

3. MODELUL DE TRANSPORT

Modelarea transporturilor constituie o reprezentare abstractizată a deplasării persoanelor și mărfurilor în cadrul sistemului de transport. Aceasta are rolul de a crea o imagine a modului în care cererea de transport va reacționa în timp la schimbări aduse la nivelul ofertei de transport, exprimată prin politici de transport, infrastructură și servicii de operare.

Aplicațiile din domeniul transporturilor sunt utilizate cu precădere pentru:

- *previzionarea fluxurilor de trafic;*
- *testarea diferitelor scenarii privind organizarea circulației, configurația rețelei de transport, dezvoltarea socio-economică a zonei, utilizarea teritoriului, politici de dezvoltare;*
- *planificarea proiectelor, propunerea traseelor pentru coridoarele de transport;*
- *reglementarea utilizării teritoriului;*
- *identificarea comportamentului utilizatorilor sistemelor de transport;*
- *luarea deciziilor la nivel local, regional, internațional privind politicile de transport;*
- *estimarea fluxurilor de trafic în absența unor date.*

În cadrul PMUD al Municipiului Brad, s-a realizat un model de transport cu ajutorul căruia vor fi testate scenariile de evoluție socio-economică, demografică, de amenajare a teritoriului și de configurare a rețelei de transport, la orizontul de analiză 2027.

3.1. Prezentare generală și definirea domeniului

Normele metodologice de aplicare a Legii nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul și de elaborare și actualizare a documentațiilor de urbanism

publicate prin Ordinul Ministrului Dezvoltării Regionale și Administrației Publice nr. 233/2016, specifică faptul că elaborarea unui model de transport în cadrul planurilor de mobilitate urbană este obligatorie pentru localitățile de rang 0 și I. Potrivit *Legii nr. 351 din 6 iulie 2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a IV-a Rețeaua de localități*, Municipiul Brad nu se înscrie în aceste categorii.

Deși realizarea unui model de transport implică alocarea unor resurse substanțiale, iar dimensiunea zonei de studiu permite utilizarea unor metode calitative de analiză, ținând cont de faptul că testarea măsurilor propuse pe baza unui model de transport va genera răspunsuri mai viabile, care vor fundamenta obiectivele și direcțiile de acțiune ale planului de mobilitate, în cadrul PMUD al Municipiului Brad s-a recurs la realizarea unui model de transport.

În funcție de capacitățile operaționale pe care le oferă, modelele de transport se înscriu în următoarele categorii principale:

- *Modele macroscopice unimodale*, în care este luat în considerare un singur mod de transport, iar prognoza cererii de transport este de natură exogenă;
- *Modele macroscopice multimodale*, în care sunt luate în considerare mai multe moduri de transport, iar prognoza cererii este de natură exogenă; interacțiunile modelate sunt limitate la competiția pentru utilizarea unei rețele comune;
- *Modele macroscopice în patru pași*, în care atât cererea de transport, cât și alegerea între modurile alternative este de natură endogenă. Modificărilor care apar în funcțiunile de utilizarea teritoriului le sunt asociate modele exogene;
- *Modele macroscopice integrate - transport și utilizarea teritoriului*, care, suplimentar față de modelele în patru pași, iau în considerare feedback-ul dintre sistemul de transport și utilizarea teritoriului. Modificările care apar în funcțiunile de utilizare a teritoriului sunt de natură exogenă;
- *Modele microscopice*, care permit simularea fiecărui vehicul, pe baza caracteristicilor infrastructurii de transport, a nivelului de congestie și a comportamentului psihologic al conducătorului auto.

Alegerea celui mai potrivit model de transport este influențată de aspecte precum obiectivele studiului, problematica abordată, dimensiunea arealului, gradul de acuratețe și nivelul de detaliere a rezultatelor așteptate, disponibilitatea datelor și a resurselor necesare, etc.

Modelul de transport din cadrul PMUD al Municipiului Brad include o rețea plurimodală pentru transportul public și privat. Acesta formalizează alegerile utilizatorului referitoare la (patru pași):

- decizia de a efectua sau nu deplasarea pentru un anumit motiv sau scop;
- destinația deplasării;
- modul de transport folosit;
- itinerariul străbătut într-un interval de timp de referință.

Planul de Mobilitate Urbană Durabilă al Municipiului Brad este conceput având anul de bază 2021, următorul orizont de analiză fiind anul 2027. Modelarea este realizată la nivel MZA (Media Zilnică Anulă) și la nivelul orei de vârf de trafic (determinată conform datelor înregistrate în teren) respectând recomandările ghidului publicat de JASPERS în acest domeniu „The Use of Transport Models in Transport Planning and Project Appraisal: JASPERS: 2014”. Din punct de vedere geografic, modelul de transport este elaborat la nivelul teritoriului administrativ al Municipiului Brad.

Influențele asupra mobilității urbane generate de localitățile din Zona urbană funcțională sunt surprinse prin intermediul volumelor de trafic aferente drumurilor naționale care interacționează cu rețeaua stradală din Municipiul Brad.

Rezultatele obținute prin modelare vor fi folosite pentru cuantificarea indicatorilor privind performanțele sistemului de transport precum: intensitatea traficului de călători și mărfuri, durate de deplasare la nivelul rețelei, fluxuri de transport (relații origine-destinație), ponderea modală a deplasărilor, emsii de substanțe poluante, emsii de gaze cu efect de seră (CO₂) etc.

3.2. Colectarea de date

Cererea pentru serviciile de transport prezintă un înalt grad de calitate și diferențiere. Există o arie largă de tipuri de cereri de transport, diferențiate pe perioade ale zilei, pe zile din săptămână, în funcție de scopul călătoriei, tipul mărfurilor, importanța vitezei și frecvenței de deplasare și nu numai.

Cererea de transport este *derivată*, nefiind un scop în sine. Cu excepția deplasărilor efectuate pentru recreere, indivizii călătoresc cu scopul satisfacerii diferitelor nevoi (serviciu, școală, cumpărături, sănătate etc.).

Pentru a înțelege și evalua cererea de transport, este necesar a înțelege modul în care facilitățile utilizate pentru a satisface nevoile umane sau industriale sunt distribuite în spațiu, atât în context urban, cât și regional. Un sistem de transport performant mărește oportunitățile de satisfacere a acestor nevoi, un sistem cu puține conexiuni sau foarte congestionat reduce opțiunile și limitează dezvoltarea socio-economică a regiunii deservite.

Cererea de transport ocupă un loc în spațiu. Spațialitatea cererii conduce deseori la lipsa de coordonare, rezultând un puternic dezechilibru între cererea și oferta de transport.

Cererea și oferta de transport prezintă caracteristici dinamice. O pondere însemnată a cererii de transport este concentrată, în special, în zonele urbane, în perioadele de vârf de trafic. Acest caracter variabil în timp al cererii de transport face mai dificilă analiza și previzionarea acesteia. Fiecare călătorie este rezultatul unei serii de alegeri multiple realizate de către individ. Cererea este determinată de alegerea de a face o deplasare pentru un anumit motiv, pe un anumit itinerariu și într-o anumită perioadă a zilei, în situația în care utilizatorul este dependent de automobil, iar pentru cel care nu posedă automobil, această alegere va conțineși etapa opțiunii pentru un anumit mod de transport.

Având în vedere caracteristicile cererii de transport menționate, pentru a putea identifica particularitățile specifice arealului de studiu, este necesară cunoașterea unor seturi de date din categoriile descrise mai jos.

3.2.1. Date privind comportamentul de deplasare

Comportamentul de deplasare al indivizilor este influențat de o serie de factori de natură socio-economică și demografică, precum: vârsta, venitul, deținerea permisului de conducere, deținerea de vehicule, etc.

Obținerea unor informații pe baza cărora să se creioneze comportamentul de deplasare este posibilă prin intermediul anchetelor privind mobilitatea populației, în cadrul cărora se culeg informații cu privire la caracteristicile socio-economice ale persoanelor intervievate și specificul deplasărilor pe care le-au efectuat în ziua precedentă interviului. Interviuul este structurat în trei părți principale referitoare la:

- *Informații generale privind mărimea gospodăriei*, incluzând număr de persoane, autovehiculele disponibile, nivelul veniturilor etc.;
- *Informații caracteristice despre fiecare membru al gospodăriei*, cum ar fi: vârsta, sexul, ocupația, deținerea permisului de conducere auto, locul de muncă sau de studiu etc.;
- *Informații caracteristice privind deplasările efectuate de către fiecare membru al gospodăriei, în ziua precedentă, într-o perioadă de 24 de ore*. Informațiile includ originea deplasării, destinația deplasării, ora de plecare și ora de sosire, modul de transport utilizat, scopul deplasării, etc.

Ancheta a fost realizată pe un eșantion de 1,2% din numărul total de locuitori, în acord cu recomandările din Normele de Aplicare a Legii 350/ 2001 actualizată în anul 2013.

Detalierea interviului cu privire la comportamentul de mobilitate în acord cu metodologia specifică acestui tip de anchetă sociologică, a avut ca subiecți persoanele cu vârsta de peste 5 ani. Structura pe clase de vârstă a persoanelor intervievate este prezentată în figura 3.1.

Potrivit datelor declarate, în medie, în decursul unei zile lucrătoare, un locuitor al Municipiului Brad realizează 2,9 călătorii. Persoanele vârstice efectuează în medie 1,5 deplasări pe zi, în timp ce persoanele aflate în câmpul muncii (25-65 ani) realizează cu puțin peste 3,7 călătorii pe zi.

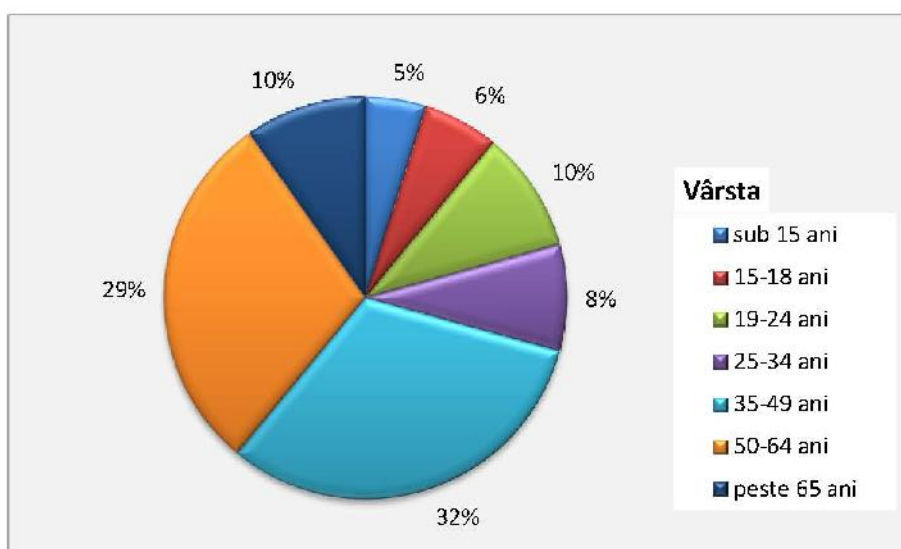


Figura 3.1. Distribuția pe clase de vârstă a persoanelor anchetate.

Din categoria informațiilor generale au fost culese date referitoare la disponibilitatea unui vehicul personal, unul dintre factorii de natură socio-economică cu influențe asupra mobilității (număr de deplasări, alegerea modului de transport). În urma prelucrării datelor culese, rezultă că în medie o gospodărie din Municipiul Brad deține 0,95 autoturisme. 42% din persoanele intervievate au declarat că dețin cel puțin o bicicletă în gospodărie.

Pe lângă factorii analizați, decizia de efectuare a unei călătorii și modul de transport ales sunt influențate și de accesibilitatea sistemului de transport public. În cadrul anchetei efectuate s-a solicitat respondenților să estimeze durata deplasării de la reședință până la cea mai apropiată stație de transport public. Valoarea medie rezultată la nivelul întregului eșantion este de 7,5 minute, în timp ce valoarea maximă declarată a fost de 30 minute.

În cadrul anchetei au fost indicate 10 scopuri principale ale călătoriilor, completate de unul general pentru călătoriile în alt scop decât cele specificate, respectiv:

- *Serviciu;*
- *Interes de serviciu;*
- *Educație / Formare;*
- *Ducerea / aducerea copiilor la / de la școală;*
- *Cumpărături;*
- *Recreere (plimbare, vizită, agrement);*
- *Întoarcere la domiciliu;*
- *Altul.*

Proporția călătoriilor realizate în scopuri regăsite printre cele menționate este reprezentată în figura 3.2. Exceptând deplasările de întoarcere la domiciliu, în urma prelucrării datelor a rezultat că ponderea cea mai ridicată este atinsă de deplasările efectuate pentru ajungerea la serviciu (31% din călătorii), urmate de cele pentru cumpărături (26% din călătorii) și de cele în interes de serviciu, care reprezintă 15% din totalul călătoriilor.

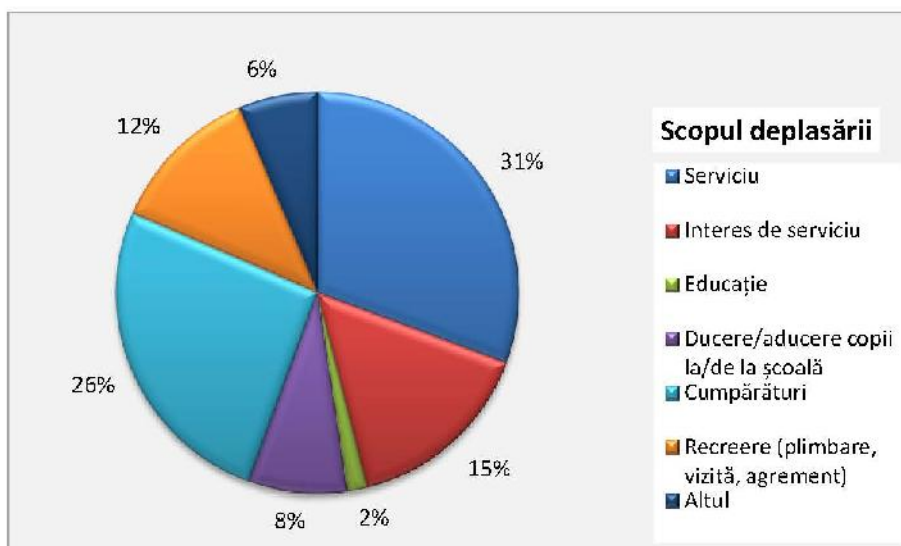


Figura 3.2. Distribuția călătoriilor după scop.

Un indicator care descrie comportamentul de mobilitate al cetățenilor la nivelul unei localități este distribuția modală a călătoriilor.

În cadrul anchetelor în gospodării au fost predefinite 6 moduri de transport specifice arealului de studiu din care respondentul le-a indicat pe cele utilizate pentru fiecare călătorie declarată. Acestea sunt: *Pietonal, Bicicleta, Autoturism în calitate de șofer, Autoturism în calitate de pasager, Taxi, Microbuz - traseu județean.*

Distribuția călătoriilor declarate pe moduri de transport este prezentată în diagrama din figura 3.3.

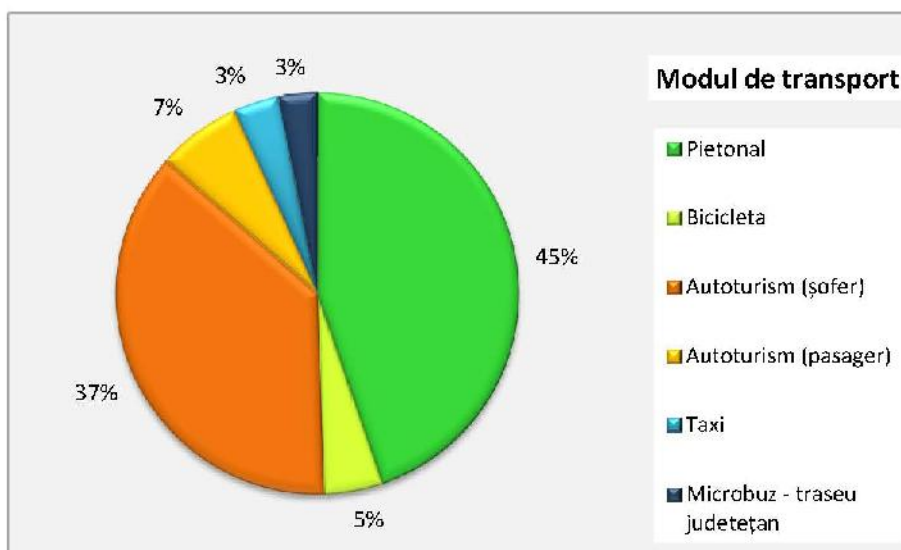


Figura 3.3. Distribuția modală a călătoriilor.

Amplasarea reședințelor în raport cu localizarea activităților socio-economice, administrative, comerciale și de recreere facilitează deplasările pietonale în interiorul zonei urbane, fapt care se demonstrează prin ponderea ridicată a utilizării acestui mod de transport, de 45,0%. Următorul mod de transport (ca proporție din totalul deplasărilor) care apare în preferințele utilizatorilor este autoturismul. Este folosit pentru 37% din totalul deplasărilor realizate, în situația în care respondentul a fost conducător auto și pentru 7% din deplasări, în situația în care respondentul a utilizat acest mijloc de transport în calitate de pasager. La această pondere specifică utilizării autovehiculului personal se adaugă la categoria autoturism o pondere de 3% specifică deplasărilor cu taxi.

După deplasările realizate pe jos și cu autovehiculul personal, din datele înregistrate rezultă că deplasările pentru care se utilizează bicicleta reprezintă o pondere de 5% din totalul deplasărilor zilnice.

În cazul în care conducătorul auto nu se deplasează singur, numărul mediu de ocupanți într-un autoturism este 1,42.

Durata medie a deplasării, indiferent de modul de transport utilizat a fost de 16 minute.

Principalele probleme semnalate de respondenți sunt: lipsa/insuficiența locurilor de parcare, existența străzilor în stare tehnică proastă și traficul auto ridicat.

Referitor la modul de transport utilizat frecvent pentru deplasarea în zona centrală, a rezultat că în prezent predomină cel pietonal, iar dacă vor exista facilități, apar printre preferințe și transportul public, respectiv bicicleta.

3.2.2. Date privind volumele de trafic






Volumele și structura fluxurilor de trafic specifice sistemului de transport care face obiectul studiului reprezintă elemente de ieșire în cadrul unui model de transport. Calibrarea și validarea unui astfel de model necesită cunoașterea unui set de date caracteristice cererii de transport *ex-post*, cu privire la acești parametri, cât mai reprezentative din punct de vedere al eșantionului considerat și al preciziei de înregistrare.






Există o gamă largă de metode de culegere a datelor de trafic în vederea estimării cererii *ex-post*. În funcție de amplasarea observatorilor față de calea de rulare, acestea pot fi clasificate în două categorii principale:

- *metode intruzive* - presupun amplasarea observatorului în contact cu calea de rulare;
- *metode neintruzive* - presupun utilizarea tehnicilor de observare de la distanță.

Vehiculele din compunerea fluxurilor de trafic sunt încadrate în 10 categorii principale (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1. Categorii de vehicule contorizate.

Nr. crt.	Categorie
1./ 1'.	 Biciclete / Motociclete, scutere, etc.
2.	 Autoturisme
3.	 Microbuze călători
4.	 Autocamionete și autospeciale cu MTMA ≤ 3,5 tone
5.	 Autocamioane și derivate cu 2 axe

Nr. crt.	Categorie	
6.		Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 axe
7.		Vehicule articulate (tip TIR) și remorchere cu trailer, cu peste 4 axe
8.		Autobuze și autocare
9.		Tractoare cu/fără remorcă și vehicule speciale
10.		Autocamioane cu 2, 3 sau 4 axe cu remorcă (tren rutier)

În cadrul prezentului studiu datele de trafic au fost culese prin metoda neintruzivă, care constă în contorizare manuală. Aceasta presupune ca un observator uman să contorizeze numărul vehiculelor care tranzitează o anumită secțiune a rețelei (figura 3.4). Operatorii au utilizat formulare de înregistrare în care au notat numărul și tipul autovehiculelor care tranzitează elementul de infrastructură monitorizat (secțiune de stradă sau braț de intersecție). Prin această metodă s-a putut realiza o monitorizare detaliată a traficului rutier pe număr de vehicule (mărimea fluxului de trafic), tipuri de vehicule (structura fluxului de trafic) și direcțiile de deplasare.



Figura 3.4. Amplasarea operatorilor în posturile de anchetă. Exemplificare Intersecția Str. Avram Iancu - Str. Decebal.

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Capacitate Administrativă 2014-2020!

Posturile de contorizare au fost amplasate în puncte-cheie din cadrul rețelei rutiere, așa cum se poate observa din figura 3.4. Astfel, au fost făcute contorizări în 8 posturi: 5 secțiuni (S1 - S5) și 3 intersecții (I1 - I3). Contorizarea numărului de vehicule pe tipuri s-a derulat în luna februarie 2021, pe durata a 9 ore (în intervalele orare 07:00 - 12:00 și 14:00 - 18:00).

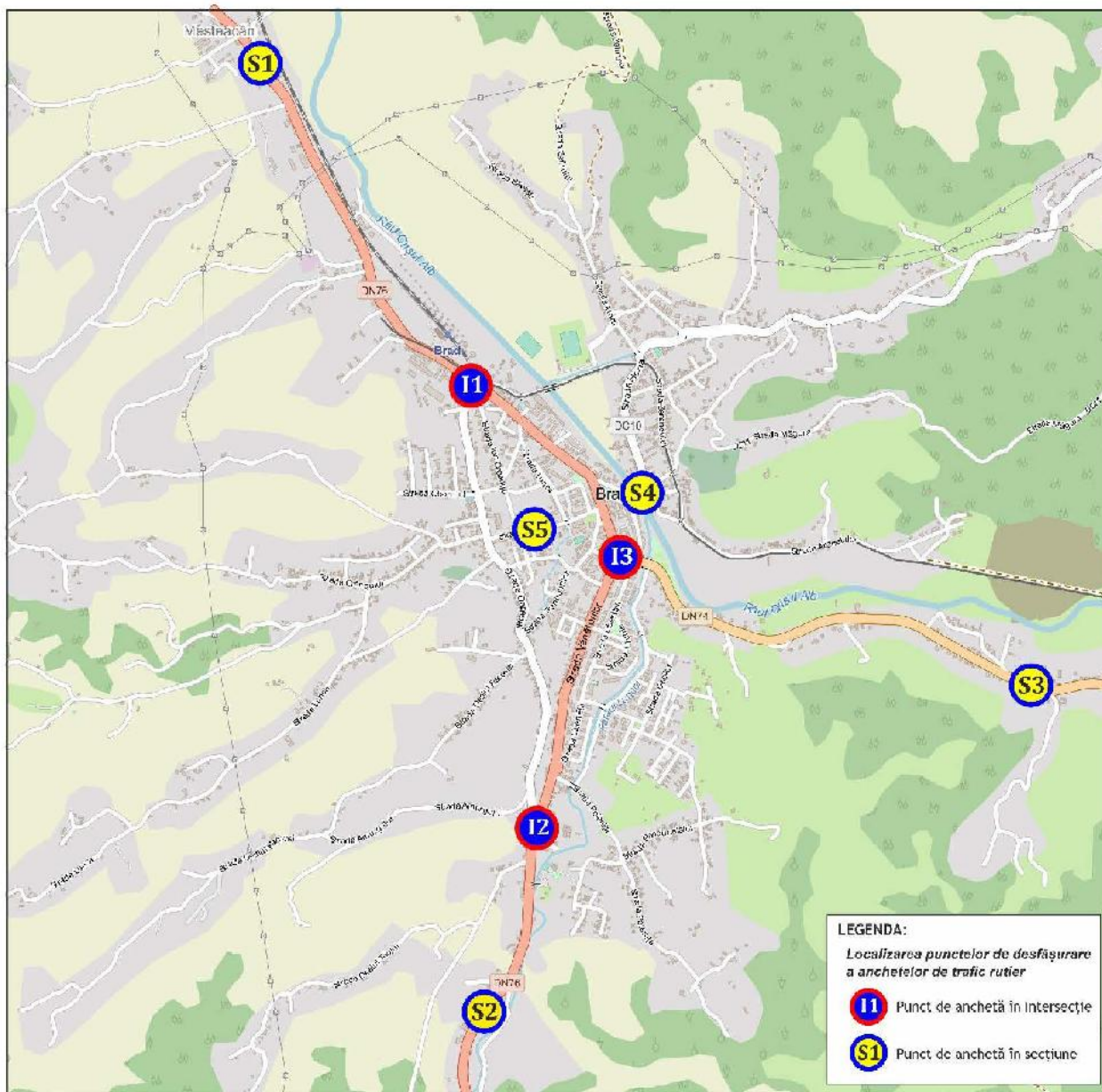


Figura 3.5. Amplasarea posturilor de anchetă a traficului.

Vehiculele din compunerea fluxurilor de trafic au fost încadrate în 10 categorii principale (tabelul 3.1). Fluxurile de biciclete au fost surprinse în categoriile de vehicule contorizate în recensămintele de trafic efectuate în secțiuni și intersecții.

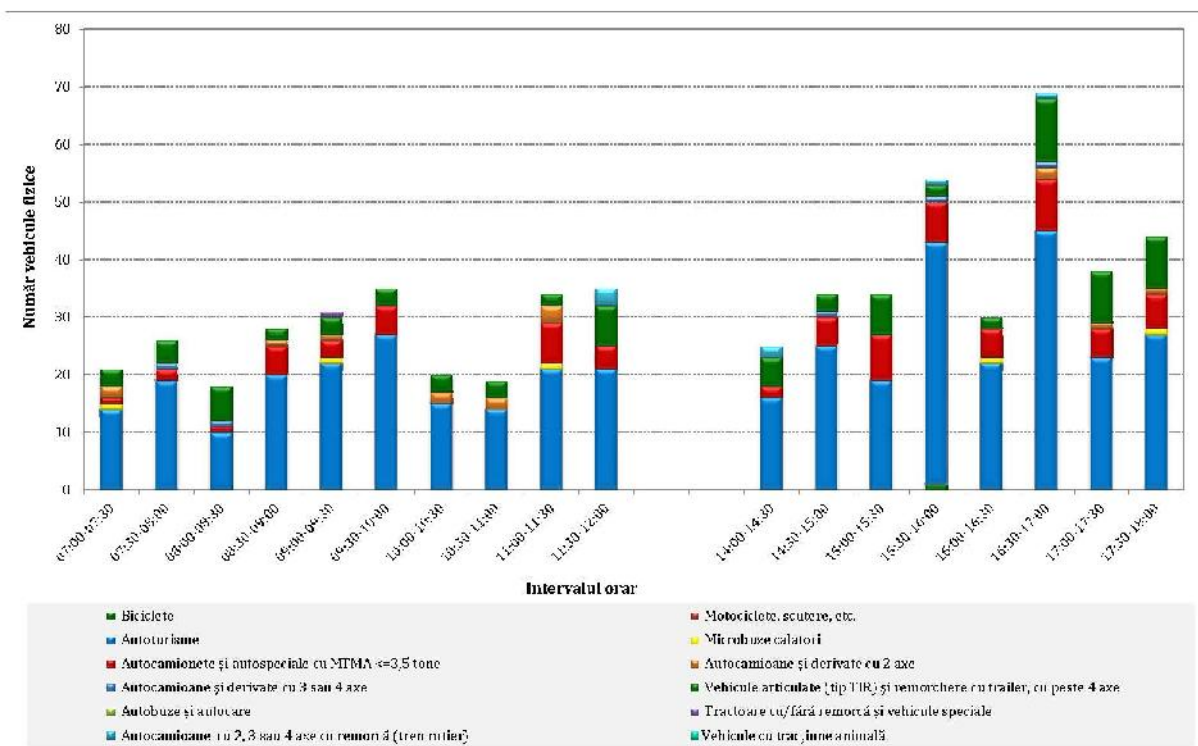


Figura 3.6b. Distribuția volumelor de trafic. Postul 11, Braș - Str. Avram Iancu Nord, viraj - dreapta 1.

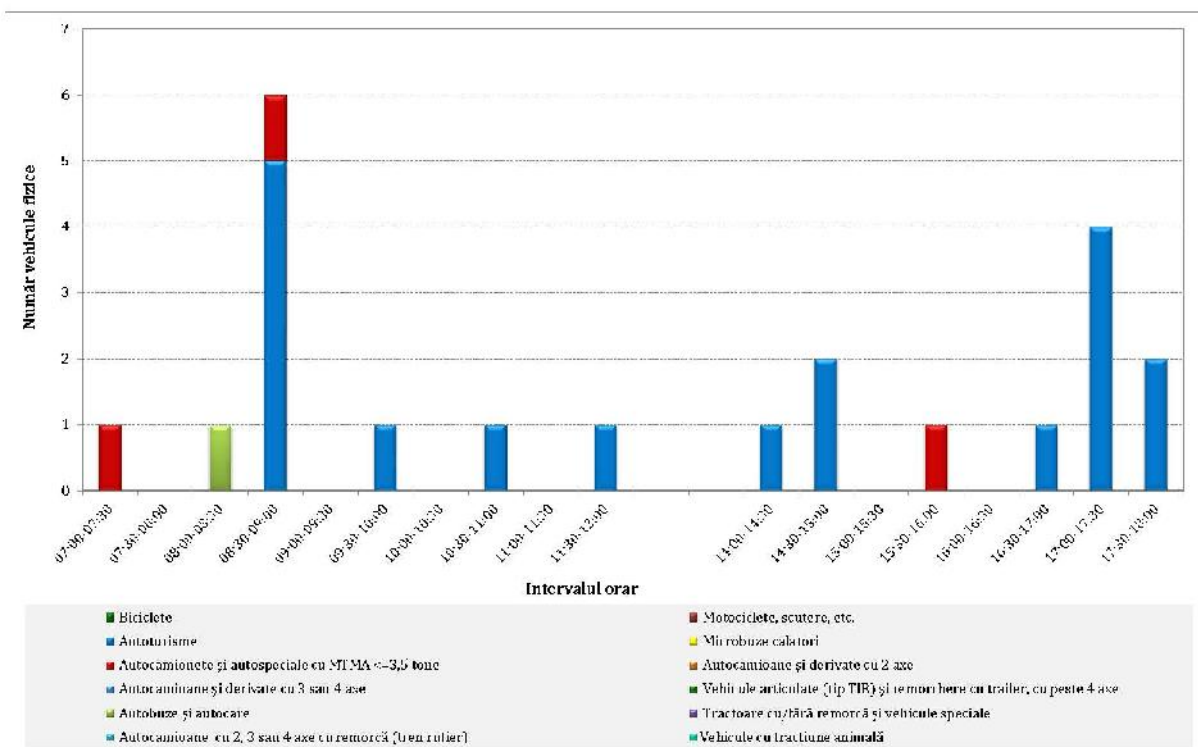


Figura 3.6c. Distribuția volumelor de trafic. Postul 11, Braș - Str. Avram Iancu Nord, viraj - dreapta 2.

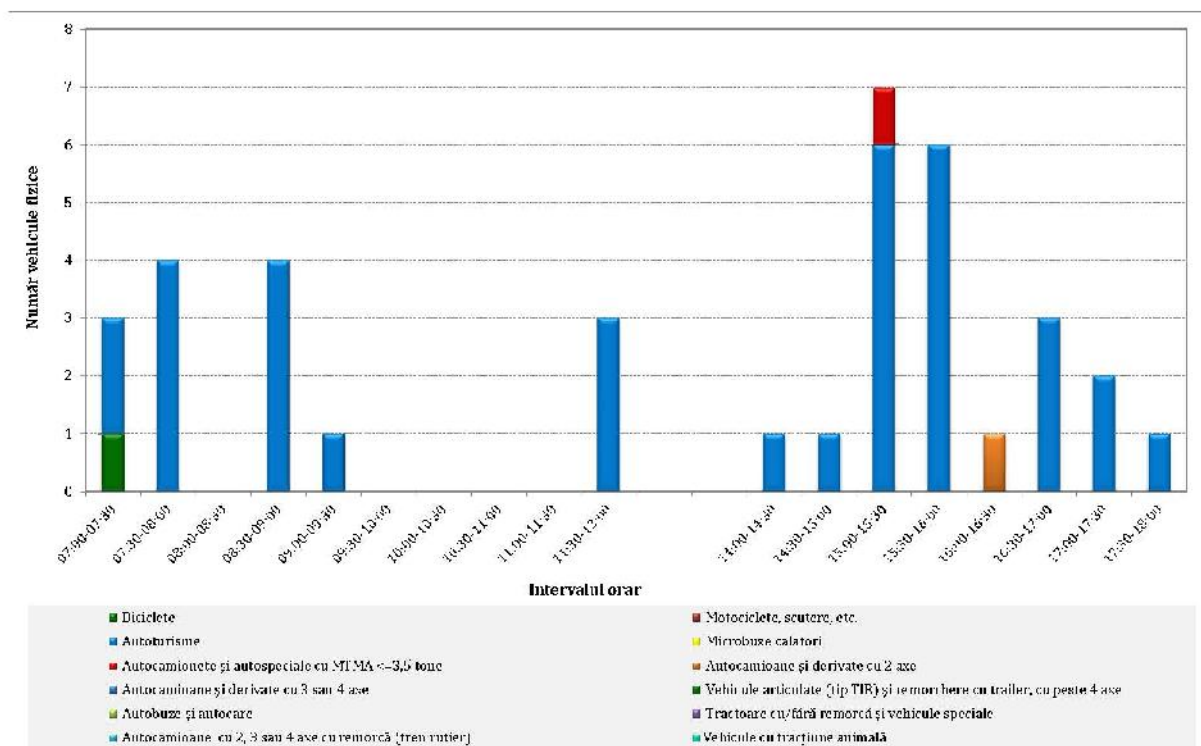


Figura 3.7a. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braș - Str. Avram Iancu Sud, viraj - stânga 1.

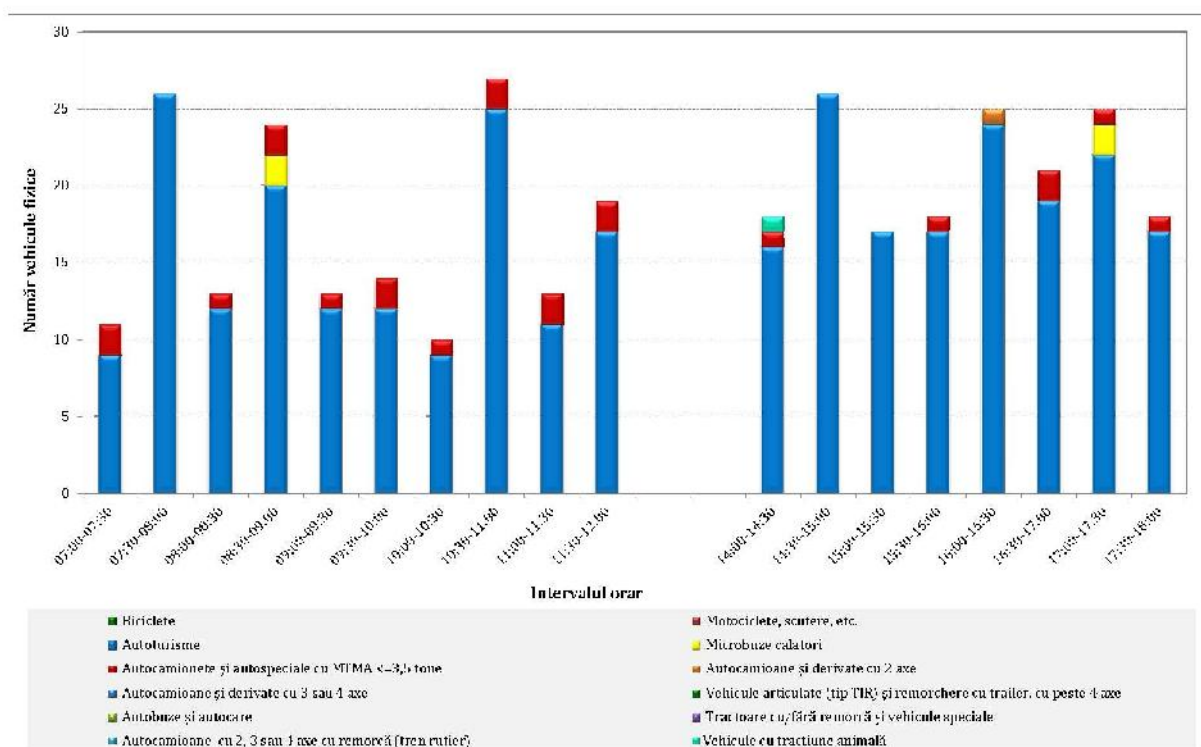


Figura 3.7b. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braș - Str. Avram Iancu Sud, viraj - stânga 2.

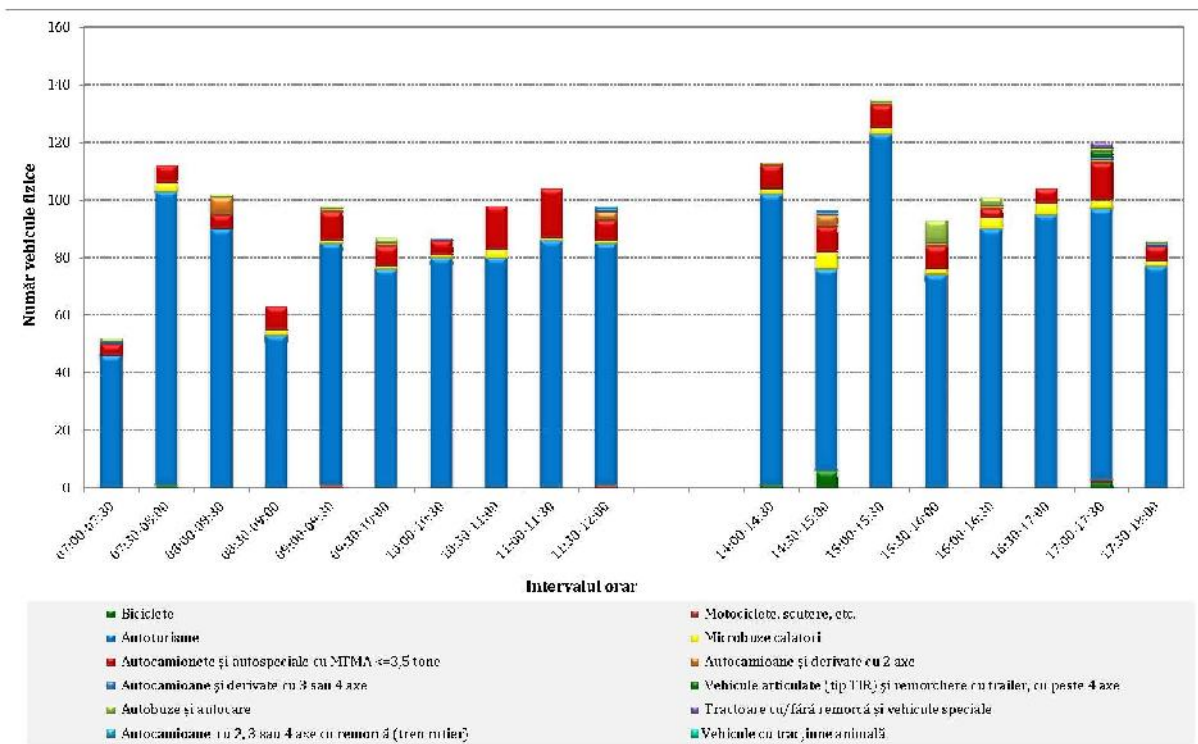


Figura 3.7c. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braș - Str. Avram Iancu Sud, înainte.

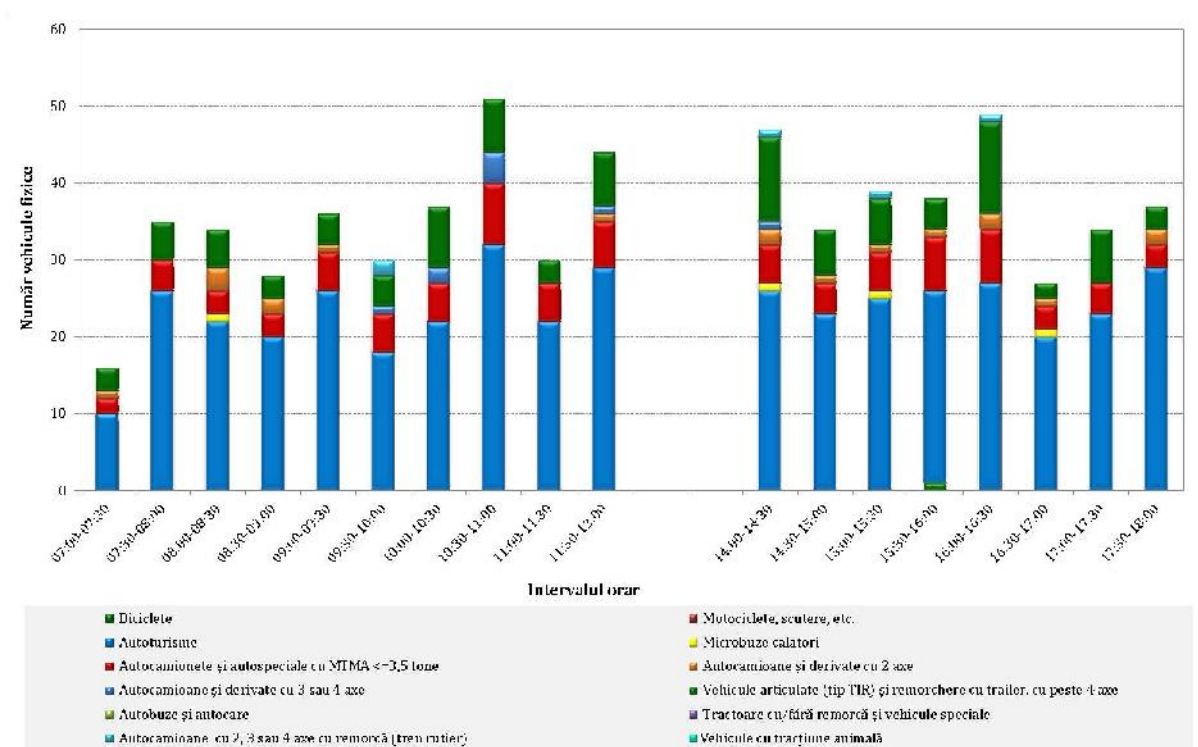


Figura 3.8a. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braș - Str. Decebal, viraj - stânga.

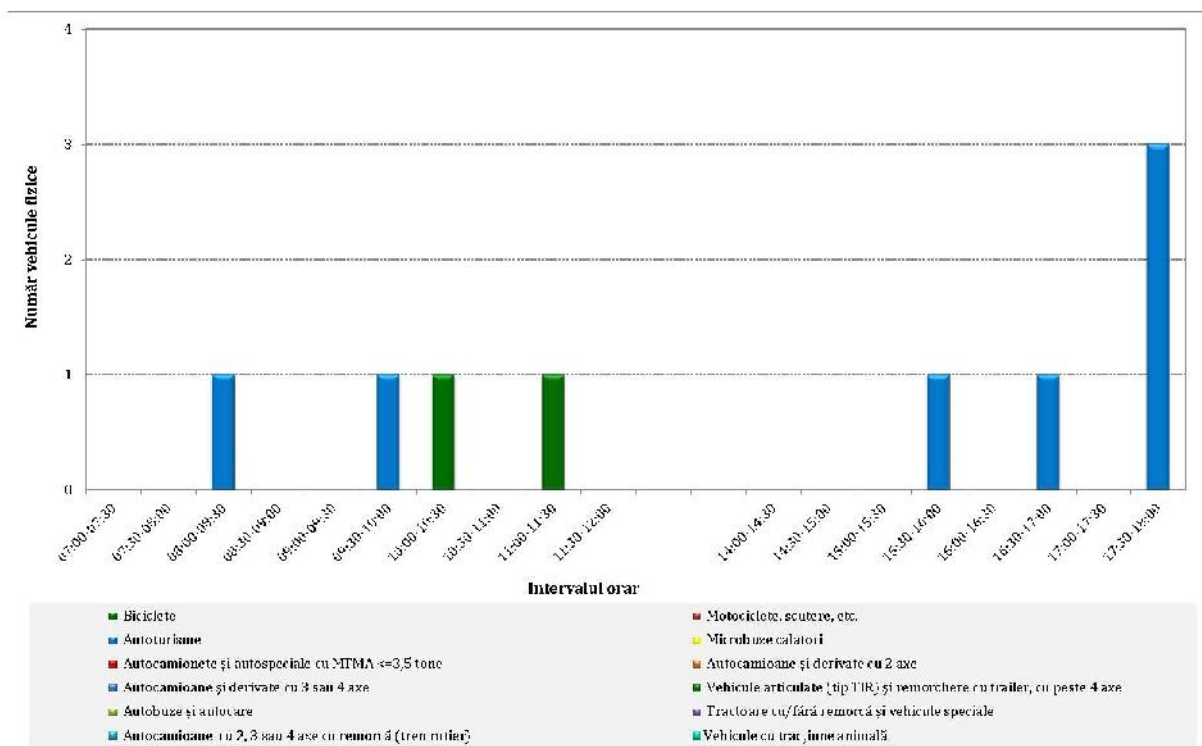


Figura 3.8b. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braț - Str. Decebal, viraj - dreapta 1.

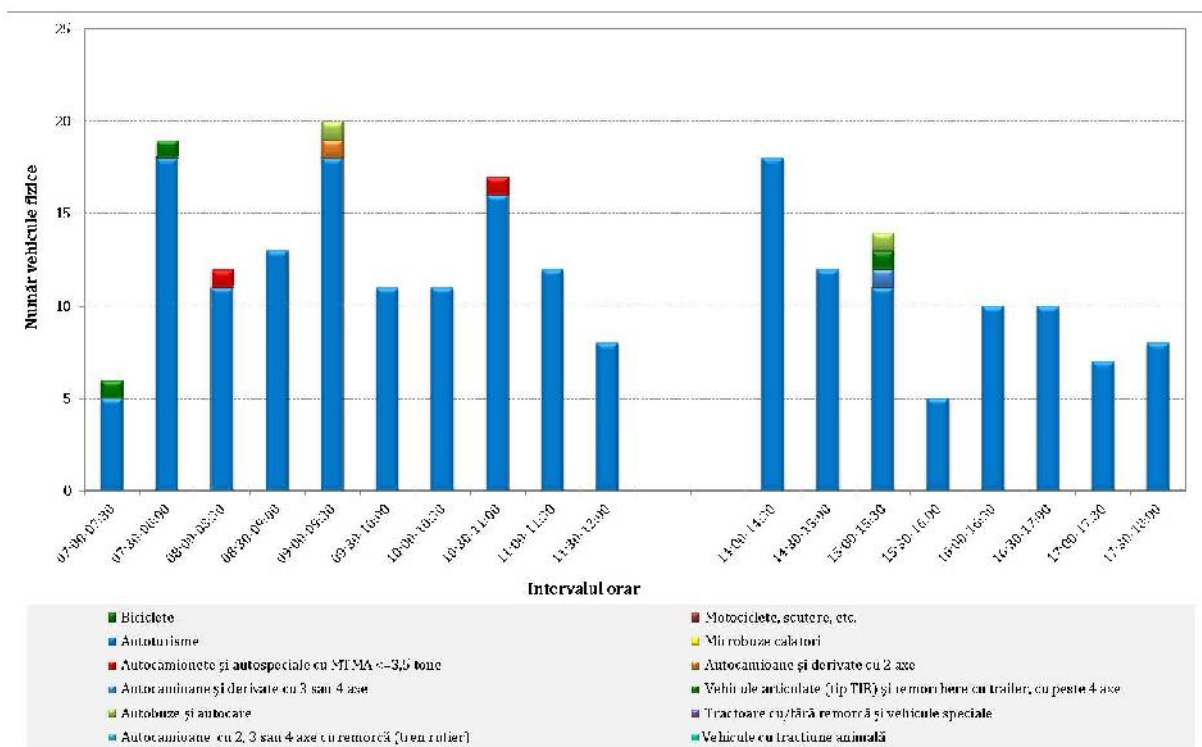


Figura 3.8c. Distribuția volumelor de trafic. Postul I1, Braț - Str. Decebal, viraj - dreapta 2.

3.2.3. Anchete Origine - Destinație

În scopul colectării unor date relevante necesare pentru estimarea valorilor de trafic de tranzit, precum și pentru calibrarea și validarea modelului de transport, în paralel cu desfășurarea anchetelor de trafic prezentate anterior (în secțiuni și intersecții) au fost desfășurate anchete privind originea și destinația deplasărilor.

În cadrul acestor anchete operatorii de interviu au consemnat informații rezultate din observarea directă și din răspunsurile date de conducătorii intervievați (figura 3.9), asupra următoarelor aspecte:

- *locul înmatriculării vehiculului* (în România sau în străinătate);
- *tipul vehiculului* (conform categoriilor specificate în tabelul 3.1);
- *gradul de încărcare al vehiculului* (exprimat în procente din total masă utilă maximă autorizată - în cazul vehiculelor de marfă - și exprimat în număr călători din total locuri disponibile în vehicul, inclusiv conducătorul auto - în cazul autoturismelor și vehiculelor de transport persoane);
- *originea călătoriei;*
- *destinația călătoriei;*
- *scopul călătoriei.*



Figura 3.9. Anchete Origine - Destinație (Exemplificare).

Un aspect important din punct de vedere al mobilității urbane durabile este dat de gradul de încărcare al autoturismelor. Proporția autoturismelor care se încadrează în fiecare din clasele de încărcare posibile (1-5) este prezentă în diagrama din figura următoare.

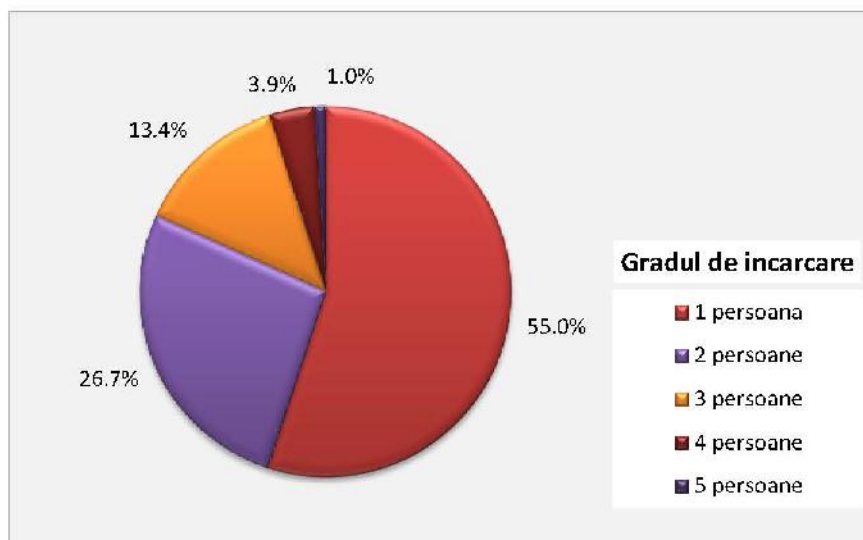


Figura 3.10. Gradul de încărcare al autoturismelor.

Potrivit datelor culese cu ocazia desfășurării anchetelor origine - destinație, valoarea acestui indicator este ridicată (în 55% din autoturisme se deplasează numai conducătorul, iar în 26,7% au fost înregistrate 2 persoane), ceea ce se traduce prin număr destul de ridicat de vehicule regăsite în trafic și cerere crescută pentru locuri de parcare, constituind o disfuncție a sistemului de mobilitate actual.

În decursul unei zile, autovehiculele surprinse în trafic sunt utilizate în proporție de 28,2% pentru deplasarea la serviciu, în proporție de 25,0% pentru cumpărături și în proporție de 12,4% pentru a rezolva probleme personale. Distribuția deplasărilor pe toate scopurile considerate este reprezentată în figura 3.11.

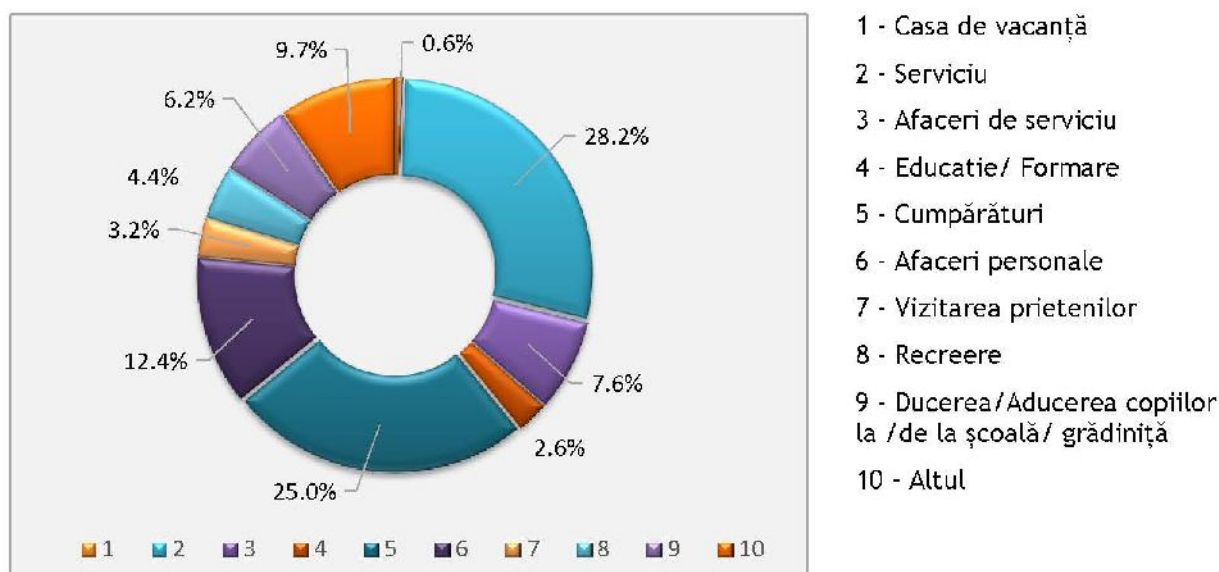


Figura 3.11. Scopurile călătoriilor.

3.2.4. Date privind timpii de parcurs

Pentru calibrarea rețelelor de transport, formalizate prin grafuri cu arce și noduri, din cadrul modelelor de transport, este necesar a cunoaște duratele medii de deplasare ale autovehiculelor pentru diferite segmente ale rețelor de transport modelate, precum și lungimile acestora.

În cadrul modelării traficului la nivelul arealului studiat (Municipiul Brad) au fost realizate înregistrări ale distanțelor și duratelor medii de deplasare pe diferite rute ale rețelei, în cazul deplasării cu autoturismul.

Traseele pe care s-au făcut măsurători ale timpilor de parcurs sunt reprezentate grafic în figura 3.12 și descrise în tabelul 3.2.

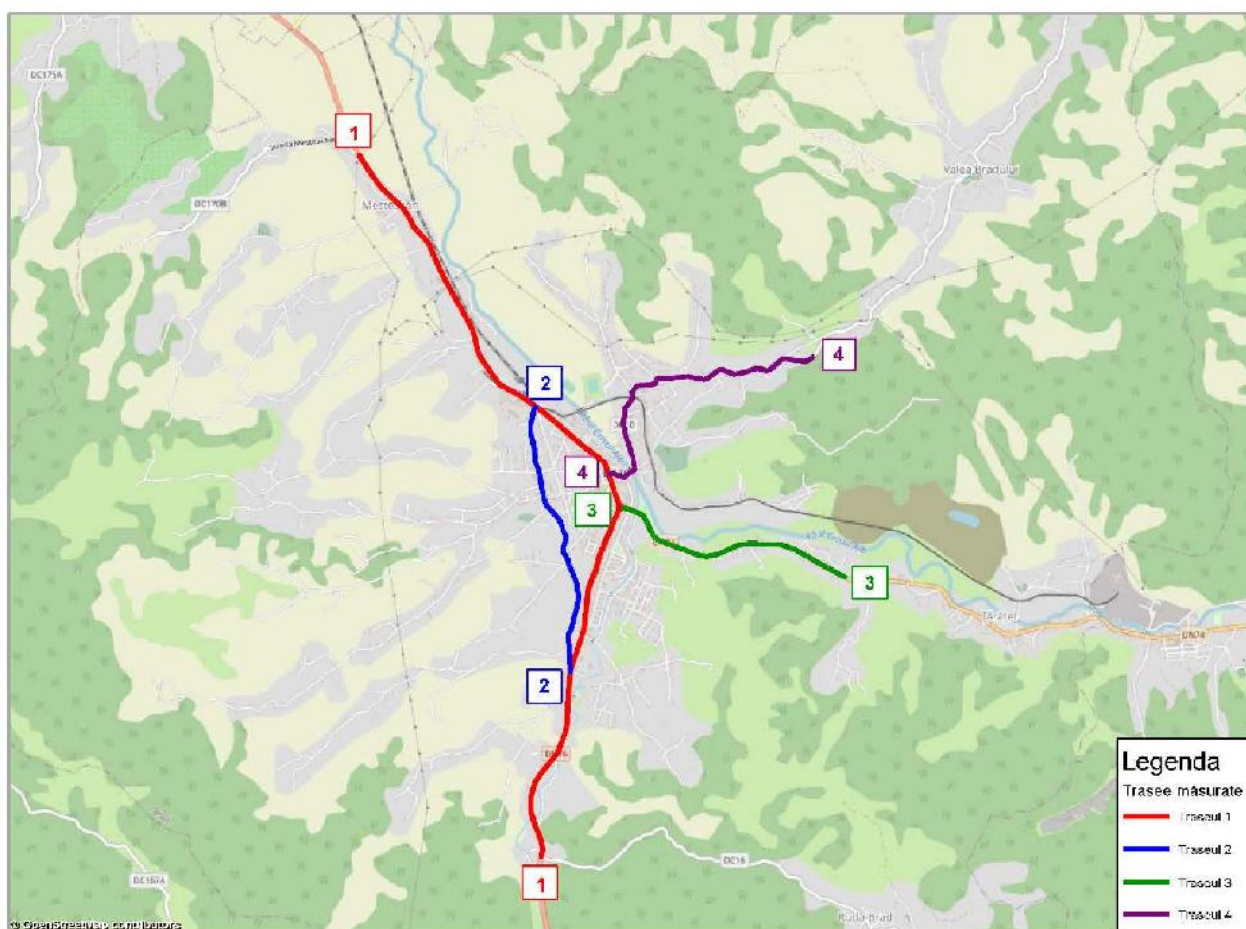


Figura 3.12. Traseele pe care s-au măsurat parametrii pentru determinarea timpilor de parcurs.

Tabelul 3.2. Date privind timpii de parcurs.

Nr. traseu	Traseul			Parametrul		
	De la	Până la	Via	Durata [min:sec]	Distanța [km]	Viteza medie [km/h]
1.	Intersecție Str. Gura Ruzii (DN 76) - Str. Valea Izvoarelor (DC 16)	Intersecție Drumul Național (DN 76) - Str. Mesteacănului	Str. Republicii (DN 76)	10:11	6,4	37,7
2.	Intersecție Str. Vânătorilor (DN 76) - Str. Decebal	Intersecție Str. Avram Iancu (DN 76) - Str. Decebal	Str. Decebal	03:07	2,1	40,4
3.	Intersecție Str. 1 Mai (DN 76) - Str. Republicii (DN 74)	Intersecție Str. Moșilor (DN 74) - Str. Mioriței	Str. Moșilor (DN 74)	02:55	2,0	41,1
4.	Intersecție Str. Republicii - Str. Minerilor (DC 10)	Intersecție DC 10 - Str. Frunză Verde	Str. Horea	05:16	2,6	29,6

3.3. Dezvoltarea rețelei de transport

Una dintre etapele preliminare necesare pentru realizarea unui model de transport este formalizarea rețelei de transport considerate, prin intermediul teoriei grafurilor. Rețeaua de transport modelată la nivelul PMUD al Municipiului Brad conține rețeaua de drumuri publice, configurația și tipul de control al intersecțiilor și rețeaua de transport public.

Modelarea rețelei majore de transport presupune un proces complex de analiză a parametrilor fizici ai fiecărei străzi, a funcționalității în rețea și a reglementărilor de circulație. Rețeaua urbană cuprinde un nivel de detaliere adecvat unui model de determinare a cererii în 4 pași, fiind conectată la rețeaua majoră de transport formată din drumurile europene, naționale și județene care interacționează cu teritoriul de analiză (figura 2.19).

În ceea ce privește rețeaua majoră de transport, s-a avut în vedere conexiunea cu elementele de infrastructură modelate în cadrul modelului național de transport dezvoltat în cadrul Master Planului General de Transport al României (sectoare reprezentate prin zone externe). Astfel, rețeaua modelată este alcătuită din elemente de infrastructură cu funcțiuni de artere majore (artere de penetrație, coridoare de tranzit) și elemente de infrastructură cu rol de colectare și distribuție spațială a traficului la nivelul cartierelor, respectiv de alimentare a coridoarelor

majore de circulație. Rețeaua de transport public utilizează sectoare ale arterelor majore.

Graful rețelei de transport, la elaborarea căruia s-a ținut cont de aspectele tehnice și funcționale descrise mai jos este prezentat în figura următoare.

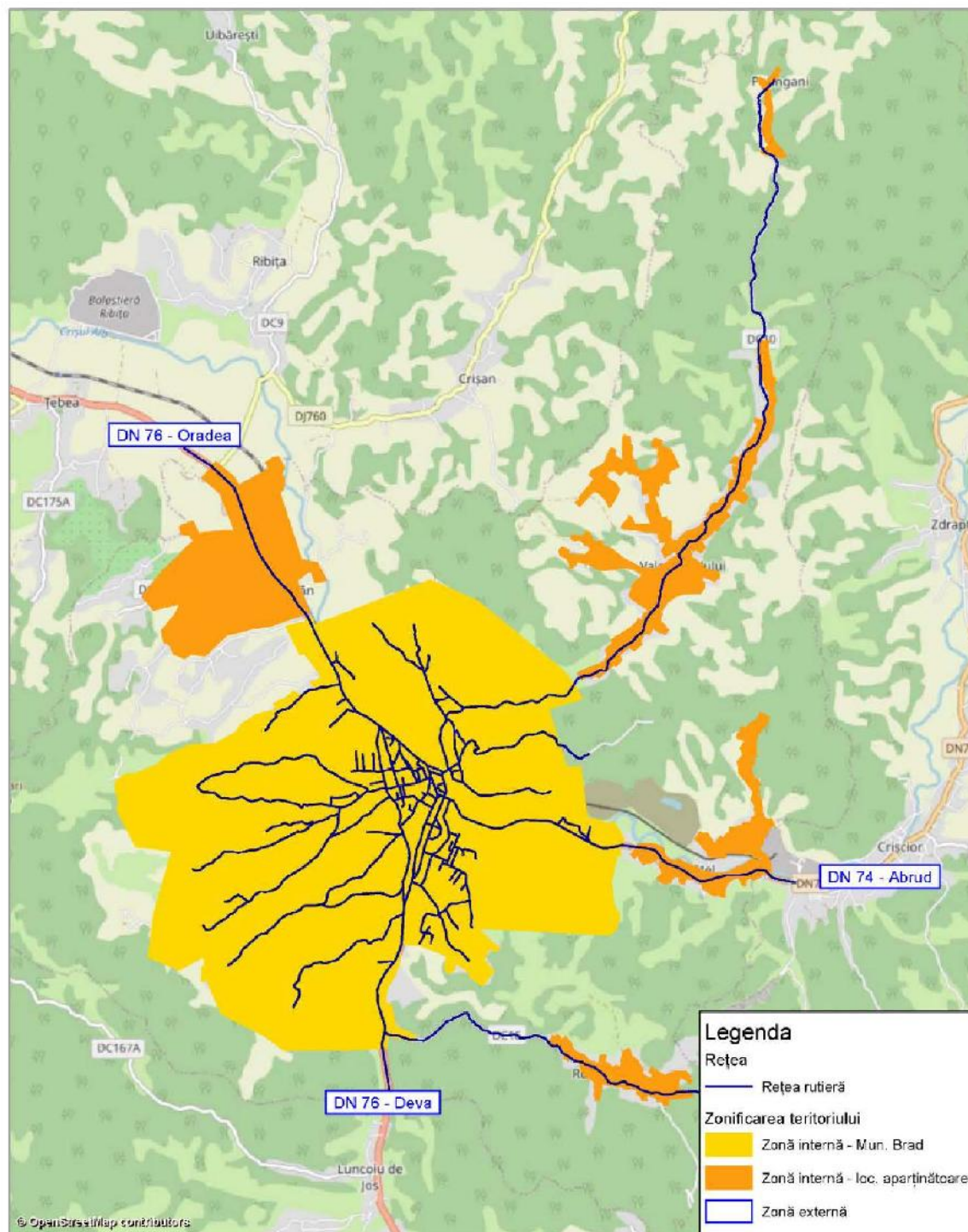


Figura 3.13. Graful rețelei din zona de analiză.

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Capacitate Administrativă 2014-2020!

Caracteristicile rețelei, precum capacitatea de circulație, numărul de benzi/ sens, viteza liberă, viteza maximă admisă, modurile de transport cărora le este permis accesul, existența parcărilor laterale, regimurile de circulație (sens unic, dublu sens), interdicțiile de virare, tipul de control al intersecțiilor au fost introduse pe fiecare element de infrastructură pe baza datelor culese din teren și a specificațiilor tehnice corespunzătoare categoriilor de străzi conform normativelor în vigoare.

În cadrul modelului de transport aferent Plan de mobilitate urbană durabilă al Municipiului Brad, capacitatea de circulație a elementelor rețelei de transport a fost stabilită în acord cu prevederile „STAS 10144/5-89 privind *Calculul capacității de circulație a străzilor*”. Variația capacității de circulație în raport cu distanța între intersecții/ accese laterale pentru străzi de categoriile I, II, III¹ în situațiile în care viteza medie de deplasare variază între 30 și 50 km/h, conform acestui document este reprezentată în figura 3.14. Se observă reducerea substanțială a capacității unei străzi atunci când aceasta este fragmentată de intersecții successive aflate la distanță de până la 500 m.

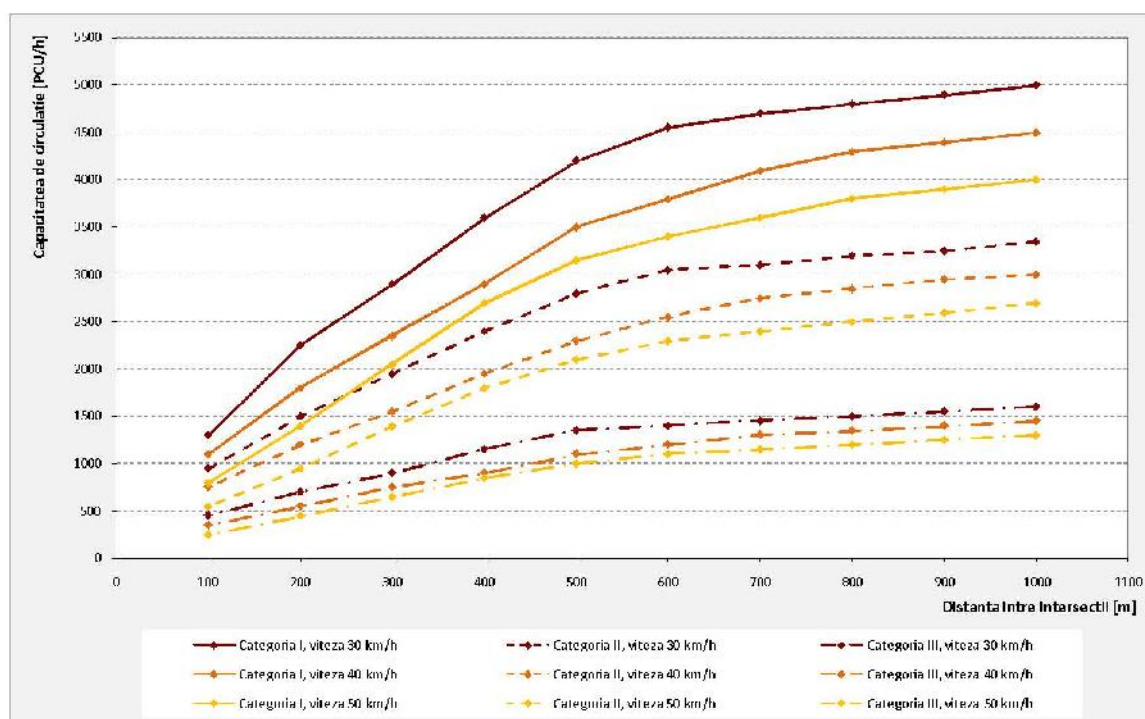


Figura 3.14. Variația capacității de circulație a străzilor.

¹Ordinului Ministrului Transporturilor, Nr. 49 din 27.01.1998 referitor la "Normele tehnice privind proiectarea și realizarea străzilor în localitățile urbane" publicat în Monitorul Oficial al României, Nr. 138 din 06.04.1998.

Capacitatea de circulație reprezintă numărul maxim de vehicule care pot tranzita o secțiune a infrastructurii de transport (drum/ stradă/ bandă de circulație/ intersecție/ secție de circulație feroviară) într-o unitate de timp considerată. Capacitatea de circulație a străzilor este determinată în raport cu:

- viteza de proiectare;
- elementele geometrice ale străzii (profil longitudinal, profil transversal) stabilite în funcție de viteza de proiectare și de condițiile de relief;
- distanța dintre două intersecții consecutive;
- modul de organizare și dirijare a circulației;
- accesele laterale;
- existența parcărilor laterale (paralel sau în unghi).

Unitatea de măsură utilizată pentru exprimarea capacității de circulație în cazul sistemului rutier este vehiculul etalon - autoturism (engl. PCU - Private Car Unit). Această caracteristică a rețelei de transport prezintă importanță deosebită în activitatea de proiectare a infrastructurii și în cea de control al traficului. În cadrul studiilor de trafic și circulație, fluxurile de trafic rutier se exprimă prin numărul și tipul vehiculelor care tranzitează un element de infrastructură într-un anumit interval de timp. În scopul obținerii unei valori unitare a fluxului de trafic, se recurge la echivalarea tuturor tipurilor de vehicule prezente în flux în vehicule etalon de tip autoturism, conform SR 7348 / 2001² și OMT 49/1998³. Prevederile standardului sunt aplicabile pentru toate categoriile și clasele tehnice de drumuri și străzi. Pentru echivalarea vehiculelor fizice în vehicule etalon de tip autoturism s-au folosit coeficienți stipulați în SR 7348/2001. Astfel, bicicletele, motoretele, scuterele și motocicletele au fost echivalate cu 0,5 autoturisme, autovehiculele ușoare de marfă au fost echivalate cu 1,2 autoturisme, iar pentru autovehiculele grele de marfă s-au folosit coeficienți de echivalare între 3,5 și 4 (în funcție de tipul acestora). Microbuzele de transport public au fost echivalate cu 1,2 autoturisme, iar autobuzele cu 3 autoturisme.

²Standard SR 7348 din 2001 - "Lucrări de drumuri. Echivalarea vehiculelor pentru determinarea capacității de circulație".

³Ordinul Ministrului Transporturilor, Nr. 49 din 27.01.1998 referitor la "Normele tehnice privind proiectarea și realizarea străzilor în localitățile urbane" publicat în Monitorul Oficial al României, Nr. 138 din 06.04.1998".

3.4. Cererea de transport

O etapă preliminară necesară pentru estimarea cererii de transport este constituirea zonelor de analiză a traficului. În cadrul procesului de zonificare a teritoriului s-a ținut seama de principiile generale recomandate de literatura de specialitate, având în vedere în același timp constrângerile generate de datele disponibile. Sistemul de zonificare aferent modelului de transport creat este prezentat în figura următoare.

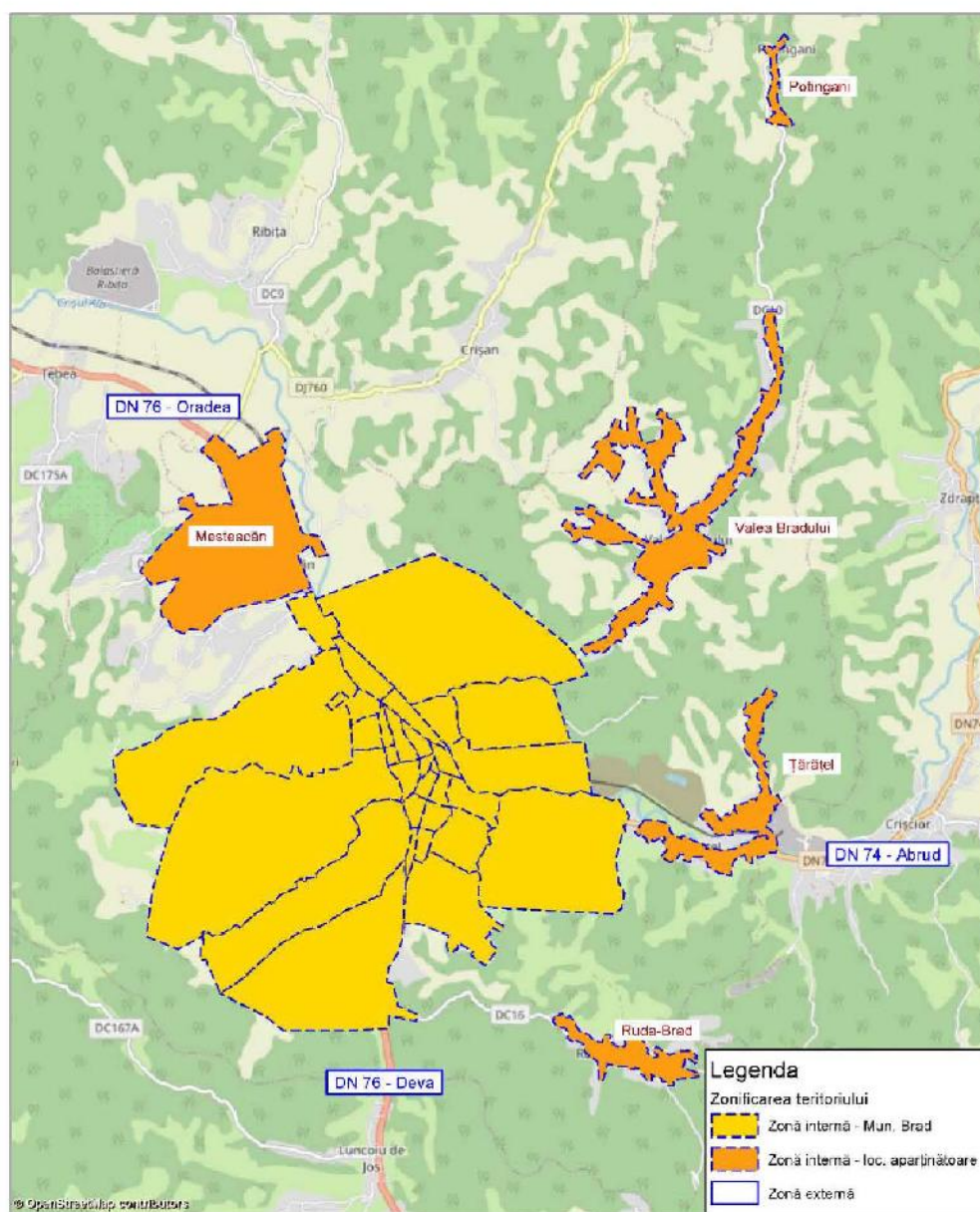


Figura 3.15. Zonele de trafic create în cadrul modelului de transport.

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin
Programul Operațional Capacitate Administrativă 2014-2020!

În cadrul modelului de transport aferent planului de mobilitate, teritoriul a fost împărțit în 39 zone de trafic, 31 zone interne în Municipiul Brad, 5 zone interne reprezentând localitățile aparținătoare și 3 zone externe reprezentând potențialul de deplasare al localităților deservite în raport cu arealul de studiu de drumurile naționale care penetrează acest teritoriu.

Fiecare zonă de trafic are asociat un punct de localizare numit centroid de zonă în care este concentrat întregul nivel de activitate al zonei pe care acesta o reprezintă. Centroidul de zonă poate fi identificat ca centrul de greutate al suprafeței asociate și prezintă următoarele particularități:

- *parametrii care caracterizează zonele sunt localizați în centroizi;*
- *distanța dintre două zone reprezintă distanța dintre centroizii asociați zonelor respective;*
- *în cazul conectării zonelor la o rețea de transport, centroizii au rolul de a reprezenta localizarea zonelor.*

La nivelul anului de bază matricele de cerere sunt constituite pentru fiecare mod de transport pe baza datelor culese din anchete și completate cu informații extrase din modelul național (Master Planul General de Transport al României). Călătoriile interne au fost reconstituite din anchetele privind mobilitatea, prin extrapolarea acestora la populația totală a zonelor de trafic, fiind partajate pe principalele scopuri declarate. Din agregarea matricelor astfel obținute, au rezultat matricele modale, care au fost utilizate pentru calibrarea matricelor rezultate din aplicarea primelor trei etape ale modelului "în patru pași".

În scopul conturării laturii teoretice modelului de transport dezvoltat, în subcapitolele următoare sunt descrise caracteristicile tehnice ale etapelor specifice modelului "în patru pași" realizat în cadrul PMUD al Municipiului Brad.

3.4.1. Generarea și atragerea deplasărilor

Generarea deplasărilor reprezintă prima etapă a modelului de transport în patru pași de estimare a cererii de transport. În această etapă se estimează numărul de deplasări generate (O_i) și atrase (D_j) de fiecare zonă, într-un interval de referință dat.

Deplasările care au ca scop în origine sau în destinație, reședința, deseori sunt desemnate ca deplasări cu *scop principal*, iar toate celelalte deplasări cu alte scopuri, în origine sau destinație, sunt numite *deplasări secundare*. Caracterizarea unei deplasări ca un cuplu de scopuri permite, în același timp, identificarea cu o precizie mai mare a variabilelor sistemului de activități la care se face referire. O

mare parte a modelelor de generare utilizate în practică sunt descriptive, deoarece pe de o parte, pentru deplasările așa-zis *sistematice* sau "în migrație alternantă" (domiciliu - loc de muncă și invers), efectuarea deplasării nu implică de fapt o alegere și deoarece, pe de altă parte, pentru motivele (scopurile) pentru care există opțiuni, alegerea este influențată de multe alte variabile, dificil de cuantificat (figura 3.16).



Figura 3.16. Deplasări generate - atrase.

În general, modelul pentru călătoriile produse într-o zonă, indiferent de destinația acestora, este influențat de următorii factori:

- **caracteristicile populației:** venit, structură familială, deținerea de autovehicule, etc.;
- **caracteristicile teritoriului:** modul de utilizare al zonelor, prețul terenurilor, densitatea rezidențială, rata de urbanizare, etc.;
- **accesibilitatea:** calitatea rețelei stradale și rutiere, densitatea rețelei stradale și rutiere, etc.

Pentru determinarea numărului de deplasări generate și atrase de fiecare zonă de trafic, a fost aplicat un model de regresie liniară multiplă în cadrul căruia variabilele independente sunt *numărul de locuitori, deținerea de autovehicule, numărul locurilor de muncă, centrele comerciale, unitățile de învățământ etc.* Forma funcțională a acestui model este dată în relația 3.1:

$$N_{\text{dep generate/atrase}} = a_0 + \sum_i a_i \cdot X_i \text{ [deplasari/ora]} \quad (3.1)$$

în care:

- X_i reprezintă variabilele independente specifice unei zone (numărul de locuitori, deținerea de autovehicule, numărul locurilor de muncă, centrele comerciale, unitățile de învățământ);
- $a_0, a_1, a_2, \dots, a_i$ sunt coeficienți ai modelului.

Calibrarea numărului de deplasări generate și atrase de zonele de trafic se realizează utilizând date și informații rezultate din anchetele în gospodării.

3.4.2. Distribuția pe destinații

Modelele de repartitie pe destinații sunt utilizate pentru a estima alegerile pe care le fac călătorii în stabilirea destinațiilor, rezultând astfel matricea origine - destinație. Cel mai cunoscut model din această categorie este modelul gravitațional, generat prin analogie cu *Legea atracției gravitaționale a lui Newton*. Prin intermediul acestui model sunt estimate călătoriile pentru fiecare pereche de zone Origine - Destinație (celulă din matricea O-D) pe baza potențialelor de generare și atragere a călătoriilor specifice fiecărei zone e trafic.

Pentru repartitia pe destinații a deplasărilor estimate în etapa anterioară a fost utilizat modelul gravitațional a cărui expresie este de forma:

$$t_{ij} = g_i \cdot a_j \cdot f(d_{ij}) \quad (3.2)$$

unde:

- $g_i = \sum_j t_{ij}$ reprezintă volumul cererii "generate" de zona i ;
- $a_j = \sum_i t_{ij}$ reprezintă volumul cererii "atruse" de zona j ;
- $f(d_{ij})$ este funcția dificultăților întâmpinate la efectuarea deplasărilor între zonele i și j .

Funcția dificultăților întâmpinate la efectuarea deplasărilor între oricare două zone de trafic, întâlnită în literatura și sub denumirile de "*funcție de impedanță*" sau "*funcție de rezistență la deplasare*" utilizată în această aplicație a fost o funcție putere cu exponent negativ al cărei argument reprezintă distanța dintre zonele de trafic. Calibrarea modelului de distribuție s-a făcut cu ajutorul informațiilor din cadrul anchetelor în gospodării (privind numărul de deplasări la nivel de O-D) în combinație cu distanța, timpul și costurile deplasării între zonele de Origine și Destinație.

3.4.3. Alegerea modală

Prin intermediul modelelor de alegere modală se obține proporția din totalul deplasărilor care, provenind dintr-o anumită zonă de origine se efectuează către o

zonă de destinație, pentru un anumit motiv, când se utilizează un anumit mod de transport.

Modelele cele mai simple simulează o alegere binară, tipică, între mijloacele private - individuale și cele publice - colective. Cele complexe consideră deplasările efectuate pe jos, cu bicicleta, în automobil ca pasager, în automobil ca șofer, cu autobuzul sau o combinație de diferite mijloace. Factorii care influențează alegerea modului de transport și constituie atribute ale alternativelor decidentului pentru modelarea acestei alegeri, pot fi împărțiți în trei grupe:

- *după caracteristicile utilizatorului: posesia autoturismului; posesia permisului de conducere sau disponibilitatea unui conducător auto; caracteristicile și structura familiei; venitul familiei; constrângeri de natură exogenă (necesitatea de a folosi autoturismul pentru deplasările la locul de muncă depărtat sau pentru a duce copiii la școală); densitatea rezidențială a zonei de domiciliu;*
- *după caracteristicile deplasărilor: scopul călătoriei - pentru deplasarea la locul de muncă este mai facilă uneori folosirea transportului public cu cale exclusivă, datorită regularității serviciului, iar pentru alte scopuri, cum este cazul cumpărăturilor de la sfârșit de săptămână, folosirea autoturismului; perioada zilei în care se efectuează deplasarea - deplasările la ore târzii sunt efectuate mai dificil cu transportul public;*
- *după caracteristicile alternativelor de transport și a utilităților fizice ale sistemului de transport; acestea pot fi divizate în următoarele categorii: atribute cu exprimare cantitativă: durata deplasării (în vehicul, în așteptarea acestuia precum și deplasarea pentru accesul la stația de transport public sau la autoturism); costurile totale monetare (pentru combustibil sau biletul de călătorie); frecvența serviciului public și gradul de ocupare a vehiculelor; atribute evaluate calitativ: confortabilitate și comoditate; regularitate; securitate și siguranță a deplasării.*

Ultima categorie de atribute influențează decisiv alegerea modală, cercetarea din domeniu dezvoltând numeroase metode de estimare care folosesc date de preferință declarată obținute din anchetele de trafic.

Modelul multinomial Logit estimează probabilitatea alegerii unui anumit mod de transport, probabilitate care se determină cu relația:

$$P_k = \frac{e^{-\beta_k \cdot C_k}}{\sum_m e^{-\beta_m \cdot C_m}} [\%] \quad (3.3)$$

$$\text{în care: } C_{ij}^k = \sum_p \varphi_{kp} \cdot x_{kp} \text{ [u.m.]} \quad (3.4)$$

unde:

- C_{ij}^k reprezintă costul generalizat pentru efectuarea deplasării utilizând modul de transport k ;
- φ_{kp} este parametrul de echivalare pentru variabilele de timp, cost monetar al deplasării;
- x_{kp} sunt componente ale costului generalizat al deplasării;
- k reprezintă autovehicul personal, mijlocul de transport în comun, etc.;
- β este coeficient al modelului.

Modelul este calibrat utilizând informațiile din cadrul anchetelor în gospodării. Modelul de transport tratează atât modurile de transport privat, cât și modul de transport public disponibil, cu autobuze. Pentru fiecare dintre modurile de transport disponibile, sunt introduse vehicule din toate clasele întâlnite în trafic:

- **Transport de persoane:** privat (autoturisme); public (autobuze);
- **Transport de marfă:** vehicule ușoare de marfă; vehicule grele de marfă.

3.4.4. Distribuția pe itinerarii

Ultimul pas din cadrul modelului de estimare a cererii de transport "în patru pași" presupune stabilirea unui echilibru între cererea și oferta de transport.

Metodele de afectare distribuie valorile de trafic în funcție de un set de constrângeri care includ (figura 3.17): *capacitatea de transport; timpul de călătorie; costul efectiv (sau generalizat) al călătoriei.*

În cadrul acestei etape, pe lângă estimarea rutelor utilizate pentru fiecare relație din matricea modală O - D, se urmărește:

- *analiza relațiilor de trafic care solicită un anumit segment al rețelei;*
- *estimarea raportului debit/capacitate la nivelul rețelelor modale și identificarea celor mai solicitate arce;*
- *estimarea costurilor generalizate pentru fiecare pereche O - D.*

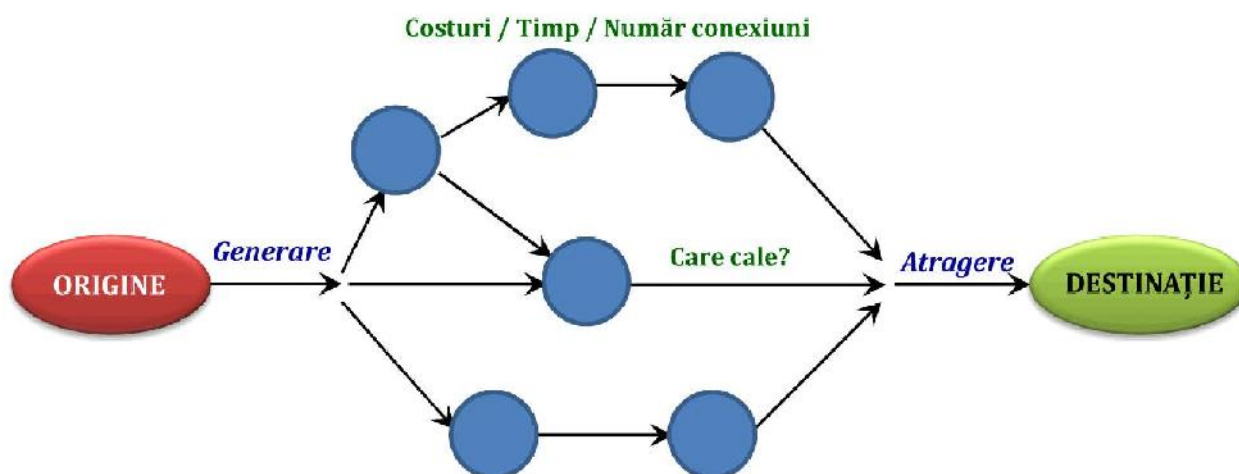


Figura 3.17. Principiul de afectare a călătorilor.

Afectarea cererii pe itinerarii necesită cunoașterea unui set minim de date de intrare:

- caracteristicile rețelei de transport, formalizată printr-un graf cu arce și noduri, specifice orizontului de timp pentru care sunt estimate matricele modale $O - D$;
- matricele modale $O - D$ corespunzătoare intervalului de timp de referință pentru care se face afectarea;
- principiile de afectare a cererii de transport adoptate.

Alegerea rutei de transport este influențată de caracteristicile de natură socio-economică specifice arealului de analiză și de caracteristicile ofertei de transport: accesibilitate modală, viteze curente de deplasare, timpi curenți de deplasare în rețea, distanțe, costuri monetare, durate de așteptare, durate pentru manevre necesare, tipul legăturilor asigurate în noduri, tehnici de reglementare a accesului la serviciul de transport, etc. Calibrarea valorilor de trafic este realizată pe baza datelor de trafic descrise în Capitolul 3.2.

Prin afectarea cererii de transport, obținută prin procedeele descrise mai sus, pe rețeaua actuală de transport modelată, au fost obținute configurațiile fluxurilor de trafic pe ansamblul rețelei, corespunzătoare situației curente.

În cele ce urmează sunt prezentate volumele de trafic înregistrate pe întreaga rețea modelată, pentru categoriile de vehicule:

- autoturisme;
- vehicule ușoare de marfă;
- vehicule grele de marfă;

→ *vehicule etalon - autoturism;*

atât la nivel de medie zilnică anuală (MZA) (figurile 3.18 - 3.21), cât și la nivelul orei de vârf de trafic (figurile 3.22 - 3.25).

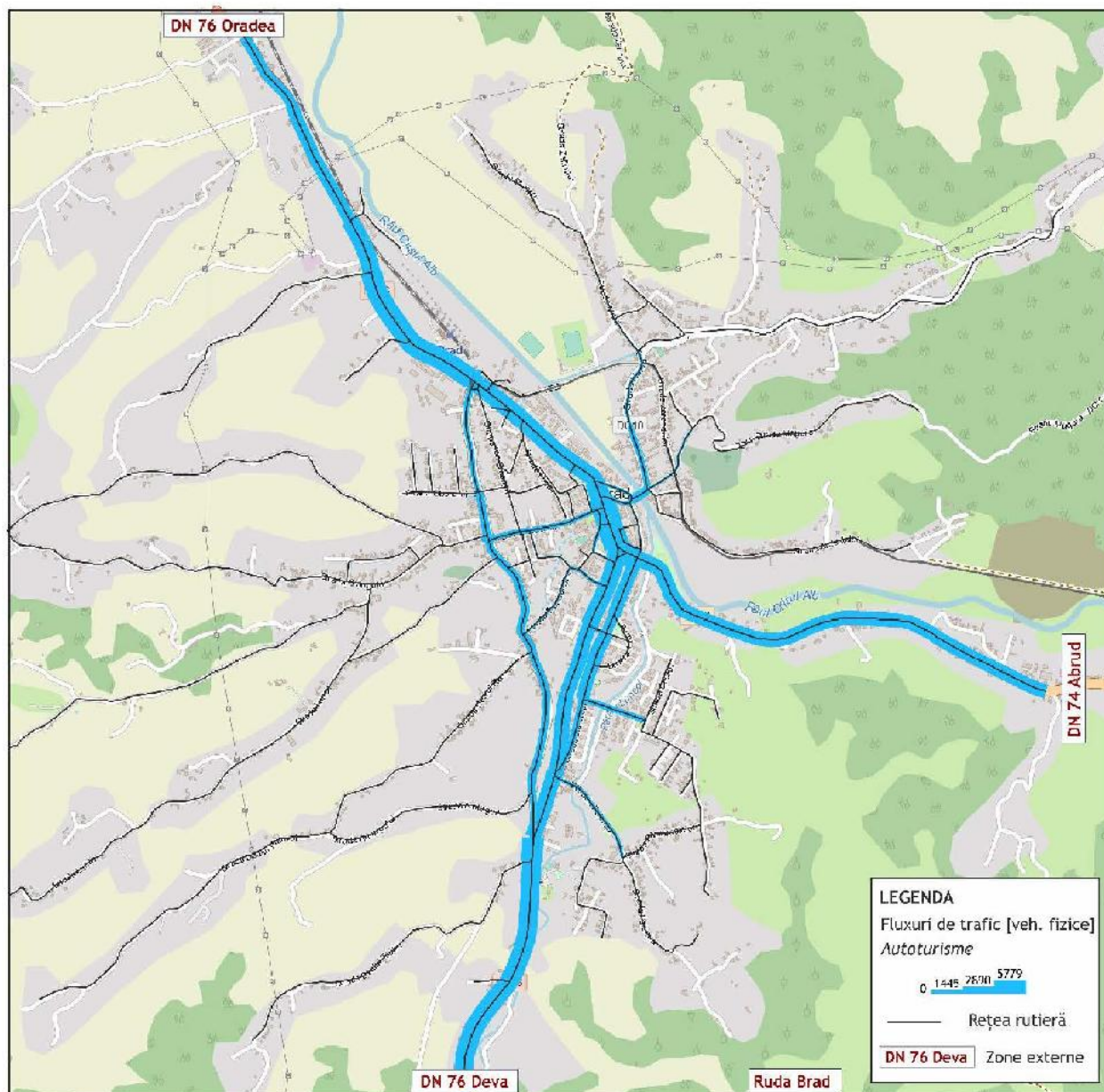


Figura 3.18. Fluxuri de trafic, autoturisme, MZA 2021.

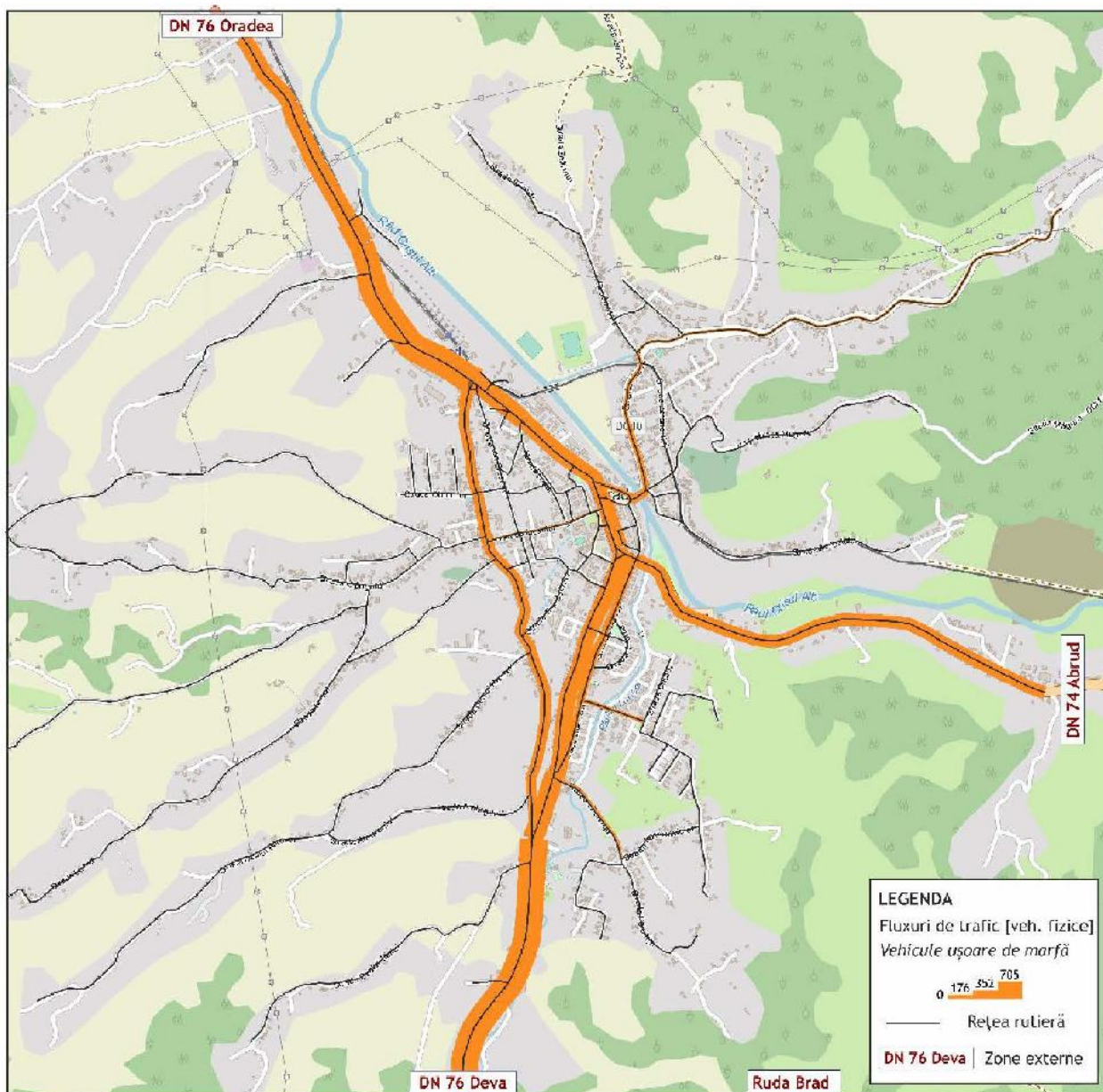


Figura 3.19. Fluxuri de trafic, autovehicule ușoare de marfă, MZA 2021.

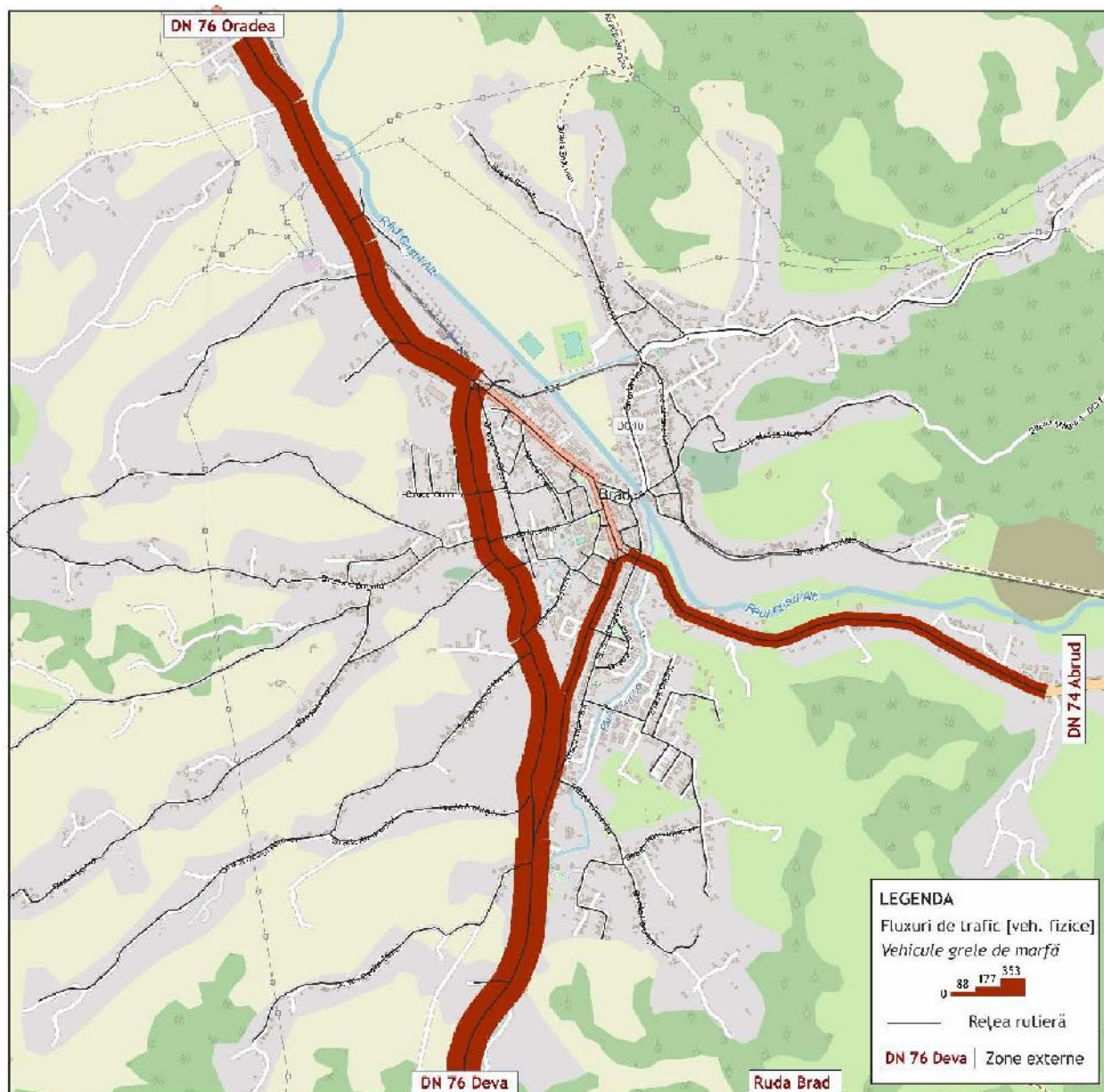


Figura 3.20. Fluxuri de trafic, autovehiculele grele de marfă, MZA 2021.

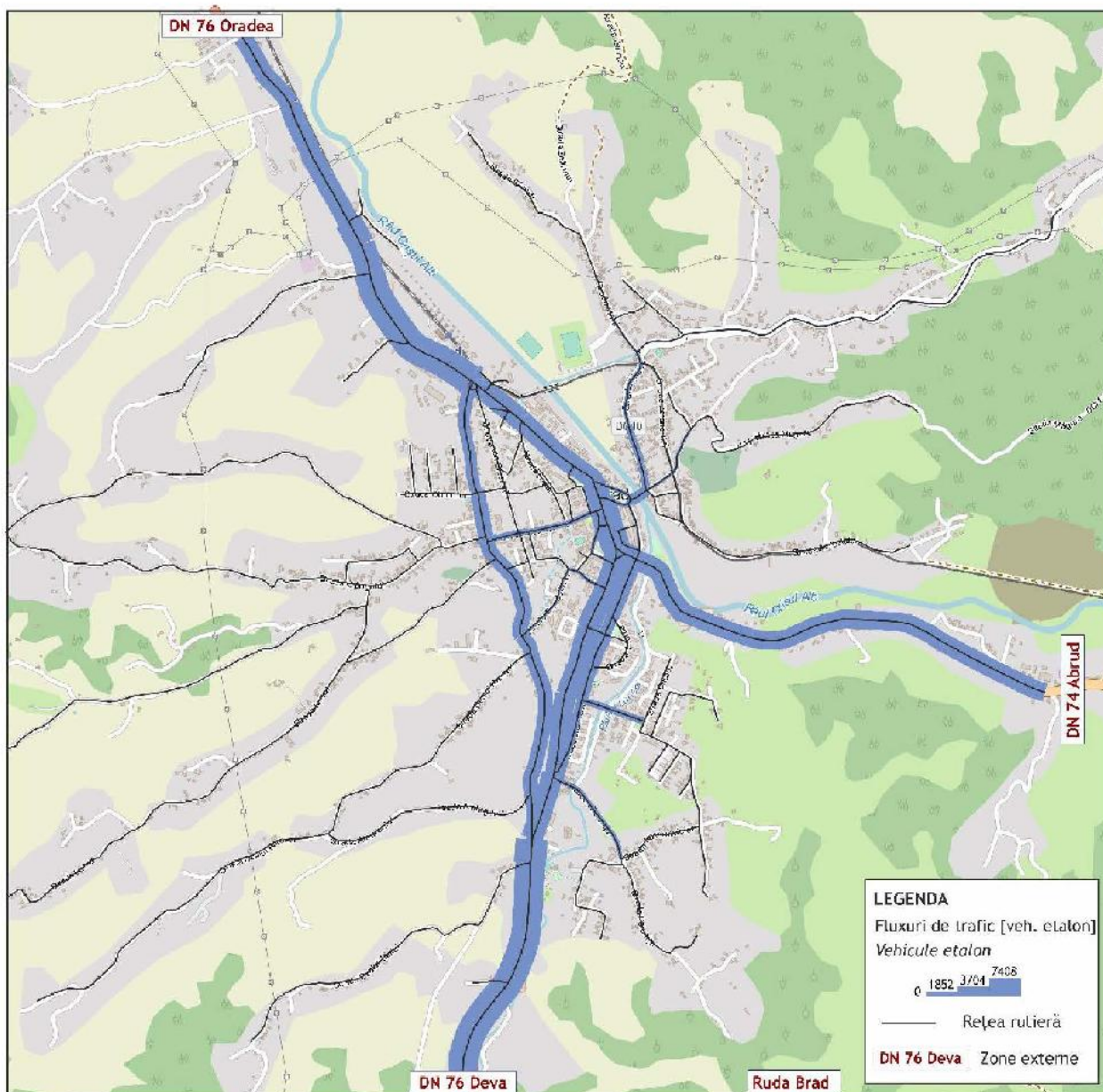


Figura 3.21. Fluxuri de trafic, autovehicule etalon, MZA 2021.

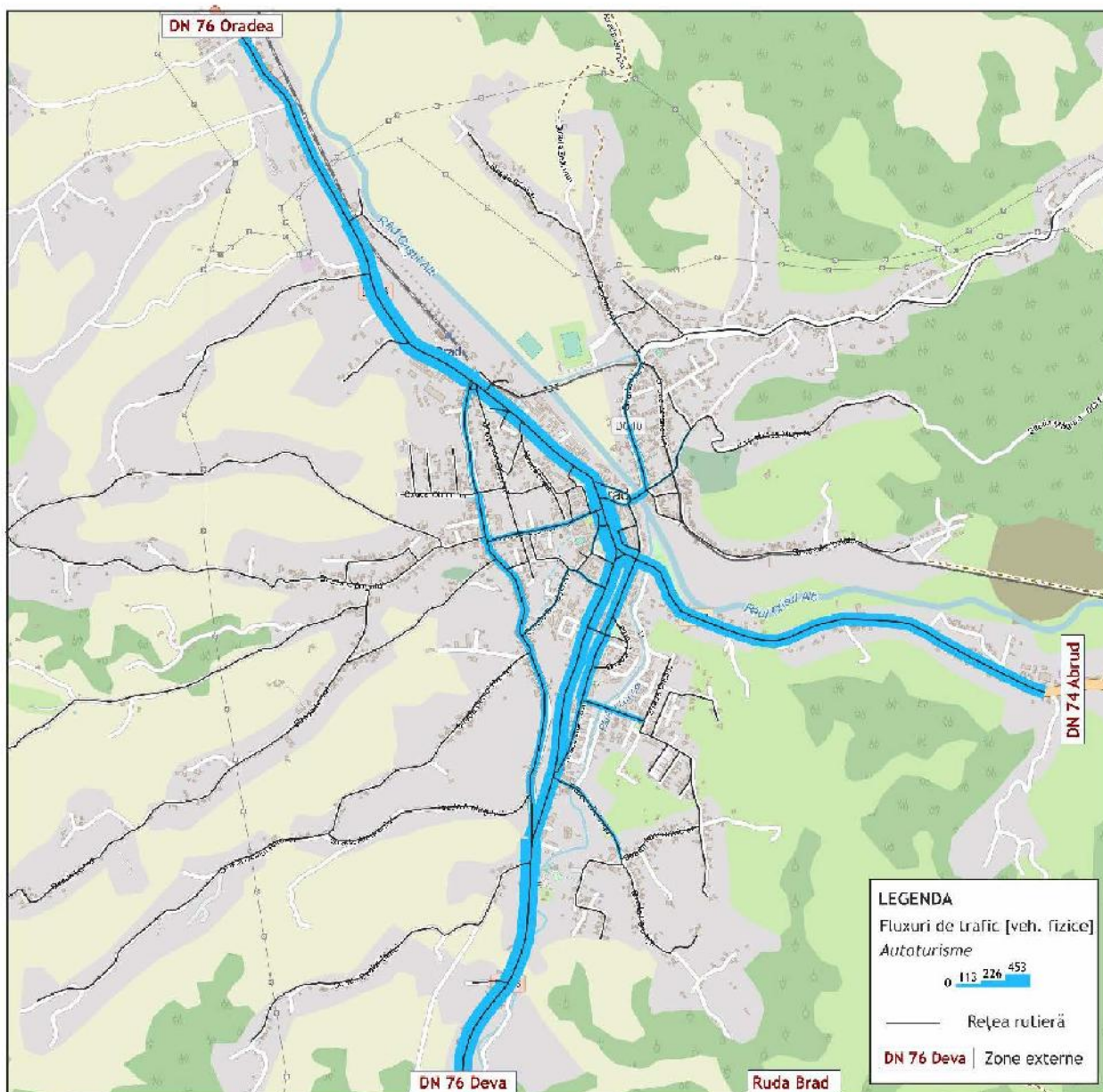


Figura 3.22. Fluxuri de trafic, autoturisme, ora de vârf de trafic, 2021.

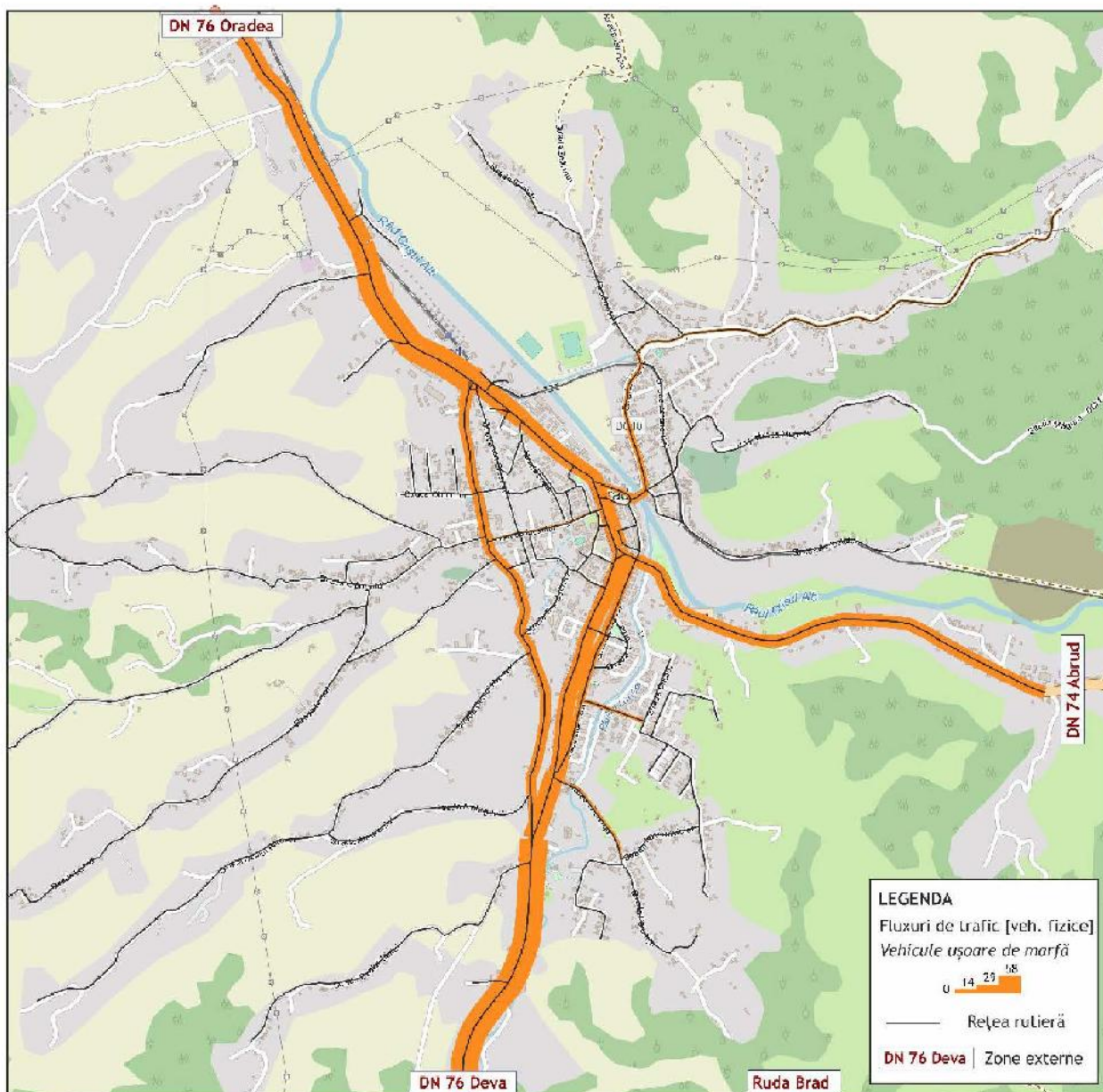


Figura 3.23. Fluxuri de trafic, autovehiculele ușoare de marfă, ora de vârf de trafic, 2021.

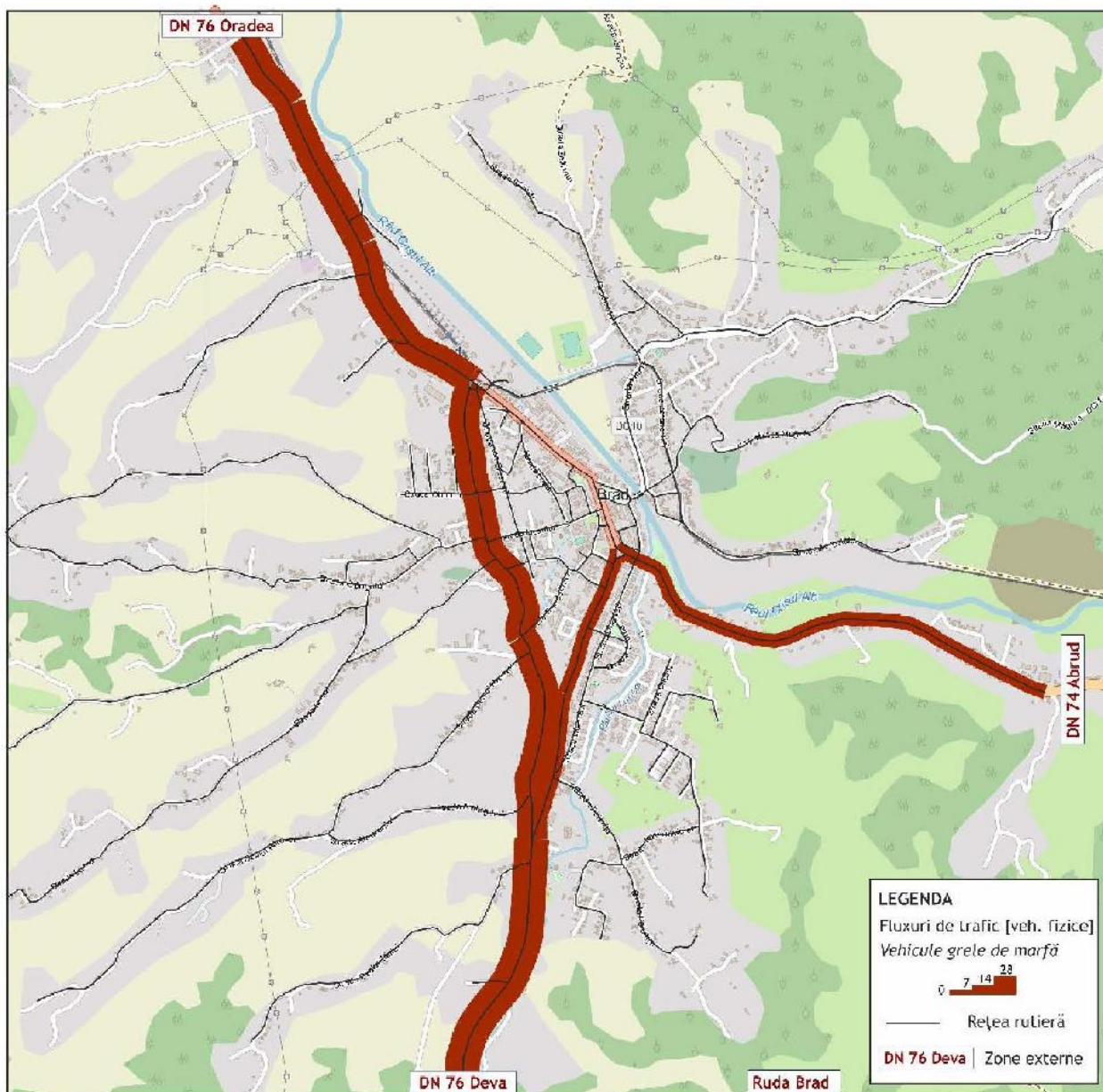


Figura 3.24. Fluxuri de trafic, autovehiculele grele de marfă, ora de vârf de trafic, 2021.

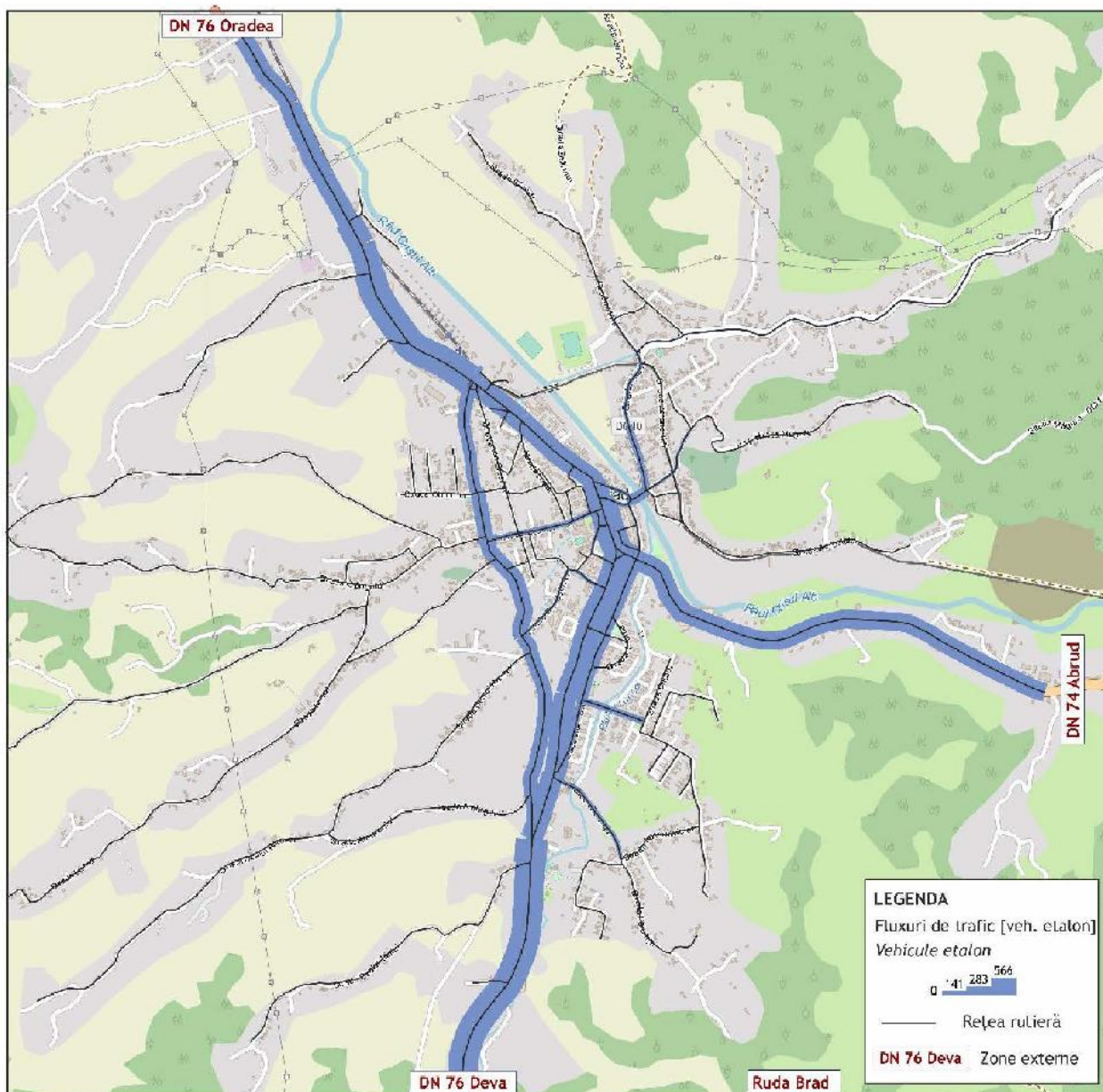


Figura 3.25. Fluxuri de trafic, autovehicule etalon, ora de vârf de trafic, 2021.

Reprezentările grafice ale fluxurilor de trafic la cele 2 niveluri orare de analiză au configurații asemănătoare (nu identice), însă valorile sunt semnificativ diferite (24 ore versus 1 oră). Acest fapt se poate observa din legendă. Din analiza fluxurilor de trafic reprezentate în figurile de mai jos, se observă canalizarea acestora pe principalele artere de circulație. Străzile cu funcțiune locală, care alimentează cartierele de locuințe preiau volume de trafic substanțial reduse comparativ cu cele principale, motiv pentru care în reprezentarea grafică lățimea benzilor asociate acestora nu conferă vizibilitate.

Axa rețelei stradale care asigură legătura pe direcția Sud - Nord, și care traversează zone cu funcțiuni comerciale, administrative și de locuire, sunt formate din sectoare de infrastructură care atrag la nivelul unei zile medii anuale valori maxime de aproximativ 6.450 autovehicule etalon/ sens, reprezentând atât deplasări locale, a căror origine și destinație se află în Municipiul Brad, cât și deplasările de penetrație (origine sau destinația în zona urbană) și de tranzit (originea și destinația în afara zonei urbane).

3.5. Calibrarea și validarea datelor

Concordanța dintre datele de trafic obținute în urma modelării fizico-matematice și datele înregistrate în urma anchetelor de trafic este evidențiată de rezultatul funcției *GEH Statistic* (de la numele descoperitorului acesteia, *Geoffrey E. Havers*), funcție statistică utilizată pentru analiza traficului începând cu anul 1970. Expresia acestei funcții este:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (M - C)^2}{M + C}} \quad (3.5)$$

în care:

- *M* sunt valorile de trafic rezultate în urma modelării;
- *C* sunt valorile de trafic măsurate.

Interpretarea rezultatelor obținute în urma aplicării funcției GEH pentru valorile fluxurilor de trafic sunt următoarele:

- *GEH < 5* - indică o bună reprezentare a realității prin intermediul modelării. Conform Manualului de Proiectare a Drumurilor și Podurilor ("Design Manual for Roads and Bridges") din Marea Britanie, un model de trafic este valid dacă 85% din valoarea volumelor de trafic modelate au *GEH < 5*;
- *5 < GEH < 10* - recomandă investigații în cadrul proiectului;
- *GEH > 10* - indică probleme în modelul de evaluare a cererii de călătorie.

Prin compararea valorilor de trafic măsurate și modelate, pentru toate cele trei categorii de autovehicule considerate (autoturisme, vehicule ușoare de marfă și vehicule grele de marfă), în cadrul modelului de transport realizat pentru Municipiul Gherla s-au obținut valori ale funcției GEH mai mici decât 5, pentru toate cazurile, fapt care confirmă valabilitatea modelului (tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Rezultatele testului de concordanță GEH între valorile modelate și cele măsurate.

Nr. post	Sens/ Braț	Valori măsurate			Valori modelate			GEH		
		Categorie vehicule*			Categorie vehicule*			Categorie vehicule*		
		A	VM1	VM2	A	VM1	VM2	A	VM1	VM2
I1	I1_1	4578	578	333	4551	570	305	0,40	0,33	1,57
	I1_2	4070	455	0	4044	454	0	0,41	0,05	N.A.
	I1_3	1399	198	306	1399	199	303	0,00	0,07	0,17
I2	I2_1	4409	636	337	4408	636	340	0,02	0,00	0,16
	I2_2	3953	398	174	3926	396	147	0,43	0,10	2,13
	I2_3	1408	138	281	1416	141	305	0,21	0,25	1,40
S3	S3_1	5702	165	0	5779	168	0	1,02	0,23	N.A.
	S3_2	4050	114	190	4120	116	147	1,10	0,19	3,31
S4	S4_1	5089	671	118	5176	705	136	1,21	1,30	1,60
	S4_2	3157	282	137	3151	283	136	0,11	0,06	0,09

*A- autoturisme, VM1 - Vehicule ușoare de marfă, VM2 - Vehicule grele de marfă

O altă modalitate de evaluare a concordanței dintre datele măsurate și cele modelate o reprezintă analiza afectării cererii de transport pe rețea. Rezultatele acestei analize sunt prezentate în figurile 3.26 - 3.28, pentru fiecare dintre modurile de transport considerate.

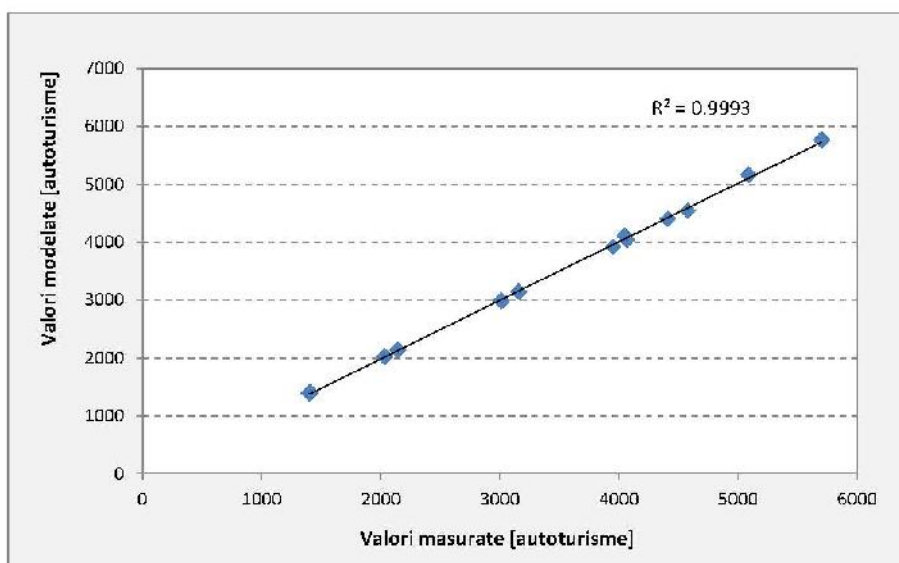


Figura 3.26. Rezultatele analizei afectării, autoturisme.

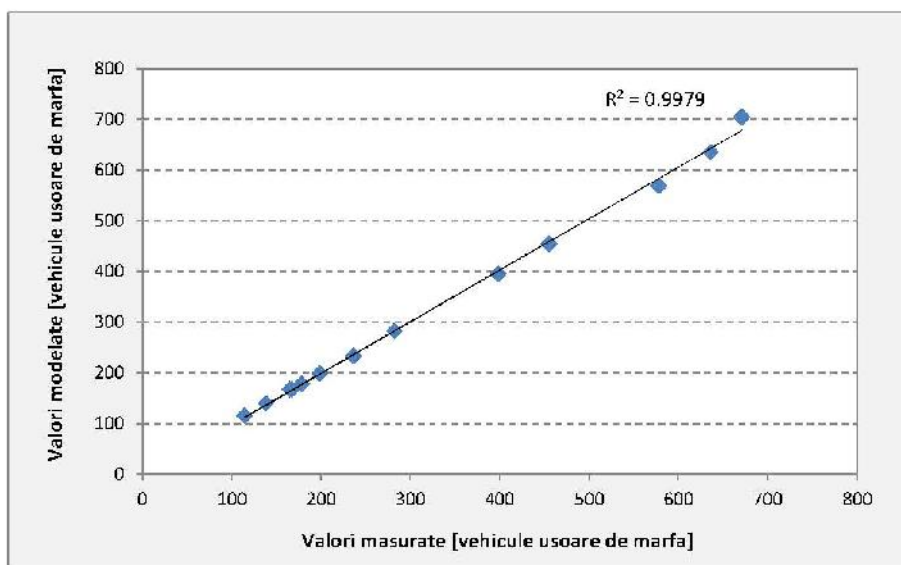


Figura 3.27. Rezultatele analizei afectării, autovehicule ușoare de marfă.

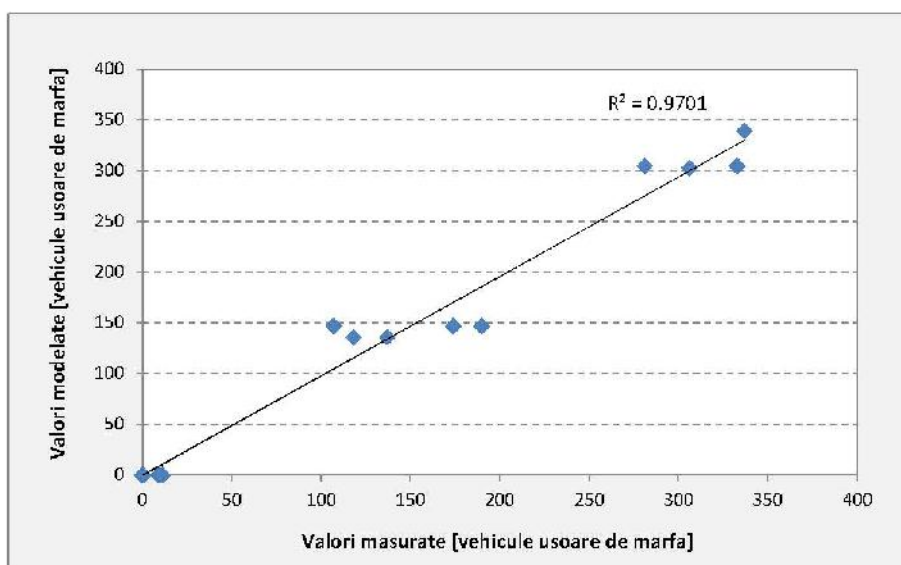


Figura 3.28. Rezultatele analizei afectării, autovehicule grele de marfă.

Așa cum se poate observa din figuri, abaterea medie pătratică are valori de peste 0,9, ceea ce demonstrează o foarte bună concordanță între șirurile de date măsurate și cele modelate, rezultând faptul că modelul realizat este valid.

Datele de trafic modelate, care au fost utilizate în relațiile de calcul de mai sus, prin care s-a demonstrat validitatea modelului, au rezultat în urma unor proceduri de calibrare, în cadrul cărora valorile parametrilor modelului (variabile dependente) au fost ajustate în funcție de datele specifice arealului de analiză (comportament de

deplasare, valori ale fluxurilor de trafic). Datele de trafic utilizate în calibrarea modelului au fost cele înregistrate în posturile de anchetă I3, S1, S2, S5 (figura 3.5) și cele înregistrate pe sectoarele drumurilor naționale învecinate Municipiului Brad, care au fost înregistrate cu ocazia recensământului general de circulație realizat la nivel național de CESTRIN - CNAIR/ Consiliul Județean Hunedoara în anul 2015.

Datele de trafic utilizate în validarea modelului au fost cele înregistrate în posturile I1, I2, S3 și S4 (tabelul 3.3), amplasate conform figurii 3.5 în puncte diferite ale rețelei comparativ cu punctele în care au fost amplasate posturile de anchetă în care au fost culese date care au stat la baza procesului de calibrare.

3.6. Prognoze

Fluxurile de trafic de perspectivă se obțin prin confruntarea dintre cererea de transport prognozată la orizontul de perspectivă pentru care se realizează analiza și oferta de transport materializată prin rețeaua de transport prognozată la același orizont de timp (figura 3.29).



Figura 3.29. Obținerea fluxurilor de trafic de perspectivă.

Prognoza traficului reprezintă procesul de estimare a numărului de vehicule sau călători care vor utiliza o infrastructură de transport la un moment de timp dat. În cadrul prezentului studiu este necesară estimarea fluxurilor de trafic la orizontul de prognoză 2027.

Punctul de plecare în realizarea procesului de prognoză a traficului îl reprezintă cunoașterea nivelului actual al volumelor de trafic asociate rețelei de transport existente. Aceste valori ale volumelor de trafic pot fi determinate fie prin înregistrări manuale sau automate, fie aplicând modele matematice.

Având la dispoziție un model de transport valid pentru anul de bază pentru care s-a realizat analiza, precum și prognoza principalilor indicatori socio-economici și demografici specifici zonei studiate, a putut fi estimată cererea de transport la nivelul diferitelor orizonturi de prognoză. Nevoia de mobilitate viitoare a fost determinată de valorile prognozate ale indicatorilor socio-economici, demografici și de utilizare a teritoriului (figura 3.30).

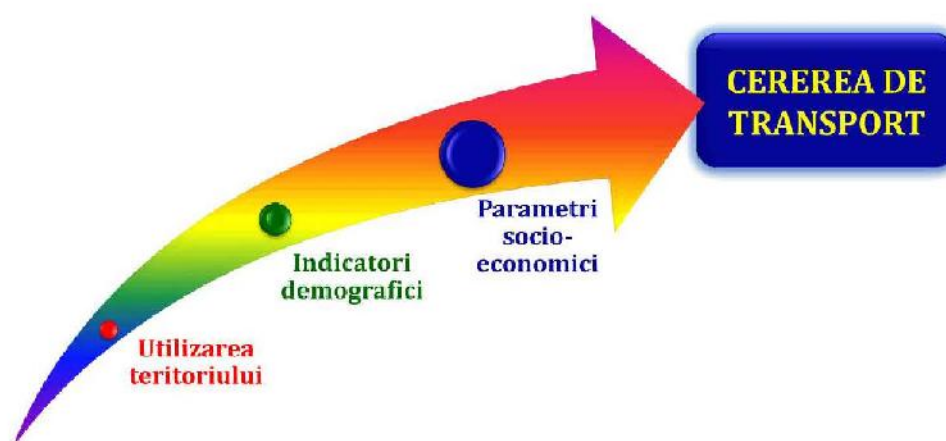


Figura 3.30. Prognoza cererii de transport - proces.

Prognoza principalilor parametri socio-economici și demografici cu influență semnificativă asupra nevoii de mobilitate a fost realizată pe baza datelor publicate de instituțiile specializate (Comisia Națională de Prognoză, Institutul Național de Statistică, Eurostat), datelor prognozate sau datelor istorice din care reies tendințe de evoluție.

Pentru determinarea nevoii de mobilitate viitoare, a fost estimată tendința de evoluție a principalilor indicatori socio-economici și demografici care determină caracteristicile de mobilitate ale persoanelor și bunurilor:

- *produsul intern brut*
- *numărul de locuitori*
- *indicele de motorizare*
- *parcursul mediu anual al vehiculelor.*

→ *Produsul Intern Brut (PIB) județean*

Periodic, Comisia Națională de Prognoză elaborează prognoze privind dezvoltarea economico-socială a României pe termen scurt, mediu și lung, în corelare cu prevederile Programului de guvernare, a strategiilor naționale, sectoriale și regionale, precum și pe baza tendințelor din economia națională și cea mondială.

În cadrul acestui studiu au fost utilizate cele mai recente tendințe de evoluție pe termen lung și mediu ale PIB aferent județului Hunedoara. Tendința de evoluție a indicatorului analizat până în anul 2027 este reprezentată grafic în figura 3.31.

Prognoza cea mai recentă, pe termen mediu ("Proiecția principalilor indicatori economico - sociali în PROFIL TERITORIAL până în 2023") prevede evoluția PIB-ului numai până în anul 2023. Având la bază aceste date, s-a estimat tendința de evoluție a indicatorului analizat până în anul 2027.

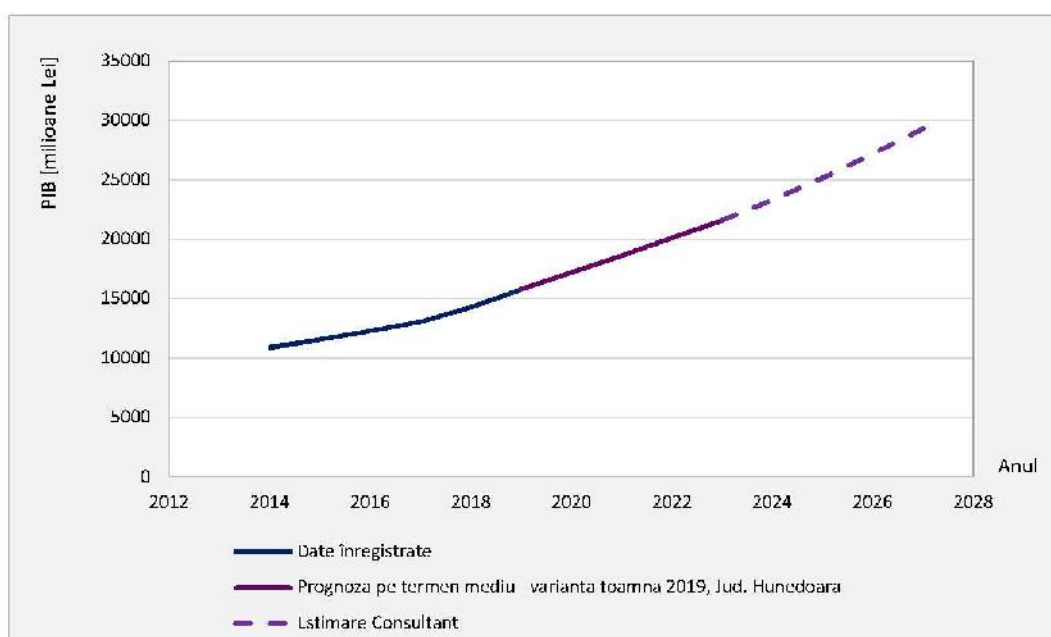


Figura 3.31. Prognoza PIB al județului Hunedoara. Sursa: Comisia Națională de Prognoză.

Pe baza datelor prognozate s-au determinat valorile coeficientului global de variație a indicatorului PIB în perioada 2021-2027, de 1,58.

→ *Numărul de locuitori la nivelul arealului studiat*

Studiile de specialitate indică faptul că între caracteristicile deplasărilor (număr, distribuție în timp, mod de transport utilizat) și caracteristicile populației rezidente într-un areal de studiu (numărul de locuitori, vârsta, venit) există o strânsă corelație.

În acest sens, pentru analiza nevoilor viitoare de mobilitate s-a avut în vedere și estimarea evoluției numărului de locuitori rezidenți la nivelul Municipiului Brad. Astfel, având ca bază numărul de locuitori înregistrați în Municipiul Brad în anul 2020 (15.329 locuitori, conform datelor publicate de Institutul Național de Statistică, TEMPO-Online), s-a estimat valoarea acestui indicator demografic la nivelul anului 2027: 14.193 locuitori. Reprezentarea grafică a valorilor prognozate este realizată în figura 3.32. Tendința de variație a numărului de locuitori din Municipiul Brad este una descrescătoare.

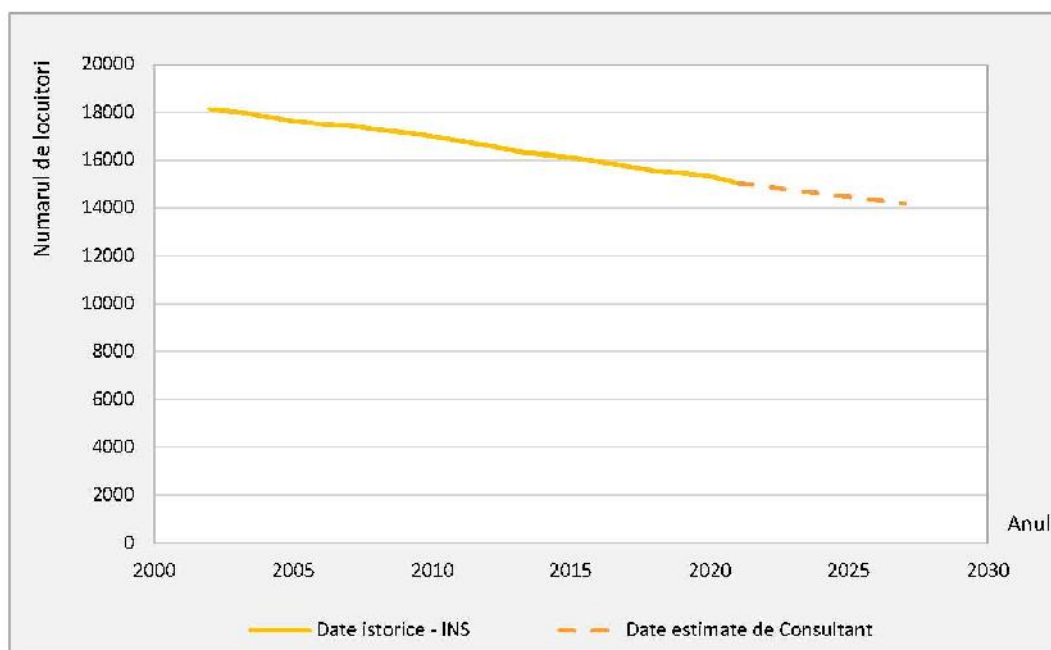


Figura 3.32. Prognoza numărului de locuitori - Municipiul Brad.

→ **Indicele de motorizare la nivelul arealului studiat**

Indicele de motorizare constituie unul dintre factorii care influențează direct numărul de deplasări generate la nivelul unei zone de studiu. Valorile acestui indicator sunt strâns corelate cu cele ale PIB.

Având în vedere tendința de variație a indicelui de motorizare determinată pe baza valorilor istorice, prognoza PIB județean tratată mai sus (figura 3.30) și politica internațională de reducere a gradului de utilizare a transportului individual, s-au estimat valorile anuale ale indicelui de motorizare până la orizontul de prognoză 2027 (figura 3.33). Plecând de la valoarea indicelui de motorizare de 330 autoturisme / 1000 locuitori în anul 2019 în Municipiul Brad, în anul 2027 este estimată o valoare medie de 398 autoturisme / 1000 locuitori.

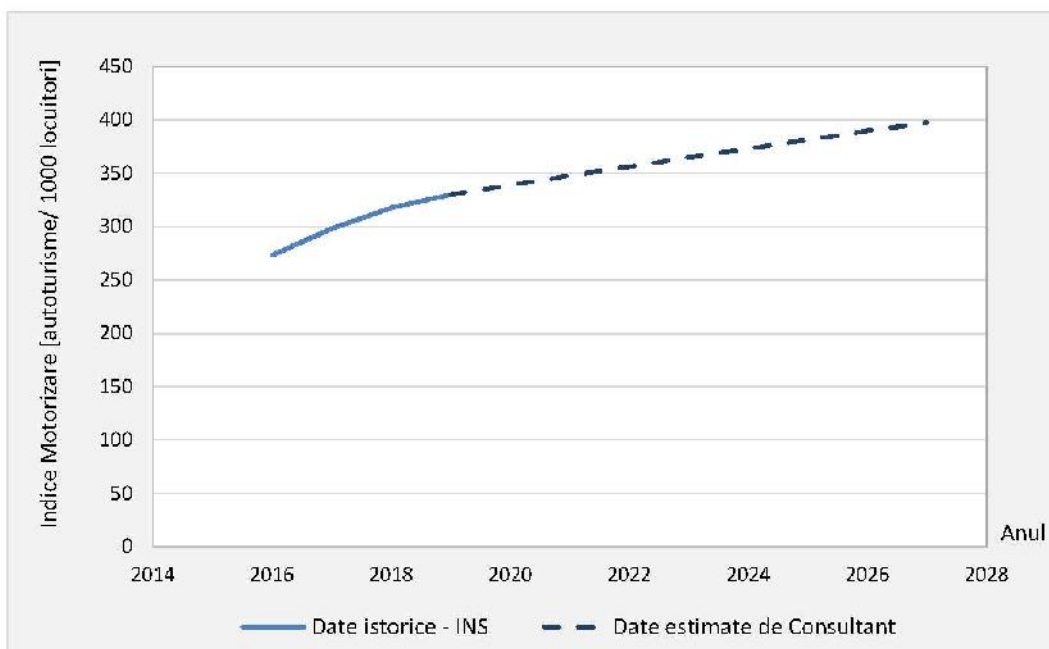


Figura 3.33. Prognostul indicelui de motorizare - Municipiul Brad.

→ **Variația traficului la nivel național**

Plecând de la valorile măsurate în anul 2015, CNAIR - CESTRIN a realizat estimări ale coeficienților de evoluție a traficului de pasageri și mărfuri până la orizontul de prognoză 2045 (figura 3.34).

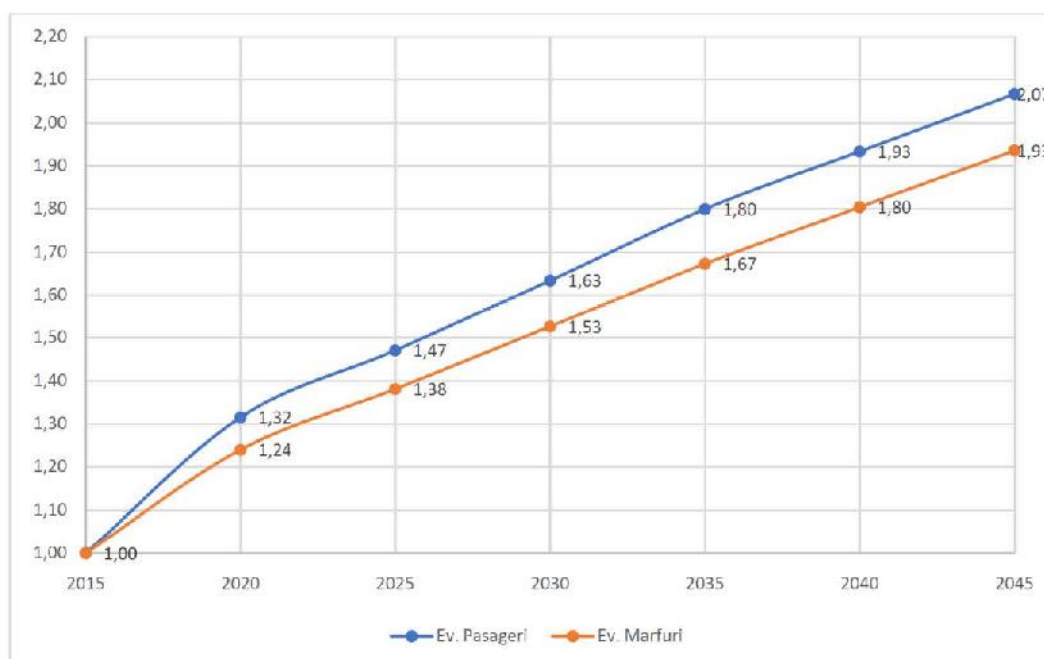


Figura 3.34. Coeficienții de variație a traficului. Sursa: CESTRIN 2018.

CNAIR contorizează vehiculele care utilizează drumurile publice la interval de 5 ani. În cadrul acestui studiu, pentru estimarea nevoii de mobilitate viitoare s-au considerat coeficienții de variație a traficului pentru perioada 2021-2027.

Luând în considerare prognoza indicatorilor socio-economici și demografici descriși anterior, a fost realizată prognoza cererii de transport pentru persoane și mărfuri la nivelul anului 2027.

Scenariul de mobilitate de referință specific perioadei de analiză 2027, denumit în continuare scenariul "A *face minim*", evidențiază rezultatul interacțiunii dintre cererea de transport prognozată și rețeaua de transport de perspectivă care ia în considerare ca finalizate o serie de proiecte angajate (adaptând caracteristicile tehnice în modelul de transport, unde este cazul), proiecte aflate în derulare sau stabilite pentru implementare de autoritatea locală sau centrală, după cum urmează:

- *Lucrări de întreținere și reparații străzi în Municipiul Brad*

Proiectul constă în realizarea de lucrări anuale de întreținere și reparații pentru infrastructura rutieră (plombări covoare asfaltice, turnare covoare asfaltice, întreținere străzi nemodernizate).

Perioada de implementare: 2021-2027

Responsabil implementare: UAT Municipiul Brad

- *Îmbunătățirea calității vieții în Municipiul Brad, Componenta - Modernizare și dotare centru cultural multifuncțional din Municipiul Brad, Componenta - Refacere și modernizare str. Independenței și str. Liceului din Municipiul Brad*

Proiectul vizează acțiuni privind refacerea și modernizarea drumurilor publice inclusiv trotuare - străzile de acces la Centrul Cultural Multifuncțional: Str. Independenței și Str. Liceului, în lungime totală de 800 m, în vederea creșterii numărului de beneficiari direcți ai spațiului public reabilitat și modernizat și facilitării accesului nemotorizat (pietonal) și motorizat la Centrul Multifuncțional.

Perioada de implementare: 2021-2023

Responsabil implementare: UAT Municipiul Brad

- *Modernizare Str. Prunului*

Proiectul are ca obiectiv reabilitarea Str. Prunului. În situația actuală structura rutieră este din pietriș.

Perioada de implementare: 2021-2022

Responsabil implementare: UAT Municipiul Brad

▪ Realizare Drum Trans-Regio Deva - Brad - Ștei - Oradea

Proiectul constă în realizarea Drumului Trans-Regio 32 (reabilitare și modernizare infrastructură existentă), Biharia. Potrivit planificării din cadrul Master Planului General de Transport, realizarea studiului de fezabilitate este programată pentru anul 2022, iar implementarea proiectului în perioada 2024-2025. Această categorie de infrastructură face parte din rețeaua rapidă de transport (autostrăzi și/sau drumuri expres).

Responsabil implementare: Ministerul Transporturilor

Luând în calcul cele menționate mai sus, au fost obținute configurații ale fluxurilor de trafic pe ansamblul rețelei, la nivelul anului 2027, scenariul "A face minim"(AFM). Fluxurile de trafic estimate pentru o zi medie anuală (MZA) și pentru intervalul de vârf de trafic, exprimate în vehicule etalon sunt prezentate în figurile 3.35 și 3.36. Implementarea proiectelor care compun scenariul "A face minim" va conduce la creșterea conectivității și accesibilității teritoriului de analiză în raport cu rețeaua națională de transport, dar în același timp va încuraja creșterea prestației realizate cu mijloace de transport poluante, ceea ce semnifică îndepărtarea față de principiile mobilității durabile, (tabelul 3.4). Potrivit estimărilor realizate, la nivelul întregii rețele analizate, pornind de la anul de bază 2021, în anul 2027 se va produce creșterea utilizării transportului privat cu 12,4%.

Tabelul 3.4. Evoluția activității de transport, 2021-2027.

Indicator	Scenariul de bază, 2021	Scenariul "A face minim" 2027
Utilizarea transportului privat [vehicule-km]	80.415	91.309
Utilizarea modurilor de transport prietenoase cu mediul (transport public, cu mijloace nemotorizate - bicicleta și pietonal) [%]	49,5	46,0

Indicatorul „Utilizarea transportului privat” ține seama atât de cererea de transport (număr de călătorii), cât și de interacțiunea acesteia cu rețeaua de transport (lungimea călătoriilor, influențată de condițiile de desfășurare a circulației). Acesta reprezintă produsul dintre valoarea fluxului de trafic înregistrat pe un segment al rețelei și lungimea segmentului respectiv.

Analizând valorile indicatorilor din tabelul de mai sus se observă că realizarea numai a intervențiilor angajate (scenariul "A face minim") nu este suficientă pentru a contrabalansa creșterea prognozată a nevoilor de mobilitate.

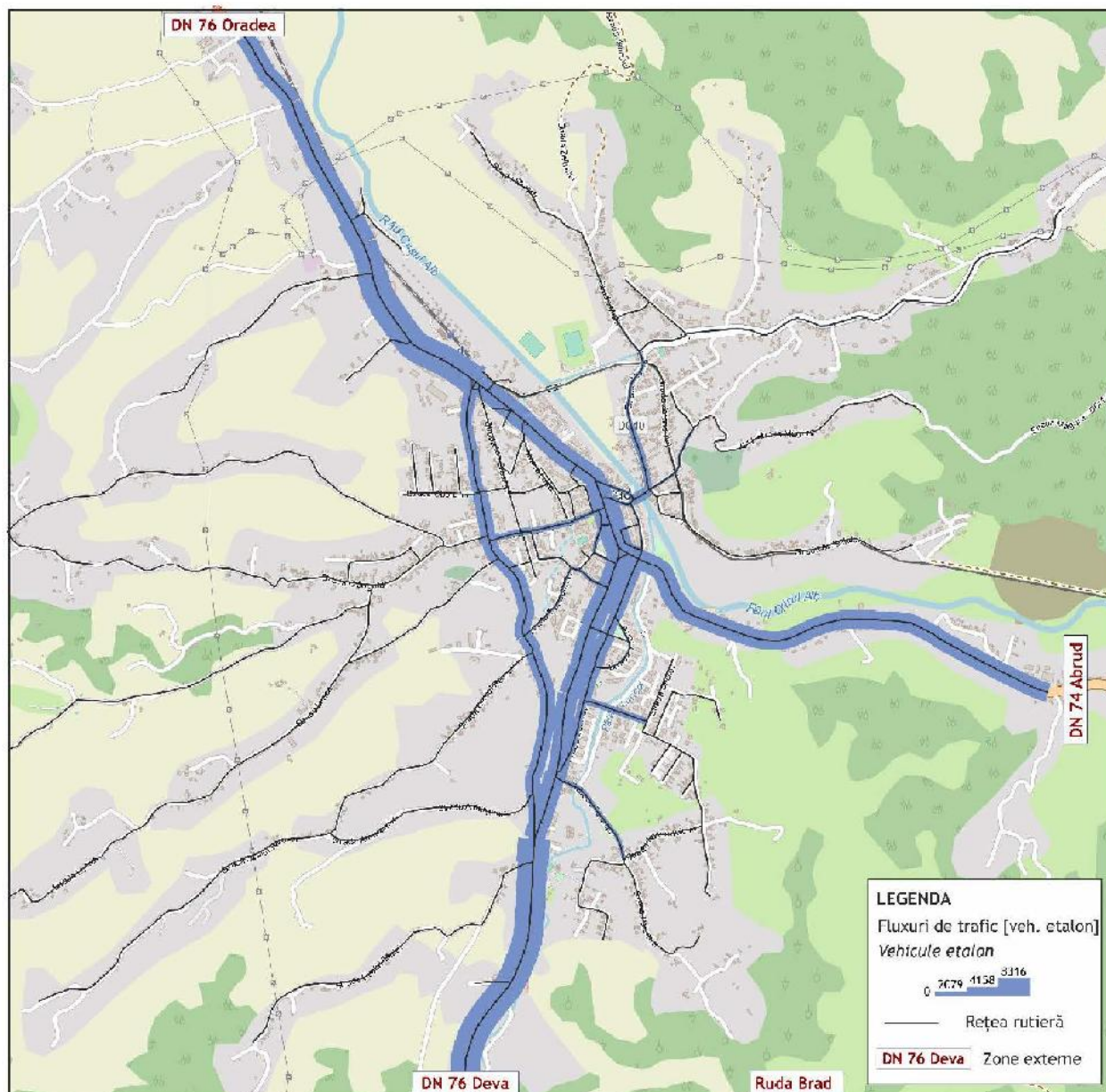


Figura 3.35. Fluxuri de trafic, autovehicule etalon, Scenariul AFM_MZA, 2027.

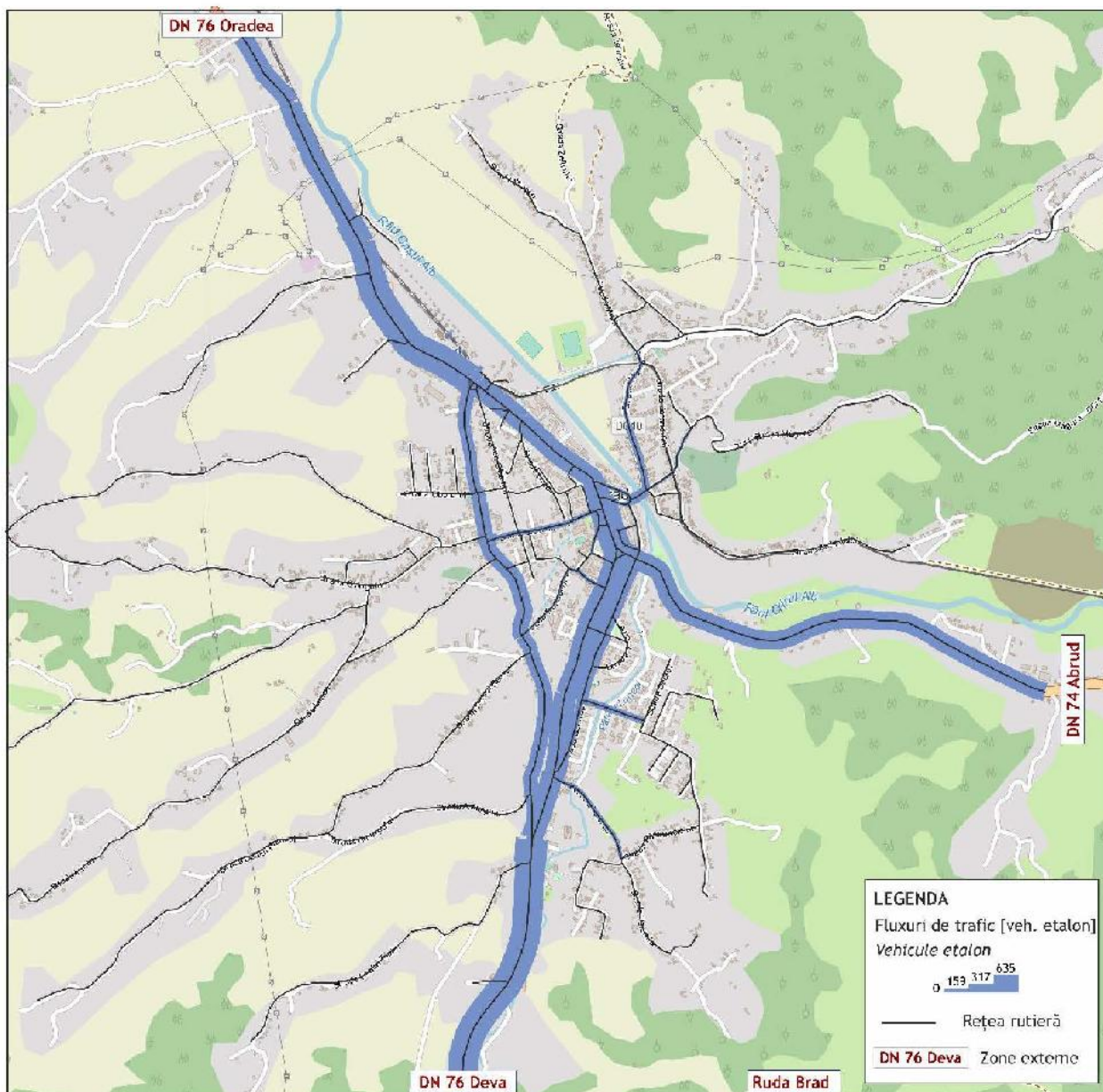


Figura 3.36. Fluxuri de trafic, vehicule etalon, Scenariul AFM_ ora de vârf de trafic, 2027.

3.7. Testarea modelului de transport în cadrul unui studiu de caz

Dezvoltarea scenariilor de perspectivă va include schimbări ale rețelei de transport. Odată calibrat și validat pentru anul de bază, modelul de transport reprezintă un instrument util în evaluarea impactului diferitelor modificări, atât la nivelul ofertei de transport, cât și la nivelul cererii de transport.

Specificațiile referitoare la acest capitol în *Anexa 6 - Conținut cadru Plan de mobilitate urbană durabilă a Documentului cadru de implementare a dezvoltării urbane durabile - Axa prioritară 3 - Sprijinirea dezvoltării urbane durabile, POR 2014-2020*, recomandă analiza simulărilor realizate în cadrul scenariului "A nu face nimic" (ANFN) 2027, care sunt caracterizate de cererea de transport prognozată după metodologia din Subcapitolul 3.6 și oferta de transport aferentă anului de bază 2021, fără a include noi elemente de infrastructură sau modificări asupra tehnologiilor de operare.

Rezultatele simulării, reprezentând fluxurile de trafic, exprimate în vehicule etalon, la nivel de medie zilnică anuală și la nivelul orei de vârf de trafic, sunt reprezentate în figurile 3.37 și 3.38. Problemele în zonele cu gâtuiuri ale fluxurilor de trafic (pe arterele principale de circulație) se vor accentua.

Menținerea ofertei de transport la nivel local în starea actuală până în anul 2027, efectuând numai lucrări de întreținere și reparații străzi, va conduce la înregistrarea unui impact negativ major al transporturilor asupra mediului urban, comparativ cu celelalte situații analizate. Se va produce o creștere susținută a utilizării autovehiculului personal pentru efectuarea deplasărilor zilnice, însoțită de reducerea vitezei medii de deplasare. Numărul mare al vehiculelor aflate în circulație, pe de o parte și viteza redusă de deplasare, pe de altă parte, vor conduce la creșterea accentuată a emisiilor de noxe și de CO₂ pentru care sectorul transporturilor este responsabil.

În urma simulărilor a rezultat că în acest scenariu de analiză, utilizarea autoturismelor va cunoaște o creștere față de valoarea înregistrată în anul 2021 de 13,5% până în anul 2027, în timp ce transportul public și cel pietonal vor pierde din utilizatori.

Sporirea prezenței în trafic a autoturismelor va îngreuna desfășurarea traficului inclusiv pentru vehiculele de marfă, cu efecte negative asupra eficienței economice (creșterea duratei de parcurs a mărfurilor între punctul de origine și cel de destinație) și asupra calității aerului (deplasarea cu viteză redusă și opririle/ demarările succesive în cazul vehiculelor de marfă implică emisii ridicate de noxe și de CO₂).

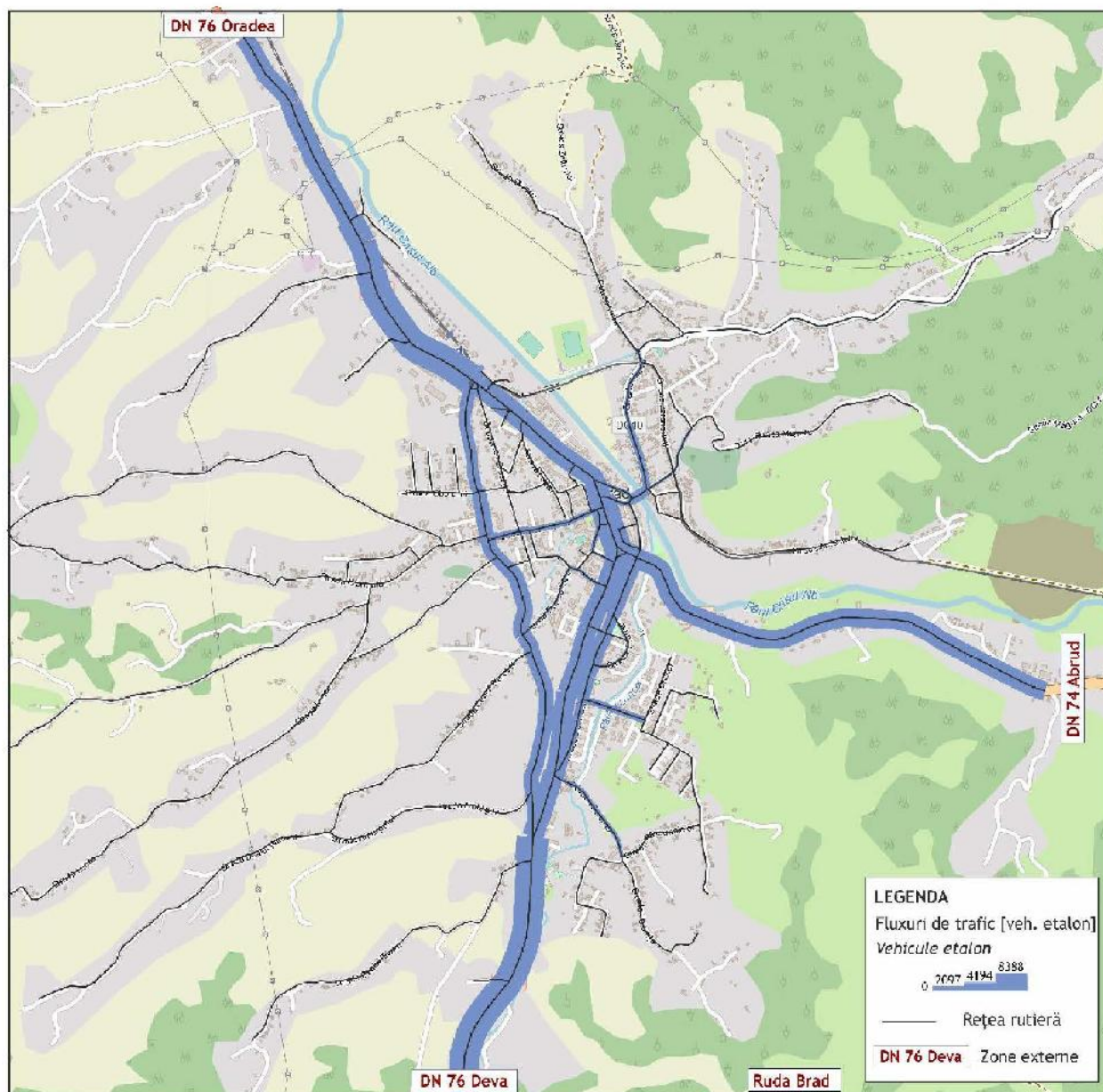


Figura 3.37. Fluxuri de trafic, autovehicule etalon, Scenariul ANFN_MZA, 2027.

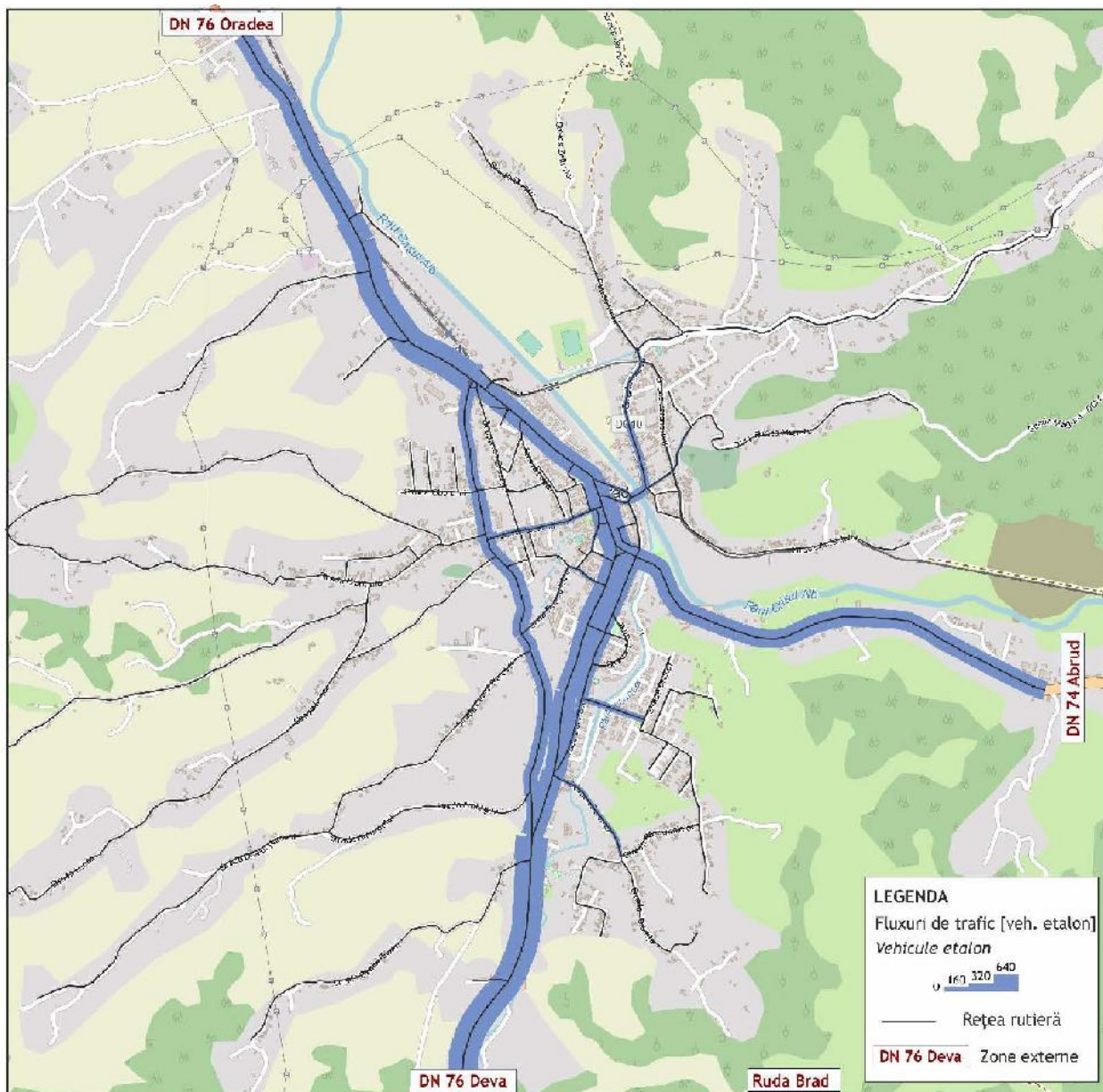


Figura 3.38. Fluxuri de trafic, vehicule etalon, Scenariul ANFN_ ora de vârf de trafic, 2027.