale experimentală de către autori, evidențiază că un flux maxim vehicular de 200 [vehicule echivalente/oră] aferent market-ului Lidl, este acoperitor chiar pentru perioada sărbătorilor.

Cât privesc galeriile comerciale, raportările pentru astfel de obiective limitează fluxurile vehiculare maxime la valoarea  $(A \times c/100)$  unde :

A - suprafața construită a galeriilor [în metri pătrați]

c - coeficient ;  $c = 7,5 \dots 9,2$  [vehicule echivalente/mxmxora].

În concluzie, pentru galeriile comerciale se previzionează un flux orar maxim de 100 [vehicule echivalente/oră], corespunzător unui coeficient  $c = 8,4$ .

În conformitate cu cele de mai sus se poate estima un debit maxim total de autovehicule în/din incinta centrului comercial de 600 de [vehicule echivalente/oră]. Centrul comercial este prevăzut în proiect cu un număr de 478 de locuri de parcare. Dacă admitem că 10 procente vor reveni personalului centrului, clienții vor avea la dispoziție 430 de locuri. Cu alte cuvinte, în perioadele de vârf fiecare autovehicul va rămâne parcat în incinta complexului, în medie câte  $60 \times 430 / 600 = 43$  de minute. Această durată este absolut plauzibilă și evidențiază atât veridicitatea estimării cât și suficiența locurilor de parcare.

Pentru a analiza obiectiv capacitatea rețelei stradale adiacente și a intersecției căii de acces în/din centrul comercial cu bulevardele Tudor Vladimirescu, Primăverii și Chimiei de a prelua și canaliza fluxurile vehiculare din această zonă, se va ține seama – pe lângă capacitățile de circulație a străzilor adiacente și a intersecției, condiționate de configurațiile constructiv – geometrice ale acestora - de fluxurile de intrare/ieșire din zonă în momentul actual, pe de o parte, și de fluxurile suplimentare generate de funcționarea într-un viitor apropiat a obiectivului urbanistic reprezentat de centrul comercial Kaufland-Lidl.

Analizând rezultatele studiului de trafic se constată că fluxul maxim de autovehicule intrat în sensul giratoriu pe toate intrările s-a înregistrat în prima zi a studiului de trafic, în intervalul orar 12-13 . Datele de trafic sunt prezentate sintetic în tabelul 6:

Tab.6

acces	nr. benzi	turism	micro	camion	tramvai	autobuz	trafic usor	trafic greu	total
7 catre 8	trei	1049	64	58	11	20	1125	312	1437
3 catre 4	doua	488	55	27	14	8	554	172	726
1 catre 2	trei	741	53	18	0	19	804	130	934
total	opt	2278	172	103	25	47	2484	613	3097

În tabelul 7 s-au consemnat rezultatele determinărilor pentru capacitățile de rezervă ale intrărilor în sens giratoriu pentru diferite viteze de circulație pe benzile acestuia, ca diferență între capacitățile maxime totale ale intrărilor și debitele vehiculare maxime înregistrate pe intrări.

Tab.7

Relatii	3catre 4	7catre 8	1 catre 2	rezerva totala intrare
v[km/h]	-	-	-	-
30	489	386	889	1764
40	498	399	902	1799
50	571	509	1012	2092

În privința căii de acces în centrul comercial, a cărei intrare în intersecție este prevăzută cu o singură bandă și a cărei capacitate de intrare în funcție de viteză este prezentată în tab.7 (relatia 9 către 10), aceasta beneficiază de rezervă integrală (egală cu capacitatea de intrare) și poate prelua cu ușurință traficul presupus de activitatea zilnică a celor trei unități componente, chiar și în perioadele cele mai aglomerate, când rezerva propriu –zisă a acceselor în girație variază între 7-48 de vehicule echivalente/oră, în funcție de viteza medie realizată de fluxul vehicular pe calea de acces. Rezervele de trafic cele mai mari se regăsesc pe intrările fluxurilor 3-4 și 1-2 și evidențiază disponibilitatea intersecției giratorii pentru preluarea fluxului suplimentar de vehicule, presupus de funcționarea complexului comercial. Probleme de acces în intersecție pot apărea doar pe relația 7-8 , atunci când se rulează cu viteze prea mici (sub 30 km/h), când intrarea se saturează, funcționarea având loc fără rezervă. În realitate, capacitățile de intrare sunt mai mari decât valorile calculate, girația fiind prevăzută și cu o a cincea ramură, cu rol exclusiv în defluirea din intersecție, varianta giratoriului urban cu mai multe ieșiri decât intrări nefiind tratată în literatura de specialitate, sub aspectul influenței pozitive evidente a unei ieșiri suplimentare.

Cât privește diferența între capacitatea de intrare în girație și capacitatea de preluare a fluxurilor de către inelul rutier cu 3 benzi, aceasta este rezonabilă pentru viteze de 30 până la 40 de km pe oră, când gradul de nesatisfacere a cererilor de intrare este de 5-6,7%, conform tabelului 8. Pe intrările controlate prin semaforizare se vor genera cozi medii de 0,4-1,74 vehicule echivalente, în funcție de viteză și care practic nu vor putea intra în girație pe durata timpului de verde, datorită saturației benzilor inelului rutier. La baza acestui calcul stă numărul de benzi ale intrărilor semaforizate în intersecție (n=8) și numărul de cicluri de semaforizare/oră (nc=40). Autovehiculele care intră în intersecție pe accesul nesemaforizat 9-10 (din parcare centrului comercial) vor aștepta la linia de acordare a priorității cel mult 6-6,5 secunde la saturarea inelului rutier, durată care însă satisface un flux vehicular de 554-600 vehicule echivalente/oră, valoare acoperitoare pentru necesarul de trafic al complexului.

Se apreciază că intersecția giratorie proiectată va satisface cerințele de trafic ulterioare punerii în funcțiune a complexului comercial, cu o bună funcționalitate la o viteză medie de circulație de 40 km/h. Așa cum am demonstrat, eventualele blocaje de trafic în zona podului rutier Tudor Vladimirescu se datorează exclusiv capacității de circulație a podului rutier și nicidecum girației stradale (sub aspectul capacităților sale interioare sau de intrare). Menținerea actualului ciclu de semaforizare este justificată.

Tab.8

viteza	capacitatea inelului	capacitate totala intrare	Ni-Nt	Ni-Nt(%)	nr.mediu veh.la coada/banda intrare	asteptare 9-10 sec
v[km/h]	Nt	Ni		%		
30	2698	2834	136	5.040771	0.425	6.004447739
40	2674	2855	181	6.768886	0.565625	6.058339566
50	2469	3026	557	22.55974	1.740625	6.561360875

## 6.ORGANIZAREA CIRCULATIEI

Soluția propusă de organizare a traficului în intersecție este cea de intersecție cu sens giratoriu urban cu trei benzi, semaforizată, cu circulație de tramvaie canalizată diametral. Sensul giratoriu va avea 4 intrări și 5 ieșiri, Bulevardul Chimiei rămânând în continuare cu sens unic, fiind utilizat numai pentru evacuarea vehiculelor din giratie. Accesul clienților în centrul comercial se va face direct din giratie, așa cum se indică în figura 8. O altă cale de acces în centrul comercial va fi prevăzută pe Bulevardul Tudor Vladimirescu, imediat după intersecția acestuia cu calea de acces în/din complexul comercial Praktiker. Accesul vehiculelor de transport marfă ce aprovizionează noul centru comercial se va face pe Bulevardul Chimiei.

În figura 7 se prezintă organizarea actuală a circulației în intersecția analizată, iar în figura 8 organizarea recomandată a circulației în zonă.

In privinta circulației pietonale :

- Se vor păstra trecerile semaforizate de pietoni de pe bulevardul Primăverii și de pe tronsonul de sud al bulevardului Tudor Vladimirescu, cu timpii de semaforizare de 23s de verde pe ciclul de semaforizare, fiecare. Aceste treceri vor fi destinate atât circulației clienților centrului comercial, cât și circulației pietonale pe trotuarul adiacent relației 1 – 2 și 3 – 4, în general. Trecerile de pietoni se vor executa la lățimea de 2,25 [metri], asigurând o capacitate maximă de 2400 pietoni / oră pentru ambele sensuri de parcurgere.

- Pe de altă parte, din necesități care privesc organizarea circulației vehiculelor în zonă, se impune mutarea trecerii de pietoni existentă pe Bulevardul Chimiei, cu 20 metri mai departe, pentru ca autovehiculele ce ies din giratie și intră pe bulevardul Chimiei să nu blocheze( prin acumularea la acordarea priorității pietonilor ) sensul giratoriu. Această trecere de pietoni de pe bulevardul Chimiei nu va mai fi semaforizată.

- Pe calea de acces în centrul comercial va fi prevăzută o trecere de pietoni nesemaforizată, la cel puțin 15 metri de intersecția cu giratie.

Trecerile de pietoni nesemaforizate (de pe bulevardul Chimiei și de pe calea de acces în/din centrul comercial) vor fi presemnalizate și semnalizate corespunzător .

În vederea fluidizării circulației în zonă, se recomandă (figura 8):

- interzicerea opririi și staționării vehiculelor la prima bandă a fiecărui sens al bulevardelor Tudor Vladimirescu, Primăverii și Chimiei, cu semnalizare corespunzătoare .

- Bulevardul Chimiei va rămâne cu sens unic, fiind utilizat pentru defluirea autovehiculelor din sensul giratoriu.

- mutarea stației de autobuz de pe sensul dinspre intersecția cu sens giratoriu către bulevardul Primăverii, cu 50 metri mai departe, pentru ca autovehiculele ce ies din giratie și intră pe bulevardul Primăverii, la prima bandă, să nu blocheze, prin acumulare, sensul giratoriu. Stația de autobuz de pe sensul celălalt, respectiv dinspre bulevardul Primăverii către intersecția cu sensul giratoriu, va rămâne pe amplasamentul actual.

- la ieșirea din strada de acces în/din centrul comercial amplasată pe bulevardul Tudor Vladimirescu circulație va fi reglementată obligatoriu la dreapta., interzicând virajul autovehiculelor către stânga, spre Calea Chișinăului, pentru evitarea unui eventual punct de conflict cu autovehiculele care circulă din sens opus, pe bulevardul Tudor Vladimirescu. De asemenea, va fi prevăzută și cedarea trecerii la intrarea în b-dul Tudor Vladimirescu.

- accesul principal al vehiculelor din noul centru comercial în sensul giratoriu va fi nesemaforizat, fiind prevăzut doar cu presemnalizarea sensului giratoriu și obligativitatea cedării trecerii.

- ieșirea autovehiculelor transport marfă din incinta centrului comercial în bulevardul Chimiei va fi reglementată obligatoriu dreapta cu cedarea tecerii .

- Se va verifica vizibilitatea la fiecare intrare în intersecția cu sens giratoriu, cu eliminarea panourilor publicitare ce reduc vizibilitatea, în vederea sesizării oportune a deplasărilor reciproce a autovehiculelor și se va asigura iluminarea zonei pe durata ciclului nocturn, cu ajutorul rețelei publice de iluminat stradal.

- circulația în sensul giratoriu se face pe baza cedării priorității, de către participanții la trafic care intră în sensul giratoriu, participanților angajați deja în trafic.

- circulația tramvaielor se va face prin culoar central diametral, respectând semaforizarea intersecției.

Intersecția propusă, cu sens giratoriu urban cu trei benzi și cu circulație de tramvaie canalizată diametral, va fi semaforizată în două faze. Sunt descrise, în continuare, fazele de semaforizare. Cu SV1 s-a notat semaforul pentru vehicule amplasat pe bulevardul Primăverii, înaintea intrării în girație, cu SV2 semaforul pentru vehicule amplasat pe tronsonul de sud al bulevardului Tudor Vladimirescu și cu SV3 semaforul pentru vehicule amplasat pe tronsonul de nord al bulevardului Tudor Vladimirescu. Semafoarele pentru pietoni sunt notate cu SP1 (cel de pe bulevardul Primăverii) și SP2 (cel de pe tronsonul de sud al bulevardului Tudor Vladimirescu).

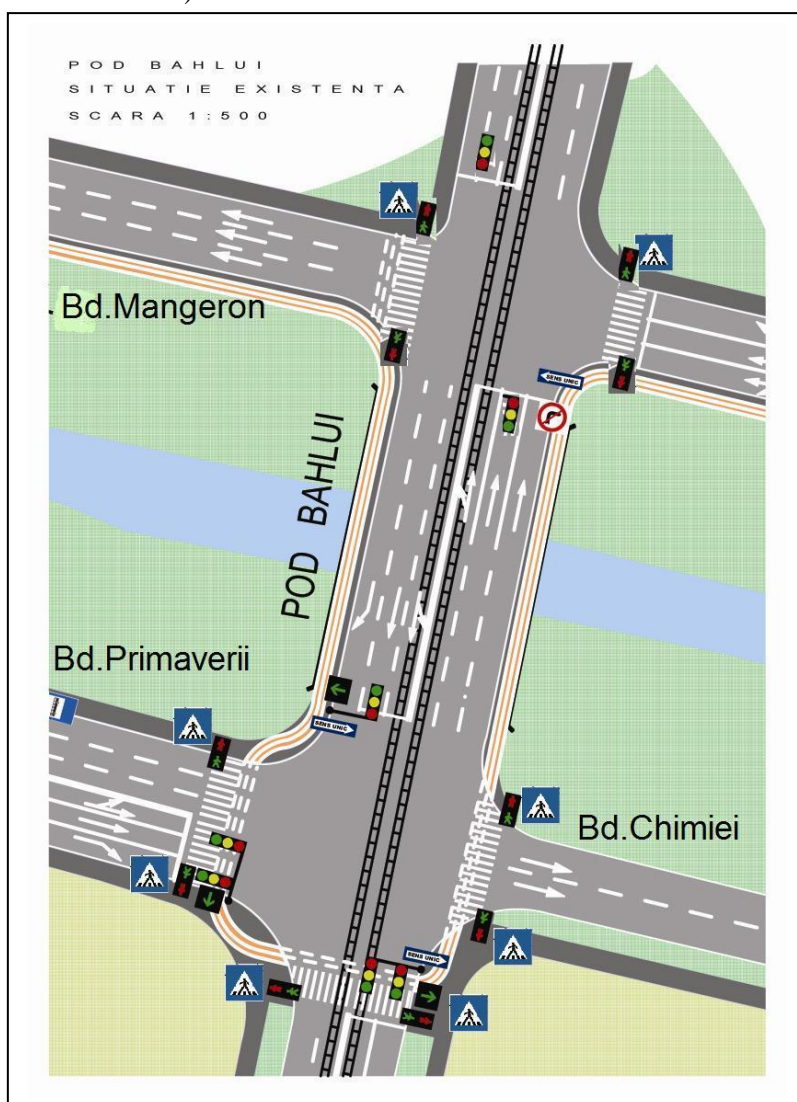


Fig.7 – Organizarea actuală a circulației în intersecția bulevardelor Tudor Vladimirescu, Chimiei și Primăverii

În **Faza I** sunt deschise (pe verde) semafoarele SV2 și SV3, permițând accesul în sensul giratoriu a vehiculelor care circulă pe bulevardul Tudor Vladimirescu (dinspre direcțiile 3 – 4 și 7 – 8). Este permisă circulația vehiculelor pe direcțiile 8 – 2 (către bulevardul Primăverii), 8 – 4 (pe direcția înainte, pe bulevardul Tudor Vladimirescu), 8 – 5 (către bulevardul Chimiei) și 8 – 9 (către centrul comercial), cât și circulația vehiculelor pe direcțiile 3 – 9, 3 – 5, 3 – 8 și 3 – 2, cu respectarea regulii de circulație în sensul giratoriu (respectiv, vehiculele care circulă în interiorul sensului au prioritate față de cele care urmează să se înscrie în intersecție).



În aceeași fază este închis (pe roșu) semaforul SV1 (nepermițând accesul vehiculelor de pe bulevardul Primăverii în intersecție).

Semaforul pentru pietoni SP1 este deschis (pe verde) pe o durată de 23 secunde din timpul de 60 secunde al acestei faze. Semaforul pentru pietoni SP2 este închis (pe roșu).

Timpul de verde alocat acestei faze este de 60 secunde, cu suprapunerea, pe ultimele 6 secunde, și a culorii galbene, pentru a permite vehiculelor deja intrate în sensul giratoriu să defluiească intersecția, înainte de deschiderea (pe verde) a semaforului SV1.

În **Faza II** se închid (pe roșu) semafoarele SV2 și SV3 și se deschide (pe verde) semaforul SV1, permițând accesul în sensul giratoriu a vehiculelor din direcția 1 – 2, de pe bulevardul Primăverii. Se permite circulația vehiculelor din direcția bulevardul Primăverii către bulevardul Tudor Vladimirescu ( 2 – 4 și 2 – 8), către centrul comercial (2 – 9) și către bulevardul Chimiei (2 – 5). Semaforul SP1 este închis (pe roșu), iar semaforul SP2 este deschis (pe verde), pe o durată de 23 secunde din timpul total de 30 secunde al fazei, permițând pietonilor traversarea bulevardului Tudor Vladimirescu, către și dinspre centrul comercial.

Timpul de verde alocat acestei faze este de 30 secunde, cu suprapunerea, pe ultimele 4 secunde, și a culorii galbene, pentru a permite vehiculelor deja intrate în sensul giratoriu să defluiească intersecția, înainte de deschiderea (pe verde) a semafoarelor SV2 și SV3.

Durata totală a ciclului de semaforizare este de 90 secunde.

Amenajarea intersecției se va desavârși prin aplicarea indicatoarelor de avertizare, de reglementare (prioritate, restricții, obligare) de informare –orientare și a marcajelor rutiere corespunzătoare, specificate în figura 8.

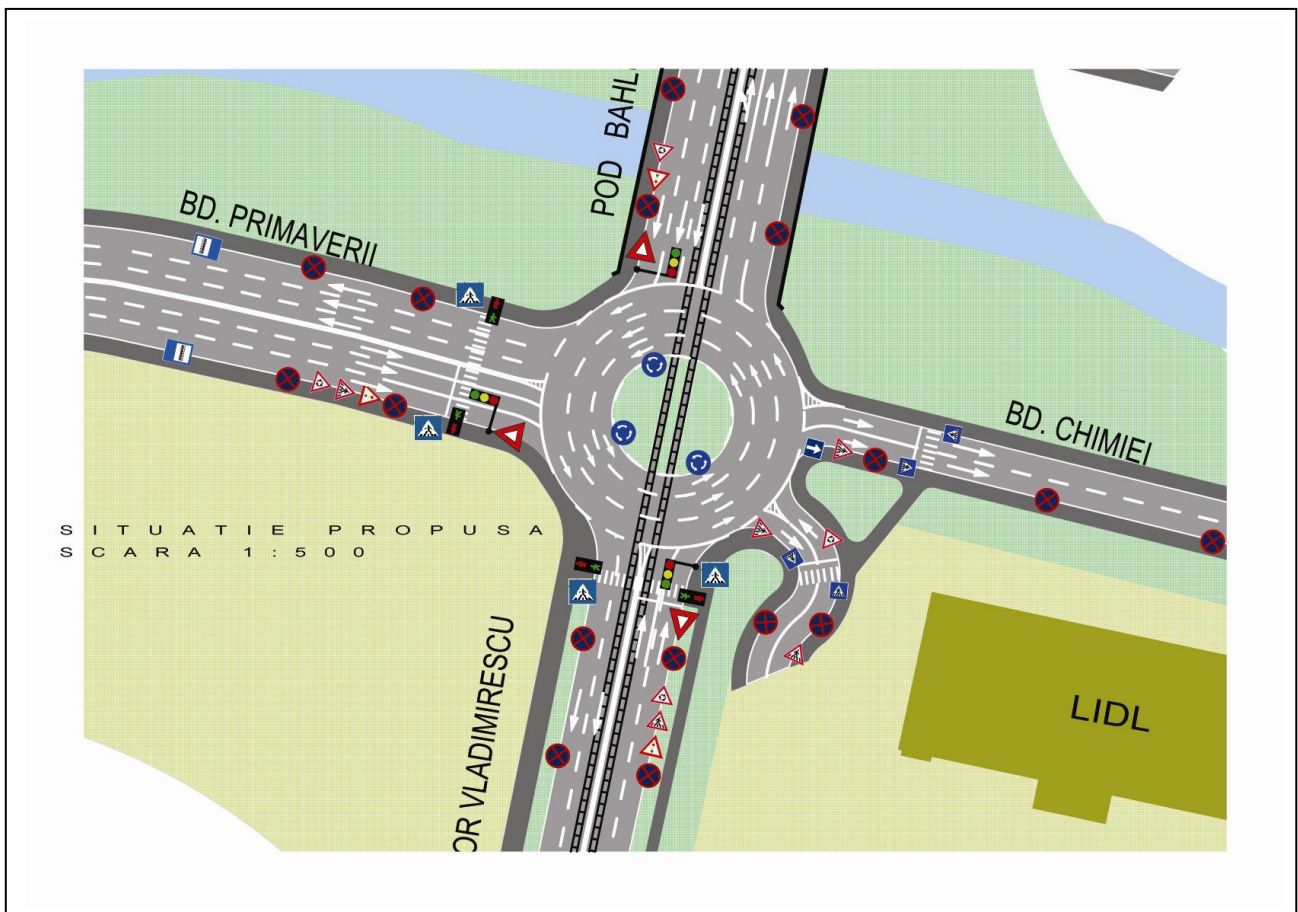


Fig.8 – Organizarea recomandată a circulației în zonă

## 7. Concluzii

Există considerente care fac ca soluția de realizare a intersecției sub formă de sens giratoriu urban cu mai multe benzi, semaforizat, să fie mai avantajoasă față de soluția de intersectare în cruce cu dirijare prin semaforizare, unele avantaje având caracter general:

- sensul giratoriu asigură o vizibilitate de ansamblu a intersecției net superioară;
- spre deosebire de intersecția în cruce echivalentă, girația cu ramuri prezintă un număr mai redus de puncte de conflict între vehicule, gravitatea conflictelor în ansamblu fiind moderată;
- intersecțiile cu sens giratoriu cu mai multe benzi prezintă un număr redus cu 25% al punctelor de conflict între vehicule și pietoni față de intersecția în cruce echivalentă;
- funcționalitatea crescută pe timp de iarnă datorită posibilității degajării zăpezii curățate de pe carosabil în interiorul insulei centrale;
- posibilitatea adaptării perfecte din punct de vedere al capacității circulatorii la cerințele arterelor intersectate, prin proiectare geometrico-dimensională adecvată și posibilitatea remodelării ulterioare a girației și ramurilor, cu costuri minime;
- posibilități mai largi de adaptare a intersecției la funcționarea în regim de avarie, atunci când fie circulația pe arterele conectate, fie pe inelul rutier se blochează, din diverse motive;

În particular, pentru cazul de față:

- soluția intersecției cu sens giratoriu creează posibilitatea conectării la intersecție pe o intrare separată a unei căi de acces în/din noul centru comercial, prevăzută cu 2 benzi;
- intersecția cu sens giratoriu dispune de rezerve de capacitate superioare intersecției în cruce echivalente, răspunzând mai prompt cerințelor creșterii traficului pe viitor;
- intersecția cu sens giratoriu permite realizarea unor viteze de circulație superioare, atât pentru traficul ușor cât și pentru cel greu, îmbunătățind fluenta circulației ( $F > 0,6$ );
- permite realizarea tuturor relațiilor de trafic posibile, mai puțin a celor cu intrare dinspre bulevardul Chimiei (cu sens unic, dinspre intersecția cu girație către bulevardul Metalurgiei).

Intersecția de tip sens giratoriu urban cu 3 benzi, semaforizat, cu circulație de tramvaie canalizată diametral, răspunde mai bine cerințelor traficului și asigură creșterea vitezei de circulație, comparativ cu intersecția semaforizată echivalentă. Girația cu ramuri propusă ca soluție de intersectare dispune de rezerve suficiente de capacitate, acoperitoare pentru creșterea prognozată a traficului datorată punerii în funcțiune a centrului comercial.

Intersecția giratorie proiectată va satisface cerințele de trafic ulterioare punerii în funcțiune a complexului comercial, cu o bună funcționalitate la o viteză medie de circulație de 40 km/h. Eventualele blocaje de trafic în zona podului rutier Tudor Vladimirescu s-ar datora exclusiv capacității de circulație a podului rutier și nicidecum girației stradale (sub aspectul capacităților sale interioare sau de intrare). Menținerea actualului ciclu de semaforizare este justificată.

Proiectul de amenajare a intersecției cu sens giratoriu urban cu 3 benzi de circulație, sub aspectul configurației geometrico – dimensionale a insulei centrale, a benzilor de circulație, al racordurilor de intrare, al acceselor incidente și insulelor separatoare și al cercului înscris corespund cerințelor traficului. Conceptul asigură capacitatea necesară girației, parcurgerea acesteia cu viteză suficientă în condiții de securitate sporită și realizând relațiile de trafic necesare.

### Bibliografie

1. Stuwe B - *Geschichte der Kreisverkehrplaetze und ihrer Berechnungsverfahren*, Strassenverkehrstechnik, vol.39, no.12, 1995
2. FGSV- *Merkblatt fur die Anlage von kleinen Kreisverkehrplaetzen*, FGSV, Cologne, 1998
3. Brilon W, Stuwe B – *Kreisverkehrplaetze - Leistungfaehigkeit, Sicherheit und verkehrstechnische Gestaltung* - Strassenverkehrstechnik, vol.6, 1991
4. FGSV - *Kleine zweistreifig befahrbare Kreisverkehre* – FGSV - 2001
5. Kimber R - *The traffic capacity of roundabouts*, TRRL report LR 942, 1980
6. Tanner J.C. - *The Capacity of uncontrolled intersection*, Biometrika, 54 (3 and 4), pp.657-658, 1967
7. HCM - *Highway Capacity Manual-Transportation Research Board*, Special Report no.209, edition 2000
8. FGSV - *Handbuch fur die Bemmesung von Strassen(HBS)* - Forschungsgesellschaft fur Strassen- und Verkehrswesen(FGSV), Cologne, edition 2001