



UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREȘTI

**ȘCOALA DOCTORALĂ INGINERIA SISTEMELOR
BIOTEHNICE**

Nr. Decizie 597 din 13.10.2020

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

MODELAREA ȘI TELESUPRAVEGHEREA VIBRO- ACUSTICĂ AEROPORTUARĂ

AIRPORT VIBROACOUSTIC MODELING AND SURVEILLANCE

Doctorand: **Ing. Mihnea-Andrei Magheți**

Conducător de doctorat: **Prof. Univ. Dr. Ing. Nicolae ENESCU**

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. Dr. Ing. Ion STROE	de la	Univ. Politehnica București
Conducător de doctorat	Prof. Dr. Ing. Nicolae ENESCU	de la	Univ. Politehnica București
Referent	Prof. Dr. Ing. Polidor BRATU	de la	Univ. Dunărea de Jos, Galați
Referent	C.S.I. Dr. Ing. Mihai ZAPLAIC	de la	CEPSTRA – GRUP SRL
Referent	Conf. Dr. Ing. Eduard Cristian POPOVICI	de la	Univ. Politehnica București

București, 2020

CUPRINS

I. Index figuri	iv
II. Index tabele	vi
Capitolul 1	INTRODUCERE
1.1	STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR ÎN ZGOMOTULUI AEROPORTUAR.....
1.2	SCOPUL SI STRUCTURA TEZEI
Capitolul 2	ELEMENTE TEORETICE ÎN ACUSTICA AEROPORTUARĂ ...
2.1	ECUAȚIA UNDELOR ACUSTICE
2.1.1	Ecuția undelor acustice plane.....
2.1.2	Ecuția undelor acustice sferice.....
2.2	MĂRIMI ACUSTICE
2.2.1	Intensitate acustica.....
2.2.2	Puterea acustică.....
2.2.3	Niveluri acustice. Scara dB.....
2.2.4	Nivel de putere acustică.....
2.2.5	Nivel de intensitate acustică.....
2.3	RADIATORI ACUSTICI.....
2.3.1	Sursa monopol.....
2.3.2	Sursă dipol. Sursă cuadripol. Zgomotul aerodinamic de jet.....
2.4	PROPAGAREA UNDELOR ACUSTICE ÎN ATMOSFERĂ.....
2.4.1	Dispersia câmpului acustic radiat.....
2.4.2	Atenuarea acustică în atmosferă.....
2.4.3	Efectul gradientului de temperatură.....
2.5	TEHNICI DE MĂSURARE ȘI PRELUCRARE ALE SEMNALELOR ACUSTICE.....
2.6	ANALIZA ÎN DOMENIUL TIMP
2.7	ANALIZA ÎN DOMENIUL FRECVENȚĂ
2.7.1	Serii Fourier reale.....
2.7.2	Serii Fourier în complex.....
2.7.3	Semnale neperiodice. Transformate Fourier.....
2.8	MĂSURĂRI ACUSTICE NUMERICE.....
2.8.1	Eșantionarea.....
2.8.2	Transformata Fourier Discretă (DFT).....
2.8.3	Transformata Fourier Rapidă (FFT).....

2.8.4	Aliasing. Teorema lui Shannon.....	24
2.8.5	Windowing (ferestruire)	26
Capitolul 3	LEGISLAȚIE ȘI DIRECTIVE DE DEFINIRE A ZGOMOTULUI	
27		
3.1	PREZENTARE DIRECTIVA EUROPEANĂ A ZGOMOTULUI DE MEDIU	27
3.1.1	Directiva privind zgomotul de mediu (2002/49/EC)	27
3.1.2	Directivile UE privind metodele provizorii de calcul al zgomotului	28
3.1.3	Hărți strategice de zgomot	28
3.1.4	Hărți de diferențe	29
3.2	DEFINIREA PARAMETRILOR DESCRIPTORI RECOMANDAȚI DE DIRECTIVA 2002/49/EC	30
3.2.1	Definiții ale nivelului indicatorului de zgomot pentru zi- seară – noapte - L_{zsn}	30
3.2.2	Indicatorul de zgomot din timpul nopții	31
3.2.3	Indicatorii unui eveniment singular	31
3.2.4	Nivelul de zgomot echivalent ..	32
3.2.5	Curbe de ponderare A,B,C,D.....	33
3.3	CALCULUL NIVELURILOR DE ZGOMOT CUMULATIVE	33
3.3.1	Nivelurile acustice echivalente ponderate	33
3.3.2	Numărul ponderat de operațiuni	34
3.3.3	Calculul nivelului de zgomot rezultat într-un punct receptor în cazul acțiunii simultane a mai multor surse	34
3.4	LEGISLAȚIA APLICABILĂ ÎN ACTIVITATEA DE CARTARE A ZGOMOTULUI AEROPORTUAR	36
Capitolul 4	MODELAREA ZGOMOTULUI AEROPORTUAR	39
4.1	ZGOMOTUL AEROPORTUAR - MĂSURARE ȘI MODEL DE CALCUL	41
4.1.1	Categorii de zgomot	42
4.1.2	Contribuția zgomotului rezidual	44
4.2	MĂSURI DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA ZGOMOTULUI	46
4.2.1	Zone de acțiune în cadrul protecției antizgomot	46
4.3	METODOLOGIA DE CALCUL AL NIVELURILOR DE ZGOMOT	48
4.4	METODA SEGMENTĂRII – METODA PROPUȘA PENTRU CALCULUL NIVELULUI DE ZGOMOT SINGULAR	49
4.4.1	Conceptul segmentării	49

4.4.2	Definirea traiectoriilor și a profilurilor de zbor	49
4.4.3	Date operaționale aeroportuare	50
4.5	DESCRIEREA TRAIECTORIEI DE ZBOR	51
4.5.1	Configurații ale traiectoriei de zbor versus configurația zborului	51
4.5.2	Sistemele de coordonate	52
4.5.3	Traietoriile în zgomotul aeroportuar	53
Capitolul 5	STUDIU DE CAZ 1 - EVALUAREA CAPACITAȚII DE MEDIU A UNUI AEROPORT, DIN PUNCT DE VEDERE AL ZGOMOTULUI.....	55
5.1	ESTIMARE A POTENȚIALULUI DE CREȘTERE A TRAFICULUI AEROPORTUAR.....	55
5.2	ASPECTE SPECIFICE CONSIDERATE ÎN CALCULAREA ZGOMOTULUI AEROPORTUAR.....	57
5.3	ANALIZA VALORILOR DE ZGOMOT AEROPORTUAR RAPORTATE LA NIVELUL ANULUI 2016.....	60
5.4	CRITERII DE ESTIMARE A CREȘTERII TRAFICULUI AEROPORTUAR	62
5.5	CONCLUZII.....	64
Capitolul 6	STUDIU DE CAZ 2 - ANALIZA UNOR ASPECTE PRIVIND ZGOMOTUL GENERAT PRIN ACCESUL AERONAVELOR CU MARJĂ MICĂ DE CERTIFICARE LA AEROPORTUL INTERNAȚIONAL HENRI COANDĂ BUCUREȘTI.....	65
6.1	ASPECTE INTRODUCTIVE ALE DEZVOLTĂRII DURABILE AEROPORTUARE	65
6.2	ASPECTE LEGISLATIVE SPECIFICE ACCESULUI AERONAVELOR ÎNCADRATE ÎN DIFERITE CATEGORII DE ZGOMOT	66
6.3	TENDINȚELE DE REDUCERE A EMISIILOR ACUSTICE ALE AERONAVELOR.....	68
6.4	MODUL DE LUCRU ȘI REZULTATELE OBȚINUTE	70
6.5	PRELUCRĂRI BAZE DE DATE PRIVIND TRAFICUL AEROPORTUAR RELEVANT LA NIVELUL ANULUI 2018	71
6.6	REZULTATELE OBȚINUTE.....	73
6.6.1	Estimarea implicațiilor asupra mediului a aeronavelor corespunzând celor 4 Capitole ICAO	73
6.6.2	Evaluarea nivelurilor de zgomot reglementate – L_{zsn} și L_n – și a expunerilor asociate.....	73
6.7	CONCLUZII.....	75
Capitolul 7	CERCETĂRI EXPERIMENTALE ALE ZGOMOTULUI GENERAT DE UN AVION LA SOL SI IN AER LA DECOLARE SI ATERIZARE ...	87
7.1	CONSIDERAȚII GENERALE	87
7.2	RIDICAREA CURBEI DE DIRECTIVITATE A UNUI AVION LA SOL.....	88

7.3	DETERMINĂRI ALE ZGOMOTULUI GENERAT LA DECOLAREA AVIOANELOR.....	91
7.4	DETERMINĂRI ALE ZGOMOTULUI GENERAT LA ATERIZAREA AVIOANELOR.....	96
Capitolul 8	CONCLUZII	99
8.1	CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	99
8.2	DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	100
BIBLIOGRAFIE		103
Anexa A	- PUBLICAȚII SI COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE ALE DOCTORANDULUI..	107

CAPITOLUL 1 - INTRODUCERE

Zgomotul aeroportuar este o componentă importantă în aprecierea calității mediului înconjurător. Este un factor ce poate afecta sănătatea personalului de pe aeroporturi, a personalului navigant dar și a oamenilor care locuiesc în vecinătatea aeroportului.

Pe plan internațional se introduc programe, norme, directive și legi în vederea limitării nivelurilor de zgomot aeroportuar și al păstrării acestuia în limite admisibile.

Complexitatea problemelor teoretice și practice legate de zgomotul aeroportuar, cum ar fi identificarea de măsuri de reducere a zgomotului, impune o abordare modernă constând în utilizarea sistemelor de monitorizare în site și a programelor de calcul în vederea evaluării detaliate a expunerii populației aflate în ariile din vecinătatea aeroportului.

Zgomotul generat de transportul aerian este cunoscut ca fiind una dintre principalele probleme care pot limita creșterea capacității unui aeroport, astfel încât în interiorul și în jurul aeroporturilor este necesară o politică susținută și echilibrată de atenuare a nivelurilor de zgomot, în vederea diminuării expunerii populației la niveluri ridicate de zgomot.

Aplicarea Regulamentului (UE) nr. 598/2014 din 16 aprilie 2014, necesită o cunoaștere amănunțită a influenței "aeronevelor cu marjă mică de certificare". Modul de abordare folosit în prezenta lucrare asigură o bază reală de cuantificare a proporției de aeronave de acest fel și a influenței existenței lor în fluxul total de aeronave ce acced pe un mare aeroport.

Dezvoltarea viitoare a traficului aerian implică un sistem complex de control al zgomotului. Diminuarea expunerii populației la zgomot este una dintre principalele activități necesar a fi abordate.

Modelarea zgomotului este mijlocul prin care se realizează cartografierea acustică în vecinătatea aeroportului, cuantificând expunerea populației la diferite niveluri de zgomot.

O cunoaștere a expunerii populației la zgomot influențează o serie de decizii cu privire la reducerea expunerii, cum ar fi: redistribuirea traficului aerian la diferite intervale ale zilei, reglementări privind compoziția traficului aerian, etc.

Monitorizarea zgomotului aerian poate oferi o bază de date care se actualizează în timp real, contribuind la obținerea de date mai precise și determinarea unei game mai variată de factori care au impact asupra zgomotului.

În prezent producătorii de aeronave și motoare au inițiative de a reduce zgomotul produs de aeronave, zgomot care, în prezent, are un efect negativ, semnificativ, asupra comunităților umane din jurul aeroporturilor mari și mici. Atenuarea impactului de zgomot continuă să fie o provocare majoră, iar această problemă este abordată pe mai multe direcții. Succesul acestui obiectiv depinde foarte mult de o bună înțelegere a relațiilor dintre nivelul de zgomot produs și tipul și amploarea efectelor lui.

O modalitate de a ilustra amploarea impactului zgomotului este alcătuirea hărților de zgomot. Acestea oferă reprezentări detaliate privind calcularea nivelelor de expunere a comunităților umane din jurul aeroporturilor la zgomotul generat de aeronave și generarea curbilor de zgomot.

Procesul de modelare a zgomotului presupune utilizarea unei metode adecvate de modelare, construirea și menținerea lui, acesta fiind compus dintr-un model de zgomot și o bază de date de caracteristici pentru anumite tipuri de avioane.

Din cauza influențelor combinate ale factorilor acustici și non-acustici, este dificil de a determina relațiile zgomot-răspuns. În general, metodologia de evaluare practică a zgomotului trebuie să ia în considerare și comunitățile implicate. "Deoarece efectele asupra comunității pot fi descrise doar în termeni statistici, expunerile la zgomot sunt de obicei definite numai ca medieri ale zgomotului pe perioade lungi de timp și în locații reprezentative" [1].

Elementele de modelare sunt limitate la zgomotul aerian - zgomotul produs de aeronave în zbor în vecinătatea aerodromului. "Acest zgomot include zgomotul de rulare sol pentru decolare - aterizare și exclude zgomotul de rulare pe pistă al celorlalte aeronave aflate în

perimetrul aerodromului, zgomot care este menționat ca *zgomot de sol*. Contribuția acestui tip de zgomot la configurația curbilor de zgomot în afara limitelor aeroportului este neglijabilă. Acest lucru nu înseamnă că zgomotul la sol nu are efecte adverse asupra comunităților locale, dar este motivul pentru care zgomotul la sol este, de obicei, evaluat separat față de zgomotul aerian. ECAC nu a emis un îndrumar de măsurare și evaluare a acestui tip de zgomot comparabil cu directivele emise în cazul zgomotului aerian” [1].

Lucrarea cuprinde 8 capitole, după cum urmează:

Capitolul 1: Introducere - se face o prezentare a problemei reprezentate de zgomot în vecinătatea aeroporturilor. Transportul aerian este o industrie globală în continuă dezvoltare, având un rol deosebit de important în existența societății și în funcționarea și dezvoltarea economiei mondiale. Problemele de mediu ridicate de existența transportului aerian sunt dintre cele mai importante, între acestea remarcându-se poluarea atmosferei și emisiile de zgomot.

Capitolul 2: Elemente teoretice în acustica aeroportuară - pornind de la ecuația undelor sunt definite mărimile necesare în descrierea câmpului acustic, precum și tehnici moderne de măsurare și prelucrare a semnalelor acustice.

Capitolul 3: Legislație și directive de reglementare în domeniul zgomotului - s-a avut în vedere legislația privind normele referitoare la limite admisibile, cât și legislația privind modul de realizare a cartărilor acustice ale zgomotului aeroportuar.

Capitolul 4: Modelarea zgomotului aeroportuar - în principal, metoda segmentării este folosită pentru calculul nivelurilor de zgomot într-un punct din rețeaua de calcul în conformitate cu ”ECAC.CEAC DOC.29, 3rd edition, Vol. 1: Methodology for Computing Noise Contours around Civil Airports, Applications Guide. European Civil Aviation Conference, 2005”

Capitolul 5: Studiu de caz 1 - Evaluarea capacității de mediu a unui aeroport din punct de vedere al zgomotului - capacitatea de mediu este una din componentele care este luată în considerație la estimarea capacității unui aeroport. Creșterea traficului aferent unui aeroport este o măsura atractivă în multe situații. Totuși, constrângeri tehnice, economice, de securitate a zborurilor, meteorologice și care țin de protecția mediului limitează posibilitatea acestei creșteri. În acest capitol este tratată constrângerea de mediu din punct de vedere al zgomotului.

Capitolul 6: Studiu de caz 2 - Analiza unor aspecte privind zgomotul generat prin accesul aeronavelor cu marjă mică de certificare la aeroportul internațional Henri Coandă București. – zgomotul aeronavelor este perceput adesea de către comunitate ca una dintre sursele importante de disconfort, Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene, prin Regulamentul (UE) nr. 598/2014 din 16 aprilie 2014, în conformitate cu Art. 5 (3), se prevede ”necesitatea gestionării zgomotului aeronavelor într-o abordare echilibrată, cuprinzând patru elemente principale:

- efectul previzibil al reducerii la sursă a zgomotului produs de aeronave;
- planificarea și gestionarea terenului;
- proceduri operaționale de reducere a zgomotului;
- aplicarea restricțiilor de operare aeronavelor cu marja mică de certificare (MMC) numai după luarea în considerare a celorlalte măsuri ale abordării echilibrate, nu în primă instanță.”

Prezentul capitol își propune să cuantifice situația aeronavelor cu acces la aeroport, incluzând aeronavele cu marjă mică de certificare, pentru a oferi administrației o bază obiectivă în adoptarea unor eventuale decizii în vederea gestionării problemelor de zgomot.

Capitolul 7 Cercetări experimentale ale zgomotului generat de un avion la sol și în aer la decolare și aterizare. Acest capitol prezintă schematic un turbomotor cu sursele de zgomot: sistemul de admisie, compresor, camera de ardere, turbina, cutia de transmisie, jetul reactiv și zgomotele corespunzătoare: zgomotul componentelor rotative (compresorului, ventilatorului) și zgomotului de jet (camera de ardere, turbina, zgomotul de jet primar și secundar).

Zgomotul avioanelor atinge valori foarte ridicate ca nivel de presiune acustică, într-un domeniu larg de frecvențe, atât la frecvențe joase, chiar infrasonore, cât și la frecvențe înalte. Fiecare tip de avion are caracteristici ale zgomotului generat, în funcție de tipul motorului, felul în care se realizează propulsia, poziția motorului, felul de exploatare, condițiile de mediu etc. Pentru toate categoriile de avioane, nivelele de zgomot generate cresc cu tracțiunea și viteza, astfel ca zgomotul de jet al gazelor devine dominant în zgomotul total generat.

Zgomotul produs de avioane are caracter pronunțat de directivitate, aceste caracteristici de directivitate ridicându-se în staționare pe sol în condiții de funcționare extreme, de la relanti la turație maximă, cu unul sau cu toate motoarele în funcționare.

Măsurările au fost efectuate în perioada când zgomotul de fond este redus și nu influențează rezultatele măsurărilor, iar suprafețele reflectante sunt absente sau sunt la mare distanță. Lanțul de măsură utilizat a fost constituit dintr-un sistem multi-canal 01-dB Metravib-Orchestra cu 12 canale de achiziție simultan. Cele 12 microfoane au fost situate echidistant, pe un semicerc de raza de 24m, cu centrul imaginar în centrul fictiv al avionului. Radiația acustică se consideră simetrică în raport cu axul avionului.

În acest capitol sunt prezentate rezultatele măsurărilor de zgomot la survolarea avioanelor la decolare și aterizare pe pista de la Aeroportul Otopeni. Zgomotul generat de fiecare aeronavă în parte a fost înregistrat pentru decolare, pe durata cuprinsă între momentul ridicării de la sol, trecerea deasupra microfonului și îndepărtarea acestuia. În cazul aterizării, înregistrarea s-a făcut de la vizualizarea aeronavei, trecerea deasupra microfonului și aterizarea acesteia. Prelucrarea rezultatelor măsurării zgomotului s-a prezentat sub forma variației presiunii acustice în timp, ca variație a nivelului de presiune acustică și sub forma reprezentării spectrale prin derulări succesive ale spectrogramelor, cunoscute sub numele de *reprezentări în cascadă*, utilizând softul specializat dB- RTA. Rezultatele măsurărilor pentru nivelele de zgomot cele mai ridicate pot conduce la evaluări ale nivelelor de zgomot în vecinătățile locuite, considerând legea $1/r$ în cazul propagării în câmp liber.

Capitolul 8: Concluzii - În acest capitol sunt prezentate concluziile rezultate din activitățile îndeplinite în prezenta lucrare, sunt relevate elementele de noutate și utilitatea continuării extinderii și aprofundării acestor activități. Astfel, evaluarea capacitații de mediu din punct de vedere al zgomotului reprezintă o parte importantă în estimarea capacitații unui aeroport, având în vedere necesitatea compatibilității între funcționarea aeroportului și cerințele de mediu.

CAPITOLUL 3 - LEGISLAȚIE ȘI DIRECTIVE DE DEFINIRE A ZGOMOTULUI

Directiva privind zgomotul de mediu (2002/49/EC)

Rezultatul a 4 ani de activitate continuă a experților internaționali în domeniul acustic, coroborat cu dezbaterile care au urmat în Consiliu și în Parlamentul European s-a materializat prin publicarea Directivei privind zgomotul de mediu, în 25 iunie 2002 (pe scurt END), având ca scop evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental. Scopul acestei Directive constă în definirea unei abordări comune a tuturor statelor membre, cu intenția de a evita, preveni sau reduce efectelor dăunătoare, incluzând deranjul datorat expunerii la zgomotul de mediu a locuitorilor din zonele rezidențiale.

În cadrul Directivei menționate, următoarele acțiuni s-au avut în vedere:

- “determinarea expunerii la zgomotul de mediu, prin cartarea zgomotului prin mijloace de evaluare comune statelor membre;
- asigurarea ca informația asupra zgomotului de mediu și efectelor sale este accesibilă publicului;
- adoptarea planurilor de acțiune de către Statele Membre, bazate pe rezultatele cartării zgomotului, având în vedere prevenirea și reducerea zgomotului de mediu unde este

necesar și în particular unde nivelurile de expunere pot induce efecte dăunătoare asupra sănătății umane și conservarea calității mediului acolo unde acesta este liniștit.” [7]
Directiva 2002/49/EC reprezintă baza legală disponibilă Statelor membre în vederea evaluării și gestionării zgomotului ambiant. Monitorizarea problemelor de zgomot la intervale de minimum 5 ani prin realizarea cartărilor strategice pentru traficul rutier, traficul feroviar, traficul aerian și activitatea industrială implică evaluarea expunerii populației la diferite niveluri de zgomot, precum și elaborarea planurilor de acțiune în vederea diminuării acestor niveluri acolo unde este cazul, sau pentru păstrarea ambianței acustice acolo unde aceasta este una favorabilă.

Directiva 2002/49/EC stabilește indicii descriptori ai zgomotului și metodele de calcul corespunzătoare celor patru tipuri de surse enumerate mai sus.

Comisia Europeană a publicat “Recomandarea Comisiei privind liniile directoare asupra metodelor provizorii de calcul revizuite pentru zgomotul industrial, aviatic, rutier și cel feroviar

Astfel, următoarele metode de aplicare sunt recomandate, în funcție de tipul de zgomot:

- Zgomot industrial
 - “SR ISO 9613-2:2006 Acustică – Atenuarea zgomotului propagat în aer liber. Partea 2: Metoda generală de calcul. Datele de emisie corespunzătoare (reprezentând date de intrare) pentru aceasta metodă pot fi obținute din măsurări ale nivelurilor de zgomot în teren.
 - ISO 8297: 1994 – Acoustics – Determination of sound power levels of multi source industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method.
 - EN ISO 3744: 1995 Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method în an essentially free field over a reflecting plane.
 - EN ISO 3746: 1995 Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using an enveloping measurement surface over a reflecting plane.”
- Zgomot de aviație
 - “ECAC/CEAC Doc. 29 Report on Standard Method of Computing Noise Contour around Civil Airport” 1997. În vederea modelării traseelor de zbor, se folosește tehnica segmentării la care se referă secțiunea 7.5 din [10].
- Zgomot de trafic rutier
 - “Metoda națională de calcul franceză *NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCSTB)*, la care se referă documentul emis în data de 5 mai 1995 privind zgomotul infrastructurilor rutiere, articolul 6 și standardul francez *XPS 31-133*.”
- Zgomot de trafic feroviar
 - Metoda națională de calcul olandeză, publicată în “Reken – en Meetvoorschrift Railverkeeslawaaai ’96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996”.

Aceste metode s-au adaptat definițiilor L_{zsn} și L_{noapte}. Prezentate în Anexa 1 din [10].

Hărți strategice de zgomot

O hartă strategică de zgomot reprezintă o hartă concepută în scopul ilustrării nivelurilor de zgomot și al evaluării expunerii la zgomotul din aria de interes. Hărțile strategice de zgomot vor fi utilizate în scopul furnizării datelor ce trebuie raportate la Comisia Europeană și constituie surse de informare a cetățenilor, reprezentând baza de informații pentru planurile de acțiune. Astfel, o hartă strategică de zgomot constituie o prezentare a datelor sub diferite aspecte, cum ar fi:

- “situație existentă, o situație viitoare sau prognozată, în termenii unui indicator de zgomot;
- depășirea unei valori limită;

- numărul estimat de locuințe, școli și spitale într-o anumită arie care sunt expuse unei valori specificate a unui indicator de zgomot;
- numărul estimat de locuitori localizați într-o arie expusă la zgomot.“ [7]

Definiții ale nivelului indicatorului de zgomot pentru zi- seară – noapte - L_{zsn}

Nivelul indicatorului ziua-seara-noaptea (L_{zsn}) – în decibeli (dB), este calculat conform următoarei formule [11]:

$$L_{zsn} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{ziua}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{seara+5}}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{noapte+10}}{10}} \right) \quad (0-1)$$

în care:

- “L_{zi} este nivelul mediu de presiune acustică ponderat A pe termen lung, măsurat într-un an, determinat în toate zilele dintr-un an;
- L_{seară} reprezintă nivelul mediu de putere acustică ponderat A pe termen lung, măsurat într-un an, determinat în toate seriile dintr-un an;
- L_{noapte} este nivelul mediu de putere acustică ponderat a pe termen lung, măsurat într-un an, determinat pe perioada tuturor nopților dintr-un an;
- ziua are 12 ore, seara are patru ore și noaptea are opt ore.

Nivelul de expunere la sunet (sau zgomot) corespunzător unui singur eveniment este exprimat în formula (0-2)

$$L_E = 10 \lg \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L(t)/10} dt \right] \quad (0-2)$$

unde t_0 reprezintă un timp de referință. Intervalul de integrare $[t_1, t_2]$ este ales pentru a asigura că (aproape) întregul conținut energetic al evenimentului a fost luat în considerare. Foarte des, limitele t_1 și t_2 sunt alese pentru a împărți perioada pentru care nivelul $L(t)$ se înscrie în limitele de $L_{Amax} - 10$ dB. Această perioadă este cunoscută ca perioada de timp în care nivelul de zgomot corespunzător evenimentului acustic este mai mare decât $L_{Amax} - 10$ dB.

Ecuatiile de mai sus privind nivelul de expunere pot fi utilizate pentru determinarea nivelurilor atunci când întregul istoric al $L(t)$ este cunoscut.

În cadrul metodologiei recomandate de modelare a zgomotului astfel de istorice nu sunt definite. Nivelurile de expunere sunt calculate prin însumarea logaritmică a valorilor segmentului, fiecare dintre nivelurile parțiale definesc contribuția unui singur segment selectat al traiectoriei de zbor.” [10]

Nivelul de zgomot echivalent

L_{eq} reprezintă nivelul de presiune acustică pe durata de timp T și este dat de relația [10]:

$$L_{eq} = 20 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T (p^2/p_0^2) dt \right) \quad (0-3)$$

unde p este presiunea acustică instantanee măsurată pe întregul spectru de frecvență, iar p_0 este presiunea acustică de referință de $20 \mu Pa$. Timpul de mediere T este specificat și are valori de ordinul secundelor, minutelor sau orelor ales în funcție de caracterul staționar sau nestaționar al zgomotului evaluat.

Nivelul acustic echivalent poate fi măsurat cu un sonometru sau orice aparat similar, cu prelucrare analogică sau digitală. Deoarece, potrivit definiției L_{eq} ține seama atât de mărimea cat și de durata semnalului acustic (zgomotului), această mărime fizică este una din cele mai larg folosite pentru evaluarea zgomotului ambiant. De asemenea, acesta este parametrul cel mai descriptor în relație cu efectele psihologice ale zgomotului.

Ținând seama de relația dintre intensitatea acustică și presiunea acustică, valabilă atât în cazul undelor plane cat și al undelor sferice, se poate scrie o relație între nivelul de intensitate acustică și nivelul de presiune acustică [10]:

$$L_I = L_p + 10 \log_{10} \frac{p_o^2}{\rho_o c I_o} \quad (0-4)$$

În mod practic, termenul al doilea din membrul drept este foarte mic și ca urmare se poate considera că nivelul de presiune acustică este egal cu nivelul de intensitate acustică. Aceasta constatare este importantă în măsurările acustice, când în mod obișnuit se măsoară presiunea acustică.

Dacă presiunea acustică se exprimă pe curba de ponderare A, se obține nivelul de presiune echivalent ponderat A: [10]

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T (p_A^2 / p_0^2) dt \right) \text{ (dB)} \quad (0-5)$$

Acest nivel de zgomot echivalent poate fi ponderat B, C sau D, în funcție de curba de ponderare utilizată.

Nivelurile acustice echivalente ponderate

“Nivelurile acustice echivalente ponderate în timp, care reprezintă energia sonoră semnificativă recepționată de la aeronavă, vor fi exprimate în mod generic de formula următoare, realizându-se însumarea tuturor evenimentelor de zgomot N din intervalul de timp T_0 căruia i se aplică indicii de zgomot

$$L_{eq,W} = 10 \lg \left[\frac{t_0}{T_0} \sum_{i=1}^N g_i \cdot 10^{L_{E,i}/10} \right] + C \quad (0-6)$$

unde:

- $L_{E,i}$ este nivelul de expunere al unui singur eveniment sonor al evenimentul sonor i .
- g_i este un factor de ponderare pe timp de zi (definit de obicei pentru zi, seară și noapte). Este un coeficient pentru numărul de zboruri care au loc în timpul perioadelor specifice.
- C constanta ce poate avea diferite înțelesuri (constantă de standardizare, ajustare sezonieră, etc.).” [12]

Calculul nivelului de zgomot rezultat într-un punct receptor în cazul acțiunii simultane a mai multor surse

“Nivelul de presiune sonoră, continuu, echivalent, pe o durată T, într-un punct receptor, se determină cu relația:

$$L_{eq,T} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{eq,T,i}}{10}} \right) \quad (0-7)$$

unde:

- n este numărul de surse ce generează zgomot în punctul receptor
- $L_{eq,T,i}$ este nivelul de presiune sonoră, continuu, echivalent, produs în punctul receptor de sursa i , pe o perioadă de referință T.” [10]

CAPITOLUL 4 - MODELAREA ZGOMOTULUI AEROPORTUAR

Contribuția principală la zgomotul aeronavei o are unitatea de putere (unul sau mai multe motoare), zgomotul aerodinamic fiind semnificativ mai redus, acesta poate fi perceput în special la aterizări, când tracțiunea motoarelor este minimă și zgomotul produs de acestea este de asemenea mai redus.

Realizarea hărților de zgomot într-o arie ce cuprinde teritoriul aeroporturilor, precum și zonele adiacente acestora, se efectuează pentru a determina impactul provocat de zgomotul aeronavelor în jurul aeroporturilor, în special prin aria afectată și amplitudinea lui.

Harta de zgomot ține cont de următoarele aspecte:

- stabilirea zgomotului estimat, în funcție de unul sau mai mulți parametri descriptori;
- identificarea receptorilor sensibili (locuințe, spitale, școli) și estimarea numărului de persoane expuse la diferite niveluri de zgomot și a situațiilor în care limitele admisibile sunt depășite.

- Harta de zgomot se realizează prin calcule adecvate în vederea stabilirii contururilor cu aceeași valoare a indicelui de zgomot necesar a fi determinat. Valoarea indicelui de zgomot se obține luând în considerare totalitatea evenimentelor acustice individuale, aferente mișcărilor aeronavelor, care se desfășoară într-un interval de timp determinat.

Tipul de aeronavă, motoarele utilizate cât și procedurile aplicate de reglare a puterii motoarelor, flapsurilor, distanța de la traiectoria de zbor și punctul de la sol, a vitezei față de aer utilizate de aeronave, condițiile meteorologice, etc. sunt factori care determină zgomotul generat într-un punct receptor.

Pentru a evidenția bazele teoretice ale procesului de modelare și generare al conturului de zgomot în vecinătatea aeroportului, se prezintă modalitatea de calcul a nivelurilor de zgomot produse de evenimentele individuale ale aeronavelor. Totodată se apreciază și modul în care nivelurile de zgomot pot fi evaluate într-un anumit punct, ca rezultat al însumării acestor niveluri în cadrul unui eveniment sau pe durata unei zile, săptămâni sau an, ziua și noaptea.

Măsurările sau evaluările pentru determinarea zgomotului aeroportuar vor cuprinde, în principal, următorii parametri descriptori:

- nivelurile L_{pA} ponderat A sau L_{pC} ponderat C ale presiunii acustice liniare;
- nivelurile de expunere acustică, L_{AE} ;
- $L_{pA,eq,max,1s}$ reprezintă nivelul maxim de presiune acustică ponderat A, în timp de 1s a unui eveniment;
- L_{day} reprezintă nivelul de presiune acustică pe durata zilei, respectiv $L_{evening}$ - seara, L_{night} - noaptea, și, L_{den} - zi-seara-noapte.

Contururile de zgomot se determină pentru mișcările aeronavelor (decolări și aterizări), în vecinătatea aeroportului, până la distanțe la care parametrii descriptori L_{den} și L_{night} au valori de cel puțin 55 dB(A) pentru L_{den} , respectiv 45 dB(A) pentru L_{night} . Este evident ca aceste contururi de egal nivel de zgomot pot fi realizate și pentru alți parametri descriptori dintre cei enumerați mai sus.

ZGOMOTUL AEROPORTUAR - MĂSURARE ȘI MODEL DE CALCUL

Măsurarea directă ia în calcul efectele dificil de analizat în plan teoretic, astfel:

- absorbția solului, dacă există o distanță mare între sursă și punctul receptor și este influențată de topografie;
- factori meteorologici - vânt, temperatură, umiditate.

Măsurarea directă poate constitui un mijloc important de cercetare în vederea modelării zgomotului aeroportuar, analizând aceste efecte particulare. De asemenea, pe parcursul unor durate de timp bine definite, ea permite o determinare precisă a nivelurilor sonore existente în puncte bine localizate.

Măsurarea în zone în care construcțiile sunt deja realizate și în care există zgomot permite definirea cu o bună precizie a nivelului sonor perceput la un moment dat într-un punct. Totuși, măsurarea nu permite previziuni pentru situații viitoare. "Reprezentativitatea măsurării este limitată.

Măsurarea în teren asigură estimarea nivelului sonor într-un punct bine localizat/stabilit în timpul unei perioade de timp ce coincide cu durata de măsurare. Totuși, caracterizarea ambianței acustice într-o zonă, în scopul aprecierii disconfortului adus populației necesită cunoașterea nivelurilor acustice de zgomot medii pe o perioadă mai lungă de timp (*uneori de mai multe luni, până la un an*).

Măsurarea este dependentă de condițiile meteorologice. Aceste efecte sunt rar cuantificate (*măsurări de vânt, de temperatură, de umiditate, prezența ploii sau a ninsorii*). O inversare a gradientului de temperatură, de exemplu, rezultată prin trecerea de la vreme caldă la una răcoroasă, poate să modifice rezultatul măsurării într-un punct cu 4 – 5 dB(A)." [6]

O metodă mai avansată de măsurare a nivelurilor de zgomot în vecinătatea aeroporturilor este reglementată prin Standardul ISO 20906:2009 – “*Acustică. Supravegherea automată a zgomotului aeronavelor în vecinătatea aeroporturilor*”. Aceasta descrie un sistem de recunoaștere a evenimentelor acustice pe baza de prag care poate fi necesar în vederea separării evenimentelor acustice generate de aeronave una față de alta, precum și separării evenimentelor acustice generate de aeronave față de cele generate de alte surse.

În principal, standardul asigură informații privind:

- folosirea tipică a unui sistem de monitorizare în vecinătatea unui aeroport;
- caracteristicile aparaturii incluse în sistem, în vederea determinării continue a nivelurilor de zgomot în punctele receptoare selectate;
- condiții necesar a fi îndeplinite în cadrul monitorizării unui aeroport;
- parametrii necesar a fi determinați în vederea caracterizării mișcărilor aeronavelor (aterizări, decolări)
- conținutul rapoartelor și frecvența emiterii lor;
- metoda de evaluare a incertitudinii de măsurare extinse pentru datele obținute, în conformitate cu Ghidul ISO/IEC 98-3 (GUM);

Standardul nu furnizează o metodă de confirmare sau validare a datelor obținute prin cartarea zgomotului și, de asemenea, nu poate fi folosit pentru determinarea, validarea sau confirmarea datelor conținute în buletinul de certificare al aeronavei. De asemenea, standardul nu poate fi folosit pentru descrierea zgomotului generat de aeronavă în timp ce se afla la sol, cu excepția situațiilor în care ia startul în vederea decolării, precum și între punctual de contact cu solul și părăsirea pistei în cazul aterizării.

Unele studii arată că oamenii sunt mulțumiți de o anumită intervenție indiferent de rezultatul intervenției (efectul Hawthorne). De exemplu, un studiu arată un efect pozitiv subiectiv echivalent cu reducerea nivelului de zgomot cu 5 dBA din momentul informării populației despre un program de monitorizare a zgomotului realizat cu atenție în jurul aeroportului.

Pe baza schemei logice din Figura 4.3, utilizând desfășurarea în timp a nivelului de zgomot, procesul de detecție extrage evenimentele acustice care îndeplinesc anumite criterii, în principal prin folosirea pragurilor de timp și niveluri.

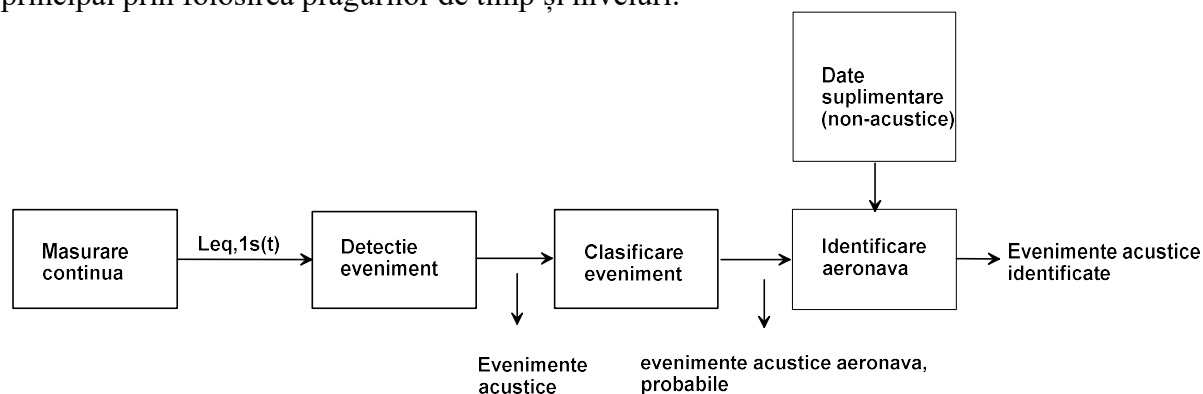


Figura 4.3 Schema logică de identificare a evenimentelor acustice aviatice

METODOLOGIA DE CALCUL AL NIVELURILOR DE ZGOMOT

Se pot calcula matematic două tipuri de contururi de zgomot, în funcție de necesitatea observatorului, și anume, în scopul:

- înregistrării istoricului de nivel de zgomot. Se bazează pe înregistrările datelor de mișcare, ale procedurilor operaționale, datelor provenite de la radar privind traiectoriilor de zbor ale aeronavelor;

- previzionării nivelurilor de zgomot, luând în calcul estimări privind traficul din aeroport, caracteristicile aeronavelor cat și traiectoriile de zbor din cadrul unui aeroport.

Parametrii care definesc mișcarea aeronavei au în vedere geometria traiectoriei de zbor.

Caracteristici precum tipul de aeronavă, parametrii specifici fiecărei aeronave, considerând în principal că puterea motoarelor sale determină emisia de zgomot.

Metodologia de calcul al conturilor recomandată de normele europene implică segmentarea traiectoriei de zbor și considerarea în calcul a fiecărui segment luat independent de celelalte. Ruta, condițiile atmosferice, și procedurile de operare, etc. sunt, de asemenea, luate în considerare.

Calculul nivelului de zgomot produs de un eveniment singular, într-un punct de la sol, după stabilirea traiectoriei de zbor, este considerat a fi următoarea etapă în procesul de determinare a nivelului de zgomot echivalent corespunzător unui contur de zgomot.

“Conturul de zgomot trebuie să se potrivească cu mulțimile valorilor indicelui de zgomot. Doar așa datele obținute pot fi considerate valide și se poate ajunge la ultima etapă a procesului de generare a conturului de zgomot: postprocesarea și exportarea datelor. Metodologia recomandată implică împărțirea traiectoriei de zbor în segmente.

Nivelul de zgomot al evenimentului observat este o însumare logaritmică a contribuțiilor tuturor segmentelor semnificative ale traiectoriilor de zbor, fiecare dintre acestea putând fi calculate independent de celelalte”, conform Figura 4.6. [10]

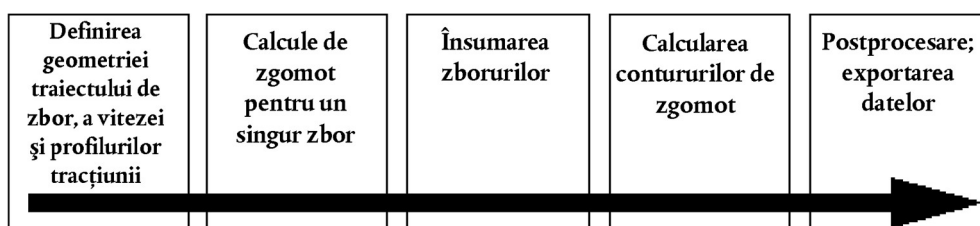


Figura 4.6 Procesul de generare a conturului de zgomot

Conceptul segmentării

Următorii parametri sunt considerați de referință, pentru fiecare tip de aeronavă: zgomot, putere și distanță (NPD). Aceștia stabilesc nivelurile de sunet percepute ale evenimentului direct sub aeronavă.

Configurația de zbor este alcătuită dintr-o viteză de referință, traiectoria de zbor fiind dreaptă, constantă, în condiții atmosferice specificate.

“În scopul modelării zgomotului, parametrul de putere legat de zgomot folosit este *tracțiunea netă corectată*. Astfel, nivelul de referință al evenimentului este ajustat pentru a ține seama de diferențele dintre condițiile atmosferice, modelate (reale) și cele de referință, dar și de diferențele dintre zgomotul radiat descendent și lateral, diferență datorată directivității laterale (efectele instalării motorului) și atenuării laterale”. [10]

“În scopul calculării nivelului de zgomot prin segmentare, traiectoria de zbor se împarte în segmente în linie dreaptă adiacentă, fiecare dintre acestea putând fi considerată ca o parte delimitată a unei traiectorii infinite pentru care NPD și ajustările laterale sunt cunoscute. Nivelul maxim al evenimentului este cea mai mare dintre valorile individuale ale segmentelor. Nivelul de timp integrat al întregului eveniment de zgomot este calculat prin însumarea zgomotului primit de la un număr suficient de segmente, și anume cele care aduc o contribuție semnificativă la nivelul de zgomot total al evenimentului.”[16]

“Un motiv pentru care o metodă simplă empirică este în general adecvată este că, de regulă, majoritatea zgomotului provine de la segmentul cel mai apropiat, de regulă, adiacent – pentru care cel mai apropiat punct de apropiere (CPA) de receptor se află în segment. Aceasta înseamnă că estimările zgomotului de la segmentele neadiacente pot fi foarte aproximative deoarece se îndepărtează de receptor fără a compromite semnificativ precizia”. [16]

CAPITOLUL 5 - STUDIU DE CAZ 1 - EVALUAREA CAPACITAȚII DE MEDIU A UNUI AEROPORT, DIN PUNCT DE VEDERE AL ZGOMOTULUI

ESTIMARE A POTENȚIALULUI DE CREȘTERE A TRAFICULUI AEROPORTUAR

Problemele de mediu asociate transportului aerian, dintre care cele mai importante sunt cele legate de zgomot și poluarea aerului pot genera constrângeri care impun limitarea acestei creșteri.

O constrângere importantă în ceea ce privește creșterea traficului de aeronave aferent unui aeroport este reprezentată de necesitatea limitării emisiilor de zgomot pentru receptoarele sensibile (case locuite, școli, spitale) existente în vecinătate.

Respectarea obligatorie a legislației de mediu a aeroportului, în special în ceea ce privește zgomotul și poluanții gazeși, impune o limitare a traficului aerian la un volum care se numește capacitate de mediu (C_{env}).

Pe baza rezultatelor cartării strategice a zgomotului care se realizează periodic, prin calcul, conform [20], [21] și [10], lucrarea prezintă o modalitate simplă de aproximare a capacității de mediu - componenta de zgomot, pentru condițiile particulare ale unui aeroport.

Metoda descrisă poate fi folosită pentru valorificarea superioară a informațiilor obținute din cartarea strategică a zgomotului.

În practică, creșterea traficului aferent unui aeroport se poate realiza respectând anumite limite. În literatura de specialitate [22], [24], [42], se folosește conceptul de capacitate de mediu a unui aeroport și sunt descrise limitele de creștere impuse activității unui aeroport pentru a respecta legislația privind starea mediului în vecinătatea acestuia.

Într-o abordare mai generală, se folosește conceptul de capacitate a unui aeroport definită ca valoarea minimă a trei capacități:

$$C = \min(C_{op}; C_{ec}; C_{env}) \quad (0-1)$$

unde:

- C_{op} este capacitatea operațională a unui aeroport care este dată de facilitățile disponibile ale aeroportului (piste, drumuri de acces al aeronavelor spre diferite puncte, locuri de parcare, capacitatea terminalelor)
- C_{ec} este capacitatea economică însemnând fluxul maxim de calatori sau aeronave care pot tranzita aeroportul în situația în care nu ar exista nicio restricție;
- C_{env} capacitatea de mediu a unui aeroport, însemnând traficul aerian maxim pentru care nu se încalcă legislația de mediu.

Cartarea strategică a zgomotului în vecinătatea unui aeroport este o activitate care se desfășoară cu o anumită periodicitate (la intervale de maximum 5 ani).

Dacă parametrii descriptori ai zgomotului din vecinătatea receptorilor sensibili cei mai expuși sunt sub limitele impuse de legislație [7], estimarea creșterii admisibile a activităților aeroportului se poate face prin calcul simplu, conform exemplului care urmează.

Adoptarea măsurilor de reducere în conformitate cu *abordarea echilibrată*, așa cum este descrisă în [8] și [9] și așa cum este impusă prin [7], crește capacitatea de mediu a aeroportului, așadar este posibilă dezvoltarea traficului aeroportuar.

O consecință a dezvoltării transportului aerian este creșterea expunerii la zgomot a populației aparținând comunităților urbane situate în vecinătatea unui aeroport.

Studiile doză-efect arată că la aceeași expunere a populației, zgomotul generat de transportul aerian este mai deranjant decât zgomotul generat de transportul rutier sau de transportul feroviar.

În vecinătatea multor aeroporturi din cadrul Comunității Europene, inclusiv din România, există zone locuite expuse zgomotului generat de traficul aerian. Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind evaluarea și gestionarea zgomotului de mediu stabilește activitățile necesare să desfășurate în vederea asigurării unor condiții de mediu acceptabile în ceea ce privește zgomotul.

Astfel, prin cartarea zgomotului se evaluează gradul de expunere la zgomot a populației din vecinătate, iar prin planurile de acțiune sunt stabilite măsurile necesare să fie adoptate pentru diminuarea acestei expunerii. Prioritizarea acestor măsuri trebuie să țină seama de limitele admisibile stabilite prin legislație, precum și de numărul persoanelor expuse zgomotului de diferite niveluri.

Pornind de la informațiile cuprinse în cartarea strategică a zgomotului pentru un aeroport, prezentul capitol descrie a cale de evaluare a C_{env} , componenta zgomot.

Pentru anul 2016, activitatea desfășurată pe Aeroportul Internațional „Băneasa” din București s-a caracterizat printr-un volum de trafic relativ redus.

Metoda de realizare a hărții de zgomot a folosit tehnica de segmentare menționată în cadrul [10]. Cartografierea strategică a zgomotului realizată pentru anul de referință 2016 în conformitate cu Hotărârea Guvernului HG 321/2005 nu a evidențiat valori ale indicelui de zgomot dincolo de limitele admise stabilite de legislația de mediu [22].

O creștere a volumului de trafic face utilizarea aeroportului mai eficientă. Creșterea volumului de trafic duce la creșterea nivelului de zgomot în aeroport.

Nivelurile de zgomot generate de activitatea aeroportului și distribuția acestora în zonele din apropierea aeroportului depind de numărul de mișcări de aeronave (aterizări și decolări), de structura traficului (proporțiile diferitelor categorii de avioane) și de distribuția traficului pe cele trei perioade din zi. Perioadele la care se face referire sunt: zi - intervalul orar 7.00 - 19.00, seara - intervalul orar 19.00 - 23.00, noapte - intervalul orar 23.00 - 7.00. În plus, condițiile meteorologice caracteristice zonei, în special vântul, influențează direcția (sensul) operațiunilor și, implicit, distribuția nivelurilor de zgomot.

Cu excepția aterizărilor și decolărilor, studiul nu ține cont de surse de zgomot adiționale, specifice aeroportului: drumurile de acces al aeronavelor în diferite puncte din incinta aeroportului, operațiuni APU, standuri de testare a motorului, camioane, autobuze, dispozitive de degivrare sau răcire. De asemenea, pentru simulare prin calcul, sunt avute în vedere două variante de trafic:

- traficul aeroportului aferent anului de referință 2016;
- creșterea ipotetică a volumului de trafic până la nivelul limită impus prin Ordinul nr. 152/558/1119 / 532–2008 în vederea evaluării capacității de mediu a aeroportului din punct de vedere al zgomotului.

ASPECTE SPECIFICE CONSIDERATE ÎN CALCULAREA ZGOMOTULUI AEROPORTUAR

În cazul determinării zgomotului produs de traficului aerian, valoarea acestuia este determinată folosind rețele de calcul (grid-uri) relativ mari, punctele de determinare fiind distanțate la 50 - 100 m, spre deosebire de cartografierea zgomotului traficului rutier și feroviar sau zgomotul generat de activitatea industrială.

În ultimul caz menționat, zgomotul se calculează în detaliu pentru toți receptorii sensibili, folosindu-se grile de calcul de până la 10 m.

Aeronavele de diferite tipuri generează niveluri diferite de zgomot în funcție de tipul de motoare cu care sunt echipate. Prin urmare, în calculul nivelului de zgomot al aeronavelor este foarte importantă folosirea de date reale, specifice tipului de aeronavă utilizat.

Pentru a limita diversitatea categoriilor de aeronave care trebuie incluse în calcul, mai multe tipuri de avioane sunt incluse într-o grupă cu emisii acustice similare, pe baza

următoarelor caracteristici: tipul de propulsie a aeronavei (jet, ventilator sau turbo propulsor), numărul motoarelor (1, 2, 3 sau 4), raport de by-pass pentru motoarele cu ventilator, MTOM - Masa maximă la decolare (în kg).

MTOM este cel mai relevant parametru din lista menționată, pentru care sunt definite următoarele categorii:

- Aeronave ușoare: 5.700 - 10.000 Kg;
- Aeronave medii: 10.000 - 50.000 Kg;
- Aeronave grele: 50.000 - 200.000 Kg;
- Aeronave foarte grele: 200.000 - 400.000 Kg;
- Aeronave ultra grele: 400.000 Kg.

În calculul nivelului de zgomot este folosită metoda segmentării. Traseul de zbor este împărțit în segmente caracterizate prin pozițiile spațiale ale acestora, setarea vitezei aeronavei și a puterii acesteia. Nivelul de expunere sonoră este calculat pentru fiecare segment, corectat pentru lungimea finită a segmentului, apoi se însumează nivelurile de expunere pentru toate segmentele în fiecare punct din grila de calcul.

Definiția indicatorilor de zgomot L_{den} (zi-seară-noapte) și L_n (noapte) sunt prezentate în următoarea formulă [10]:

$$L_{den} = 10 * \lg \left[\left(\frac{1}{24} \right) * \left(12 * 10^{L_{day}/10} + 4 * 10^{L_{evening}+5/10} + 8 * 10^{L_{night}+10/10} \right) \right] \quad (0-2)$$

unde:

- L_{day} [dB (A)] este indicator de zgomot în timpul zilei;
- $L_{evening}$ [dB (A)] este indicator de zgomot de seară;
- L_{night} [dB (A)] este indicatorul de zgomot pe timp de noapte.

Următorii indicatori de zgomot se obțin prin adaptarea indicilor menționați mai sus:

$$L_{den} = 10 * \lg \left[\frac{\tau_0}{T_{den}} (N_{d,i,j} + 3,16 * N_{e,i,j} + 10 * N_{n,i,j}) * \sum_{i,j} 10^{\frac{L_{AE,i,j}}{10}} \right] \quad (0-3)$$

Relația dintre nivelul de expunere acustică L_{AE} și nivelul de presiune sonoră continuu echivalent L_{eq} corespunzător unui interval de timp T este [21]:

$$L_{eq} = L_{AE} + 10 * \lg \left(\frac{\tau_0}{T} \right) \quad (0-4)$$

unde:

- $\tau_0 = 1s$
- și T [s] este intervalul de timp de referință ales.

Prin relațiile de mai jos se definesc parametrii L_d (L_{day}), L_e ($L_{evening}$), L_n (L_{night}) într-un punct:

$$L_d = 10 * \lg \left(\frac{\tau_0}{T_d} * \sum_{i,j} N_{d,i,j} * 10^{\frac{L_{AE,i,j}}{10}} \right) \quad (0-5)$$

$$L_e = 10 * \lg \left(\frac{\tau_0}{T_e} * \sum_{i,j} N_{e,i,j} * 10^{\frac{L_{AE,i,j}}{10}} \right) \quad (0-6)$$

$$L_n = 10 * \lg \left(\frac{\tau_0}{T_n} * \sum_{i,j} N_{n,i,j} * 10^{\frac{L_{AE,i,j}}{10}} \right) \quad (0-7)$$

$$L_{den} = 10 * \lg \left[\frac{\tau_0}{T_{den}} (N_{d,i,j} + 3,16 * N_{e,i,j} + 10 * N_{n,i,j}) * \sum_{i,j} 10^{\frac{L_{AE,i,j}}{10}} \right] \quad (0-8)$$

unde:

- T_{den} este durata zilei + seara + noaptea (24 h = 86400 s);
- T_n este durata nopții (8 h = 28800 s);
- T_e este durata serii (4 h = 14400 s)
- $\tau_0 = 1s$;
- N_d, N_e, N_n reprezintă numărul de mișcări în timpul unei zile (12 ore), o seară (4 ore) și, respectiv, o noapte (8 ore);
- i și j sunt indicele pistei de zbor și respectiv, al grupului.

ANALIZA VALORILOR DE ZGOMOT AEROPORTUAR RAPORTATE LA NIVELUL ANULUI 2016

Tabel 1 reprezintă datele disponibile obținute de la administrația aeroportului *Băneasa* care reprezintă listele aeronavelor care au aterizat și au decolat pe parcursul întregului an 2016 și orele în care au avut loc aceste operațiuni.

Datele sunt organizate pe grupe de zgomot, distribuție, direcție de aterizare / decolare și distribuție de timp pe cele trei intervale caracteristice ale zilei.

Tabel 1 Date privind emisiile utilizate, inclusiv mișcările aeronavelor organizate în funcție de grupurile de zgomot adecvate

Perioadă	Operațiune	Pista	P1.2	P1.4	P2.1	S 5.1	S5.2
Zi (07.00 19.00)	A	07 - 25	1710	60	20	478	102
		25 - 07	1035	51	9	273	62
	D	07 - 25	1831	65	21	48	97
		25 - 07	995	60	13	370	75
Seara (19.00 23.00)	A	07 - 25	141	37	7	133	20
		25 - 07	96	7	1	18	11
	D	07 - 25	90	34	2	44	14
		5 - 07	67	22	1	27	14
Noaptea (23.00 07.00)	A	07 - 25	25	27	0	42	20
		25 - 07	30	8	0	10	24
	D	07 - 25	30	3	0	22	32
		25 - 07	24	6	0	7	7

În cadrul Figura 5.2 este reprezentată harta de bază a aeroportului *Băneasa*, cu alegerea punctelor de măsură (P1 și P2) ca fiind punctele de referință alese în vecinătatea zonei locuite.

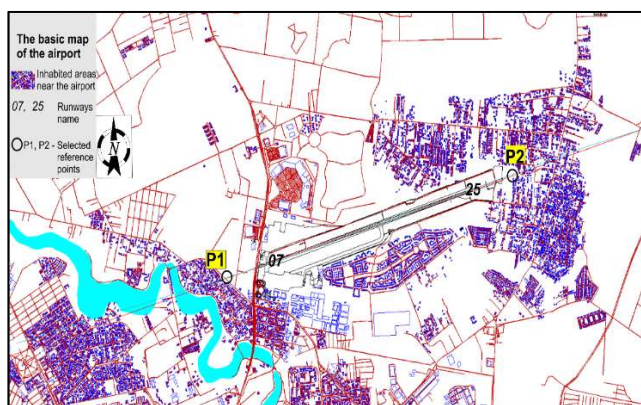


Figura 5.2 Harta de bază a aeroportului Baneasa cu alegerea punctelor de măsură (P1 și P2)

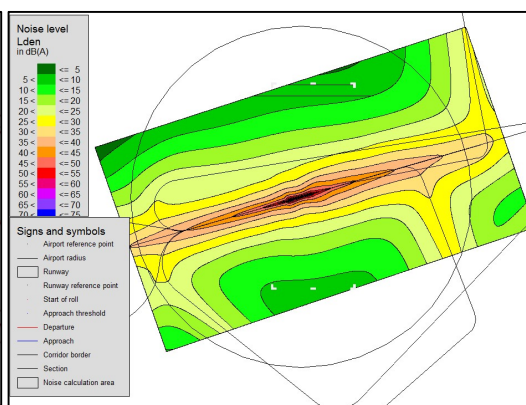


Figura 5.3 Distribuție de zgomot folosind toate traseele de zbor din vecinătatea aeroportului.

În conformitate cu [20], maparea zgomotului este realizată pentru valorile indicelui de zgomot începând de la 55dB(A) pentru parametrul L_{den} și începând cu 45dB(A) pentru parametrul L_n .

În cazul de față, reprezentarea cartografică (Figura 5.3) a fost completată cu un interval de 5dB(A), începând de la 50dB(A) pentru L_{den} și, respectiv, începând cu 40dB(A) pentru L_n .

CRITERII DE ESTIMARE A CREȘTERII TRAFICULUI AEROPORTUAR

În Figura 5.4 și Figura 5.5 sunt afișate hărțile de zgomot ale aeroportului corespunzătoare anului 2016. Cei mai expuși receptori sensibili (de exemplu, clădiri locuite) sunt localizați în zonele de la capătul pistei, atât în zona 07, cât și în zona 25. Pentru estimare, două puncte de referință P1 și P2, sunt situate în apropierea receptorilor cei mai expuși.

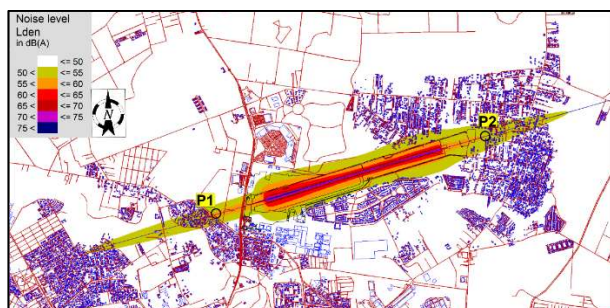


Figura 5.4 Harta zgomotului aeroportului pentru parametrul L_{den} corespunzător anului de referință 2016

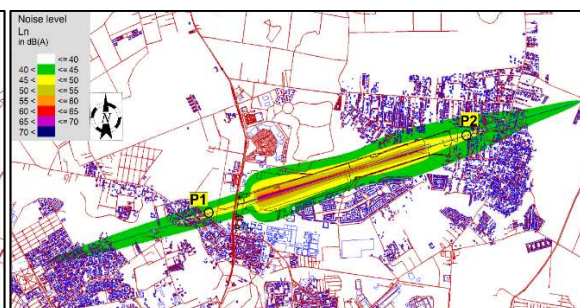


Figura 5.5 Harta zgomotului aeroportului pentru parametrul L_n corespunzător anului 2016

Algoritmul propus folosește ca criteriu pentru a determina traficul aerian aferent creșterii maxime. Principala condiție este ca cei mai expuși dintre receptorii sensibili să rămână în limitele admisibile stabilite de legislație în ceea ce privește zgomotul. De asemenea, admite că volumul traficului aeroportului se multiplică cu K, presupunând aceeași distribuție a mișcărilor pe grupe de aeronave, la intervale orare și în direcții similare celor din anul de referință 2016.

Conform [22], considerăm că limitele maxime admise impuse de legislație $L_{den,adm}$, având valoarea 70dB(A) și $L_{n,adm}$, având valoarea de 60dB(A).

Tabel 2 reprezintă valorile calculate pentru punctele L_{den} și L_n , în punctele P1, P2 și variația de la valorile maxime impuse de legislație.

Tabel 2 Valorile indicelui de zgomot în punctele de referință selectate

Parametru	P ₁	P ₂
L_{den,P_i} [dB(A)]	56,0	55,0
L_{n,P_i} [dB(A)]	47,3	46,3

$\Delta L_{den} = L_{den,adm} - L_{den,P_i}$	14,0	15,0
$\Delta L_n = L_{n,adm} - L_{n,P_i}$	12,7	13,7

Cea mai dezavantajoasă diferență este valoarea de 12,7dB(A), corespunzătoare punctului P1, pentru L_n , fiind cea care trebuie utilizată la calculul multiplicării admisibile a traficului aeroportului.

În ipoteza de mai sus a proporțiilor, considerând volumul traficului în 2016 ca o singură sursă, iar volumul traficului este de K ori mai mare, relația $L_{n,adm}$ devine:

$$L_{n,adm} = L_{n,P1} + c + 10 * \lg(K) \quad (0-9)$$

unde:

- $L_{n,P1}$ reprezintă valoarea L_n , în punctul P1 și c este o constantă suplimentară introdusă pentru o abordare conservatoare;
- s-a considerat valoarea constantei $c = 3$ dB pentru o abordare conservatoare a evaluării, pentru a asigura o rezervă 3dB pentru indicele L_n , în vecinătatea celui mai expus receptor - P1. Valoarea aleasă introduce o limită superioară suplimentară în evaluarea volumului traficului aerian.

În ipotezele de mai sus, valoarea constantei K devine:

$$K = 10^{\frac{L_{n,adm} - L_{n,P1} - c}{10}} = 10^{\frac{60 - 47,3 - 3}{10}} = 9,3 \quad (0-10)$$

Deci, a rezultat un factor de multiplicare a traficului $K = 9.3$.

Figura 5 5 și Figura 5 6 descriu hărțile de zgomot pentru acest scenariu de trafic multiplicat.

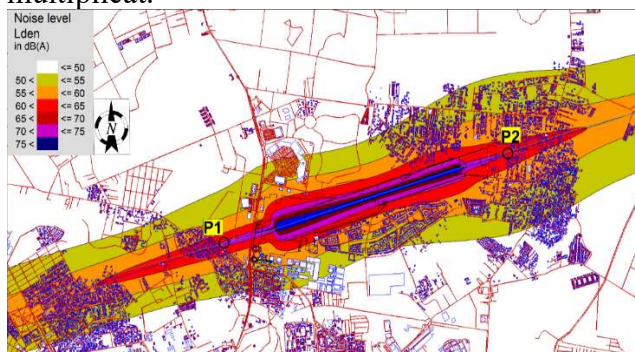


Figura 5.6 Harta zgomotului aeroportului pentru parametrul L_{den} , când traficul aeroportului a fost înmulțit de 9.3 ori.

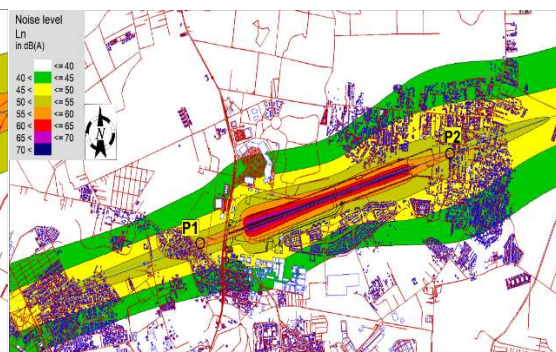


Figura 5.7 Harta zgomotului aeroportului pentru parametrul L_n , când traficul aeroportului a fost înmulțit de 9.3 ori.

CONCLUZII

În capitolul curent este reprezentată o metodă rapidă de aproximare a potențialului de creștere a traficului aeroportului, pornind de la situația existentă la un anumit moment în timp.

Metoda prezentată are următoarele avantaje:

- Metoda descrisă poate fi folosită atât pentru prognoza posibilităților de dezvoltare a traficului aerian aferent unui aeroport, dar poate fi utilizată și ca măsură în cadrul unui plan de acțiune de reducere a zgomotului atunci când nivelurile acestuia se situează în zona limitelor admisibile;
- Reducerile necesare pentru a fi obținute prin măsurile aplicate receptorilor celor mai expuși pot fi ușor estimate pentru a crește capacitatea de mediu a aeroportului prin respectarea *abordării echilibrate*;
- Datele utilizate în cartarea strategică sunt obținute pe baza proporțiilor diferitelor categorii de aeronave care operează pe aeroport, precum și a efectului condițiilor meteorologice locale pe termen lung asupra direcțiilor de operare a aeronavei și a exactității prognozei, influențate de stabilitatea acestor proporții și de condițiile meteo;

- Metoda prezentată are avantajul că folosește informațiile obținute prin cartarea strategică a zgomotului;
- Parametrul *Environmental Capacity* (C_{env}), determinat prin folosirea rezultatelor cartărilor strategice ale zgomotului, poate fi propus ca indicator al nivelului de suportabilitate al variațiilor temporare ale traficului aerian;
- De asemenea, $C_{env,noise}$, exprimă gradul de permisivitate al aeronavelor cu marjă mică de certificare, reglementate prin [34].

CAPITOLUL 6 - STUDIU DE CAZ 2 - ANALIZA UNOR ASPECTE PRIVIND ZGOMOTUL GENERAT PRIN ACCESUL AERONAVELOR CU MARJĂ MICĂ DE CERTIFICARE LA AEROPORTUL INTERNAȚIONAL HENRI COANDĂ BUCUREȘTI

ASPECTE INTRODUCTIVE ALE DEZVOLTĂRII DURABILE AEROPORTUARE

Prezentul capitol își propune să cuantifice situația aeronavelor cu acces la aeroport, incluzând aeronavele cu MMC, pentru a oferi administrației o bază obiectivă în adoptarea unor eventuale decizii în vederea gestionării problemelor de zgomot.

Conform regulamentului, se identifică următoarele definiții pentru:

- “*aeroport* - un aeroport care are mai mult de 50.000 de mișcări de aeronave civile pe an calendaristic (o mișcare însemnând o decolare sau o aterizare), pe baza mediei numărului de mișcări din ultimii trei ani calendaristici înainte de evaluarea zgomotului.
- *aerona cu o marjă mică de certificare* - o aeronavă civilă care este certificată conform limitelor stabilite în volumul 1, partea II, capitolul 3 din Anexa nr.16 la Convenția privind aviația civilă internațională, semnată la Chicago la 7 decembrie 1944 (denumită în continuare Convenția de la Chicago), cu o marja cumulată mai mică de 8 EPNdB (zgomot perceput efectiv, în decibeli) pe parcursul unei perioade de tranziție care expiră la 14 iunie 2020 și cu o marjă cumulată mai mică de 10 EPNdB după încheierea respectivei perioade de tranziție, marja cumulată fiind exprimată în EPNdB și obținută prin însumarea marjelor individuale (de exemplu, diferențele dintre nivelul de zgomot admisibil și nivelul de zgomot certificat) la fiecare dintre cele trei puncte de referință pentru măsurarea zgomotului definite în volumul 1, partea II, capitolul 3, din Anexa nr. 16 la Convenția de la Chicago.
- *restricție de operare* - o acțiune având legătură cu zgomotul prin care se limitează sau se reduce capacitatea operațională a unui aeroport, inclusiv restricțiile de operare care vizează retragerea din operare a aeronavelor cu o marjă mică de conformitate pe anumite aeroporturi, precum și restricțiile de operare parțiale, care se aplică, de exemplu, pe o perioadă de timp determinată din timpul zilei sau numai pentru anumite piste ale aeroportului.
- *certificat de zgomot* - document emis de o autoritate competentă care atestă conformarea cu standardele de certificare acustice aplicabile.”[34]

ASPECTE LEGISLATIVE SPECIFICE ACCESULUI AERONAVELOR ÎNCADRATE ÎN DIFERITE CATEGORII DE ZGOMOT

Organizația Aviației Civile Internaționale (OACI) este organismul în a cărei responsabilitate intră certificarea aeronavelor, activitate prin care s-au stabilit standarde din ce în ce mai restrictive, *capitole*, în ceea ce privește emisiile de zgomot ale aeronavelor. Aceste

capitole stabilesc niveluri de zgomot maxim acceptabile, pentru diferite aeronave, în condiții de testare specifice.

OM nr. 152/558/1119/532-2008 pentru aprobarea Ghidului privind “adoptarea valorilor-limită și a modului de aplicare a acestora atunci când se elaborează planurile de acțiune, pentru indicatorii L_{zsn} și L_n (noapte), în cazul zgomotului produs de traficul rutier pe drumurile principale și în aglomerări, traficul feroviar pe căile ferate principale și în aglomerări, traficul aerian pe aeroporturile mari și/sau urbane și pentru zgomotul produs în zonele din aglomerări unde se desfășoară activități industriale”, prevăzute în anexa nr. 1 la Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 152/2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 84/2006.

În cadrul Tabel 3 sunt prezentate valori limită ale indicatorilor L_{zsn} și L_n (noapte) adoptate în conformitate cu prevederile art.1 din [34] pentru *Chapter 4 (până în anul 2020)*.

Tabel 3 Valori limită ale indicatorilor L_{zsn} și L_n conform Regulamentului 598/2014

L_{zsn} [dB(A)]			L_n [dB(A)]		
Surse de zgomot	Ținte de atins pentru valorile maxime permise pentru anul 2012	Valori maxime permise	Surse de zgomot	Ținte de atins pentru valorile maxime permise pentru anul 2012	Valori maxime permise
Aeroporturi	65	70	Aeroporturi	50	60

În cadrul Tabel 4 sunt prezentate criteriile pentru stabilirea zonelor liniștite dintr-o aglomerare în funcție de valoarea limită a indicatorului L_{zsn} și a suprafeței minime în care se înregistrează această valoare limită, pentru *Chapter 4 (până în anul 2020)*.

Tabel 4 Criteriile pentru stabilirea zonelor liniștite dintr-o aglomerare în funcție de valoarea limită a indicatorului L_{zsn} și a suprafeței minime conform Regulamentului 598/2014

Surse de zgomot	Valori maxime permise L_{zsn} -dB(A)	Suprafața minimă pentru care se definește o zonă liniștită (ha)
Aeroporturi	55	4,5

Dacă se ia ca referință Capitolul 3 emis în 1978, aeronavele din perioada anterioară, aparținând *Capitolului 2*, corespund unei marje cumulate de +16 EPNdB, adică suma celor trei niveluri de zgomot, măsurate pentru certificarea aeronavei, era cu 16 EPNdB mai mare decât suma nivelurilor impuse prin *Capitolul 3*. În mod similar, nivelurile cumulate corespunzătoare *Capitolului 4* sunt cu minimum 10 EPNdB inferioare *Capitolului 3* și cele corespunzătoare *Capitolului 14* cu minimum 17 EPNdB.

MODUL DE LUCRU ȘI REZULTATELE OBTINUTE

În conformitate cu prevederile Regulamentului, marja cumulată de certificare este de 8 EPNdB pentru o perioadă de tranziție care expiră la 20 iunie 2020 și de 10 EPNdB, după aceasta dată.

Având în vedere că ne aflăm aproape de finalul perioadei de tranziție, selecția aeronavelor s-a efectuat pentru limita de 10 EPNdB.

Având în vedere marea variabilitate a caracteristicilor acustice ale aeronavelor, cu marje de certificare mult diferite între ele de la o navă la alta, s-a considerat o metodă de lucru care să țină seama de caracteristicile acustice ale fiecărei aeronave din alcătuirea traficului anului 2018 pe baza informațiilor furnizate de administrația AIHCB precum și alte surse.

Calculul efectuat a fost adaptat cerinței de a considera atât emisiile cât și marjele de certificare diferite ale fiecărei aeronave în parte.

Activitățile au avut în vedere îndeplinirea următoarelor obiective:

- Evidențierea efectelor benefice care apar ca urmare a folosirii unor aeronave din ce în ce mai silențioase, nivelurile maxime de zgomot manifestându-se pe suprafețe mai restrânse – prin modelarea propagării și cartarea nivelurilor de zgomot (L_{eq}) pentru mișcări ale unei aeronave cu diferite încadrări ICAO (capitol 2/3/4/14) pentru o aterizare și o decolare într-o oră, pe pista 08R/26L – Aeroportul Internațional Henri Coandă București (LROP)
- Evaluarea nivelurilor de zgomot reglementate – L_{zsn} și L_n – și a expunerilor asociate, pentru scenariile relevante în evidențierea contribuțiilor aeronavelor cu marjă mică de certificare pe Aeroportul Internațional Henri Coandă;
- Obținerea unui inventar al tuturor aeronavelor MMC, cu acces la AIHCB și companiile cărora le aparțin, cu caracteristicile de certificare la zgomot aferente;
- Cartarea strategică diferențiată a zgomotului pentru AIHCB, în următoarele situații:
 - Cartarea zgomotului pentru traficul total aferent anului 2018;
 - Cartarea pentru traficul exclusiv al aeronavelor cu MMC;
 - Cartarea pentru traficul rămas în eventuala restricționare a tuturor aeronavelor.
- Evaluarea diferențelor de niveluri de zgomot între cele două situații, cuantificându-se surplusul de nivel de zgomot datorat existenței *aeronavelor cu MMC*;
- Evaluarea numărului de persoane expuse și a diferențelor corespunzătoare celor două situații la intervalele de niveluri de zgomot tipice conforme cu prevederile HG 321/2005.

PRELUCRĂRI BAZE DE DATE PRIVIND TRAFICUL AEROPORTUAR RELEVANT LA NIVELUL ANULUI 2018

Pe baza datelor primare oferite de reprezentanții CNAB – Aeroportul Internațional Henri Coandă (AIHCB) au fost obținute datele de sinteză din următoarele tabele, utile atât pentru evaluarea și distribuția emisiilor acustice cât și în vederea analizei rezultatelor modelărilor.

Sinteză trafic aerian AIHCB aferent anului 2018 este prezentată în Tabel 5.

Tabel 5 Sinteză trafic aerian AIHCB aferent anului 2018 – defalcare pe luni

Nr. crt.	Luna	Mișcări	[%] din 20118
1	Ianuarie	8740	7.11
2	Februarie	8029	6.53
3	Martie	9390	7.63
4	Aprilie	10062	8.18
5	Mai	10616	8.63
6	Iunie	10980	8.93
7	Iulie	12035	9.79
8	August	12048	9.80
9	Septembrie	11363	9.24
10	Octombrie	10866	8.83
11	Noiembrie	9548	7.76
12	Decembrie	9314	7.57

O sinteză a traficului aerian AIHCB – cu defalcare pe capitole ICAO & MTOW & $M_{J_{CUM}}$ este prezentată în Tabel 6 și Tabel 7.

Tabel 6 Număr mișcări aeronave pe AIHCB în anul 2018 – defalcare pe capitole ICAO

Capitol ICAO	Număr mișcări aeronave în anul 2018
N/A	14
Altele	7312
14	22
11	4
10	28
4	78241
6	4
8	40
3	37326
TOTAL	122991

Tabel 7 Număr mișcări aeronave Capitol 3 ICAO – AIHCB 2018

Caracteristici aeronave	Număr mișcări aeronave în anul 2018	
Capitol 3 ICAO, MTOW < 34	530	TOTAL 37326 (toate aeronavele cu certificate privind emisia acustică)
Capitol 3 ICAO, MTOW ≥ 34 , M _{JCUM} < 10 EPNdB (63 - 378)	3216	
Capitol 3 ICAO, MTOW ≥ 34 , M _{JCUM} > 10 EPNdB	33580	

Estimarea implicațiilor asupra mediului a aeronavelor corespunzând celor 4 Capitole ICAO

Pentru estimarea implicațiilor asupra mediului a aeronavelor corespunzând celor 4 capitole și de ce este foarte importantă diminuarea zgomotului la sursă, Figura 6.4, Figura 6.5, Figura 6.6, Figura 6.7 (Planșele 1, 2, 3, 4) cuprind evaluările nivelurilor de zgomot pentru parametrul Leq pentru o aterizare și o decolare a unei aeronave din fiecare *Capitol* (cu aceeași masă la decolare) și anume:

- **Planșa 1:** Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 2, pe durata de o oră într-o oră.
- **Planșa 2:** Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 3, pe durata de o oră într-o oră.
- **Planșa 3:** Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 4, pe durata de o oră într-o oră.
- **Planșa 4:** Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 14, pe durata de o oră într-o oră.

În Tabel 8 sunt evaluate, pentru comparație, ariile incluse în interiorul fiecărei curbe, pentru cele patru capitole, corespunzătoare nivelurilor de expunere acustică L_{AE} indicate, sau nivelului Leq la o aterizare și o decolare într-o oră, pentru o aeronavă de aceeași masă, dar corespunzând capitolelor specificate .

Tabel 8 Ariile cuprinse în interiorul curbelor ICAO specificate

Leq / L_{AE} [dB(A)]	Arie Cap. 2 [km ²]	Arie Cap. 3 [km ²]	Arie Cap. 4 [km ²]	Arie Cap. 14 [km ²]
>45 / 80.6	149.6	59.3	30.8	19.0
>50 / 85.6	63.1	21.8	10.7	6.6
>55 / 90.6	23.3	7.5	4.0	2.5
>60 / 95.6	8.0	2.9	1.5	1.0
>65 / 100.6	3.1	1.1	0.6	0.4
>70 / 105.6	1.1	0.5	0.3	0.2

Evaluarea nivelurilor de zgomot reglementate – L_{zsn} și L_n – și a expunerilor asociate

Cartarea strategică diferențiată a zgomotului pentru AIHCB, a fost efectuată pentru următoarele scenarii, considerându-se scenariile relevante în evidențierea contribuțiilor aeronavelor cu marjă mică de certificare pe Aeroportul Internațional Henri Coandă :

- Cartarea zgomotului pentru traficul total aferent anului 2018;
- Cartarea pentru traficul exclusiv al aeronavelor cu MMC;
- Cartarea pentru traficul rămas în eventuala restricționare a tuturor aeronavelor.

Rezultatele sunt prezentate în figurile (planșele) din finalul capitolului curent,, reprezentând:

- **Planșa 5:** Prezentare comparativă a suprafețelor incluse în curba de 45 dB(A) pentru aeronave de aceeași masă maximă la decolare, aparținând celor patru capitole
- **Planșa 6:** Harta zgomotului corespunzătoare traficului total, pentru parametrul L_{zsn}
- **Planșa 7:** Harta zgomotului corespunzătoare traficului total, pentru parametrul L_n
- **Planșa 8:** Harta zgomotului corespunzătoare aeronavelor MMC, pentru parametrul L_{zsn}
- **Planșa 9:** Harta zgomotului corespunzătoare aeronavelor MMC, pentru parametrul L_n
- **Planșa 10:** Harta zgomotului corespunzătoare traficului total exceptând MMC, pentru parametrul L_{zsn}
- **Planșa 11:** Harta zgomotului corespunzătoare traficului total exceptând MMC, pentru parametrul L_n
- **Planșa 12:** Comparatie între ariile corespunzătoare curbilor de 45 dB, între traficul total și cel fără MMC, pentru parametrul L_n.

Scenariile au fost selectate în vederea evidențierii contribuției aeronavelor MMC la nivelurile de zgomot (L_{zsn} și L_n) aferente traficului pe Aeroportul Internațional Henri Coandă București, respectiv la indicatorii de expunere asociați, reglementați.

Numărul de persoane, estimat în sute, în locuințe expuse la fiecare din intervalele de valori ale indicatorului L_{zsn}, în dB, la 4 m deasupra nivelului solului: 55-59, 60-64, 70-74, >75 dB, pentru traficul total, traficul fără aeronavele cu marjă mică de certificare și aportul aeronavelor cu marjă mică de certificare (MMC) și sunt prezentate în Tabel 9.

Tabel 9 Numărul de persoane, exprimat în sute, în condițiile descrise, în cazul traficului fără aeronavele MMC și aportul aeronavelor cu MMC

Intervalele de valori ale L _{zsn}	Pentru trafic total (sute)	Pentru trafic fără MMC (sute)	Aportul MMC (sute)
Persoane în intervalul 55-59	104,18	100,58	3,60
Persoane în intervalul 60-64	4,16	3,95	0,21
Persoane în intervalul 65-69	0,89	0,84	0,05
Persoane în intervalul 70-74	0,00	0,00	0,00
Persoane în intervalul >75	0,00	0,00	0,00

Numărul de persoane, estimat în sute, în locuințe expuse la fiecare din intervalele de valori ale indicatorului L_n, (dB), la 4 m deasupra nivelului solului: 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dB, pentru traficul total, traficul fără aeronavele MMC și aportul aeronavelor fără MMC este prezentat în Tabel 10.

Tabel 10 Numărul de persoane, estimat în sute, în locuințe expuse la fiecare din intervalele de valori ale indicatorului L_n , în dB, la 4 m deasupra nivelului solului

Intervalele de valori ale L_n	Pentru trafic total	Pentru trafic fără MMC	Aportul MMC
Persoane în intervalul 45-49	123,73	121,43	2,30
Persoane în intervalul 50-54	37,50	35,23	2,27
Persoane în intervalul 55-59	1,37	1,29	0,08
Persoane în intervalul 60-64	0,07	0,07	0,00
Persoane în intervalul 65-69	0,00	0,00	0,00
Persoane în intervalul >70	0,00	0,00	0,00

Suprafața totală, în km², expusa valorilor indicatorului L_{zsn} mai mari de 55, respectiv 75 dB, numărul de locuințe estimate (în sute) și numărul total de persoane estimate (în sute) pentru fiecare din aceste zone este prezentată în Tabel 11.

Tabel 11 Suprafața totală, în km², expusă valorilor indicatorului L_{zsn} mai mari de 55, respectiv 75 dB, numărul de locuințe estimate (în sute) și numărul total de persoane estimate (în sute) pentru fiecare din aceste zone.

Estimarea	Pentru trafic total	Pentru trafic fără MMC	Aportul MMC
Zona expusa la $L_{zsn} > 55$ [km ²]	55,209	53,029	2,180
Zona expusa la $L_{zsn} > 65$ [km ²]	6,052	5,763	0,289
Zona expusa la $L_{zsn} > 75$ [km ²]	1,004	0,971	0,033
Persoane expuse la $L_{zsn} > 55$	109,24	105,37	3,84
Persoane expuse la $L_{zsn} > 65$	0,89	0,84	0,05
Persoane expuse la $L_{zsn} > 75$	0,00	0,00	0,00
Locuințe expuse la $L_{zsn} > 55$	42,01	40,53	1,48
Locuințe expuse la $L_{zsn} > 65$	0,34	0,32	0,02
Locuințe expuse la $L_{zsn} > 75$	0,00	0,00	0,00

CONCLUZII

Modelarea nivelurilor de zgomot pentru parametrul Leq (pentru o aterizare și o decolare a unei aeronave din fiecare *Capitol* ICAO 2/3/4/14 (cu aceeași masă la decolare, pe pista 08R/26L AIHCB relevă importanța ce trebuie acordată reducerii zgomotului la sursă, nivelurile maxime de zgomot manifestându-se pe suprafețe mai restrânse la aeronavele mai silențioase, aspectul principal fiind cel legat de deranjul populației, respectiv perturbarea somnului.

În condițiile unui număr mic de mișcări al aeronavelor MMC (*Capitol* 3 ICAO, MTOW ≥ 34 , $M_{JCUM} < 10$ EPNdB), respectiv 3216 mișcări din totalul de 122991 înregistrate în anul 2018 pe AIHCB, rezultatele modelării au relevat o contribuție redusă a acestei categorii de aeronave la nivelurile de zgomot echivalent L_{zsn} și L_n reglementate și – în consecință – la expunerile asociate.

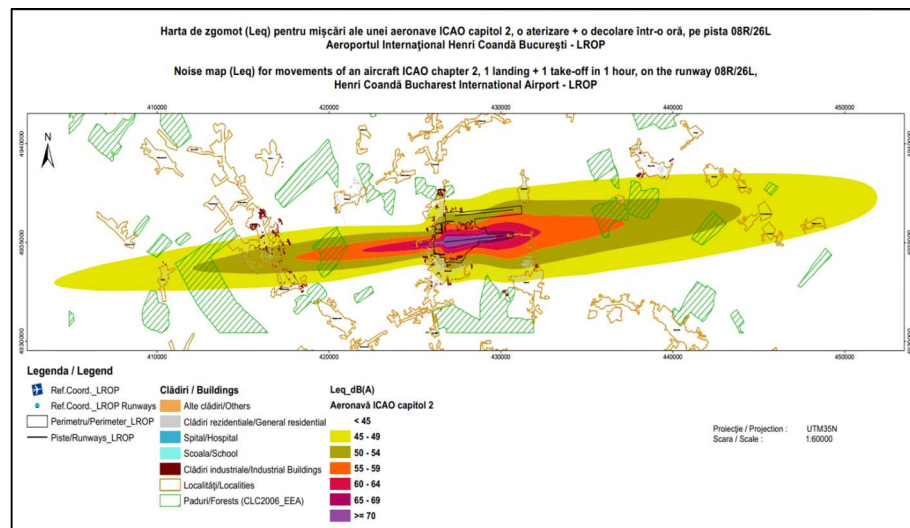


Figura 6.4 - (Planșa 1) Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 2, pe durata de o oră

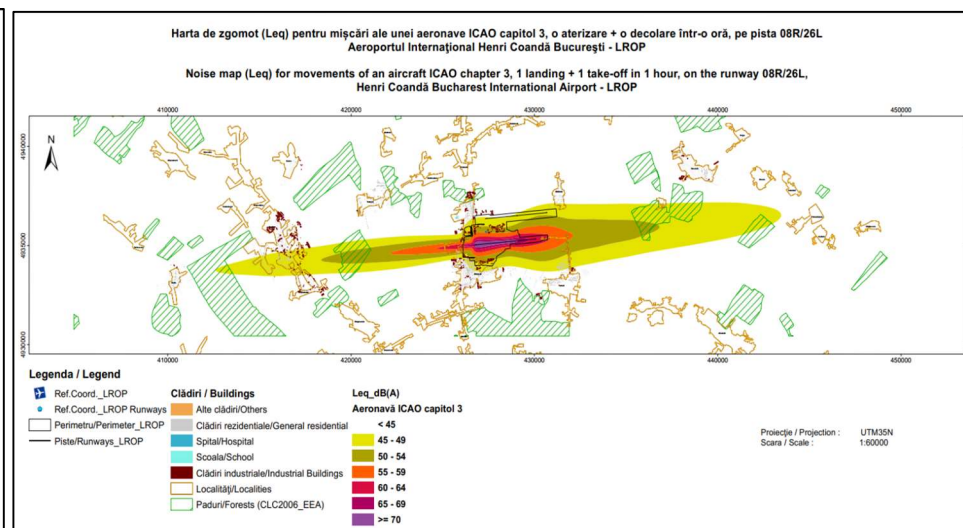


Figura 6.5 – (Planșa 2) Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 3, pe durata de o oră

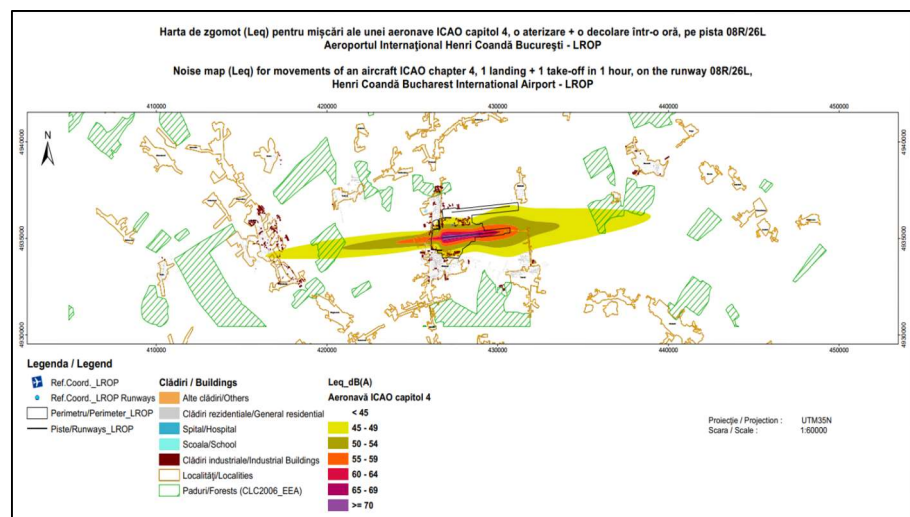


Figura 6.6 – (Planșa 3) Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 4, pe durata de o oră

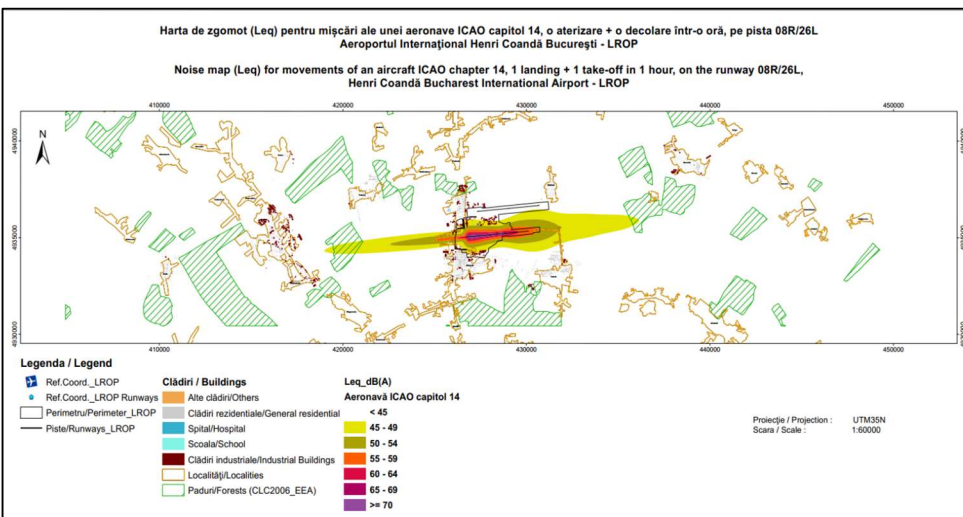


Figura 6.7 – (Planșa 4) Harta zgomotului pentru parametrul Leq, corespunzătoare unei aterizări și unei decolări ale unei aeronave din Cap. 14, pe durata de o oră

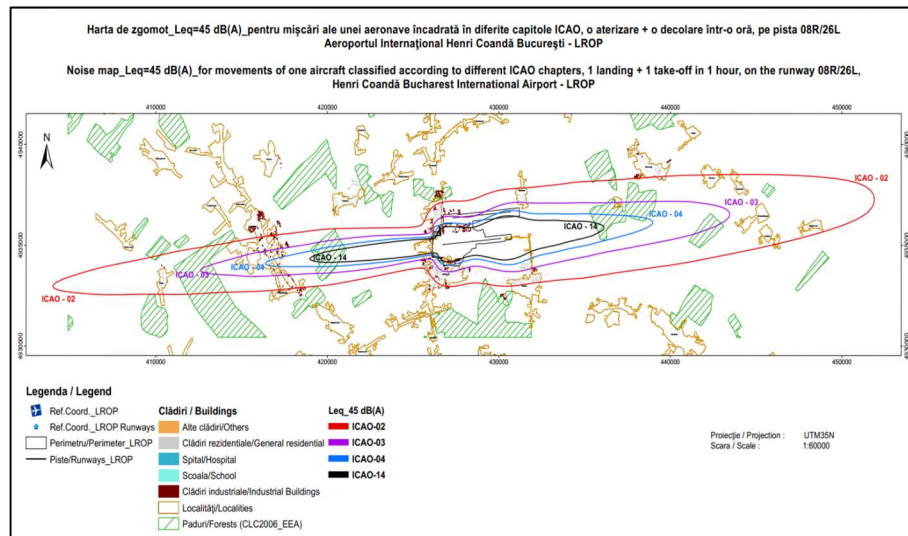


Figura 6.8 – (Planșa 5) Prezentare comparativă a suprafețelor incluse în curba de 45 dB(A) pentru aeronave de aceeași masă maximă la decolare, aparținând celor patru capitole

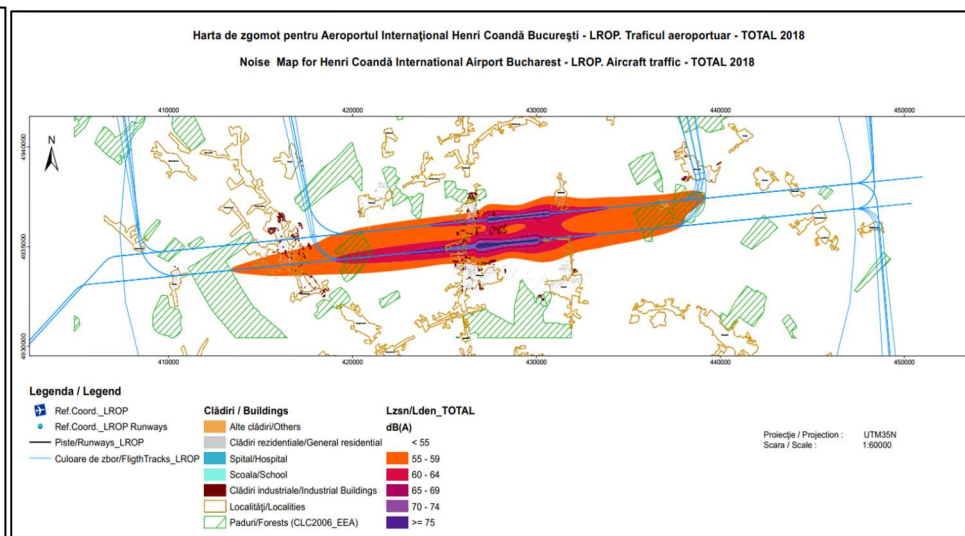


Figura 6.9 - (Planșa 6) Harta zgomotului corespunzătoare traficului total, pentru parametrul Lzsn

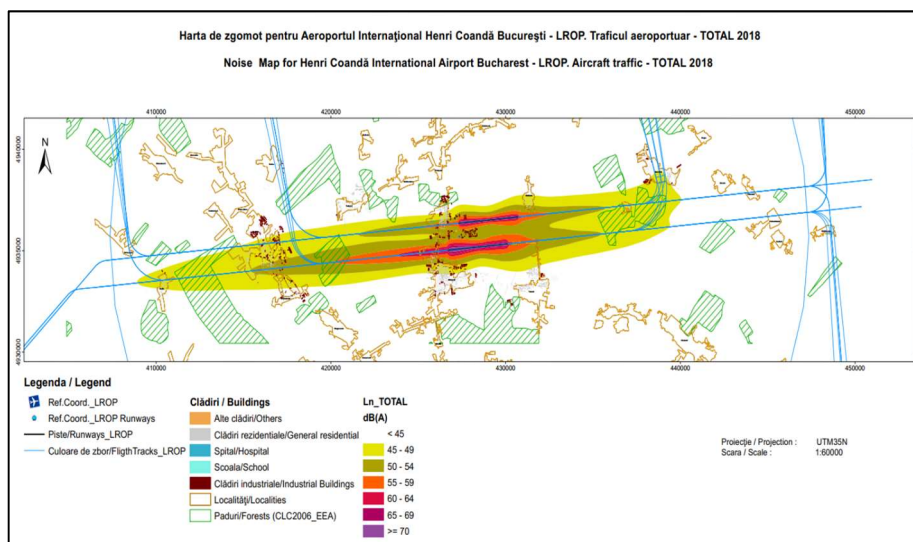


Figura 6.10 – (Planșa 7) Harta zgomotului corespunzătoare traficului total, pentru parametrul Ln

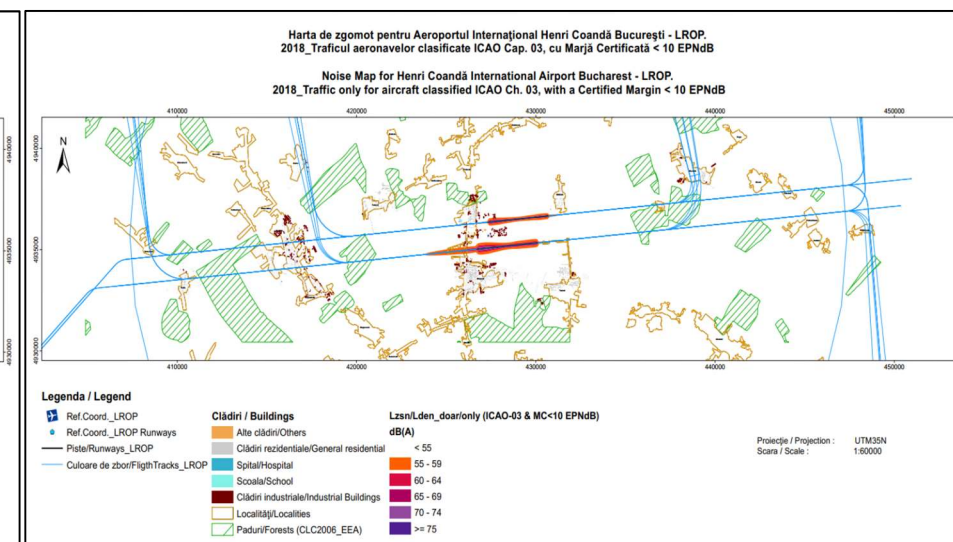


Figura 6.11 (Planșa 9) Harta zgomotului corespunzătoare aeronavelor MMC, pentru parametrul Ln

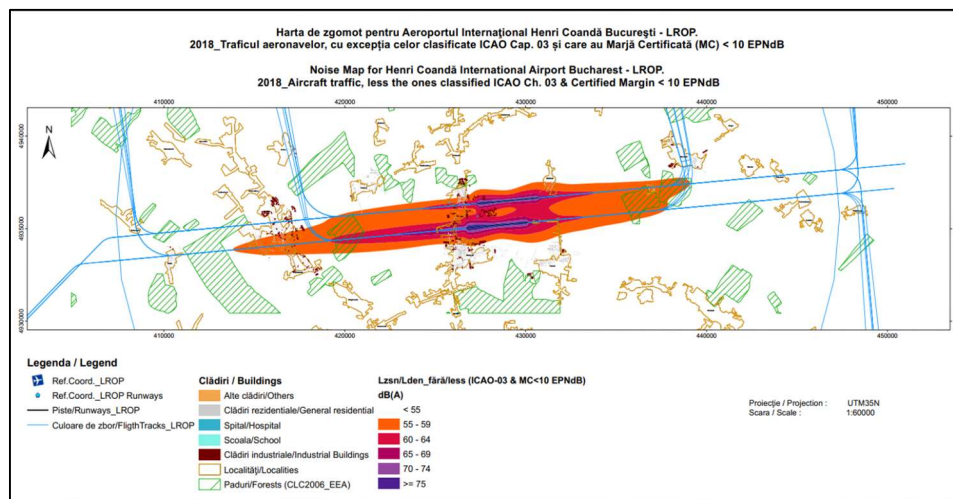


Figura 6.12 – (Planșa 10) Harta zgomotului corespunzătoare traficului total exceptând MMC, pentru

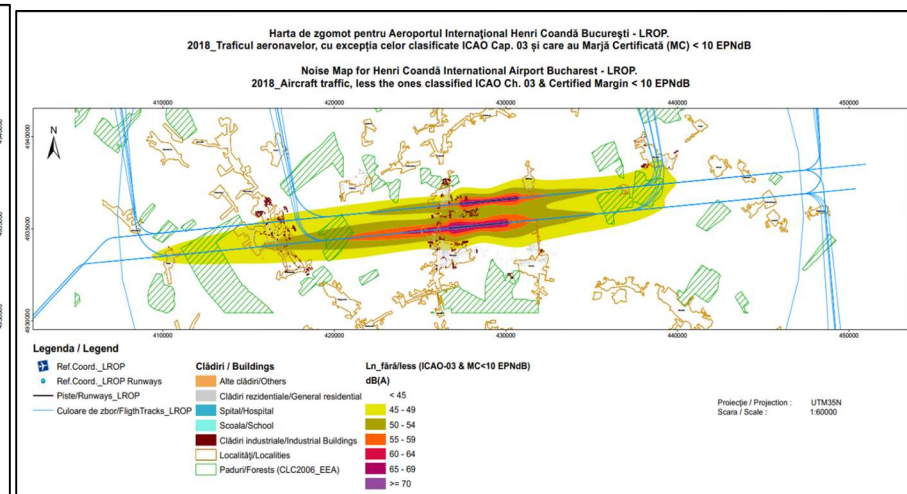


Figura 6.13 – (Planșa 11) Harta zgomotului corespunzătoare traficului total exceptând MMC, pentru

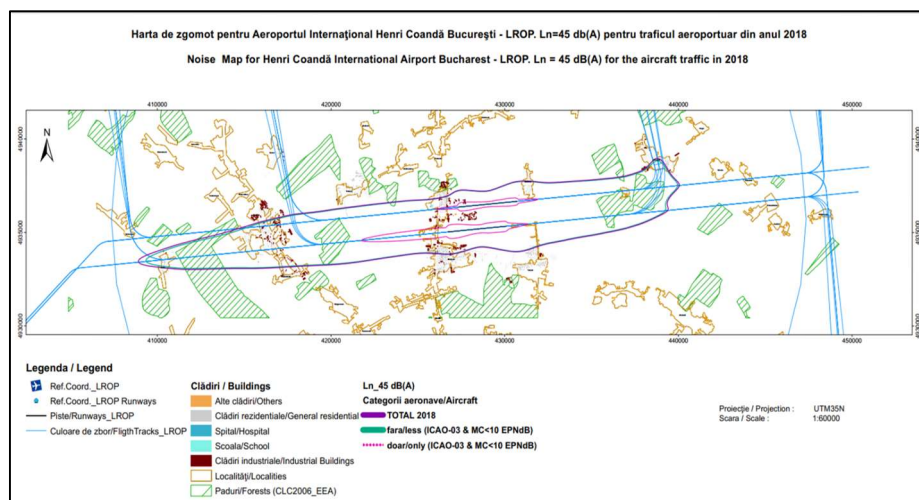


Figura 6.14 - (Planșa 12) Comparație între ariile corespunzătoare curbelor de 45 dB, între traficul total și cel fără MMC, pentru parametrul L_n

CAPITOLUL 7 - CERCETARI EXPERIMENTALE ALE ZGOMOTULUI GENERAT DE UN AVION LA SOL SI IN AER LA DECOLARE SI ATERIZARE

RIDICAREA CURBEI DE DIRECTIVITATE A UNUI AVION LA SOL

Zgomotul produs de avioane și motoare are caracter de directivitate, fiind necesar să se facă determinări de nivel de zgomot în puncte aflate sub diferite unghiuri față de axa avionului sau a motorului. Aceste caracteristici de directivitate se ridică la staționare pe sol în condiții de funcționare extreme, de la relați la turație maximă, cu unul sau toate motoarele în funcționare.

Măsurările au fost efectuate pe perioada nopții datorită numărului redus a operațiunilor de aterizare sau decolare iar zgomotul de fond redus nu influențează rezultatele măsurătorilor. A fost utilizat un sistem de achiziție multi-canal 01-dB Metravib-Orchestra cu 12 canale de achiziție simultan. Schema bloc a lanțului de măsurare este prezentată în Figura 7.3..

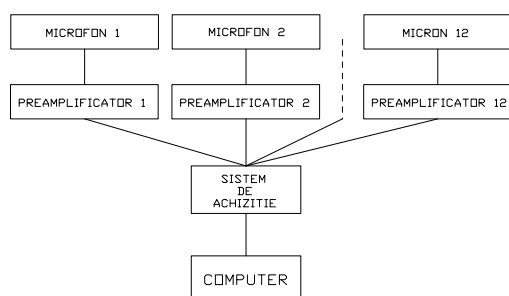


Figura 7.3 Schema bloc a lanțului de măsură a curbei de directivitate

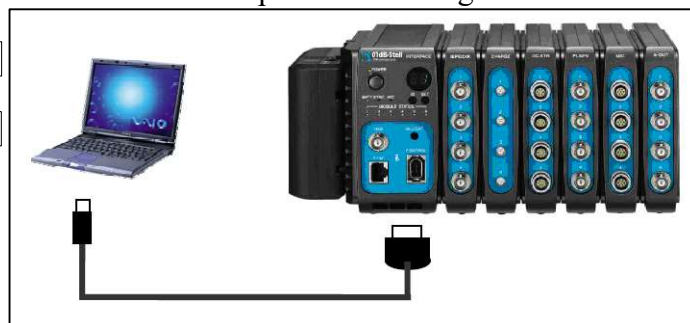


Figura 7.4 Sistemul de achiziție ORCHESTRA

În Figura 7.3 se prezintă schema bloc a lanțului de măsurare utilizat la ridicarea caracteristicilor de directivitate la sol ce conține 12 microfoane GRAS, tip 40AE, sistem de achiziție ORCHESTRA -12 canale- SONY EX-IF10D, un calibrator B&K tip 4231 și un LAPTOP DELL –LATITUDE E6510.

O imagine a stemului de achiziție ORCHESTRA-dB cu cele 12 canale de achiziție distribuite pe cele 3 module și un modul analog-aut se prezintă detaliat în Figura 7.2.

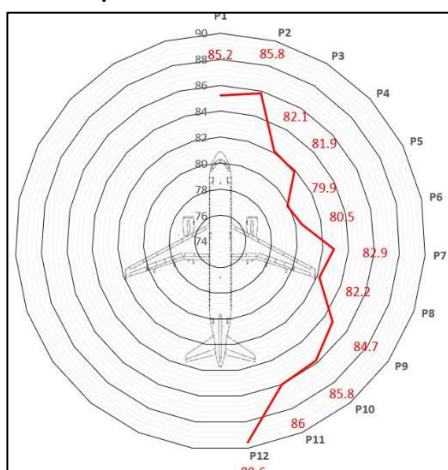


Figura 7.5 Curba de directivitate pentru valori ale nivelului de presiune acustică în dB(A), pentru un avion Boeing, la relați

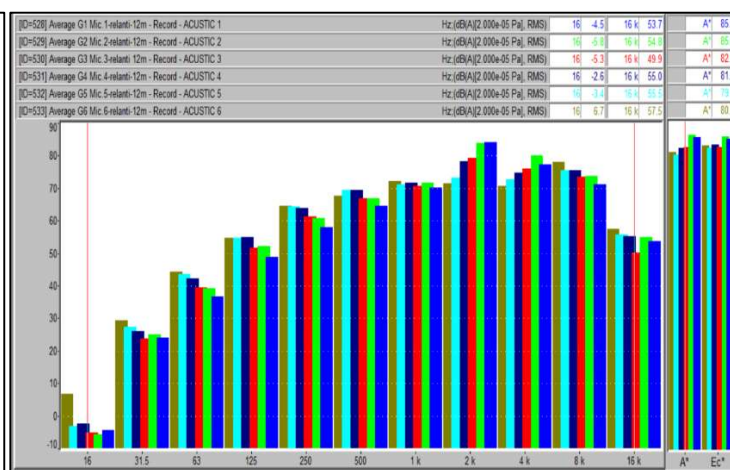


Figura 7.6 Spectrograme ale zgomotului (nivelului de presiune acustică, dBA) la relați, în pozițiile 1,2,3,4,5,6

Soft-ul profesional utilizat în vederea prelucrării ulterioare a semnalelor acustice, în domeniul temporal sau spectral, înregistrate sub formă digitală în memoria laptopului, se bazează pe tehnologia dB –FA SUIT.

Pozițiile microfoanelor sunt la o distanță de aproximativ 24 m de centrul fictiv al avionului, la o înălțime de 1,5m de suprafața pământului, așa cum se prezintă în Figura 7.5.

În Figura 7.6 și Figura 7.7 sunt redată spectrogramele zgomotului înregistrate în cele 12 puncte de măsurare (1,2,3,4,5,6), respectiv (punctele 7,8,9,10,11,12). Spectrele de frecvență sunt în benzi de 1/1 octavă și pe ultima coloană sunt trecute valorile globale pe curba de ponderare A (dBA).

În Figura 7.7 sunt redată spectrogramele zgomotului înregistrate în punctele 7,8,9,10,11,12. Spectrele de frecvență sunt în benzi de 1/1 octavă și pe ultima coloană sunt trecute valorile globale pe curba de ponderare A (dBA).

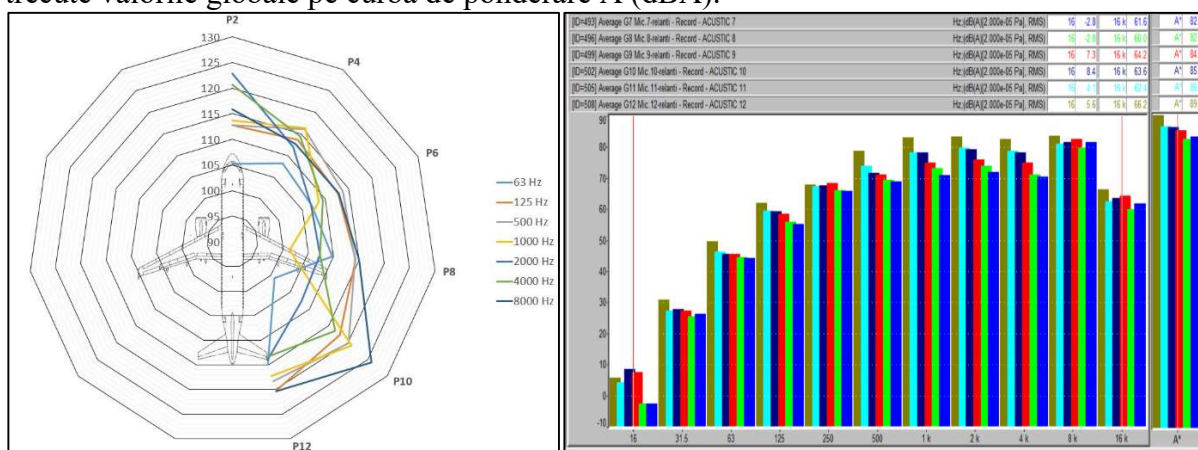


Figura 7.8 Curba de directivitate pentru valori ale nivelului de presiune acustică în dB(A), pentru un avion Boeing, la relanti, pentru turație maximă

Figura 7.7 Spectrograme ale zgomotului (nivelului de presiune acustică, dBA, la relanti în pozițiile 7,8,9,10,11,12

În Figura 7.8 este redată curba de directivitate pentru valori ale nivelului de presiune acustică în dB(A), pentru un avion Boeing, la turație maximă, la o distanță de 24m față de centrul imaginat al avionului, la frecvențele centrale ale benzilor de frecvență.

DETERMINĂRI ALE ZGOMOTULUI GENERAT LA DECOLAREA AVIOANELOR

Determinările zgomotului generat la decolare și aterizare au fost efectuate în puncte situate în lungul axei pistei de pe Aeroportul Otopeni, în exteriorul aeroportului, spre localitatea Tunari. Ele sunt figurate pe harta aeroportului și a vecinătăților acestuia, așa cum este evidențiat în Figura 7.9.



Figura 7.9 Punctele 1 și 2 în care s-au efectuat măsurări de zgomot la decolare, respectiv aterizarea aeronavelor

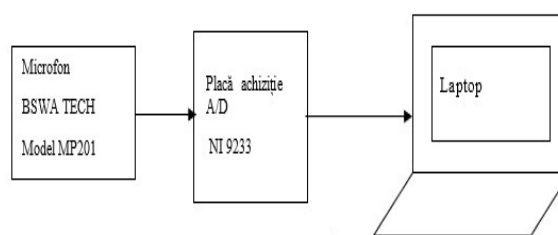


Figura 7.10 Schema bloc a lanțului de măsurare a zgomotului

În Figura 7.10 este prezentată schema bloc a lanțului de măsurare ale nivelurilor de presiune acustică care conține:

- un microfon de tip condensator (sau sonometru B&K 2.)
- placa de achiziție A/D - NI 9233 Type 4231
- laptop DELL;
- calibrator acustic B&K.

Măsurătorile de zgomot au constatat în măsurarea și înregistrarea semnalelor de presiune acustică de la decolare, trecerea prin dreptul stației de măsurare și îndepărtarea de aceasta stație. Semnalele analogice de la ieșirea microfonului au fost introduse într-o placă de achiziție, iar semnalele digitalizate de la ieșire au fost stocate în memoria unui Laptop Dell.

Prelucrarea ulterioară a semnalelor, în laborator, s-a efectuat cu un program specializat dBFA-Metravib.

Frecvența de eșantionare de 50.000Hz utilizată la achiziționarea semnalelor acustice este acoperitoare măsurărilor acustice în domeniul audio pentru evitarea fenomenului de pliere (aliasing) și a erorilor de prelucrare.

Înainte începerii măsurătorilor de zgomot și chiar pe parcursul măsurătorilor, sistemul de măsurare a fost etalonat cu ajutorul unui calibrator acustic B&K tip 4231, care generează un semnal etalon de 94 dB sau 114dB , la frecvența de 1000 Hz.

Analiza în domeniul timp și în domeniul frecvență conține următoarele aspecte:

- înregistrarea desfășurării în timp a semnalelor de presiune acustică pe durata optimă a decolării, reprezentând valoarea instantanee a acestei mărimi exprimate în unități de presiune, Pa.
- ridicarea spectrogramelor pe domeniul cuprins între 16 Hz și 16 kHz care permite identificarea amplitudinilor spectrale ale nivelelor de presiune acustică și ale nivelelor de presiune acustică pe domeniul de frecvențe cuprins între 10 Hz și 20kHz, pe curba de ponderare A, exprimate în dBA.

Măsurătorile de zgomot la decolare au fost efectuate în ziua de 15 iunie 2019, la ora 22.

Înregistrările în timp pentru fiecare decolare au început din momentul vizual al ridicării avionului de pe pistă și momentul în care avionul s-a depărtat de poziția locului de măsurare, reducându-se mult zgomotul produs de acesta.

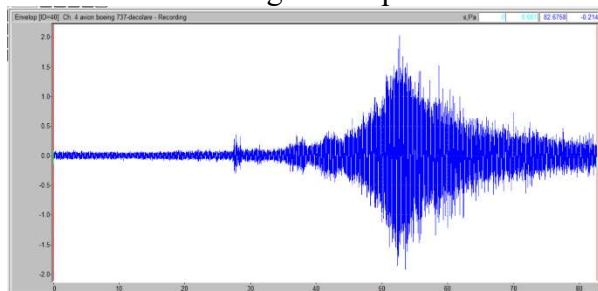


Figura 7.11 Variația în timp a presiunii acustice (Pa) a zgomotului la decolare a zgomotului produs de avionul Boeing 737

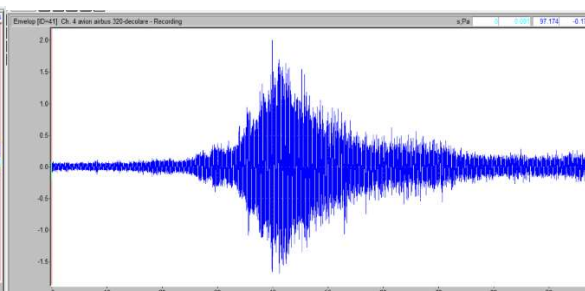


Figura 7.12 Variația în timp a presiunii acustice (Pa) a zgomotului la decolare a zgomotului produs de avionul Airbus 320

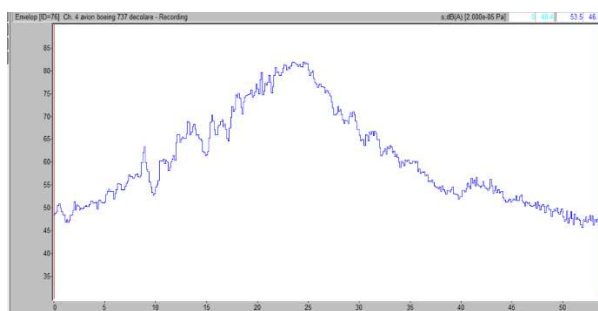


Figura 7.13 Variația în timp a nivelului presiunii acustice (dBA), a zgomotului la decolare a zgomotului produs de avionul Boeing 737

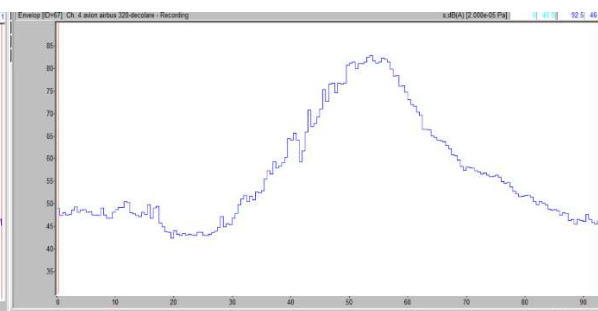


Figura 7.14 Variația în timp a nivelului presiunii acustice (dBA), a zgomotului la decolare a zgomotului produs de avionul Airbus 320

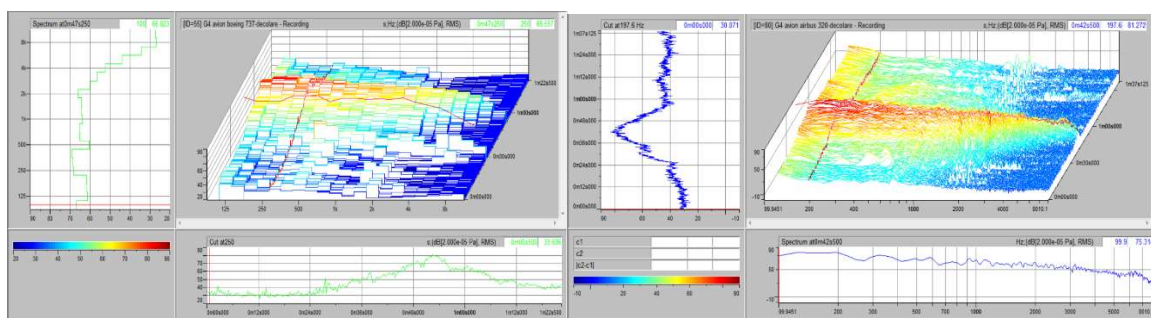


Figura 7.15 Sonograma în cascadă a zgomotului (dB) produs de avionul Boeing 737 la decolare

Figura 7.16 Sonograma în cascadă a zgomotului (dB) produs de avionul Airbus 320 la decolare

DETERMINĂRI ALE ZGOMOTULUI GENERAT LA ATERIZAREA AVIOANELOR

În diagramele următoare sunt redată evaluări ale zgomotului la aterizare a unei aeronave Boeing 737, pe toată durata vizualizării aterizării, după cum urmează:

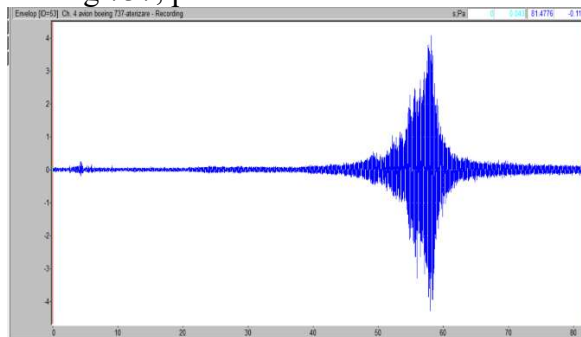


Figura 7.17 Variația în timp a presiunii acustice (Pa) a zgomotului produs de avionul Boeing 737, la aterizare

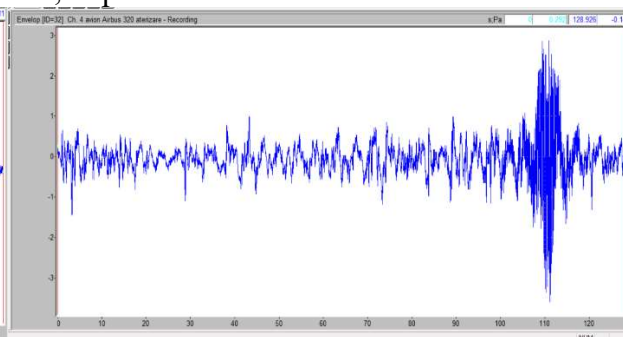


Figura 7.18 Variația în timp a presiunii acustice (Pa) a zgomotului produs de avionul Airbus 320, la aterizare

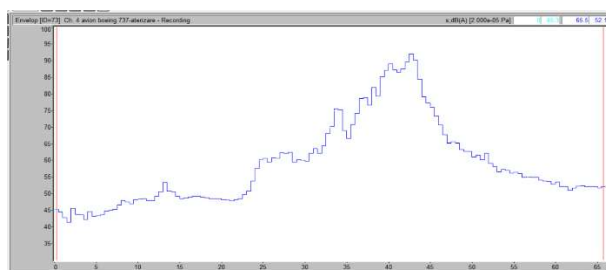


Figura 7.19 Variația în timp a nivelului de presiune acustică (dBA) a zgomotului produs de avionul Boeing 737, la aterizare

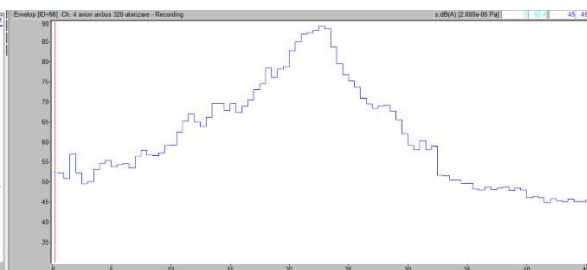


Figura 7.20 Variația în timp a nivelului de presiune acustică (dBA) a zgomotului produs de avionul Airbus 320, la aterizare

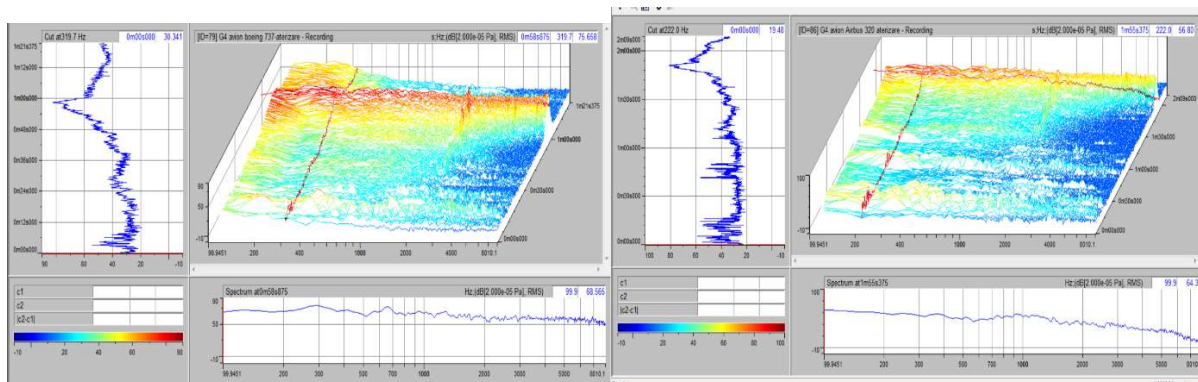


Figura 7.21 Sonograma în cascadă a zgomotului (dB) produs de avionul Boeing 737 la aterizare

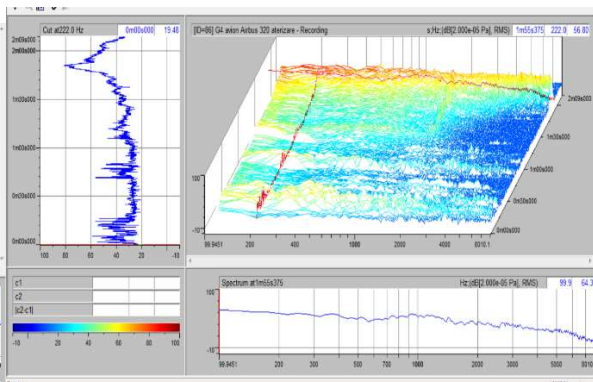


Figura 7.22 Sonograma în cascadă a zgomotului (dB) produs de avionul Airbus 320 la aterizare

CAPITOLUL 8 - CONCLUZII

CONTRIBUȚII ORIGINALE

1. Lucrarea prezintă o sinteză a mărimilor acustice și particularitățile acestora în evaluarea zgomotului aeroportuar, precum și a lanțurilor de măsură analogice și numerice moderne în prelucrarea semnalelor de zgomot.
2. Cartarea strategică a zgomotului este o activitate care se efectuează periodic, cel puțin o dată la 5 ani, în conformitate legislația europeană transpusă în cea românească. În capitolul 5 se prezintă constrângerile care limitează capacitatea generală a unui aeroport, una dintre acestea fiind capacitatea de mediu, în care o componentă importantă este capacitatea de mediu din punct de vedere al zgomotului. În prezenta lucrare, se descrie un mod de lucru inovativ, prin care, pe baza rezultatelor obținute prin cartarea strategică se calculează capacitatea de mediu din punct de vedere al zgomotului pentru un aeroport.
3. Relațiile de calcul privind modul de evaluare a constantei de multiplicare posibilă a traficului aerian reprezintă o contribuție proprie la elaborarea acestei lucrări. Modul de abordare conservativă a calculului constantei de multiplicare K a traficului prin folosirea unei constante adiționale $c = 3$ este o decizie proprie în vederea asigurării respectării limitei chiar și într-o variație de 100% în plus a volumului de trafic. În aplicarea Regulamentului 598/2014, constanta de multiplicare K indică, de asemenea, o măsură a gradului de permisivitate a aeronavelor cu MMC.
4. Abordarea prezentată, prin introducerea unei capacități de mediu în modul în care a fost descris mai sus, poate fi aplicat și altor surse de zgomot așa cum sunt specificate în legislație, respectiv pentru traficul rutier, traficul feroviar.
5. Capacitatea de mediu cu referire la zgomot poate fi introdusă în legislația privind cartarea strategică a zgomotului în vederea obținerii unei informații suplimentare din această activitate. Dacă aceasta rezultă cu valoare pozitivă semnificația este că există rezerve în privința creșterii traficului, iar dacă rezultă negativă, se impun măsuri restrictive sau/si de diminuare a nivelurilor de zgomot.
6. În capitolul 6, s-a efectuat o analiză a situației unui *aeroport*, cu mai mult de 50 000 de mișcări de aeronave civile anual. S-au evidențiat contribuțiile la zgomotul din vecinătatea unui aeroport pentru categorii de aeronave aparținând unor *capitole* diferite, care evidențiază importanța reducerii nivelurilor de zgomot *la sursă*.
7. Pornind de la obligațiile unui stat UE privind introducerea în legislația internă a prevederilor Regulamentului 598/2014, în Capitolul 6 s-a propus ca element de noutate o metodă de lucru care să cuantifice contribuțiile aeronavelor cu marjă mică de certificare la expunerea acustică generală a vecinătăților unui mare aeroport. Avantajul acestei metode de lucru constă în faptul că furnizează informații concrete și precise care să justifice posibilele restricții de operare aplicate aeronavelor cu marjă mică de certificare, ca ultimă măsură în cadrul unei *abordări echilibrate*.
8. Tehnica propusă și abordată de autor în măsurarea directivității unui avion propusă în Capitolul 7 la sol precum și evaluarea zgomotului la decolarea și aterizarea unui avion pot constitui referințe pentru experimente similare în studiul caracteristicilor de radiație acustică a unui avion.
Înregistrarea sonogramelor în cascadă utilizată de autor prin reprezentarea succesivă a spectrogramei zgomotului generat în timp, într-un punct de observație este o metodă modernă, utilă și comodă de evaluare a radiației acustice nestaționare. Metodele de măsurare folosite în lucrare apelează la abordări complexe de măsurări și prelucrări numerice ale semnalelor, prin utilizarea unor programe avansate, profesionale, utilizate de altfel pe întreg parcursul tezei.

DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

1. Directiva 2002/49/EC are în vedere cartările strategice ale zgomotului separat pentru 4 surse principale de zgomot de mediu: traficul rutier, traficul feroviar, traficul aerian și activitatea industrială. Există adesea arii importante în vecinătatea unui aeroport caracterizate prin situații de interferență a zgomotului provenind din două sau mai multe surse, definite în sensul directivei de mai sus.
Ca exemple: trafic aerian cu trafic rutier (zona Otopeni - aeroport + DN1, aeroport + DJ200B, zona Băneasa - aeroport + DN1, aeroport + Bvd. Pipera), trafic aerian cu activitate industrială (zona Băneasa - aeroport + zona industrială Băneasa). O direcție de cercetare importantă este analiza zgomotului în aceste arii de interferență în care expunerea populației este multiplă.
2. Cartarea strategică a zgomotului se efectuează pentru sursele reprezentate de operațiunile tipice ale aeronavelor (mișcări): aterizări, decolări, survoluri. O serie de activități generatoare de zgomot se desfășoară pe teritoriul aeroportului, care nu se iau în considerare la cartarea zgomotului, și care transformă incinta aeroportului într-o arie generatoare de zgomot, care trebuie luată în considerare, mai ales în situația în care zonele locuite s-au extins până la distanțe relativ mici față de teritoriul aeroportului.
O direcție de cercetare o constituie analiza zgomotului generat de sursele neluate în considerare în cartarea strategică a zgomotului (deplasări de aeronave între zona de debarcare / îmbarcare și capetele pistelor, standuri de încercare motoare, unități auxiliare de putere (APU), activități de reparații, activități de întreținere a pistelor, etc.) și constituirea unei strategii adecvate de diminuare a nivelurilor de zgomot.
3. Având în vedere că studiile doză - efect evidențiază faptul că deranjul asupra omului încep de la valori ale nivelurilor de zgomot $Leq = 40...45$ dBA, cercetarea privind optimizarea culoarelor de zbor trebuie să se facă și dincolo de limitele minime pentru curbele de zgomot, respectiv de 45 dBA pentru Lnoapte și 55 dBA pentru Lzi-seara-noapte, stabilite prin Directiva 2002/49/EC.
Optimizarea s-ar materializa prin selectarea unor culoare care să ocolească zonele cu populație mare, pentru ariile situate în afara zonei obligatorii de cartare.
4. O direcție de cercetare cu utilitate semnificativă o reprezintă zonarea acustică a ariei din vecinătatea fiecărui aeroport pe baza contribuțiilor surselor care interferează în diferite zone din această arie, așa cum au fost definite la punctul 1. În acest fel, administrația localității aparținătoare ar avea un criteriu privind folosirea teritoriului, indicând tipul de clădiri care pot fi construite în diferite zone din aria analizată, pe criteriul sensibilității diferite la zgomot a acestora

BIBLIOGRAFIE

- [1] *M. Zaplaic*, Propunere de metodologie pentru stabilirea relațiilor doză-efect în scopul evaluării răspunsului unei colectivități umane față de deranjul și disconfortul provocate de sursele de zgomot din transport, Raport Activitate, Cepstra Group, București, 2012
- [2] *N. Enescu, I. Magheți, M.A. Sârbu*, Acustica tehnică (1998)
- [3] *E.. Bădărașu, M. Grumăzescu*, Bazele acusticii moderne, Ed. Academiei Republicii Populare Române, 1961
- [4] *M. Bruneau*, Fundamentals of Acoustics, ISTE LTD, 2006.
- [5] *E. Skudrzyk*, The Foundations of Acoustics – Basic Mathematics and Basic Acoustics, Springer-Verlag, 1971
- [6] *Zaplaic Toma*, Contribuții la dezvoltarea unor metode de evaluare și diminuare a nivelurilor de zgomot de mediu, Teza doctorat, Universitatea Politehnica Bucuresti, 2019
- [7] *** *LEGE* nr. 121/2019, privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant, Parlamentul României, publicat în monitorul oficial nr. 604 din 23 iulie 2019
- [8] *** *Agenția Europeană de Mediu*, Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects, EEA Technical report No 11/2010, ISSN 1725-2237
- [9] *Comisia Europeană-Grupul de lucru pentru estimarea expunerii la zgomot*, Position paper: Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure. Version 2. August 2007
- [10] *ECAC.CEAC* DOC.29, 3rd edition, Vol. 1: Methodology for Computing Noise Contours around Civil Airports, Applications Guide. European Civil Aviation Conference, 2005
- [11] *SR ISO 1996-1:2008* Acustică. Descrierea, măsurarea și evaluarea zgomotului din mediul ambiant. Partea 1: Mărimi fundamentale și metode de evaluare
- [12] *SR ISO 9613-2:2006* Acustică. Atenuarea sunetului propagat în aer liber. Partea 2: Metoda generală de calcul
- [13] *ISO 3745:2012* Acustică. Determinarea nivelurilor de putere acustică și a nivelurilor de energie acustică ale surselor de zgomot utilizând presiunea acustică. Metode exacte pentru camere anecoice și camere semianecoice
- [14] *M. J. Crocker*, Noise and Vibration Control, Principles and applications, Second Edition, John Wiley & Sons, 2007
- [15] *SR ISO 1996-1:2016* Acustică. Descrierea, măsurarea și evaluarea zgomotului ambiant. Partea 1: Mărimi fundamentale și metode de evaluare
- [16] *A.M., Radoi, M. Magheti*, Methods for determining the noise level of important traffic road, The Annual Synposiom of the Institute of Solid Mechanics SISOM, Bucharest, 2014
- [17] *SR 10009-2017* Acustica. Limite admisibile ale nivelului de zgomot din mediul ambiant.
- [18] *P. Bratu*, Acustică interioară pentru construcții și mașini, Editura Impuls, 2002
- [19] *H. Kuttruff*, Acoustics: An Introduction, CRC Press, 2006
- [20] *Directiva 2002/49/CE* a PE și a Consiliului, din 25 iunie 2002 privind evaluarea și gestiunea zgomotului ambiental Official Journal of the European Communities, L189/12-25, 18.7.2002

- [21] *** *HG* României, nr. 321/2005, privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant, republicată, cu modificările și completările ulterioare, Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 358 din 27 aprilie 2005
- [22] *** *ORDIN nr.152/558/1119/532 din 2008* al ministrului mediului și dezvoltării durabile, al ministrului transporturilor, al ministrului sănătății publice și al ministrului internelor și reformei administrative pentru aprobarea Ghidului privind adoptarea valorilor-limită și a modului de aplicare a acestora atunci când se elaborează planurile de acțiune, pentru indicatorii L_{zsn} și L_{noapte} , în cazul zgomotului produs de traficul rutier pe drumurile principale și în aglomerări, traficul feroviar pe căile ferate principale și în aglomerări, traficul aerian pe aeroporturile mari și/sau urbane și pentru zgomotul produs în zonele din aglomerări unde se desfășoară activități industriale prevăzute în anexa nr. 1 la Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 152/2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 84/2006
- [23] *Wölfel Meßsysteme - Software GmbH & Co*, Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of the strategic noise mapping - Final Report Part A. Contract: B4-3040/2001/329750/MAR/C1 Wölfel Meßsysteme
- [24] *Dimitriu, D., Magheti, M.A.*, Aviation and the environmental noise directive; An analysis of difficulties and gaps in the implementation, *Revue Roumaine des Sciences Techniques*, serie de Mechanique Appliquee, Tome 53, N° 1, Editura Academiei Romane, 2008
- [25] *Iliuta, S., Magheti, M.A., Zaplaic, M.*, Determination disturbance on population produced by the noise generated by the operation of a conveyor belt going through several areas inhabited, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2016
- [26] *Crook, I. and I De Lepinay*, Use of Simulation in Airport Noise Mapping, Emissions Analysis and Trade-off Assessment, Isa-software, X2 Seminar Proceedings, Vilnius, 11/12, 2005
- [27] *Rhodes, D.*, ECAC Document 29 Revised: The New Benchmark in Aircraft Noise Modelling, Rapporteur ANCAT/AIRMOD, X2 Seminar Proceedings, Vilnius, 11/12, 2005
- [28] *Malcolm J. Crocker*, Handbook of Noise and Vibration Control, John Wiley & Sons, Inc., 2007
- [29] *Dirk Schreckenberger, Rudolf Schuemer*, The Impact of Acoustical Operational and Non-auditory Factors on Short-term Annoiance due to Aircraft Noise, Inter - Noise 2010
- [30] *Le Doux, T.*, Airports and Their Cities: The Effectiveness of Mitigating Noise Exposure through Land Use Planning, 1990-2000, Wyle Research Report WR 07-23, October,2007
- [31] *Raquel Girvin*, Aircraft noise - abatement and mitigation strategies, Elsevier, Journal of Air Transport Management, Volum 15, Issue 1, January 2009, Pages 14-22
- [32] *G. Alonso, A. Benito, L. Boto*, The efficiency of noise mitigation measures at European airport, Elsevier, Transportation Research Procedia 25 (2017) 103 - 135
- [33] *Krebs, W., Butikofer, R., Pluss, S., Thomann, G.* Sound source data for aircraft noise simulation, *Acta Acustica United with Acustica*, vol. 90 (2004), 91–100
- [34] *** *Regulamantul (UE) Nr. 598/2014* al PE și al Consiliului din 16 aprilie 2014, de stabilire a normelor și a procedurilor cu privire la introducerea restricțiilor de operare referitoare la zgomot pe aeroporturile din Uniune în cadrul unei abordări echilibrate și de abrogare a Directivei 2002/30/CE
- [35] *G. J. J. Ruijgrok, D.M. van Passen*, Elements of Aircraft Pollution, Delftse University Press, The Netherlands, 2006
- [36] *M. Moser*, Engineering Acoustics. An introduction to Noise Control, Springer (2009)

- [37] *** ICAO, Annex 16 -Environmental Protection, Volume I - Aircraft Noise, 5th Edition, Canada, 2008.
- [38] *Van den Berg, M. and Licitra, G.*, EU Noise Maps: analysis of submitted data and comments, Proceedings of Euronoise 2009, 26-28 October 2009, Edinburgh.
- [39] *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)*, Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, 13th August 2007.
- [40] *M.A. Magheti*, Some aspects on aircraft noise modelling, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2015
- [41] *** Metoda națională franceză de calcul „NMPB- Routes – 96 (SETRA – CERTU – LCPC – CSTB).
- [42] ****Agenția Europeană de Mediu*, Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects, EEA Technical report No 11/2010, ISSN 1725-2237
- [43] *G. Licitra*, Noise Mapping in the EU. Models and Procedures, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013
- [44] *Babisch, W.*, The noise/stress concept, risk assessment and research needs. Noise Health, 4(16), 1–11, 2002
- [45] *K. Attenborough, K. Ming Li and K. Horoshenkov*, Predicting Outdoor Sound, Taylor & Francis, UK, 2006
- [46] *M. Grumăzescu, A. Stan, N. Wegener, V. Marinescu*, Combaterea zgomotului și vibrațiilor, Editura Tehnică, București, 1964
- [47] *G. J. J. Ruijgrok*, Elements of Aviation Acoustics, Delftse University Press, 1993, ISBN 90-6275-899-1
- [48] *G. J. J. Ruijgrok*, Elements of Airplane Performance, VSSD, 2009, ISBN 978-9065622327
- [49] *Karantonis, P., Gowen, T., Simon, M.* Further Comparison of Traffic Noise Predictions Using the CadnaA and SoundPLAN Noise. Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010
- [50] *Crocker M.J.* Handbook of Noise and Vibration Control. Acoustics- Attenuation of sound during propagation outdoors -Part 2:General method of calculation, 2007
- [51] *Yamamoto K*, Road traffic noise prediction model "ASJ RTN- Model 2008" :Report of the Research Committee on Road Traffic Noise. Acoustical Science and Technology, 2010
- [52] *A.D.Pierce*, Acoustics, an Introduction to its Physical Principles and Applications, Acoustical Society of America, New York, 1989

ANEXA A - PUBLICAȚII ȘI COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE ALE DOCTORANDULUI

1. Zaplaic, T., **Magheti, M.A.** (autor corespondent), Minchevici, V., Enescu, N., *Assessment of noise levels generated by the operation of a conveyor belt* - U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 82, Iss. 1, ISSN 1454-2358, 2020
2. **Magheti, M.A.**, Zaplaic, T., Minchevici, V., Enescu, N., *Evaluation of the environmental capacity of an airport in term of noise*, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 82, Iss. 2, ISSN 1454-2358, 2020
3. Dragasanu, I.L., Deaconu, M., **Magheti, M.A.**, *Research on designing, manufacturing and validating a semi-anechoic chamber*, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 81 (1): 29 - 38, ISSN 1454-2358, 2019.
4. Zaplaic, T., **Magheti, M.A.**, Minchevici, V., Enescu, N. *External noise analysis for adequate insulation of the building facades*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2019
5. **Magheti, M.A.**, Cretu, A., *Assessing the impact of the increase in air traffic on airport noise*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2019
6. Zaplaic, T., Iliuta, S., **Magheti, M.A.**, Zaplaic, M., *Evaluation of noise levels generated by a belt conveyor system for limestone transportation*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2017
7. Iliuta, S., **Magheti, M.A.**, Zaplaic, M., *Determination disturbance on population produced by the noise generated by the operation of a conveyor belt going through several areas inhabited*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2016
8. **Magheti, M.A.**, *Some aspects on aircraft noise modelling*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2015
9. Radoi, A.M, **Magheti, M.A.** *Methods for determining the noise level of important traffic road*, The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2014 and Symposium of Acoustics, Bucharest, Session 3,(22A), 2014
10. **Magheti, M.A.**, Iliuta, S., Zaplaic, T., Zaplaic, M., *Some aspects of prognosis and management of noise in the vicinity of an airport*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2013
11. **Magheti, M.A.**, Ciobanu, A., Popovici E.C, *Network Management Extensions, performing network management activities (NMX)*, 9th International Symposium on Electronics and Telecommunications, Timisoara, Romania, 2010 (IEEXPlore),
12. Popovici, E.C., Stangaciu, M., **Magheti, M.A.**, *Mobile application for news access and virtual community interactive services, communications (comm)*, 8th International Conference Telecommunications Dept., Politehnica. University of Bucharest, Bucharest, Romania, 2010
13. **Magheti, M.A.**, Croitoru, V., Grigore A., *Real-time data transmission platform applied to mechanical vibrations surveillance*, Proceedings of the Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2009
14. Dimitriu, D., **Magheti, M.A.**, *Aviation and the environmental noise directive; An analysis of difficulties and gaps in the implementation*, Revue Roumaine des Sciences Techniques, serie de Mechanique Appliquee, Tome 53, N° 1, Editura Academiei Romane, 2008 (<https://rjts-am.utcluj.ro/#titlePreviousIssues>)
15. Croitoru, V., **Magheti, M.A.**, Voica, V. *Mechanical vibrations surveillance technics applied to remote turbogenerators*, The Annual Symposium of The Institute of Solid Mechanics Sisom and Symposium of Acoustics, Bucharest, 2008

16. Popovici, E.C, Andrei V., Gavrilesu, M., **Magheti, M.A**, "Video streaming for evaluation of predictive VHO in wireless hybrid access networks," 10th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), Nis, 2011, pp. 92-95, doi: 10.1109/TELSIKS.2011.6112012, 2011
17. **Magheti, M.A**, Croitoru, V. *Expert technologies towards performing sustainable environmental management*, Topics in Applied Mechanics (vol III ISBN 973-27-1004-7), Editura Academiei Române, București, 2006
18. **Magheti, M.A**, Walsh, P., and Delassus, P., *Intelligent instrumentation applied in environment management*, OPTO Ireland Conference Optical Sensing and Spectroscopy, SPIE Europe, Dublin, Ireland, 2005 (<https://doi.org/10.1117/12.602071>)
19. **Magheti, M.A**, Savu, G., *Management & Diagnose of the Point-to-Point Communication Links*, Sesiunea de comunicari stiintifice, sectia Comunicatii (lucrare premiata), Universitatea Politehnica Bucuresti, 2003
20. **Magheti, M.A**, Croitoru, V., *Interface "PCM-Delta" System Interconnection for Special Communications with Public Telecommunications Systems*, Sesiunea de comunicari stiintifice, sectia Comunicatii (lucrare premiata), Universitatea Politehnica Bucuresti, 2003.