



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN
BACĂU



Ing. Alina Mihaela V. PETROVICI

REZUMAT LA TEZA DE DOCTORAT

MICROSIMULAREA TRAFICULUI RUTIER CA INSTRUMENT ÎN DEZVOLTAREA DE PLANURI DE ACȚIUNE DURABILE ÎMPOTRIVA ZGOMOTULUI, ÎN ZONELE URBANE

Conducători științifici:

Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. Valentin NEDEFF – Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România

Prof. univ. dr. ing. Jose Luis CUETO ANCELA – Universitatea din Cadiz, Spania

BACĂU 2018

MULȚUMIRI

Această teză de doctorat a necesitat eforturi și multă dedicare din partea autoarei și a coordonatorilor și nu ar fi fost posibilă finalizarea acesteia fără cooperarea tuturor oamenilor pe care îi voi cita în continuare și care au reprezentat un sprijin puternic în momentele cele mai dificile.

Mulțumiri profunde adresez conducătorului științific Prof. univ. dr. ing. dr. h.c. Valentin NEDEFF, pentru sprijinul necondiționat acordat de-a lungul pregătirii mele, pentru modul în care m-a călăuzit și ghidat în realizarea acestei lucrări și pentru răbdarea și încrederea oferită.

De asemenea doresc să mulțumesc conducătorului științific de la Universitatea din Cadiz, Spania - domnului Prof. univ. dr. ing. Jose Luis CUETO ANCELA, pentru acceptul de mă coordona în regim de cotutelă, pentru interesul acordat dezvoltării acestei lucrări, pentru încrederea oferită și pentru aportul acestuia în formarea mea ca cercetător.

Mulțumesc, de asemenea, comisiei de îndrumare ai căror membri mi-au fost exemple încă din perioada facultății, Ș.l. dr. ing. Claudia Tomozei, Conf. dr. ing. Mirela Panainte-Lehăduș și Conf. dr. ing. Emilian Moșnegușu, colegilor și prietenilor de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, pentru încurajările permanente în special Dr. ing. Florin Nedeff pentru sprijinul oferit în realizarea experimentelor.

Mulțumiri profunde adresez colectivului de cadre didactice din cadrul Laboratorului de Inginerie Acustică și a Departamentului de Tehnologii de Mediu a Universității din Cadiz, domnului Prof. Ricardo Hernandez Molina, Prof. Juan Antonio Lopez Ramirez, Prof. Diego Sales și Prof. Enrique Chover, pentru sfaturile bune, colegilor de laborator, Diego Sales Lerida, Javier Priego Ramirez, pentru încurajările continue și în special colegului Ricardo Gey Flores pentru ajutorul oferit atât în instruirea mea cu privire la realizarea hărților de zgomot cât și la învățarea limbii spaniole.

De asemenea doresc să mulțumesc doamnelor Victoria Lerida Garcia și Maria del Mar Fernandez Fernandez, pentru toată atenția lor și pentru sprijinul necondiționat oferit pe parcursul realizării stagiului la Universitatea din Cadiz, Spania.

Doresc să dedic teza de doctorat părinților mei Vasile și Adriana Petrovici și surorii mele Mădălina Petrovici, împreună cu mulțumiri profunde pentru toată dragostea lor, înțelegerea și sprijinul permanent oferit de-a lungul studiilor doctorale.

În cele din urmă, aș dori să mulțumesc fiecăruia dintre oamenii care au trăit odată cu mine realizarea acestei teze de doctorat, cu urcușurile și coborâșurile ei și nu mai e necesar să-i numesc, deoarece atât ei, cât și eu, știm că le mulțumesc din toată inima pentru că mi-au oferit tot sprijinul, încurajarea și mai ales iubirea și prietenia.

Ing. Alina Mihaela Petrovici

CUPRINS

1.	INTRODUCERE	T/R
1.1.	Importanța și actualitatea temei de cercetare	6/5
1.2.	Abordarea multidisciplinară	7/5
1.3.	Traficul rutier, sursă principală de zgomot în marile orașe	7/5
2.	STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL REDUCERII NIVELULUI DE ZGOMOT GENERAT DE TRAFICUL RUTIER	10/5
2.1.	Hărțile de zgomot și Planurile de acțiune împotriva zgomotului în contextul Directivei Europene 2002/49/CE	15/6
2.2.	Planuri de acțiune privind managementul traficului	26/6
2.2.1.	Măsuri de control al autovehiculelor zgomotoase	27/6
2.2.2.	Reducerea densității traficului	30/6
2.2.3.	Măsuri privind controlul zgomotului, prin moderarea vitezei și a fluxului de trafic întrerupt.....	33/6
2.2.4.	Calmarea traficului	35/7
2.3.	Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor în domeniul reducerii nivelului de zgomot generat de traficul rutier	37/7
3.	NOȚIUNI GENERALE PRIVIND INGINERIA TRAFICULUI RUTIER.....	38/7
3.1.	Capacitatea drumului	38/7
3.2.	Ambuteiajele /Congestiile de trafic	39/8
3.3.	Managementul traficului în intersecții. Controlul semafoarelor.....	39/8
3.3.1.	Controlul semafoarelor pe artere de drum mari sau bulevarde.....	40/8
3.4.	Orașele inteligente (Smart Cities).....	41/8
3.4.1.	Sisteme inteligente de transport.Semnale de stabilire a priorității (Transit Signal Prioritization - TSP).....	41/8
3.5.	Concluzii privind sistemele ingineresti de trafic.....	46/8
4.	MICROSIMULAREA TRAFICULUI.....	48/9
4.1.	Datele de ieșire din microsimularea traficului.....	50/9
4.2.	Avantajele și dezavantajele microsimulării traficului rutier.....	51/9
4.3.	Analiza măsurilor de reducere a zgomotului relaționate cu managementul traficului.....	53/10
4.4.	Măsuri privind eficacitatea (MOEs- Measures of Effectiveness).....	55/10
4.5.	Exemple de studii în care s-a folosit microsimularea traficului.....	56/10
4.6.	Concluzii privind microsimularea traficului.....	56/10
5.	OBIECTIVELE CERCETĂRII.....	58/11
6.	METODOLOGIA DE LUCRU ȘI ECHIPAMENTELE NECESARE.....	60/11
6.1.	Materiale și instrumente utilizate în realizarea cercetărilor.....	60/11
6.1.1.	Soft-ul VISSIM.....	60/11
6.1.2.	Soft-ul VAP.....	62/12
6.1.3.	Soft-ul Matlab	64/12
6.1.4.	Echipamente folosite pentru validarea modelelor de trafic.....	65/12
6.2.	Metoda de cercetare.....	68/12
6.2.1.	Măsuri privind eficacitatea.....	68/12
6.2.1.1.	Determinarea nivelului de zgomot.....	68/12
6.2.1.2.	Analiza mobilității.....	69/13
6.2.2.	Modelul de predicție a zgomotului CNOSSOS (Common NOise aSSessment methOdS in Europe).....	70/13

6.3.	Modele propuse spre analiză.....	72/14
6.3.1.	Modelul 1. Implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor într-o intersecție semaforizată.....	73/14
6.3.2.	Modelul 2. Analiza nivelului de zgomot pe o arteră de drum cu multiple intersecții în urma aplicării unor diferite scenarii de trafic.....	80/15
6.3.2.1.	Configurații de trafic propuse.....	86/17
6.4.	Concluzii privind metodologia de lucru.....	86/18
7.	REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	88/18
7.1.	Analiza nivelului de zgomot obținut în Modelul 1.....	88/18
7.1.1.	Concluzii privind nivelul de zgomot rezultat în Modelul 1.....	103/22
7.2.	Nivelul de zgomot rezultat în Modelul 2.....	104/23
7.2.1.	Discuții privind nivelul de zgomot obținut în cazurile probate pentru configurația 1 de trafic din Modelul 2.....	121/23
7.2.2.	Discuții privind nivelul de zgomot obținut în cazurile probate pentru configurația 2 de trafic din Modelul 2.....	134/27
7.2.3.	Discuții privind nivelul de zgomot obținut pentru cazurile probate pentru configurația 3 de trafic din Modelul 2.....	148/29
7.2.4.	Discuții privind nivelul de zgomot obținut în cazurile probate pentru configurația 4 de trafic din Modelul 2.....	161/32
7.2.5.	Concluzii privind influența scenariilor de trafic și a infrastructurii de trafic existente pe o arteră mare de drum, asupra nivelului de zgomot.....	173/35
7.3.	Analiza mobilității în Modelul 2.....	175/35
7.3.1.	Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 1.....	189/36
7.3.2.	Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 2.....	190/36
7.3.3.	Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 3.....	191/37
7.3.4.	Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 4.....	192/37
7.3.5.	Concluzii privind mobilitatea traficului în cele trei scenarii probate.....	192/38
8.	VALIDAREA MODELULUI DE TRAFIC VISSIM ȘI MODELULUI DE CALCUL AL ZGOMOTULUI CNOSSOS, ÎN BACĂU.....	194/39
8.1.	Analiza statistică a parcului auto Bacău.....	194/39
8.2.	Analiza vizuală a zonei selectate pentru studiu.....	198/39
8.3.	Analiza experimentală. Metodologia de validare.....	212/40
8.3.1.	Justificarea validării.....	212/40
8.3.2.	Aspecte generale ale metodologiei de validare.....	213/40
8.3.3.	Metodologia de validare.....	215/41
8.3.3.1	Măsurători de zgomot.....	217/41
8.3.3.2.	Măsurători de trafic. Metodologie.....	224/43
8.3.4.	Aspecte metodologice ale calculului de presiune sonoră folosind modelul de calcul al zgomotului prezentat în capitolul 6.....	259/47
8.3.5.	Modelul VISSIM adaptat la Bacău.....	266/48
8.3.6.	Rezultatele simulării pentru măsurătorile realizate în municipiul Bacău.....	267/48
8.4.	Tratamentul și analiza datelor.....	269/50
8.5.	Concluzii privind validarea modelului de trafic propus.....	278/56
	CONCLUZII GENERALE.....	280/56
	BIBLIOGRAFIE.....	295/65
	LISTĂ FIGURI.....	308
	LISTĂ TABELE.....	323

1. INTRODUCERE

1.1. Importanța și actualitatea temei de cercetare

Odată cu creșterea numărului de autovehicule, problema zgomotului generat de traficul rutier în zonele urbane aglomerate a devenit tot mai importantă. De aceea sunt necesare luarea unor măsuri privind reducerea zgomotului. Numeroase studii privind poluarea fonică generată de traficul rutier au fost realizate de-a lungul timpului [61, 87, 63, 66, 73]. Indiferent de abordarea aleasă, toate aceste studii au o contribuție importantă la dezvoltarea, modernizarea și îmbunătățirea calității mediului unei aglomerări urbane. Foarte populară a fost abordarea problemei privind evaluarea nivelului de zgomot în aglomerările urbane prin conceperea hărților de zgomot. Această popularitate a venit odată cu implementarea Directivei 49/2002/EC privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental.

Scopul acestei cercetări este legat de necesitatea de a îmbunătăți situația zgomotului generat de trafic în zonele urbane. Se cunoaște faptul că zgomotul din traficul rutier este cel predominant în zonele urbane și afectează un număr foarte mare de persoane (mai bine de 80% din zgomotul total în orașe este cel reprezentat de traficul rutier). Măsurile pentru îmbunătățirea situației privind zgomotul sunt variate, însă în această lucrare atenția a fost îndreptată spre studiul măsurilor bazate pe gestionarea traficului urban.

1.2. Abordarea multidisciplinară

Lucrarea de față prezintă o abordare multidisciplinară. Astfel că, pentru a realiza acest studiu s-au îmbinat cunoștințe din ingineria mediului, ingineria traficului, planificare urbană și tehnologia informației. Procesul de bază pentru realizarea experimentelor este reprezentat de microsimularea traficului.

1.3. Traficul rutier, sursă principală de zgomot în marile orașe

Zgomotul din traficul rutier este considerat a fi principala sursă de zgomot atât în interiorul aglomerărilor urbane din Europa cât și în afara lor. Aproximativ 35 de milioane de oameni care locuiesc în afara aglomerărilor urbane [108], erau expuși în anul 2007 la niveluri de zgomot care depășeau valoarea de 55 dB pe timp de noapte (L_{night}). Însă zgomotul generat de traficul rutier afectează mai mult locuitorii din interiorul orașelor, datorită concentrării populației în zonele urbane și, de asemenea datorită traficului intens din majoritatea aglomerărilor europene [108, 109]. Conform analizelor mai recente (2017) ale Agenției Europene de Mediu, situația privind nivelul de expunere la zgomot în zonele urbane nu s-a îmbunătățit în ultimii ani. Cauza principală rămâne traficul rutier, cu aproape 75 de milioane de persoane expuse la un nivel de peste 55 dB.

Observații: Numerotarea capitolelor, figurilor, relațiilor matematice, tabelelor, precum și referințele bibliografice utilizate în rezumatul lucrării sunt cele corespunzătoare tezei de doctorat.

2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL REDUCERII NIVELULUI DE ZGOMOT GENERAT DE TRAFICUL RUTIER

Din mai multe puncte de vedere: economic, social și cultural, ambuteiajele constituie o problemă majoră în dezvoltarea localităților. În fiecare zi, sunt irosite milioane de ore în blocaje de trafic, iar zgomotul și poluarea aerului care rezultă din creșterea continuă a numărului de mașini în trafic afectează grav calitatea vieții în zonele urbane [9, 112].

În ceea ce privește managementul traficului, în orașele inteligente (Smart Cities) au fost introduse sistemele de transport inteligent denumite în continuare ITS (Intelligent Transportation Systems). Se poate vorbi despre o potențială îmbunătățire a sănătății mediului în orașele inteligente prin utilizarea tehnologiilor ITS. O trecere în revistă asupra factorilor de mediu în ITS a demonstrat modul în care tehnologiile ITS pot juca un rol important în reducerea impactului traficului rutier asupra mediului și a sănătății, precum și în dezvoltarea sustenabilității pe termen lung a orașelor [6, 77, 79]. În această lucrare de doctorat atenția a fost îndreptată către strategiile susținute de management al traficului și consecințele acestora asupra zgomotului ambiental.

2.1. Hărțile de zgomot și Planurile de acțiune împotriva zgomotului în contextul Directivei Europene 2002/49/EC

Directiva 2002/49/EC privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental este motivul pentru care autoritățile locale ale statelor membre europene și-au îndreptat atenția în mod responsabil spre identificarea, combaterea și reducerea poluării fonice [55, 56, 57]. Pentru a atinge obiectivul propus de această directivă atenția a fost îndreptată spre trei direcții principale. Aceste direcții sunt: Determinarea nivelului de expunere la poluarea fonică, asigurarea informaării publicului, prevenirea și reducerea poluării fonice acolo unde este necesar, și conservarea zonelor în care situația zgomotului ambiental este una bună.

2.2. Planuri de acțiune privind managementul traficului

Pentru reducerea nivelului de zgomot sunt necesare elaborarea unor planuri de acțiuni. Reducerea zgomotului rutier din zonele urbane necesită în primul rând o bună planificare a măsurilor de reducere a zgomotului ce urmează a fi aplicate. Planurile de acțiune împotriva zgomotului identificate până în prezent și probate de-a lungul timpului au vizat de multe ori managementul traficului rutier. Astfel s-a dorit acționarea asupra sursei de zgomot, pentru a reduce zgomotul.

2.2.1. Măsuri de control al autovehiculelor zgomotoase

Măsurile de control al autovehiculelor zgomotoase se referă la: managementul autovehiculelor grele (devierea traseului), interdicții și restricții pe timpul nopții, (autovehicule de încărcare – descărcare), managementul transportului public (reînnoirea autovehiculelor de transport în comun), managementul flotei de transport în comun (inspecții tehnice periodice ale autovehiculelor), managementul deșeurilor urbane (camioane de gunoi, curățarea străzilor, autovehicule de curățare a străzilor și stabilirea rutelor acestora) etc. [67, 103, 106, 108, 125, 126].

2.2.2. Reducerea densității traficului

Eficacitatea reducerii zgomotului prin reducerea volumului de trafic depinde de proporția de trafic redusă (tab. 2.7) [106].

Tabelul 2.7.

Reducerea zgomotului prin reducerea densității traficului [106].

Procentajul de reducere a volumului de trafic (%)	Reducerea zgomotului, L_{Aeq} (dB)
20	1
50	3
75	6
90	10

2.2.3. Măsuri privind controlul zgomotului, prin moderarea vitezei și a fluxului de trafic întrerupt

Obiectivul general al acestei măsuri este de a duce la generarea unui flux de trafic fluid, menținând o viteză constantă (tab. 2.9) [123].

Tabelul 2.9.

Nivelul de zgomot redus prin reducerea vitezei de circulație [123].

Reducerea vitezei	Reducerea zgomotului L_{Aeq} pentru autovehiculele ușoare	Reducerea zgomotului L_{Aeq} pentru autovehiculele grele
De la 80 km/h la 70 km/h	1,7 dB	1,2 dB
De la 70 km/h la 60 km/h	1,8-1,9 dB	1,4 dB
De la 60 km/h la 50 km/h	2,1-2,3 dB	1,7 dB
De la 50 km/h la 40 km/h	2,7-2,8 dB	2,1 dB
De la 40 km/h la 30 km/h	3,7 dB	2,7 dB

2.2.4. Calmarea traficului

Experiențele nordice, DRI (Danish Road Institute – Institutul de drumuri daneze), în această privință demonstrează faptul că pentru un trafic lin sub 50 km/h, zgomotul va fi redus, dacă viteza este redusă.

Măsurile de reducere a zgomotului care vizează calmarea traficului sunt următoarele: înlocuirea intersecțiilor semnalizate cu sensuri giratorii, oprirea semafoarelor pe timpul nopții, re-proiectarea străzilor, reductoare de viteză, limitări de viteză cu dispozitive radar și poliție [28, 106, 121, 127].

2.3. Concluzii privind planurile de acțiune dezvoltate în urma hărților de zgomot

Modelele de predicție a zgomotului reprezintă o variantă viabilă de evaluare a zgomotului ambiental din marile orașe Europene. Impunerea de către *Directiva Europeană 49/2002/EC privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental* de a dezvolta hărți de zgomot și planuri de acțiune a condus la o avalanșă de studii și proiecte dezvoltate pentru a veni în sprijinul autorităților locale, în a lua cele mai bune decizii pentru reducerea nivelului de zgomot din aglomerările urbane. În marile orașe principala sursă de zgomot o reprezintă traficul rutier. Hărțile de zgomot sunt axate dar nu limitate la această sursă de zgomot, dezvoltându-se atât pentru zone industriale dar și pentru aeroporturi.

Hărțile de zgomot oferă o imagine de ansamblu asupra situației privind zgomotul din marile orașe, prezentând nivelul de zgomot atât la emitor cât și la receptor. Astfel se pot identifica cu ușurință clădirile expuse la niveluri ridicate de zgomot și se pot prioritiza măsurile care ar trebui luate în scopul reducerii zgomotului.

În urma studiilor realizate s-au identificat numeroase planuri de acțiuni. Acestea au vizat pe de o parte reducerea zgomotului la sursă, pe de altă parte, reducerea zgomotului la receptor. De cele mai multe ori, în zonele urbane, soluțiile viabile sunt cele care se aplică la sursa de zgomot, întrucât infrastructura nu permite alte soluții cum ar fi: instalarea barierei de zgomot. Pentru ca măsurile adoptate împotriva zgomotului să fie eficiente, este necesară implicarea atât a specialiștilor din domeniul ingineriei ambientale, a autorităților locale, dar și a populației, pentru a evita conflicte viitoare și pentru a testa viabilitatea măsurilor.

3. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND INGINERIA TRAFICULUI RUTIER

3.1. Capacitatea drumului. Fluxul de trafic.

Capacitatea unui drum reprezintă potențialul maxim al unui drum și se măsoară de obicei în autovehicule/h sau autovehicule/zi [124]. Există mai multe moduri de calculare a acestei capacități, printre care ecuația (1) [17]:

$$C = N \cdot S \cdot \frac{V}{T_{ciclu}} \quad (1)$$

unde: C este capacitatea (veh/h);

S - Nivelul de saturație (veh/bandă/h);

N - Număr de benzi;

V - Durata efectivă a perioadei de verde a semaforului (secunde);

T_{ciclu} - Durata ciclului semaforic (secunde).

Fluxul de trafic (q) reprezintă numărul de autovehicule (n) care trec peste un anumit punct desemnat de pe carosabil într-un anumit interval de timp (t). De regulă se măsoară în autovehicule pe oră și se calculează conform cu ecuația (2) [85].

$$q = \frac{n}{t} \quad (2)$$

Densitatea traficului (k) reprezintă numărul de autovehicule (n) care ocupă o anumită lungime (l) dintr-o bandă sau drum într-un anumit moment și se calculează conform cu ecuația (3) [85].

$$k = \frac{n}{l} = \frac{q}{u} \quad (3)$$

3.2. Ambuteiajele/ Congestiile de trafic

Congestiile de trafic reprezintă o problemă actuală care afectează zonele urbane. Acestea duc la întârzieri majore în trafic, poluarea aerului, poluare fonică, consum mare de combustibil, uneori și la accidente [53, 88].

3.3. Managementul traficului în intersecții. Controlul semafoarelor

Semafoarele sunt instalate în intersecții pentru a îmbunătăți siguranța în trafic, sau pentru a rezolva anumite probleme legate de capacitatea drumului sau de întârzieri. Fără un studiu amănunțit în zona în care se dorește instalarea semafoarelor există riscul deteriorării traficului [91].

3.3.1. Controlul semafoarelor pe artere de drum mari sau bulevarde

Performanța unei instalări de semafoare se măsoară de multe ori în numărul de congestii de trafic care pot apărea. Numeroase studii s-au realizat pentru a evalua performanța semafoarelor instalate pe bulevarde [16, 35, 59, 65, 80, 98, 100].

3.4. Orașele inteligente (Smart Cities)

Orașele inteligente (Smart Cities) au devenit un subiect pentru diverse studii [12, 95] și numeroase proiecte europene [40, 75]. Mobilitatea inteligentă este parte integrantă a proiectelor pentru orașele inteligente. Aceste concepte se dezvoltă pe baza unor obiective clare relaționate cu îmbunătățirea mediului de viață în zonele urbane. Beneficiile vizează reducerea poluării de orice fel, siguranța traficului, reducerea zgomotului, asigurarea unei mobilități optime. Pentru îndeplinirea acestor obiective se caută soluții inovatoare pentru transport (Smart Solutions) iar efectele, de cele mai multe ori sunt pozitive [40, 75, 76].

3.4.1. Sisteme inteligente de transport. Semnale de stabilire a priorității (Transit Signal Prioritization - TSP)

Promovarea transportului public este prezentă în toate manualele de utilizare, rapoarte și ghiduri de bune practici pentru responsabilii cu reducerea zgomotului din trafic și a poluării aerului [12, 40, 69, 70, 75, 128, 127, 123, 109] și pentru îmbunătățirea mobilității în zonele urbane folosind sistemele inteligente de transport [90, 131, 115]. Introducerea priorității pentru autobuze în intersecții presupune folosirea unor soluții inteligente de transport care implică controlul semafoarelor de-a lungul unui bulevard pentru a permite trecerea autobuzelor. Tehnologia constă în detectarea autobuzelor printr-un sistem de comunicații și în programarea semafoarelor.

3.5. Concluzii privind sistemele ingineresti de trafic

Pentru o echilibrare a traficului rutier în zonele urbane, noțiunile de ingineria traficului sunt esențiale. Astfel, înainte de adoptarea unor măsuri de reducere a zgomotului generat de traficul rutier, prin aplicarea unor metode care vizează sistemele ingineresti de trafic este necesară realizarea unui studiu amplu asupra tuturor caracteristicilor de trafic: infrastructura de trafic, sisteme de semaforizare, compoziția traficului, volumul traficului, capacitatea drumurilor. Toți acești parametri sunt conectați de aceea trebuie luați în considerare împreună, la probarea unor diferite scenarii de trafic pentru reducerea nivelului de zgomot. Prin modificarea unui parametru menționat anterior, pentru a avea rezultate mai bune privind zgomotul, există mereu posibilitatea apariției de consecințe negative asupra altor parametri.

Principalul risc, odată cu adoptarea unei măsuri de reducere a zgomotului, folosind elemente privind ingineria de trafic, fără a lua în calcul toți parametrii enumerați anterior, constă în posibilitatea agravării situației prin crearea de ambuteiaje mai ample și apariția de probleme privind siguranța în

trafic. De aceea este necesar să se realizeze cât mai multe simulări de trafic, probând diferite scenarii, înainte de a implementa efectiv o măsură de reducere a zgomotului care vizează modelarea traficului.

De cele mai multe ori, un trafic redus, conduce la un zgomot redus, însă, în această situație, semaforizarea are un rol foarte important. O arteră de drum mai liberă, oferă posibilitatea conducătorilor auto de a accelera și a rula cu viteză mai mare decât limita permisă. Accelerația continuă și rularea cu o viteză mai mare, indiferent de volumul de trafic, contribuie la creșterea nivelului de zgomot.

Termenii de Orașe Inteligente, Mobilitate Inteligentă, Sisteme Inteligente de Transport, tot mai des întâlniți în planurile urbanistice din marile orașe europene, vizează îmbunătățirea mobilității urbane, dar și crearea unui mediu mai puțin poluat din cauza traficului, prin promovarea transportului public

4. MICROSIMULAREA TRAFICULUI

Prin microsimularea traficului se modelează evoluția fiecărui autovehicul în parte într-o rețea de drumuri și într-un timp de simulare specificat. Un model de microsimulare descompune perioada totală de simulare într-un număr mare de perioade mai scurte de timp și în fiecare time step se utilizează o serie de algoritmi individuali pentru a genera decizii pentru toate autovehiculele din rețea. Deciziile, ulterior, sunt utilizate pentru a actualiza informațiile privind poziția, viteza și accelerația autovehiculului. Micro-simularea este folosită de obicei, pentru a studia efectele schemelor de management al traficului, pe termen scurt, controlul semafoarelor sau a sistemelor de priorizare a transportului public. Astfel de modele ajută la evaluarea concisă a efectelor traficului greu sau a congestiilor [25, 27, 32,114].

4.1. Datele de ieșire din modelele de microsimulare a traficului

Modelele de microsimulare pot produce o gamă variată de date de ieșire. O microsimulare tipică poate produce date de ieșire la un nivel micro/mezo sau macroscopic, depinzând de cantitatea și scopul datelor aplicate. Datele de ieșire la microscală sunt [114]: parametrii inițiali autovehicul/șofer de la algoritmul de generare a autovehiculelor, traiectoriile autovehiculelor, modificări ale semafoarelor – ora exactă a modificărilor fazelor, eventual declanșate de sisteme de detecție, date de ieșire din simularea unui detector (multe modele de microsimulare oferă posibilitatea de a plasa detectoare simulate în cadrul rețelelor lor. Aceste date pot fi similare cu informațiile privind traiectoria autovehiculelor).

Datele de ieșire la mezoscală sunt [114]: legătura sau datele de ieșire bazate pe rute: fluxul mediu, viteza și timpul de călătorie, noduri sau date privind intersecțiile: efectuarea mișcărilor de viraj, lungimea medie a cozii într-un anumit timp.

Datele de ieșire la macro scală sunt [114]: parametri de rețea: număr total de autovehicule simulate într-o anumită perioadă de timp, totalul kilometrilor parcurși, timpul total de călătorie în rețea, viteza medie în rețea, ratele globale privind emisiile etc.

4.2. Avantajele și dezavantajele modelelor de microsimulare a traficului rutier

Avantajele folosirii modelelor de microsimulare în evaluarea zgomotului sunt: Parametrii de trafic variază, atât spațial, cât și temporal, modelarea se efectuează la un nivel incredibil de detaliat, este relativ ușoară obținerea vitezei și accelerației autovehiculului. Pentru evaluarea zgomotului pot fi întreprinse o varietate de proceduri: utilizarea instantanee a parametrilor pentru calculul emisiilor și apoi atribuirea acestor emisii unei secțiuni de drum, se poate realiza modelarea unei varietăți mari de scheme de trafic, se pot modela evenimente tranzitorii pe termen scurt (congestii), pachetele de microsimulare includ instrumente potente de editare a rețelei, vizualizare și post-procesare. Modelele de microsimulare oferă cea mai bună metodă de evaluare a unor viitoare Sisteme de Transport Inteligent [114].

Dezavantajele folosirii microsimulării modelelor de microsimulare în evaluarea zgomotului sunt: natura stocastică a microsimulării necesită mai multe serii de modele care implică mult timp, rețelele de drum trebuie definite cu mai multă precizie decât este cerut în mod tipic, stabilitatea modelelor ar putea depinde de selecția unei anumite valori de pași de timp (de obicei 0,5-1 secundă) -

acest lucru ar putea fi neadecvat pentru modelarea zgomotului, o gamă largă de parametri de intrare și potențiale probleme de modelare necesită adesea consultanță de specialitate, suport pentru dezvoltatori etc. [114].

4.3. Analiza măsurilor de reducere a zgomotului relaționate cu managementul traficului

Eficiența măsurilor de reducere a zgomotului relaționate cu managementul traficului pot fi verificate folosind soft-ul VISSIM. Dintre aceste măsuri se remarcă următoarele:

- Relocarea fluxului de trafic [127, 133];
- Soluții tip ITS (Intelligent transport System). Dirijarea inteligentă a traficului [111]; Parcările inteligente cu sisteme ITS, eficientizează procesul de parcare;
- Descurajarea folosirii autovehiculului propriu prin promovarea transportului în comun [99, 128];
- Unda verde [106, 125, 133]; VISSIM poate simula atât un flux de trafic aleatoriu cât și un flux de trafic tip pluton de autovehicule, ce traversează o arteră.

4.4. Măsuri privind eficacitatea (MOEs- Measures of Effectiveness)

O măsură privind eficacitatea este definită drept o caracteristică care sugerează cât de bine este îndeplinit un anumit obiectiv. Există două categorii de astfel de măsuri (*Basic Traffic Signal Operations*):

- *Măsurile de performanță*, care pot fi evaluate într-un anumit mod față de costul atingerii performanței. Exemple de astfel de indici de performanță sunt: întârzierile, opririle, sau consumul de combustibil din trafic;
- *Măsuri descriptive* care descriu calitatea funcționării în termeni care sunt consecvenți la nivel intern dar care nu pot fi cântăriți în raport cu costul.

4.5. Exemple de studii în care s-a folosit microsimularea traficului

În lucrarea “*Evaluating the Environmental Impacts of Bus Priority Strategies at Traffic Signals*” realizată de Jing Zhang, este prezentat un stadiul actual privind sistemele de prioritizare a autobuzelor în intersecții și modalități de evaluare. Astfel a fost observat faptul că modelele de microsimulare reprezintă o abordare potrivită în realizarea unor astfel de studii datorită capacității de modelare a diferitor scenarii bine definite.

Un alt studiu care de asemenea combină două domenii foarte actuale de cercetare și anume: ingineria traficului rutier și ingineria mediului este teza de doctorat intitulată “*Studii și cercetări privind optimizarea fluxurilor rutiere urbane*” realizată de ing. Janos TIMAR la Universitatea Transilvania din Brașov. Unul dintre obiectivele tezei a constat în evaluarea impactului fluxurilor rutiere din zonele urbane asupra zgomotului ambiental. Lucrarea constituie o referință importantă în studiile teoretice realizate de-a lungul timpului asupra evaluării zgomotului urban cauzat de traficul rutier, prin folosirea microsimulării [89].

4.6. Concluzii privind microsimularea traficului

Procesul de micro-simulare a traficului rutier este folosit pentru a studia efectele schemelor de management al traficului, a modului de control al semafoarelor sau a sistemelor de prioritizare a transportului public. Modelele rezultate în urma simulării diferitelor scenarii de trafic ajută la evaluarea exactă a efectelor traficului de autovehicule grele sau a congestiilor. Aceste modele oferă date la un nivel detaliat despre fiecare autovehicul în parte, în fiecare moment al circulației. Cu ajutorul acestor date (tipul autovehiculului, viteza de circulație, accelerația, poziția sa în fiecare secundă etc.) se pot urmări efectele unor diferite scenarii de trafic, asupra nivelului de zgomot sau a altor contaminanți, se poate analiza mobilitatea traficului și se pot evidenția acele situații în care siguranța traficului este compromisă.

Modelele de micro-simulare sunt foarte utile deoarece descriu foarte detaliat modul de comportare a tuturor elementelor participante la trafic dar și interacțiunile dintre acestea. Soft-urile de microsimulare a traficului permit atât modelarea efectivă a rețelelor de drumuri și a traficului în sine dar prezintă și posibilități de modelare a comportamentului conducătorilor auto, în raport cu autovehiculul condus (interacțiunea autovehicul-șofer).

Cunoașterea problemelor de zgomot și cauzele acestora, în detaliu, dar și verificarea soluțiilor aplicate împotriva zgomotului, tot cu același nivel de detaliu, oferă o perspectivă mai bună asupra deciziilor de îmbunătățire a calității mediului din punctul de vedere al zgomotului și siguranța adoptării unei măsuri potrivite, verificate.

5. OBIECTIVELE CERCETĂRII

Obiectivul principal al acestui studiu este de a determina dacă este posibilă reducerea zgomotului generat de traficul rutier în zonele urbane prin promovarea transportului public (în acest caz, autobuze), folosind tehnologiile sistemelor inteligente de transport (ITS) pentru prioritizarea autobuzelor.

Din obiectivul principal au derivat o serie de obiective secundare:

- Realizarea unei analize asupra măsurilor prin care se poate promova transportului public punând accent pe acele măsuri bazate pe tehnologiile ITS pentru prioritizarea autobuzelor;
- Dezvoltarea, modelarea și testarea unor scenarii diverse de prioritizare a autobuzelor în intersecții simple sau pe artere mai mari, folosind tehnologiile respectiv:
 - Realizarea de scenarii de prioritizare care să presupună introducerea de benzi dedicate exclusiv autobuzelor;
 - Dezvoltarea unei logici eficiente de control al semafoarelor într-o arteră mare de drum, fără a fi necesară crearea de benzi exclusive pentru autobuze;
- Analiza capacității unei astfel de măsuri de prioritizare autobuze, de a reduce zgomotul și de a îmbunătăți mobilitatea, respectiv:
 - Identificarea nivelului de zgomot generat de propulsie și din rularea pneurilor;
 - Determinarea prin calcul a timpului de călătorie pentru toate tipurile de autovehicule participante la trafic pentru a analiza mobilitatea;
 - Găsirea unui compromis adecvat între zgomot și mobilitate;
- Validarea metodologiei de lucru propuse în lucrare, prin verificarea aplicabilității pentru orașul Bacău. Acest lucru presupune:
 - Realizarea de măsurători într-o zonă selectată;
 - Identificarea relației dintre nivelul de zgomot generat de traficul rutier în intersecții și viteza de circulație a autovehiculelor;
 - Compararea rezultatelor obținute;
- Extragerea celor mai importante concluzii pentru a servi drept ghid administrațiilor locale care doresc implementarea unor astfel de strategii de management al traficului în zone urbane în cadrul planurilor de acțiune împotriva zgomotului generat de traficul rutier.

6. METODOLOGIA DE LUCRU ȘI ECHIPAMENTELE NECESARE

6.1. Materiale și instrumente utilizate în realizarea cercetărilor

În acest studiu, pentru a dezvolta o metodă de evaluare a eficacității măsurilor de reducere a zgomotului care să îndeplinească obiectivele stabilite, este folosit ca instrument principal soft-ul VISSIM. Soft-ul a fost asigurat de către Laboratorul de inginerie acustică din cadrul Universității din Cadiz - Spania, laborator aflat sub responsabilitatea Prof. Ricardo Hernandez Molina și a Prof. Jose Luis Cueto Ancela. Laboratorul este dotat cu diferite versiuni ale acestui soft (5.4, 7, 8). Pentru acest studiu s-au folosit versiunile VISSIM 5.4 și VISSIM 7 (versiunea pentru studenți asigurată de PTV VISION).

6.1.1. Soft-ul VISSIM

VISSIM este o platformă de microsimitare care încorporează nivelul global privind simularea fluxului de trafic și controlul traficului. Micro modelele de trafic generate de acest soft ajută în primul rând la crearea sau recrearea de scenarii urbane multiple de testare a diferitor strategii de gestionare a traficului [119].

6.1.2. Soft-ul VAP

Soft-ul VAP este o platformă adițională soft-ului VISSIM care poate fi folosită pentru programarea soluțiilor inteligente ale sistemului de control al traficului care guvernează rețeaua de trafic în timp real [119].

6.1.3. Soft-ul Matlab

Soft-ul Matlab este instrumentul principal folosit pentru estimarea efectivă a zgomotului, din scenariile testate, folosind datele de ieșire furnizate de soft-ul VISSIM.

6.1.4. Echipamente folosite pentru validarea modelelor de trafic

Pentru secțiunea de validare a modelelor de trafic s-au folosit următoarele echipamente:

1. - *Analizorul portabil 2270 Bruel & Kjaer* Este un analizor de ultimă generație Bruel&Kjaer tip 2270 și este destinat aplicațiilor avansate de determinare, analiză și înregistrare a zgomotului și vibrațiilor.
2. *Camera de filmat GoPro HERO 2;*
3. *Pistol radar STALKER ATS II* proiectat pentru a măsura viteza unei mari varietăți de obiecte cum ar fi: autovehicule, mingi de baseball, mingi de tenis și aproape orice se mișcă;
4. *Camera video Canon EOS 60D.*

6.2. Metoda de cercetare

În această lucrare sunt analizate consecințele implementării acelor măsuri de reducere a zgomotului relaționate cu managementul traficului, care implică transportul public și prioritizarea acestui tip de transport asupra nivelului de zgomot și asupra mobilității.

6.2.1. Măsuri privind eficacitatea

6.2.1.1. Determinarea nivelului de zgomot

După realizarea unei analize asupra planurilor de acțiune împotriva zgomotului rutier bazate pe managementul traficului, s-au extras doar cele mai relevante măsuri pentru acest studiu, și anume cele care au legătură cu prioritizarea transportului public. Pentru a îndeplini obiectivele propuse a fost utilizat soft—ul VISSIM versiunea 5.4 ca bază pentru simularea microscopică a traficului.

În figura 6.7 este ilustrată schematic metodologia de lucru utilizată în acest studiu.

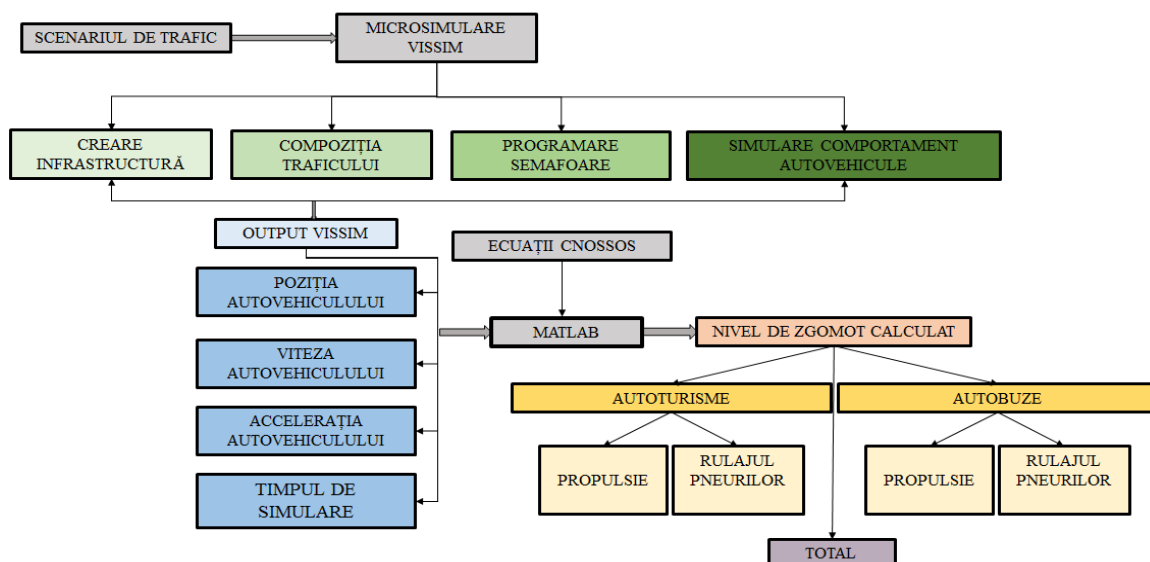


Fig. 6.7. Metodologia de lucru pentru indicatorul ZGOMOT.

Nivelul de zgomot generat de autovehiculele introduse într-o rețea de trafic se estimează folosind o serie de date generate din simulările realizate cu soft-ul VISSIM. Acesta asigură informații asociate cu fiecare autovehicul în parte: poziția autovehiculului în fiecare secundă, accelerația (m/s^2),

viteza (km/h), timpul de simulare. Aceste date se introduc ulterior în Matlab, unde împreună cu cele două ecuații CNOSSOS prezentate în continuare la capitolul 6.22 se estimează nivelul de zgomot generat de către propulsie, și de rulare pneurilor, pentru fiecare tip de autovehicul introdus în studiu.

Pentru estimarea spațiu-timp a nivelului de zgomot emis, în cazurile propuse s-a folosit Soft-ul Matlab oferind informații despre categoria autovehiculului și tipul sursei de zgomot de la autovehicule (propulsie respectiv rulare) cu o rezoluție de 0,1 m și 0,1 secunde. Datele de ieșire din Matlab sunt următoarele: evoluția în timp a nivelului de zgomot pe fiecare metru din rețea într-o anumită perioadă de timp, evoluția în timp a nivelului de zgomot pentru un anumit spațiu definit.

6.2.1.2. Analiza mobilității

Mobilitatea joacă un rol deosebit de important în trafic în special când se vorbește despre transportul în comun. Autobuzele, de regulă, au un program care trebuie respectat. Prin aplicarea unor măsuri de reducere a zgomotului care implică controlul semafoarelor, timpul de călătorie al autobuzelor poate fi afectat. Dintre datele de ieșire rezultate din simulările efectuate cu VISSIM se poate extrage timpul de călătorie al autovehiculelor participante la trafic. Timpul de călătorie este definit drept timpul de care are nevoie un autovehicul pentru a traversa o secțiune de drum. Timpul ideal de călătorie este timpul pe care îl parcurge un autovehicul într-o anumită secțiune de drum fără a exista alte autovehicule sau semafoare. În cazul de față, acest indicator va fi folosit pentru analiza mobilității în trafic.

6.2.2. Modelul de predicție a zgomotului CNOSSOS (Common NOise aSSessment methOdS in Europe)

Conform CNOSSOS zgomotul din traficul rutier rezultă din însumarea tuturor emisiilor de zgomot pentru fiecare autovehicul participant la trafic. Aceste autovehicule se grupează în patru categorii, în funcție de caracteristicile emisiilor lor de zgomot [102]: Categoria 1: autovehicule ușoare, Categoria 2: autovehicule mijlocii, Categoria 3: autovehicule grele, Categoria 4: autovehicule motorizate pe două roți.

Pentru calculul propagării zgomotului și pentru determinarea emisiei zgomotului este necesară descrierea sursei de zgomot cu unul sau mai multe puncte sursă. În această metodă, fiecare categorie (Categoriile 1, 2 și 3) este reprezentată de două puncte sursă, fiecărui punct fiindu-i atribuită o anumită emisie de zgomot provenind de la propulsie sau de la rulare autovehiculului. Pentru fiecare autovehicul, modelul de emisie constă dintr-un set de ecuații matematice reprezentând cele două surse de zgomot principale [102]:

- Zgomotul de rulare datorită interacțiunii pneurilor cu calea de rulare (ecuația (4));
- Zgomotul generat de propulsie (motor, evacuare etc.) (ecuația (5)).

$$L_{WR}(f) = A_R(f) + B_R(f) \cdot \log_{10} \left(\frac{v}{v_{ref}} \right) \quad (4)$$

unde:

coeficienții A_R și B_R sunt calculați pentru 1/3 benzi de octavă pentru fiecare categorie de autovehicule, precum și pentru o viteză de referință $v_{ref} = 70$ km/h.

$$L_{WP}(f) = A_P(f) + B_P(f) \cdot \left(\frac{v-v_{ref}}{v_{ref}} \right) + C_P \cdot a \quad (5)$$

unde:

coeficienții A_P , B_P și C_P sunt calculați pentru 1/3 benzi de octavă pentru fiecare categorie de autovehicule, precum și pentru o viteză de referință $v_{ref} = 70$ km/h;
 a - este accelerația autovehiculelor.

Această metodă nu este nouă [154, 155, 156] dar implementările diferite ale acesteia conduc la obținerea de instrumente mai mult sau mai puțin eficiente. Instrumentul programat în această lucrare este capabil să funcționeze într-un mod foarte eficient în predicția zgomotului, atât din punct de vedere spațial cât și temporal.

6.3. Modele propuse spre analiză

Simulările realizate au la bază principiul: de la simplu, la complex. Astfel că, în primele probe realizate s-au testat diverse scenarii de fluidizare a traficului într-o intersecție semaforizată pentru a vedea influența acestor scenarii asupra nivelului de zgomot. În partea a doua a experimentelor s-au testat diverse scenarii de trafic introduse de data aceasta într-o rețea de drum mai complexă.

6.3.1. Modelul 1. Implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor într-o intersecție semaforizată.

În această situație, s-au realizat mai multe simulări de cazuri în care au variat diverși parametri de trafic. Fiecare simulare a durat o oră și s-au extras câte zece probe pe secundă. S-au probat trei scenarii diferite (tab. 6.2), urmărind modul în care se comportă traficul în diferite condiții și influența acestor condiții asupra nivelului de zgomot emis.

Tabelul 6.2.

Scenarii probate.

Scenariu	Denumire
1	Semaforizare clasică
2	Prioritate pentru autobuze - doar pe brațul principal al intersecției denumit în continuare Link1 .
3	Prioritate pentru autobuze - pe ambele brațe ale intersecției denumite Link 1 + Link 2 .

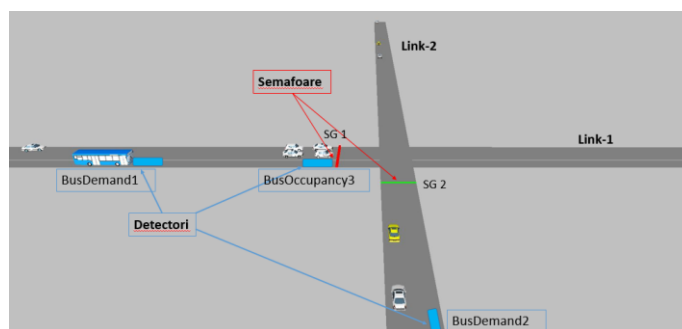


Fig.6.11. Captură 3D a modelului VISSIM a intersecției simulate.

Descrierea generală a modelului. Geometria

Pentru **Modelul 1** s-a realizat o intersecție tip cruce, alcătuită dintr-un braț principal având o lungime de 1.000 m, cu circulația autovehiculelor pe direcția V-E și un braț secundar cu circulația autovehiculelor pe direcția S-N. Ambele brațe sunt alcătuite din trei benzi de circulație dintre care prima bandă este destinată exclusiv autobuzelor. În unele cazuri testate, ambele brațe ale intersecției au doar două benzi pe care circulă atât autobuze cât și autoturisme. Lățimea unei benzi de circulație este de 3,5 m.

În ceea ce privește controlul semaforului, a fost stabilită durata ciclului și distribuția timpului pentru fiecare semnal (verde/galben/roșu) în funcție de scenariul testat.

Descrierea generală a modelului. Controlul semafoarelor fără introducerea sistemului de prioritizare

În **Modelul 1** atenția a fost îndreptată pe relația dintre controlul semafoarelor și estimarea nivelului de zgomot generat de către autovehicule. Distribuția semnalului de verde al semafoarelor introdus în acest model este de 0,5 (50 % roșu, 50 % verde). Două cicluri semaforice au fost studiate: 60 s respectiv 120 s.

Descriere generală a modelului. Volumul și compoziția traficului

Traficul considerat în acest caz este mereu același folosindu-se aceeași setare aleatorie pentru introducerea autovehiculelor în rețea. În acest fel, parametrii precum cerința de trafic sau compoziția rămân aceiași pe parcursul simulărilor și se poate realiza o evaluare mai corectă. Au fost

probate două volume de trafic pentru brațul principal: volum mare - 1.900 autoveh/h, volum redus – D/C= 0,45 950 autoveh/h, și un singur volum pentru brațul secundar (950 autoveh/h). În cazul autobuzelor, pe brațul principal (link 1) s-au evaluat două volume diferite și anume: 60 autobuze/h, 12 autobuze/h. Pe brațul secundar numărul de autobuze a rămas același pe tot parcursul probelor: 12 autobuze/h. Viteza autovehiculelor în acest caz, este de 50 km/h pentru autoturisme (poate varia ușor în funcție de comportamentul autovehiculelor în trafic) și 45-50 km/h pentru autobuze. Acest comportament a fost împărțit în trei grupe (tab. 6.3):

Tabelul 6.3.

Categorii privind modul de conducere al autovehiculului.

Compoziția traficului	CALM	NORMAL	AGRESIV
	15%	70%	15%

- *Calm*: Categorie de conducători auto care adoptă un condus ecologic, menținându-se aproape întotdeauna sub viteza maximă admisă;
- *Normal*: Categorie de autovehicule definite în mod implicit de către soft-ul VISSIM;
- *Agresiv*: Categorie de conducători auto care au tendința să accelereze în permanență.

Aici se încadrează autovehiculele cu motoare puternice. Au tendința de a forța semafoarele și de a circula cu viteză depășind maxima admisă. Oricând au ocazia, efectuează depășiri.

Detectori

Detectorii au fost instalați pe ambele brațe ale intersecției, numărul lor variază în funcție de scenariul probat și au fost folosite două tipuri: BusDemand care indică prezența unui autobuz aproape de intersecție și BusOccupancy care indică faptul că un autobuz a fost nevoit să oprească la semafor. Dimensiunea detectorilor variază în funcție de cazul probat iar distanța de amplasare față de semafoare, depinde de ciclul semaforic introdus (42 m pentru ciclul de 60 s și 84 m pentru cel de 120 s).

Controlul semafoarelor pentru prioritizarea autobuzelor. Descriere generală

În absența unui autobuz, semaforul acționează conform unei programări clasice (50% verde – 50% roșu). Detectarea autobuzului atunci când semaforul este pe semnalul roșu implică schimbarea automată a logicii prin scurtarea roșului, pentru a permite trecerea autobuzului (*Early Green*). Acest lucru se va întâmpla dacă se va îndeplini condiția minimă de 15 secunde de verde (pentru un ciclu de 60 de secunde) și 30 de secunde de verde (pentru un ciclu de 120 de secunde), pentru semaforul de pe celălalt braț.

Deși prioritizarea a fost instalată doar pe brațul 1 (Link 1) al intersecției, s-au extras date și pentru brațul secundar, pentru a analiza ce se întâmplă pe acest braț (din perspectiva nivelului de zgomot) când se implementează o astfel de măsură.

Estimarea emisiei de zgomot pentru propulsie și rulare s-a realizat prin introducerea datelor obținute din simulările VISSIM, în cele două ecuații CNOSSOS: (4), (5).

6.3.2. Modelul 2. Analiza nivelului de zgomot pe o arteră de drum cu multiple intersecții în urma aplicării a unor diferite scenarii de trafic.

În **Modelul 2**, s-a urmărit nivelul de zgomot emis de către autovehiculele introduse în trafic, dar și măsura în care este sau nu afectată mobilitatea acestor autovehicule, în funcție de scenariul aplicat. S-au definit trei scenarii, astfel: SEMAFOARE NESINCRONIZATE, UNDA VERDE, PRIORITYATE PENTRU AUTOBUZE.

Modelul teoretic de drum creat pentru **Modelul 2** prezintă o arteră de drum (fig. 6.18), având o lungime de 2.125 metri și este alcătuită din cinci intersecții semaforizate.

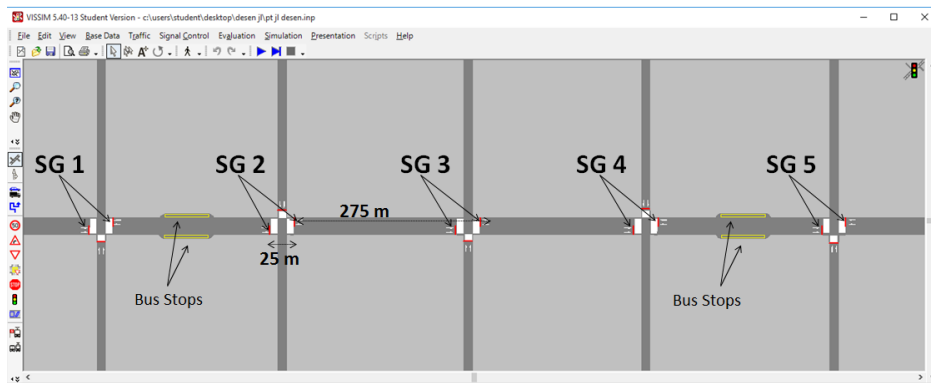


Fig. 6.18. Captură a modelului VISSIM pentru artera de drum simulată.

Parametrii introduși în model sunt:

- Intersecțiile sunt reglementate printr-un sistem de control al semafoarelor (SC), care cuprinde zece grupuri de semafoare (SG), câte două pentru fiecare intersecție;
- Drumul este prevăzut cu trei benzi de circulație cu autovehiculele circulând de la stânga spre dreapta (V-E pe grafice), respectiv de la dreapta spre stânga (E-V pe grafice);
- Prima bandă este dedicată exclusiv autobuzelor, lăsând celelalte două benzi pentru traficul celorlalte autoturisme. În unele cazuri simulate, drumul este prevăzut cu două benzi, traficul devenind mixt (autoturisme + autobuze);
- Lățimea benzilor de circulație este de 3,5 m;
- Modelul este prevăzut în anumite cazuri cu patru stații de autobuz (câte două pe fiecare sens de mers), poziționate la mijlocul distanței dintre intersecția nr. 1 și intersecția nr. 2 și mijlocul intersecției nr. 4 și intersecția nr. 5;
- Stațiile de autobuz au o lungime de 32 metri și o lățime egală cu cea a unei benzi de circulație 3,5 m);
- Distanța dintre semafoarele amplasate pe același sens de mers (și între liniile de stop) este de 275 de metri. De la ieșirea dintr-o intersecție până la intrarea în următoarea, un autobuz care circulă cu 45 km/h întârzie 20 de secunde, plus două secunde pentru a ieși din intersecție;
- Distanța dintre semafoarele amplasate pe sensuri opuse este de 25 de metri, astfel că s-au amplasat și treceri de pietoni;
- Cele cinci brațe care traversează intersecțiile sunt reprezentate prin străzi cu sens unic – drumuri secundare (circulație dinspre N spre S și S spre N) fiecare având câte două benzi de circulație;
- Intensitatea traficului pentru drumurile secundare rămâne aceeași pe toată durata simulărilor și anume 475 autovehicule/h, și 12 autobuze/h;
- Comportamentul autovehiculelor în trafic este împărțit pe trei categorii: calm – 15% (acelerație progresivă, în angrenaje lungi, șoferi care conduc mereu sub limita de viteză), normal- 65% (unde viteza medie optimă este menținută la 50 km/h) și agresiv 15% (acelerație lungă, asociată cu autovehicule puternice, comportament de depășire constantă, demaraj rapid) (fig. 6.19).
- Timpul de simulare este de 60 de secunde, cu un “time step” de o zecime de secundă;
- Modul de introducere a autovehiculelor în rețea este mereu același: “random seed”= 42 (denumire din soft-ul VISSIM pentru a deveni un tipar aleatoriu ales pentru modul în care autovehiculele sunt introduse în rețea);
- Capacitatea drumului considerată în acest studiu este de 2.100 autoveh/h, pentru două benzi;
- Compoziția traficului cuprinde doar două categorii de autovehicule și anume: autoturisme și autobuze;
- Viteza autovehiculelor, este de 50 km/h, pentru autoturisme (poate varia ușor în funcție de comportamentul autovehiculelor în trafic) și 45-50 km/h pentru autobuze.
- Au fost probate două volume de trafic distribuite astfel:
 - Volum mare, trafic aproape saturat, 1.900 autoveh/h;
 - Volum redus, 950 autoveh/h;

- În cazul autobuzelor, s-au probat două volume diferite și anume:
 - 60 autobuze/h (un autobuz pe minut);
 - 12 autobuze/h (un autobuz la fiecare cinci minute).

1. Scenariul 1. SEMAFOARE NESINCRONIZATE

Distribuirea semnalului de verde al semafoarelor introdus în acest model este de 0,5 (50 % din timp pentru roșu, 50 % din timp pentru verde. Două cicluri semaforice au fost studiate: 60 s respectiv 120 s (fig. 6.21).

2. Scenariul 2. Unda Verde

Controlul semafoarelor este conceput astfel încât să permită circulația liberă a autovehiculelor, în plutoane (pe sensul V-E).

În figura 6.22 este prezentată o captură a soft-ului VISSIM care ilustrează modul de programare a Undei Verzi.

3. Scenariul 3. Prioritate pentru autobuze folosind sistemele GPS [70]

În toate cazurile a fost programată detectarea de tip GPS a autobuzelor în trafic, pentru a furniza date privind poziția și viteza în timp real, în fiecare zecime de secundă.

Toate grupurile de semafoare acționează în funcție de informația transmisă de către detectoare, conform cu logica privind prioritizarea autobuzelor programată în VAP. Acest cod funcționează astfel: Strategiile de prioritizare utilizate în aceste experimente sunt concepute drept o combinație între „*Extended Green*” (***Green extension*** - extinderii verdelui (strategie de extindere a culorii verde a semaforului cu un număr de secunde definit, atunci când se apropie un autobuz) și „*Early Green*” (scurtarea culorii roșii a semaforului pentru a reintroduce verdele, atunci când se apropie un autobuz). Extensia maximă a timpului de verde este de 10 secunde. Sistemul este programat în așa fel încât să revină la programarea inițială, după trecerea autobuzelor.

În cazul în care există multiple cereri de prioritate (mai multe autobuze într-un timp scurt), prevalează regula care guvernează timpul maxim de verde și minim de roșu. Detectarea în timp real a autobuzelor permite scurtarea timpului maxim atunci când un autobuz traversează intersecția (iese din intersecție) și de asemenea permite anularea cerinței de prioritate pentru un anumit autobuz, care ar putea fi blocat în trafic. Cu toate acestea, dacă un autobuz este prins în trafic, scurtarea roșului este setată la 10 secunde, pentru a elibera autobuzul din trafic.

Sistemele convenționale de prioritizare ori extinderea verdelui ori introducerea prematură a verdelui. În funcție de durata ciclului, se stabilesc niște reguli privind timpul minim de verde. Motivele pentru care în aceste experimente s-a folosit combinarea celor două variante, sunt următoarele:

- Pentru a rezolva situația în care autobuzele așteaptă la coadă;
- Pentru situația în care congestiile de trafic întrerup desfășurarea normală a circulației;
- Pentru situația în care autobuzul se află în stația de autobuz și nu se poate prezice exact când va fi autobuzul în fața semaforului.

6.3.2.1. Configurațiile de trafic propuse

Pentru fiecare dintre scenariile probate la Modelul 1, s-au definit patru configurații diferite de trafic, astfel:

- Configurația nr. 1: în acest model de infrastructură de trafic nu există o bandă exclusiv dedicată circulației autobuzelor și nu sunt introduse stațiile de autobuz.
- Configurația nr. 2: în acest model de infrastructură de trafic există o bandă exclusiv dedicată circulației autobuzelor dar nu sunt introduse stațiile de autobuz.
- Configurația nr. 3: în acest model de infrastructură de trafic nu există o bandă exclusiv dedicată circulației autobuzelor dar sunt introduse stațiile de autobuz.
- Configurația nr. 4: în acest model de infrastructură de trafic există o bandă exclusiv dedicată circulației autobuzelor și sunt introduse stațiile de autobuz.

6.4. Concluzii privind metodologia de lucru

În cadrul metodologiei de lucru s-au prezentat materialele și instrumentele necesare realizării studiului. Principalul instrument în desfășurarea experimentelor este soft-ul VISSIM, cu ajutorul căruia s-au modelat cele două situații de trafic prezentate: **Modelul 1 – Implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor într-o intersecție semaforizată și Modelul 2 – Analiza nivelului de zgomot pe o arteră de drum cu multiple intersecții în urma aplicării a unor diferite scenarii de trafic.**

Metoda de cercetare a implicat realizarea schemelor de lucru pentru evaluarea nivelului de zgomot din fiecare situație propusă dar și a repercusiunilor asupra mobilității traficului. De asemenea a fost prezentat modul de calcul estimativ al nivelului de zgomot generat de către propulsie, respectiv rularea pneurilor, pentru scenariile create (CNOSSOS).

Cazurile probate pentru fiecare scenariu de trafic din cele două Situații propuse au fost construite prin modificarea parametrilor de trafic pentru a observa influența fiecăruia asupra nivelului de zgomot și asupra mobilității din trafic.

Infrastructura de trafic s-a modificat în funcție de simulările probate, adăugând sau eliminând banda special dedicată circulației autobuzelor și stațiile de autobuz.

S-au testat două volume de trafic, valori la extrem, un trafic foarte redus (950 de autovehicule/h), respectiv unul saturat (2.100 autovehicule /h) pentru a vedea în ce măsură volumul traficului influențează creșterea nivelului de zgomot și în ce context.

S-au considerat două cicluri semaforice diferite: 60 de secunde respectiv 120 de secunde, observându-se momentele în care se formează ambuteiaje (de cele mai multe ori la un ciclu de 120 de secunde, în anumite simulări ale scenariilor UNDA VERDE și SEMAFOARE NESINCRONIZATE se formează congestii mari de trafic).

Comportamentul conducătorilor auto în trafic (cu referire la modul de manevrare al autovehiculului în trafic) a fost de asemenea simulat.

Astfel au rezultat aproximativ 56 de cazuri pentru Modelul 1, cu analize realizate pentru toate brațele intersecției, și aproximativ 192 de cazuri pentru Modelul 2 cu analize pentru artera principală a drumului, dar pentru ambele direcții.

7. REZULTATE ȘI DISCUȚII

7.1. Analiza nivelului de zgomot obținut în Modelul 1

În tabelele următoare sunt prezentate datele de intrare și rezultate privind nivelul de zgomot rezultat 50 m înaintea semaforului și nivelul de zgomot rezultat în dreptul semaforului, pentru cazurile prezentate în continuare. Tabelele sunt extrase din tabelele originale din lucrare.

Extras din Tabelele 7.1 și 7.2. Date de intrare și rezultate privind zgomotul pentru cazurile din Scenariul 1 prezentate în continuare.

Semaforizare Clasică						Nivel de zgomot rezultat 50 m înaintea de semafor (dB)	Nivel de zgomot rezultat în dreptul semaforului (dB)
Caz	Efect asupra	Autoturisme /h	Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuze		
1	Link 1	1900	60	60	DA	77-81	89
9	Link 1	1900	60	60	NU	79-85	87
17	Link 2	950	12	60	DA	73-74	84
18	Link 2	950	12	120	DA	73-76	85

Extras din tabelul 7.3. Date de intrare și rezultate privind zgomotul pentru cazurile din Scenariul 2 prezentate în continuare.

Scenariul 2				Ciclu (s)		Bandă autobuze	Nivel de zgomot rezultat 50 m înainte de semafor (dB)	Nivel de zgomot rezultat în dreptul semaforului (dB)
Caz	Efect asupra	Autoturisme /h	Autobuze/h	Total	Minim verde			
21	Link 1	1900	60	60	15	DA	77-80	86
21	Link 2	-	-	-	-	-	73-74	85
23	Link 2	-	-	-	-	-	73-76	87

Extras din tabelul 7.4. Date de intrare și rezultate privind zgomotul pentru cazurile din Scenariul 3 prezentate în continuare.

Scenariul 3				Ciclu (s)		Bandă autobuze	Nivel de zgomot rezultat 50 m înainte de semafor (dB)	Nivel de zgomot rezultat în dreptul semaforului (dB)
Caso	Efect asupra	Autoturisme /h	Autobuze/h	Total	Minim verde			
41	1 și 2	1900	60	60	15	DA	77-80	87

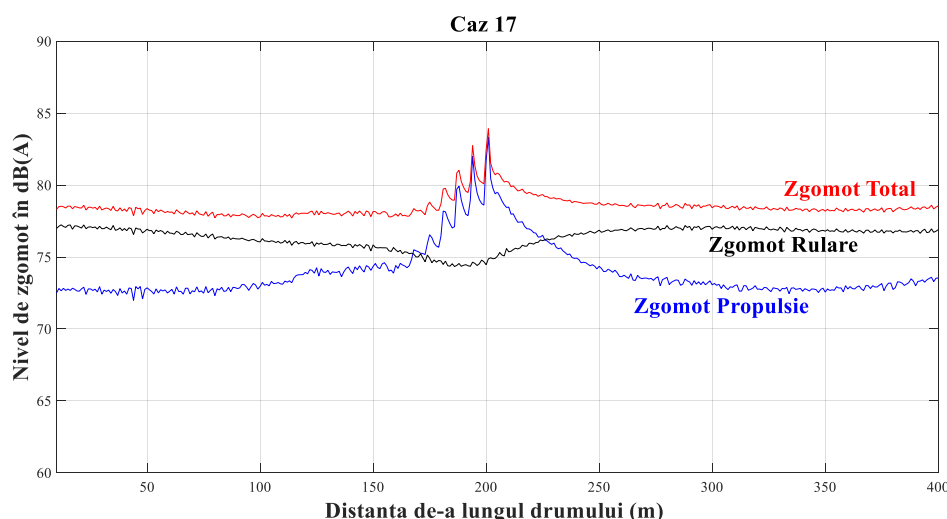


Fig. 7.13. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 17.

Un lucru care poate fi observat cu ușurință constă în faptul că pe brațul secundar al intersecției nu sunt modificări semnificative în nicio situație, indiferent de variabila probată: caz 17 (fig. 7.13) comparat cu situația din cazul 21 Link 2 (fig. 7.14), caz 18 (fig. 7.15) comparat cu situația din cazul 23 Link 2 (fig. 7.16), indiferent de ceea ce se întâmplă pe brațul principal al intersecției.

De asemenea s-a observat faptul că scenariile 2 și 3 obțin rezultate similare. Nu există variații mari de zgomot între aceste două scenarii. Acest lucru se observă de exemplu, prin compararea cazurilor 21: (fig. 7.2) cu un nivel de zgomot de 77-80 dB obținut până la 50 m înainte de semafor și un nivel de 86 dB în dreptul semaforului, cu situația din cazul 41 (fig. 7.3) cu un nivel de zgomot de 77-80 dB obținut până la 50 m înainte de semafor și un nivel de 87 dB în dreptul semaforului

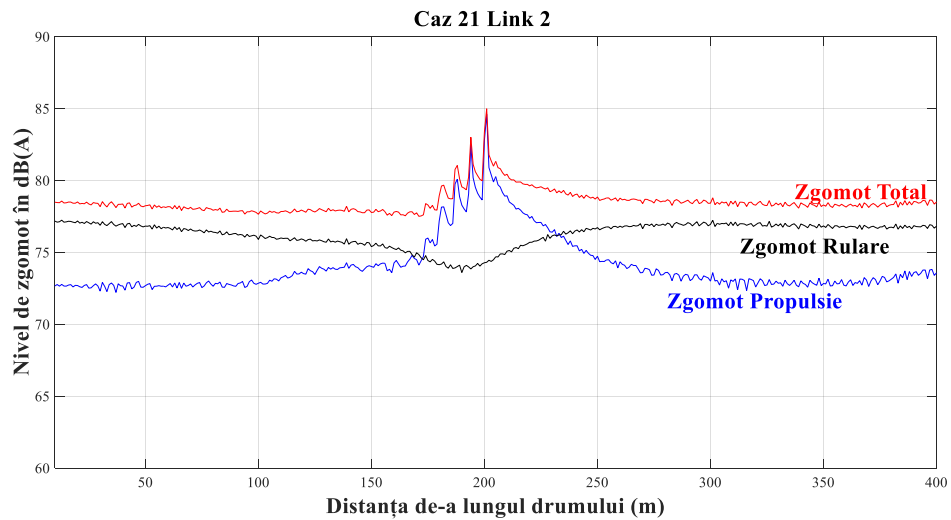


Fig. 7.14. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 21 Link 2.

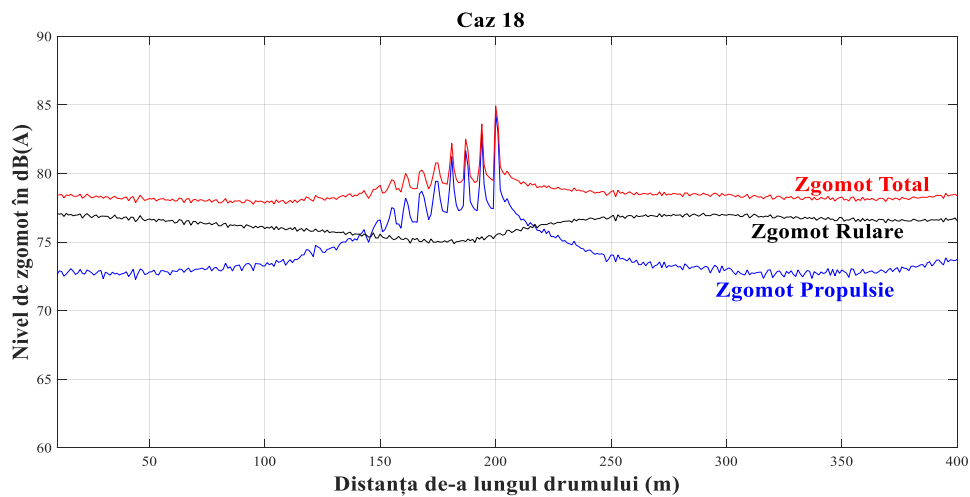


Fig. 7.15. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 18.

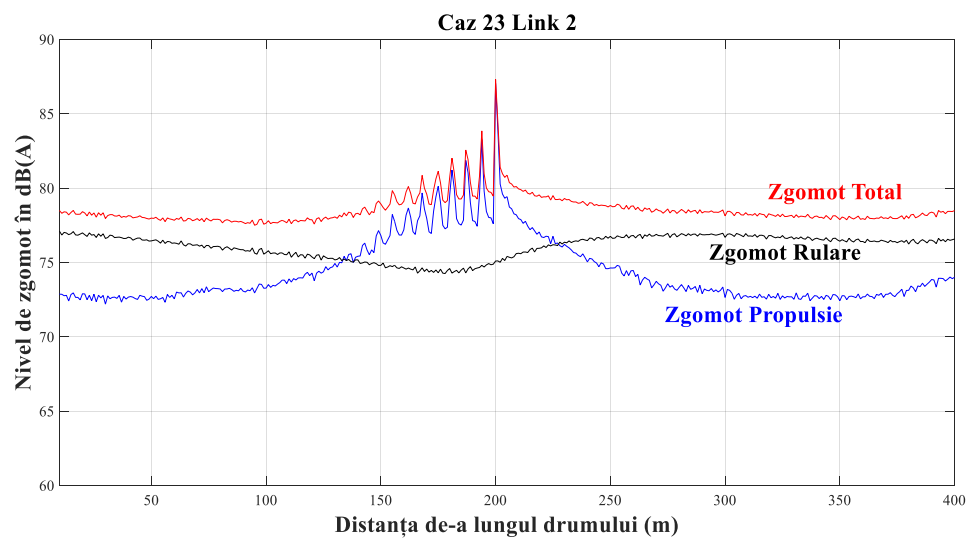


Fig. 7.16. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 23, Link 2.

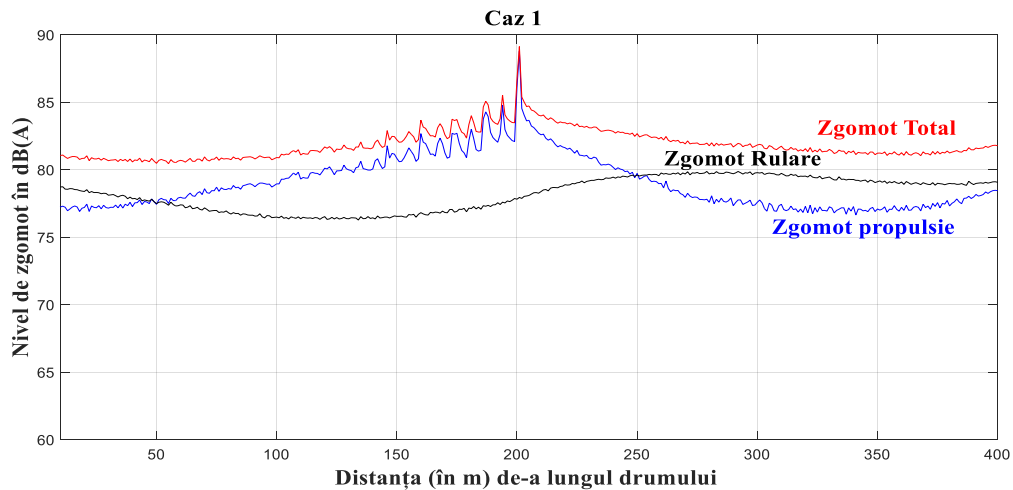


Fig. 7.1. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 1.

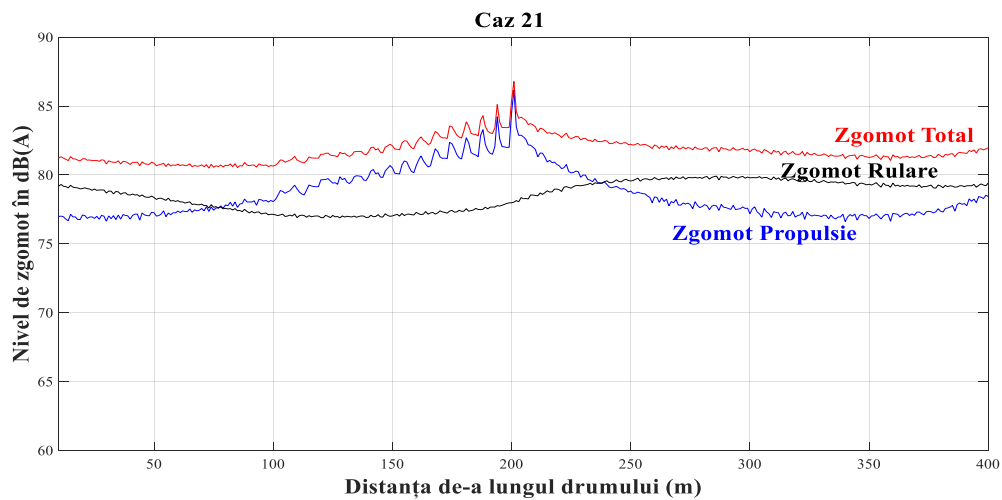


Fig. 7.2. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 21.

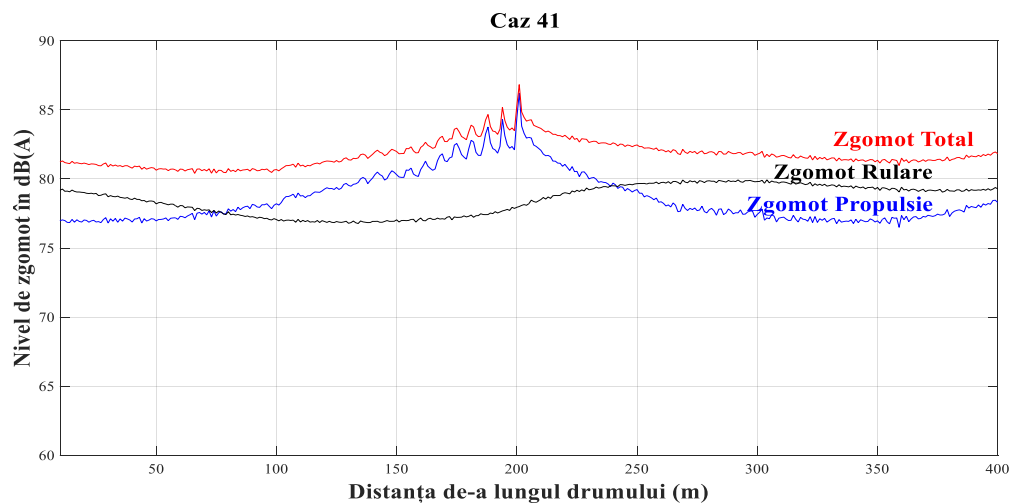


Fig. 7.3. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 41.

La o cerință mare de trafic (1.900 autovehicule/h) s-au observat valori de zgomot mai reduse cu până la 3 dB(A) în dreptul semaforului, în Scenariile 2 și 3 (cu prioritate) față de aceleași condiții dar în Scenariul 1 (fără prioritate). Acest lucru este ilustrat prin compararea cazurilor 1 (fig. 7.1) (cu un nivel de zgomot de aproximativ 77-81 dB(A) înregistrat înainte cu 50 m de semafor, și un nivel de 89 dB(A) înregistrat în dreptul semaforului), cu situația din cazul 21 (fig. 7.2) (cu un nivel de zgomot de aproximativ 77-80 dB(A) înregistrat înainte cu 50 m de semafor, și un nivel de 86 dB(A) înregistrat în dreptul semaforului) și situația din cazul 41 (fig. 7.3) (cu un nivel de zgomot de aproximativ 77-80 dB(A) înregistrat înainte cu 50 m de semafor, și un nivel de 87 dB(A) înregistrat în dreptul semaforului).

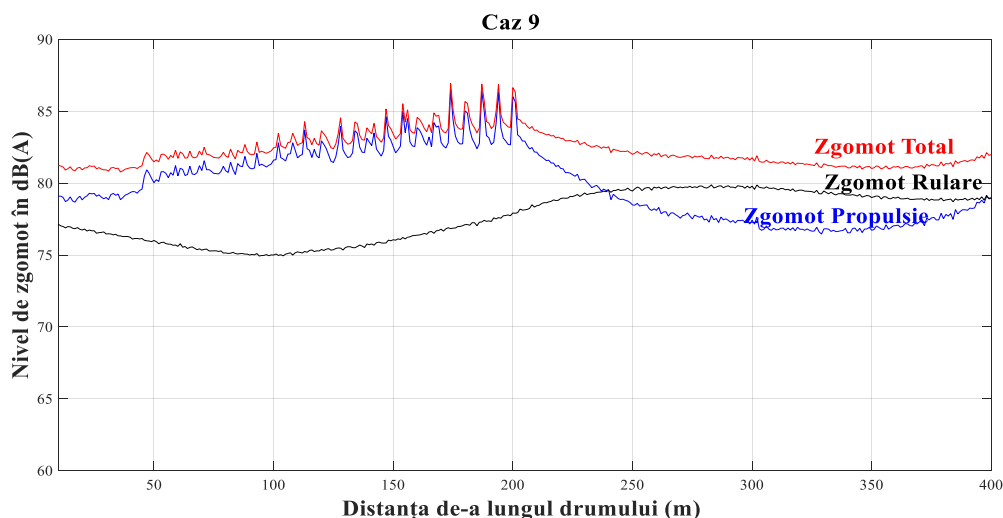


Fig. 7.7. Reprezentarea grafică a nivelului de zgomot generat de toate autovehiculele introduse în trafic în condițiile prezentate pentru Cazul nr. 9.

Eliminând banda dedicată autobuzelor se observă o creștere a nivelului de zgomot înainte de semafor cu aproximativ 3dB(A) comparativ cu situația unde există o bandă pentru autobuze. Un exemplu care ilustrează acest lucru constă în compararea cazurilor nr. 1 (cu un nivel de zgomot de aproximativ 77-81 dB(A) înregistrat înainte cu 50 m de semafor, și un nivel de 89 dB(A) înregistrat în dreptul semaforului) cu situația din cazul 9 (fig. 7.7), (cu un nivel de zgomot de aproximativ 79-85 dB(A) înregistrat înainte cu 50 m de semafor, și un nivel de 87 dB(A) înregistrat în dreptul semaforului).

7.1.1. Concluzii privind nivelul de zgomot rezultat în Modelul 1

Atunci când este introdus un ciclu mai larg (120 s) crește nivelul de zgomot de propulsie – 3 dB(A) înaintea semaforului, în toate scenariile, însă în scenariile cu prioritate pentru autobuze (2 și 3) nu crește atât de mult ca în cazul scenariului 1.

Eliminarea benzii pentru autobuze crește nivelul de zgomot 1-2 dB(A) față de cazurile unde a fost introdusă banda pentru autobuze.

Un lucru important este faptul că indiferent de variabilele care au fost testate (cerința de trafic, ciclul semaforic, număr de autobuze, bandă pentru autobuze), diferențele de zgomot au fost întotdeauna pozitive pentru scenariile cu prioritizare.

Ca și concluzii generale: scenariul de prioritizare a autobuzelor este mai eficient din punctul de vedere al nivelului de zgomot generat de trafic, în special când frecvența de circulație a autobuzelor participante la trafic este mai ridicată, atunci când ciclul semaforic este mai extins (120 s) dar și în situația unui trafic mai dens.

Implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor pe brațul principal al intersecției (Link 1) nu influențează zgomotul emis pe brațul secundar (Link 2). Acest lucru e valabil și invers. Prioritizarea pe Link 2 nu influențează nivelul de zgomot pe Link 1.

Un alt lucru important și de mare utilitate pentru multe administrații locale este faptul că între cazurile cu bandă pentru autobuze, în scenariul fără prioritizare și cele fără bandă pentru autobuze, dar

cu prioritate, variațiile nivelului de zgomot sunt foarte mici, și în favoarea scenariului 2. Acest lucru este un avantaj când vine vorba de infrastructură.

7.2. Nivelul de zgomot rezultat în Modelul 2

Sunt prezentate două tipuri de grafice pentru fiecare caz și fiecare scenariu: în primul grafic este reprezentat nivelul de zgomot generat pe fiecare sens de circulație, iar în al doilea grafic este reprezentat nivelul de zgomot generat de toată artera de drum (suma energetică). Nivelurile de zgomot de vârf (peak-urile) care se observă în toate graficele semnaleză prezența semafoarelor (zgomot ridicat cauzat de accelerarea și decelerarea frecventă și intensă).

Pentru a putea urmări mai ușor multitudinea de date, discuțiile privind rezultatele au fost împărțite în funcție de cele patru configurații de drum definite anterior.

7.2.1. Discuții privind nivelul de zgomot conținut în cazurile probate pentru configurația 1 de trafic din Modelul 2

În cazul 17 (tab. 7.8) se observă faptul că nivelul de zgomot este ridicat în toate scenariile, ajungând până la 90 dB(A) în dreptul unor semafoare, în special în scenariul semafoare nesincronizate.

Tabel 7.8.

Date de intrare, caz 17.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
17	1.900	1.900	60	60	NU	NU

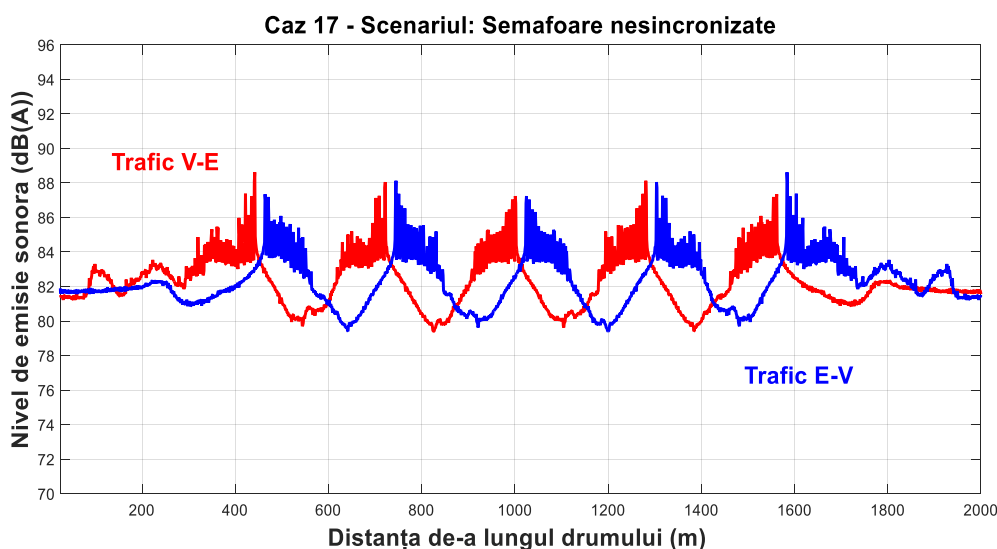


Fig. 7.19-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 17, pe fiecare sens de circulație în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

Un lucru vizibil în toate graficele prezentate pentru scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE este simetria reprezentării zgomotului pentru cele două sensuri de circulație. Acestea au, practic o reprezentare în oglindă (fig. 7.19-a). Lucrul acesta este cauzat de faptul că în acest scenariu, semafoarele își păstrează aceeași programare pe timpul simulării, și nu există diferențe între cicluri. De asemenea, traficul introdus în simulări rulează în același mod aleatoriu pe ambele sensuri, în toate scenariile.

Se observă în figura 7.19-b, faptul că în acest scenariu și în acest caz (tab. 7.8) zgomotul generat de propulsie este foarte ridicat din cauza congestiilor de trafic care se creează, lucru observat încă din momentul simulării cazului 17. De asemenea, pe lângă numărul ridicat al autoturismelor, și introducerea unui număr mai mare de autobuze conduce la creșterea nivelului de zgomot.

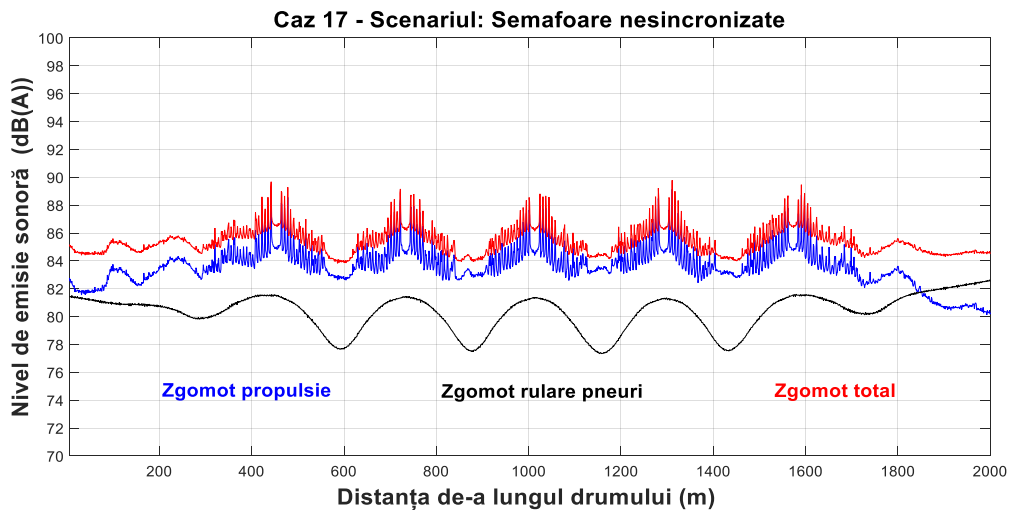


Fig. 7.19-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 17, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

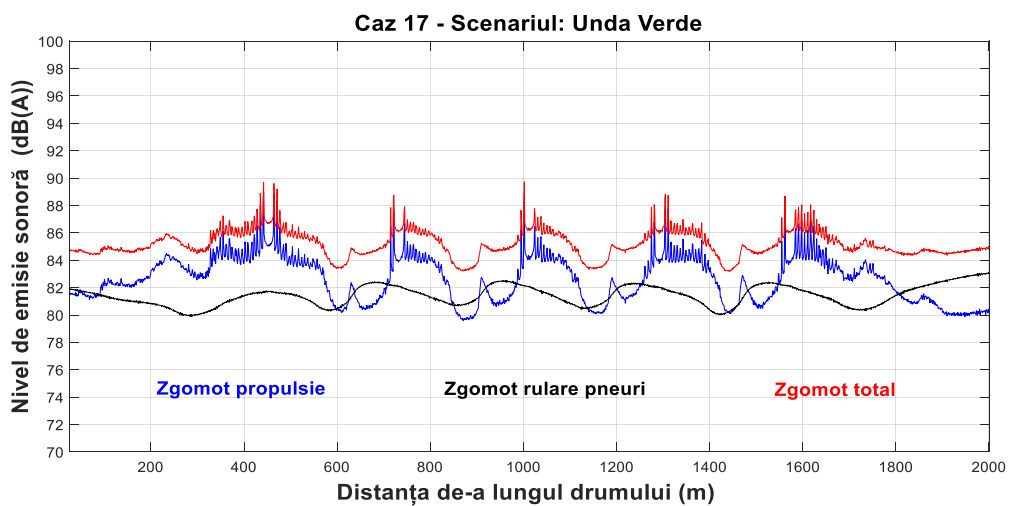


Fig. 7.20-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 17, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul UNDA VERDE.

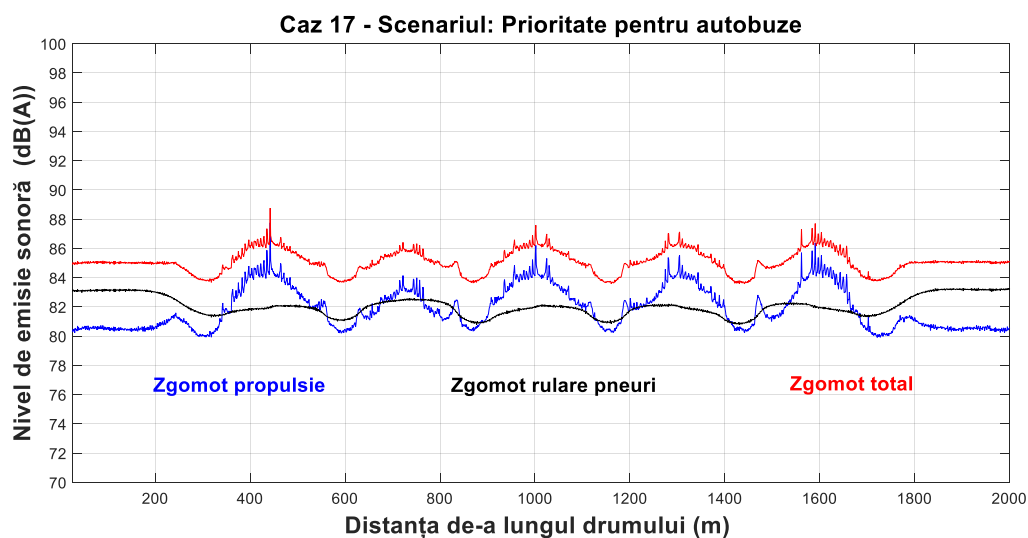


Fig. 7.21-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 17, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

În scenariul UNDA VERDE zgomotul cauzat de congestiile de trafic care se formează, este de asemenea prezent, ajungând la un nivel de aproape 90 dB(A) (fig. 7.20-b). În ceea ce privește scenariul cu PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, se observă o diminuare a zgomotului datorită fluidizării traficului. Acest lucru se observă mai mult în secțiunile de drum aflate între intersecții (fig. 7.21-b).

Tabelul 7.11.

Date de intrare caz 26.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
26	950	950	60	60	NU	NU

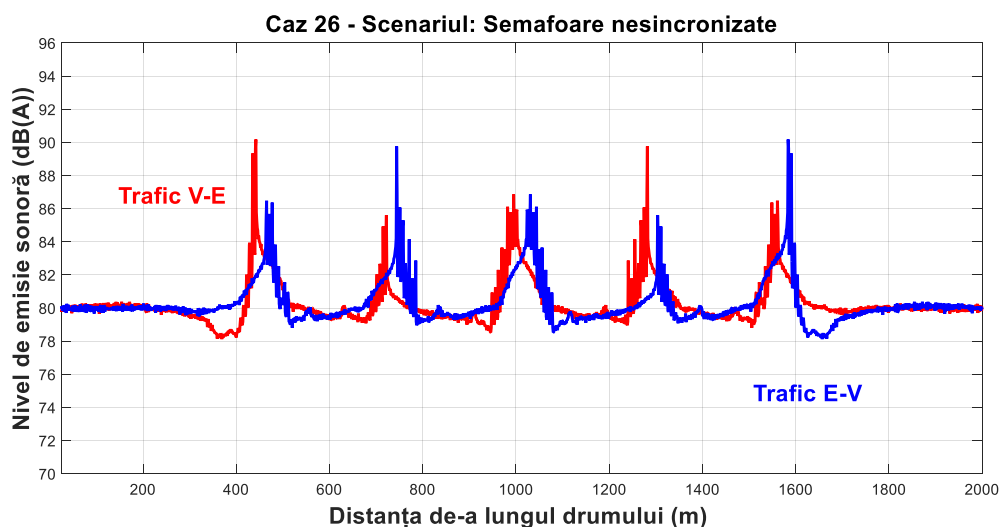


Fig. 7.28-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 26, pe fiecare sens de circulație în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

În acest caz (tab. 7.11), se observă faptul că în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE zgomotul atinge niveluri de până la 90 dB, indiferent de sens (fig. 7.28-a), față de 85 dB observați în scenariul UNDA VERDE (cu excepția primului semafor de pe sensul V-E) (fig. 7.29-a).

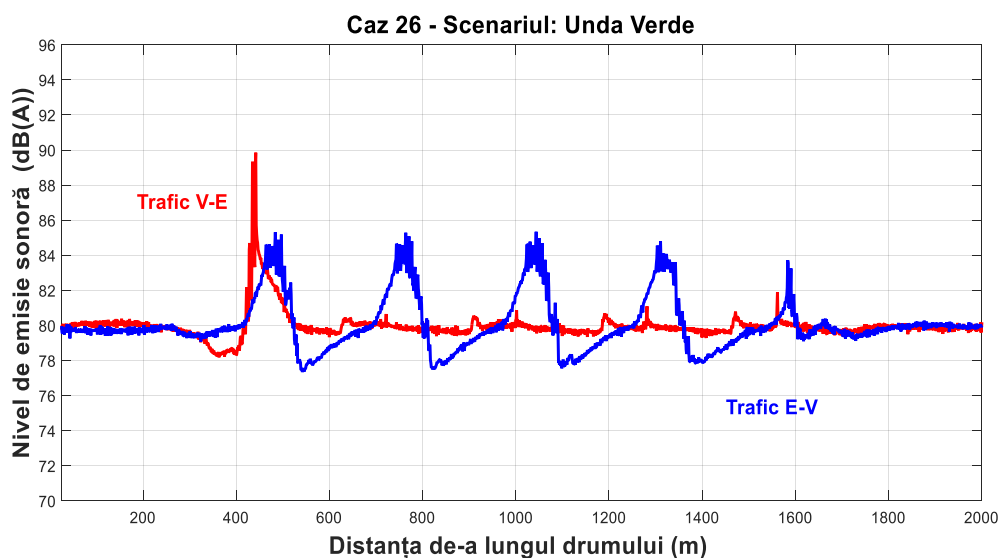


Fig. 7.29-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 26, pe fiecare sens de circulație în scenariul UNDA VERDE.

Se observă faptul că UNDA VERDE obține rezultate privind zgomotul, foarte bune, pe sensul de circulație în care a fost implementată (80 dB(A) fig. 7.29-a), cu excepția primului semafor, la care multe autovehicule sunt nevoite să oprească. Se observă de asemenea nivelul de zgomot pe sensul de circulație opus, cauzat de inevitabila undă roșie care se formează (84-85 dB(A)).

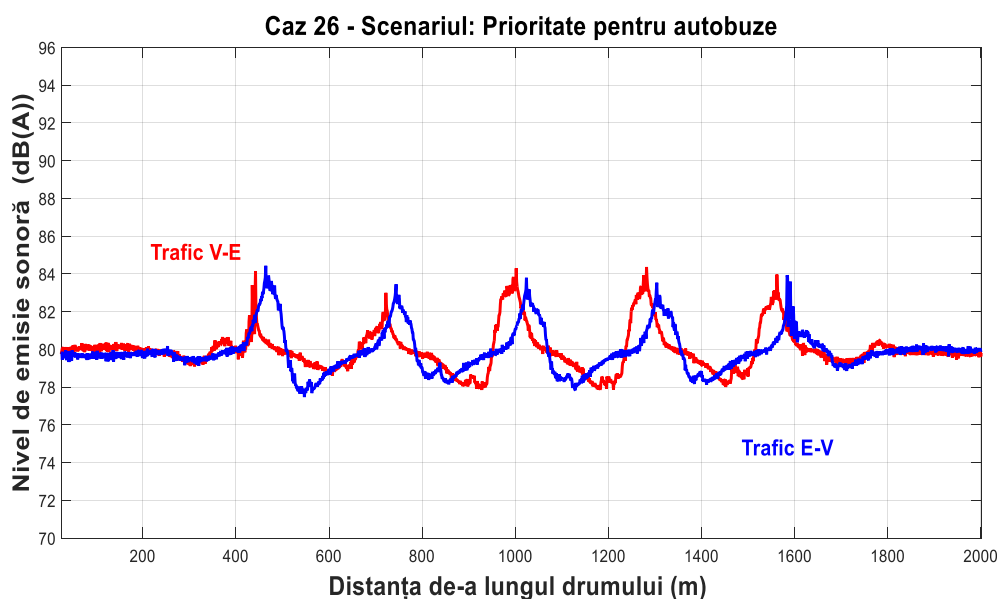


Fig. 7.30-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 26, pe fiecare sens de circulație în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Analizând rezultatul obținut de scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE se observă faptul că există o situație a zgomotului foarte echilibrată în acest caz, între cele două sensuri de circulație, nivelurile nu sunt foarte ridicate (aproximativ 84 dB) (fig. 7.30-a) indiferent de sens, iar traficul este mai degajat lucru observat din figura 7.30-b, la modul de reprezentare a zgomotului generat de propulsie.

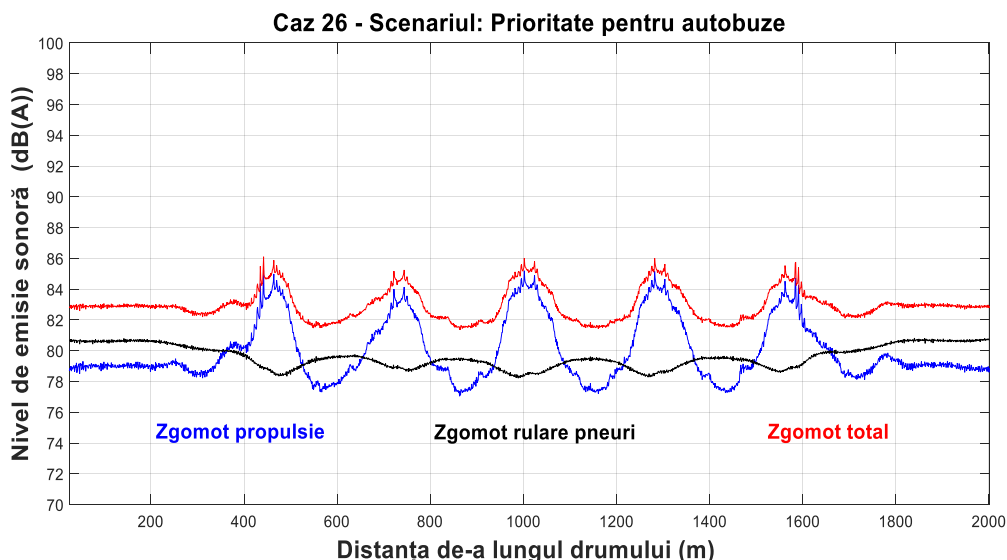


Fig. 7.30-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 26, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

7.2.2. Discuții privind nivelul de zgomot obținut în cazurile probate pentru configurația 2 de trafic din Modelul 2.

Tabelul 7.12.

Date de intrare caz 1.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
1	1.900	1.900	60	60	DA	NU

Analizând scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE, păstrând aceiași parametri de intrare, se constată faptul că există variații mari în funcție de intersecție (fig. 7.31-b), iar nivelurile de zgomot rezultate în dreptul intersecțiilor sunt foarte ridicate (93 dB(A), comparativ cu 87 dB(A) înregistrați în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE (fig. 7.33-b).

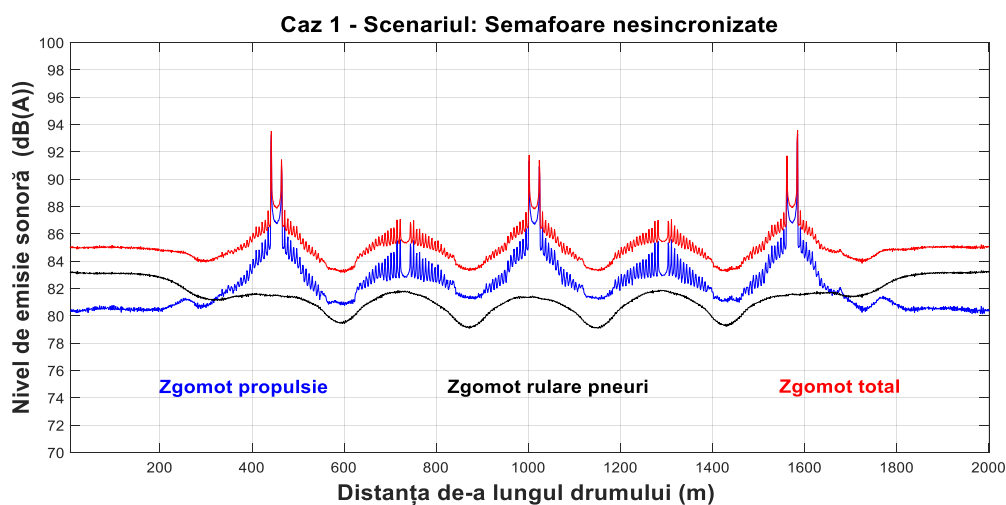


Fig. 7.31-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 1, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

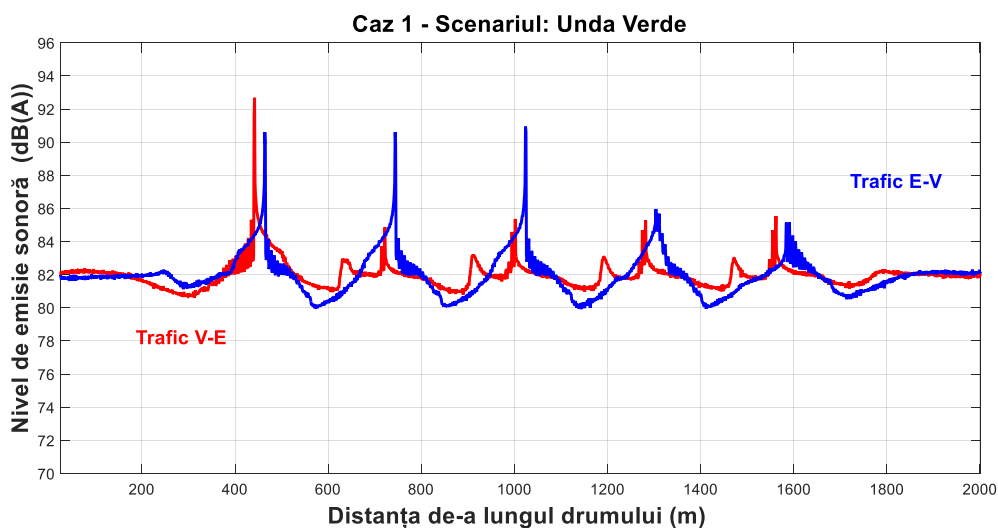


Fig. 7.32-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 1, pe fiecare sens de circulație în scenariul UNDA VERDE.

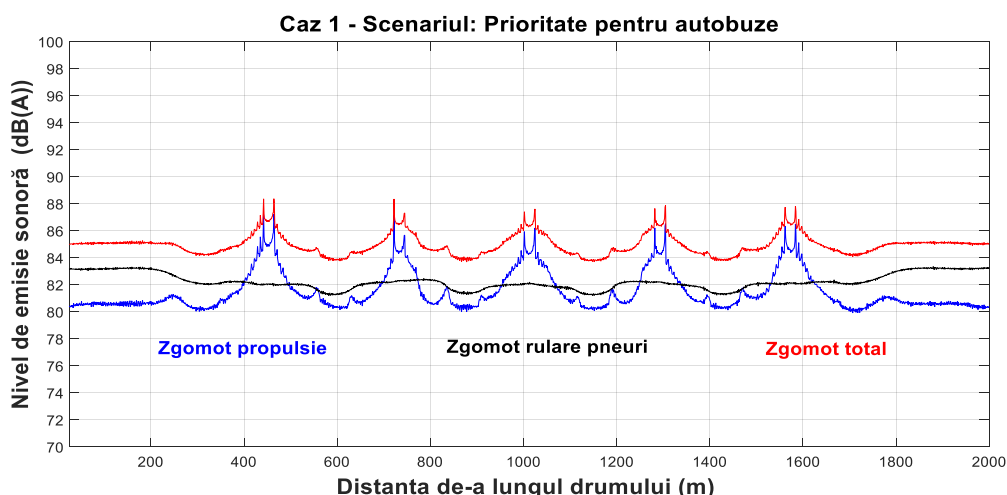


Fig. 7.33-b. Representarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 1, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Niveluri de zgomot ridicate se observă în scenariul UNDA VERDE, cu un nivel maxim atins în dreptul anumitor intersecții, de aproximativ 93 dB (la nivelul primului semafor de pe direcția V-E) (fig. 7.32-a). Acest lucru este cauzat de faptul că majoritatea autovehiculelor opresc la acest semafor, în timp ce la următoarele nu mai sunt nevoite să oprească, existând o sincronizare a culorii verzi a semaforului, permițându-le trecerea, până la traversarea întregii artere de drum.

Un alt parametru care influențează semnificativ nivelul de zgomot indiferent de scenariul aplicat este durata ciclului semaforic. Astfel, prelungind ciclul semaforic de la 60 s la 120 s (tab. 7.14), în toate scenariile apar niveluri ridicate de zgomot la nivelul intersecțiilor (92 dB(A) în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE (fig. 7.39-a), 94 dB(A) în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE (fig. 7.37-a), 93 dB(A) în UNDA VERDE (fig. 7.38-a).

Tabelul 7.14.

Date de intrare caz 5.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
5	1.900	1.900	60	120	DA	NU

Se observă faptul că cele mai slabe rezultate s-au obținut în scenariul cu SEMAFOARE NESINCRONIZATE (fig. 37-a), unde nivelul de zgomot este ridicat pe ambele sensuri de circulație.

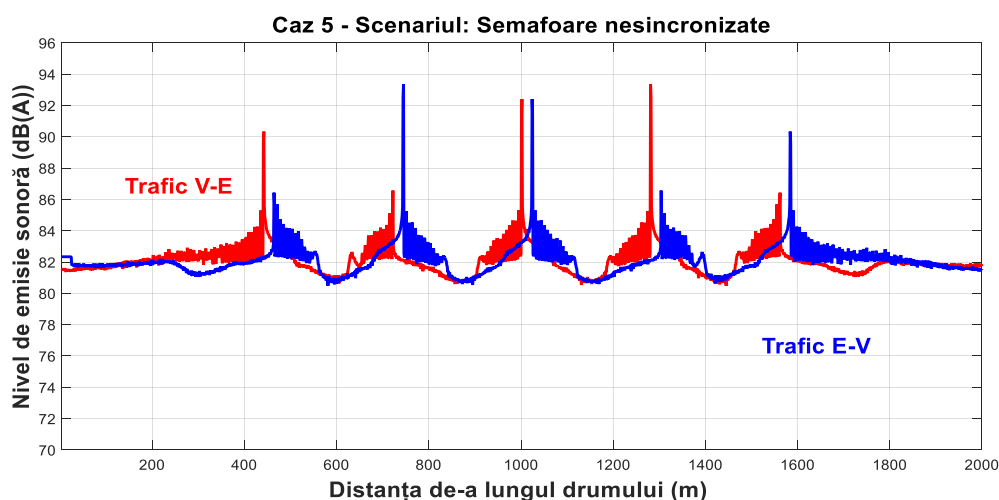


Fig. 7.37-a. Representarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 5, pe fiecare sens de circulație în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

În scenariul UNDA VERDE, există un nivel scăzut de zgomot pe sensul pe care a fost introdusă, dar nivelul de zgomot crește foarte mult pe sensul opus (fig. 7.38-a).

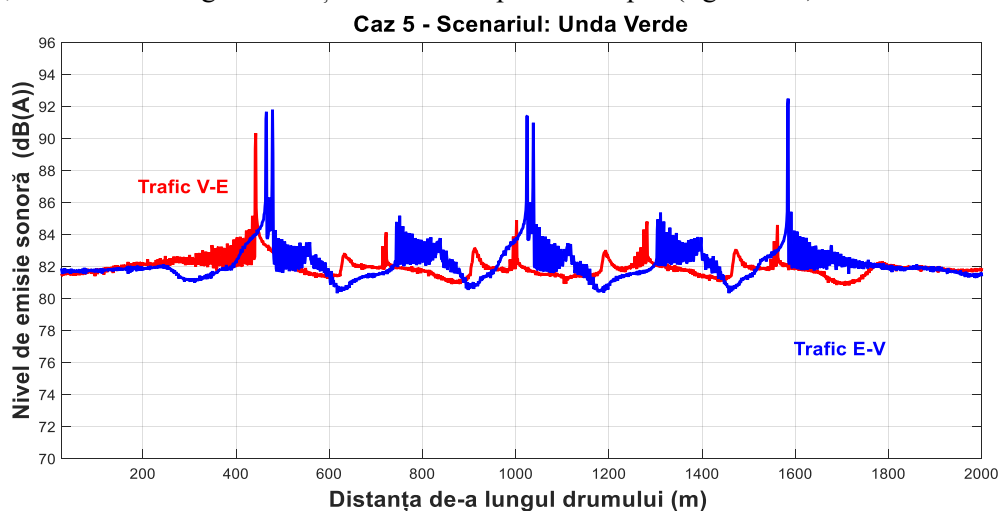


Fig. 7.38-a. Représentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 5, pe fiecare sens de circulație în scenariul UNDA VERDE.

Un alt lucru remarcabil, este faptul că în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE se creează mai puține congestii de trafic, zgomotul fiind mai redus decât în celelalte două scenarii (fig. 7.39-a).

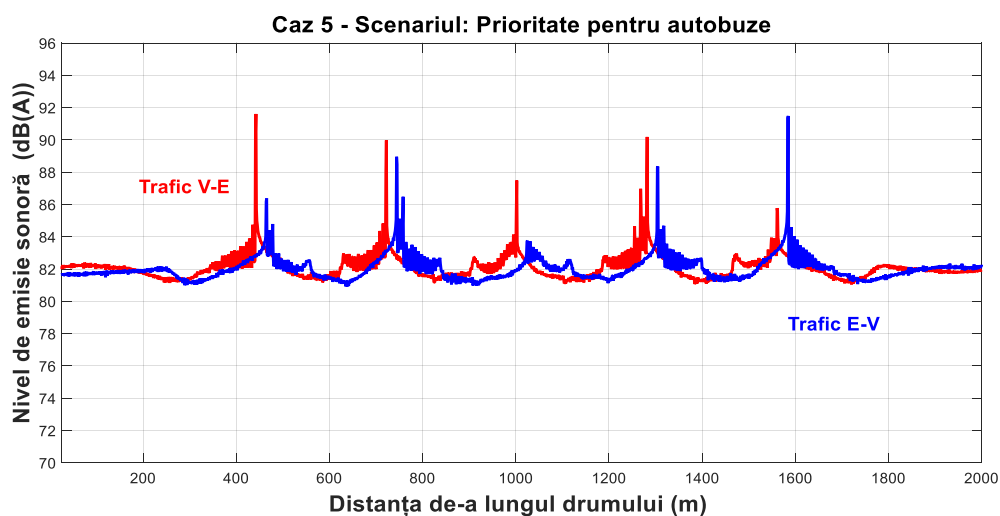


Fig. 7.39-a. Représentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 5, pe fiecare sens de circulație în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

7.2.3. Discuții privind nivelul de zgomot obținut pentru cazurile probate pentru configurația 3 de trafic din Modelul 2.

Odată cu eliminarea benzii dedicate circulației exclusive a autobuzelor (tab. 7.16) conduce la creșterea nivelului de zgomot în toate scenariile (fig. 7.43-b, 7.44-b, 7.45-b), însă valori ceva mai mici se observă în cazurile scenariului PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Tabelul 7.16.

Date de intrare caz 49.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
49	1.900	1.900	60	60	NU	DA

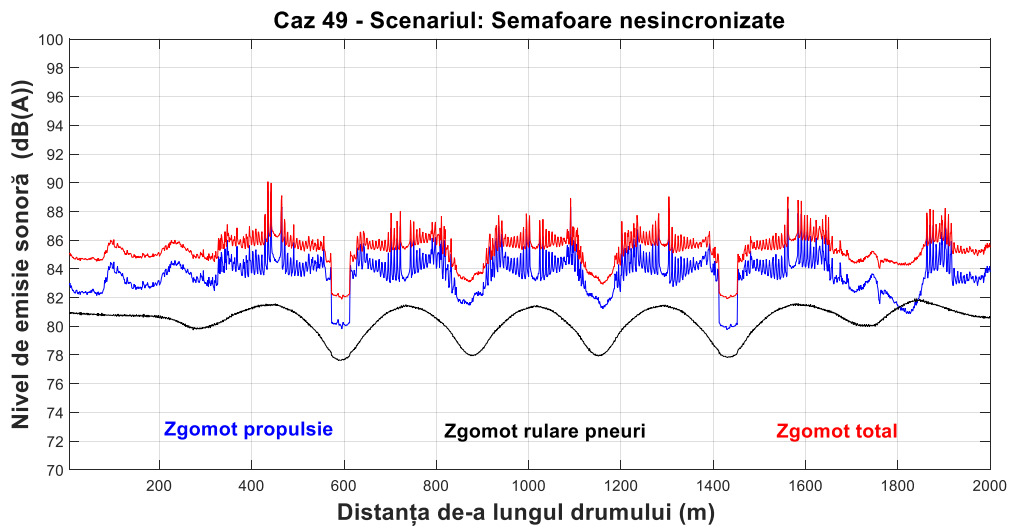


Fig. 7.43-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 49, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

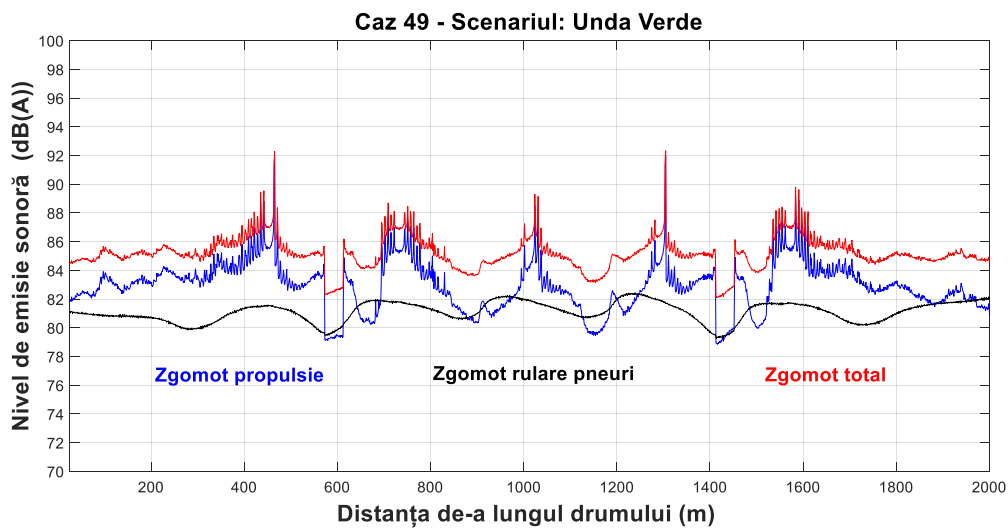


Fig. 7.44-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 49, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul UNDA VERDE.

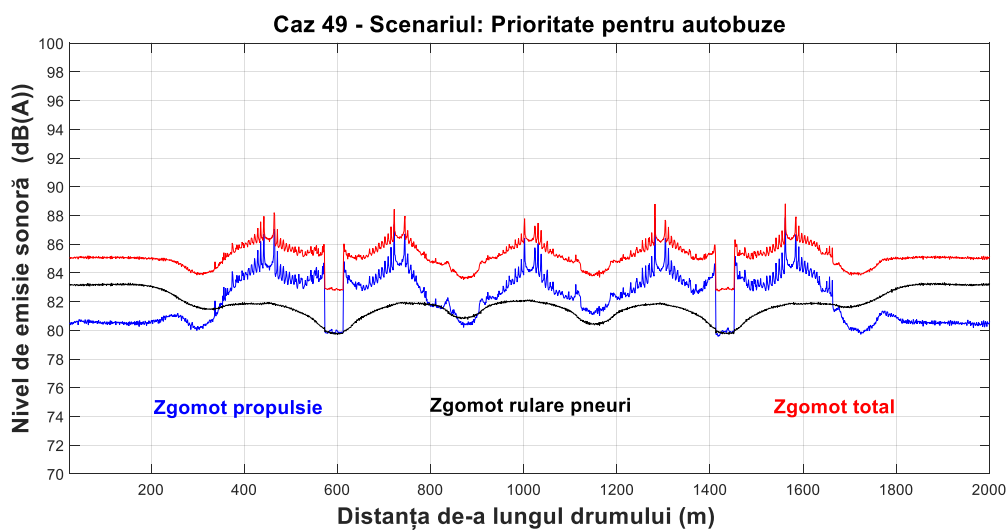


Fig. 7.45-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 49, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Se observă prezența stațiilor pentru autobuze (ex. punctul 600 m pe graficul din figurile 7.43-b). Se observă de asemenea faptul că nivelul de zgomot de după stația de autobuz este ridicat, lucru cauzat de accelerațiile autobuzelor la pornire.

În scenariul PRIORITY PENTRU AUTOBUZE (fig. 7.45-b) se observă cele mai bune rezultate privind zgomotul, comparativ cu celelalte două scenarii probate, nivelurile de zgomot nu depășesc 87 dB, iar situația de zgomot între cele două sensuri de circulație este foarte asemănătoare.

Un lucru remarcabil și pozitiv din punctul de vedere al zgomotului este faptul că diferențele dintre cazurile cu prioritate pentru autobuze care au o bandă pentru autobuze și cele fără bandă pentru acestea, nu sunt considerabile, aproape neglijabile.

În tabelul 7.17 sunt prezentate datele de intrare pentru cazul nr. 53.

Tabelul 7.17.

Date de intrare caz 53.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
53	1.900	1.900	60	120	NU	DA

Se poate observa faptul că, din nou, la un ciclu extins la 120 de secunde (tab. 7.17), se creează congestii mari de trafic, indiferent de scenariul probat (fig. 7.46-b, 7.47-b și 7.48-b).

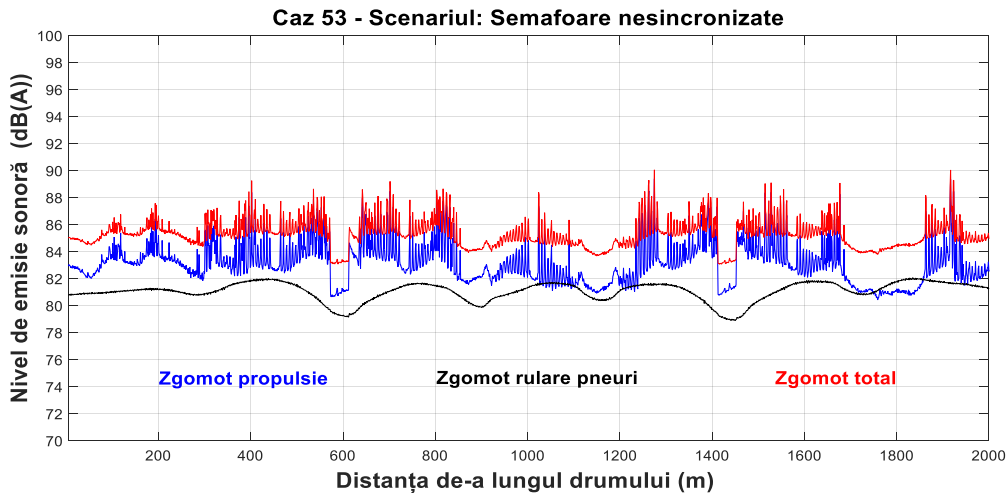


Fig. 7.46-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 53, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

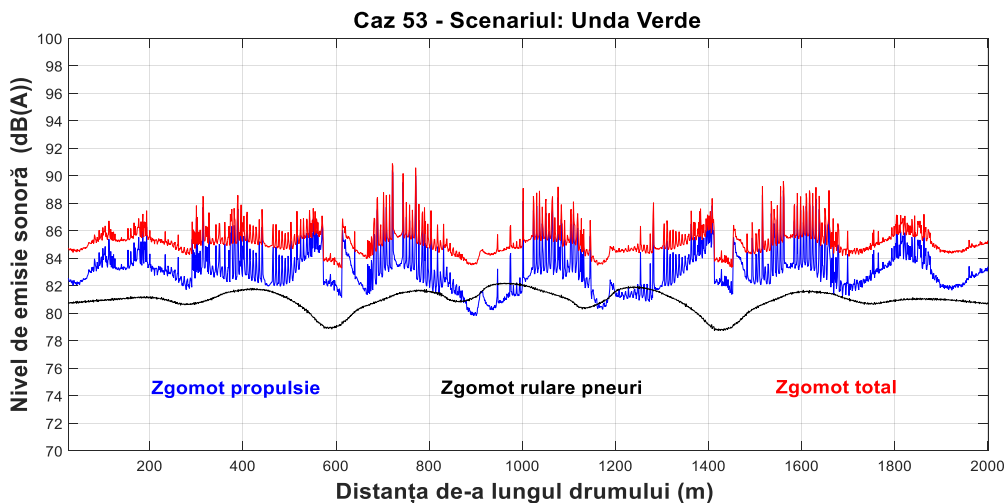


Fig. 7.47-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 53, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul UNDA VERDE.

Congestii de trafic se creează și în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, lucru observat și din prisma nivelului de zgomot reprezentat în figura 7.48-b, însă se observă ușoare îmbunătățiri comparativ cu celelalte două scenarii.

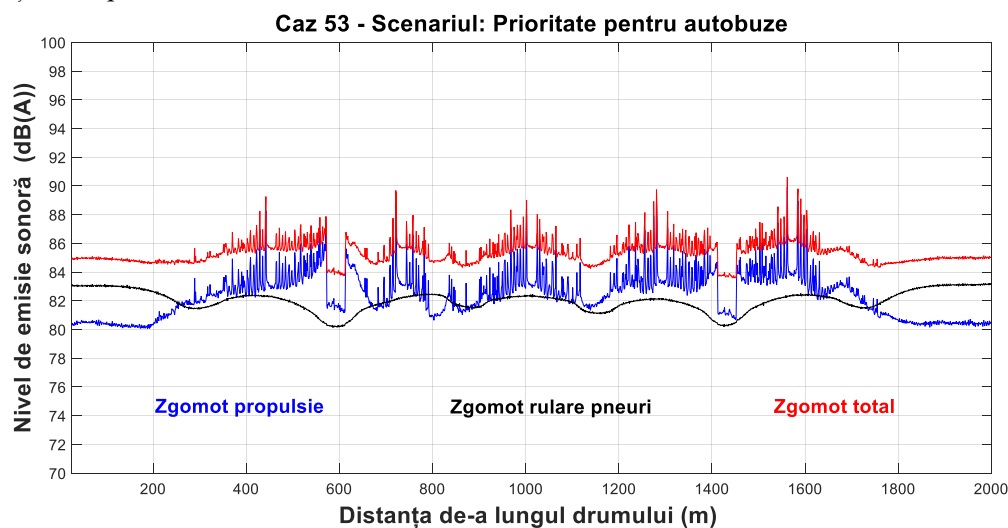


Fig. 7.48-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 53, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

7.2.4. Discuții privind nivelul de zgomot obținut în cazurile probate pentru configurația 4 de trafic din Modelul 2.

Tabelul 7.20.

Date de intrare caz 33.

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
33	1.900	1.900	60	60	DA	DA

După introducerea benzii pentru autobuze (tab. 7.20) se observă rezultate slabe privind zgomotul în cazul scenariilor SEMAFOARE NESINCRONIZATE (fig. 7.55-a) și UNDA VERDE (fig. 7.56-a) nivelurile din intersecții ajung la 93 dB(A).

Se observă și în acest caz faptul că există autobuze care sunt nevoite să oprească la primul semafor după stația de autobuz, zgomotul crescând în acel punct (fig. 7.56-a, punctul 600 m, direcția traficului V-E, un nivel de zgomot de 85 dB(A)).

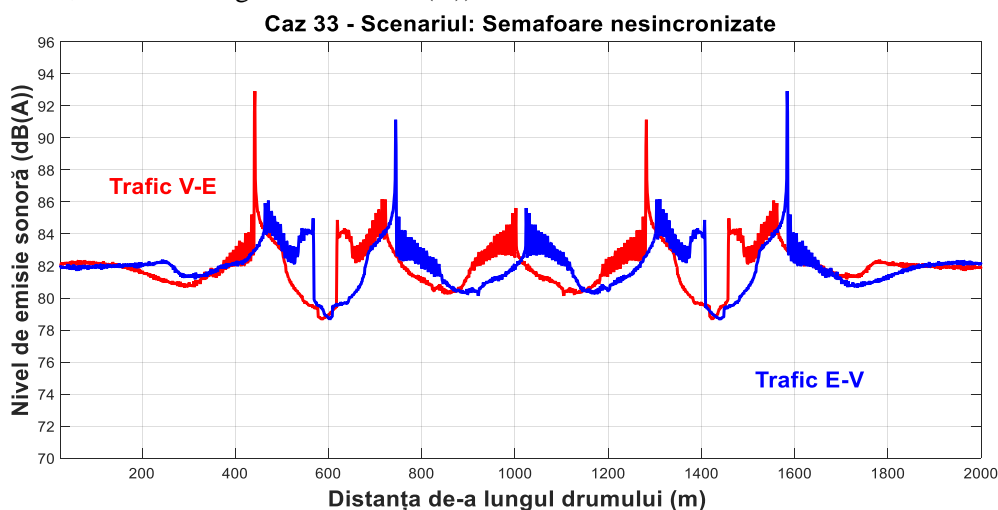


Fig. 7.55-a. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 33, pe fiecare sens de circulație în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

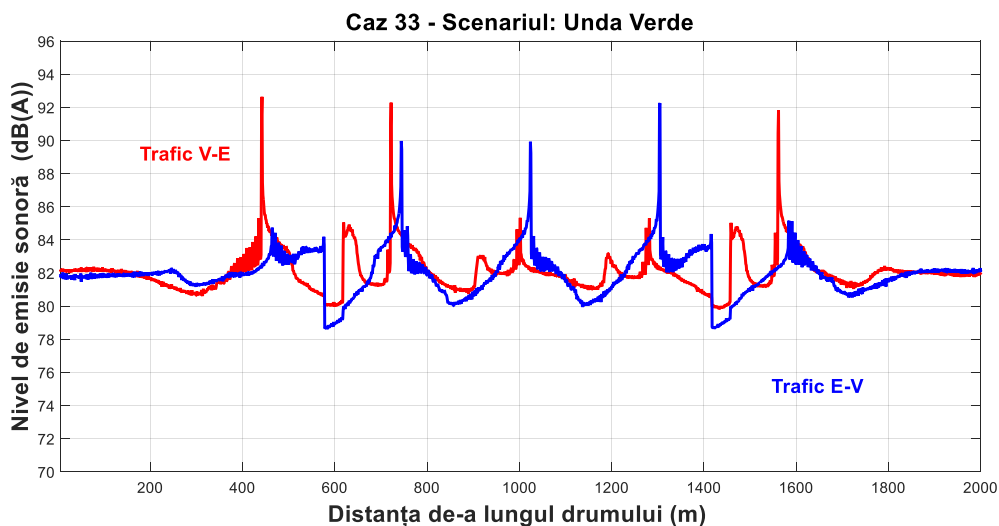


Fig. 7.56-a. Representarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 33, pe fiecare sens de circulație în scenariul UNDA VERDE.

Nivelurile de zgomot rezultate în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE (fig. 7.57-a) sunt vizibil mai bune (nivelul maxim rezultat nu depășește 86 dB(A)), comparativ cu celelalte două scenarii, în care zgomotul ajunge până la 93 dB(A)

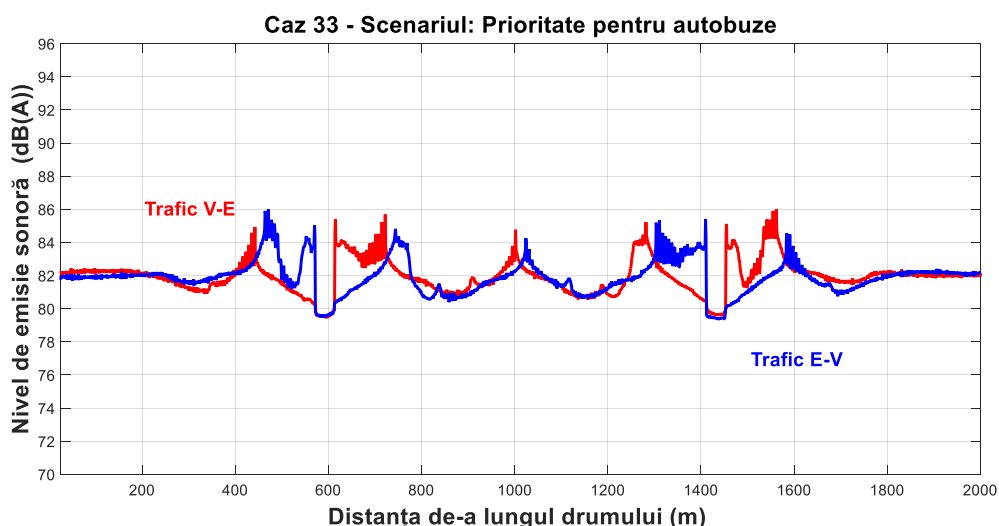


Fig. 7.57-a. Representarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 33, pe fiecare sens de circulație în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Introducerea unui ciclu mai extins, 120 s, (tab. 7.21) duce la apariția congestiilor de trafic, însă comparând toate scenariile, cel cu PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE prezintă rezultate mai bune din punctul de vedere al zgomotului (fig. 7.60-b).

Tabelul 7.21.

Date de intrare caz 37 (tab. 7.5, 7.6 și 7.7).

Date de intrare						
Caz	Nr. Autoturisme/h V-E	Nr. Autoturisme/h E-V	Nr. Autobuze/h	Ciclu (s)	Bandă autobuz	Stație autobuz
37	1.900	1.900	60	120	DA	DA

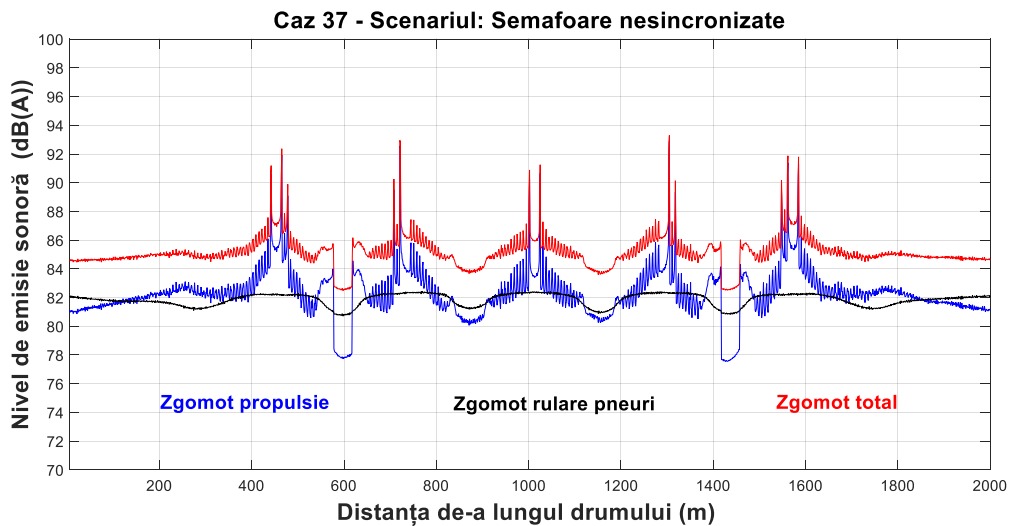


Fig. 7.58-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 37, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

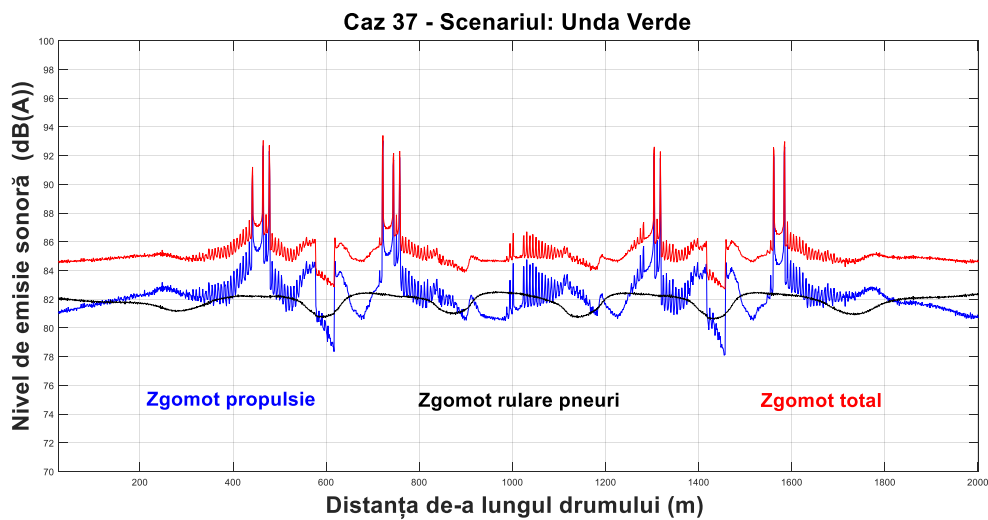


Fig. 7.59-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 37, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul UNDA VERDE.

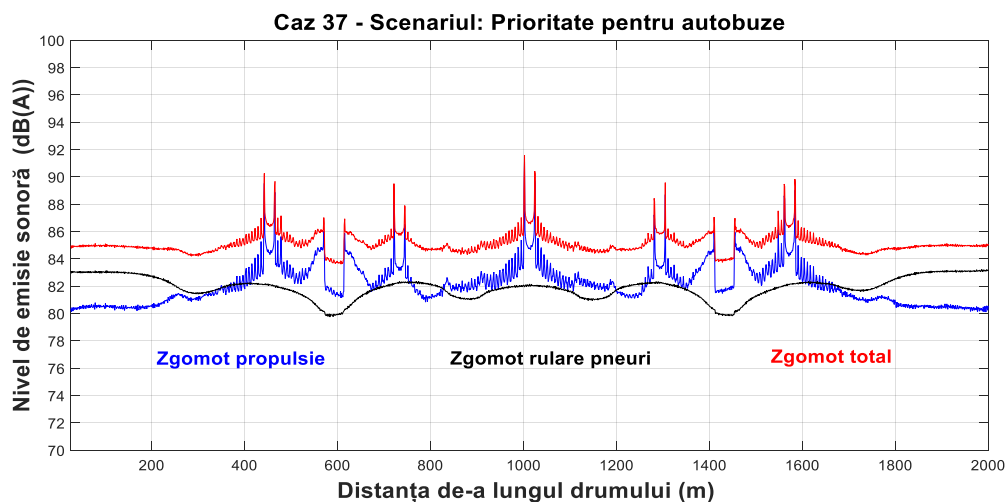


Fig. 7.60-b. Reprezentarea grafică a nivelului zgomotului rezultat în cazul 37, pe toată artera simulată, pentru fiecare sursă în parte, în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

Congestiile de trafic cauzate de extinderea ciclului semaforic de la 60 s la 120 s sunt prezente în toate scenariile și în toate configurațiile de trafic. Se observă influența congestiilor de trafic asupra nivelului de zgomot în special în scenariile SEMAFOARE NESINCRONIZATE (fig. 7.58-b) și UNDA VERDE (7.59-b) (nivelul de zgomot ajunge la 93 dB(A) în aproape toate intersecțiile).

7.2.5. Concluzii privind influența scenariilor de trafic și a infrastructurii de trafic existente pe o arteră mare de drum, asupra nivelului de zgomot

Din analiza celor patru situații: configurația drumului fără bandă dedicată exclusiv circulației autobuzelor și fără stații de autobuz, configurația drumului prevăzut cu bandă dedicată autobuzelor dar fără stații de autobuz, configurația drumului fără bandă dedicată autobuzelor dar cu stații pentru autobuze și configurația drumului prevăzută atât cu bandă dedicată autobuzelor cât și cu stații de autobuz s-au obținut următoarele concluzii:

- Scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE s-a dovedit a fi cel mai eficient scenariu din punct de vedere al nivelului de zgomot, indiferent de parametrii probați și de infrastructura de drum;
- Congestiile de trafic se formează în toate cele trei scenarii, din cauza traficului dens, a numărului de autobuze, dar mai ales din cauza unui ciclu semaforic lung. Acest lucru duce la creșterea semnificativă a nivelului de zgomot, nu doar în intersecții, ci pe tot segmentul de drum;
- Se remarcă faptul că în majoritatea situațiilor în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, nivelul de zgomot este oarecum uniform distribuit în dreptul semafoarelor și nu există diferențe mari între nivelurile de zgomot de pe sensul de circulație V-E și nivelurile de zgomot de pe sensul de circulație E-V; Același echilibru între nivelurile de zgomot din dreptul semafoarelor de pe un sens, dar și de pe celălalt se remarcă și în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE, unde însă, spre deosebire de scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, nivelurile de zgomot sunt foarte ridicate, diferențele în anumite situații ajungând și la 5 dB(A);
- Scenariul UNDA VERDE obține rezultate foarte bune pe sensul pe care este implementată unda verde, reușind un nivel de zgomot scăzut, cu excepția primului semafor, unde, de regulă autovehiculele trebuie să oprească. Problema se observă în schimb, pe sensul opus undei verzi, unde nivelurile de zgomot sunt ridicate existând diferențe foarte mari. Așadar unda verde poate reprezenta o soluție bună pe drumurile cu sens unic, aglomerate, sau pe drumurile pe care există un flux de trafic ridicat doar pe un sens, celălalt fiind mai degajat;
- O altă concluzie importantă este legată de faptul că în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, diferențele privind nivelurile de zgomot observate în cazurile cu bandă dedicată circulației autobuzelor și cele fără bandă pentru autobuze, sunt mici. Acest lucru este îmbucurător deoarece nu toate orașele beneficiază de infrastructura necesară, de suficient spațiu pentru a crea o bandă dedicată autobuzelor. De cele mai multe ori spațiul existent este folosit pentru parcuri (o altă problemă cu care se confruntă de regulă autoritățile locale);
- Influența numărului de autobuze participante la trafic asupra nivelului de zgomot se observă cel mai mult în dreptul stațiilor de autobuz. Accelerațiile acestora generează un nivel de zgomot ridicat.

7.3. Analiza mobilității în Modelul 2

După analizarea cazurilor probate din punctul de vedere al nivelului de zgomot s-a realizat și o analiză din punctul de vedere al mobilității traficului pentru Modelul 2.

Analiza mobilității se realizează pentru ambele sensuri de circulație urmărindu-se timpul parcurs de către autovehiculele introduse în rețeaua de drum, în cele trei scenarii diferite. În figurile următoare este reprezentat timpul parcurs de către autovehiculele introduse în rețeaua de drum, în cele trei scenarii diferite.

Pentru diferențierea autovehiculelor s-a folosit culoarea roșu pentru autoturisme, iar pentru autobuze, culoarea verde, în toate scenariile.

7.3.1. Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 1

Pentru direcția V-E, în cazul autoturismelor (fig. 7.67), cel mai bun rezultat este obținut în scenariul UNDA VERDE, cu o medie de 215 secunde, timp de parcurgere a celor 2 km de drum, urmat de scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, cu 229 secunde. Lucrurile stau diferit pe sensul de circulație E-V, unde scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE a obținut rezultate mai bune atât pentru autoturisme cât și pentru autobuze, urmat de scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

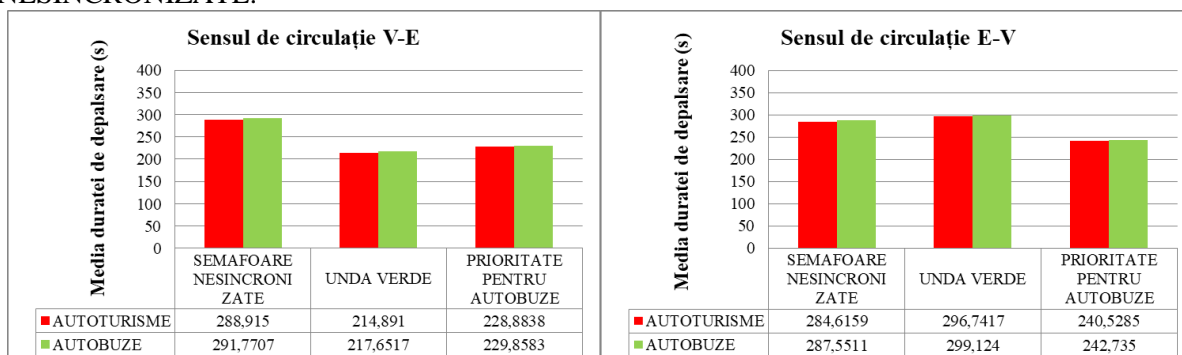


Fig. 7.67. Rezultatele privind durata de deplasare a autovehiculelor în Configurația 1 (stânga- sensul V-E, dreapta- sensul E-V).

Urmărind ambele sensuri de circulație, cele mai slabe rezultate s-au înregistrat în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE, iar cele mai mari variații de la un sens la celălalt se observă în scenariul UNDA VERDE. Acest lucru se întâmplă din cauza faptului că, la generarea unei unde verzi pe un sens de circulație, se generează automat o undă roșie pentru celălalt sens.

Analizând toate situațiile se observă faptul că scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE obține cele mai bune rezultate. Diferențele dintre sensurile de circulație în acest scenariu sunt mai mici decât în scenariul UNDA VERDE, atât pentru autoturisme cât și pentru autobuze.

7.3.2. Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 2

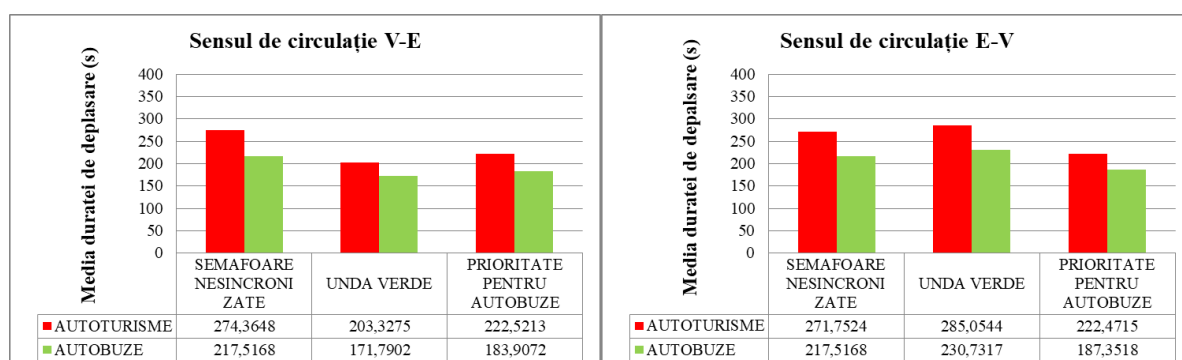


Fig. 7.68. Rezultatele privind durata de deplasare a autovehiculelor în Configurația 2 (stânga- sensul V-E, dreapta- sensul E-V).

În configurația 2 de trafic se introduce o bandă dedicată circulației exclusive a autobuzelor. Acest lucru se reflectă vizibil în rezultatele privind mobilitatea traficului, conducând la scăderea duratei de deplasare pe cei 2 km de drum atât pentru autobuze cât și pentru autoturisme în toate scenariile (fig. 7.68).

Cele mai slabe rezultate s-au înregistrat în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE, pentru ambele categorii de autovehicule (fig. 7.68).

Din nou pentru sensul V-E scenariul UNDA VERDE obține cele mai bune rezultate, cu o medie de 203 secunde pentru autoturisme și 172 secunde pentru autobuze, urmat de scenariul

PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE cu o medie de 223 secunde pentru autoturisme și 184 secunde pentru autobuze.

De asemenea se observă diferențele mari de timp dintre sensurile de circulație pentru scenariul UNDA VERDE: media autoturisme pentru E-V fiind de 285 secunde, iar pentru autobuze, 231 secunde.

Pentru sensul de circulație E-V, cele mai bune rezultate le înregistrează scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, cu o medie de 222 secunde pentru autoturisme și 187 secunde pentru autobuze, urmat fiind de scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE cu o medie de 272 secunde pentru autoturisme și 218 secunde pentru autobuze. Se remarcă rezultatele echilibrate de pe ambele sensuri din scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

7.3.3. Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 3

Eliminarea benzii dedicate exclusiv circulației autobuzelor și introducerea stațiilor de autobuz conduc la creșterea semnificativă a duratei călătoriei autovehiculelor în special pentru autobuze, înregistrându-se valori medii care depășesc 320 secunde în toate scenariile, pe ambele sensuri de circulație (fig. 7.69).

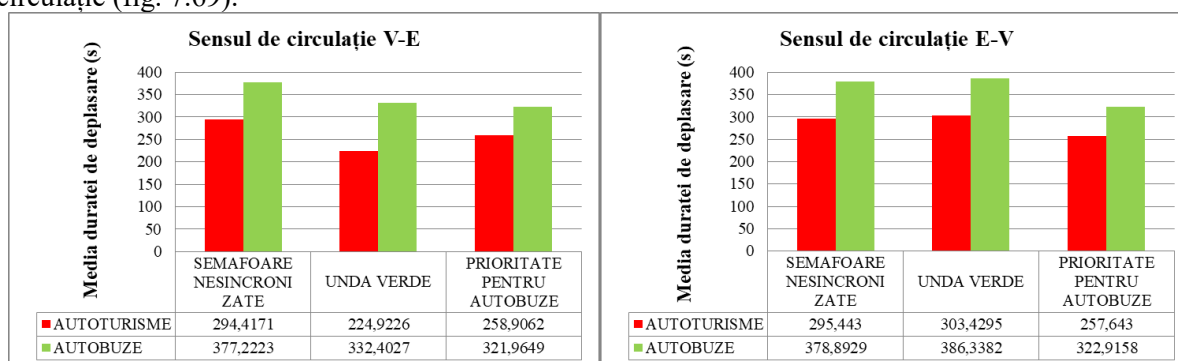


Fig. 7.69. Rezultatele privind durata de deplasare a autovehiculelor în Configurația 3 (stânga- sensul V-E, dreapta- sensul E-V).

Per total, cele mai slabe valori pentru ambele sensuri și categorii de autovehicule se observă în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE cu o medie de 294 secunde pentru autoturisme V-E și 295 secunde E-V, iar pentru autobuze 377 secunde pentru V-E și 379 secunde E-V. În continuare cele mai bune rezultate pentru autoturisme le obține scenariul UNDA VERDE pe sensul V-E cu o medie de 225 secunde, însă pentru autobuze lucrurile stau diferit. Pe sensul de circulație E-V, UNDA VERDE înregistrează cele mai slabe rezultate, cu o medie de 303 secunde, pentru autoturisme. Cu toate că și în cazul scenariului PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE s-a înregistrat un rezultat slab din punctul de vedere al timpului de călătorie al autovehiculelor, rămâne cel mai echilibrat scenariu comparând cele două sensuri de circulație.

7.3.4. Discuții privind timpul necesar parcurgerii celor 2 km de drum pentru cazurile probate pentru configurația nr. 4

În cazul acestui model de infrastructură, (un drum prevăzut cu bandă dedicată exclusiv circulației autobuzelor și cu stații de autobuz), nu sunt diferențe mari între cele trei scenarii.

Pe sensul de circulație V-E cele mai slabe rezultate s-au obținut în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE, cu o medie de 274 secunde pentru autoturisme și 292 secunde pentru autobuze. Pe sensul E-V se observă faptul că scenariul UNDA VERDE obține cele mai slabe rezultate, cu o medie de 285 de secunde pentru autoturisme și 320 secunde pentru autobuze.

Se observă faptul că rezultatele obținute în scenariul UNDA VERDE sunt foarte apropiate de cele obținute în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE, pe ambele sensuri de circulație (fig. 7.70).

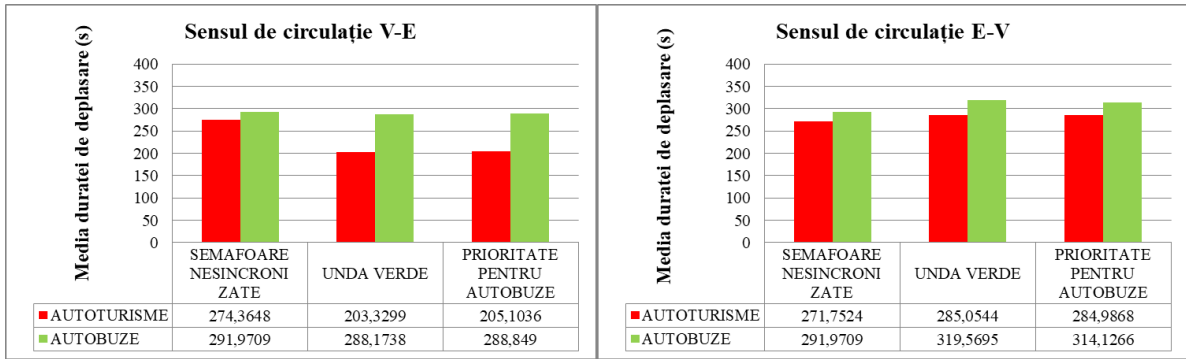


Fig. 7.70. Rezultatele privind durata de deplasare a autovehiculelor în Configurația 4 (stânga- sensul V-E, dreapta- sensul E-V).

Cele mai slabe rezultate s-au obținut în scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE. Se remarcă faptul că rezultatele obținute în scenariul UNDA VERDE sunt foarte apropiate de cele obținute în scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE.

7.3.5. Concluzii privind mobilitatea traficului în cele trei scenarii probate

În cazul scenariului SEMAFOARE NESINCRONIZATE, introducerea benzii pentru autobuze reduce considerabil timpul de parcurgere a celor 2 km de drum de către autobuze, diferența fiind de până la 80 de secunde mai puțin timp în situațiile fără stații de autobuz și 87 de secunde în situațiile cu stații de autobuz. În cazul autoturismelor diferențele sunt mici.

În cazul scenariului UNDA VERDE, introducerea benzii pentru autobuze reduce considerabil timpul de parcurgere a celor 2 km de drum de către autobuze și autoturisme diferența fiind de până la 65 de secunde mai puțin timp.

Diferențele în cazul scenariului PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE nu sunt atât de mari ca în celelalte două scenarii, cea mai mare diferență ajungând la mai puțin de un minut (45 de secunde mai exact).

Acest lucru este îmbucurător pentru autoritățile locale care doresc implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor însă nu beneficiază de infrastructura rutieră necesară pentru a oferi o bandă dedicată autobuzelor.

În figura 7.71 este prezentată evoluția de ansamblu a scenariilor testate, cu rezultatele grupate pe fiecare tip de configurație simulată.

Astfel, se observă faptul că în toate configurațiile de drum, scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE obține cele mai bune rezultate privind timpul de călătorie al autovehiculelor pe parcursul celor 2 km de drum simulat, fiind urmat de scenariul UNDA VERDE și cu cele mai slabe rezultate, scenariul SEMAFOARE NESINCRONIZATE.

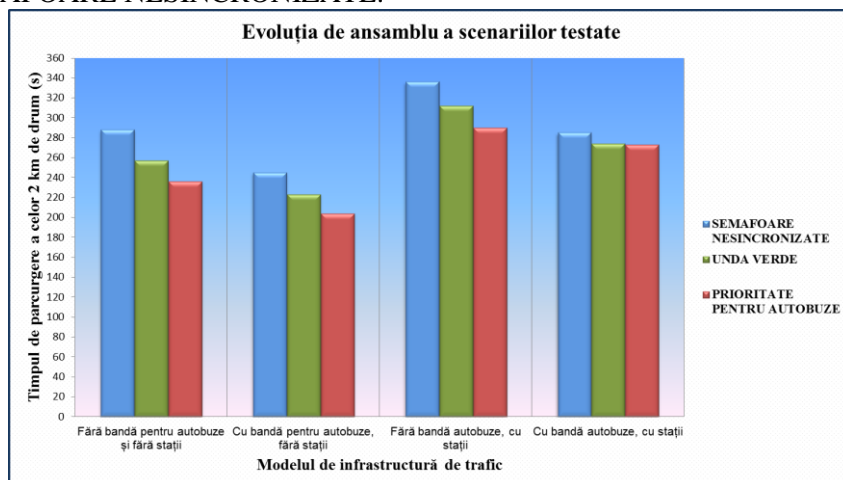


Fig. 7.71. Reprezentarea grafică a duratei de deplasare a autovehiculelor, pe toate modelele de infrastructură testate și pentru toate scenariile.

8. VALIDAREA MODELULUI DE TRAFIC VISSIM ȘI A MODELULUI DE CALCUL AL ZGOMOTULUI CNOSSOS, ÎN MUNICIPIUL BACĂU, ROMÂNIA

Pentru validarea modelului de trafic VISSIM și modelului de calcul al zgomotului CNOSSOS, s-a ales o stradă circulantă din orașul Bacău, România. În primă fază s-a analizat foarte bine zona, pentru a identifica dacă există suficientă densitate de trafic și dacă îndeplinește anumite condiții legate de infrastructură. De asemenea s-a analizat compoziția de trafic din oraș, pe baza datelor existente.

8.1. Analiza statistică a parcului auto Bacău

Cu toate că se înregistrează o continuă creștere a parcului auto, se remarcă faptul că acesta nu este dominat de autovehicule noi, procentajul de autovehicule cu maxim 5 ani vechime fiind de 5% în 2016 [135]. În prezent, parcul auto a orașului Bacău însumează aproximativ 74.000 de autovehicule, conform Direcția Regim Permise de Conducere și Înmatriculare a Vehiculelor [107].

Analizând figura 8.1, unde este prezentată structura parcului auto din Bacău în funcție de anul fabricației, se poate constata faptul că autovehiculele cu o vechime de peste 10 ani sunt într-o proporție foarte mare (66,15 %). Dintre aceste autovehicule cele mai multe folosesc benzina drept combustibil, fiind urmate de motorină. În zona aleasă pentru studiul de validare traficul este reprezentat de autoturisme, autobuze și microbuze. În ceea ce privește transportul public în oraș, în municipiul Bacău există o infrastructură de bază reprezentată de stațiile de autobuz și autobază. Nu există benzi dedicate circulației exclusive a autobuzelor și nu este implementat niciun sistem inteligent de transport care să confere prioritate autobuzelor în intersecțiile semaforizate. Rețeaua transportului public în municipiul Bacău este distribuită pe 15 linii de autobuz, dintre care, 10 traversează zilnic zona aleasă pentru studiu.

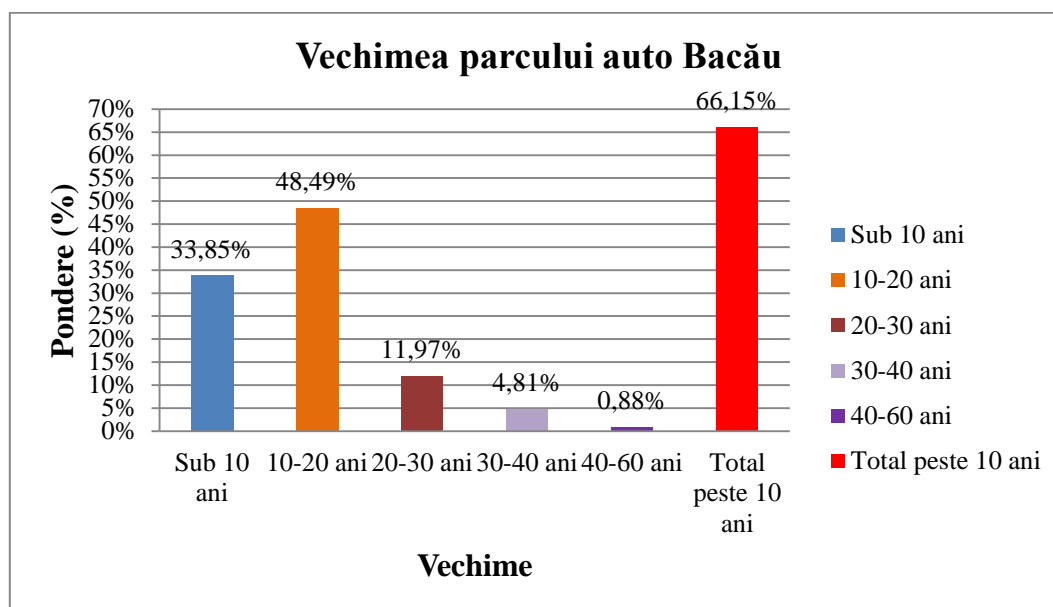


Fig. 8.1. Total autovehicule înmatriculate în Bacău, în funcție de anul fabricației [107].

8.2. Analiza vizuală a zonei selectate pentru studiu

Pentru a înțelege cât mai bine zona selectată pentru procesul de validare a modelelor de trafic (fig. 8.4), s-a realizat o analiză preliminară a traficului în zona desemnată.

Analiza vizuală a constat în monitorizarea traficului în diferite zile (lucrătoare respectiv zile de week-end) și în momente diferite ale zile. S-au definit trei intervale diferite astfel:

- Dimineața între orele 7:00-8:00 (trafic intens pe direcția S-N);
- La prânz, între orele 12:00-13:00 (ora mesei);
- După-amiaza, între orele 16:00-17:00 (trafic intens pe direcția N-S).

S-au urmărit următoarele aspecte:

- S-au monitorizat opririle autovehiculelor la semafor, timp de o oră (*număr autoturisme/oprire, număr autobuze/oprire*);
- S-au urmărit eventualele modificări privind ciclul semaforului.

În urma analizării traficului s-a observat un flux mare de autovehicule care opresc la semafor între orele 7:00 – 8:00, urmat fiind de orele după-amiezii (16:00 – 17:00) și orele prânzului, în zilele lucrătoare. În ceea ce privește analiza zilelor de week-end, fluxul de autovehicule este foarte redus, numărul autovehiculelor care opresc în dreptul semaforului fiind mic în comparație cu zilele lucrătoare. Ciclul semaforic identificat are o durată de 110 s și nu își schimbă configurația indiferent de oră sau tipul zilei.

Se precizează faptul că aceste date obținute se referă doar la autovehiculele oprite la semafor și nu la toate autovehiculele care circulă în respectivul interval de timp.

Această monitorizare a fost necesară pentru a identifica măsura în care autovehiculele staționează la semaforul respectiv, fluxul de trafic la diferite ore, pentru a alege momentul cel mai bun de a realiza măsurătorile de zgomot utilizate în procesul de validare.

8.3. Analiza experimentală. Metodologia de validare

8.3.1. Justificarea validării

Atunci când se lucrează cu traficul urban, nu se pot ignora factorii locali și studiile (ca cel de față) ale căror obiectiv este ca o măsură de reducere a zgomotului să fie extinsă la orice oraș din lume. Acești factori trebuie examinați și validați pentru regiunea în care se implementează respectiva măsură.

Impactul zgomotului asupra calității vieții și a mediului în orașe se poate determina prin identificarea unor parametri. Unii folosesc măsurători pe termen lung, precum L_{zsn} , L_{noapte} , L_{Aeq} . Există însă tot mai multe studii care analizează evenimentele sonore ca un factor care trebuie luat în considerare în elaborarea planurilor de acțiune împotriva zgomotului. Indicatorii de zgomot care captează cel mai bine acest tip de disconfort sunt LAF_{max} sau distribuția numărului total de L_{Aeq} (în fiecare secundă), în intervalul de timp analizat.

Prin urmare, acest capitol final își propune să analizeze capacitatea predictivă a metodei de lucru utilizate în lucrare, pe un bulevard din Bacău. De aceea, acest capitol este tratat în mod independent, întrucât include propriile ipoteze, metodologii și instrumente de analiză. Se propun următoarele ipoteze:

Ipoteza 1. Odată ce modelul de trafic a fost calibrat în VISSIM, datele de zgomot L_{Aeq} măsurate în traficul total care circulă pe Calea Mărășești și datele de zgomot L_{Aeq} obținute prin simularea traficului total al aceluiași bulevard, folosind metoda propusă în capitolul 6, sunt la fel.

Ipoteza 2. Odată ce modelul de trafic a fost calibrat pentru circulația autobuzelor care circulă pe Calea Mărășești, măsurătorile de zgomot de mediu LA_{max} ale fiecărei treceri de autobuz și datele simulate LA_{max} ale aceluiași treceri de autobuz folosind metoda propusă în capitolul 6 sunt diferite.

8.3.2. Aspecte generale ale metodologiei de validare

Validarea prin scenarii virtuale și reale reprezintă măsuri obligatorii pentru evaluarea eficacității metodologiei dezvoltate. Validarea este o sarcină complexă, deoarece se confruntă cu nevoia de a compara rezultatele obținute cu valori măsurate și presupuse ca fiind adevărate. Trebuie să se țină cont de faptul că nivelurile de imisie pot fi măsurate și calculate cu incertitudinile acestora.

Procesul de validare urmărește să răspundă la o serie de întrebări care implică aprobarea valabilității și generalizării metodei în alte regiuni și situații. În acest caz validarea se realizează pentru orașul Bacău, România.

Progrese așteptate

Așteptările acestui proces de validare constau în crearea unui sistem de predicție care să evalueze mai bine eficiența planurilor de acțiune împotriva zgomotului bazate pe gestionarea traficului rutier în general și pe baza promovării transportului public în particular, aplicabil la orașul Bacău.

8.3.3. Metodologia de validare

Orice metodologie utilizată pentru analiza măsurilor de reducere a zgomotului ambiental trebuie adaptată la posibilitatea folosirii acesteia în realitate. Astfel, este necesar să se realizeze studii de teren ale parametrilor introduși în metodă legat de definirea traficului și a nivelurilor de zgomot generate de autovehicule. Ținând cont că al doilea parametru depinde de primul s-au definit o serie de pași precizați în continuare:

Pasul 1: Realizarea unor măsurători de zgomot pe un bulevard care să îndeplinească anumite caracteristici simple;

Pasul 2: Simultan cu măsurătorile de zgomot s-a înregistrat video, traficul. Acest lucru permite definirea densității traficului și a procentajelor de autoturisme, motociclete, autobuze etc.;

Pasul 3: Măsurători de viteză și accelerație pentru autobuze;

Pasul 4: Aplicarea metodologiei predicției dinamice a zgomotului (VISSIM-CNOSSOS) așa cum este stabilită în capitolul 6, care înseamnă generarea unui model VISSIM pentru bulevardul selectat și pentru momentul în care s-au realizat măsurătorii (doar în timpul măsurătorii). Acest lucru este important deoarece se intenționează corectarea modelului VISSIM pentru a ajunge la un nivel de realism pentru Bacău. Acest lucru presupune: identificarea densității traficului și a tipului de autovehicule care circulă în momentul măsurătorii, controlul semaforic în timpul măsurătorii, încorporarea datelor care reproduc un model de comportament mai realist al autovehiculelor în fluxul de trafic respectiv, din perioada măsurătorii.

Pasul 5. Rezultatele generate de CNOSSOS (puterea semnalului de zgomot) vor fi utilizate drept intrări pentru un model simplu de propagare care ajută la determinarea nivelelor de presiune acustică într-un punct receptor care imită poziția exactă a sonometrului față de drum. În acest mod se vor estima nivelurile de zgomot măsurate de sonometrul virtual pentru cazurile recreate în faza de simulare (Pasul 4).

Pasul 6: Analiza statistică a datelor rezultate, care permite coroborarea sau respingerea ipotezelor propuse.

Zona de studiu

Strada selectată pentru studiu (Calea Mărășești) este prevăzută cu 4 benzi de rulare dintre care două sunt pentru sensul S-N iar celelalte două pentru sensul N-S. A fost selectată această zonă pentru că îndeplinește anumite caracteristicile prezentate în continuare.

Caracteristicile drumului selectat pentru studiu:

- Una dintre cele mai importante caracteristici este legată de faptul că asfaltul se află în condiții bune și este neutru din punct de vedere acustic;
- Există o circulație fluidă a traficului: nu există obstacole de orice fel care să oblige autovehiculele să oprească sau să reducă viteza;
- Circulația autobuzelor: zona este traversată de un număr suficient de autobuze urbane;
- Circulația fluidă a autobuzelor: din poziția de măsurare;
- Vizibilitatea asupra secțiunii de drum: drumul este drept, cu vizibilitate totală pentru șoferi;
- Existența înclinărilor: nu este cazul;
- Tipul zonei: rezidențială;
- Locația în oraș: centrală;
- Lățimea minimă a benzii: de la 3 m la 3,5 m;
- Limita de viteză: 50 km/h;
- Ciclu semaforic: cât să nu conducă la crearea de congestii de trafic;
- Tipul anvelopelor: nu se admit anvelope de iarnă;
- Absența clădirilor și a suprafețelor reflectante verticale în vecinătatea sonometrului.

8.3.3.1. Măsurători de zgomot

Măsurătorile de zgomot s-au realizat în luna iunie 2018 din motive obiective care au legătură cu:

- Condițiile meteorologice nefavorabile care nu au permis realizarea măsurătorilor mai devreme de luna Iunie;
- Dotarea autoturismelor cu pneuri de iarnă (lucru care ar fi putut influența rezultatul măsurătorii);

- Condițiile privind infrastructura în zona de studiu (deteriorarea masivă a asfaltului în zona selectată pentru studiu, lucru soluționat cu puțin timp înainte de realizarea măsurătorilor).

Obiectivul principal al acestei campanii de măsurare este determinarea și descrierea nivelurilor de zgomot atribuite exclusiv traficului rutier de pe Calea Mărășești din Bacău. Domeniul de aplicare include următoarea compoziție de trafic auto: autoturisme și autobuze.

Măsurătorile au loc în scopul validării unui model de predicție a zgomotului și respectă preceptele și recomandările standardelor următoare: ISO 1996-1: 2016, ISO 1996-2: 2017 [139, 140].

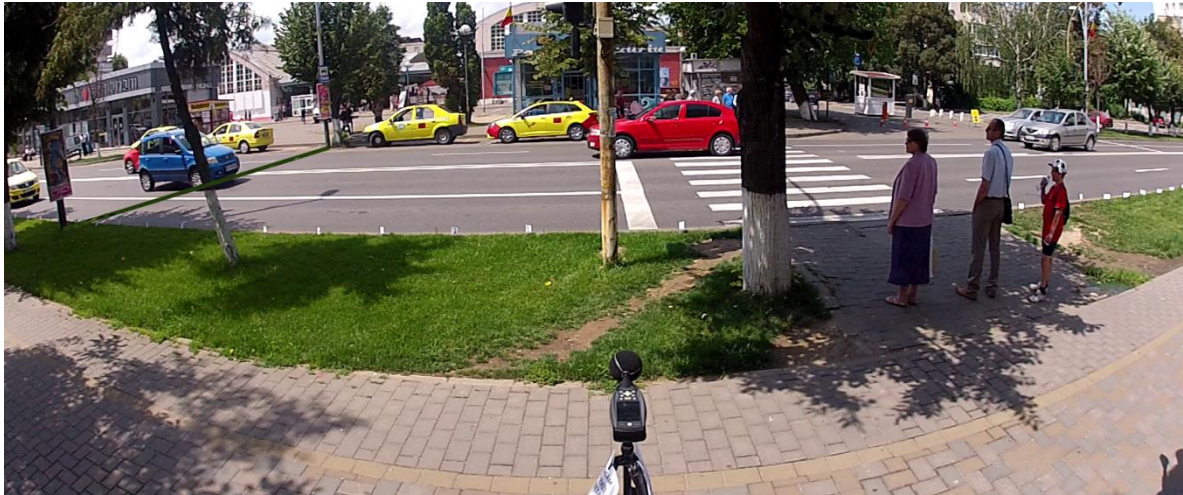


Fig. 8.19. Imagine din dreptul punctului de măsurare.

S-a realizat sesiunea de măsurători de zgomot (fig.8.19) conform planului de lucru, astfel:

- Proba spațială exterioară: constă într-un singur punct situat la 7,5 m de jumătatea benzii nr. 1 de circulație (cea mai apropiată). Microfonul a fost situat la o înălțime de 1,3 metri, pe trepid;
 - Poziția microfonului a fost stabilită conform specificațiilor din metodologia Harmonoise [47], la 7,5 m de linia de centrul a celei mai apropiate benzi (traectoria autovehiculelor pe banda cea mai apropiată). Această recomandare asupra punctului de măsurare a zgomotului din trafic este conform cu proiectul IMAGINE și ISO-362-1 [138, 150].
 - Sonometrul este instalat pe bordură, în dreptul liniei de oprire a autovehiculelor la semafor. Poziția este influențată minim de efectele atmosferice, lucru care garantează repetabilitatea și reproductibilitatea probelor.
 - Corecții pentru suprafețe reflectante: sunt realizate conform recomandărilor ISO-1996-1 și 2 [139, 140]. S-a măsurat departe de fațadele clădirilor și a obstacolelor verticale și prin urmare nu a trebuit corectată reflexia;
- Proba temporală: constă în măsurarea pe termen scurt (60 minute) a zgomotului, cu date înregistrate la fiecare secundă;
 - S-a folosit camera video pentru a identifica simultan aceleași fenomene în aceeași perioadă de analiză;
 - Norma ISO-1996 [140] propune un număr minim de treceri de autovehicule per categorie, pentru a determina cu claritate valoarea L_{max} . În cazul autobuzelor stabilește ca recomandare, măsurarea a 30 de autobuze, dar un minim de 10;
- Înregistrări de trafic: densitatea traficului s-a estimat folosind înregistrările video;
- Înregistrări ale variabilelor meteorologice: s-a măsurat temperatura, umiditatea relativă, viteza vântului și direcția și presiunea atmosferică/

Rezultatul măsurătorilor de zgomot

Măsurătoarea efectuată în teren a generat o înregistrare de 1 oră cu valori ale zgomotului măsurate din secundă în secundă. Această înregistrare de date a nivelului de zgomot L_{Aeq} este cea prezentată în figura 8.20.

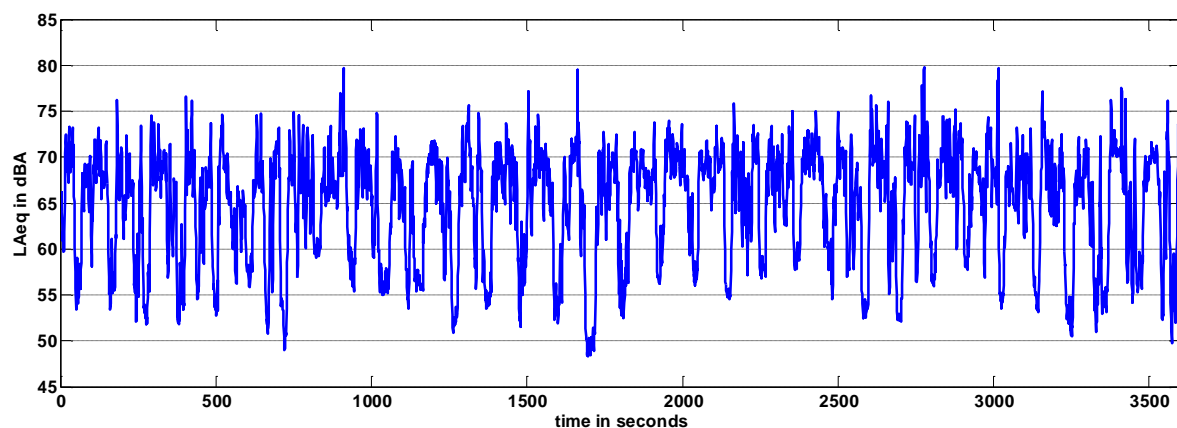


Fig.8.20. Variația nivelului de zgomot măsurat în intervalul de timp (1 h), odată corectate anomaliile care nu pot fi simulate în VISSIM.

În cele din urmă, măsurătorile au o distribuție care poate fi văzută în histograma reprezentată în figura 8.21.

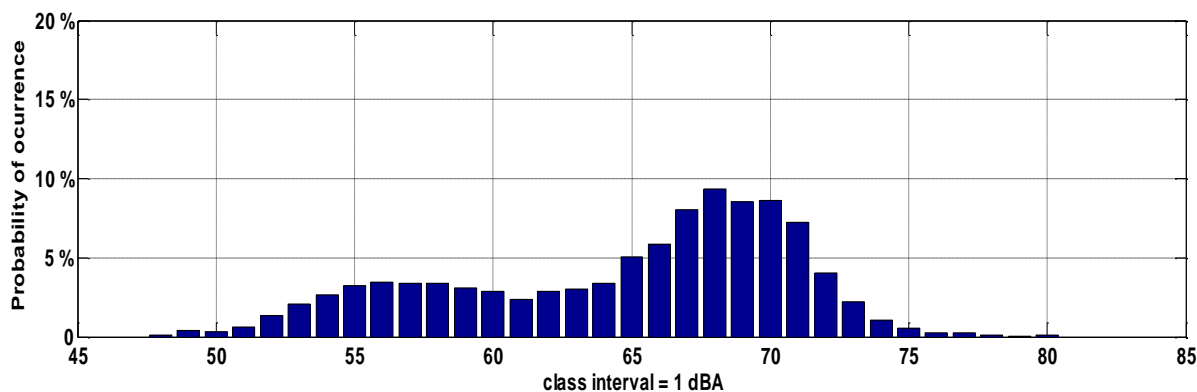


Fig. 8.21. Distribuția măsurătorilor L_{Aeq} în fiecare secundă, reprezentate în figura 8.20. odată corectate anomaliile.

L_{Aeq} total din seriile reprezentate în figurile 8.20 și 8.21 este de 67,9 dBA, media aritmetică este 64,76 dBA, și abaterea standard = 6,12 dBA. Statisticile acumulate în timpul măsurătorii sunt $LAF_{max} = 85,6$ dBA și $LAF_{min} = 47,6$ dBA.

8.3.3.2. Măsurători de trafic. Metodologie

Determinarea vitezei traficului

a) Înregistrările pistolului radar

Pistolul radar a fost folosit pentru a stabili viteza și accelerația autobuzelor într-un mod primordial. Astfel s-a putut testa precizia vitezei efectuate pe baza imaginilor.

Trebuie luat în considerare faptul că modul de măsurare a vitezei autovehiculelor folosind pistolul radar intimidează șoferii care cred că vor fi amendați pentru depășirea vitezei. Acesta este motivul pentru care a fost eliminată din acest studiu utilizarea sa sistematică și s-au prelevat probe doar pentru autobuze.

b) Estimarea vitezei traficului folosind imaginile captate la fața locului

Realizată pentru autoturisme și autobuze, astfel:

- Se măsoară viteza autovehiculelor de pe toate benzile de circulație;
- Se măsoară viteza autobuzelor în direcțiile S-N și N-S;
- Autoturismele alese pentru efectuarea măsurătorilor sunt cele care se aflau în capul plutonului creat din cauza semaforului din amonte față de punctul central din studiu. Au fost incluse și autovehiculele izolate.

De subliniat faptul că a fost măsurată viteza autoturismelor integrate într-un pluton de autovehicule, deoarece ceea ce interesează este viteza de croazieră pe care șoferii doresc să o atingă (ideală) și nu cea pe care o impune traficul rutier.

A. Rezultate estimare viteză pentru autoturisme

S-a determinat viteza de circulație pentru aproximativ 60 de autoturisme de pe ambele sensuri de circulație, obținându-se o distribuție a vitezelor conform figurii 8.25.

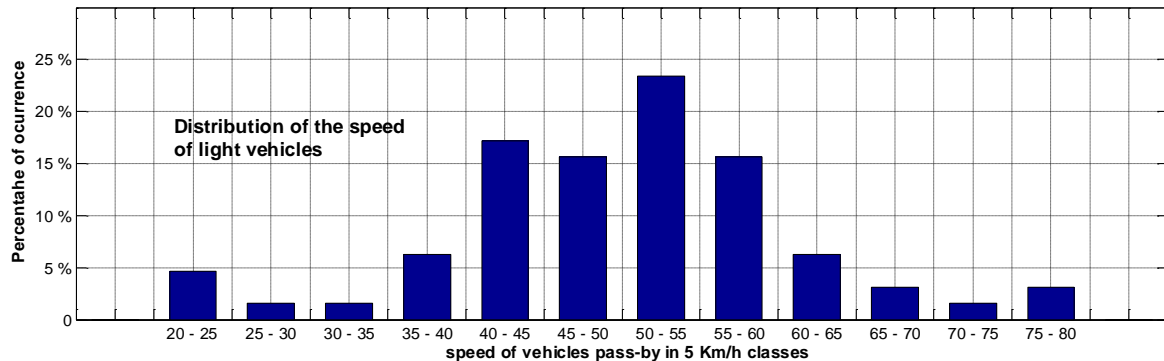


Fig. 8.25. Viteza de croazieră (ideală) estimată, a autoturismelor în timpul măsurătorii (abscisă= viteza, ordonată= procentaj autoturisme).

B. Rezultate estimare viteză pentru autobuze

Determinarea vitezei autobuzelor identificate s-a realizat clasificându-le în funcție de marca fiecăruia, astfel permițând corelarea anumitor parametri de zgomot cu alți parametri caracteristici modelului de autobuz (de exemplu: se cunoaște vechimea fiecărei mărci de autobuz care circulă în oraș).

Viteza a fost estimată pe baza imaginilor și verificată folosind pistolul radar, pentru toate autobuzele identificate pe sensul de circulație de interes (S-N) (fig. 8.26).

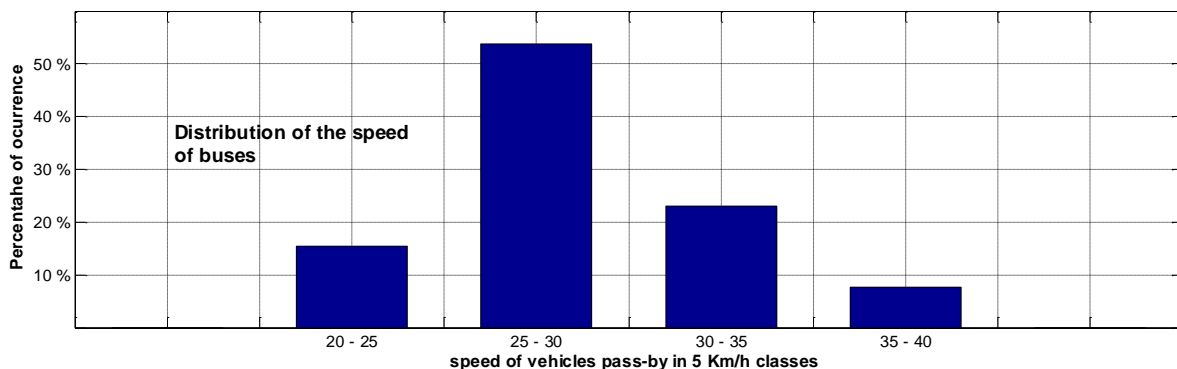


Fig. 8.26. Viteza de croazieră (ideală) estimată și verificată, a autoturismelor în timpul măsurătorii (abscisă= viteza, ordonată= procentaj autobuze).

Analizând datele privind viteza autobuzelor se constată faptul ca rezultatele obtinute cu ajutorul estimării realizate pe baza imaginilor sunt aproximativ egale, uneori identice, cu rezultatele înregistrate de pistolul radar. În acest fel s-a realizat o autoevaluare a metodei utilizate pentru estimarea vitezei traficului.

Autobuzele Mercedes Conecto generează un tip de zgomot de natură tonală și de frecvență joasă care are un impact adițional asupra mediului înconjurător din punctul de vedere al zgomotului deoarece se propagă în interiorul locuințelor situate în apropierea acestei străzi traversate de acest tip de autobuze.

Figurile privind spectrul de frecvență corespunzător rulării fiecărui autobuz identificat în măsurătoare oferă informații despre tonalități.

Valorile următoare observate în figurile privind spectrul de frecvențe pentru marca de autobuz Mercedes Conecto sunt următoarele:

- Autobuz 3 $L_{Zeq}, 50 \text{ Hz} = 90,4 \text{ dB}$;
- Autobuz 7 $L_{Zeq}, 50 \text{ Hz} = 80,2 \text{ dB}$;
- Autobuz 8 $L_{Zeq}, 50 \text{ Hz} = 96,1 \text{ dB}$;
- Autobuz 17 $L_{Zeq}, 50 \text{ Hz} = 86,4 \text{ dB}$;
- Autobuz 18 $L_{Zeq}, 50 \text{ Hz} = 87,3 \text{ dB}$;
- Autobuz 20 $L_{Zeq}, 125 \text{ Hz} = 89 \text{ dB}$.

Fiind un rezumat, se vor prezenta demonstrativ rezultatele privind spectrul de frecvențe și rezultatul privind viteza captată de pistolul radar pentru două autobuze marca Mercedes Conecto. Primul (autobuz 3) este un autobuz captat de pistol în regim de croazieră, iar al doilea (autobuz 9) a fost captat încă de la pornirea de la semafor la apariția culorii verzi. Această mișcare a autobuzelor se observă în figurile 8.29 și 8.35.

În tabelul 8.25 Sunt prezentate datele privind rularea autobuzului nr. 3. Aceste date includ numărul autobuzului, viteza estimată de rulare, ora și datele privind zgomotul generat în momentul rulării.

Tabelul 8.25.

Date privind viteza estimată și zgomotul generat de autobuzul nr. 3.

Autobuz	Viteza estimată	Ora sonometru		L_{Aeq} dB	L_{Ceq} dB	LAF_{max} dB
BUS 3	29 km/h	12:13:01	12:13:02	68,5	87,8	69,8
		12:13:02	12:13:03	72,6	92,8	73,8
		12:13:03	12:13:04	73,7	90,5	74,3
		12:13:04	12:13:05	70,3	88,7	72,9

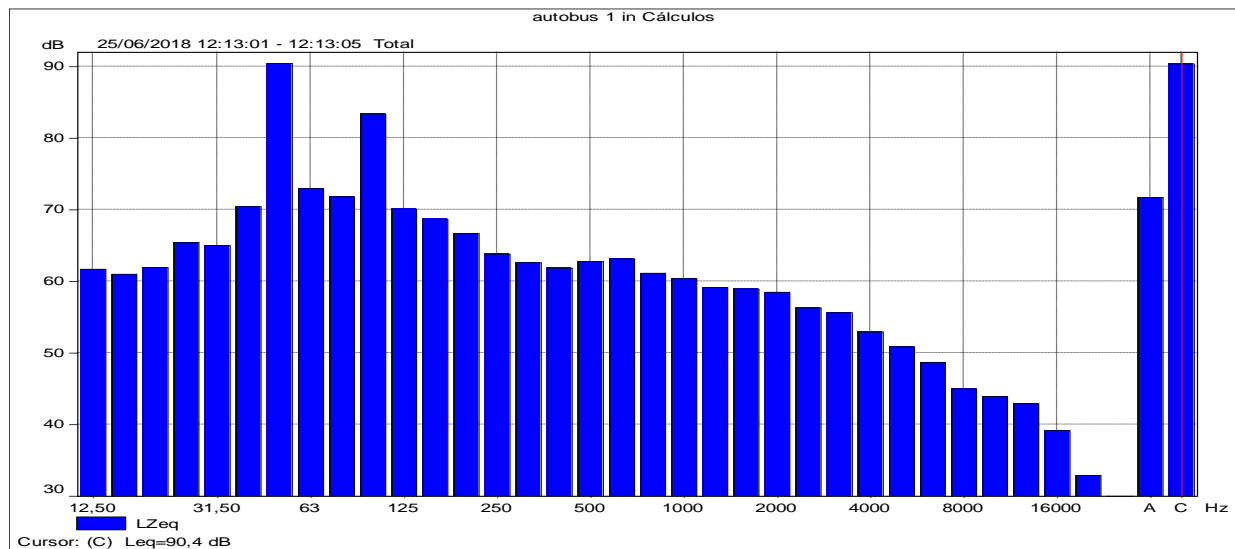


Fig. 8.28. Spectru de frecvențe înregistrate în timpul rulării autobuzului nr. 3.

În figura 8.28 privind spectrul de frecvențe pentru autobuzul nr. 3 se poate observa un ton de vârf de 90,4 dB corespunzător frecvenței de 50 Hz și un alt ton de vârf la 100 Hz, cu o valoare de 83,4 dB. Pe tot parcursul rulării, acest autobuz înregistrează foarte mult zgomot de natură tonală de joasă frecvență.

Autobuzul 3 este captat rulând cu o viteză de 30 km/h păstrând o viteză aproximativ constantă. În secunda 9, pe grafic (fig. 8.29), autobuzul 3 iese din raza de viziune a pistolului, de aici rezultând o scădere bruscă a vitezei pe grafic, întrucât niciun alt autoturism/autobuz un a mai fost reperat la momentul respectiv.

Rezultatul obținut pe baza estimării vitezei cu ajutorul imaginilor captate la fața locului este de 29 km/h (tabel 8.25).

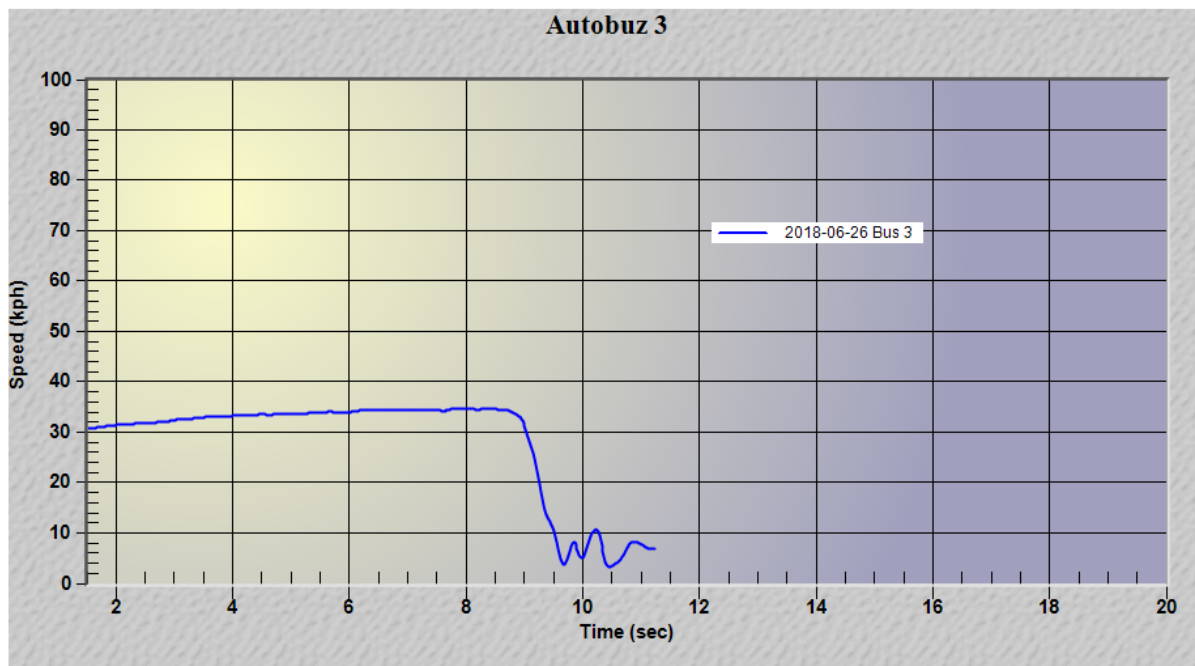


Fig. 8.29. Reprezentarea grafică a vitezei autobuzului nr. 3 măsurată folosind pistolul radar. Secțiunea corespunzătoare trecerii autobuzului reprezentată pe abscisă (începând cu secunda 1 până la secunda 9; restul secțiunilor sunt interferențe ale altor autoturisme).

Tabelul 8.28.

Date privind viteza estimată și zgomotul generat de autobuzul nr. 9.

Autobuz	Viteza estimată	Ora sonometru		L_{Aeq} dB	L_{Ceq} dB	LAF_{max} dB
BUS 9	accelerează de la 18 km/h	12:30:01	12:30:02	66	87,9	67,2
		12:30:02	12:30:03	70,9	92,6	72,7
		12:30:03	12:30:04	75,2	91,9	76,7
		12:30:04	12:30:05	77,2	88	77,5
		12:30:05	12:30:06	74,7	83	77,7

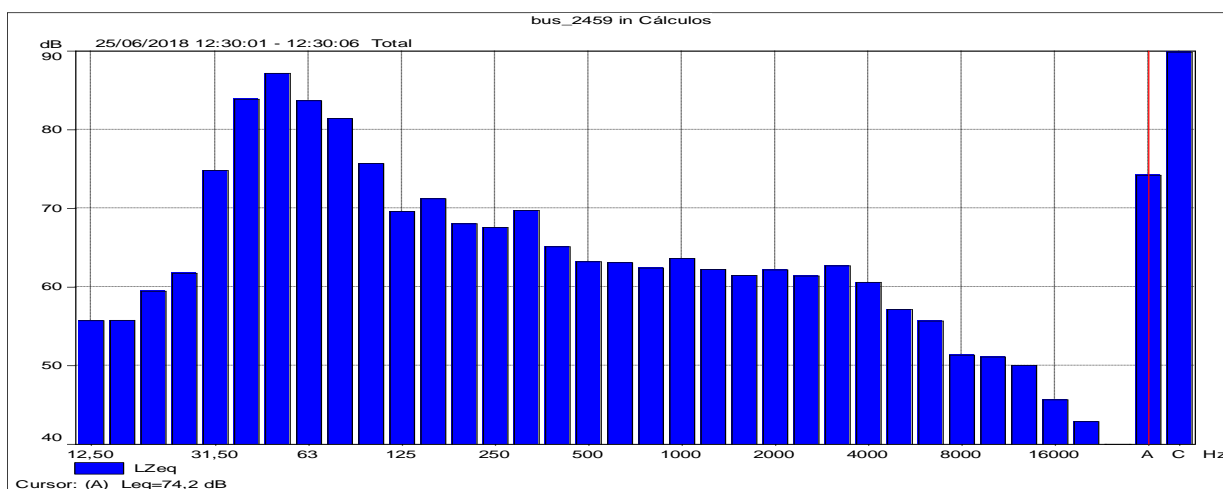


Fig. 8.34. Spectru de frecvențe înregistrate în timpul rulării autobuzului nr. 9.

În figura 8.34 se observă foarte multe componente de joasă frecvență înregistrate în timpul rulării autobuzului nr. 9: la 50 Hz – 87,2 dB. Autobuzul 9 al cărui viteză este reprezentată în figura 8.35 este captat de pistol, încă din momentul accelerării de la semafor, ajungând la 20 km/h. În

secunda 15,5 autobuzul iese din raza de viziune a pistolului. Variația de viteză observată după acest timp se atribuie mișcării altor autoturisme participante la trafic.

Viteza estimată pe baza imaginilor ajunge aproximativ la 18 km/h (tab.8.28), în intervalul de timp în care autobuzul 9 se află în raza de viziune a camerei GoPro.

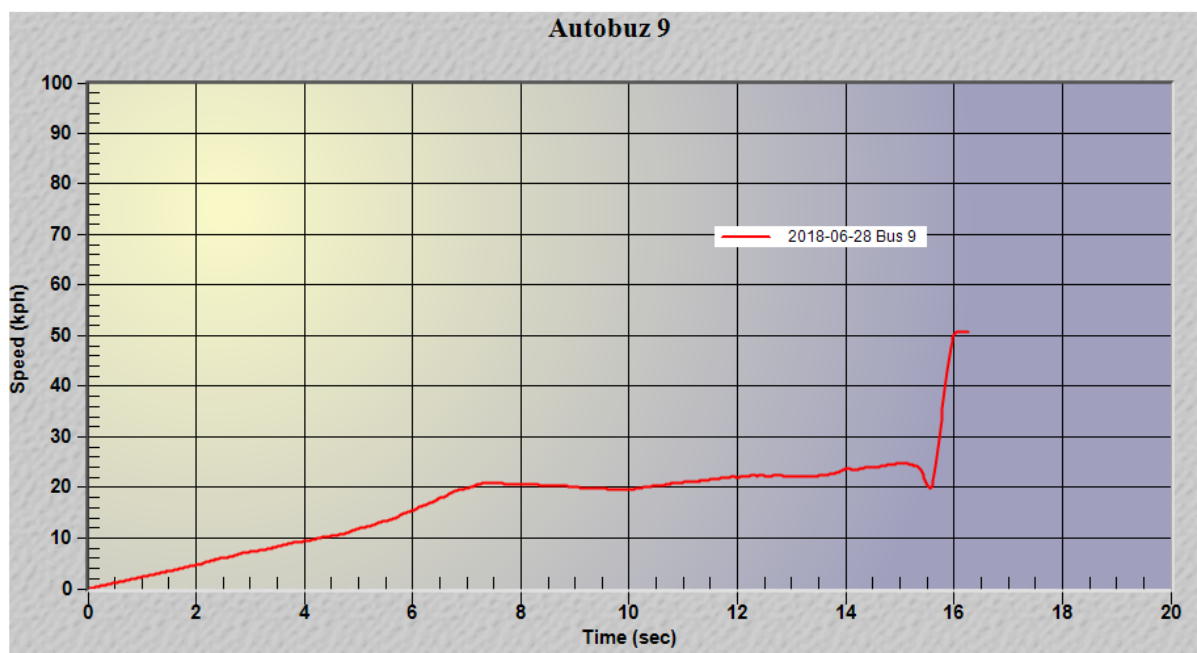


Fig. 8.35. Reprezentarea grafică a vitezei autobuzului nr. 9 măsurată folosind pistolul radar. Secțiunea corespunzătoare trecerii autobuzului reprezentată pe abscisă (începând de la 7 până la secunda 15,5; restul secțiunilor sunt interferențe ale altor autoturisme).

8.3.4. Aspecte metodologice ale calculului de presiune sonoră folosind modelul de calcul al zgomotului prezentat în capitolul 6

Necesitatea unui calcul de propagare. În cadrul analizelor efectuate în această teză până în acest punct, evaluarea eficacității planurilor de acțiune privind reducerea zgomotului din trafic s-a bazat pe analiza puterii sonore emise de drum (L_{AW}' generat pentru fiecare metru și în fiecare secundă). Utilizarea puterii sonore în loc de nivelul de presiune acustică permite o metodă de comparare obiectivă și robustă, în timp ce nivelul presiunii acustice mai depinde și de alte variabile (în afară de puterea sonoră a sursei de zgomot) cum ar fi condițiile de propagare sau zgomotul de fond.

Metoda de calcul a zgomotului dezvoltată în capitolul 6 realizează, de asemenea, evaluări flexibile, care permit o adaptare pentru fiecare caz în parte. Această flexibilitate permite o analiză din punct de vedere spațial cât și temporal, în funcție de sursa de zgomot, sau tipul autovehiculului.

Problema apare din cauza necesității de a compara niveluri de zgomot înregistrate de sonometru în timpul măsurătorii, cu niveluri de zgomot estimate pentru un sonometru virtual, care va înregistra acele variații de putere sonoră generate din modelul de calcul al zgomotului VISSIM+CNOSSOS. Pentru a face acest lucru există două opțiuni diferite. Unul constă în utilizarea soft-ului CadnaA [101]. Al doilea se referă la generarea unui script în Matlab care să calculeze respectiva propagare.

În acest caz, calculul propagării nivelului de zgomot s-a realizat conform specificațiilor ISO-9613-2.

Standardul internațional ISO-9613-2 se utilizează pentru a calcula propagarea sunetului în exterior și, pentru a calcula nivelul presiunii acustice în benzi de octavă în orice punct receptor. În condițiile studiului de față (sursă de zgomot – un drum) pentru calculul propagării se folosește ecuația (7) [151, 152]:

$$L_p(t,s) = L_{AW}'(t,s) - 20 \log_{10} d(s) - 8 \text{ (dB)} \quad (7)$$

Unde t este timpul de simulare iar s – spațiul (poziția autovehiculelor de-a lungul drumului x – în VISSIM).

8.3.5. Modelul VISSIM adaptat la Bacău

Folosind VISSIM se recrează ceea ce a fost colectat în zona de studiu, în legătură cu configurația drumului, semafoarele, numărul de autovehicule și compoziția traficului (fig. 8.76). Un lucru foarte important este includerea parametrilor reali ai vitezei de croazieră și ai accelerației (parametrii programului).

Se începe cu următoarea configurație: se propune verificarea metodologiei propuse care utilizează combinația VISSIM-CNOSSOS pentru a vedea dacă este corectă sau prezintă o problemă pentru modelarea străzilor din România. Prin calibrarea modelului VISSIM cu privire la situația locală, se vor introduce datele reale de trafic (colectate în timpul testului) și vitezele autovehiculelor (estimate sau măsurate).

Cu distribuția vitezei identificate, a fost generat un model VISSIM în care s-au introdus următoarele categorii de comportament (tab. 8.45).

Tabelul 8.45.

Distributie pe tip de comportament. Valorile introduse în VISSIM pentru modelul îmbunătățit.

Denumire comportament	Culoare	Viteză ideală	Procentaj de autoturisme
Calm	Galben	<45 km/h	23 %
Normal	Alb	45 km/h - 55 km/h	43 %
Agresiv-condus sportiv	Roșu	>55 km/h	34 %

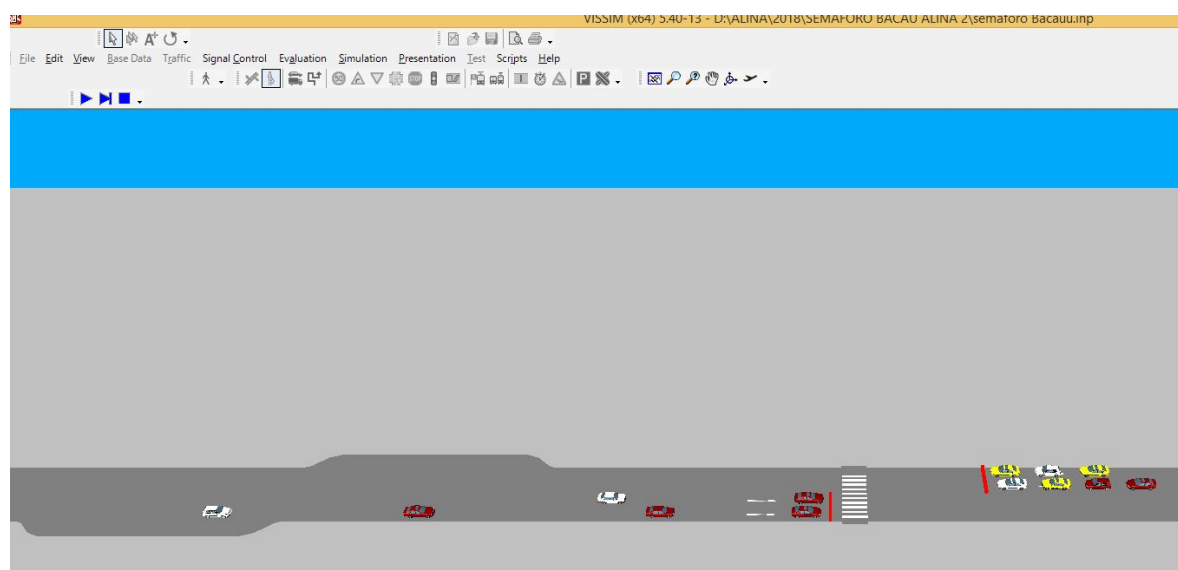


Fig. 8.76. Model VISSIM, unde se poate observa proporția mare de autoturisme agresive (roșii).

8.3.6. Rezultatele simulării pentru măsurătorile realizate în municipiul Bacău

După realizarea simulărilor VISSIM și analizarea cu scriptul implementat în MATLAB a datelor aferente celor 3.300 de secunde furnizate de modelul VISSIM, se obține următorul grafic (fig. 8.77).

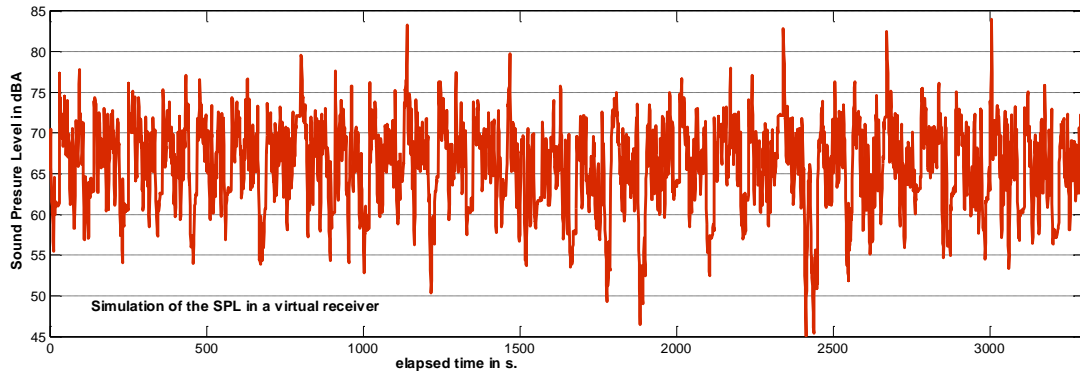


Fig. 8.77. Reprezentarea grafică a celor 3.300 valori ale lui L_{Aeq} , $T = 1s$ înregistrate de sonometrul virtual.

Seria temporală care apare în graficul 8.77 a fost generată de simularea traficului pe drumul selectat din municipiul Bacău. Valoarea maximă din simulare este $L_{Aeq} = 84$ dBA, în timp ce L_{Aeq} , total, $T = 3.300$ s = 68,6 dBA.

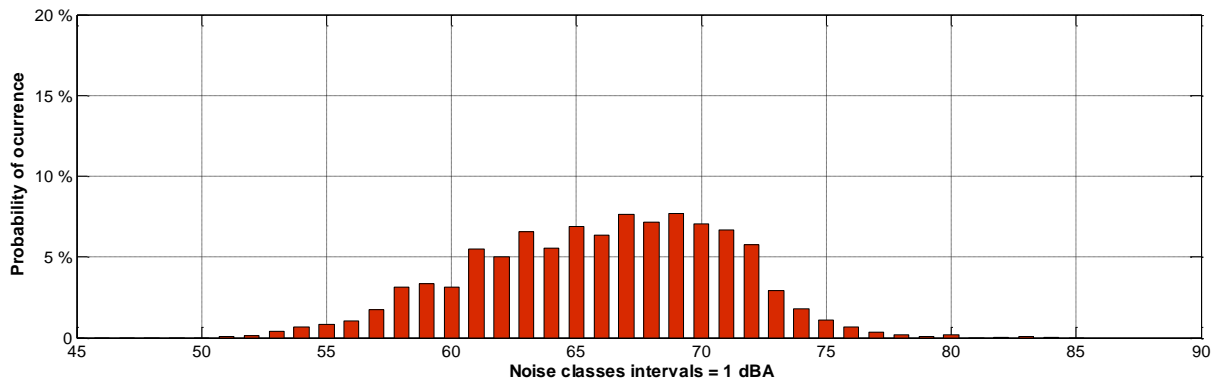


Fig. 8.78. Distribuția valorilor colectate în graficul 26. $L_{Aeq} = 68,6$ dBA, media aritmetică 65,77, deviația standard = 5,32 dB.

Din comparația dintre figura 8.78 și figura 8.21 (distribuția datelor din simulare față de măsurătorile de zgomot) se observă faptul că există un procentaj de zgomot în seriile de date reale care se situează între 50 și 60 dB, ceea ce nu este corect explicat în combinația dintre VISSIM + CNOSSOS.

Aceasta este o problemă care nu afectează nivelul L_{Amax} al autobuzelor.

Datele care vor fi gestionate când un autobuz circulă pe banda nr. 1 în direcția S-N pot fi văzute în figura 8.79.

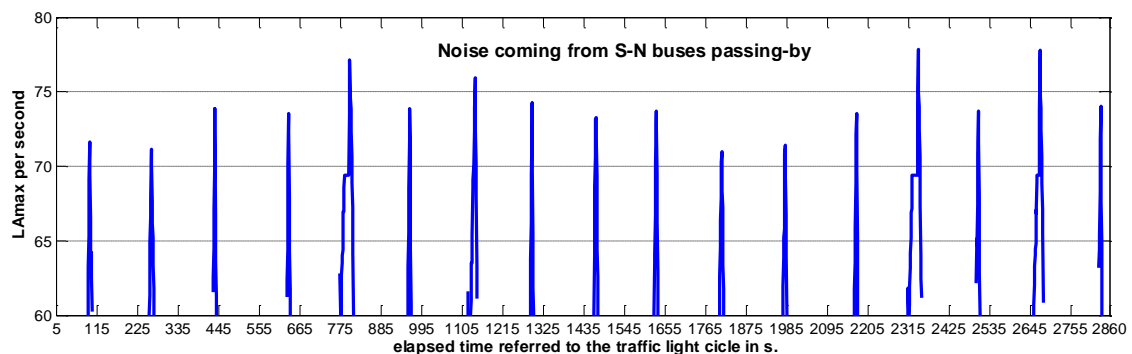


Fig. 8.79. Distribuția în timp zgomotului generat de autobuzele simulate care trec în fața sonometrului virtual, pe direcția S-N (presiune sonoră în 101 m).

Nivelurile observate sunt LA_{max} , (valoare maximă a L_{Aeq} măsurată în fiecare probă de 0,1 s). S-au realizat 10 simulări cu diferite semințe de aleatoritate.

8.4. Tratamentul și analiza datelor

Analiza nivelului de zgomot din trafic L_{Aeq}

Problema analizei distribuției reprezentată în fig. 8.21, spre deosebire de fig. 8.78, este cauzată de zgomotul de fond. Odată ce evenimentele sonore zgomotoase au fost eliminate din seria măsurată (unele dintre ele ajung la $L_{Aeq} = 102,9$ dBA), evenimente cauzate de sirenele ambulanțelor și motocicletelor, se generează distribuția din figura 8.21 care are o formă asimetrică cu două denivelări.

Această formă exprimă de fapt existența a cel puțin două surse de zgomot în zonă și a două distribuții mixte. Prima și cea mai importantă sursă cauzată de traficul de pe bulevard, pe măsură ce trece prin punctul de măsurare, la care se poate atribui un Modul (M_0), de aproximativ 68 dB. Al doilea, zgomotul de fundal, este zgomotul cauzat în momentele în care, în diferite situații, zgomotul principal dispare. Rămân apoi zgomote cauzate de diverși factori, zgomotul naturii, pietoni și zgomotul cauzat de traficul îndepărtat de pe alte străzi și de pe bulevardul însuși (neglijat în simulare) etc.

Acest lucru începe să se evidențieze în situații speciale când nu există trafic în zona din apropierea sonometrului sau, de exemplu, atunci când semaforul afișează culoarea roșie, iar autovehiculele sunt oprite. Eliminarea energetică a zgomotului de fond din seria de măsurători de zgomot "total" (ambele surse de zgomot) este complicată tocmai de dispersia acestuia.

Există câteva alternative, dintre care se va alege cea mai corectă. Varianta aleasă presupune parcurgerea următorilor pași:

1. Au fost împărțite ambele serii de timp (simulate și reale) în intervale de 110 s, care coincid cu ciclul semaforului, astfel încât să se poată extrage atât L_{Aeq} pentru fiecare dintre cicluri;
2. Ciclul de trecere al ambulanței (anomalie de zgomot în timpul măsurării) a fost eliminat din seria actuală măsurată nu doar din cauza anomaliei în sine ci și din cauza modificării traficului și a fluxului normal de autovehicule influențat de prezența ambulanței;
3. S-a însumat energetic la seriile de date simulate, valoarea de 50 dB, valoare care corespunde celui mai scăzut și neîntrerupt nivel al zgomotului de fond identificat în timpul perioadei de măsurare;
4. Se realizează media energetică a datelor privind nivelul de zgomot în fiecare ciclu.

Procesarea la care au fost supuse datele le face un estimator mai bun al zgomotului cauzat de trafic și mult mai robust în prezența zgomotului de fond. În noua serie de date, zgomotul de fond este neglijabil energetic în raport cu L_{Aeq} al fluxului de trafic estimat pentru fiecare dintre aceste cicluri. După prelucrarea datelor, figura 8.80 prezintă distribuția noii serii.

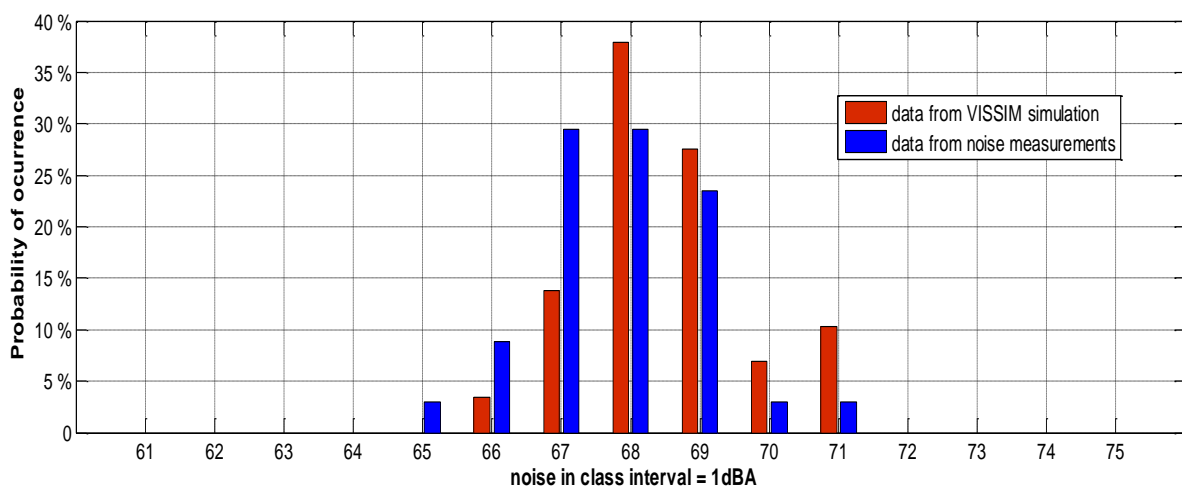


Fig. 8.80. Distribuția L_{Aeq} , $T = 110$ sincronizată cu semaforul atât pentru seria simulată (roșu) cât și pentru seria măsurată (în albastru), corectată de anomalii.

S-a efectuat un test de normalitate și s-a constatat cu un nivel de încredere de 95 % că distribuțiile nu sunt normale, deci trebuie efectuate teste non-parametrice.

Contrastele prezentate permit verificarea faptului că cele două eşantioane (măsurate și simulate) provin din aceeași populație, prin analiza distribuțiilor acestora. Unele dintre testele care pot fi efectuate cu programul SPSS (Statistical Package for the Social Science) sunt: testul U Mann-Whitney (tab. 8.48), testul Z Kolmogorov-Smirnov (tab. 8.46) și testul Wald-Wolfowitz.

Ținând cont de faptul că:

1. H_0 este ipoteza nulă a cărei formulare este: "Cele două serii fac parte din aceeași populație și distribuția lor este identică". Aceasta ar fi dovada că rezultatele simulării reprezintă în mod acustic ceea ce se întâmplă pe bulevardul din Bacău;
2. H_1 este ipoteza alternativă sau, în acest caz, ar spune că simularea și măsurile luate nu reprezintă același fenomen;
3. α (nivelul de semnificație) este gradul de certitudine necesar pentru a respinge ipoteza nulă. Pentru un nivel de semnificație de 5 %, $\alpha = 0,05$. Este probabilitatea respingerii ipotezei nule atunci când este adevărată. Cu cât α este mai mică cu atât prezintă mai multă încredere veridicitatea lui H_0 ;
4. Valoarea p este probabilitatea de observare a probelor, presupunând că ipoteza nulă este adevărată. Dacă valoarea p este mai mică decât α , ipoteza nulă trebuie respinsă;
5. Z, regiunea de acceptare pentru un test bilateral cu $\alpha = 0,05$, Z trebuie să se situeze în regiunea -1,96 și +1,96. Deci, trebuie respinsă H_0 doar dacă $Z < -1,96$ sau $Z > +1,96$.

S-au realizat testele specificate.

Tabelul 8.46.

Testul Kolmogorov-Smirnov pentru două rezultate independente ale SPSS.

Frecvențe		
Variabilă	GRUP	N
LAeq, T=110 s	1. Simulare	29
	2. Măsurători	34
	3. Total	63

Tabelul 8.47.

Rezultatele testului Kolmogorov-Smirnov pentru două rezultate independente ale SPSS

Statistica de testare		
		Variabila LAeq, T=110s
Diferențe maxime extreme	Absolută	0,283
	Pozitivă	0,283
	Negativă	-0,029
Z Kolmogorov-Smirnov		1,119
Sig.		0,163
a. Variabila de grupare: GRUP		

Contrastul Kolmogorov-Smirnov prevede următoarele rezultate care arată că nu există diferențe semnificative între scorurile atribuite, deoarece nivelul de semnificație corespunzător valorii statisticilor de testare este de 0,163 (tab. 8.47).

Z este în regiunea de acceptare, fiind situat în regiunea $-1,96$ și $+1,96$ pentru $\alpha = 0,05$ atunci în acest caz se decide să nu se respingă H_0 (tab. 8.47). Se poate afirma faptul că ambele serii de date aparțin aceleiași populații și se poate spune cu un nivel de semnificație de 95 % că seria simulată prezice perfect rezultatele obținute direct din măsurătorile de zgomot. P_{val} este mai mare ca 0,05, prin urmare nu se poate respinge H_0 .

Tabelul 8.48.

Testul Mann-Whitney pentru două probe independente Rezultatele SPSS.

Intervale				
Variabilă	GRUP	N	Intervalul mediu	Sumă de intervale
L_{Aeq} , T=110 s	1. Simulare	29	36,38	1055,00
	2. Măsurători	34	28,26	961,00
	3. Total	63	-	-

După cum se poate observa, intervalul mediu corespunzător observațiilor din eșantionul "1 Simulare" este practic același cu cel corespunzător observațiilor din eșantionul "2 Măsurători", ceea ce indică faptul că nici una dintre cele două eșantioane nu este asociată în mod sistematic la valori mari (sau mici) ale intervalelor și, în consecință, se pare că nu există diferențe semnificative între scorurile atribuite de aceste două grupuri.

Tabelul 8.49.

Rezultatele testului Mann-Whitney pentru două probe independente -rezultatele SPSS.

Statistica de testare	
	Variabila LAeq, T=110s
U de Mann-Whitney	366,000
W de Wilcoxon	961,000
Z	-1,752
Sig.	0,080

Valoarea statistică U este 366. Aproximându-i distribuția probabilității la normal se obține o valoare standardizată egală cu $-1,752$, concluzionând că ipoteza nulă nu poate fi respinsă pentru nivelele obișnuite de semnificație.

Z este în regiunea de acceptare, fiind situată în regiunea $-1,96 + 1,96$ pentru $\alpha = 0,05$, atunci în acest caz se decide să nu se respingă H_0 (tab. 8.49).

Se poate afirma că ambele serii de date aparțin aceluiași proces și cu un nivel de semnificație de 95 % că seria simulată prezice perfect rezultatele obținute direct din măsurătorile de zgomot.

Tabelul 8.50.

Testul Wald-Wolfowitz pentru două probe independente.

Frecvențe		
Variabila	GRUP	N
L _{Aeq} , T=110 s	1. Simulare	29
	2. Măsurători	34
	3. Total	63

Tabelul 8.51.

Rezultatele testului Wald-Wolfowitz pentru două probe independente.

Statistica de testare			
Variabila	GRUP	Z	Sig
L _{Aeq} , T=110 s	Proba Wald-Wolfowitz	1,201	0,885
	Variabila de grupare: GRUP	-	-
	Nu s-au găsit legături între grupuri.	-	-

Deși pentru a face acest contrast este suficient ca variabilele să fie măsurate la scară ordinală, prezența legăturilor care favorizează acest tip de scală, afectează negativ fiabilitatea contrastului și în acest caz este preferabil să se folosească testul Kolmogorov-Smirnov. Din fericire nu s-au găsit legături în grup. Z este în regiunea de acceptare (tab. 8.51) fiind situat în regiunea -1,96 și +1,96 pentru $\alpha = 0,05$, atunci în acest caz se decide să nu se respingă H_0 .

Se poate afirma că ambele serii de date aparțin aceluiași proces și cu un nivel de semnificație de 95 % că seria simulată prezice perfect rezultatele obținute direct din măsurătorile de zgomot.

Analiza zgomotului emis de autobuze

L_{AFmax} –autobuze doar pentru banda I

Tabelul 8.52.

Rezultatele L_{AFmax} ale autobuzelor care au circulat în timpul măsurătorii de zgomot pe banda I, și a autobuzelor simulate în mod aleatoriu.

Nr. Crt.	Autobuze simulate aleatorietate=42	Mercedes Conecto 0345	Irisbus	Iveco Crossway	Isuzu
	L _{Amax} dBA	L _{Amax} dBA	L _{Amax} dBA	L _{Amax} dBA	L _{Amax} dBA
1	77,8	74,30	76,90	70,50	74,60
2	77,8	76,80	76,00	67,10	78,40
3	77,1	75,50	73,90	69,70	

Tabelul 8.52. continuare.

Nr. Crt.	Autobuze simulate aleatorietate=42	Mercedes Conecto 0345	Irisbus	Iveco Crossway	Isuzu
4	75,9	77,70	71,80		
5	74,2	73,80	75,90		
6	74,0	74,70	73,40		
7	73,9	75,00	69,70		
8	73,9	83,50			
9	73,7				
10	73,7				
11	73,5				
12	73,5				
13	73,3				
14	71,7				
15	71,4				
16	71,2				
17	71,0				

Grupul autobuzelor simulate au o medie de 73,98 dBA și o abatere standard de 2,13 dBA. Grupul total de 20 de autobuze măsurate în timpul trecerii pe banda 1 arată o medie de 74,46 dBA și o abatere standard STD = 3,26 dBA. Rezultatele au aratat faptul că cele mai zgomotoase autobuze sunt Mercedes Conecto 0345 cu o medie de 76,41 dBA de L_{Amax} și o abatere standard STD = 3,14 dBA. IRISBUS arată o medie = 73,94 dBA și o abatere standard a STD = 2,58 dBA.

Numărul autobuzelor IVECO analizate este foarte mic pentru a spune că acestea sunt cele mai silențioase, deși rezultatele mediei sunt de 69,1 dBA furnizate de cele 3 elemente și abaterea standard STD = 1,78 dBA, par să o afirme (tab. 8.52).

Se propune un test ANOVA folosind programul SPSS, dar înainte este verificată, omogenitatea varianțelor prin intermediul unui test Levene (tab. 8.53) ($p > 0,05$), cu scopul de a ști dacă există sau nu egalitatea în variațiile grupurilor de comparație. Testul Levene a arătat faptul că statistica Levene = 0,455 iar $p_{val} = 0,768$ (tab. 8.53).

Tabelul 8.53.

Testul omogenității varianțelor.

L_{Aw}			
Statistica Levene	gl1	gl2	p_{val}
0,455	4	33	0,768

Tabelul 8.54.

Testul ANOVA.

ANOVA					
L_{Aw}					
	Sumă de pătrate	gl	Rădăcină medie pătrată	F	p_{val}
Între grupuri	132,263	4	33,066	5,325	0,002
În grupuri	204,908	33	6,209		
Total	337,171	37			

Acest test ANOVA indică faptul că efectul principal este statistic semnificativ între subiecții F = 5,325 și $p_{val} = 0,002$ (tab. 8.54). Dacă valoarea p este mai mică de 0,05, este considerată semnificativă din punct de vedere statistic și cum în acest caz $p = 0,002 < 0,05$, se deduce că există

diferențe statistice semnificative între mediile grupurilor comparate din doi în doi și permite respingerea ipotezei nule, acceptându-se ipoteza alternativă, adică: nu în toate cazurile zgomotul emis de diferite autobuze este același.

Un test post-hoc al lui Tukey a arătat următoarele (care medii sunt la fel și care sunt diferite) (tab. 8.55). Autobuzele IVECO sunt semnificativ mai puțin zgomotoase decât cele Mercedes ($p = 0,001$), decât autobuzele ISUZU ($p = 0,021$) și decât autobuzele din simulare ($p = 0,028$). Dar această diferență nu este semnificativă pentru a stabili o astfel de concluzie cu privire la Irisbus ($p = 0,091$).

Tabelul 8.55.

Test pos-hoc Tukey pentru comparații multiple.

Test post-hoc Comparații multiple						
Variabila dependentă: L_{Aw}						
HSD Tukey						
(I) Autobuz	(J) Autobuz	Diferențe de măsurare (I-J)	Abaterea standard	Sig. p_{val}	Interval de încredere 95 %	
					Limita inferioară	Limita superioară
Mercedes	Irisbus	2,90000	1,24593	0,162	-0,6936	6,4936
	Iveco	7,31250*	1,68699	0,001	2,4467	12,1783
	Isuzu	-0,08750	1,96998	1,000	-5,7696	5,5946
	Simul-42	2,43603	1,06837	0,177	-0,6455	5,5176
Irisbus	Mercedes	-2,90000	1,24593	0,162	-6,4936	0,6936
	Iveco	4,41250	1,68699	0,091	-0,4533	9,2783
	Isuzu	-2,98750	1,96998	0,559	-8,6696	2,6946
	Simul-42	-0,46397	1,06837	0,992	-3,5455	2,6176
Iveco	Mercedes	-7,31250*	1,68699	0,001	-12,1783	-2,4467
	Irisbus	-4,41250	1,68699	0,091	-9,2783	,4533
	Isuzu	-7,40000*	2,27474	0,021	-13,9611	-0,8389
	Simul-42	-4,87647*	1,56046	0,028	-9,3773	-0,3756
Isuzu	Mercedes	0,08750	1,96998	1,000	-5,5946	5,7696
	Irisbus	2,98750	1,96998	0,559	-2,6946	8,6696
	Iveco	7,40000*	2,27474	0,021	0,8389	13,9611
	Simul-42	2,52353	1,86277	0,660	-2,8493	7,8964
Simul-42	Mercedes	-2,43603	1,06837	0,177	-5,5176	0,6455
	Irisbus	0,46397	1,06837	0,992	-2,6176	3,5455
	Iveco	4,87647*	1,56046	0,028	0,3756	9,3773
	Isuzu	-2,52353	1,86277	0,660	-7,8964	2,8493

*. Diferența acestor medii este semnificativă la nivelul 0,05.

Test Anova Matlab

S-a realizat un al doilea test deoarece se credea faptul că autobuzele Mercedes Conecto sunt mult mai zgomotoase decât cele Irisbus (comparând mediile seriilor).

Se folosește instrumentul Matlab pentru a confirma faptul că autobuzele Mercedes nu sunt semnificativ mai zgomotoase decât autobuzele IRISBUS. Pentru aceasta se folosește un număr identic de date pentru fiecare grup (tab. 8.56). Pentru a realiza acest lucru, a fost inclus un autobuz tip IRISBUS dintr-o altă măsurătoare de zgomot (obținută la 24 iunie 2018 la 17:44:58), a cărui valoare L_{AFmax} în momentul rulării a fost 70,5 dB. Autobuzul circula cu 32 km/h în momentul trecerii sale prin fața sonometrului și a camerei video.

Datele folosite în testul ANOVA + Matlab.

Nr.	Mercedes Conecto 0345	IRISBUS	Simulare random seed =42
	L_{Amax} en dBA	L_{Amax} en dBA	L_{Amax} en dBA
1	74,30	76,90	71,66
2	76,80	76,00	71,17
3	75,50	73,90	73,88
4	77,70	71,80	73,52
5	73,80	75,90	77,12
6	74,70	73,40	73,87
7	75,00	69,70	75,92
8	83,50	70,50	74,24

Autobuze simulate selectate alese pentru test sunt în ordinea strictă a apariției în modelul VISSIM. Cu toate acestea, datele autobuzelor simulate se mențin la media = 73,92 dB și abaterea standard de STD = 1,97 dB. Media IRISBUS este acum egală cu 73,51 dBA, iar abaterea standard este de STD = 2,67 dB.

Din datele de ieșire din test a rezultat o valoare $p = 0,0818$.

Dacă valoarea p este mai mare de 0,05 este considerată statistic semnificativă și se poate deduce că nu există diferențe semnificative statistic între media celor trei grupuri comparate și permite acceptarea ipotezei nula, adică: Având în vedere faptul că p_{val} este mai mare decât α (0,05), nu e posibil să se respingă ipoteza nulă, cum că cele trei autobuze au aceleași valori de L_{AFmax} .

8.5. Concluzii privind validarea modelului de trafic propus

Se poate spune cu un nivel de încredere de 95 % că odată calibrat modelul de trafic în VisSim pentru drumul selectat din orașul Bacău în condițiile reale ale bulevardului în timpul măsurătorii, datele măsurate de zgomot L_{Aeq} din traficul care trece pe acel bulevard și datele de zgomot simulate L_{Aeq} din traficul total al aceluiași bulevard, generate cu metoda propusă în capitolul 6, sunt aceleași.

Se poate afirma cu un nivel de încredere de 95 % că odată calibrat modelul de trafic cu introducerea autobuzelor în VISSIM pentru orașul Bacău în condițiile bulevardului din timpul măsurătorii, valorile măsurate L_{Amax} ale fiecărei treceri de autobuz și datele simulate L_{Amax} ale aceluiași treceri de autobuze, conform metodei propuse în capitolul 6, sunt aceleași.

Din testele statistice puse în aplicare, nu se poate afirma categoric că vârsta autobuzelor influențează diferențele măsurate ale L_{Amax} în timpul trecerilor de autobuze. În orice caz, se pare că noile autobuze IVECO generează un nivel de zgomot mai scăzut decât celelalte și că modelul propus supraestimează zgomotul emis de aceste autobuze noi. În același timp nu se observă faptul că autobuzele Mercedes generează un zgomot semnificativ superior celui din restul flotei, și nici comparativ cu cele simulate în modelul propus.

Din cauza numărului limitat de date gestionate pentru simulările autobuzelor și pentru variabila manipulată (L_{Amax}), este recomandabil să se efectueze un număr mult mai mare de măsurători.

CONCLUZII GENERALE

A. Cu privire la oportunitatea tezei

Studiile realizate de-a lungul timpului în domeniul reducerii nivelului de zgomot din trafic arată de fapt importanța acestui tip de poluare și interesul tot mai mare al marilor instituții europene și nu numai în reducerea sau eliminarea acestui tip de poluare.

Lucrările dezvoltate până în prezent sunt legate de necesitatea de a îmbunătăți calitatea mediului înconjurător din punctul de vedere al zgomotului cauzat de traficul urban. Se cunoaște faptul că zgomotul generat de traficul rutier este cel care acoperă cea mai mare parte a orașelor și are un impact asupra unui număr foarte mare de persoane.

Zgomotul generat de traficul rutier reprezintă o problemă generală care afectează atât zonele urbane cât și cele exterioare orașelor din cauza dezvoltării progresive (crearea de noi locuințe, construirea de clădiri care deservește diferite servicii: medicale, sociale, profesionale, învățământ etc.).

Abordările diferă de la studiu la studiu. Abordarea problemei zgomotului la macrosală, prin conceperea hărților acustice a devenit foarte populară odată cu introducerea Directivei Europene nr. 49/2002 privind evaluarea și managementul zgomotului ambiental. Scopul principal constă în crearea unei baze comune de administrare urbană a nivelului de zgomot ambiental prin impunerea autorităților locale să realizeze hărți de zgomot pentru sursele importante de zgomot (trafic rutier, trafic feroviar, aeroporturi etc.).

Hărțile de zgomot servesc drept instrument în evaluarea situației zgomotului și oferă o imagine de ansamblu asupra numărului de persoane afectate de zgomot în Uniunea Europeană.

Informarea publicului și consultarea acestuia în legătură cu subiectul expunerii la zgomot este o altă cerință importantă a Directivei care impune de asemenea autorităților locale, să creeze planuri de acțiune împotriva zgomotului.

Abordarea problematicei reducerii nivelului de zgomot la microscală presupune folosirea unor metode variate specifice fiecărei situații în parte.

Traficul urban este caracterizat în primul rând prin modul de rulare întrerupt (stop&go). Cele mai multe hărți strategice de zgomot se realizează plecând de la premiza că șoferii nu depășesc în exces limita de viteză de 50 km/h în oraș. În zonele urbane, această viteză este deseori depășită, lucru care se poate verifica printr-o analiză a traficului pentru a identifica măsura în care șoferii depășesc această viteză.

Agenția Europeană de Mediu (EEA) menționează în mod repetat în rapoartele anuale publicate, faptul că situația privind autoturismele din orașe trebuie să se schimbe. Pietonii ar trebui să beneficieze de mai mult spațiu, iar mobilitatea trebuie să fie susținută de o serie de alternative la autoturismul propriu.

Lucrarea s-a axat pe identificarea oportunităților de îmbunătățire a situației zgomotului ambiental în zonele urbane prin aplicarea sistemelor inteligente de transport în special în gestionarea transportului public.

B. Cu privire la fundamentarea teoretică asupra planurilor de acțiune împotriva zgomotului bazate pe managementul traficului și modul de evaluare a eficienței acestora folosind modelele de microsimulare

Măsurile de reducere a zgomotului bazate pe managementul traficului sunt printre cele mai diverse. Lucrarea prezintă o analiză teoretică asupra planurilor de acțiuni bazate pe managementul traficului, cu o importanță deosebită acordată promovării transportului public, prezentând aspecte privind avantajele și modul în care se poate realiza o promovare a acestui tip de transport și măsuri de creștere a atractivității acestuia.

Agenția Europeană de Mediu face unele recomandări cu privire la planurile de acțiune împotriva zgomotului prin promovarea transportului public. De aceea numeroase studii au fost demarate analizând posibilitățile de reducere a zgomotului generat de traficul rutier bazate pe managementul traficului, privind din punctul de vedere al promovării transportului public prin identificarea avantajelor folosirii unui astfel de mijloc de transport, încercând să convingă conducătorii auto să renunțe la deplasarea în oraș cu autoturismul propriu, optând pentru transportul cu autobuzul. Eficiența unei astfel de măsuri împotriva zgomotului poate fi verificată realizând o analiză la microscală. Baza unei astfel de analize o reprezintă procesul de microsimulare a traficului care oferă date importante și dintre cele mai detaliate despre fiecare autovehicul participant la trafic. Aceste date sunt folosite ulterior în calcularea nivelului de zgomot, a emisiilor de CO₂, NO_x, a consumului de combustibil sau a duratei unei călătorii pe o anumită secțiune de drum determinată, în anumite condiții de trafic.

Controlul autovehiculelor zgomotoase prin managementul traficului greu, managementul transportului public, transferul modal (Modal-shift) pentru transportul de mărfuri și de pasageri, managementul flotei de transport în comun: inspecții tehnice periodice ale autovehiculelor reprezintă soluții viabile în reducerea zgomotului urban.

Reducerea densității traficului prin relocarea fluxului de trafic odată cu proiectarea de șosele de centură, rute ocolitoare și diversiuni de trafic din zonele sensibile contribuie la obținerea unui confort acustic considerabil prin redirectionarea unei părți a traficului din interiorul orașelor.

Soluțiile privind sistemul de transport inteligent gestionate de regulă de un centru de management al traficului (acolo unde există) prin folosirea tuturor mijloacelor de transmitere a informațiilor îmbunătățesc fluxul de trafic din zonele urbane.

Pietonalizarea, realizată prin restricționarea accesului autovehiculelor neesențiale în anumite zone, este o soluție tot mai adoptată de către marile orașe europene și nu numai, în special cele care beneficiază de un potențial turistic, asigură un mediu verde și liniștit și atrage oamenii (locuitori și turiști) la evenimente culturale, turistice, aducând beneficii importante în siguranța și mobilitatea pietonilor. De asemenea, promovează mersul pe jos.

Promovarea transportului în comun este printre cele mai întâlnite măsuri atât în studiile de specialitate cât și în Manualele de Bune Practici concepute pentru autoritățile responsabile cu managementul poluării fonice.

Alte măsuri eficiente din punctul de vedere al reducerii zgomotului au vizat calmarea traficului prin moderarea vitezei și a fluxului de trafic întrerupt. Unda verde este o soluție de calmare a traficului des întâlnită în ultimii ani pe marile bulevarde.

Pentru ca planurile de acțiune adoptate împotriva zgomotului să fie eficiente, este necesară implicarea specialiștilor din domeniul ingineriei mediului, a reprezentanților autorităților locale, dar și a populației, pentru a evita conflicte viitoare și pentru a testa viabilitatea măsurilor.

C. Cu privire la tematica de cercetare

În urma studiilor teoretice cu privire la evaluarea nivelului de zgomot în diferite condiții de trafic s-au putut elabora căile și direcțiile de cercetare privitoare la:

- Identificarea unui scenariu eficient bazat pe gestionarea traficului rutier și sistemele inteligente de transport cu aplicabilitate în prioritizarea autobuzelor ca măsură de reducere a zgomotului din trafic;
- Modalitatea de evaluare a unui astfel de scenariu de trafic folosind procesul de microsimulare:
 - Alegerea instrumentelor de microsimulare a traficului;
 - Crearea de modele de trafic prin proiectarea teoretică a unei infrastructuri pentru realizarea simulărilor de trafic;
 - Definirea și compararea unor scenarii de trafic (semaforizare clasică, unda verde, prioritate pentru autobuze);
 - Definirea unor parametri de trafic și variabilitatea acestora în funcție de cazul probat (volumul traficului, ciclul semaforic, număr benzi de circulație etc.);
 - Stabilirea indicatorilor de eficacitate: determinarea nivelului de zgomot și analiza mobilității;
- Metoda de cercetare teoretică:
 - Stabilirea unui mod de calcul a nivelului de zgomot rezultat în scenariile de trafic simulate; Modelul VISSIM - CNOSSOS;
 - Realizarea de corelații între rezultatele privind nivelul de zgomot generat în fiecare scenariu și efectele acestor scenarii asupra mobilității în trafic;
- Validarea modelelor de trafic propuse:
 - Identificarea zonei de studiu optime pentru studiul de caz. S-au realizat analize statistice privind traficul din orașul Bacău, s-a realizat o analiză vizuală a traficului din zona de studiu și a infrastructurii rutiere din zonă și de asemenea s-au realizat analize experimentale;
 - Echipamentele de lucru necesare realizării analizei experimentale prezintă date elocvente pentru studiu;
 - Colectarea datelor și introducerea lor în modelul VISSIM;
 - Compararea rezultatelor de zgomot folosind modelele standard de trafic și modele reale de trafic prin folosirea datelor colectate in situ (atât de zgomot cât și în ceea ce privește traficul și compoziția acestuia).

Metoda de cercetare a implicat realizarea schemelor de lucru pentru evaluarea nivelului de zgomot din fiecare situație propusă dar și a repercusiunilor asupra mobilității traficului. De asemenea a fost prezentat modul de calcul estimativ al nivelului de zgomot generat de către propulsie, respectiv rularea pneurilor, pentru scenariile create (CNOSSOS).

Ceea ce face ca metodologia propusă să fie un instrument puternic, este abilitatea de a asista la proiectarea de planuri de acțiune împotriva zgomotului, într-un mod mai eficient.

D. Cu privire la verificarea experimentală a teoriei abordate

Procesul de micro-simulare a traficului rutier studiază efectele diferitor scheme de management al traficului, a modului de control al semafoarelor sau a sistemelor de priorizare a transportului public.

Modele rezultate în urma simulării diferitelor scenarii de trafic ajută la evaluarea exactă a efectelor traficului de autovehicule grele sau a congestiilor. Aceste modele oferă date la un nivel detaliat despre fiecare autovehicul în parte, în fiecare moment al circulației. Cu ajutorul acestor date (tipul autovehiculului, viteza de circulație, accelerația, poziția sa în fiecare secundă etc.) se pot urmări efectele a diferite scenarii de trafic, referitor la nivelul de zgomot sau la alți contaminanți, se poate analiza mobilitatea traficului și se pot evidenția acele situații în care siguranța traficului este compromisă.

Modelele de micro-simulare sunt foarte utile deoarece descriu detaliat modul de comportare a tuturor elementelor participante la trafic dar și interacțiunile dintre acestea. Soft-urile de microsimulare a traficului permit atât modelarea efectivă a rețelelor de drumuri și a traficului în sine dar prezintă și posibilități de modelare a comportamentului conducătorilor auto, în raport cu autovehiculul condus (interacțiunea autovehicul-șofer).

Datele obținute din aceste microsimulări cu scopul evaluării nivelului de zgomot dintr-o anumită zonă a unui oraș sunt mult mai apropiate de realitate decât cele care s-ar putea obține în urma realizării unor hărți de zgomot. Astfel, problemele privind nivelul de zgomot sunt identificate în cel mai mic detaliu, iar măsurile necesare reducerii zgomotului pot fi testate, cu același nivel de detaliu. Astfel, se poate analiza performanța acestor măsuri și se pot constata în același timp, riscurile de introducere a unei anumite măsuri și consecințele aferente.

Cunoașterea problemelor de zgomot și cauzele acestora, în detaliu, dar și verificarea soluțiilor aplicate împotriva zgomotului, oferă o perspectivă mai bună asupra deciziilor de îmbunătățire a calității mediului din punctul de vedere al zgomotului și siguranța adoptării unei măsuri potrivite, verificate.

1. În ceea ce privește analiza rezultatelor privind nivelul de zgomot obținut în *Modelul 1 – introducerea unui sistem de priorizare a autobuzelor într-o intersecție semaforizată* se poate aprecia că:
 - Probele efectuate pentru acest studiu (Modelul 1) au avut drept scop identificarea eficienței unui sistem de priorizare a autobuzelor într-o intersecție semaforizată. Prioritatea pentru autobuze a fost introdusă atât pe brațul principal al intersecției cât și pe cel secundar;
 - Aplicarea unui sistem de prioritate pentru autobuze într-o intersecție semaforizată conduce la obținerea unor rezultate bune din punctul de vedere al reducerii zgomotului, indiferent de parametrul de trafic variat (ciclu semaforic, volum de trafic, număr autobuze);
 - Diferențele dintre scenariul 2 în care a fost introdusă prioritatea pentru autobuze doar pe brațul principal al intersecției, și scenariul 3 în care prioritatea a fost introdusă pe ambele brațe, sunt foarte mici;
 - Prioritizarea autobuzelor pe brațul principal al intersecției nu influențează negativ zgomotul emis pe brațul secundar al aceleiași intersecții;
 - Între cazurile cu bandă pentru autobuze, în scenariul fără priorizare și cele fără bandă pentru autobuze, dar cu prioritate variațiile nivelului de zgomot sunt foarte mici, și în favoarea scenariului 2;
 - Nefiind necesară introducerea unei benzi dedicate circulației exclusive a autobuzelor în scenariul cu prioritate, reprezintă un avantaj când vine vorba de infrastructură și este o veste bună pentru administrațiile locale care nu au suficient spațiu pentru a dedica o astfel de bandă pentru autobuze;

- Scenariile cu prioritate pentru autobuze au obținut rezultate pozitive indiferent de parametrul de trafic variat;
- Scenariul de prioritizare a autobuzelor în intersecție este mai eficient din punctul de vedere al zgomotului în special atunci când numărul acestora este foarte ridicat și când ciclul semaforic este mai extins (120 s).

Această lucrare se axează pe acele planuri de acțiune împotriva zgomotului care implică promovarea autobuzelor în contextul mobilității inteligente. De aceea în Modelul 2 experimental a fost proiectată o schemă de control al traficului care oferă prioritate autobuzelor de-a lungul unei artere mari de drum.

2. În ceea ce privește analiza rezultatelor privind influența scenariilor de trafic și a infrastructurii de trafic, pe o arteră mare de drum, asupra nivelului de zgomot se poate aprecia că:

- Schema prezintă o logică de control axată independent pe situația fiecărui grup de semafoare. Pentru a evidenția conformitatea unei astfel de scheme de control (PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE folosind sistemele GPS) proiectată pentru reducerea nivelului de zgomot, s-au folosit și alte două scenarii: SEMAFOARE NESINCRONIZATE și UNDA VERDE, pentru a putea compara rezultatele.
- Se poate concluziona faptul că schema de control care oferă prioritate autobuzelor este o măsură pozitivă de atenuare a nivelului de zgomot pe arterele de drum urbane introducând îmbunătățiri în nivelul zgomotului din diferite motive precum:
 - Numărul și amplitudinea evenimentelor de zgomot scad, precum și distribuția acestora de-a lungul drumului, rezultatul reducerii frecvenței accelerațiilor și a decelerărilor autobuzelor;
 - Această îmbunătățire a situației zgomotului este posibilă fără necesitatea de a alocă un spațiu special dedicat circulației autobuzelor (banda pentru autobuze);
- În cazurile probate pentru scenariul PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE zgomotul nu variază foarte mult de la un sens de circulație la celălalt și de la un semafor la celălalt, comparativ cu celelalte două scenarii introduse pentru comparație: SEMAFOARE NESINCRONIZATE și UNDA VERDE;
- Scenariul UNDA VERDE prezintă rezultate bune în privința zgomotului pe sensul pe care este introdusă, lucru care nu se întâmplă și pe sensul opus de circulație, unde zgomotul crește considerabil;
- Ca și în cazul primului Model (prioritizarea autobuzelor într-o intersecție semaforizată), și în cazul unui bulevard cu multe semafoare amplasate de-a lungul acestuia, scenariul cu prioritate are rezultate pozitive privind zgomotul și se remarcă faptul că diferențele de zgomot observate între cazurile cu bandă dedicată circulației autobuzelor și cele fără bandă pentru autobuze, sunt mici. Acest lucru este eficient pentru acele zone urbane care nu beneficiază de infrastructura necesară, de suficient spațiu pentru a crea o bandă dedicată autobuzelor. De cele mai multe ori spațiul existent este folosit pentru parcuri (o altă problemă a mediului urban).

Orice măsură aplicată pentru a reduce nivelul de zgomot din trafic trebuie evaluată și din punctul de vedere al mobilității în trafic. În acest studiu s-a urmărit implementarea unui sistem de prioritizare a autobuzelor aplicabile în cazul orașelor congestionate pentru reducerea zgomotului, fără a avea însă efecte negative asupra mobilității traficului.

3. După analiza rezultatelor privind mobilitatea în trafic în cazul aplicării scenariilor din *Modelul 2* se poate aprecia:

- Introducerea benzii special dedicate autobuzelor reduce considerabil durata călătoriei pentru cei 2 km de drum atât pentru autoturisme cât și pentru autobuze pentru scenariul cu SEMAFOARE NESINCRONIZATE;
- Și în cazul scenariului UNDA VERDE se observă o reducere importantă de timp la introducerea benzii dedicate autobuzelor;
- În cazul scenariului PRIORITATE PENTRU AUTOBUZE diferențele dintre cazurile cu bandă și cele fără bandă pentru autobuze nu sunt la fel de mari. Acest lucru întărește afirmațiile de mai sus, cu privire la avantajul acestui scenariu, nefiind necesară rezervarea unei

benzi dedicate autobuzelor, întrucât numeroase zone urbane nu beneficiază de spațiu suficient pentru a pune în aplicare o astfel de măsură;

Introducerea unui sistem de prioritizare a autobuzelor obține rezultate pozitive privind nivelul de zgomot, fără repercursiuni negative asupra mobilității traficului, lucru demonstrat în analizele prezentate. Așadar, măsura este una eficientă și cu atât mai utilă cu cât nu presupune crearea de benzi speciale pentru autobuze, iar singura cerință presupune implementarea unui sistem GPS asupra autobuzelor și conectarea acestora cu semafoarele folosind sistemele de detecție pentru a cunoaște poziția acestora în fiecare moment.

Ținând cont de faptul că durata călătoriei autobuzelor este îmbunătățită (în ambele direcții), se confirmă faptul că, cu același număr de autobuze, operatorul de transport public poate crește frecvența serviciului, deservind mai mulți utilizatori ai serviciului public. Crește astfel numărul persoanelor care renunță la autovehiculul propriu, astfel reducându-se numărul de autoturisme pe drumurile urbane, și prin urmare, nivelul de zgomot scade.

Tonalitățile de frecvență joasă sunt puternic influențate de autovehiculele grele și de zgomotul motorului, la viteze reduse. Dar dat fiind faptul că în cazurile prezentate predomină traficul întrerupt cauzate de prezența semafoarelor, evaluarea emisiei de zgomot distribuită de-a lungul arterei de drum de 2 km este mai relevantă pentru a defini mai bine nivelul de poluare.

Pe măsură ce numărul de autoturisme scade pe drumurile urbane datorită măsurilor de promovare a transportului cu autobuzul, beneficiile în ceea ce privește reducerea nivelului de zgomot și mobilitatea, cresc, în special atunci când se folosește logica de control al semafoarelor care oferă prioritate de trecere autobuzelor și mai puțin atunci când se utilizează UNDA VERDE.

Sistemul privind gestionarea inteligentă a traficului propus în lucrare permite prioritizarea trecerii autobuzelor la semafoarele unui bulevard lucru care va genera consecințe pozitive pentru zgomotul total și punctualitatea serviciului de transport public. În plus, această soluție nu impune utilizarea spațiului infrastructurilor pentru crearea de benzi pentru autobuze, spațiul putând fi utilizat pentru piste de biciclete, un spațiu mai mare pentru pietoni etc. Sistemul nu generează efecte secundare negative asupra mobilității altor autovehicule și asupra persoanelor. Și cel mai important lucru este legat de faptul că sistemul poate fi implementat în orice oraș deoarece se bazează pe tehnologii cunoscute și probate privind tehnologiile de comunicații și informare și poziționare.

4. În urma analizelor rezultatelor privind validarea modelelor de trafic folosite în lucrare se poate aprecia că:
 - După obținerea rezultatelor pozitive asupra zgomotului și mobilității prin implementarea sistemelor de prioritizare a autobuzelor, s-a luat în considerare adaptarea unor astfel de modele de trafic pentru orașul Bacău, România;
 - Validarea modelului propus în lucrare s-a realizat pentru un bulevard aglomerat din Bacău, zona fiind optimă pentru studiu din punctul de vedere al infrastructurii și al traficului care circulă, lucru constatat în urma unui studiu vizual al zonei făcut în prealabil;
 - Prin validarea experimentelor realizate în lucrare s-a urmărit identificarea unor similitudini între modelele de trafic simulate în lucrare (standard) și modelele de trafic reale, urmărindu-se cu atenție parametrii de trafic precum: comportamentul traficului, compoziția, densitatea și influența acestuia asupra zgomotului din zona de studiu desemnată din Bacău;
 - Procesul de validare urmărește să răspundă la întrebări care presupun aprobarea valabilității și aplicabilității metodei de evaluare a zgomotului în diverse regiuni și situații;
 - În procesul de validare a modelelor de microsimitulare ca instrumente de evaluare corectă a zgomotului din trafic, au existat două abordări. Prima, din punctul de vedere al zgomotului, prin crearea unui punct de lucru 1, colector de date de zgomot și video, urmărind parcursul autovehiculelor pe secțiunea de drum precizată, iar a doua, din punctul de vedere al influenței vitezei autovehiculelor asupra nivelului de zgomot generat prin punctul de lucru 2 (colectare date folosind pistol radar);
 - Metoda de estimare a vitezei traficului (autoturisme + autobuze) este una corectă, lucru verificat prin comparația rezultatelor obținute pe baza imaginilor cu cele înregistrate de pistolul radar;

- Folosirea modelului VISSIM + CNOSSOS oferă rezultate foarte bune în estimarea și modelarea unor situații pe termen scurt, în special în utilizarea modelului pentru acele planuri de acțiuni care se bazează pe gestionarea traficului;
- Un lucru important se referă la factorii locali, caracteristici fiecărei zone/regiuni geografice în parte. Aceștia trebuie validați înainte de introducerea lor în modelul de trafic VISSIM, deoarece au o importanță deosebită. Astfel de factori se referă la: comportamentul șoferilor în trafic, cât de agresiv conduc aceștia, timpul lor de reacție, viteza de croazieră. Astfel, șoferii din Bacău au un comportament mai agresiv în trafic (34 % circulând cu viteze peste 55 km/h) comparativ cu cei din sudul Spaniei (Cadiz) (15 % șoferi agresivi circulând cu viteze între 50-60 km/h);
- Modelul CNOSSOS poate fi îmbunătățit pentru situațiile de calcul al zgomotului emis de acele autovehicule care se deplasează cu viteze sub 20 km/h și cele care accelerează foarte mult;

Validând modelul VISSIM+CNOSSOS propus în lucrare s-a demonstrat faptul că această metodă de predicție a zgomotului din trafic este eficientă și potrivită evaluării eficacității planurilor de acțiune împotriva zgomotului din trafic. Se poate afirma că este aplicabilă oricărei zone urbane, prin calibrarea modelului de microsimitare a traficului conform cu datele corespunzătoare fiecărui oraș.

E. Cu privire la caracterul original al lucrării

Caracterul original al lucrării are legătură cu abordarea multidisciplinară a subiectului, cu modul de realizare a metodologiei de lucru, cu modul de testare a scenariilor de trafic de la simplu la complex și realizarea experimentelor de validare a modelelor. Folosirea numeroaselor echipamente și softuri de asemenea au crescut viabilitatea studiului, oferind analize pe toate direcțiile de cercetare curpinse în lucrare. Astfel, soft-ul VISSIM și soft-ul Matlab au fost baza modului de lucru în verificarea diferitor strategii de trafic cu scopul de a reduce zgomotului prin promovarea transportului cu autobuzul și în același timp verificarea posibilităților repercurșiuni asupra mobilității traficului.

Aspecte noi dezvoltate pe parcursul cercetării se referă la faptul că: nu s-a studiat anterior controlul priorității autobuzelor în intersecții pe ambele sensuri de circulație ale unei artere de drum din punctul de vedere al zgomotului. Nu s-a studiat anterior capacitatea modelului CNOSSOS de a prezice zgomotul autobuzelor (cu vechimi diferite) în condițiile de trafic din România. Nu s-a studiat anterior influența comportamentului dinamic al autovehiculelor asupra capacității de predicție a zgomotului folosind metoda VISSIM + CNOSSOS.

Originalitatea lucrării este dată și de folosirea unei metode de validare a modelelor de trafic prin efectuarea de măsurători într-o zonă de studiu determinată, folosind echipamente cu ajutorul cărora se obțin toate datele necesare caracterizării corecte a traficului în orașul Bacău și transpunerea ulterioară a acestora într-un model VISSIM. Folosirea camerei video în timpul măsurătorilor de zgomot a facilitat obținerea unei imagini complete asupra traficului referitor la volumul de trafic și cel mai important, modul de manevrare al autovehiculului reflectat prin comportamentul autovehiculelor la pornirea de pe loc și nu numai. Pistolul radar STALKER ATS II a oferit informații cu privire la viteza și accelerația autobuzelor din trafic rezultând o evaluare cât mai aproape de realitate și a permis autoevaluarea rezultatelor estimate de viteză folosind imaginile surprinse la fața locului.

F. Cu privire la căile de dezvoltare ulterioară a cercetării

Întrucât în România nu se acordă o importanță suficientă problematicii zgomotului din trafic, mai multe studii ar putea fi dezvoltate, testând diverse scenarii de trafic pe diferite tipuri de infrastructuri rutiere, specifice fiecărui oraș. Aceste studii vin în sprijinul autorităților responsabile cu luarea măsurilor de reducere a zgomotului, măsuri care nu pot fi trecute cu vederea întrucât o dată la cinci ani hărțile de zgomot trebuie refăcute și planurile de acțiuni întocmite, conform Directivei 49/2002/EC.

Baza teoretică și rezultatele simulărilor efectuate prin programele selectate pot constitui un material util în identificarea altor metode de evaluare a zgomotului sau chiar pentru completarea metodei CNOSSOS de predicție a zgomotului cu idei de îmbunătățire a metodelor de evaluare a nivelului de zgomot din trafic.

Două moduri de a îmbunătăți modelul CNOSSOS sunt de mare interes:

- Calculul zgomotului emis de autovehiculele care se opresc (ralanti), cele care se deplasează la mai puțin de 20 km / h și cele care accelerează foarte mult;
- Vechimea autobuzelor este de o importanță deosebită în ceea ce privește necesitatea de a calcula numărul de evenimente sonore, care provoacă disconfort foarte mare. Această secțiune ar putea explica variabilitatea zgomotului real în raport cu estimarea;
- Analiza comportamentului șoferilor la pornirea de la semafoare și a importanței acestui comportament atunci când se estimează accelerația și impactul acesteia asupra zgomotului, deși acest lucru nu a fost studiat în această lucrare (este scopul unor lucrări viitoare).

Valorificarea cercetărilor realizate

Articole publicate în reviste cotate ISI

1. Jose Luis Cueto, **Alina Mihaela Petrovici**, Ricardo Hernández, Francisco Fernández, „Analysis of the Impact of Bus Signal Priority on Urban Noise”, Acta Acustica United With Acustica Vol. 103 (2017) 561 – 573, ISBN/ISSN - 1610-1928;
2. **Alina Mihaela Petrovici**, Jose Luis Cueto, Ricardo Gey, Florin Nedeff, Ricardo Hernandez, Claudia Tomozei, Emilian Mosnegutu, „Optimization Of Some Alternatives To Noise Barriers As Noise Mitigation Measures On Major Roads In Europe. Case Study Of A Highway In Spain” Environmental Engineering and Management Journal, uly 2016, Vol.15, No. 7, 1617-1628, ISBN/ISSN - 1582-9596;
3. Claudia Tomozei, Florin Nedeff, **Alina Petrovici**, Oana Tirtoaca Irimia, Marius Stanila, Ioan Joița, Valentin Zichil, „Impacts of outdoor noise on teaching and learning activities”, Environmental Engineering and Management Journal, 2016, EcoZone Publishing House, Vol. 15, No. 3; ISBN/ISSN - 1582-9596;
4. Mirela Panainte-Lehăduș, Florin Nedeff, **Alina Petrovici**, Gabriela Telibașa, Daniel-Cătălin Felegeanu, Carol Schnakovszky, „Assessing the health and safety risks in the education sector”, Environmental Engineering and Management Journal, 2016, EcoZone Publishing House, Vol. 15, No. 3; ISBN/ISSN - 1582-9596;
5. Claudia Tomozei, Florin Nedeff, Gigel Paraschiv, Oana Irimia, Greta Ardeleanu, **Alina Petrovici**, „Mathematical modelling of sound pressure level attenuation transmitted by an acoustic screen in industrial environment”, Environmental Engineering and Management Journal, 2016, EcoZone Publishing House, Vol. 15, No. 3; ISBN/ISSN - 1582-9596.

Articole publicate în reviste indexate BDI:

1. **Alina Petrovici**, Claudia Tomozei, Ricardo Gey Flores, Florin Nedeff, Oana Irimia, „Noise prediction, calculation and mapping using specialized software”, Journal of Engineering Studies and Research, 2015, V 21, No 3, pages: 59-64, ISSN 2068-7559;
2. **Alina Petrovici**, Claudia Tomozei, Florin Nedeff, Oana Irimia, Mirela Panainte Lehadus, „Review On The Road Traffic Noise Assessment”, Revista: Journal of Engineering Studies and Research, Number 1, Volume XXII, 2016, ISSN 2068-7559;

Articole prezentate și publicate în volumele unor conferințe internaționale și manifestări științifice

1. **Alina Mihaela Petrovici**, Valentin Nedeff, José Luis Cueto Ancela, Enrique Nava Baro, “Contributions To Noise Prediction Methods Of Bus Fleet In Urban Areas”, OPROTEH 2018, 27-28 Iunie, Bacău, România, book of abstracts (poster);
2. **Alina Mihaela Petrovici**, José Luis Cueto Ancela, Valentin Nedeff, “Consequencias de la priorizacion de autobuses sobre el ruido urbano”, VII Jornadas Predoctorales de la ESI: Puerto Real, Spania, Universitatea din Cadiz, Școala superioară de Inginerie (ESI), 20.12.2016, prezentare;
3. **Alina Mihaela Petrovici**, Jose Luis Cueto, Ricardo Hernandez, Valentin Nedeff, “Smart mobility strategies based on bus signal priority for noise reduction”, **EUROREGIO / TECNIACUSTICA'16, Oporto, Portugal. Iunie, 2016**, ISBN: 978-84-87985-27-0, ISSN: 2340-7441, lucrare prezentată și publicată în volumul conferinței;

4. **Alina Petrovici**, Jose Luis Cueto, Valentin Nedeff, Claudia Tomozei, „The impact of the BSP strategies on air and noise emissions in urban areas”, OPROTEH - 2-4 Iunie 2016, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România, book of abstracts, poster;
5. **Alina Mihaela Petrovici**; José Luis Cueto Ancela; Ricardo Hernández Molina, Diego Sales Marquez, Diego Sales Lerida, Javier Priego Ramirez, “Effects upon urban noise of the prioritization of buses at intersections”, **TECNIACUSTICA 2015, Valencia, Spania**, 21-23 Octombrie 2015, ISSN: 2340-7441 (Versión Digital), ISBN: 978-84-87985-26-3, lucrare prezentată și publicată în volumul vonferinței;
6. Gey Flores Ricardo, Cueto Ancela José Luis, Hernández Molina Ricardo, **Alina Petrovici**, “Presentación de resultados de la 2ª fase de los mapas estratégicos de ruido de la red de carreteras de Andalucía”, **TECNIACUSTICA 2015, Valencia, Spania**, 21-23 Octombrie 2015, lucrare prezentată și publicată în volumul conferinței;
7. **Alina Mihaela Petrovici**, Jose Luis Cueto, Ricardo Gey, Florin Nedeff, Ricardo Hernandez, Claudia Tomozei, Emilian Mosnegutu, „Optimization of some alternatives to noise barriers as noise mitigation measures on major Roads In Europe. Case Study Of A Highway In Spain”, OPROTEH - 4-6 Iunie 2015, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România, book of abstracts/prezentare;
8. Tomozei Claudia, **Petrovici Alina**, Nedeff Florin, Irimia Oana, Panainte Mirela, „Evaluation of noise level generated by the road traffic on bridges in urban areas”, OPROTEH - 4-6 Iunie 2015, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România, book of abstracts/ poster;
9. Claudia Tomozei, Florin Nedeff, **Alina Petrovici** (Contu), Oana (Tirtoaca) Irimia, Doina Capsa, „The exterior noise impact on the activities developed in a teaching environment”, Abstract publicat al lucrării prezentate în cadrul Conferinței Second International Conference on NATURAL AND ANTHROPIC RISKS ICNAR 2014, 4-7 June, 2014, Bacau, ROMANIA, book of abstracts/poster.
10. **Alina Petrovici** (Conțu), Claudia Tomozei, Florin Nedeff, Mirela Panainte, „General aspects concerning the assessment of the urban road traffic noise”, ICNAR - 4-7 Iunie 2014, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România, prezentare.
11. **Florin Nedeff**, Tomozei Claudia, Gabriel Lazar, **Alina Petrovici**, „The influence of geometry on sound distribution enclosure in teaching spaces”, IJAS International Journal of Arts&Sciences Conference Series, Malta 2-6 Martie, 2014, lucrare publicată în volumul conferinței/poster.

Participare la workshop-uri, seminarii

1. 11-12.06.2016, participare la **EAA Summer School on Acoustics, Environmental Acoustics and Smart Cities**, Porto, Portugalia;
2. 05.03.2015 - Jornada de edificacion y ruido, 2015, Ayuntamiento de **Malaga, Spania**;
3. 4.11.2013 –EBSCOhost Research Databases Training Session, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău.

Contracte de cercetare:

1. Contract nr. 13/20.05.2014, Studii și cercetări privind îmbunătățirea acusticii în săli cu activități didactice, (membru în echipă);
2. Contract nr. 8/02.11.2016, Colectare de date de trafic pentru elaborarea Planului de mobilitate urbană durabilă Bacău, (membru în echipă);

Mobilități internaționale, altele decât deplasări la manifestări științifice

Teză realizată în cotutelă între Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România și Laboratorul de Inginerie Acustică de la Universitatea din Cadiz, Spania. S-a realizat un stagiu de cercetare (12 luni) în cadrul Laboratorului de Inginerie Acustică de la Universitatea din Cadiz, Spania, sub îndrumarea directă a Prof. Jose Luis Cueto.

Perioada stagiului de cercetare a fost distribuită astfel:

- Februarie-Mai 2016: Erasmus Placement internship at University of Cadiz, Spain – „Final experiments using traffic microsimulation in order to determine noise from traffic

- Octombrie-December 2015: Erasmus Placement internship at University of Cadiz, Spain – „Practical work on reducing road noise using traffic micro-simulation”
- August-September 2015: Erasmus Placement internship at University of Cadiz, Spain – „Applications on traffic microsimulation”
- Februarie-Mai 2015: Erasmus Placement internship at University of Cadiz, Spain – „Documentation regarding the noise generated by road traffic”

Rapoarte de cercetare din programul de cercetare/pregătire a tezei (titlul, data prezentării, calificativul obținut)

- Referatul 1- Stadiul actual al cercetării: Data susținerii: 23.07.2015 - Foarte Bine
- Referatul 2 – Stabilirea bazei tehnice de cercetare: 01.02.2016 - Foarte Bine
- Referatul 2 – Rezultate experimentale obținute: 12.07.2016 - Foarte Bine .

BIBLIOGRAFIE

1. Arenas J.P., Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise, *Science of The Total Environment*, **405**, 173-179, 2008;
2. Ascari Elena, Licitra Gaetano, Teti Luca, Cerchiai Mauro, Lowfrequency noise impact from road traffic according to different noise prediction methods, *Science of the Total Environment* **505**, 658–669, 2015;
3. Ausejo M., Recuero M., Asensio C., Pavón I., López J.M., Study of precision, deviations and uncertainty in the design of a Strategic Noise Map. Case study: Macrocenter of the City of Buenos Aires, Argentina, *Environmental Modeling and Assessment*, **15**, 125135, 2010;
4. Babisch W., Cardiovascular effects of noise. *Noise Health*, **13**, 201-204, 2011;
5. Baldauf R., Thomas E., Khlystov A., Isakov V., Bowker G., Long T., Snow R., Impacts of noise barriers on near-road air quality, *Atmospheric Environment*, **42**, 7502–7507, 2008;
6. Bell M., Environmental factors in intelligent transport systems, *Iee Proceedings - Intelligent Transport Systems*, 2006;
7. Berglund B., Lindvall T., Schwela D.H, WHO - Guidelines for community noise, Task force meeting, London, United Kingdom, 1999;
8. Bernhard Robert J., McDaniel Rebeca S., Basics of Noise Generation for Pavement Engineers , *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume: 1941 issue: 1, page(s): 161-166 , 2005;
9. Bhaskar A., Edward Chung E., De Mouzon O., Dumont A.G., Methodology for Travel Time Estimation on a Signalised Arterial, *Young Researchers Seminar*, 2007;
10. Brannon L., Feist J., *Health Psychology. An introduction to Behavior Health*, 2009;
11. Brechler J., Fuka V., Impact of Noise Barriers on Air-Pollution Dispersion, *Natural Science*, **6**, 377-386, 2014;
12. Benevolo C., Dameri R.P., D’Auria B., Smart Mobility in Smart City Action Taxonomy, *ICT Intensity and Public Benefits*, 2016;
13. Bertellino Franco, Cicoira P., Gerola F., Clementel M., Scaramuzza P., Nardelli M., Noise mapping of agglomerations: a comparison of interim standards vs new CNOSSOS-EU method in a real case study, *Inter-noise*, Hamburg 2016;
14. Bodin, T., Road Traffic Noise - Factors modifying its relation to annoyance and cardiovascular disease, *Division of Occupational and Environmental Medicine*, 2014;
15. Chevallier E., Can A., Nadji M., Leclercq L., Improving noise assessment at intersections by modeling traffic dynamics, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **14**, 100–110, 2009;
16. Courtney Slavin, Miguel Figliozzi, A Multimodal Evaluation of a Corridor Traffic Signal Performance: a case study on Powell Boulevard (Portland, Oregon), *Western Meeting Anchorage AK Compendium*, 2011, on line at: <http://www.westernite.org/annualmeetings/alaska11/Compendium/Moderated%20Session%20Papers/6C-Courtney%20Slavin.pdf>;
17. Cueto J.L, Hernández R., Fernández Zacarías F., Intersecciones semaforizadas en la ciudad y ruido ambiental, *TecniAcustica*, Valladolid, 2013;
18. Cueto J.L., Fernandez Zacarias F., Hernandez R., Lopez F., Lorente L., Carretero D., Traffic management strategy to reduce environmental noise in cities based on the application of ITS, *Inter-noise*, 2012;

19. Cueto J.L., Petrovici A.M., Hernández R., Fernández F., Analysis of the Impact of Bus Signal Priority on Urban Noise, *Acta Acustica United With Acustica*, Vol. 103 (2017) 561 – 573
20. Dintrans A., Préndez M., A method of assessing measures to reduce road traffic noise: A case study in Santiago, Chile, *Applied Acoustics*, **74**, 1486-1491, 2013;
21. Den Boer L.C., Schrotten A., Traffic noise reduction in Europe, 2007, on line at: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/2008-02_traffic_noise_ce_delft_report.pdf;
22. De Coensel B., Botteldooren D., Vanhove F., Logghe S., Microsimulation Based Corrections on the Road Traffic Noise Emission Near Intersections, *Acta Acustica United with Acustica*, **93**, 241 – 252, 2007;
23. De Coensel B., Botteldooren D., Traffic signal coordination: a measure to reduce the environmental impact of urban road traffic, *Inter-noise Japan* pg. 1-6, 2011;
24. De Coensel B., Can A., Madireddy M., De Vlieger I., Botteldooren D., Combined assessment of noise and air pollution caused by road traffic, *Proceedings of the Institute of Acoustics & Belgium Acoustical Society Noise in the Built Environment*, 2010;
25. De Coensel B., Brown A.L., Tomerini D., Botteldooren D., Modeling road traffic noise using distributions for vehicle sound power level, *Inter-Noise*, August 19-22, New York, 2012;
26. De Coensel B., Brown A. L , Tomerini Deanna, A road traffic noise pattern simulation model that includes distributions of vehicle sound power levels, Preprint submitted to *Applied Acoustics*;
27. De Coensel B., Can A., Degraeuwe B., De Vlieger I., Botteldooren D., Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions, *Environmental Modelling & Software*, 1-10, 2012;
28. Desarnaulds Victor, Monaya Gilbert and Carvalhob António, Noise Reduction by Urban Traffic Management, *ICA*, p 3257-3260, 2004;
29. Evans & Stecker, Motivational consequences of environmental stress, *Journal of Environmental Psychology*, **24**, 143–165, 2004;
30. Ellebjerg L.; Bendtsen H., Possibilities of Noise Reduction through Road Traffic Flow Management. *Internoise 2007*, in Istanbul;
31. Ferguson E., Nezamuddin N., ManWo Ng, Waller S.T., Guidance for feasibility analysis of candidate sites: handbook, *TxDOT Project 0-5913: Feasibility of Speed Harmonization and Peak Period Shoulder Use to Manage Urban Freeway Congestion* SEPTEMBER 30, 2009;
32. Gabard J.F, Car-following models. Article in *Concise Encyclopædia of Traffic and Transportation Systems*, 1st edition, edited by Papageorgiou, M. Pergamon Press, Oxford, 1991;
33. Gafițanu Mihai, Merticaru Vasile, Focșa Virgil, Biborosch Leopold, *Vibrații și zgomote*, Editura Junimea, Iași, 1980;
34. Gökdag M., Study of the road traffic noise in Erzurum-Turkey, *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 9-22, 2012;
35. Goodall N.J., Traffic Signal Control with Connected Vehicles, A Dissertation Presented to the Faculty of the School of Engineering and Applied Science University of Virginia, 2013, on line at: http://people.virginia.edu/~njg2q/goodall_dissertation.pdf.
36. Goodman P.S., B.Eng.(Hons), The Prediction of Road Traffic Noise in Urban Areas, PhD thesis, The University of Leeds Institute for Transport Studies, 2001, on line at: <http://www.dapple.org.uk/Private/Reports/P.Goodman/Title%20page.pdf>;
37. Golmohammadi R., AbbaspourM., Nassiri P., Mahjub H., A Compact Model For Predicting Road Traffic Noise, *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, **6**, No. 3, 181-186; 2009;
38. Griefahn B., Basner M., Disturbances of sleep by noise, *Proceedings of Acoustics*, Gold Coast, Australia, 2011;
39. Halonen J., Hansell A.L., Gulliver J., Morley D., Blangiardo M., Fecht D., Toledano M.B., Beevers S.D., Anderson H.R., Kelly F.J., Tonne C, Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London, *European Heart Journal*, **36**, 2653–2661, 2015;
40. Hofhuis P., Luining M., Rood J., EU Transition Towards Green and Smart Mobility, Action Toolbox to Unleash Innovation Potentials, *Clingendael*, 2016 Report, on line at: <https://www.clingendael.nl/sites/default/files/Clingendael%20Report%20EU%20Transition%20towards%20Green%20and%20Smart%20Mobility%20-%20April%202016.pdf>;
41. Hoogendoorn S.P., Bovy P.H.L., State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling, Special Issue on Road Traffic Modelling and Control of the *Journal of Systems and Control Engineering*, 2001;
42. Hong J.Y., Jeon J.Y., The effects of audio–visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance, *Landscape and Urban Planning*, **125**, 28-37, 2014;
43. Jakovljevic Branko, Paunovic Katarina, Belojevic Goran, Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population, *Environment International* **35**, 552–556, 2009;

44. Jadaan K.S., Msallam M., Abu-Shanab D.A., The Impact of Road Traffic Noise on Hospital Workers, *Indian Journal of Science and Technology*, **9**, 2016, DOI:10.17485/ijst/2016/v9i1/79259;
45. Jaleel Z.T., The Effect of Road Traffic Noise at Hospitals in Baghdad City, *Journal of Engineering and Development*, **18**, 173-182, 2014;
46. Jens Skarabisa, Ulrike Stöckert Noise emission of concrete pavement surfaces produced by diamond grinding, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 2, Issue 2, April 2015, Pages 81-92;
47. Jonasson H., Test method for the whole vehicle, Tech. Rep. HAR11TR-020301–SP10, Harmonoise Project, Report; 2004;
48. Kai Huang, Master of Applied Science in Industrial Systems Engineering University of Regina, *Analysis Of Impact Factors For Traffic Noise In Urban Areas*, 2014;
49. Kathmann T., Cannon R., Speed limits as a noise reducing measure in Germany, *Highways & Transportation*, 46, 8-11,1999;
50. Kotzen B., English C., *Environmental Noise Barriers. A Guide to Their Acoustic and Visual Design*, 2nd Edition, Spon Press and Taylor & Francis, New York, 2009;
51. Kephelopoulos Stylianos, Paviotti Marco, Anfosso-Lédée Fabienne, Van Maercke Dirk, Shilton Simon, Jones Nigel, *Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping*, *Science of the Total Environment* 482-483, 400–410, 2014;
52. Larsson K., Updated road traffic noise emission model in Sweden, *Inter-Noise 2016*;
53. Li H., Graham D.J., Majumdar A., The effects of congestion charging on road traffic casualties: A causal analysis using difference-in-difference estimation, *Accident Analysis and Prevention*, **49**, 366–377, 2012;
54. Li Feng, Lin Yushan, Cai Ming, Canyi Du, Dynamic simulation and characteristics analysis of traffic noise at roundabout and signalized intersections, *Applied Acoustics* 121, 14–24, 2017;
55. Licitra G., (2012), *Noise Mapping in the EU: Models and Procedures*, CRC Press, USA;
56. Licitra G., Ascari E., (2014), Gden: an indicator for European noise maps comparison and to support action plans, *Science of the Total Environment*, 482483, 411-419;
57. Licitra G., Memoli G., (2008), *Limits and advantages of good practice guide to noise mapping*, Forum Acusticum – Paris;
58. Licitra G., Cerchiai M., Teti L., Ascari E., Fredianelli L., (2015), *Durability and variability of the acoustical performance of rubberized road surfaces*, *Applied Acoustics*, 94, 20-28;
59. Licitra G., Memoli G., Botteldooren D., De Coensel B., *Traffic noise and perceived soundscapes: a case study*, *Forum Acoustics*;
60. Fredianelli Luca, Licitra Gaetano, Dutilleux Guillaume, Cueto Jose Luis, *Industrial and transport infrastructure noise, Project: Engineering methods for outdoor noise prediction*, 2018;
61. Marathe P.D., *Traffic noise pollution*, *International Journal of Eating Disorders*, **9**, 63-68, 2012;
62. Meijker H., Knipschild P., Sallé H., *Road traffic noise annoyance in Amsterdam*, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Volume 56, Issue 4, pp 285–297, 1985;
63. Méline J., Van Hulst A., Thomas F., Karusisi N., Chais B., , *Transportation noise and annoyance related to road traffic in the French RECORD study*, *International Journal of Health Geographics*, **12**, 2013;
64. Muzet A., *Environmental noise, sleep and health*, *Sleep Medicine Reviews*, 11, 135–142, 2007;
65. Nichols A.P., (2012), *Adaptive Traffic Signal Control*, WVDOH/MPO/FHWA Planning Conference, on line at: http://www.transportation.wv.gov/highways/programplanning/plan_conf/Documents/2012PC/Adaptive%20Signal%20Control.pdf.
66. Okokon E., Turunen A., Ung-Lanki S., Vartainen A.K. Tiittanen P., Lanki T., *Road-Traffic Noise: Annoyance, Risk Perception, and Noise Sensitivity in the Finnish Adult Population*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **12**, 5712-5734, 2015;
67. Oostdijk J.P.J., Kuypers H., Granneman J.H., *Acoustic aspects of the development of silent loading and unloading devices. The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering The Hague, The Netherlands, 2001 August 27-30*;
68. Petrovici A.M., Cueto J.L., Gey R., Nedeff F., Hernandez R., Tomozei C., Mosnegutu E., *Optimization Of Some Alternatives To Noise Barriers As Noise Mitigation Measures On Major Roads In Europe. Case Study Of A Highway In Spain*, *Environmental Engineering and Management Journal*, **15**, Nr. 7.
69. Petrovici A.M., Cueto Ancela J.L., Hernandez Molina R., Sales Marquez D., Sales Lerida D., *Effects upon urban noise of the prioritization of buses at intersections*, *Publicación Oficial del Congreso TECNIACUSTICA 2015 Valencia*;

70. Petrovici A.M., Cueto J.L., Hernandez R., Nedeff V., Smart mobility strategies based on bus signal priority for noise reduction, Congress publication, EUROREGIO/TECNIACUSTICA'16, Oporto, Portugal. Junio, 2016.
71. Platon S.N., Hionis C.A., Preventing Risk Of Noise Exposure In Working Environment Using Noise Mapping, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13**, 1349-1354, 2014;
72. Petrescu V., Borza S., Research On Noise Pollution In Densely Populated Urban Areas, *Environmental Engineering and Management Journal*, **12**, 409-415, 2013;
73. Rasmussen B., Ekholm O., Neighbour and traffic noise annoyance at home-prevalence and trends among Danish adults, *Euro Noise*, Maastricht, 1895-1900, 2015;
74. Recio A., Linares C., Banegas J.R., Diaz J., The short-term association of road traffic noise with cardiovascular, respiratory, and diabetes-related mortality, *Environmental Research*, **150**, 383-390, 2016;
75. Robusté F., The future of transport in urban areas, Workshop 'The Future Of Transport', 2010, on line at: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/otras-publicaciones/474-the-future-of-transport-in-urban-areas/file>;
76. Rodriguez Jean-Paul, *The Geography of Transport Systems*.Routledge, Taylor & Francis Third Edition. New York, 2013;
77. Salomons Erik, Traffic noise and vehicle movement at a controlled intersection, *Noise Control Engr. J.* **62**, 10-26, 2014;
78. Sandberg, U & Ejsmont, Jerzy, Influence of tyre rubber hardness on tyre/road noise emission. 1. 394-403, 2005;
79. Schreurs Eric, Brown Lex, Tomerini Deanna, Maximum pass-by noise levels from vehicles in real road traffic streams: comparison to modeled levels and measurement protocol issues, *Inter Noise 2011*, Osaka Japan, 2011;
80. Shilton S., Anfoxxo Ledee F., Van Leewen H., Conversion of existing road source data to use CNOSSOS-EU, *Euro-Noise 2015*;
81. Smith H.R., Hemily B., Ivanovic M., Fleming G., *Transit Signal Priority - TSP A Planning and Implementation Handbook*, 2005, on line at: http://nacto.org/docs/usdg/transit_signal_priority_handbook_smith.pdf;
82. Sørensen M., Andersen Z.J., Nordborg R.B., Becker T., Tjønneland A., Overvad K., Nielsen O.R., Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Incident Diabetes: A Cohort Study, *Environmental Health Perspectives*, 121, 217-222, 2013;
83. Stansfeld S. A, Haines M. M, Burr M, Berry B, Lercher P., A review of environmental noise and mental health, *Noise Health*; 2, 1-8, 2000;
84. Stansfelda S. Sharpa D.S., Gallachera1 J., Babischa W., Road traffic noise, noise sensitivity and psychological disorder, *Psychological Medicine* , **23**, 977-985, 1993;
85. Steve Muench, *Traffic Concepts*, CEE 320, pwp presentation, 2006;
86. Suárez E., Barros J.L., Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile, *Science of the Total Environment*, **466-467**, 539-546, 2014;
87. Subramani T., Kavitha M., Sivaraj K.P., Modelling Of Traffic Noise Pollution, *International Journal of Engineering Research and Applications*, **2**, 3175-3182, 2012;
88. Sun Ye, Research on Urban Road Traffic Congestion Charging Based on Sustainable Development, *Physics Procedia*, **24**, 1567 – 1572, 2012;
89. Timar J., Studii și cercetări privind optimizarea fluxurilor rutiere urbane, teză de doctorat, Universitatea "Transilvania" din Brașov, Facultatea de Inginerie Mecanică, Catedra de Autovehicule și Motoare, 2010;
90. Taniguchi A., Fujii S., Hara F., Promotion Of A Public Transport By Mobility Management And Verification Of Its Quantitative Effect: A Case Study For Community Bus In Obihiro City, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, **5**, pp. 316 – 324.
91. Van Rijn J., *Road capacities INDEVELOPMENT*, 2004, on line at: <http://www.indevelopment.nl/PDFfiles/CapacityOfRoads.pdf>;
92. Van Blokland G., *Modelling the noise emission of road vehicles and results of recent experiments*, Inter-noise Ottawa, Canada, 2009;
93. Venkatram A., Isakov V., Deshmukh P., Baldauf R., Modeling the impact of solid noise barriers on near road air quality, *Atmospheric Environment*, doi: 10.1016/ j.atmosenv.2016.07.005, 2016.
94. Venglar S., Fenno D., Goel S., Schrader P., *Managed Lanes-traffic modeling*, Operating freeways with Managed Lanes, 2002, on line at: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/4160-4.pdf>

95. Wolfert H., Towards new less noisy mobility patterns in cities, Inter-Noise 2014, Melbourne Australia 16-19 November, on line at: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p577.pdf;
96. Wolk R., Gami A.S, Garcia-Touchard A., Somers V.K., Sleep and cardiovascular disease. *Curr Probl Cardiol*, 30, 625-62, 2005;
97. Zhang J., Evaluating the Environmental Impacts of Bus Priority Strategies at Traffic Signals, University of Southampton, Faculty of Engineering and the Environment, 2011;
98. ***Acoustics — Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method;
99. *** ARPAT, Tuscany Environmental Protection Agency PIANI DI AZIONE. I. Noise reduction at the source, chapters 3, 4 and 5, 2009, on line at: <http://www.arpat.toscana.it>;
100. ***Basic Traffic Signal Operations, 4.1, Page 3, <http://transportation.ce.ufl.edu/courses/te6815/BTS/bts041.pdf>;
101. *** CadnaA brochure, 2012, on line at: http://www.datakustik.com/fileadmin/user_upload/PDF/2012/CadnaA_at_a_glance_english.pdf;
102. *** CNOSSOS, Draft JRC Reference Report, Version 2d, pg. 37-45/57-58, 2010;
103. *** CITYHUSH, Deliverable 1 Acoustically green city areas - Q-Zones. Tools for creating Q-Zones. Selection of 5 reference sites for analysis, 2011.
104. *** Civitas, Prioritisation of public transport in cities, CIVITAS, 2010, On line at: http://www.civitas.eu/sites/default/files/Results%20and%20Publications/CIVITAS_II_Policy_Advice_Notes_07_Public_Transport_Priority.pdf;
105. ***DGC, Ministry of infrastructure and general directorate of roads in Spain, 2012, On line at: <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/102467B615B9-4F15-9A4EA3B4FFE0F470/119701/Mapaprovin2012.pdf>.
106. *** DRI - Danish Road Institute, Report, 137. Traffic management and noise reducing pavements - Recommendations on additional noise reducing measures, <http://www.vejdirektoratet.dk/>, 2004;
107. ***DRPCIV - Direcția regim permise de conducere si inmatriculare a vehiculelor online at: <https://www.drpciv.ro/solicitare-informatii.html>
108. ***EEA - European Environment Agency, Report 11/2013. A closer look at urban transport. TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, on line at: <http://www.eea.europa.eu/>, 2013;
109. *** EEA, Air quality in Europe — European Environmental Agency, 2013 report, on line at: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>;
110. *** FEAG, Noise action planning in agglomerations. Reduction potentials based on the example of Hamburg, 2011 on line at: <http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4090.html>.
111. *** HEAVEN - Healthier Environment through Abatement of Vehicle Emission and Noise, 2001.
112. *** IAPT-International Association of Public Transport, A Congestion-Free Bus Network, 2001, on line at: <http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/01%20A%20CONGESTIONFREE%20BUS%20NETWORK.pdf>;
113. IGN, National Geographic Center of Spain, 2015, On line at: <http://www.ign.es/ign/layout/series.do>;
114. ***IMAGINE - Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment, Review of the suitability of traffic models for noise modelling, pg. 25-29, 2005;
115. ***International Transport Forum, Funding Urban Public Transport: Case Study Compendium 2013 on line at: <http://www.itf-oecd.org/funding-urban-public-transport-case-study-compendium>;
116. *** Manual de utilizare HD GoPro HERO 2;
117. ***Manual de utilizare STALKER ATS II, Professional Sports Radar;
118. ***Manual de utilizare Hand Held Analyzer Types 2250 and 2270;
119. *** Manual de utilizare PTV VISSIM, (2012), VISSIM 5.40 - versiune digitală;
120. *** Mayor transport Strategies, <https://www.london.gov.uk/what-we-do/health/transport-and-health/healthy-streets-london> idelines for road traffic noise abatement. Recommendations for Local Authorities, 2004, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=1869;
121. *** NADIA Noise Abatement Demonstrative and Innovative Actions and information to the public, 2009 on line at: <http://www.nadia-noise.eu>, Deliverable 4: "Noise reduction Action Plans".
122. *** Transport Public Bacau, online la <http://transportpublicbc.ro/trasee>;
123. *** QCITY, Deliverable, 2.15. Report on ranking of different noise source mitigation measures, 2007;
124. ***Roads Task Force, Transport for London, Technical Note 10 What is the capacity of the road network for private motorised traffic and how has this changed over time?,

- <http://content.tfl.gov.uk/technical-note-10-what-is-the-capacity-of-the-road-network-for-private-motorised-traffic.pdf>;
125. *** SILENCE, Deliverable H.D1 Effectiveness and Benefits of Traffic Flow Measures on Noise Control, 2005;
 126. *** SILENCE, Deliverable F.D2 Reduction of noise from vehicles crossing discontinuities on urban streets, 2006;
 127. *** SILENCE, Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Quieter Surface Transport in Urban Areas Project, 2008, On line at: http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_J/E-learning/Planners/SILENCE_Handbook_Local_noise_action_plans.pdf;
 128. *** SMILE, Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment, Guidelines for road traffic noise abatement. Recommendations for Local Authorities , 2004, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=1869;
 129. ***Specificații tehnice autobuze Irisbus: https://www.iveco.com/ivecobus/en-us/collections/technical_sheets/Documents/intercity/EuroVI/Crossway_Low_Entry_Line_10_8m_12_1m_13m_Cursor_9_Tector_7_Diesel_Euro_VI.pdf;
 130. ***Specificații tehnice autobuze Mercedes online: http://www.mercedes-benz.com.bn/content/brunei/mpc/mpc_brunei_website/enng/home_mpc/passengercars/home/commercial_vehicles/buses/regular_service_busses/conecto/technical_data.html;
 131. ***Transportation for America, Smart Mobility for a 21st Century America: Strategies for Maximizing Technology to Minimize Congestion, Reduce Emissions, and Increase Efficiency A White Paper by Transportation for America, ITS America, the Association for Commuter Transportation and the University of Michigan's SMART Initiative, 2010;
 132. ***Techtarget, 2017 <http://whatis.techtarget.com/definition/A-weighted-decibels-dBA-or-dBa-or-dBa>;
 133. *** WGNA Working Group on Noise Abatement, European Commission Inventory of noise mitigation methods, 2002;
 134. ***WHO – World health organization, 2011, online at: <http://www.who.int/>;
 135. ***Planul de mobilitate urbana Bacau online la <https://municipiulbacau.ro/wp-content/uploads/2017/09/04.proiect-pmud-partea-3.pdf>.
 136. www.googleearth.com;
 137. https://www.canon.ro/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_60d/specification.aspx.
 138. Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles — Engineering method — Part 1: M and N categories.
 139. ISO 1996-1: 2016 Acustică - Descrierea, măsurarea și evaluarea zgomotului ambiental. Partea 1: Cantități de bază și proceduri de evaluare;
 140. ISO 1996-2: 2017 Acustică - Descrierea, măsurarea și evaluarea zgomotului ambiental. Partea 2: Determinarea nivelurilor de presiune acustică.
 141. Directiva Europeană privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/RO/COM-2017-151-F1-RO-MAIN-PART-1.PDF>
 142. Arnott, Richard & Small, Kenneth. (1994). The Economics Of Traffic Congestion. American Scientist. 82;
 143. ***TRAFFIC CONGESTION: ITS ECONOMIC AND SOCIAL CONSEQUENCES, Bolletin FAL No. 170 - October 2000;
 144. K. Zavitsas, I. Kaparias, M.G.H. Bell, Transport problems in cities Deliverable No. 1.1, CONDUITS, Coordination Of Network Descriptors for Urban Intelligent Transport Systems;
 145. *** Unda Verde - https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wave
 146. M. Madireddy, B. De Coensel , I. De Vlioger , D. Botteldooren , B. Beusen , B. Degraeuwe , G. Lenaers , A. Can , A. Eijk, - VERSIT, Micro-Simulation of a Traffic Fleet to Predict the Impact of Traffic Management on Exhaust Emissions., poster session
 147. VERSIT+ TNO state-of-the art road traffic emission model, https://www.tno.nl/media/2451/lowres_tno_versit.pdf
 148. Volker Hessel, Smart Mobility – A tool to achieve sustainable cities http://www.vt.bgu.tum.de/fileadmin/w00bnf/www/VKA/2014_15/150212_Smart_Mobility_v5_TUM.pdf
 149. *** Soft-ul MATLAB <https://profs.info.uaic.ro/~fliacob/An2/2012-2013/Resurse/Relative%20la%20Matlab/Elemente%20de%20Matlab.pdf>
 150. IMAGINE. Determination of Lden and Lnight using measurements.' IMAGINE report IMA32TR-040510-SP08, 11 January 2006, 2006, <http://www.imagine-project.org>.

151. ISO 9613-2:1996 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.
152. Cueto, J.L., Hernandez, R. Chapter 3. Measurements. In G. Licitra (ed.) Noise Mapping in the EU: Models and Procedures (chapter 10). CRC Press. Taylor and Francis Group, 2013
153. Paviotti, Marco; Kephelopoulos, Stylianos; Jonasson, Hans, IMAGINE project: urban measurements of Lden and Lnight and calculation of the associated uncertainties.' ICA. 19th International Congress on Acoustics Madrid, 2007.
154. E. Chevallier, L. Leclercq, J. Lelong, R Chatagnon: Dynamic noise modeling at roundabouts. Applied Acoustics. 70, 761-770, 2009.
155. B. De Coensel, T. De Muer, I. Yperman, D. Botteldooren: The influence of traffic flow dynamics on urban soundscapes. Applied Acoustics 66, 2005 175–194, 2005.
156. L. Estévez-Mauriz, J. Forssén. Dynamic traffic noise assessment tool: A comparative study between a roundabout and a signalised intersection. Applied Acoustics 130 71–86, 2018.