

UNIVERZITET „UNION - NIKOLA TESLA”, BEOGRAD  
FAKULTET ZA INFORMACIONE TEHNOLOGIJE I  
INŽENJERSTVO

Ayoub Ateeyah Nasr

PRIMENA MERA ZA SMANJENJE BUKE NA  
AERODROMU MITIGA INTERNATIONAL U  
LIBIJI

Doktorska Disertacija

Beograd, 2023

UNIVERSITY „UNION - NIKOLA TESLA”, BELGRADE  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND  
ENGINEERING

Ayoub Ateeyah Nasr

APPLICATION OF NOISE REDUCTION  
MEASURES AT MITIGA INTERNATIONAL  
AIRPORT IN LIBYA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

## **Komisija za ocenu i odbranu disertacije**

1. Prof. dr Maja Anđelković, Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo Univerziteta „Union – Nikola Tesla“ u Beograd – predsednik
2. Prof. dr Mirjana Puharić, Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo Univerziteta „Union – Nikola Tesla“ u Beogradu – mentor
3. Prof. dr Vojkan Lučanić, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu – član
4. Doc. dr Ivana Ilić, Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo Univerziteta „Union – Nikola Tesla“ u Beogradu - član

„Jednog dana čovek će morati da se bori protiv buke tako žestoko kao protiv kolere i kuge“

dobitnik Nobelove nagrade Robert Koh 1910.

## ZAHVALNICA

Želim da odam priznanje svim ljudima koji su pomogli da uspešno završim doktorske studije. Prvo želim da se zahvalim mojoj majci, ženi i celoj porodici na njihovoj beskrajnoj podršci.

Najveću zahvalnost dugujem prvenstveno mom mentoru profesoru dr Mirjani Puharić za moj napredak i podršku tokom studija i izrade doktorske disertacije. Takođe bih želeo da se zahvalim doc dr Ivani Ilić na njenim sugestijama i pomoći.

Zahvaljujem se dekanu Fakulteta za informacione tehnologije i inženjerstvo prof. dr Maji Anđelković i emeritusu prof. dr Životi Radosavljeviću za podršku i motivaciju za završetak studija. Iskreno se zahvaljujem i sekretaru Univerziteta Krstini Reko Stanković na ljubaznosti i pomoći, kao i svim zaposlenima na fakultetu.

Na kraju želim da se zahvalim svojim kolegama za pomoć i podršku tokom izrade ovog dokorskog rada.

## ACKNOWLEDGMENTS

I would like to acknowledge the many people who contributed to the completion of my PHD Study Firstly. A very special thanks goes out to my mother, my wife and my dearest family members for their endless support. All of their characteristics brought out the best in me, while giving me the courage to complete this project.

My most profound thankfulness and gratitude goes to my direct supervisor Prof. dr Mirjana Puharić for providing me with guidance and support through the period of this study and preparation of my doctoral dissertation.

I would like to express my special thanks to Doc. dr Ivana Ilić for her suggestions and help.

I would also like to thank our Dean in the College of Information Technology and Engineering prof. dr Maja Anđelković and emeritus prof. dr Života Radosavljević for help and his encouragement and their motivation to complete my study. I would also like to extend my thanks to the Secretary of the University, Krstina Reko Stanković, for her kindness and help, as well as all the employees at the faculty.

Finally, I wish to extend my appreciation to all my colleagues for their help in sourcing the referenced articles and paper.

## **Primena mera za smanjenje buke na aerodromu Mitiga International u Libiji**

### **Sažetak:**

Predmet istraživanja u ove disertaciji, su mere za smanjenje uticaja buke vazdušnog saobraćaja koje se primenjuju na aerodromima i njihova primena na konkretnom aerodromu Mitiga u Libiji. U okviru disertacije vršena su teorijska i eksperimentalna istraživanja, koja se bave mogućnošću primene metoda za smanjenje buke na aerodromu Mitiga, sa ciljem da se kontinuirano prati stanje, da se na vreme uoče promene stanja, zbog blagovremenog smanjenja potencijalnih pritužbi stanovništva okolne zajednice, koje bi dodatno povećale troškove poslovanja aerodroma.

Istraživanja sprovedena u okviru disertacije pre svega imaju za cilj da doprinesu naučnom sagledavanju problematike buke generisane vazdušnim saobraćajem i njenom uticaju na zajednicu u okolini aerodroma, sa aspekta predviđanja mogućih problema i njihovog otklanjanja. Jedan od ciljeva je i prezentovanje potencijalnih mogućnosti primene metoda za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga u Libiji. Smanjenje uticaja buke generisane vazdušnim saobraćajem i posledično povećanje zadovoljstva ljudi koji borave i rade u Vojnoj bolnici i Osnovnoj školi Halima Saadia, zaposlenih na aerodromu i populacije koja stanuje u naseljima u okolini aerodroma, predstavljaju društvene ciljeve. Krajnji cilj disertacije je da se naučnim metodama, na osnovu sprovedenih istraživanja i dobijenih rezultata, definišu optimalni predlozi za primenu novih mera za smanjenje zagađenja bukom na aerodromu Mitiga i trasiraju budući pravci rešavanja ovih problema. Naučni cilj disertacije se ogleda u kombinovanju nekoliko vrsta mera za redukciju buke istovremeno i njihovoj interakciji, kao preduslovu da se na delotvoran način pristupi ostvarenju postavljenih ciljeva.

Nakon merenja buke na tri odabrane lokacije i analize dobijenih rezultata, kao i na osnovu realnih mogućnosti za sprovođenje mera na aerodromu Mitiga, izabrane su i implementirane mere za smanjenje buke, nakon čega je opet izvršeno merenje buke na istim lokacijama radi određivanja doprinosa uvedenih mera.

Izvršena je i procena nivoa emisije buke pre i nakon uvođenja mera za smanjenje buke generisane vazdušnim saobraćajem, a metoda interpolacije u Geografskom informacionom sistemu (GIS) je iskorišćena za grafički prikaz prostorne distribucije emisije buke u ispitivanom području. Primenom zonalne statistike proračunata su i odstupanja od dozvoljenih vrednosti po svakom kontrolnom gridu. Takođe je uspešno urađena i procena pouzdanosti predviđanja nivoa buke primenom metode veštačkih neuronskim mreža (ANN).

Anketiranjem zaposlenih na aerodromu, u osnovnoj školi Halima Al Saadia i u vojnoj bolnici istraživan je subjektivni osećaj buke kod ispitanika koji su izloženi delovanju buke vazdušnog saobraćaja na pomenutom aerodromu.

**Ključne reči:** aerodrom, avio-buka, uticaj aviobuke na ljudsko zdravlje, mere za smanjenje buke, merenje buke, anketa, GIS

# APPLICATION OF NOISE REDUCTION MEASURES AT MITIGA INTERNATIONAL AIRPORT IN LIBYA

## Abstract:

The subject of research of this dissertation is measures to reduce the impact of air traffic noise applied at airports and their application at a specific airport Mitiga in Libya. The dissertation included theoretical and experimental research, which deals with the possibility of applying noise reduction methods at Mitiga Airport, with the aim of continuously monitoring the situation, to detect changes in time, for the timely reduction of potential complaints of the surrounding community which could further increase the operating costs of the airport.

The research conducted within the dissertation primarily aims to contribute to the scientific understanding of the problem of noise generated by air traffic and its impact on the community around the airport, in terms of anticipating possible problems and their elimination. One of the goals is to present the potential possibilities of applying methods to reduce the impact of noise at Mitiga Airport in Libya. The social goals are reducing the impact of airborne noise and consequently increasing the satisfaction of people who reside and work at the Military Hospital and Halim Saadia Elementary School, employees at the airport and the population living in the settlements around the airport. The ultimate goal of the dissertation is to use scientific methods, based on conducted research and obtained results, to define optimal proposals for the application of new measures to reduce noise pollution at Mitiga Airport and to trace future directions for solving these problems. The scientific goal of the dissertation is reflected in the combination of several types of noise reduction measures at the same time and their interaction, as a prerequisite for an effective approach to achieving the set goals.

After measuring the noise at three selected locations and analyzing the obtained results, as well as based on real possibilities for implementing measures at Mitiga Airport, noise reduction measures were selected and implemented, after which noise was measured at the same locations to determine the contribution of the introduced measures.

The assessment of noise emission levels before and after the introduction of measures to reduce airborne noise was performed as well, and the method of interpolation in the Geographic Information System (GIS) was used to graphically represent the spatial distribution of noise emission in the study area. Deviations from the allowed values for each control grid were calculated using zonal statistics. The reliability of noise level prediction reliability assessment using the artificial neural network (ANN) method was also successfully performed.

A survey of employees at the airport, in the primary school Halima Al Saadia and in the military hospital investigated the subjective feeling of noise in respondents who are exposed to the effects of air traffic noise at the airport.

**Keywords:** airport, aircraft noise, impact of airborne noise on human health, noise abatement measure, noise measurement, survey, GIS

## SADRŽAJ

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I TEORIJSKI DEO RADA .....                                                                                                  | 10 |
| 1. UVOD .....                                                                                                               | 10 |
| 2. PREDMET I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA .....                                                                                | 12 |
| 2.1 Metodologija istraživanja.....                                                                                          | 13 |
| 2.2 Organizacija istraživanja.....                                                                                          | 15 |
| 3. BUKA VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA I NJEN UTICAJ NA LJUDSKO ZDRAVLJE .....                                                        | 17 |
| 3.1. Izvori vazduhoplovne buke .....                                                                                        | 17 |
| 3.2. Uticaj buke na zdravlje stanovništva i na kognitivne sposobnosti dece u školama .....                                  | 25 |
| 3.2.1 Uticaj buke na zdravlje .....                                                                                         | 25 |
| 3.2.2 Buka i psihološko zdravlje.....                                                                                       | 34 |
| 3.2.3 Uticaj buke na kognitivne sposobnosti .....                                                                           | 34 |
| 4. MERE ZA SMANJENJE BUKE KOJE SE PRIMENJUJU NA AERODROMIMA U SVETU. 39                                                     |    |
| 4.1. ICAO globalni pristup.....                                                                                             | 41 |
| 4.1.1 Planiranje korišćenja zemljišta.....                                                                                  | 43 |
| 4.1.2 Operativne procedure .....                                                                                            | 45 |
| 4.1.3 Operativne restrikcije.....                                                                                           | 46 |
| 4.1.4 Komunikacija i angažovanje.....                                                                                       | 48 |
| 4.2. Relevantne informacije o Uredbi (EU) br. 598/2014.....                                                                 | 49 |
| 4.3. Rezime politike novog uravnoteženog pristupa na izvoru i operativnih procedura u<br>Evropskim državama članicama ..... | 52 |
| 4.4. Regulativa ICAO za uravnotežen pristup upravljanju bukom aviona.....                                                   | 55 |
| 4.4.1 Standardi za buku aviona .....                                                                                        | 56 |
| II EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA .....                                                                                       | 62 |
| 5 OPIS EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA KOJI SE BAVI MERENJEM BUKE<br>NA ODABRANIM LOKACIJAMA .....                       | 62 |
| 5.1 Objekat istraživanja .....                                                                                              | 62 |
| 5.2 Merenje buke na odabranim lokacijama .....                                                                              | 63 |
| 5.2.1 Ispitno merna oprema.....                                                                                             | 64 |
| 5.2.2 Opis eksperimenta.....                                                                                                | 66 |
| 5.3 Ankete .....                                                                                                            | 67 |
| 5.4 Odabir korektivnih mera za smanjenje buke.....                                                                          | 72 |
| 5.5 Procena i predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem na međunarodnom<br>aerodromu Mitiga.....              | 74 |

|       |                                                                                                                                  |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5.1 | Materijali i metode.....                                                                                                         | 75  |
| 6     | REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA PO FAZAMA<br>ISTRAŽIVANJA .....                                                     | 82  |
| 6. 1. | Rezultati i diskusija rezultata merenja buke na odabranim lokacijama .....                                                       | 82  |
| 6. 2. | Rezultati i diskusija anketa .....                                                                                               | 86  |
| 6. 3. | Rezultati i diskusija procene i predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem za<br>međunarodni aerodrom Mitiga.....   | 92  |
| 6.3.1 | Rezultati primene GIS-a.....                                                                                                     | 94  |
| 6.3.2 | Rezultati primene ANNs.....                                                                                                      | 99  |
| 6.3.3 | Zaključak.....                                                                                                                   | 102 |
| 7     | ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA .....                                                                                                | 105 |
| 7. 1. | Analiza rezultata vezanih za glavnu (opštu) hipotezu.....                                                                        | 105 |
| 7. 2. | Analiza rezultata vezanih za prvu pomoćnu hipotezu.....                                                                          | 106 |
| 7. 3. | Analiza rezultata vezanih za drugu pomoćnu hipotezu.....                                                                         | 107 |
| 8     | ZAKLJUČAK .....                                                                                                                  | 109 |
| 9.    | PREDLOG ZA UVOĐENJE NOVIH MERA NA AERODROMU MITIGA .....                                                                         | 114 |
| 10.   | LITERATURA .....                                                                                                                 | 117 |
| 11.   | PRILOZI .....                                                                                                                    | 126 |
|       | Prilog 1: Rezultati merenja buke na aerodromu pre uvođenja mera za smanjenje uticaja buke .....                                  | 126 |
|       | Prilog 2: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica pre uvođenja mera za smanjenje uticaja<br>buke.....                   | 133 |
|       | Prilog 3: Rezultati merenja buke na lokaciji Osnovne škole Halima Al Saadia pre uvođenja mera za<br>smanjenje uticaja buke ..... | 139 |
|       | Prilog 4: Rezultati merenja buke na aerodromu posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke..                                    | 143 |
|       | Prilog 5: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica posle uvođenja mera za smanjenje uticaja<br>buke.....                 | 148 |
|       | Prilog 6: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica posle uvođenja mera za smanjenje uticaja<br>buke.....                 | 153 |
|       | Prilog 7. Rezultati anketa pre uvođenja mera za smanjenje buke.....                                                              | 157 |
|       | Prilog 8. Rezultati anketa posle uvođenja mera za smanjenje buke .....                                                           | 161 |
|       | Prilog 9. Frekvencije pre i posle uvođenja mera.....                                                                             | 163 |

# I TEORIJSKI DEO RADA

## 1. UVOD

Intenzivan razvoj vazdušnog saobraćaja poslednjih godina za posledicu ima značajno opterećenje životne sredine na lokacijama aerodroma i područjima na rutama avionskih linija. Aktivnosti vazduhoplovnog sektora utiču na klimatske promene, doprinose povećanju buke, a na lokalnom nivou utiču i na kvalitet vazduha. Porast i razvoj vazduhoplovnog sektora je direktno uslovljen izazovima koje pred njega postavlja životna sredina, što je rezultovalo razvojem inovativnih i ekološki održivih rešenja. Problem je utoliko veći, jer se smanjenje faktora koji utiču na zagađenje životne sredine u vazduhoplovnom sektoru mnogo teže postiže. Smanjenje negativnog uticaja vazdušnog saobraćaja na životnu sredinu je ključno pitanje održivog razvoja avioindustrije i aviosaobraćaja i predstavlja faktor koji ograničava njihov razvoj. Najvažniji uticaji vazduhoplovstva na životnu sredinu su: buka aviona, štetni izduvni gasovi koji uzrokuju zagađenje tla, vode i vazduha, a direktno i indirektno potpomažu i efekat staklene bašte na globalnom nivou.

S obzirom da se buka generisana vazduhoplovnim saobraćajem ne može u potpunosti eliminisati, mnogi aerodromi u svetu se primenom različitih mera trude da njene negativne uticaje smanje na prihvatljive granice. Buku na i u okolini aerodroma stvara kretanje vazduhoplova, testiranje motora i razni drugi izvori poput „en-route“ letenja i probijanja zvučnog zida kod supersoničnih aviona. Buka generisana vazdušnim saobraćajem, kao i svi vidovi buke bez obzira na vrstu izvora, utiče na ljudsko zdravlje jer izaziva poremećaj sna, nervozu, smanjenje radne sposobnosti, smetnje u komunikacijama, kao i posledice u socijalnom ponašanju i uticaj na ukupno fiziološko i psihičko stanje čoveka, a dugotrajno izlaganje za posledicu može da ima i postepeno oštećenje sluha. Buka ima neželjena dejstva na kvalitet života ljudi, može da ometa njihove svakodnevne aktivnosti i na taj način izaziva osećaj nelagode, stres i frustraciju. Istraživanje uticaja buke generisane vazdušnim saobraćajem su pokazala da je uznemirenost stanovništva određenim nivoom buke vazduhoplova, veća od uznemirenosti uzrokovane bukom ostalih transportnih izvora. Buka u okolini aerodroma, posebno ako se u blizini aerodroma nalaze stambeni objekti, škole ili bolnice, je za okolno stanovništvo postala veliki problem, zbog čega je buka generisana vazdušnim saobraćajem postala aktuelana sa aspekta zaštite životne sredine, prirodnih staništa životinja i zaštite zdravlja ljudi.

Danas veliki broj svetskih aerodroma ima izražene probleme vezane za buku koja se generiše različitim izvorima, poput kretanja vazduhoplova po PPS i pomoćnim stazama, testiranja motora, „en-route“ leta vazduhoplova, radova na opsluživanju vazduhoplova, ali i od probijanja zvučnog zida na mešovitim aerodromima na kojima lete supersonični vojni avioni (Puharić i dr., 2021). Buka nepovoljno utiče na ljudsko zdravlje izazivajući niz neželjenih uticaja, poput poremećaja sna, nervoze, smanjenja radne sposobnosti, smetnji u komunikacijama, pa samim tim i promena u socijalnom ponašanju, a u težim slučajevima i oštećenja sluha kao posledicu dugotrajnog izlaganja buci. Sve ovo ima velik uticaj na kvalitet

života pojedinca i zajednice, koji žive i rade u okolini aerodroma, što za posledicu ima ometanje svakodnevnih ljudskih aktivnosti i izazva frustraciju i stres (Puharić i dr., 2021). Buka u okolini aerodroma, posebno kada se aerodromi nalaze u blizini stambenih naselja, škola i bolnica, predstavlja veliki problem za stanovnike tih zajednica. Upravo je navedeno bilo razlog za sprovođenje istraživanja prikazanog u ovom radu.

Zbog svega navedenog, predmet istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji je određivanje nivoa buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga u Libiji i primena mera za smanjenje uticaja buke. Mere za smanjenje buke koja je generisana vazдушnim saobraćajem, danas su predmet obimnih istraživanja i kontinuiranog unapređenja.

Danas se pred vazdušni saobraćaj postavljaju mnogobrojni kriterijumi, pre svega bezbednost, raspoloživost, efektivnost i gotovost, uz zadovoljenje zahteva neugrožava životne sredine, kao i očuvanje bezbednosti i zdravlja zaposlenih, što se može obezbediti samo sprovođenjem pravilne strategije. O uticaju vazdušnog saobraćaja na životnu sredinu i na kvalitet života stanovništva u okolini aerodroma, danas se vodi računa već u fazi dizajniranja i izgradnje aerodroma, kao i samih vazduhoplova, njihove eksploatacije i održavanja. Rešavanje nastalih problema na postojećim aerodromima i postojećih flotama vazduhoplova je znatno složeniji proces, koji utiče na povećanje troškova poslovanja aerodroma i avioprevoznika, što zahteva poseban odabir i planiranje mera za otklanjanje buke.

Buka je oduvek bila glavni ekološki problem u oblasti vazduhoplovstva, prvenstveno utičući na stambene zajednice u blizini aerodroma. Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji, kratkoročno i dugoročno može uzrokovati nekoliko zdravstvenih problema, poput smetnji u zajednici, nedostatka sna, kardiovaskularnih bolesti i problema mentalnog zdravlja. Iako avioni postaju sve manje bučni zbog važnih tehnoloških poboljšanja, očekivano dugoročno povećanje broja letova (čak i nakon pandemije COVID-19), znači da će biti potrebno uložiti još više napora svih aktera za smanjenje buke u okolini aerodroma. Obično su ljudi koji žive u stambenim naseljima oko aerodroma najviše pogođeni bukom aviona, pa se oni češće žale i traže brza rešenja. Najčešće pritužbe uzrokovane su povećanjem broja letova, kao i noćnim i niskim letovima. Postoji mnogo propisa na različitim nivoima koji se bave ovim pitanjima. Na međunarodnom nivou, na primer, postavljaju se granice za faze poletanja i sletanja, dok se na evropskom nivou promovišu najbolje dostupne tehnologije, a na nacionalnom nivou se postavljaju granice za uočenu buku i druge mere. Ipak, ova struktura je prilično složena i dovodi do poteškoća za građane koji traže posebne mere koje je potrebno usvojiti. Na nivou aerodroma takođe se preduzimaju mere za smanjenje uticaja buke na ljude koji žive u njihovoj blizini. Takav je slučaj sa nekim svetskim aerodromima koji ulažu u istraživačke i razvojne projekte, kako bi poboljšali stanje buke u svojim okolnim područjima. Da bi se smanjilo uznemiravanje u blizini aerodroma, mogu se primeniti operativne mere (poput prisiljavanja aviona da se kreću određenom rutom tokom prilaza ili poletanja) ili pasivne mere (poput zvučne izolacije ili kupovine kuća iznad kojih često preleću avionici na malim visinama). Još jedno važno sredstvo koje aerodromi mogu koristiti za poboljšanje situacije vezane za buku je angažovanje zajednice.

## 2. PREDMET I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja u okviru disertacije su realizovana sa ciljem da se prezentuju potencijalne mogućnosti primene metoda za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga u Libiji, na osnovu kojih se mogu razviti moderni sistemi za monitoring. U mnoštvu drugih metoda koji se danas u razvijenim zemljama koriste u cilju smanjenja uticaja vazduhoplovne buke, biće odabrane metode prihvatljive sa tehničkog i ekonomskog aspekta, koje imaju određene komparativne prednosti, koje će kroz istraživanja u okviru disertacije biti jasno potencirane, posebno sa aspekta zaštite životne sredine.

Smanjenje uticaja buke generisane vazдушnim saobraćajem i posledično povećanje zadovoljstva ljudi koji borave i rade u Vojnoj bolnici i Osnovnoj školi Halima Al Saadia, zaposlenih na aerodromu i populacije koja stanuje u naseljima u okolini aerodroma, predstavljaju društvene ciljeve.

Istraživanja sprovedena u okviru disertacije pre svega imaju za cilj da doprinesu naučnom sagledavanju problematike buke generisane vazдушnim saobraćajem i njenom uticaju na zajednicu u okolini aerodroma, sa aspekta predviđanja mogućih problema i njihovog otklanjanja. Naučni ciljevi se ogledaju i u kombinovanju više mera za redukciju buke, i njihovoj interakciji, kao preduslovu da se na delotvoran način pristupi ostvarenju postavljenih ciljeva.

U toku definisanja teme disertacije, postavljeno je više ciljeva koji mogu biti grubo podeljeni na opšte i na specifične ciljeve.

U grupu opštih ciljeva spadaju:

- detaljnije upoznavanje sa problemom buke koju generiše vazdušni saobraćaj, i posledicama po zdravlje stanovništva koje je izloženo ovim uticajima;
- detaljno upoznavanje sa svetskim iskustvima u ovoj oblasti, što će omogućiti bolje sagledavanje i snalaženje pri rešavanju ovih problema na aerodromu Mitiga u Libiji;
- da se da pregled metoda, koje će se koristiti u eksperimentalnom radu na aerodromu i ispitivanjima buke u realnim uslovima.

Specifični ciljevi obuhvataju:

- definisanje metodologije istraživanja buke na aerodromu Mitiga i odabir mera za smanjenje buke u objektu Vojna bolnica i objektu Osnovne škole Halima Al Saadia;
- ispitivanje buke generisane vazдушnim saobraćajem će dati svoj doprinos razvoju metoda za smanjenje uticaja buke na stanovništvo u okolini aerodroma;
- koliko mere za smanjenje buke, izabrane za implementaciju na aerodromu Mitiga u Libiji, doprinose rešavanju problema uticaja buke na zajednicu u okolini aerodroma;
- krajnji cilj disertacije je da se naučnim metodama, na osnovu sprovedenih istraživanja i dobijenih rezultata, definišu optimalni predlozi za primenu novih mera za smanjenje zagađenja bukom na aerodromu Mitiga i trasiraju budući pravci rešavanja ovih problema.

Hipoteze koje će biti proverene sprovođenjem istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji su:

### ***Opšta hipoteza***

“Uvođenje kombinacije više mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, će rezultovati većem smanjenju buke u objektu Vojne bolnice i Osnovne škole Halima Al Saadia.”

Ova hipoteza će biti potvrđena istraživanjima u Poglavljima 5 i 6, koja obuhvataju merenje i analizu buke u objektu Vojne bolnice i osnovne škole Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja izabranih mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga, i predstavljena Analizom rezultata vezanim za opštu (glavnu) hipotezu u Poglavlju 7.1.

### ***Pomoćne hipoteze:***

***Pomoćna H1:*** “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici i zaposlenih i dece u Osnovnoj školi Halima Al Saadia.”

Ova pomoćna hipoteza će biti potvrđena u Poglavljima 5 i 6, nakon rezultata dobijenih anketom sprovedenom među zaposlenima i bolesnicima u Vojnoj bolnici i zaposlenim i deci u Osnovnoj školi Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga, i predstavljena Analizom rezultata vezanim za prvu pomoćnu hipotezu u Poglavlju 7.2.

***Pomoćna H2:*** “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva zaposlenih na aerodromu.”

Ova hipoteza će biti potvrđena u Poglavljima 5 i 6, nakon analize rezultata dobijenih anketom sprovedenom na zaposlenim na aerodromu Mitiga, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke, i predstavljena Analizom rezultata vezanim za drugu pomoćnu hipotezu u Poglavlju 7.3.

## **2.1 Metodologija istraživanja**

Imajući u vidu kompleksnost problema i predmeta istraživanja, primenjen je interdisciplinarni pristup u analizi raspoloživih materijala i komplementarna analiza dostupnih izvora podataka. U okviru ove doktorske disertacije sakupljena su brojna iskustva istraživača širom sveta, koji su se bavili eksperimentalnim i teorijskim istraživanjima buke generisane vazдушnim saobraćajem.

Složenost konkretnog problema istraživanja, nametnula je potrebu pluralizma postupaka i kombinaciju više metoda, kao preduslov da se na delotvoran način pristupi ostvarenju postavljenih ciljeva ovog istraživanja. Primenom različitih strategija u istraživanju, težilo se obuhvatanju što šireg kruga aspekata i dimenzija predmeta istraživanja, da bi se postignuti rezultati učinili proverljivim, a pojava koja se izučava bila što potpunije i svestranije objašnjena.

U okviru ove doktorske disertacije korišćene su sledeće metode naučno-istraživačkog rada:

*Metodom analize sadržaja*, primenjenog u svim delovima istraživanja, a najviše u poglavlju 1, 2, 3 i 4, na sistematičan i objektivan način se došlo do dubljih i širih saznanja o buci koju generiše vazdušni saobraćaj i njenom uticaju na stanovništvo koje je izloženo delovanju te buke. U tom smislu, analizirana je dostupna naučna i stručna literatura relevantna za predmet istraživanja: monografije, disertacije, enciklopedije, zbornici, udžbenici, teorijski, naučni i stručni časopisi, nacionalni i međunarodni normativno-pravni akti (zakoni, podzakonski akti, uputstva), rezultati do sada sprovedenih empirijskih istraživanja svetske naučne javnosti iz oblasti zagađenja životne sredine bukom generisanom vazdušnim saobraćajem.

*Metoda klasifikacije* – Nakon izlaganja postojećih mera za smanjenje uticaja buke generisane vazdušnim saobraćajem koje se koriste u svetu (Poglavlje 4), izvršena je klasifikacija i odabir mera primenjenih na aerodromu Mitiga, u skladu sa postojećim uslovima i mogućnostima. Ova metoda je primenjena u poglavlju 5.4.

*Analitičko-sintetička metoda* - nakon završenih merenja nivoa buke na objektu Vojne bolnice, osnovne škole Halima Al Saadia i aerodroma, pre i posle uvođenja izabranih mera za redukciju buke, urađena je analiza i sinteza dobijenih rezultata, koja je rezultovala zaključcima i sudovima o doprinosu primenjenih mera za smanjenje uticaja buke generisane vazdušnim saobraćajem. Ova metoda je primenjena u poglavlju 6.

*Komparativna metoda* je korišćena sa ciljem određivanja doprinosa primenjenih mera za smanjenje buke u objektu Vojna bolnica, osnovna škola Halima Al Saadia i na aerodromu. Komparacija merenih vrednosti buke generisane vazdušnim saobraćajem, pre i posle uvođenja neke od mera za smanjenje uticaja buke, je obuhvaćena poglavljem 6.

*Statistička metoda* primenjena za obradu i klasifikaciju kvantitativnih obeležja predmeta istraživanja, odnosno podataka prikupljenih anektama bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici, zaposlenih na aerodromu i učenika i zaposlenih u osnovnoj školi Halima Al Saadia, obuhvaćena je poglavlju 6.

*Naučni eksperiment* u okviru poglavlja 5, obuhvata merenje buke na aerodromu Mitiga, merenje buke u objektu Vojna bolnica i merenje buke u objektu Osnovne škole Halima Al Saadia, pomoću ispitno-merne opreme potrebne za izvođenje eksperimenta, koja obuhvata instrumentaciju za merenje buke, instrumentaciju za merenje parametara leta i putanje leta u fazama sletanja i poletanja (podaci dobijeni od kontrole letenja). Eksperimentalni proces podrazumeva obezbeđenje uslova zahtevane eksperimentalne situacije tj. zahtevanih uslova ispitivanja. Strukturu naučnog eksperimenta čine: proučavanje problematike, definisanje problema istraživanja, odabir metode istraživanja, priprema eksperimenta, realizacija eksperimenta, analiza rezultata eksperimenta, interpretacija rezultata, donošenje zaključaka i smernica za dalji rad na izabranom problemu. Rezultati iz kojih će biti izvedene naučne pretpostavke i zakonitosti, su dati u obliku tabela i dijagrama.

*Metoda interpolacije* u Geografskom informacionom sistemu (GIS) korišćena je u poglavlju 5 za grafički prikaz prostorne distribucije emisije buke u ispitivanom području, a

primenom zonalne statistike proračunata su i odstupanja od dozvoljenih vrednosti po svakom kontrolnom gridu.

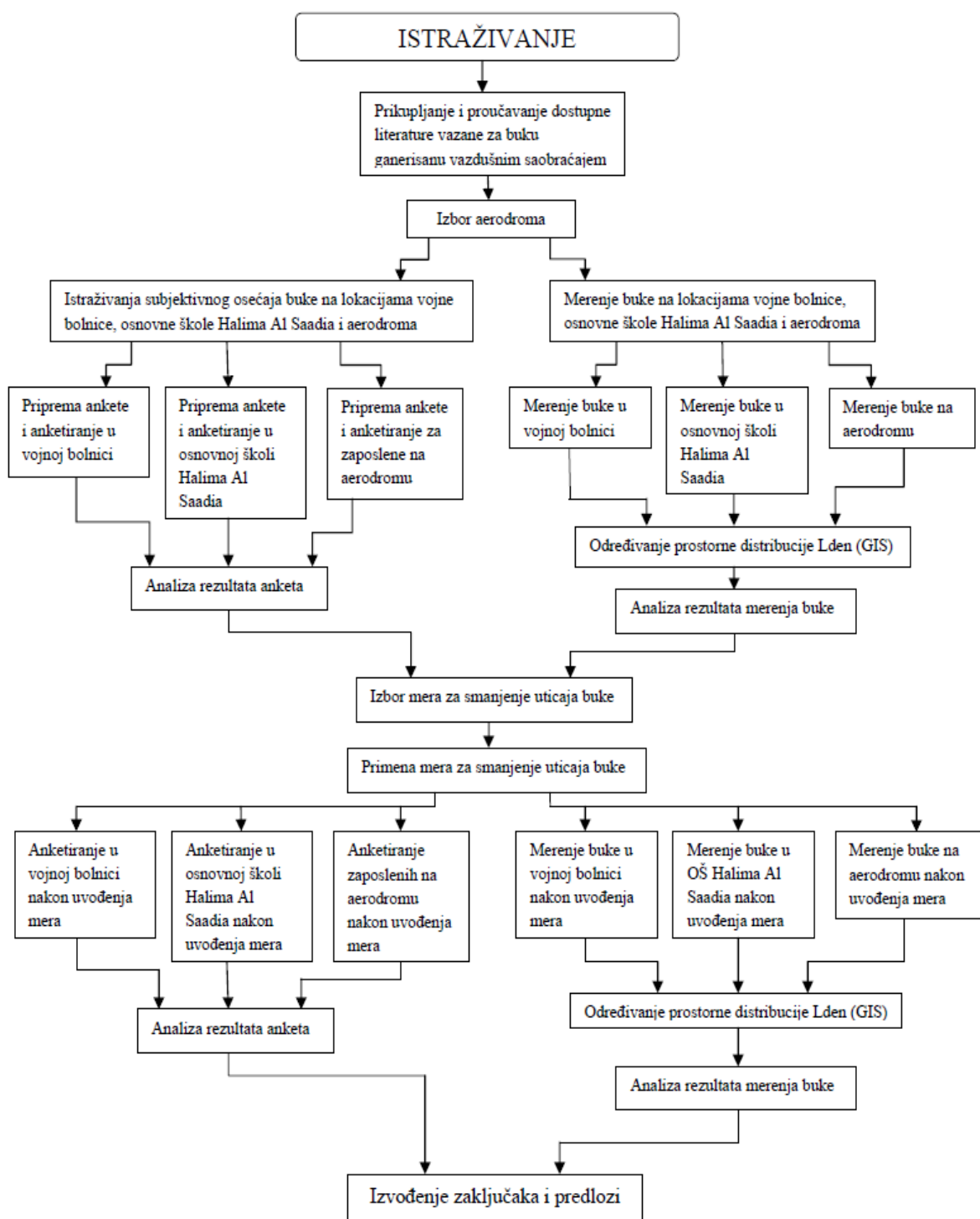
*Metoda veštačkih neuronskih mreža* (ANN) je korišćena u poglavlju 5 za procenu pouzdanosti predviđanja nivoa buke.

## 2.2 Organizacija istraživanja

Svrha utvrđivanja organizacije istraživanja je da se precizno definišu aktivnosti koje su obuhvaćene ovim istraživanjima, ko obavlja pojedine aktivnosti i gde, i koja ovlašćenja i odgovornosti imaju učesnici istraživanja. Organizaciona struktura je odabrana da odgovara veličini i složenosti istraživanja. Kako od pravilnog izbora organizacije zavisi uspeh istraživanja, to je ovom zadatku pristupljeno veoma ozbiljno i savesno. Prvi korak je bio prikupljanje i proučavanje literature iz oblasti istraživanja buke generisane vazдушnim saobraćajem. Dugogodišnji rad i znanje stečeno na osnovnim studijama na Akademiji vazduhoplovnih studija i nauka u Misuratiju u Libiji, rezultirao je idejom da se primenom kombinacije određenih mera u okviru „uravnoteženog pristupa“ može uspešno smanjiti uticaj buke na aerodromu. S obzirom da se u blizini aerodromske piste nalazi kompleks Vojne bolnice i osnovna škola, primenjene su mere za smanjenje uticaja buke, koje pripadaju grupi tehnika upravljanja letom tj. grupi koja obuhvata izmenu procedura u odlasku i dolasku vazduhoplova na aerodrom i mere iz grupe planiranja i upravljanja zemljištem tj. postavljanje zvučnih barijera između PSS i Vojne bolnice i Osnovne škole, sprovedene u skladu sa postojećim uslovima i mogućnostima. Ostvareni rezultati uvedenih mera su verifikovani kroz merenje buke na izabranim lokacijama pre i posle uvođenja mera, kao i putem ankete sprovedene na bolesnicima i osoblju zaposlenom u Vojnoj bolnici, ankete učenika i zaposlenih u Osnovnoj školi, kao i ankete zaposlenih na aerodromu, pre i posle uvođenja mera.

Koncipiran je projekat istraživanja mogućnosti primene određenih mera iz „uravnoteženog pristupa“ za ublažavanje uticaja buke na aerodromu, u skladu sa mogućnostima, u okviru kojih su osmišljene i izvedene planirane aktivnosti: izbor mera koje će biti primenjene, izbor mernih mesta i načina merenja za eksperimentalna istraživanja, kao i izbor i projektovanje ispitno-merne opreme potrebne za izvođenje eksperimenta. Eksperimentalna istraživanja su obavljena u saradnji sa stručnjacima zaposlenim na aerodromu Mitiga: zaposleni u kontroli leta, zaposleni na aerodromu koji rade na održavanju vazduhoplova, kao i stručno osoblje koje se na aerodromu bavi merenjima buke. Zbog složenosti i obima istraživanja u okviru disertacije, formirano je više ekipa, i angažovana je brojna oprema, što je zahtevalo izuzetne napore u smislu koordinacije i sinhronizacije rada. Nakon završenih merenja, izvršena je obrada i analiza dobijenih rezultata, odabir načina njihovog prezentovanja i izdvajanje ključnih rezultata istraživanja prezentovanih u okviru ove doktorske disertacije. Poseban i veoma važan deo je izvođenje zaključaka, koji pobijaju ili dokazuju postavljene hipoteze.

Kao deo ove doktorske disertacije pripremljen je program ispitivanja sa celokupnim obimom aktivnosti, koji je dat na slici 2.1.

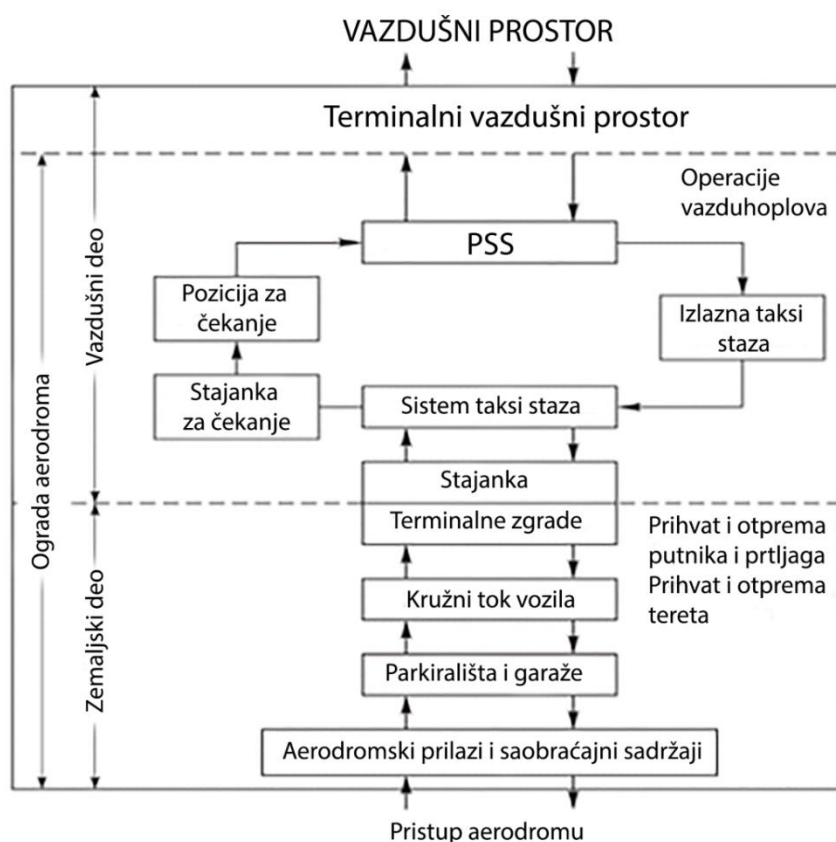


Slika 2.1. Program ispitivanja

### 3. BUKA VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA I NJEN UTICAJ NA LJUDSKO ZDRAVLJE

#### 3.1. Izvori vazduhoplovne buke

Prema izvoru buke svaki aerodrom se može podeliti na dva glavna dela: zemaljski i vazdušni deo. U vazdušnom delu aerodroma nalaze se poletno sletne staze (PSS), staze za taksiranje i stajanka. U zemaljskom delu aerodroma nalaze se putničke (terminalne) zgrade, zgrada za prihvat i otpremu tereta (zgrada robnog saobraćaja), saobraćajnice za prilaz aerodromu i parkirališta i garaže. Na slici 3.1 prikazan je sistem aerodroma, tj. objekti i površine koje se nalaze u pojedinim delovima aerodroma.



Slika 3.1. Šema aerodroma (Izvor: Pavlin S. Aerodromi I, Udžbenik, Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2006. p.8) [2]

Vazduhoplovne operacije koje generišu buku na aerodromu su: poletanje, sletanje, taksiranje ili vožnja vazduhoplova po zemlji i testiranje motora.



Slika 3.2. Izvori vazduhoplovne buke na i oko aerodroma u zavisnosti od operacije vazduhoplova, Izvor [2]

Sledeća podela vazduhoplovne buke je na buku pogonske grupe i buku strukture vazduhoplova.



Slika 3.3. Izvor buke na vazduhoplovu, Izvor: [2]

Buka strukture vazduhoplova se definiše kao nepropulzivna buka aviona u letu. Na konvencionalnim avionima glavni izvori buke strukture su: čisto krilo, stajni trap, repne površine, izlazne ivice zakrilaca i napadne ivice predkrilaca [3] (slika 3.4).

Buka strukture aviona može biti posledica:

- nestacionarnog strujanja iza izlazne ivice krila i repa,
- turbulentnog strujanja kroz i oko otklonjenih (izvučenih) zakrilaca, na izlaznoj ivici krila i napadnoj ivici pretkrilca,
- strujanja oko nogu stajnog trapa, podupirača i drugih elemenata stajnog trapa u izvučenom položaju,
- turbulentnog graničnog sloja na trupu i krilima,
- vibracija oplata,
- strujanja vazduha pored otvora i šupljina, npr. nepokriveni otvori za točkove i sl.

Buka strukture aviona je posebno izražena u prilazu, kada su izvori buke vezani sa pogonom i gasom relativno niski. Buku različitih izvora strukture aviona, koja je veća od buke pogona, karakterišu niske frekvencije, koje su obično manje od 1 kHz, a često i mnogo niže.



Slika 3.4. Izvor buke strukture vazduhoplova

Čisto krilo ili čista letelica se definiše kao konfiguracija koja sve uređaje za hiperpotisak i stajni trap ima u uvučenom položaju. Glavni generator buke čistog krila je izlazna ivica krila. Buka na izlaznoj ivici krila potiče od rasipanja akustičnih talasa koji su nastali prolaskom turbulentnih graničnih slojeva preko izlaznih ivica krila ili zakrilaca. Mnogobrojni eksperimenti i različite teorije o buci izlazne ivice krila, su pokazale da intenzitet buke varira približno sa petim stepenom brzine kretanja vazduhoplova. Eksperimenti i merenja buke strukture aviona u letu su pokazala da su stajni trap, bočne ivice zakrilca i pretkrilca na napadnoj ivici krila dominantni izvori buke za tipičan transportni avion u fazi sletanja. [4, 5, 6]

Nivo buke strukture vazduhoplova se razlikuje u fazama poletanja i sletanja. Nivo buke izazvan **aeroprofilom krila** vazduhoplova prilikom poletanja je znatno manji i zanemariv u odnosu na nivo buke izazvane na prilazu ili sletanju kojoj se pridaje velika važnost.

Zvuk koji se generiše na zakrilcu potiče od izlazne ivice zakrilca i njegovih bočnih ivica. Eksperimenti Guoa et al. [7] pokazuju da je bočna ivica zakrilca glavna oblast koja generiše buku. Snažan vrtlog koji se formira usled nagle promene uzgona, između zakrilca i krila generiše buku na ivici zakrilca [8]. U blizini ivica sa strane zakrilca, strujanje je visoko turbulentno i dolazi do odcepljenja strujnica. Ovo za posledicu ima fluktuacije pritisaka koje značajno povećavaju nivo buke.

Jedan od glavnih izvora buke strukture aviona je i nestacionarno strujanje na prednjoj ivici predkrilaca. Nestacionarno strujanje u oblasti predkrilaca je generalno veoma složeno i ovde su dominantni viskozni efekti. Lockard i Lillei [9] su definisali mehanizam za visokofrekventnu tonsku buku predkrilca, kao rezonanciju između osipanja vrtloga sa izlazne ivice predkrilca i procepa između pretkrilca i napadne ivice krila. Oni se takođe bave nestabilnim strujanjima u procepu pretkrilca, gde se stvara širokopojasna komponenta buke. Primena uređaja hiperpotiska i stajnog trapa, može da poveća ukupan nivo buke strukture aviona za oko 10 dB. Turbulentni granični sloj koji se rasprostire iza izlazne ivice krila ne doprinosi ukupnoj buci generisanoj strukturom aviona, koliko to čine uređaji za hiperpotisak i stajni trap.

**Stajni trap** vazduhoplova se sastoji od velikog broja komponenti, različitih po obliku i veličini, i on predstavlja značajan izvor buke u fazi sletanja. Vazдушna struja koja opstrujava stajni trap u izvučenom položaju u fazi sletanja je nestacionarna i izrazito turbulentna. Intenzitet buke generisane oko stajnog trapa se menja sa petim stepenom brzine kretanja aviona. Veoma je bitan i oblik i dizajn prostora za smeštaj točkova, jer strujanje vazduha u prostoru za njihov

smeštaj generiše tonsku buku širokopojasnog spektra [10]. Smanjenje buke stajnog trapa postiže se dodavanjem kapotaža tj. posebnih aerodinamičkih oplata oko stajnog trapa, čime se smanjuje odcepljenje strujnica i vrtloženje, koji su glavni izvor buke. Upotreba kapotaža na avionu A340 je dovela do smanjenja širokopojasne buke za 5- 6 dB [10].

**Pogonska grupa** vazduhoplova može da sadrži mlazne i elisne motore. Komercijalni vazduhoplovi imaju tendenciju da koriste motore sa visokim bypass-om, sa turbo ventilatorom, koji su pogodni samo za podzvučne letove (letenje sporije od brzine zvuka ili 1.225 km/h). Ovi motori optimizuju potrošnju goriva i smanjuju buku, i pod normalnim okolnostima, koriste procedure uzletanja i sletanja komercijalnih avioprevoznika. Nasuprot njima, vojni borbeni avioni, koji se takođe koriste na aerodromu Mitiga, koriste turbo-mlazne motore sa niskim bypass-om, koji su bučniji od motora komercijalnih aviona. Većina njih ima gorionike za dodatni potisak (forsaž) i mogu leteti brže od brzine zvuka (supersonično ili brže od 1.225 km/h). Smanjenje buke kod ovih aviona se postiže ograničavanjem brzine aviona, izbegavanje upotrebe forsaža kada je to bezbedno, minimiziranje letenja iznad stambenih područja i drugih zgrada osetljivih na buku, poput bolnica i škola, penjanjem na veću visinu što je brže moguće i minimiziranje letenja kasno noću ili rano ujutro.

Elisni pogon, kao i klipni i turboelisni stvara znatno nižu buku u poređenju sa mlaznim pogonom. Mlazni motori usisavaju vazduh kroz uvodnik vazduha, koji zatim ulazi u kompresorsku sekciju, gde dolazi do njegove kompresije i mešanja sa gorivom, nakon čega ulazi u komoru sagorevanja. U procesu sagorevanja dolazi do velikog porasta temperature i stvaranja produkata sagorevanja u vidu gasova visoke temperature, koji se velikom brzinom kreću kroz turbinu a zatim izlaze kroz mlaznik. Ovi izduvni gasovi osim što zagađuju okolinu, pri izlasku iz mlaznika generišu i buku.

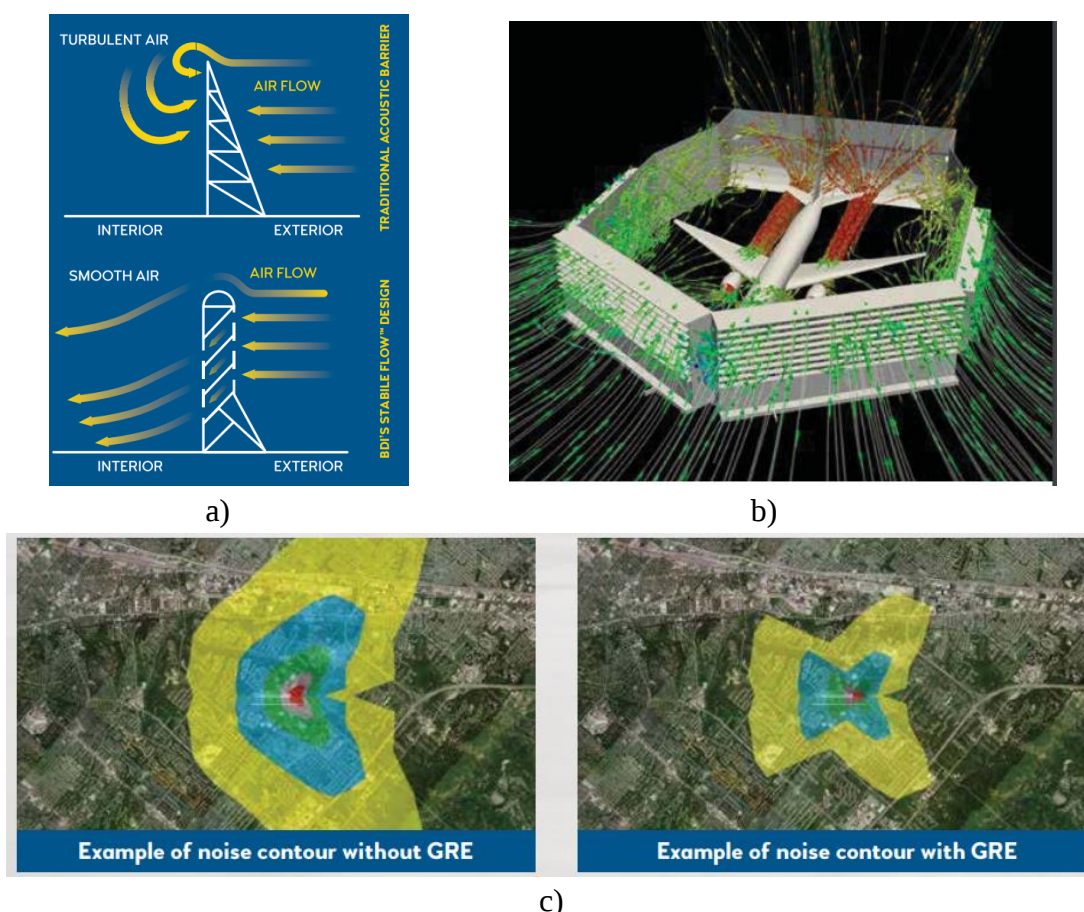
Buka motora se može podeliti u dve grupe: buka procesa sagorevanja i buka vazduha koji prolazi kroz motor. Za slušaoca sa zemlje, rad avionskog motora se registruje kao zujanje, dok lopatice turbine koje rotiraju veoma velikim brojem obrtaja, stvaraju visoki zvižduk. Tokom faze približavanja i sletanja, veći deo površine aviona je okomit u odnosu na tlo, a zakrilca (flapsovi) su u izvučenom položaju sa ciljem da usporavaju avion. Flapsovi generišu otpor, što zahteva jači rad motora i rezultuje povećanjem generisane buke.

Buka koju generiše turbo-mlazni motor obuhvata buku kompresora, buku nastalu kao posledica vibracija kućišta motora i buku koja nastaje od izlaska izduvnih gasova iz mlaznika. Svaka komponenta mlaznog motora, počev od kompresora, komore sagorevanja, mlaznika i ventilatora za uvlačenje vazduha i pokretanje kompresora, doprinose ukupnoj buci koju generiše motor. Uopšteno govoreći, tokom poletanja, izduvni mlaz i ventilator su dominantni izvori buke, a tokom sletanja to su ventilator i struktura aviona.

Negativni uticaji buke generisane strukturom vazduhoplova na posadu, putnike, zaposlene u službi otpreme i prihvata aviona i stanovnike okolnih naselja u neposrednoj blizini aerodroma, primorali su proizvođače vazduhoplova da svoju pažnju usmere na dizajniranje tiših vazduhoplova.

U blizini aerodroma, registruje se i buka koja se stvara na zemlji (na aerodromu), kako iz aviona tako i iz drugih izvora. Svaki vazduhoplov zahteva održavanje i preglede. Na letelici

koja je potpuno spremna za poletanje, neophodna je provera „run-up“<sup>1</sup> motora. Provera se vrši da bi se proverilo da li motor radi ispravno i da li određeni instrumenti ispravno očitaju vrednosti. U nekim slučajevima, motori moraju da rade duži vremenski period tokom ove inspekcije i to pod punom snagom. Fokus ovog postupka je specifičan za vrstu inspekcije, avion je napunjen teretom, ali bez putnika i nije mu cilj da poleti sa aerodroma. Na terenu, aerodrom može uspostaviti restriktivne politike kako bi minimizirao izlaganje buci zajednice od pune snage. Na nekim aerodromima se zahteva da se run-up vrši samo tokom dana u određenim satima, a nikako u toku noći. Neki aerodromi imaju posebne delove za run-up, kako bi imali minimalan uticaj na okolno stanovništvo bez obzira na doba dana. Finansijski jači aerodromi imaju Ground Run-Up Enclosure (GRE), trostranu, četverostranu ili petostranu zgradu bez krova, dovoljne veličine za rukovanje avionom koji se pregleda. Cilj GRE je da aviokompanijama pruže mogućnost da izvrše proveru pune snage bez generisanja velike buke. Zidovi GRE-a su postavljeni pod takvim uglom da usmeravaju talase buke u nebo, a napravljeni su od visoko efikasnog materijala koji apsorbuje buku. Na ovaj način se postiže smanjenje buke run-up za 20 dB ili 75% [11].



Slika 3.5 Zgrada za testiranje motora (GRE) a) princip rada, b) strujanje kroz deflektore GRE i c) konture buke na aerodromu Toronto bez i sa GRE

Izvor: <https://www.blastdeflectors.com/wp-content/uploads/BDI-Ground-Run-up-Enclosure-Brochure.pdf> (pristupljeno april 2021.)

<sup>1</sup> Run-Up: Rutinska procedura za testiranje motora aviona pri velikoj snazi. Provere motora obavlja osoblje avio-kompanije za održavanje, koje proverava motor aviona ili drugi sistem u avionu nakon održavanja.

Još jedna vrsta buke motora, koja se može čuti na aerodromu, je buka generisana radom pomoćne pogonske jedinice APU. APU je relativno mali samostalni motor sa turbo motorom, koji se koristi u avionima za pokretanje glavnih motora, obično je sa komprimovanim vazduhom i služi za obezbeđenje električne energije i klimatizacije dok se avion nalazi na zemlji. U većini slučajeva, APU se nalazi u trupu, iza putničke kabine.

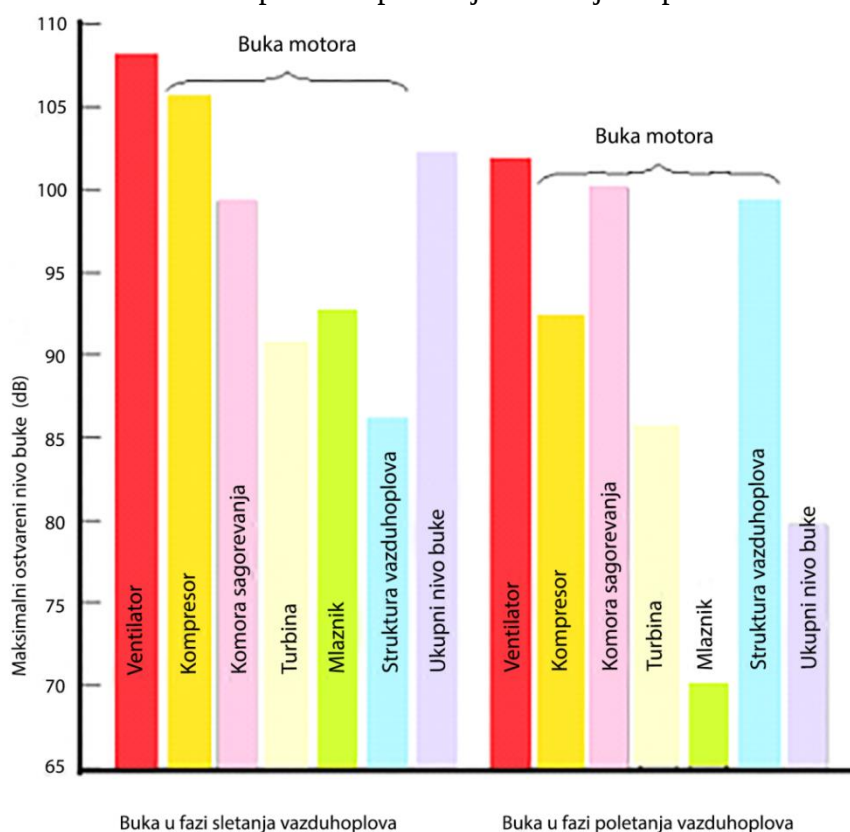
Svaki avion proizvodi različitu buku u fazama poletanja i sletanja. U fazi poletanja najdominantnije su:

- buka generisana mešanjem komprimovanog vazduha,
- buka lopatica,
- buka iz komore sagorevanja.

U fazi sletanja najdominantniji su:

- buka turbine,
- buka lopatica,
- buka strukture vazduhoplova usled povećanja otpora.

Međusobni odnosi izvora buke prilikom poletanja i sletanja su prikazani su na slici 3.6.



Slika 3.6. Odnos izvora buke vazduhoplova prilikom sletanja i poletanja, Izvor: [12]

Moderni avioni su složene mašine sa nizom pokretnih delova koji prave buku i prate procese pre, tokom i posle leta. Buka koja se pri tome stvara se čuje kako unutar putničke kabine, tako i na području aerodroma. Vrste buke koje se javljaju tokom svih faza leta, izložene su logičnim redosledom od početka do kraja leta aviona:

## **1. Buka na kapiji**

Na kapiji se avion može tresti, zviždati i cviliti. Zvukovi podrhtavanja i udaranja često potiču od tereta koji se utovaruje u kargo prostor, koji se nalazi ispod putničke kabine i u zadnjem zadnjem delu trupa, prema repu. U repu kod većine aviona, nalazi se mali mlazni motor odnosno pomoćna pogonska jedinica – APU, koji je već pomenut. APU obezbeđuje električnu energiju i klimatizaciju putničke kabine dok je avion na zemlji. Budući da je APU mlazni motor, on proizvodi karakterističan zvuk mlaznog motora. Pre nego što avion počne da taksira, vazduh APU-a se preusmerava i koristi za okretanje motora tokom njegovog pokretanja. Kada se to dogodi, vazduh koji izlazi iz ventilacionih otvora može trenutno prestati da izlazi u kabinu, ali se nastavlja nakon pokretanja motora.

## **2. Taksiranje do PSS**

Pri taksiranju do PSS, APU obezbeđuje vazduh za klimatizaciju i taj vazduh se može preneti do motora. Kada se to dogodi, dolazi do trenutne promene u intenzitetu vazduha koji izlazi iz ventilacionih otvora u kabini. Ova buka se čuje i u putničkoj kabini. Trenutni rezultat je manje vazduha koji izlazi iz ventilacionih otvora i manje vazdušne buke, praćeno većom količinom vazduha i bukom.

Nekoliko minuta od poletanja, zakrilca i pretkrilca su izvučeni. Ovi uređaji se nalaze na prednjoj i zadnjoj strani krila i pomažu u proizvodnji uzgona potrebnog za poletanje. Različite vrste aviona imaju različite zvukove povezane sa upotrebom ovih uređaja.

## **3. Poletanje**

Postoje četiri ključna izvora buke pri poletanju. Ovo uključuje motore, zakrilca, stajni trap i aerodinamičku buku. Motori stvaraju snažna ubrzanja, neophodna za pokretanje glomazne letelice, koja može da teži preko 450 tona, do postizanja brzine od približno 275 km/h na kratkoj udaljenosti. Buka koja se čuje iz motora rezultat je smicanja vazdušnih masa. Vazduh velike brzine koji izlazi iz motora, razbija se u nepokretni vazduh spolja što generiše buku.

Stajni trap generiše sličnu buku kao i zakrilca, pošto su i jedno i drugo na hidraulični pogon. Ponekad stajni trap ima glasan udarni zvuk koji je povezan sa izvlačenjem ili uvlačenjem stajnog trapa. Međutim, postoji jedna ključna razlika između buke koju proizvode zakrilca i stajni trap. Nakon poletanja, točkovi aviona se zaustavljaju dok se uvlače. Kao rezultat toga, čuje se čudno stenjanje kočnica koje zaustavljaju okretanje točkova pre uvlačenja u prostor za smeštaj stajnog trapa.

## **4. Penjanje**

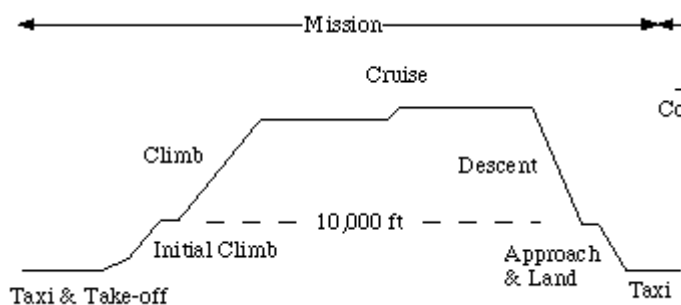
Jedina prava promena kod uspona je prelaz preko 3.000 m (10000ft). Na ovoj visini, avion normalno značajno ubrzava. Ovo povećanje brzine će povećati aerodinamičku buku. Istovremeno, buka motora aviona se povećava kako piloti povećavaju potisak koji je neophodan za penjanje. Ova buka nije značajna za slušaoca na tlu, jedina buka za putnike u kabini je buka zvonca koji signalizira posada (stjuardesa) da je avion prešao granicu od 3000 m i da mogu da ponude osveženje putnicima.

Ovde je prisutna i aerodinamička buka, koja je jednostavno buka koju stvaraju molekule vazduha koje udaraju o trup aviona. Ovo je u suštini buka koja nastaje opstrujavanjem vazduha

oko trupa aviona. Što avion brže leti, to će aerodinamička buka da bude veća. Avion nakon poletanja, ubrzava do maksimalno 463 km/h.

### 5. Nivelisanje i krstarenje

Nivelisanje je kada avion prestane da se penje i zadržava stabilnu visinu. Tokom poletanja, a takođe i sletanja, avion često izvoditi manevre poznate kao „stepeno penjanje“ i „stepeno spuštanje“. Ovaj proces diktira kontrola leta koja drži avione na sigurnoj udaljenosti jedan od drugog u vazduhu i na zemlji i prikazan je na slici 3.7.



Slika 3.7. Faze leta

Tokom nivelisanja, nakon dostizanja visine krstarenja, buka motora je značajno smanjena. Ovo je rezultat smanjenja potiska zbog kombinacije ređeg vazduha, koji pruža manji otpor, i manje snage potrebne za održavanje visine krstarenja.

### 6. Spuštanje

Spuštanje je u velikoj meri obrnuti proces uspona. Smanjuje se buka motora, tako da avion neće ubrzavati dok „klizi“ naniže ka aerodromu. Kada se avion približi visini od 3000 m, mora da uspori da bi ispunio zahtev od 250 čvorova (463 km/h).

Pošto su moderni mlazni avioni napravljeni za minimalni otpor i nisu podložni usporavanju, kao pomoć u usporavanju se koriste uređaji koji se nazivaju „spojleri“. Ovi uređaji su simetrično smešteni na vrhovima oba krila i pomažu da se smanji uzgon i poveća otpor, čime se avion usporava. Najvažniji aspekt koji treba zapamtiti u vezi sa spojlerima je da oni izazvaju zvučnu tutnjavu i vibracije.

### 7. Sletanje

Kao i kod poletanja, avionu su potrebna zakrilca za povećanje uzgona krila na malim brzinama. Krila mlaznih aviona su dizajnirana za letove velikim brzinama. Zakrilca su neophodna da bi se brzina kojom avion sleteće svela na minimum. Bez zakrilaca, brzine sletanja bi bile veće, a samim tim i potrebna dužina PSS. Zakrilca i stajni trap se izvlače oko 2-5 minuta pre sletanja proizvodeći iste zvukove, koji su gore opisani.

#### Uređaj za obrnuti potisak

Kada točkovi dodirnu pistu, pilot će promeniti smer potiska motora (reverse thrust) kako bi omogućio brzo usporavanje aviona na pisti. Tokom ovog procesa, motori zvuče kao da ubrzavaju, a putnici u kabini osećaju guranje prema napred, kao kod naglog kočenja automobila.

## 3.2.        **Uticaj buke na zdravlje stanovništva i na kognitivne sposobnosti dece u školama**

### 3.2.1      **Uticaj buke na zdravlje**

Ranije je smatrano da je problem buke povezan jedino za slušni aparat čoveka. Danas se zna da je buka mnogo kompleksniji problem i da je jedan od značajnih faktora koji utiču na oštećenje zdravlja stanovništva, koje je duži vremenski period izloženo njenom dejstvu. [13]

Buka, čak i kada je nižih nivoa, može da bude ometajući faktor za određenu grupu ljudi, jer je ova procena potpuno subjektivna. U kojoj meri neki zvuk predstavlja buku i da li spada u ometajuće faktore, zavisi od: intenziteta zvuka, tonaliteta, ritma ponavljanja i subjektivne sklonosti čoveka. [13]

U velikim urbanim sredinama postoji niz izvora buke, koji zbog svog negativnog uticaja na zdravlje stanovništva zahteva kontinuirano praćenje i bavljenje ovim problemom. Istraživanjima je pokazano da buka predstavlja nepredvidljivu opasnost za ljudsko zdravlje sa više aspekata nego što je to ranije smatrano. “Fenomen buke je odavno objavljen rat, ali ni jedna značajna bitka nije dobijena.” [13]

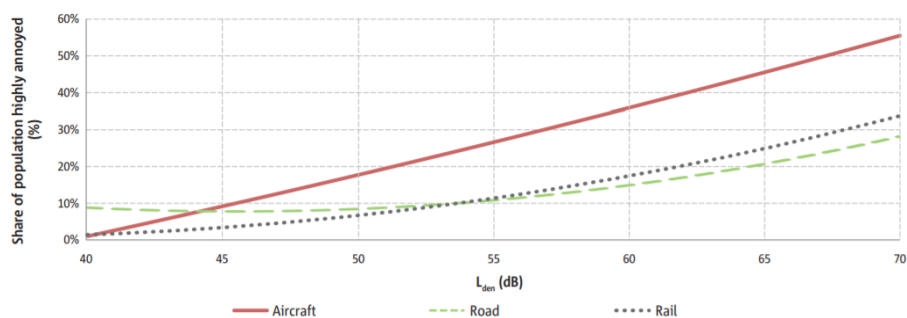
Veliki broj ljudi koji borave i rade u okolini aerodroma u svetu, izloženi su vazduhoplovnoj buci i njenom štetnom delovanju. Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je 2018. godine iznela stav potkrepljen naučnim istraživanjima o maksimalnim nivoima buke na otvorenom koji ne izazivaju nikakve zdravstvene efekte [14]. U Tabeli 3.1 dati su rezultati istraživanja SZO, koji su sprovedeni u Evropi, a daju vezu između vazduhoplovne buke i zdravstvenih efekata.

Tabela 3.1 Nivoi vazduhoplovne buke i njihovi uticaji na ljudsko zdravlje (Izvor: WHO Europe, 2018.)

| Uticaji na zdravlje           | Vrednost Lden | Procena veličine  |
|-------------------------------|---------------|-------------------|
| Uznemiravanje                 | 45 dB         | prilično pouzdana |
| Poremećaj sna                 | 40 dB         | prilično pouzdana |
| Ishemijska bolest srca        | 52 dB         | nije pouzdana     |
| Kognitivna oštećenja kod dece | 55 dB         | prilično pouzdana |

Jedna od najčešćih reakcija ljudi na buku je uznemiranost [15]. Uznemirenost ljudi bukom vazdušnog saobraćaja se procenjuje odnosom „izloženost-odgovor“, iz koga se može odrediti postotak ljudi jako uznemirenih kontinuiranom izloženošću avionskoj buci [16]. Izloženost buci se u Evropi procenjuje pomoću indikatora buke Lden. Na slici 3.8 su dati odnosi izloženosti i reakcije iz smernica SZO za buku koju generišu različiti vidovi transporta.

Na krivim datim na slici 3.8, uočljivo je da se buka avionskog saobraćaja smatra znatno neugodnijom od buke drumskog i železničkog saobraćaja pri istom nivou izloženosti [17]. Mogući uzroci ove pojave su fizički, kao što su frekvencija i tonalitet buke, ili subjektivni kao što je negativan odnos prema avionima. Takođe, bitna je i činjenica da buka aviona dolazi odozgo i znatno je teža za izbegavanje.



Slika 3.8. Procenat ljudi jako uznemirenih bukom koju generišu različiti vidovi transporta (Izvor: WHO Europe, 2018)

Buka značajno utiče na kvalitet života ljudi, a Svetska zdravstvena organizacija (SZO), je uvrstila u grupu zdravstvenih problema. Još 1971. godine, SZO je izjavila da: “Buka mora biti prepoznata kao velika pretnja ljudskom blagostanju”. [18]

Nepovoljne posledice uticaja buke na zdravlje stanovništva se akumuliraju tokom produženog i ponovljenog izlaganja buci. Gubitak sluha kao posledica dugotrajnog izlaganja buci se ne događa trenutno, već se postepeno razvija tokom vremena i na taj način značajno utiče na kvalitet života. Na kvalitet života utiču i remećenje spavanja i nemogućnost uživanja u vremenu predviđenom za odmor. Buka ometa i proces učenja, prekida proces izvođenja određenih zadataka i time utiče na povećanje antisocijalnog ponašanja, slično kao kod hroničnog stresa. [18]

Profesor Thomas Münzel (Univerzitet Medicinskog Centra Johannes Gutenberg, Univerziteta Mainz) buku definiše kao “uznemirujući zvuk sa objektivno (fizički) merljivom dimenzijom izraženom u nivoima zvuka ili decibelima (dB) i subjektivnom (psihološkom) dimenzijom određenom individualnom procenom izvora zvuka od strane slušaoca.” [19] (slika 3.9). Takozvani model reakcije na buku implicira da su, pored direktnih slušnih efekata buke na organizam, kao na primer oštećenja sluha uzrokovanih izlaganjem veoma visokim nivoima zvuka, neauditivni efekti buke glavni uzrok stresa (slika 3.10). Buka izaziva reakcije na stres za koje se zna da izazivaju vaskularnu disfunkciju koju karakteriše povećanje proizvodnje slobodnih radikala dobijenih kiseonikom, kao što je superoksid kao što je NADPH oksidaza i nespregnuta sintaza azot oksida (eNOS) koja dovodi do smanjenja vazodilacionog, antiaterosklerotičnog radikala azot-oksida (NO) sa posledicom iniciranja ili ubrzanja aterosklerotičnog procesa [19].

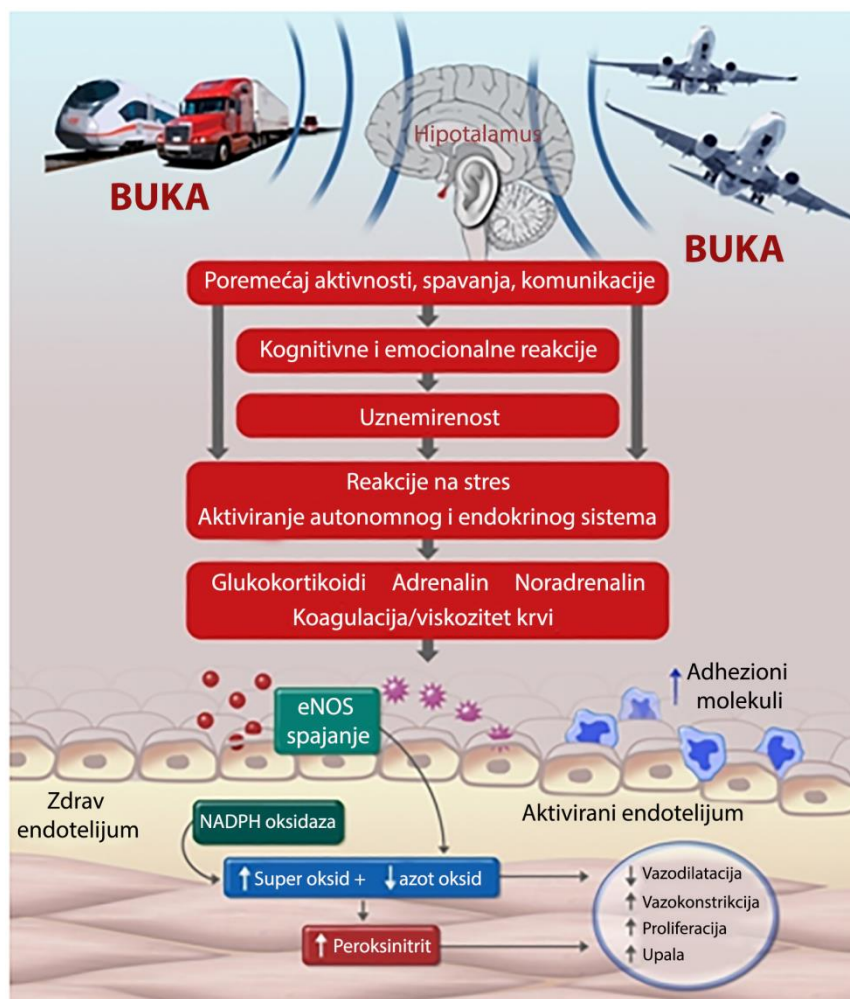
U tom smislu, akutna i hronična izloženost buci iz okoline može izazvati reakcije na stres i uznemirenost, u vidu poremećaja spavanja, komunikacije i svakodnevnih aktivnosti. Ove kognitivne i emocionalne reakcije dovode do aktivacije autonomnog (simpatičkog) i endokrinološkog sistema (npr. povećani nivoi kateholamina i kortizona) i kao posledica toga,

mogu doprineti povećanom riziku od razvoja kardiovaskularnih bolesti putem štetnih promena lipida i glukoze, poremećaja metabolizma i regulacije krvnog pritiska (slika 3.10) [20].



Slika 3.9 Izvori buke u životnoj sredini i odgovarajući nivoi zvučnog pritiska

Smatra se da intenzitet buke do 50 dB prekida san, od 65-74 dB buka izaziva ubrzano disanje i povećanje pritiska, od 75-80 izaziva porast eritrocita, komplikacije sa srcem i poremećenu regulaciju šećera u krvi, dok intenzitet buke veći od 90dB može da izazove oštećenje sluha. Intenzitet buke od 120 dB izaziva akutno oštećenje sluha i bolove u uvetu [21].



Slika 3.10 Mehanizmi koji leže u osnovi vaskularnog oštećenja izazvanog bukom

Buka nije samo fizički stimulans izražen kao nivo zvuka, već i individualno doživljeno opterećenje, koje je praćeno različitim kognitivnim i emocionalnim obrascima reagovanja u slučaju neadekvatnog suočavanja. Utvrđeno je da smetnja izazvana bukom igra važnu ulogu u razvoju kardiovaskularnih bolesti izazvanih bukom. Štetni efekti na zdravlje izazvani bukom prvenstveno zavise od toga u kojoj meri se buka doživljava kao uznemirujuća [22]. Zbog ovoga i jesu bitna istraživanja putem anketa, koja mogu da pruže odgovore na pitanja vezana za subjektivni osećaj buke stanovništva koji živi u okolini aerodroma.

Podaci iz velike Gutenbergove zdravstvene studije, sprovedene na 15.000 učesnika starosti između 35 i 74 godine, u Univerzitetskom medicinskom centru u Majncu, su pokazala da je buka izazvana različitim izvorima tokom dana i noći, uključujući i buku aviona, drumskog saobraćaja i železnice povezana sa povećanim rizikom od atrijalne fibrilacije [23]. Ovaj projekat je pokazano da se rizik od depresije i anksioznosti povećava sa povećanjem uznemirenja bukom, što zauzvrat može negativno uticati na kardiovaskularni sistem. Sa fokusom na kardiovaskularne bolesti, Gutenbergova zdravstvena studija je jedna od najvećih populacijskih i reprezentativnih prospektivnih kohortnih studija u svetu. Studija se sprovodi kao interdisciplinarni projekat dve medicinske klinike i poliklinike u saradnji sa drugim klinikama i institutima Univerzitetske medicine Univerziteta Johannes Gutenberg u Majncu, od 2007. godine. Studija istražuje multifaktorske uticaje koji su potencijalno uključeni u nastanak

kardiovaskularnih bolesti, raka, očnih bolesti, metaboličkih bolesti i bolesti imunog sistema i psihe, sa ciljem da se poboljša predviđanje rizika za pojedince za te bolesti. U tu svrhu studija uzima u obzir klasične faktore rizika, način života, psihosocijalne faktore, uticaje okoline, laboratorijsku dijagnostiku kao i obim subkliničkih bolesti.

Sve veća potražnja za mobilnošću poslednjih godina, dovela je u fokus naučnu procenu uticaja buke na zdravlje stanovništva. Poslednjih godina značajno su se poboljšali količina i kvalitet epidemioloških istraživanja u pogledu standardizacije i procene izloženosti buci, razmatranja većih ispitivanih populacija. Pored toga, uslovi kao što su navikavanje, senzibilizacija, kondicioniranje i umor su adekvatno predstavljeni u kontekstu prirodnih uslova života u epidemiološkim studijama. Najvažnije studije se fokusiraju na koronarnu bolest srca, infarkt miokarda, moždani udar i arterijsku hipertenziju [20].

### ***Uznemirenost***

Uznemirenost je višestruki psihološki koncept koji uključuje i evaluativne i bihevioralne komponente [24], koji se koristi za opisivanje negativnih reakcija na buku. Prema SZO, nerviranje je važan zdravstveni efekat buke i predstavlja najčešće prijavljivani problem uzrokovan izloženosti transportnoj buci, koji se koristi za procenu uticaja buke na zajednice. Akustični faktori kao što su kao izvor buke, nivo ekspozicije i doba dana ekspozicije samo delimično određuju odgovor pojedinca na uznemirenost: mnogi neakustični faktori kao što je obim doživljene smetnje, sposobnost suočavanja, očekivanja, strah povezan sa izvorom buke, osetljivost na buku, bes i uverenja o tome da li odgovorni mogu da smanje buku, utiču na reakcije na uznemirenost. Mnogobrojne studije, koje su se bavile odnosom “ekspozicija-efekat” za različite izvore buke su pokazale da buka vazduhoplova proizvodi veće reakcije uznemiravanja nego buka drumskog saobraćaja na istom nivou ekspozicije. [25]

### ***Poremećaj sna***

Izloženost noćnoj buci ometa sposobnost spavanja, skraćuje trajanje sna i smanjuje kvalitet spavanja [26], tako da može uticati na zdravlje zajednice na dva načina. Prvo, uticajem na biološke odgovore, kao što su povećanje otkucaja srca, buđenje i kvalitet sna, i način kako pojedinac reaguje na stimuluse u životnoj sredini. Drugo, poremećaj sna može uticati na dobrobit, izazivajući uznemirenost, iritaciju, loše raspoloženje, umor i smanjenje kvaliteta obavljanja zadataka. Što se tiče izloženosti buci, otkriveno je da je veća verovatnoća da će kontinuirano izlaganje buci prekinuti REM fazu sna, dok je povremeno veća verovatnoća da će buka ometati sporotalasno spavanje (male frekvencije, a velike amplitude), kada su srčani ritam i ritam disanja sporiji nego u prethodnoj fazi. [27]

Istraživanje dokaza o uticaju izlaganja buci na poremećaj sna, generalno je jače iz laboratorijskih nego iz terenskih istraživanja. Međutim, poređenje između nalaza laboratorijskih i terenskih studija pokazuju da laboratorijske studije imaju tendenciju da uključuju pojedince koji nisu hronično izloženi buci, dok pojedinci koji su hronično izloženi buci mogu ispoljiti navikavanje, pri čemu se poremećaj spavanja smanjuje nakon perioda hronične izloženosti buci. Basner i Samel u svojim laboratorijskim istraživanjima su pokušali da simuliraju efekat izlaganja avionskoj buci aviona na kvalitet sna, tokom 13 noći za 128 ispitanika [28]. Pre izvođenja eksperimenta, ispitanici su proveli noć u laboratoriji bez buke.

Eksperiment je pokazao izraziti poremećaj spavanja u toku prve noći kada su bili izloženi buci, koji je nestao sledeće noći, što je bio pokazatelj navikavanja na izlaganje buci. Ni narednih noći nije bilo značajnijih promena u strukturi spavanja. Međutim, ova studija je ograničena ispitivanjem kratkotrajne izloženosti buci aviona, a iz ovih nalaza se ne mogu izvući zaključci o dugoročnim efektima izloženosti buci aviona na strukturu spavanja [28]. Sve studije o izloženosti zajednici noćnoj buci su dokazale direktan uticaj buke od približno 40 dB na poremećaj sna kod ispitanika.

Meta-analiza 24 terenske studije, koja je uključila skoro 23.000 pojedinaca izloženih noćnim nivoima buke u rasponu od 45-65 dBA, otkrili su da je buka aviona povezana sa većim poremećajima spavanja, od onih koje su nastali od buke drumskog saobraćaja i železnice [29]. Ova analiza je takođe otkrila da se najveći poremećaj javlja kod osoba starosti 50-56 godina.

Nekoliko studija je uključilo decu u studije poremećaja spavanja: jedna studija je koristila evidenciju spavanja i aktigrafiju da upoređi efekat buke saobraćaja na spavanje dece i roditelja, pronalazeći odnos izloženosti i kvaliteta sna i pospanosti tokom dana za decu, i povezanost efekta izloženosti između drumske saobraćajne buke i kvalitet sna, buđenja i uočene smetnje od buke za roditelje [30]. U zaključku, sveukupno, postoji dovoljno dokaza da noćna buka može da poremeti san i potencijalno utiče na dobrobit dece.

### ***Stabilna koronarna bolest srca***

Sprovedene su tri meta-analize, koje su pokazale da saobraćajna buka dovodi do značajnog porasta koronarnih bolesti srca [31, 32, 33]. Meta-analiza iz 2015. koju su uradili Vienneau et al., uključila je studije o odnosu između buke aviona i drumskog saobraćaja i rizika od incidenata od koronarne bolesti srca [31]. Analizama je određen zbirni relativni rizik (RR) od 1.06, počevši od 50 dB(A) i za 10 dB(A) povećanja  $L_{den}$  (7 do 19h), veće (19 do 23h), noć (23 do 7h ujutru) tokom perioda od 24 sata, sa +5 dB(A) za večernje sate i 10 dB(A) za noćne sate. Ovaj efekat je postojao i nakon uzimanja u obzir zagađenosti vazduha, uglavnom azot oksidima (NOKS) ili azot dioksida ( $NO_2$ ), koji su procenjeni u ovim studijama, ali bez sagledavanja statusa pušenja. Meta-analiza Babiša koja se odnosila na buku drumskog saobraćaja je dala sličan rezultat (RR=1,08) za 52 dB(A) i za 10 dB(A) povećanja  $L_{den}$  za dan i noć u periodu od 24 sata, sa +10 dB(A) za noćne sate. [32]

U meta-analizi iz 2018. godine, koju je sprovedla SZO, pokazano je da je buka generisana saobraćajem povećala rizik od incidenata koronarne bolesti srca za 8%, počevši od  $L_{den}$ =50dB(A) sa porastom od 10 dB(A). [33] Pošto povećanje obima saobraćaja nije samo problem sa aspekta izloženosti buci, već dovodi i do povećanog zagađenja vazduha, neophodno je diferencijacirati ove dve promenljive, kako bi se razlikovali njihovi efekti. Uprkos visokoj korelaciji obe promenljive, došlo se do zaključka da buka i zagađenje vazduha imaju nezavisne i štetne efekte na kardiovaskularni system. [34]

### ***Akutni infarkt miokarda***

Dalja kohortna istraživanja sa sveobuhvatnim prilagođavanjem za zagađenje vazduha, socio-ekonomski status i faktore načina života, otkrila su značajnu vezu između buke drumskog saobraćaja i incidenta infarkta miokarda [35,36]. Rezultati velikog istraživanja sprovedenog u Danskoj, pokazali su da izloženost saobraćajnoj buci (10-godišnji prosek), nakon

prilagođavanja nivoa NO<sub>2</sub>, ima povećan rizik od infarkta miokarda sa koeficijentom opasnosti (HR) od 1,12 za interkvartilni opseg Lden. [35]

Slični rezultati su dobijeni istraživanjima koja su sprovedena u Švedskoj (1,38) za buku u drumskom saobraćaju [36]. Nacionalna švajcarska kohortna studija je istraživala uticaj aviona, drumskog saobraćaja i železničke buke na mortalitet izazvan kardiovaskularnim bolestima [37]. Nakon prilagođavanja za nivo NO<sub>2</sub>, pokazano je da je mortalitet usled infarkta miokarda za drumski saobraćaj 1.038, za železnički saobraćaj 1.018 i za buku generisanu vazдушnim saobraćajem 1.026, počevši od 30 dB(A) za buku železnice i aviona i 35 dB(A) za drumski saobraćaj uz povećanja od 10 dB(A).

Naredna istraživanja sprovedena u Danskoj su pokazala da izloženost saobraćajnoj buci povećava rizik od infarkta miokarda za 12%, počevši od Lden=42 dB(A) sa povećanjem od 10 dB(A), a nakon prilagođavanja nivoa NOKS, uzimanja u obzir pušačkog statusa, obrazovanja i ishrane. [38]

Nemačka studija o učestalosti infarkta miokarda je otkrila efekat saobraćajne buke samo kod muškaraca koji su živeli na svojoj adresi najmanje 10 godina [39]. Uticaj buke aviona na pojavu infarkta miokarda je pokazan za pojedince izložene LAek<sub>24sata</sub>>50 dB, kod starijih osoba [40].

### ***Moždani udar***

Na osnovu velike kohortne studije, sprovedene na 57053 ispitanika, Sørensen et al. su utvrdili da je buka saobraćaja, nezavisno od nivoa NOKS, pušenja, dijete i konzumiranja alkohola, povećala rizik od moždanog udara za 14%, počevši od Lden=55 dB(A) sa povećanjem od 10 dB(A). [41] Naredna velika studija, koja je uključila 3,6 miliona stanovnika oko londonskog aerodroma Hitrou, pokazala je da je buka vazdušnog saobraćaja u periodu tokom dana (od 7 do 23h), kao i tokom noći (od 23 do 7h ujutro) povezana sa povećanom hospitalizacijom nakon moždanog udara. Ova studija, koja je uzela u obzir i starosnu dob, pol i način života, je pokazala veći rizik hospitalizacije tokom dana nego tokom noći [42].

Slični rezultati su dobijeni u istoj studiji kod analize smrtnosti nakon moždanog udara. Ovi rezultati ukazuju da je buka vazdušnog saobraćaja tokom noći povezana sa štetnim efektima na kardiovaskularni sistem. Druga velika studija, koja je obuhvatila 8,6 miliona stanovnika Londona, otkrila je da je saobraćajna buka povezana sa povećanim rizikom od prijema u bolnicu usled moždanog udara [43]. Ova studija je pokazala da je buka generisana drumskim saobraćajem >60 dB(A) tokom dana, značajno povezana sa povećanom smrtnošću od svih uzroka kod odraslih.

### ***Arterijska hipertenzija***

Meta-analiza 24 studije je pokazala da je buka u drumskom saobraćaju povezana sa povećanim rizikom od hipertenzije, počevši od 45 dB(A) sa porastom od 5 dB (A) [44]. U daljim velikim prospektivnim studijama, pokazane su veze između izloženosti ljudi buci aviona i drumskog saobraćaja i povećanog rizika od hipertenzije [40,45]. Ovim istraživanjima je pokazan veći uticaj buke noćnih letova aviona od buke drumskog saobraćaja.

Jedinstveni multi-centar Studija HIENA otkrila je povećan rizik od hipertenzije u vezi sa dugotrajnom izloženošću buci, kako za noćnu buku aviona, tako i za dnevnu prosečnu buku

drumskog saobraćaja, za pojedince koji su pet godina ili više živeli blizu jednog od šest velikih evropskih aerodroma [46]. Analize su uzele u obzir starost, pol, indeks telesne mase, unos alkohola, fizičku aktivnost i obrazovanje, a mera hipertenzije je data na osnovu merenja krvnog pritiska, dopunjena samoprocenama o dijagnozi hipertenzije i upotrebi antihipertenzivnih lekova.

Još jedna nedavna studija je pokazala da postoji uticaj na hipertenziju od izloženosti avionskoj buci u noćnom periodu oko aerodroma Keln-Bon, kod pojedinaca koji upotrebljavaju antihipertenzivne lekove [47]. Slične podatke je dala i studija buke u drumskom saobraćaju sprovedena na ispitanicima između 45 i 55 godina, koji upotrebljavaju antihipertenzivne lekove, uz izloženost buci  $L_{den} > 55$  dBA. [48]

Studija koja sadrži preko 28.000 snimaka krvnog pritiska sa aerodroma Kadena na Okinavi u Japanu, je pokazala povezanost izloženosti buci aviona i sistolnog krvnog pritiska, uzimajući u obzir uzrast, pol i indeks telesne mase. [49]

Studija u zajednici oko aerodroma Arlanda u Švedskoj, pokazala je pojavu hipertenzije kod ljudi izloženih prosečnoj buci aviona od najmanje 55 dBA i maksimalnim nivoima iznad 72 dBA, uzimajući u obzir godine, pol, pušenje i obrazovanje. [50]

Švedska studija, koja je uzela u obzir starost, pol, pušenje, zanimanje i tip kuće, je takođe otkrila povezanost između izloženosti saobraćajnoj buci i hipertenzije [51] pokazujući da je ovaj fenomen bio izraženiji kod žena i ispitanika koji su živeli na adresi više od 10 godina.

### ***Mehanistički uvid u odnos između izloženosti buci i markera kardiovaskularnog rizika***

Postoji samo nekoliko studija koje pružaju mehanistički uvid u odnos između izloženosti buci i markera kardiovaskularnog rizika. Istraživanja su pokazala da je simulirana noćna buka za 30 i 60 letova u toku noći, i za vršni nivo buke od 60 dB(A) i srednji nivo buke od 43 i 46 dB(A) respektivno, kod zdravih osoba i pacijenata sa nekom od koronarnih bolesti srca povezana sa pogoršanjem vaskularne funkcije, povećanim nivoom hormona stresa (adrenalina) i smanjenim kvalitetom sna [52, 53]. Takođe je otkriveno da se oštećenje vaskularne funkcije kod zdravih osoba značajno poboljšava primenom vitamina C. [54] Ovo sugerise da je povećan oksidativni stres izazvan bukom vazdušnog saobraćaja bar delimično odgovoran za oštećenje vaskularne funkcije. Dve studije sprovedene na životinjama, doprinele su otkrivanju relevantnih molekularnih mehanizama pomoću kojih buka izaziva vaskularnu disfunkciju. [55,56]

Ovim istraživanjima su Munzel et al. pokazali da je simulirano izlaganje buci vazdušnog saobraćaja, tokom četiri dana dovelo do značajnog povećanja nivoa hormona stresa, povećanog krvnog pritiska, promena u ekspresiji gena vaskularnog zida i poremećaja vaskularne funkcije, uglavnom zbog povećane formacije slobodnih radikala i oksidativnog stresa [55]. Ove studije su identifikovale dva važna enzima, koji su uključeni u pokretanje vaskularne disfunkcije izazvane bukom aviona: nikotinamid adenin dinukleotid fosfat oksidaza (NADPH oksidaza) i sintaza azot oksida (NOS). Disregulacija ovih enzima izazvana bukom vazdušnog saobraćaja je pojačala formiranje reaktivnih vrsta kiseonika, što je direktno dovelo do smanjenja vaskularne biorasploživosti azot-oksida (NO), važnog radikala sa snažnim vazodilatatorskim i antiaterosklerotskim svojstvima, što je dovelo do oštećenja vaskularne funkcije (vidi sliku 3.8). Studijama je pokazano da se pored vaskularne disfunkcije, javlja i

cerebralno oštećenje kada se buka vazdušnog saobraćaja pojavljuje tokom perioda spavanja, ali ne i tokom faze buđenja. [56]

Svi ovi nalazi potvrđuju rezultate istraživanja sna, koji su pokazali da je kratak i fragmentiran san povezan sa povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti [56]. Meta-analiza SZO je pokazala da saobraćajna buka značajno povećava rizik od poremećaja sna, što može biti relevantan faktor u razvoju kardiovaskularnih bolesti [57].

Rezultati SAPALDIA studije - Švajcarska kohortna studija o zagađenju vazduha i bolestima pluća i srca kod odraslih, takođe su pokazali da je količina saobraćajne buke, posebno noću, povezana sa povećanom nefleksibilnošću arterija, važnim markerom vaskularne disfunkcije. [58]

### ***Rezime i zaključci***

Epidemiološke studije su jasno pokazale da je izloženost saobraćajnoj buci značajan faktor rizika za razvoj kardiovaskularnih bolesti. Aktuelne eksperimentalne studije naglašavaju da posebno noćna buka može da izazove vaskularnu disfunkciju izazvanu povećanim stvaranjem slobodnih radikala, inflamatornim procesima i oksidativnim stresom, kako na vaskularnom, tako i na cerebralnom nivou, što zauzvrat izaziva povećan krvni pritisak i aterosklerozu.

Dosadašnje studije su identifikovale ključne patofiziološke markere, koji u budućnosti mogu da omoguće razvoj strategija za lekove, kako bi se minimizirali štetni efekti buke na organizam. Sadašnji rezultati su takođe pokazali da je saobraćajna buka novi kardiovaskularni faktor rizika.

Uzimajući u obzir nove smernice SZO o buci, sa preporukama za značajno niže nivoe buke tokom dana i noći [21], neophodno je povećati aktivnosti koje će omogućiti adekvatnu zaštitu od štetnih efekata saobraćajne buke na zdravlje, a posebno buke tokom noći.

### ***Ključne poruke***

- Epidemiološke studije pokazuju da saobraćajna buka povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti kao što su infarkt miokarda, koronarna bolest srca, arterijska hipertenzija i moždani udar.
- Akutna i hronična izloženost buci pokreću stresne reakcije koje dovode do aktivacije autonomnog i endokrinog sistema, pokrećući razvoj kardiovaskularnih faktora rizika.
- Patofiziološki, noćna saobraćajna buka posebno izaziva oksidativni stres i inflamatorne procese na cerebralnom nivou, što negativno utiče na vaskularni sistem i dovodi do disfunkcije endotela i povećanja krvnog pritiska.
- Saobraćajna buka mora biti priznata kao važan faktor rizika za kardiovaskularne bolesti, faktor rizika koji ne mogu da modifikuju ni pacijenti ni lekari, već političari koji uvode ograničenja buke koja štite ljude od štetnih kardiovaskularnih efekata buke.
- Shodno tome, veći naglasak mora biti stavljen na implementaciju strategija za smanjenje buke.

### 3.2.2 Buka i psihološko zdravlje

#### *Hormoni stresa*

Studije endokrinih markera izloženosti buci su pokazale oprečne rezultate. Ispitivani su adrenalin, noradrenalin i kortizol, koji oslobađaju nadbubrežne žlezde u stresnim situacijama. Poteškoće u ovim proučavanjima su vezane za analizu ovih hormona iz pljuvačke i urina, kao i činjenice da studije često imaju mali broj uzoraka. Kortizol je posebno teško ispitati, jer ima dnevne varijacije i obično je visok ujutru a nizak uveče što otežava merenje.

Dokazi o efektima izloženosti saobraćajnoj buci na endokrine markere kod odraslih su takođe slabi i neuverljivi [60]. Jedna studija na uzorku od samo 28 pojedinaca, otkrila je efekat izloženosti nivoima iznad 65 dBA putem povišenog kortizola, ali ne i nivoa adrenalina [61]. Jedna veća studija je otkrila uticaj buke drumskog saobraćaja na noradrenalin, ali ne i adrenalin [62]. Nalazi studija uticaja buke na endokrine markere kod dece su bili veoma slični, uprkos većem broju uzoraka.

Dve najveće studije do sada, pregledajući decu koja žive u blizini aerodroma Hitrou u zapadnom Londonu, nisu dokazale povezanost između izloženosti buci aviona većoj od 66 dBA i kortizola u jutarnjoj pljuvački [63]. Zaključak je da su neophodne dalje studije o efektima buke na endokrine reakcije. Prethodne studije na odraslim uzorcima su bile nepouzdanе zbog malog broja uzoraka, što može odražavati nespremnost pojedinaca da daju biološke uzorke.

Imajući u vidu efekat hronične izloženosti buci, dokazano je da hronična izloženost buci može imati ozbiljan uticaj na psihičko zdravlje, jer buka može izazvati uznemiravanje, a produženo uznemiravanje može da dovede do lošeg psihičkog zdravlja [64]. Efekat buke na psihičko zdravlje je komplikovan, jer je studijama utvrđeno da je lošije psihološko zdravlje takođe povezano sa većim odgovorima na nerviranje i većom osetljivošću na buku.

Studije sprovedene na skoro 6000 stanovnika oko dve vojne vazduhoplovne baze u Japanu i utvrđeno je da su ljudi izloženi nivoima buke od  $L_{dn} \geq 70$  dB, imali veće stope mentalne nestabilnosti i depresivnost [65]. Pored toga, oni koji su bili duže izloženi uznemiravanju bukom vazdušnog saobraćaja, pokazali su veći rizik od mentalnih i somatskih simptoma.

Studija dece koja pohađaju školu, koja se nalazi u blizini aerodroma Hitrou u Londonu, takođe je pokazala da deca izložena buci imaju veći nivo psihičkog stresa kao i veću hiperaktivnost [66]. Studija RANCH, koja je do danas jedna od najvećih studija o izloženosti buci drumskog saobraćaja i buci aviona na psihičko zdravlje dece, nije uspela da dokaže efekat buke aviona ili drumskog saobraćaja na psihički stres u uzorcima iz Holandije, Španija ili Velike Britanije [67], ali je efekat buke aviona na hiperaktivnost dokazan.

Možemo zaključiti da su dosadašnja istraživanja pokazala da kod odraslih i za dece, izloženost buci verovatno nije povezana sa ozbiljnom psihičkom bolešću, ali može biti posledica po blagostanje i kvalitet života. Ovde postoji potreba za daljim istraživanjem, posebno da bi se utvrdilo da li su hiperaktivna deca podložnija stimulisanju stresorima, kao što je to buka vazdušnog saobraćaja.

### 3.2.3 Uticaj buke na kognitivne sposobnosti

Kognitivne sposobnosti su sposobnosti bazirane na moždanim aktivnostima, a odnose se na način kako rešavamo problem, kako pamtimo i učimo, i na koji način obraćamo pažnju na određene događaje. Razvijanje kognitivnih sposobnosti kod dece počinje u najranijem dobu, a obuhvata razvijanje pažnje, progresivno nadograđivanje sposobnosti učenja, razmišljanja i pamćenja. Ove sposobnosti omogućavaju da deca obrade informacije i da nauče da vrše procenu i analizu, da pamte, da razumeju i porede posledice i uzroke. Neke kognitivne sposobnosti zavise od genetske šeme, ali većina ovih sposobnosti može da se poboljša vežbanjem.

Veoma često se zanemaruje uticaj buke na ljudske kognitivne sposobnosti i moždanu aktivnost [68]. Buka ima različite negativne efekte u rasponu od ometanja kognitivnih procesa do oštećenja mentalnog i fizičkog zdravlja [69]. Neauditivni efekti izlaganja buci uključuju uočene poremećaje, uznemirenost, kognitivna oštećenja, kardiovaskularne poremećaje i poremećaj sna [70]. Izloženost buci je problem u mnogim radnim, ali i neprofesionalnim sredinama. Svetska zdravstvena organizacija (SZO) procenjuje da se najmanje milion zdravih godina života godišnje gubi kao posledica buke u životnoj sredini u zapadnoevropskim državama sa visokim standardom (sa populacijom od oko 340 miliona) [71]. Buka je jedan od aspekata radnog okruženja, koji utiče i na bezbednost na radnom mestu. Radnici u vitalnim profesionalnim ulogama moraju da imaju visok nivo kognitivnih veština i moraju da održe efikasan učinak dok su izloženi višim nivoima buke od dozvoljenih graničnih vrednosti. Studije pokazuju da buka izaziva kognitivna oštećenja i oksidativni stres u mozgu [72]. Prema Vangu i saradnicima, sa daljom urbanizacijom i industrijalizacijom, zagađenje bukom ima visok faktor rizika za pojavu depresije, kognitivnih oštećenja i neurodegenerativnih poremećaja [72]. Uočeno je da izlaganje buci utiče na centralni nervni sistem što dovodi do emocionalnog stresa, anksioznosti, kognitivnih i memorijskih defekata [73].

Aktivan proces kognitivne selekcije se naziva „pažnja“. Pažnja igra značajnu ulogu u svakodnevnom aktivnostima poput fizičkih pokreta, emocionalnih odgovora i perceptivne i kognitivne funkcije. Kada je obrada informacija ograničena, sistem pažnje usmerava ljudsko ponašanje na osnovu geografskih i vremenskih karakteristika. Buka može uticati na performanse ili ometanjem obrade informacija ili izazivanjem promena u strateškim odgovorima. Posebno, buka povećava nivo opšte budnosti ili aktivacije i pažnje. Buka takođe može da smanji tačnost i performanse radne memorije, ali izgleda da ne utiče na brzinu performansi. Obim kognitivnih i mentalnih funkcija je raznovrsan, obuhvatajući vreme reakcije, pažnju, pamćenje, inteligenciju i koncentraciju. Izmenjena kognitivna funkcija dovodi do ljudske greške i posledično povećava nesreće. Ovo na kraju može dovesti do smanjenja performansi i produktivnosti. Istraživanja su pokazala da buka poboljšava performanse, posebno kod radnika lišenih sna, uglavnom zbog povećanog nivoa uzbuđenosti. Određene osobe mogu da budu osetljive na buku čak i kada je ona niža od propisanih graničnih vrednosti. Osetljivost na buku koja se naziva „ekološka netolerancija“ utiče na pažnju i prepoznavanje. U relevantnoj literaturi postoje oprečni izveštaji o uticaju buke na kognitivne performanse. Pregledna studija koju je sproveo Gavron u vezi sa efektima buke na kognitivne performanse otkrila je da je među 58 studija, 29 pokazalo negativan efekat, 7 je pokazalo pozitivan efekat, a 22 su pokazale da nema uticaja buke na kognitivne performanse [74]. Buka kao senzorni stimulans povećava uzbuđenje za koje se veruje da uzrokuje smanjenje pažnje. Drugim rečima, jaka buka izaziva promene u obavljanju funkcija vezanih za pažnju.

U mnogobrojnim studijama na ovu temu bilo je oprečnih rezultata u vezi sa efektima buke na kognitivne funkcije. Pavlačik i dr. primetili su veću osetljivost na „baznu“ buku niske frekvencije, koja je izazvala smanjenu kognitivnu funkciju u poređenju sa referentnom bukom [75]. Naserpour i saradnici su takođe pokazali da „bazna“ buka na 500 Hz izaziva reakcije duže vreme u poređenju sa „visokom“ bukom na 800 Hz [76]. Studija Allahverdija i Džafarija je pokazala da se složenost moždane aktivnosti povećava na srednjim frekvencijama, pokazujući efekte promene frekvencije na moždanu aktivnost [77].

Još jedan parametar u pogledu buke i performansi je ton buke. U studiji Lee J. dr., je primećeno da su performanse smanjene sa povećanjem jačine tonova buke [78]. Vrsta buke je takođe važna kada se procenjuju efekti buke na kognitivne funkcije. Studije su pokazale da je efekat fluktuirajuće buke na kognitivne funkcije veći od efekta stalne buke [79].

Na metode koje se koriste za evaluaciju kognitivnih funkcija utiču obim i raznovrsnost, jednostavnost ili složenost postavljenih zadataka [80]. Lične karakteristike takođe mogu biti faktor kada su subjekti izloženi buci. Neki od njih mogu doživeti smanjenu kognitivnu funkciju, dok drugi možda ne, a neki čak mogu pokazati povećanu kognitivnu funkciju [80]. Mnogi aspekti moždane funkcije i ponašanja mogu se analizirati samo u smislu neurona koji međusobno komuniciraju. Svi kognitivni procesi u mozgu se odvijaju kroz neuronske aktivnosti, poput sinapsa i šiljaka. Orijentacija i izvršna funkcija, koje su uključene u procesiranje pažnje za omogućavanje obrada informacija, su posebno narušene. Do poremećaja pažnje verovatno dolazi kod subjekata kad god postoji potreba za trajnom pažnjom.

### ***Uticaj buke na kognitivne sposobnosti dece***

Pretpostavlja se da deca mogu biti posebno osetljiva na efekte buke u životnoj sredini jer mogu imati manji kognitivni kapacitet da razumeju i predviđaju stresore iz životne sredine, kao i nedostatak razvijenih repertoara za suočavanje. Izloženost tokom kritičnih perioda učenja u školi, može potencijalno da ugrozi razvoj i da ima efekat na celi život u obrazovnom postignuću. Dok neke studije sugerišu da deca možda i nisu podložnija uticajima buke na kognitivne performanse u poređenju sa odraslim, druge studije su utvrdile da deca izložena buci u školi doživljavaju neka kognitivna oštećenja u poređenju sa decom koja nisu izložena buci. Provera je izvršena na zadacima koji uključuju centralnu obradu i jezik, poput razumevanja pročitano, pamćenja i pažnje [81].

Jedna od najzanimljivijih studija u ovoj oblasti je prirodni longitudinalni kvazi-eksperiment koji su izveli Evans i kolege, koja je obuhvatila ispitivanje uticaja izmeštanja minhenskog aerodroma na zdravlje dece i kogniciju [81]. Stari minhenski aerodrom je 1992. godine zatvoren i preseljen. Pre preseljenja, visoka izloženost buci se vezivala sa deficitima u dugoročnom pamćenju i razumevanju pročitano. Dve godine nakon zatvaranja aerodroma, ovi deficiti su nestali, što ukazuje da efekti buke na kogniciju mogu biti reverzibilni ako prestane izlaganje buci. Najubedljiviji je bio nalaz da su se deficiti u pamćenju i razumevanju pročitano razvili tokom dvogodišnjeg praćenja dece, koja su postala tek izložena buci u blizini novog aerodroma.

Velika studija RANCH, koja je uzela u obzir niz socioekonomskih faktora, poredila je efekat buke drumskog i vazdušnog saobraćaja na kognitivni razvoj dece u Holandiji, Španiji i Velikoj Britaniji. Ova studija je otkrila linearnu vezu između izloženosti i efekta hronične izloženosti buci aviona i narušenog razumevanja pročitano, pamćenja i prepoznavanja [67],

ali nisu primećene nikakve veze između hronične izloženosti saobraćajnoj buci i kognicije, sa izuzetkom epizodnog pamćenja, koji je iznenađujuće pokazao bolje performanse u oblastima velike buke u saobraćaju. Ni buka aviona, niti buka drumskog saobraćaja, nisu uticali na pažnju ili radnu memoriju.

U smislu veličine uticaja buke aviona na razumevanje čitanja kod dece, povećanje izloženosti buci aviona od  $L_{ek}=5\text{dBA}$ , povezano je sa kašnjenjem kvaliteta čitanja od 2 meseca u Velikoj Britaniji i kašnjenje od 1 meseca u Holandiji [67], što je ostalo i nakon prilagođavanja na uznemiravanje od avionske buke. Takođe je uočen i uticaj na kognitivne sposobnosti uključujući epizodno pamćenje, radnu memoriju i pažnju. Iako avionska buka pokazuje samo mali uticaj na razumevanje čitanja, moguće je da deca izložena dugotrajnijoj buci aviona tokom mnogo godina svog detinjstva može izazvati dugotrajne posledice na razumevanje pročitano i njihov dalji kognitivni razvoj, pa su neophodna dalja istraživanja ovog fenomena.

Ometanje dece, neželjenom bukom poput buke vazdušnog saobraćaja, za vreme nastave u školama izaziva različite reakcije kod dece. U takvim uslovima rada neka deca gube pažnju, dok druga ne. Deca koja ne gube pažnju imaju su razvila bolji mehanizam inhibicije odgovora tj. sposobnosti da spreče ili zaustave pad koncentracije uprkos postojećoj ometajućoj situaciji. Zbog toga kod dece, koja pohađaju nastavu u školama koje se nalaze u blizini aerodroma, treba raditi na poboljšanju sposobnosti inhibicije svog odgovora na ometajuće stimulanse, što se postiže vežbanjem [82].

Sve navedeno je razlog zašto su anketama u okviru ove doktorske disertacije obuhvaćena deca i osoblje zaposleno u školi Halima Al Saadia, koja se nalazi u neposrednoj blizini aerodroma Mitiga. Jedan od ciljeva istraživanja je bio da se utvrdi da li postoji veza između buke sa obližnjeg aerodroma i uznemiravanja dece i onemogućavanja da aktivno prate nastavu. Neka od pitanja u anketama sprovedenim u školi se odnose i na nastavno osoblje i njihovu subjektivnu procenu koliko ih buka vazdušnog saobraćaja ometa u adekvatnom izvođenju nastave.

Na osnovu navedenih brojnih istraživanja u svetu o uticaju buke na zdravlje, mogu se izvući sledeći zaključci:

- Buka izaziva mnogobrojne negativne psihološke posledice, od kojih je poremećaj spavanja najznačajniji. Poslednjih godina došlo je do povećanja broja noćnih letova, pa je buka vazdušnog saobraćaja postala uzrok hroničnih poremećaja spavanja, pa time utiče na zdravlje ljudi i kvalitet njihovog života. Kod osoba izloženih noćnoj buci od 35 dB dolazi do promena raspoloženja u vidu povišene pobuđenosti i ubrzanog reagovanja na nadražaj, što je bilo posebno izraženo kod starijih ispitanika. Takođe, uzrokuje i smanjenje poslovne sposobnosti narednog dana, a tokom dugotrajne izloženosti buci izaziva znatno ozbiljnije uticaje na zdravlje i kvalitet života.

- Veliki broj istraživanja u svetu je pokazao da postoji visoka učestanost subjektivnih smetnji psihološke prirode kod stanovništva koje živi i boravi u oblastima u kojima je visok nivo komunalne buke, kao što je to u blizini velikih saobraćajnica, autoputeva i aerodroma. Stanovništvo ovih područja se često žale na izrazit umor, glavobolje i "nervozu stomaka". Buka je jedan od uzroka pojave neuroza, koje su naročito u gradskim sredinama među vodećim psihološkim oboljenjima. [18]

- Istraživanjima je pokazano da prevremeno rođena deca, koja su u inkubatorima bila izložena kontinuiranoj buci, imaju veću učestanost razvijanja poremećaja u psihološkom razvoju i odrastanju, u vidu poremećaja pažnje i hiperaktivnosti. [18]

- Prema istraživanjima Wachsa i Gruena, kod dece izložene buci može da dođe do poremećaja u kognitivnom razvoju i posledica u razvoju govora. Prema istraživanjima Evansa, Bullingera i Hyggea, kontinuirana izloženost buci koju generiše vazdušni saobraćaj, kod dece u uzrastu od 9 do 11 godina, izaziva povišen krvni pritisak u stanju mirovanja i povišen noćni nivo norepinefrina i epinefrina. [18]

- Istraživanja Bronzaft i sar., iz 1998. godine sprovedena na grupi stanovnika koja je živela u blizini velikog aerodroma i na grupi koja je živela u normalnom okruženju, pokazala su značajne razlike, pre svega u poremećaju spavanja, kao i u poremećaju svakodnevnog funkcionisanja poput međusobne konverzacije, razgovora telefonom ili slušanja radija i televizije. [18]

- Dugotrajna izloženost buci, posmatrano sa psihološkog aspekta, utiče na komunikaciju među ljudima i ostavlja dugotrajne posledice u vidu povišenog praga reagovanja i smanjene tolerancije na frustracije, povećane anksioznosti, agresivnosti i nedostatka empatije. [18]

#### **4. MERE ZA SMANJENJE BUKE KOJE SE PRIMENJUJU NA AERODROMIMA U SVETU**

U ovom poglavlju obrađene su mere za smanjenje uticaja buke i postojeća istraživanja i iskustva u svetu u oblasti smanjenja uticaja buke generisane vazдушnim saobraćajem.

Akcije vezane za buku označavaju svaku meru koja utiče na buku oko aerodroma, za koju se primenjuju principi uravnoteženog pristupa, uključujući druge neoperativne radnje koje mogu uticati na broj ljudi izloženih buci aviona. Uravnoteženi pristup znači proces koji je razvila Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva, prema kojem se primenjuje niz dostupnih mera za smanjenje buke vazduhoplova na izvoru, za planiranje i upravljanje zemljištem, operativne procedure za smanjenje buke i operativna ograničenja, razmatrana na dosledan način u cilju rešavanja problema buke na najisplativiji način po aerodrome. Mere u okviru balansiranog pristupa, mogu se razlikovati prema tipu vazduhoplova koji saobraćaju na posmatranom aerodromu, performansama buke vazduhoplova, upotrebi aerodroma i objekata za vazдушnu navigaciju, putanji leta i obuhvaćenom vremenskom okviru.

Danas se na aerodromima širom sveta primenjuje 18 različitih mera za smanjenje buke [83, 84]. Mere za smanjenje buke na aerodromima su date u tabeli 4.1, svrstane po grupama mera uravnoteženog pristupa.

Tabela 4.1. Mere za smanjenje buke na aerodromima u svetu

| Grupa mera uravnoteženog pristupa                 | Mera                                                                                                                                                                  | Objašnjenje mere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Smanjenje buke na izvoru                       | Procedure za smanjenje buke (eng. Noise Abatement Procedures)                                                                                                         | - misli se na procedure, odnosno putanje u sletanju i poletanju, kao i na preporučene tehnike pilotiranja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                   | Ograničenje testiranja motora vazduhoplova (eng. Engine Run-Up Restrictions)                                                                                          | - misli se na restrikcije vezane za vršenje testiranja motora (obično su posebni objekti i lokacije na aerodromima namenjeni tome) kao i na korišćenje obrnutog potiska (eng. reverse thrust) prilikom sletanja;                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                   | Operativna ograničenja u korišćenju APU-a (eng. APU Operating Restrictions)                                                                                           | - misli se na zabranu korišćenja APU-a (pomoćna pogonska grupa vazduhoplova) dok je vazduhoplov na zemlji i preporučuje korišćenje fiksnog ili mobilnog GPU-a (zemaljska pogonska grupa)                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. Operativne procedure za smanjenje buke         | Preferentne poletno-sletne staze (eng. Preferential Runways)                                                                                                          | - misli se na poletno-sletne staze predodređene za sletanje i poletanje uglavnom kod aerodroma sa više staza (ukoliko to saobraćajni, meteorološki i uslovi bezbednosti dozvoljavaju);                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                   | Ograničenja „budžeta“ buke (eng. Noise Budget Restrictions)                                                                                                           | - misli se na proces raspodele ukupne energije buke prisutne na aerodromu na avio-kompanije, gde je pojedinačnoj operaciji svakog tipa vazduhoplova dodeljena određena količina buke. Svakoj avio-kompaniji je dodeljen „budžet“ i dozvoljena je distribucija budžeta na sve operacije na bilo koji način, pod uslovom da ukupan iznos nije prekoračen. Ovom merom se stimuliše korišćenje tiših vazduhoplova kako bi se maksimizirao ukupan broj letova; |
| 3. Operativne restrikcije vazdušnog saobraćaja    | Ograničenje vremena rada aerodroma (eng. Airport Curfews)                                                                                                             | - misli se na intervale u kojima nije dozvoljeno poletanje ili sletanje za neke ili sve tipove vazduhoplova (obično su to intervali tokom noći ili vikenda) i mogu se menjati sezonski (leto, zima);                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                   | Naplata prekoračenja buke (eng. Noise Charges)                                                                                                                        | - misli se na dodatne naknade kompanijama za svaku pojedinačnu operaciju pri kojoj je prekoračena dozvoljena vrednost buke, kao i na dodatne naknade kompanijama koje koriste starije tipove vazduhoplova (bučnije), pri čemu vrednost naknade može da varira s dobom dana (npr. skuplje u vršnom periodu ili noću) i masom vazduhoplova (na pojedinim aerodromima naplata buke je skuplja za vazduhoplove veće mase bez obzira na nivo generisane buke); |
|                                                   | Ograničenje nivoa buke (eng. Noise Level Limits)                                                                                                                      | - misli se na ograničavanje operacija vazduhoplova čiji su sertifikovani ili izmereni nivoi buke iznad graničnih vrednosti propisanih zakonom ili od strane aerodromskih vlasti. Pored toga, ova mera se odnosi i na ograničenje ukupnog nivoa buke u određenim mernim lokacijama u okolini aerodroma tokom dužeg perioda;                                                                                                                                |
|                                                   | Ograničenja za vazduhoplove Poglavlja 2 i 3 (eng. Chapter 3/Chapter 2 Restrictions)                                                                                   | - misli se na zabranu letenja vazduhoplovima koji su sertifikovani u skladu s Poglavljem 2 i 3 ICAO Aneksa 16, Tom 1;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                   | Operativne norme (eng. Operating Quotas)                                                                                                                              | - misli se na ograničenje broja komercijalnih operacija na godišnjem ili sezonskom nivou (leto, zima) kao i na ograničenja broja poletanja i sletanja u vršnim časovima tokom dana;                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. Planiranje i upravljanje korišćenjem zemljišta | Zvučna izolacija (stambenih i javnih zgrada; eng. Sound Isolation)                                                                                                    | - misli se na tehnike koje obezbeđuju dodatnu izolaciju, specijalna vrata, prozore s dvostrukim oknima, za zgrade koje se nalaze u okviru određenih kontura buke na aerodromima;                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                   | Kupovina garancije za vlasnike kuća koje se nalaze u okviru kontura buke aerodroma (eng. Purchase Assurance for Homeowners Located within the Airport Noise Contours) | - misli se na program pomoći koji pruža vlasnicima kuća u oblastima ugroženim bukom garancije da će biti u mogućnosti da prodaju svoju imovinu po pravednoj tržišnoj vrednosti. Pod kupovinom garancije vlasnik aerodroma se obavezuje da će kupiti imovinu u poslednjoj instanci, ako vlasnik kuće ne bude u mogućnosti da je proda na otvorenom tržištu;                                                                                                |
|                                                   | Olakšice u preletu (eng. Aviation /Overflight/ Easements)                                                                                                             | - misli se na sporazum koji daje pravo da vazduhoplovi lete nad imovinom, čak i ako praksa uzrokuje štetu, neprijatnosti ili gubitak vrednosti imovine. Takav sporazum obično sprečava vlasnike imovine od izgradnje objekata preko određene visine;                                                                                                                                                                                                      |
|                                                   | Zakoni o zoniranju (eng. Zoning Laws)                                                                                                                                 | - misli se na razvoj propisa koji destimulišu ili zabranjuju postavljanje/gradnju nekompatibilnih namena u oblastima unutar kontura značajne buke u blizini aerodroma;                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                   | Zakoni o objavljivanju u vezi sa nekretninom/imovinom (eng. Real Estate/Property Disclosure Laws)                                                                     | - misli se na objavljivanje opasnih ili štetnih uslova u vezi sa nekretninom što je regulisano državnim zakonom. Zakon obično zahteva da potencijalnim kupcima budu saopštene sve materijalne činjenice o stanju imovine za prodaju;                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                   | Sticanje zemljišta za kompatibilnost buke (eng. Acquire Land for Noise Compatibility)                                                                                 | - misli se na sticanje imovine od strane aerodroma i preseljenje svih stanovnika koji borave u okviru kontura znatne buke;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                   | Stanovništvo u okviru svakog nivoa konture buke u odnosu na operacije vazduhoplova (eng. Population within Each Noise Contour Level Relative to Aircraft Operations)  | - misli se na određivanje broja ljudi koji žive u oblastima u okviru određenih kontura buke oko aerodroma;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                   | Karte aerodromskih konura buke (eng. Airport Noise Contour Overlay Maps)                                                                                              | - misli se na određivanje kontura buke oko aerodroma čija je svrha da upozore postojeće i buduće vlasnike imovine na moguće uticaje buke od obližnjeg aerodroma. Ove konture takođe sprečavaju ili destimulišu nekompatibilni razvoj imovine u okviru kontura bez odgovarajuće dokumentacije i obaveštenja.                                                                                                                                               |

Prvi korak u primeni uravnoteženog pristupa je definisanje cilja smanjenja buke za posmatrani aerodrom, nakon čega se identifikuju dostupne mere za smanjenje uticaja buke. Neophodno je izvršiti temeljnu procenu isplativosti uvođenja mera, posebno u slučajevima kada uvođenje mera zahteva velika finansijska ulaganja, poput mera iz grupe upravljenja zemljištem. Izbor mera mora da uzme u obzir javni interes u oblasti vazdušnog saobraćaja u pogledu perspektive razvoja posmatranog aerodroma, i ne smeju da ugrožavaju bezbednost. Za svaku akciju koja je planirana na aerodromu, konsultuju se zainteresovane strane na transparentan način, nakon čega se mere usvajaju i sprovode. Zainteresovane strane uključuju lokalno stanovništvo koje živi u blizini aerodroma i koje je pogođeno bukom vazdušnog saobraćaja, predstavnici lokalnih preduzeća čije je sedište u blizini aerodroma, a na čije aktivnosti utiču vazdušni saobraćaj i rad aerodroma, relevantni operateri aerodroma, relevantni pružaoce usluga vazdušne navigacije i menadžer mreže.

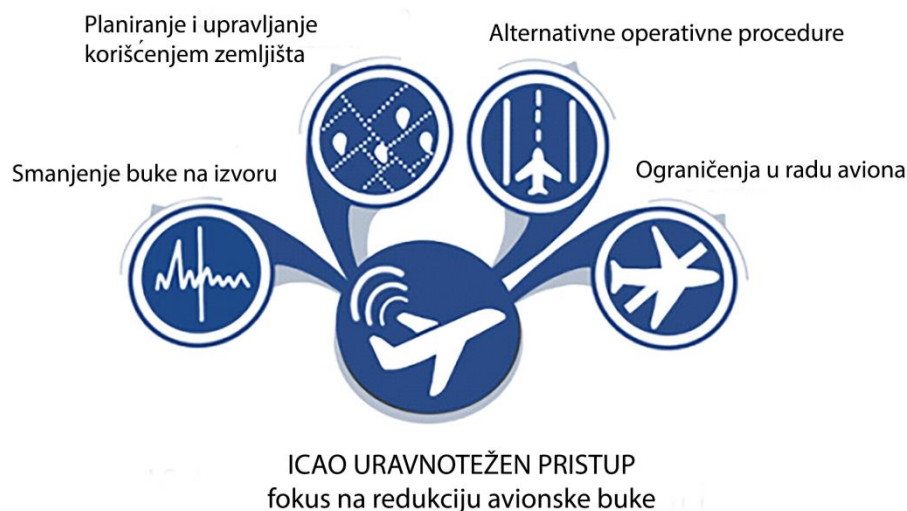
#### **4.1. ICAO globalni pristup**

Regulatorne reakcije na buku aviona na globalnom nivou su pod uticajem Međunarodne organizacije za civilno vazduhoplovstvo UN (ICAO), konkretno, njenog „uravnoteženog pristupa“ upravljanja bukom, usvojenog na 33. skupštini ICAO o buci aviona 2001. godine. Obrazloženje za uravnoteženi pristup buci je izgrađeno na konceptu da se aerodromi suočavaju sa svojim specifičnim okolnostima u pogledu nivoa saobraćaja, količine noćnih letova, blizine aerodroma naseljenim područjima i odnosa stanovnika prema buci. ICAO je usvojio koncept „uravnoteženog pristupa“ kako bi identifikovao probleme sa bukom oko aerodroma i predložio različita rešenja. Poboljšanja tehnologije pomažu u smanjenju buke aviona, ali potrebno je učiniti više kako bi se odgovorilo na rastući saobraćaj. Problemi sa bukom uzrokuju operativna ograničenja na nivou aerodroma i protivljenje izgradnji novih aerodroma ili proširenju postojećih. Iz ovih razloga je neophodan zajednički pristup, kako bi se izbegle nekoordinirane politike koje bi mogle dovesti do negativnih ishoda.

Ideja uravnoteženog pristupa je rešavanje problema buke aviona na pojedinim aerodromima na ekološki i ekonomski najodgovorniji način. Uravnotežen pristup daje listu principa, koji mogu pomoći aerodromima da poboljšaju upravljanje uticajima buke na tlu. Pružajući jednostavan okvir koji se fokusira na ključne aspekte upravljanja bukom, aerodromi bi stoga trebalo da budu fleksibilniji po pitanju prilagođavanja svojih pristupa u skladu sa njihovom situacijom. Takođe, treba naglasiti da države članice već imaju svoje vlastite propise i politike o buci [85].

Uravnotežen pristup u upravljanju bukom na aerodromima, pruža fleksibilan način za identifikaciju i transparentno rešavanje specifičnih problema buke. On omogućava da se izvrši procena i praćenje situacije, definisanje budućih ciljeva i plana akcija za smanjenje uticaja buke [1]. Sastoji se od četiri glavna elementa: Smanjenja buke na izvoru (koje podrazumeva tehnološki program, istraživačke studije i sl.), politike planiranja i upravljanja upotrebe zemljišta (koje podrazumeva sprečavanje nekompatibilnog razvoja u područjima osetljivim na buku, planiranje, ublažavanje upotrebom građevinskih propisa i izolacija i finansijske aspekte

poput poreskih olakšica i taksu, primene operativnih procedura za smanjenje buke bez ugrožavanje bezbednosti i radna ograničenja aviona koja smanjuju operativnu sposobnost aerodroma, kao što su ograničenja leta i kvote za buku (slika 4.1). Poslednja grupa mera se razmatra jedino u slučaju kada prethodne mere nisu dovele do željenih rezultata.



Slika 4.1 Četiri osnovna principa uravnoteženog pristupa

Ove četiri grupe mera su obrađene u sledećim dokumentima:

- **Smanjenje buke na izvoru** – vrši se putem podsticanja upotrebe tiših aviona, a podržano je usvajanjem standarda o sertifikaciji aviona za buku. Buka vazduhoplova (buka na izvoru) kontroliše se postavljanjem granica buke za vazduhoplove u delu Standarda i preporučene prakse Aneksa 16 – tom I – Konvencija o međunarodnom civilnom vazduhoplovstvu;
- **Planiranje i upravljanje korišćenjem zemljišta** – koje služi za sprečavanje razvoja stambenih naselja i objekata osetljivih na buku u blizini aerodroma i blizu putanje leta. Obuhvata zoniranje područja oko aerodroma prema nivou buke i unutar ovih granica dozvoljava samo određene aktivnosti. Takođe, pomaže u ublažavanju uticaja buke (tj. kroz zvučnu izolaciju). ICAO Doc 9184, Priručnik za planiranje aerodroma, Deo 2 — Korišćenje zemljišta i kontrola životne sredine, pruža smernice i opisuje usvojene prakse za planiranje korišćenja zemljišta i njegovo upravljanje;
- **Smanjenje buke putem alternativnih operativnih procedura** - koje odvajaju avione od područja osetljivih na buku ili smanjuju podešavanja potiska i povezane buke aviona, menjaju operacije aviona (korišćenje određenih pista, uvođenje perioda predaha, uvođenje preferentne rute itd.). Ovo su najefikasnije mere. Preporuke ICAO-a o operativnim procedurama objavljene su u nekoliko dokumenata, na primer, Doc 8168 PANS-OPS; Doc 9931 Operacije kontinuiranog spuštanja; Doc 9993 Operacije kontinuiranog penjanja; Doc 9888 – Pregled projekata istraživanja i razvoja i implementacije smanjenja buke; Doc 10031 Uputstvo o proceni uticaja na životnu sredinu predloženih operativnih promena upravljanja vazдушnim saobraćajem;
- **Ograničenja u radu aviona** - uključuju postupno ukidanje saobraćaja određenim tipovima aviona, uvođenje zabrane letenja tokom osetljivih vremenskih perioda (tj. noću) ili

ograničavanje ukupnog broja kretanja. Ovaj deo je detaljno opisan u Poglavlju 7 uputstava o uravnoteženom pristupu.

Prateći dokument sa uputstvima, „Vodič o balansiranim pristupu upravljanju bukom vazduhoplova, ICAO Doc 9829“, napravljen je da pomogne aerodromima u sprovođenju intervencija u okviru ovih ključnih elemenata. Fokus ovog dokumenta je da operativna ograničenja treba da se primenjuju samo kao poslednje sredstvo, nakon što se drugi elementi razmotre i primene tamo gde je to potrebno. Ovo potvrđuje kritičnu ulogu vazduhoplovstva u globalnom društveno-ekonomskom sistemu i da se smanjenje buke može postići uz niže ekonomske troškove kada se istaknutiji fokus stavi na druge elemente uravnoteženog pristupa.

### ***Evropska regulativa***

ICAO balansirani pristup je transponovan u evropski zakon kroz Direktivu EU 2002/30/EC, kasnije zamenjenu Uredbom (EU) br. 598/2014. U EU, zakonodavstvo je postavljeno centralno, međutim, njegova implementacija u lokalni zakon se dešava na nivou država članica. Ovo osigurava da tačna implementacija četiri elementa balansiranih pristupa zavisi od država, koje takođe mogu odlučiti da svoja ovlašćenja prenesu na nadležni organ. Ispod ovog nivoa, aerodromi su generalno ovlašćeni da sprovedu svoje specifične intervencije dizajnirane da smanje uticaj buke, iako to obično podržavaju spoljni akteri, posebno nacionalni provajderi vazdušnog prostora. Ovo ima za cilj da osigura da se problemima buke aviona na određenim aerodromima može upravljati na ekološki i ekonomski odgovoran način – isplativo postižući maksimalnu korist za životnu sredinu.

### ***Komunikacija i angažovanje zajednice***

Kao i četiri elementa balansiranih pristupa, uputstva za upravljanje bukom na aerodromima često se fokusiraju na centralnu ulogu komunikacije i angažovanja između zainteresovanih strana. Zaista, ICAO rangira komunikaciju i angažovanje kao deo „odgovarajućeg planiranja i upravljanja korišćenjem zemljišta“ i „ključne veze između upravljanja životnom sredinom i ublažavanja ekoloških ograničenja za operacije i razvoj vazduhoplovstva“. Dva ICAO dopisa, poslata svim državama, koja je preduzeo CAEP, istakla su naučene lekcije i dobre prakse u angažovanju zajednice. Oni pomažu i podstiču države članice i vazduhoplovnu industriju (aerodromi, avio-kompanije, pružaoce usluga vazdušne navigacije, itd.) da se zajedno sa lokalnim zajednicama bave se pitanjima životne sredine i angažuju u ranim fazama projekata razvoja aerodroma. Iako nije definisan kao pravi stub balansiranih pristupa, angažovanje zajednice i komunikacija su veoma važni i mogu se smatrati povezanom i centralnom komponentom svih ostalih elemenata balansiranih pristupa.

#### **4.1.1 Planiranje korišćenja zemljišta**

Postoje mnogi zahtevi za korišćenje zemljišta – prirodni, poljoprivredni, autoputevi i železnice, rekreacija, komunalne usluge, komercijalne, industrijske, stambene i institucionalne. Izazov za odgovorne vlasti da obezbede ravnotežu korišćenja koja optimizuje društvene, ekološke i ekonomske koristi.

Planiranje korišćenja zemljišta, ili kontrole upravljanja korišćenjem zemljišta za aerodrom, treba da postigne optimalno korišćenje zemljišta korišćenjem zoniranja povezanog sa izloženošću buci. Ovo može biti efikasan metod za ograničavanje populacije koja se nalazi u blizini aerodroma i na koju potencijalno utiče buka aviona. Nažalost, međutim, postojalo je veoma ograničeno sistematsko ocenjivanje upotrebe alata za planiranje korišćenja zemljišta, kako bi se smanjio uticaj buke tokom poslednje decenije od pokretanja ambicioznog programa rada ICAO/CAEP<sup>2</sup> o planiranju aerodroma i planiranju korišćenja zemljišta<sup>3</sup>, tokom kojeg su mnogi aerodromi imali problem sa razvojem područja osetljivih na buku, pa su se ograničenja za rast infrastrukture značajno povećala. Ako želimo da razvijemo alate koji mogu pomoći kreatorima politike i zajednicama, ostaje izražena potreba za procenom planiranja korišćenja zemljišta sa ciljem ublažavanja uticaja buke.

Ključni izazov u pokušaju ovakvih procena je prepoznavanje raspona intervencija planiranja koje su dostupne i kako najbolje prilagoditi njihov izbor i implementaciju određenim kontekstima aerodroma. Opseg dostupnih instrumenata je sumiran i naveden u tabeli 4.2. Implikacije iz drugih ANIMA rezultata su da se prilagođavanje najbolje postiže kroz konsultacije sa lokalnim donosiocima odluka, planerima, lokalnim zajednicama i drugim stranama pogođenim uticajem buke. Ovo treba da omogući najefikasnije korišćenje alata za planiranje korišćenja zemljišta, koji su dostupni u dizajnu rešenja za ublažavanje<sup>4</sup>. Tabela 4.1 ilustruje različite instrumente koji se koriste u proceni izazova LUP-a.

Tabela 4.2: Administracija za korišćenje zemljišta / Kontrolni sistemi

| <b>Instrumenti za planiranje</b> | <b>Instrumenti za ublažavanje</b>            | <b>Finansijski instrumenti</b>    |
|----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Sveobuhvatno planiranje          | Građevinski propisi                          | Planiranje kapitalnih poboljšanja |
| Zoniranje buke                   | Programi za izolaciju buke                   | Aerodromske naknade za buku       |
| Regulativa o pododeljku          | Transakciona pomoć                           | Poreske olakšice                  |
| Prenos razvojnih prava           | Otkup zemljišta i preseljenje                | Drugo?                            |
| Pribavljanje služnosti           | Objavljivanje nekretnina<br>Barijere od buke | Pribavljanje služnosti            |

Ove konsultacije i angažovanje zainteresovanih strana treba da istraže upotrebu instrumenata planiranja korišćenja zemljišta pojedinačno i u kombinaciji, kako bi se procenio njihov potencijal za rešavanje izazova kao što su:

- Promene u distribuciji stanovništva oko aerodroma (gustina i lokacija)
- Pružanje efikasne zaštite od noćne buke
- Kako najbolje optimizirati posledice operativnih promena (npr. optimizacija sinergije između operativnih promena i instrumenata korišćenja zemljišta)
- Kako najbolje definisati i pratiti efikasnost planiranja korišćenja zemljišta.

Ključno dostignuće efikasnog planiranja korišćenja zemljišta bilo bi izbegavanje daljeg stambenog razvoja u oblastima koje bi ugrozile prethodno postignuto smanjenje uticaja buke

<sup>2</sup> <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Community-engagement-for-aviation-environmental-management.aspx>

<sup>3</sup> [https://www.icao.int/.../CAEP/CAEP-briefing\\_AdditionalInformation](https://www.icao.int/.../CAEP/CAEP-briefing_AdditionalInformation)

<sup>4</sup> [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp\\_rpt\\_027v2.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_027v2.pdf)

(metoda prevencije) i pretvaranje postojećih nekompatibilnih namena zemljišta u one koje su više u skladu sa preovlađujućom bukom u okruženju<sup>5</sup>.

#### **4.1.2 Operativne procedure**

Operativne procedure imaju potencijal da utiču na buku oko aerodroma, bilo kroz njeno smanjenje, bilo promenom distribucije buke na zemlji. Na taj način ovi postupci imaju potencijal da minimiziraju smetnje buke optimizacijom načina na koji avioni koriste aerodromske objekte (u vazduhu i na zemlji). Operativne procedure omogućavaju da se iskoristi puni potencijal sposobnosti aviona. Mogućnosti su sledeće:

##### **- Procedure letenja**

- Operacije kontinuiranog spuštanja-CDO, koje su se u prošlosti pominjane kao kontinuirano spuštanje dolazak ili prilaz (CDA);
- Procedure za smanjenje buke u odlasku;
- Modifikovani uglovi prilaza, stepenasti ili pomeranje pragova sletanja;
- Prilazni profili male snage/malog otpora;
- Minimiziranje upotrebe povratnog potiska nakon sletanja.

##### **- Upravljanje prostorom**

- Odabir preferiranih ruta dolaska i odlaska, promena smeru sletanja i poletanja;
- Disperzija ili koncentracija traga leta;
- Nove piste poželjne buke.

##### **- Upravljanje zemljištem**

- Izgradnja namenskih građevina za suzbijanje buke od, na primer, izgradnja objekata za ispitivanja motora i upravljanja radom motora (lokacija/orijentacija aviona, doba dana, maksimalni nivo potiska) i izgradnja barijera ka prijemniku;
- Upravljanje pomoćnom pogonskom jedinicom (APU);
- Taksiranje i upravljanje redovima;
- Vuča;
- Kontrola snage motora pri taksiranju (taksiranje sa manjom snagom motora).

Ono što je jasno iz ove liste primera, je da menadžeri aerodroma imaju mnogo opcija koje bi potencijalno mogle da se primene. Međutim, ono što je manje jasno je šta može biti prikladno na posmatranom aerodromu. Na primer, odluka da se koncentrišu ili rašire tragovi leta vezana je za lokalne karakteristike, kao što je distribucija urbanog razvoja u blizini aerodroma, pa čak i kulturna pitanja kao što su lokalni stavovi o tome da li teret buke treba podeliti između mnogih ljudi ili koncentrisati na što manjoj populaciji. Drugi faktori koji mogu uticati na prikladnost date intervencije uključuju: vremenske prilike, topografiju, dužinu piste i prisustvo visokih zgrada. Izolacija takođe može igrati ulogu jer nadležni organi mogu odlučiti

---

<sup>5</sup> [https://aci.aero/Media/542d5151-7cc2-4827-b67c-bdff869e8fc3/frtfPg/Environment/3rd%20ACI%20Airport%20Environment%](https://aci.aero/Media/542d5151-7cc2-4827-b67c-bdff869e8fc3/frtfPg/Environment/3rd%20ACI%20Airport%20Environment%20)

da koncentrišu letove u određenom području, izoluju postojeće kuće i zabrane dalji razvoj u prostoru osjetljivom na buku kao način upravljanja izloženošću buci. Važno je da svaka operativna promena bude dizajnirana tako da smanji buku i da bude u skladu sa bezbednosnim propisima – najvišim prioritetom koji podržava operacije aerodroma.

Takođe je važno napomenuti da, iako procedure za smanjenje buke imaju potencijal da donesu merljive koristi za životnu sredinu, njihova efikasna primena je opterećena nizom izazova. Pored gore pomenute bezbednosti, ovo može uključivati neželjene posledice po životnu sredinu (međuzavisnosti), zahtev za modeliranjem i testiranjem procedura, angažovanje zainteresovanih strana (za razumevanje sposobnosti i interesa aviona i pilota), praćenje i evaluacija, i odobrenje pružalaca usluga vazdušne navigacije. Uravnoteženi pristup i smernice koje je dala vazduhoplovna industrija, smatraju da aerodromi treba da se angažuju sa svojim lokalnim zajednicama kako bi dali obaveštenja o promenama u radu aerodroma, a idealno bi trebalo da prođu kroz period konsultacija, kako bi se utvrdilo koje konkretne intervencije mogu biti prikladne i kako treba ih sprovesti.

Operativne procedure u velikoj meri zavise od lokalnih okolnosti, što izaziva poteškoće u razmeni najbolje prakse na aerodromima kroz sprovođenje specifičnih intervencija za smanjenje buke. Zbog toga se preporučuju izrade studija slučaja za što veći broj aerodroma.

#### **4.1.3 Operativne restrikcije**

Operativna ograničenja predstavljaju radnje povezane sa bukom, koje ograničavaju ili smanjuju kretanje najbučnijeg aviona ka aerodromu, što aerodromu omogućava da zadrži ili smanji konture buke oko aerodroma. Cilj je rešavanje problema buke aviona na pojedinačnim aerodromima na ekonomski, objektivan i ekološki odgovoran način.

Operativna ograničenja mogu da imaju uticaj na avio-kompanije, aerodrome, putnike i lokalnu ekonomiju, što moraju da bude procenjeno pre nego što se ove mere primene na određenom aerodromu. Opseg operativnih ograničenja uključuje:

- Globalna ograničenja. Primenjuju se na sav saobraćaj na aerodromu na osnovu ukupne buke flote. Na primer, „kvote za buku“ kao na aerodromu Hitrou. [86]

- Ograničenja specifična za avione. Primenjuju se na određeni avion ili grupu aviona na osnovu individualnih performansi buke, kao u studiji slučaja u Barseloni - ANIMA D2.5 [87]. Ova vrsta ograničenja obično počinje periodom pravila o nedodavanju pravila, nakon čega sledi period progresivnih ograničenja pre potpune zabrane. Ovi periodi su utvrđeni Direktivom 2002/30/EC za članice EU.

- Delimična ograničenja – mogu se primeniti:

- u određenom vremenskom periodu tokom dana, kao što je noćni period (Frankfurt) ili ograničenja noćnog perioda uspostavljena na mnogim aerodromima (na primer Madrid, Schiphol ili Charles de Gaulle) [87],

- određenim danima u nedelji, obično vikendom,

- za određene piste na aerodromu, kao Barajas u Madridu, zabranjeni su neki specifični SID-ovi<sup>6</sup> za najbučnije letelice [87].

---

<sup>6</sup> SID (Standard Instrument Departure) su procedure i kontrolne tačke koje se koriste za ulaz i izlaz iz sistema vazdušnih ruta aviona, koji rade po IFR planovima leta. SID-ovi su jedinstveni za svaki aerodrom.

Progresivna ograničenja obezbeđuju postepeno smanjenje maksimalnog nivoa saobraćajne energije, pa samim tim i energije buke, koja se koristi za definisanje ograničenja tokom određenog vremenskog perioda. Ovo ograničenje se obično primenjuje pre ograničenja specifičnih za određeni avion zasnovan na performansama buke, kao u studiji slučaja Barselone - ANIMA D2.5. [87] Direktivom EU utvrđen je minimalni period od 5 godina pre potpune zabrane.

Skupština ICAO-a je 2001. godine pozvala države da ne uvode nikakva operativna ograničenja ni na jednom aerodromu pre nego što u potpunosti procene dostupne mere za rešavanje problema buke na dotičnom aerodromu u skladu sa balansnim pristupom. Svako ograničenje treba da se zasniva na performansama buke aviona i treba da bude prilagođeno problemu buke dotičnog aerodroma, a pri tome treba uzeti u obzir posebne okolnosti operatera iz zemalja u razvoju.

ICAO balansni pristup je primenjen u evropskom zakonodavstvu i uspostavio je pravila i procedure vazane sa uvođenjem operativnih ograničenja u vezi sa bukom na aerodromima EU.

Bez obzira na to, mnogi aerodromi su već primenili operativna ograničenja kako bi minimizirali probleme sa bukom, a nekoliko aerodroma Direktivu nije tumačilo na isti način. Procedure su im bile predugačke, a aerodromi su preferirali da povećavaju svoje naknade za najbučnije letelice, umesto da primene proceduru sa sličnim rezultatima. U drugim slučajevima, poput noćnih letova koji se posebno odnose na teretni i ekspresni vazdušni saobraćaj, noćna zabrana letenja je uticala na isporuku vremenski osetljivih proizvoda i rasporede kapaciteta avio-kompanija.

Nakon 12 godina, ažuriranje mera ograničenja rada je bilo neophodno kako bi se vlastima omogućilo da se bave trenutno najbučnijim avionima i da poboljšaju okruženje buke oko aerodroma EU u okviru međunarodnog okvira balansnog pristupa. Tako je Evropski parlament odobrio novu Uredbu (EU) br. 598/2014 Evropskog parlamenta i Saveta od 16. aprila 2014. o uspostavljanju pravila i procedura u vezi sa uvođenjem ograničenja rada u vezi sa bukom na aerodromima Unije u okviru Balansnog pristupa i ukidanje Direktive 2002/30/EC.

Ova uredba se primenjuje samo na aerodrome sa više od 50000 kretanja civilnih aviona godišnje. Procene buke bi trebalo da se obavljaju redovno u skladu sa Direktivom 2002/49/EC, zahtevajući dodatne mere za smanjenje buke ako trenutna kombinacija mera za smanjenje buke ne postigne ciljeve za smanjenje buke (ovi zauzvrat treba da budu prilagođeni svakom aerodromu), uzimajući u obzir očekivani razvoj aerodroma. Radna ograničenja u vezi sa bukom treba uvesti samo kada druge mere uravnoteženog pristupa nisu dovoljne za postizanje specifičnih ciljeva smanjenja buke.

Primenom operativnih ograničenja može se smanjiti izloženost buci područja oko aerodroma. Međutim, postoje i negativni efekti poput ograničenja kapaciteta, neugodnosti i smanjene povezanosti za putnike, povećanje nivoa buke na drugim aerodromima, viši operativni troškovi i potencijalno dodatne emisije gasova.

Procene buke treba da budu zasnovane na objektivnim i merljivim kriterijumima, a nadležni organ odgovoran za usvajanje operativnih ograničenja u vezi sa bukom, treba da bude nezavisan od bilo koje organizacije uključene u rad aerodroma, vazdušnog saobraćaja ili pružanja usluga vazdušne navigacije i interesa stanovnika koji žive u blizini aerodroma. Sav proces ograničenja rada koji je definisan Uredbom, mora biti javan i transparentan.

ANIMA istraživanje je bilo fokusirano na neke primere operativnih ograničenja zasnovanih na Direktivi 2002. i u svojim istraživanjima nije pronašla nijedan slučaj koji primenjuje novu Uredbu.

#### **4.1.4      Komunikacija i angažovanje**

U okviru ICAO-ovog uravnoteženog pristupa [88], postoji zahtev da države članice usvoje fleksibilan način identifikacije specifičnih problema buke i pravnih lekova, koji su ciljani i prilagođeni lokalnoj situaciji kroz transparentan proces. ICAO naglašava da bi proces implementacije balansirano pristupa trebao da se sastoji od procene stanja buke na svakom pojedinačnom aerodromu, definisanja cilja, odredbe za konsultacije, identifikacije dostupnih mera za smanjenje uticaja buke, procene verovatnih troškova i koristi od različitih dostupnih mera, kako bi se identifikovala relativna primena mera, kao i odredbe za rešavanje sporova koje su dostupne zainteresovanim stranama (ICAO, 2008) [88]. ICAO navodi da bi trebalo da postoje konsultacije između ostalih zainteresovanih strana i članova javnosti čiji kvalitet života može biti ugrožen. To ukazuje da takve konsultacije treba da budu saradničke i da omoguće učesnicima da budu u potpunosti informisani o problemima buke i predloženim rešenjima na aerodromu, za koje ICAO sugerise da mogu dovesti do prihvatljivijih ishoda. To ukazuje da principi takvog angažovanja uključuju programe obrazovanja i podizanja svesti javnosti, širenje i razmenu informacija.

Kao što je u studiji ANIMA D 2.4 [89] istaknuto, važno je da angažovanje zainteresovanih strana koje zagovara ICAO prevaziđe obavezno i otokensitičko (koje obezbeđuje minimalnu usklađenost sa zakonima i pritiskom javnosti), objavljivanje informacija do više participativnog, inkluzivnog dijaloga koji koristi iskustvo zajednice i lokalne probleme ako se sveobuhvatnijim pristupom treba postići smanjenje uticaja buke. Zaključak ove studije je da je ovaj sveobuhvatan pristup potreban za direktno rešavanje neakustičnih aspekata za koje se zna da pogoršavaju reakcije na buku aviona.

S obzirom na prirodu neakustičnih faktora koji se mogu promeniti, nije iznenađujuće da su mnogi akteri u vazduhoplovstvu identifikovali komunikaciju i angažovanje kao ključne elemente u upravljanju uticajem buke. Ilustracija ovog pomeranja fokusa na proaktivnu komunikaciju i angažovanje, predstavlja ICAO-ov dopis 351 – Angažovanje zajednice za upravljanje životnom sredinom u vazduhoplovstvu. [90]

Dopis 351 navodi da se „najčešći oblici učešća zajednice sastoje od pružanja informacija pojedincima i grupama zajednice o svim planovima razvoja i vazduhoplovnim operacijama, kao i saopštenja o trenutnim i budućim ekološkim, društvenim i ekonomskim koristima i uticajima. [91] Takođe, zajednica može da pruži povratne informacije vazduhoplovnoj industriji i da svoje stavove iznesu na zajedničkim sastancima, elektronskom ili običnom poštom, telefonom ili na web stranici.” (ICAO, 2017, str.vi)

Međutim, nije lako odrediti stepen do kog aerodromi sprovedu takvu participativnu komunikaciju i uspeh ili neuspeh njihovih nastojanja u konsultacijama. U literaturi se ne obraća pažnja na evaluaciju i učenje iz tehnika angažovanja koje aerodromi primenjuju. Ovaj jaz je pogoršan opštim nedostatkom napora da se prate stavovi i uticaj na uznemiravanje.

U poglavlju 7 Studije D 2.4 [89], postoji detaljnija diskusija o komunikaciji i angažovanju u vazduhoplovstvu i teorijskim i praktičnim aspektima takvih participativnih pristupa. Ovo naglašava važnost korišćenja alata i metrike buke, koja je razumljiva zajednicama ako se želi postići šire razumevanje problema, što zauzvrat može da olakša istinsko učešće zajednica u odlukama koje utiču na njihovo okruženje buke. Takvo smisleno angažovanje bi moglo da stvori priliku da se pozitivno utiče na neakustične faktore i na taj način optimiziraju društvene koristi, koje se mogu izvući iz intervencija uravnoteženog pristupa.

#### **4.2. Relevantne informacije o Uredbi (EU) br. 598/2014**

Uredba (EU) br. 598/2014 Evropskog parlamenta i Saveta od 16. Aprila 2014. godine o uspostavljanju pravila i procedura u vezi sa uvođenjem ograničenja rada u vezi sa bukom na aerodromima Unije u okviru balansirano pristupa je stavila van snage Direktivu 2002. 30/EC Evropskog parlamenta i Saveta Evropske unije. Ova Uredba je propisala sledeće odredbe:

1) Ključni cilj zajedničke transportne politike je održivi razvoj. Ovo zahteva integrisani pristup koji ima za cilj da obezbedi efikasno funkcionisanje transportnih sistema Unije i zaštitu životne sredine.

2) Održivi razvoj vazdušnog saobraćaja zahteva uvođenje mera koje imaju za cilj smanjenje uticaja buke od vazduhoplova na aerodromima Unije. Te mere treba da poboljšaju okruženje buke oko aerodroma Unije kako bi se održao ili povećao kvalitet života građana i podstakla kompatibilnost između vazduhoplovnih aktivnosti i stambenih područja, posebno kada su u pitanju noćni letovi.

3) Rezolucija A33/7 Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva (ICAO) uvodi koncept „uravnoteženog pristupa“ upravljanju bukom (balansirani pristup) i uspostavlja koherentan metod za rešavanje buke aviona. Uravnoteženi pristup treba da ostane temelj regulacije buke za avijaciju kao globalnu industriju. Uravnoteženi pristup prepoznaje vrednost relevantnih zakonskih obaveza, postojećih sporazuma, važećih zakona i utvrđenih politika i ne prejudicira ih. Uključivanje međunarodnih pravila iz balansirano pristupa u ovu Uredbu trebalo bi značajno da smanji rizik od međunarodnih sporova u slučaju da na prevoznike iz trećih zemalja utiču operativna ograničenja vezana za buku.

4) Nakon uklanjanja najbučnijih aviona u skladu sa Direktivom 2002/30/EC Evropskog parlamenta i Saveta<sup>7</sup> i Direktivom 2006/93/EC Evropskog parlamenta i Saveta<sup>8</sup>, u okviru međunarodnog okvira uravnoteženog pristupa dato je objašnjenje načina na koji se koriste mere ograničenja rada, a koje vlastima treba da omogući da se nose sa trenutno najbučnijim avionima u cilju poboljšanja okruženja po pitanju buke oko aerodroma Unije.

---

<sup>7</sup> Directive 2002/30/EC of the European Parliament and of the Council of 26 March 2002 on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports (OJ L 85, 28.3.2002, p. 40).

<sup>8</sup> Directive 2006/93/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the regulation of the operation of aeroplanes covered by Part II, Chapter 3, Volume 1 of Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation, second edition (1988) (OJ L 374, 27.12.2006, p. 1).

5) Izvještaj Komisije od 15. Februara 2008. Pod naslovom „Ograničenja buke u radu na aerodromima EU“ ukazao je na potrebu da se u tekstu Direktive 2002/30/EZ pojasni raspodjela odgovornosti i precizna prava i obaveze zainteresovanih strana, tokom procesa procene buke, kako bi se garantovalo da se u preduzete isplative mere za postizanje ciljeva smanjenja buke za svaki aerodrom.

6) Uvođenje operativnih ograničenja od strane država članica na aerodromima Unije od slučaja do slučaja, uz ograničavanje kapaciteta, može doprineti poboljšanju stanja buke oko aerodroma. Međutim, postoji mogućnost narušavanja konkurencije ili ometanja ukupne efikasnosti vazdušne mreže Unije kroz neefikasno korišćenje postojećih kapaciteta. Pošto se postizanje specifičnog cilja smanjenja buke iz ove Uredbe ne može u dovoljnoj meri postići od strane država članica, bolji rezultati se mogu postići na nivou Unije, zbog usklađenih pravila o procesu uvođenja ograničenja rada kao dela procesa upravljanja bukom. Unija može da usvoji mere u skladu sa principom supsidijarnosti, kako je navedeno u članu 5 Ugovora o Evropskoj uniji. U skladu sa principom proporcionalnosti, kako je navedeno u tom članu, ova uredba ne prelazi ono što je neophodno za postizanje tog cilja. Ovakva usklađena metoda ne nameće ciljeve kvaliteta buke, koji i dalje proizilaze iz Direktive 2002/49/EC Evropskog parlamenta i Saveta od 25. juna. 2002., vezano za procenu i upravljanje bukom u životnoj sredini, drugim relevantnim pravilima ili zakonima Unije u svakoj državi članici, i ne prejudicira konkretan izbor mera.

7) Ova Uredba se odnosi samo na države članice u kojima se nalazi aerodrom sa više od 50000 kretanja civilnih vazduhoplova u kalendarskoj godini i kada se na takvom aerodromu razmatra uvođenje operativnih ograničenja vezanih za buku.

8) Ova Uredba se odnosi na vazduhoplove angažovane u civilnom vazduhoplovstvu. Ne primenjuje se na vojne avione i avione koji obavljaju carinske, policijske i protivpožarne operacije. Štaviše, razne operacije izuzetne prirode, kao što su letovi iz hitnih humanitarnih razloga, potraga i spasavanje u vanrednim situacijama, medicinska pomoć i pomoć u katastrofama, su izuzeti iz ove Uredbe.

9) Iako procene buke treba da se obavljaju redovno u skladu sa Direktivom 2002/49/EC, takve procene treba da dovedu do dodatnih mera za smanjenje buke samo ako trenutna kombinacija mera za smanjenje buke ne postiže ciljeve smanjenja buke, uzimajući u obzir očekivani razvoj aerodroma. Za aerodrome gde je identifikovan problem buke, treba identifikovati dodatne mere za smanjenje buke u skladu sa metodologijom uravnoteženog pristupa. Za obezbeđenje široke primene balansiranog pristupa unutar Unije, preporučuje se njegova upotreba kad god pojedinačna država članica smatra da je adekvatna, čak i van okvira ove Uredbe. Radna ograničenja vezana za buku, treba uvesti samo kada druge mere uravnoteženog pristupa nisu dovoljne za postizanje specifičnih ciljeva smanjenja buke.

10) Dok analiza troškova i koristi pruža indikaciju ukupnih efekata ekonomskog blagostanja poređenjem svih troškova i koristi, procena isplativosti fokusira se na postizanje datog cilja na najefikasniji način, zahtevajući poređenje samo troškova. Ova Uredba ne sprečava države članice da koriste analize troškova i koristi, kada oni smatraju da im je to potrebno.

11) Važnost zdravstvenih aspekata vezanih sa problemima buke, treba biti prepoznata i važno je da se ti aspekti uzmu u obzir na dosledan način na svim aerodromima kada se donosi odluka o ciljevima smanjenja buke, uzimajući u obzir postojanje zajedničkih pravila Unije u

ovoj oblasti. Stoga, zdravstvene aspekte treba proceniti u skladu sa zakonodavstvom Unije koje se donosi na procenu efekata buke.

12) Procene buke treba da su zasnovane na objektivnim i merljivim kriterijumima zajedničkim za sve države članice i treba da budu bazirane na postojećim dostupnim informacijama, kao što su informacije koje proizilaze iz primene Direktive 2002/49/EC. Države članice treba da obezbede pouzdanost takvih informacija, da se informacije pribavljaju na transparentan način i budu dostupne nadležnim organima i zainteresovanim stranama. Nadležni organi treba da uspostave neophodne alate za njihovo praćenje.

13) Nadležni organ odgovoran za donošenje ograničenja u radu vezan za buku treba biti nezavisan od bilo koje organizacije koja je uključena u rad aerodroma, vazdušni saobraćaj ili pružanje usluga vazdušne navigacije, ili koja zastupa njihove interese, kao i od stanovnika koji žive u blizini aerodroma. Ovo ne treba shvatiti kao zahtev državama članicama da modifikuju svoje administrativne strukture ili procedure donošenja odluka.

14) Države članice su i pre donosile odluke o ograničenjima vezanim za buku u skladu sa nacionalnim zakonodavstvom zasnovanim na nacionalno priznatim metodama buke, koje do sada možda nisu u potpunosti bile u skladu sa metodom opisanom na autoritativnoj Evropskoj konferenciji civilnog vazduhoplovstva – Izveštaj Doc 29 pod nazivom "Standardni metod izračunavanja kontura buke oko civilnih aerodroma" (ECAC Doc 29), niti su koristile međunarodno priznate informacije o performansama buke aviona. Međutim, efikasnost i efektivnost ograničenja rada vezanih za buku treba proceniti u skladu sa metodama balansiranog pristupa i metodama propisanim u ECAC Doc 29. U skladu sa tim, države članice treba da prilagode svoje procene operativnih ograničenja u nacionalnom zakonodavstvu u pravcu pune usklađenosti sa ECAC Doc 29.

15) Treba da se uvede nova i šira definicija operativnih ograničenja u poređenju sa Direktivom 2002/30/EC, da bi implementacija novih tehnologija i novih operativnih sposobnosti vazduhoplova i zemaljske opreme bila olakšana. Njena primena ne treba da dovede do kašnjenja u sprovođenju operativnih mera, koje bi mogle odmah da ublaže uticaj buke bez suštinskog uticaja na operativni kapacitet aerodroma. Stoga takve mere ne treba da se smatraju novim ograničenjima poslovanja.

16) Centralizacija informacija o buci bi značajno smanjila administrativni teret i za operatore vazduhoplova i za operatore aerodroma. Takve informacije se trenutno pružaju i njima se upravlja na nivou pojedinačnih aerodroma. Te podatke treba staviti na raspolaganje operaterima vazduhoplova i aerodromima u operativne svrhe. Veoma je važno koristiti banku podataka Evropske agencije za bezbednost vazduhoplovstva, vezano sa sertifikacijom performansi buke kao alatom za validaciju podataka Evropske organizacije za bezbednost vazdušne navigacije (Eurocontrol) o pojedinačnim letovima. Takvi podaci se trenutno već sistematski traže za potrebe centralnog upravljanja protokolom, ali trenutno nisu dostupni Komisiji ili Agenciji, i treba ih precizirati u svrhu regulisanja performansi upravljanja vazdušnim saobraćajem. Dobar pristup validnim podacima modeliranja, utvrđenim u skladu sa međunarodno priznatim procesima i najboljom praksom, trebao bi da poboljša kvalitet mapiranja kontura buke pojedinačnih aerodroma.

17) U cilju izbegavanja neželjenih posledica po bezbednost u vazduhoplovstvu, kapacitet aerodroma i konkurenciju, Komisija treba da obavesti relevantni nadležni organ ako utvrdi da proces koji je usledio za uvođenje operativnih ograničenja vezanih za buku ne

ispunjava zahteve ove Uredbe. Relevantni nadležni organ treba da ispita obaveštenje Komisije i da obavesti Komisiju o svojim namerama pre uvođenja operativnih ograničenja.

18) Kako bi uravnoteženi pristup bio uzet u obzir, treba predvideti mogućnost izuzeća u posebnim okolnostima za operatore zemalja u razvoju, kako takvi operateri ne bi trpeli nepotrebne poteškoće. Posebno je neophodno da se osigura da takva izuzeća budu u skladu sa principom nediskriminacije.

19) Da bi se kontinuirani tehnološki napredak u tehnologijama motora i strukture aviona, kao i metodama koje se koriste za mapiranje kontura buke, odrazio na donošenje akata u skladu sa Ugovorom o funkcionisanju Evropske unije - član 290, Komisija treba da redovno ažurira standarde buke za vazduhoplove, uzimajući u obzir, kada je to potrebno, izmene relevantnih ICAO dokumenata i ažuriranje referenci za metodu za izračunavanje kontura buke. Pored toga, izmene ECAC Doc 29 takođe treba da se uzmu u obzir radi tehničkih ažuriranja prema potrebi. Od posebnog je značaja da Komisija sprovede odgovarajuće konsultacije tokom svog pripremnog rada. Komisija, prilikom pripreme i sastavljanja delegiranih akata, treba da obezbedi istovremeni, blagovremeni i odgovarajući prenos svih relevantnih dokumenata Evropskom parlamentu i Savetu.

20) Iako ova Uredba zahteva redovnu procenu stanja buke na aerodromima, takva procena ne podrazumeva nužno usvajanje novih operativnih ograničenja vezanih za buku ili reviziju postojećih. Tako da ova Uredba ne zahteva preispitivanje operativnih ograničenja vezanih za buku koja su već bila na snazi na dan njenog stupanja na snagu, uključujući ona koja su rezultat sudskih odluka ili lokalnih procesa medijacije. Manje tehničke izmene i dopune mera bez suštinskih implikacija na kapacitet ili rad, ne treba da se smatraju novim radnim ograničenjima vezanim za buku.

21) Ako je proces konsultacija, koji je prethodio usvajanju ograničenja rada vezanim za buku, pokrenut u skladu sa Direktivom 2002/30/EZ i još uvek traje na dan stupanja na snagu ove Uredbe, dozvoljeno je da konačna odluka o ograničenju rada bude preduzeta u skladu sa Direktivom 2002/30/EC, u cilju očuvanja napredka koji je već postignut u tom procesu.

22) Uzimajući u obzir potrebu za doslednom primenom metode procene buke na tržištu vazduhoplovstva Unije, ova Uredba utvrđuje zajednička pravila u oblasti ograničenja buke u radu.

23) Ovom uredbom je ukinuta Direktiva 2002/30/EZ.

#### **4.3. Rezime politike novog uravnoteženog pristupa na izvoru i operativnih procedura u Evropskim državama članicama**

Upravljanje uticajem vazdušne buke kroz nove pristupe se uveliko primenjuje u zemljama EU. U tabeli 4.3 dat je pregled vezan za implementaciju ovih strategija za smanjenje buke u EU.

Tabela 4.3 Panevropski pregled postojećeg znanja i implementacije strategija za smanjenje buke

|                        | Na izvoru                                                                                                                                                                                                                                    | Operativne procedure                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Austrija               | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Belgija                | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Bugarska               | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Hrvatska               | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Češka republika        | Šablon nije primljen                                                                                                                                                                                                                         | Novčane kazne za nepoštovanje procedura za objavljivanje                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kipar                  | Ograničena poglavlja                                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Danska                 | ACV ima mogućnost da primenjuje kazne, npr. u slučaju nepridržavanja putanja leta                                                                                                                                                            | Smatra se ekološkim odobrenjem za aerodrome                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Estonija               | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Finska                 | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Francuska              | Operativni troškovi zasnovani na buci                                                                                                                                                                                                        | Novčane kazne za nepoštovanje procedura za objavljivanje                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Nemačka                | Zakonska obaveza kontinuiranog merenja stvarnog stanja buke vazduhoplova u blizini komercijalnih aerodroma. Naplate zasnovane na buci.                                                                                                       | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Grčka                  | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Mađarska               | Ograničena poglavlja, Naplate zasnovane na buci                                                                                                                                                                                              | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Irska                  | Ograničena poglavlja                                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Italija                | Regionalna taksa za vazduhoplovnu buku civilnih aviona                                                                                                                                                                                       | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Latvija                | Ograničena poglavlja                                                                                                                                                                                                                         | Neke osnovne procedure navedene na zakonodavnom nivou pod AIP Letonija EVRA AD2.21                                                                                                                                                                                                                             |
| Litvanija              | Ograničena poglavlja, Uredba o smanjenju buke vazduhoplova Republike Litvanije                                                                                                                                                               | Zakonodavstvo o smanjenju buke za podzvučne vazduhoplove, Pravilnik o smanjenju buke za vazduhoplove                                                                                                                                                                                                           |
| Malta                  | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Holandija              | Nema navedenih nacionalnih instrumenata politike                                                                                                                                                                                             | Nema navedenih nacionalnih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Poljska                | Ograničena poglavlja. Granice buke. Naplata buke                                                                                                                                                                                             | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Portugalija            | Ograničena poglavlja                                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Rumunija               | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Slovačka               | Ograničena poglavlja                                                                                                                                                                                                                         | Nema navedenih instrumenata politike                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Slovenija              | Pravila o emisiji buke vazduhoplova                                                                                                                                                                                                          | Aerodrom nema direktan uticaj na procedure za smanjenje buke koje sprovodi Kontrola letenja (ATC); Prema mišljenju aerodroma, procedure za smanjenje buke (let) treba da se primenjuju samo kada se sve zainteresovane strane slože oko toga.                                                                  |
| Španija                | Ograničena poglavlja. Takse na buku i kvote.                                                                                                                                                                                                 | Većina španskih aerodroma ima procedure za smanjenje buke objavljene u AIP-u. Većina ovih procedura je razmatrana i procenjena tokom procedura procene uticaja na životnu sredinu svakog aerodroma. Samo dve od njih imaju posebne propise o tome, a to su Madrid i Barselona.                                 |
| Švedska                | Primenjuju se naknade za buku, gde bučnije letelice na aerodromima osetljivim na buku imaju veće naknade.                                                                                                                                    | Procedure za smanjenje buke i korišćenje PSS/avionskih ruta su dizajnirani na osnovu aerodromskih radnika-aerodroma. Ovom doprinosi i glavni švedski pružalac usluga vazdušne navigacije.                                                                                                                      |
| Ujedinjeno kraljevstvo | Propisi o sertifikatu o buci. Ovlašćenja za uvođenje mera kontrole buke za ograničavanje ili ublažavanje efekata buke i vibracija vezano za poletanje i sletanje. Finansijske kazne za operatore aviona koji krše zahteve za smanjenje buke. | Kontrole buke koje se direktno odnose na operacije vazduhoplova, propisane su i objavljuju se u Paketu vazduhoplovnih informacija Ujedinjenog Kraljevstva (UK AIP). Ove kontrole pokrivaju aspekte kao što su pristupi kontinuiranom spuštanju (CDA), procedure za smanjenje buke i ograničenja noćnih letova. |

U okviru projekta pod nazivom "Upravljanje uticajem vazdušne buke kroz nove pristupe", u trajanju od 48 meseci počev od 01.10.2017., koji je finansirala EK, rađeno je istraživanje implementacije mera za smanjenje buke novog uravnoteženog pristupa, na evropskim aerodromima. Rezultat projekta je studija "Kritički pregled implementacije balansirano pristupa u zemljama članicama EU", čiji su autori Graeme Heyes (MMU), Fabio Galatioto (TSC). [93]

Rezultati istraživanja u okviru pomenutog projekta, ilustruju širok spektar različitih praksi i procedura vezanih za sprovođenje različitih intervencija balansirano pristupa na 13 evropskih aerodroma. Ova studija pokazuje značajne napore koje će avioindustrija uložiti kako bi pomogla u ublažavanju uticaja buke. Napori obuhvataju čitav niz elemenata balansirano

pristupa, kao i prikaz okruženja u kom aerodromi deluju na osnovu dobro osmišljenih i sistematskih procesa, vođenih bogatom komunikacijom i angažovanjem zainteresovanih strana. Uočeno je pomeranje ka proaktivnom pristupu, sa ciljem da se preventivno obezbedi smanjenje uticaja buke, nasuprot reaktivnim reakcijama nakon što su ljudi već izloženi buci. Ovo je slučaj na čitavom nizu proučavanih aerodroma, počev od samih israživača koji su učestvovali u ovom projektu pa do putnika koji kreću na putovanje. Naročito putnici počinju da shvataju, delimično kroz angažovanje na ovom istraživačkom projektu i kao odgovor na evropsko zakonodavstvo, da je razvoj odgovarajuće strategije upravljanja bukom u ranoj fazi, efikasniji nego kada su već počeli da se javljaju prigovori i žalbe. Ovo je jasno pokazano na primerima malih, ali brzo rastućih aerodroma, koji pokazuju želju da se uticaj buke umani kroz efikasno planiranje korišćenja zemljišta, operativno poboljšanje i operativna ograničenja. Važna oblast budućih istraživanja je kako takvi aerodromi mogu dalje da razvijaju svoje pristupe i da se kreću ka najboljoj praksi. Za razliku od velikih aerodroma koji su morali da razviju strategije upravljanja bukom u isto vreme kada su se pojavila najbolja praksa i teorija upravljanja, ovi aerodromi imaju potencijal da obuhvate jedinstvene pristupe, prilagođene njihovim specifičnim okolnostima. U tom smislu, ovi aerodromi imaju potencijal da deluju kao aerodromi sa najboljom praksom budućnosti – predstavljajući prikaz na koji način aerodromi mogu da evoluiraju sa optimalnim sistemima i procesima upravljanja bukom. Istraživačka zajednica i šira vazduhoplovna industrija treba da deluju, kako bi takvim aerodromima pružili smernice i pomogli im da postignu ovaj cilj.

Studije slučaja na 13 evropskih aerodroma su pokazale da su komunikacija i angažovanje zainteresovanih strana očigledniji na većim aerodromima. Ovo je verovatno posledica činjenice da veliki aerodromi već imaju aktivne i snažne grupe u zajednici, dok je na manjim aerodromima opozicija zasnovana na buci manje uočljiva. Ono što je jasno je da efikasna komunikacija podupire najbolju praksu novog uravnoteženog pristupa. Ovo je posebno naglašeno u slučajevima aerodroma Hitroua i aerodroma u Beču, kao i u slučaju aerodroma Arlanda u Stokholmu, gde aerodromi imaju obimne programe komunikacije i angažovanja po pitanju uticaja buke. U ovim slučajevima, aerodromi su imali problema sa zajednicom, kao rezultat obećanja nečega što na kraju nisu mogli da isporuče, ali su kroz angažovanje zajednice preduzeli opsežne korake da pokušaju da isprave situaciju. Uočeno je da čak i u najboljim primerima postoji nedostatak uvažavanja neakustičnih faktora i uticaja na širi kvalitet života lokalnog stanovništva. Ova pitanja treba da bude fokus budućih istraživanja. [93]

Razvoj sveobuhvatnih studija slučaja o različitim aerodromima, zajedno sa aktivnim angažovanjem sa relevantnim akterima i zainteresovanim stranama tokom terenskog rada, doveo je do zaključka da je i dalje potrebno istraživanje o tako osetljivoj temi kao što je buka, zbog njene multidisciplinarnosti. Kako ICAO Balanced Approach nudi smernice za bilo koju vrstu aerodroma, potrebna su mnoga poboljšanja trenutno dostupnih alata u ovoj oblasti na svim aerodromima, bez obzira na njihov broj kretanja, tj. preko ili ispod 50.000 kretanja godišnje. Kada se radi sa tako širokim spektrom relevantnih zainteresovanih strana, potreban je zajednički pristup i za stručne i za nestručne predstavnike.

Od poboljšanja kvaliteta obrađenih podataka iz sistema za merenje buke do razvoja alata za upravljanje bukom do podrške za donošenje odluka o buci, koja uključuje principe rada koordinacionih tela tj. relevantnih zainteresovanih strana za buku, nekoliko alata za podršku

tek treba da bude razvijeno da odgovore na sve potrebe i zahteve svih partnera (zajednica, industrija, kreatori politike itd.). Uprkos raznovrsnosti alata, bilo izvučenih iz studija slučaja ili iz najnovijih istraživanja, čini se da nedostaje sveobuhvatan skup alata koji se bavi različitim tipovima zainteresovanih strana. Većina alata može da se koristi ili može da proizvede informacije za određenu kategoriju zainteresovanih strana, tj. stručne ili nestručne, a integracija mnogih da bi se odgovorilo na sve zahteve, mogla bi da rezultira većim troškovima za aerodrome. Uvid u mogućnosti koje bi mogle povećati efikasnost komunikacije i razumevanje buke dolaze iz raznih drugih opcija alata, uključujući društvene medije (npr. aerodrom Hitrou, aerodrom u Helsinkiju), gde su zajednice posebno aktivne po ovom pitanju. Uprkos tome, nedostatak dovoljno informacija o takvim inicijativama, sprečava punu procenu potencijalnih izazova koji bi mogli nastati u pokušaju da se uspostavi i održi efikasno okruženje za saradnju korišćenjem takvih alata. Zato je neophodno da se na osnovu ovakvih projekata i na osnovu zaključaka ovakvih studija razvije portal za informisanje o najboljim praksama i o tome kako ih primeniti.

Detaljna istraživanja studija slučaja za 13 evropskih aerodroma, rezultirali su zaključkom da mnogi od aerodroma ulažu mnogo truda u pokušaju da iskoriste navedene alate kako bi mogli na adekvatan i transparentan način komunicirati sa svim relevantnim zainteresovanim stranama i omogućiti efikasnu saradnju. Ipak je još uvek neophodan opsežniji alat za podršku otkrivanju i razumevanju mogućnosti za ublažavanje uticaja buke kroz saradnju između svih relevantnih zainteresovanih strana, na osnovu zajedničkog razumevanja. [93]

#### **4.4. Regulativa ICAO za uravnotežen pristup upravljanju bukom aviona**

Buka aviona je najznačajniji razlog neželjenih reakcija zajednice vezanih za rad i širenje aerodroma. S obzirom na povećanje intenziteta vazdušnog saobraćaja, ovaj problem će i dalje ostati aktuelan. Ovo je razlog zašto je smanjenje broja ljudi izloženih buci vazdušnog saobraćaja jedan od prioriteta ICAO-a i jedan od ključnih ekoloških ciljeva Organizacije.

Glavna sveobuhvatna ICAO politika o buci aviona je “Balansirani pristup upravljanju bukom aviona”, usvojen od strane Skupštine ICAO na 33. zasedanju (2011.) i potvrđen na svim narednim sednicama Skupštine [93]. Detaljna uputstva o primeni balansiranog pristupa data su u ICAO Doc 9829, smernice za uravnoteženi pristup upravljanju bukom aviona.

Balansirani pristup se sastoji od identifikacije problema vezanih za buku na određenom aerodromu i odabira adekvatnih mera za njeno smanjenje, putem istraživanja mogućnosti njihove primene. Ove mere se mogu svrstati u već pomenute četiri grupe: planiranje i upravljanje upotrebe zemljišta, smanjenje buke na izvoru, operativni postupci za smanjenje buke i radna ograničenja. Cilj je rešavanje problema buke na pojedinačnim aerodromima i identifikovanje mera vezanih za buku, koje će pružiti maksimalnu korist za životnu sredinu i biti najisplativiji koristeći objektivne i merljive kriterijume.

ICAO kontinuirano radi na osiguranju tehničke osnove na kojima se zasnivaju ICAO standardi, smernice i politike povezane sa smanjenjem buke aviona. Njihov rad uključuje, između nekoliko tema, istraživanje novih tehnologija u cilju smanjenja buke, uticaj buke iz

novih koncepata vazduhoplova poput bespilotnih vazduhoplovnih sredstava i razvoj SARP-a za buduće nadzvučne avione. ICAO takođe radi na ekološkim aspektima planiranja korišćenja zemljišta na aerodromima i dobrim praksama u angažovanju aerodromske zajednice.

U cilju podsticanja razvoja tehnologije, ICAO redovno postavlja tehnološke ciljeve, kako bi u saradnji sa državama obezbedio opsežne, ali razumne ciljeve kojima će podstaći istraživanje i razvoj industrije. Ove tehnološke ciljeve razvijaju paneli nezavisnih stručnjaka, koji obezbeđuju transparentnost i uključenost svih zainteresovanih strana.

Nezavisni pregledi stručnjaka, koji su posebno usmereni na buku, dostavljeni su u 2010. i 2012. godine, što je registrovano u dokumentima ICAO:

- ICAO Doc 9943 (2010.) - Izveštaj CAEP-a od strane Nezavisnog stručnog panela za tehnologiju buke: Pregled tehnologije buke aviona i srednjoročni i dugoročni ciljevi za smanjenje buke i
- ICAO Doc 10017 (2012.) - Izveštaj drugog nezavisnog stručnog panela za tehnologiju buke: Pregledi nove avionske tehnologije buke i ciljevi za smanjenje dugoročne buke (samo na engleskom jeziku).

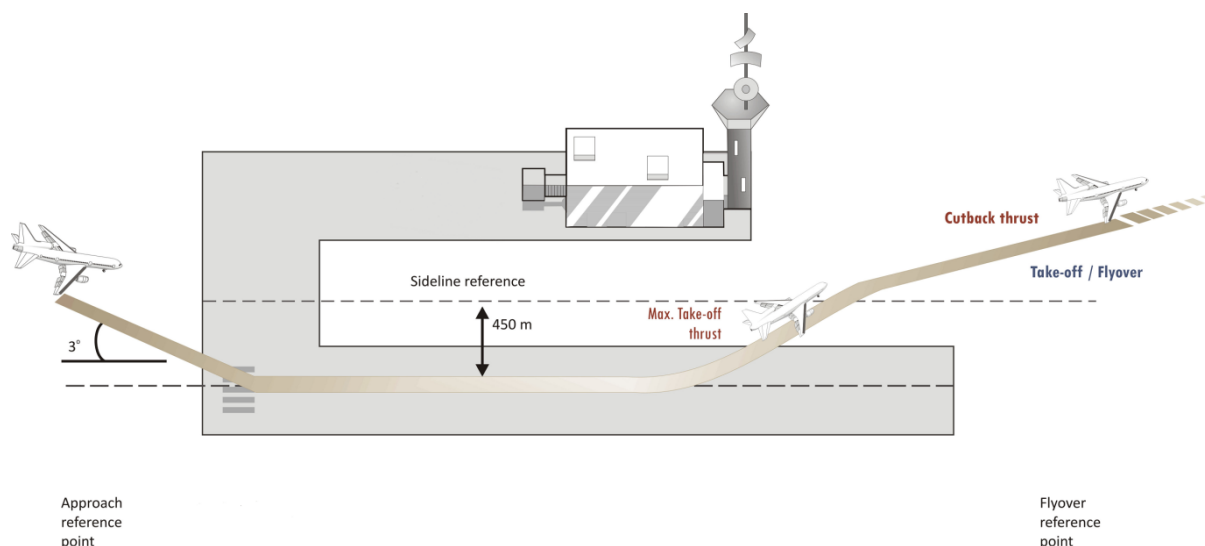
Najnoviji skup ciljeva po pitanju buke je detaljno je opisan u ICAO Doc 10127 - Nezavisna stručna procena i pregled ciljeva tehnologije i motora za vazduhoplove (2019). Ovo je prvi put da je ICAO na integrisan način razvio tehnološke ciljeve za buku, lokalni kvalitet vazduha i emisiju CO<sub>2</sub>, uz potpuno uvažavanje međuzavisnosti između tih tehnologija.

Važan stub uravnoteženog pristupa upravljanju bukom aviona je smanjenje buke na izvoru. Bukom aviona („buka na izvoru“) upravlja se od 1970. postavljanjem granica buke za vazduhoplove u obliku Standarda i preporučenih praksi (SARP) sadržanih u Konvenciji o međunarodnom civilnom vazduhoplovstvu - Annex 16, nazvanoj „Čikaška konvencija“. To je slučaj i danas. Odredbe o buci nalaze se u Annex-u 16 [94]. Primarna svrha sertifikacije buke je da se osigura da je najnovija dostupna tehnologija za smanjenje buke ugrađena u dizajn aviona i da se to pokazuje postupcima koji su relevantni za svakodnevne operacije. Cilj je da se osigura da se smanjenje buke koju nude nastajuće tehnologije, odražava na smanjenja buke oko aerodroma.

#### **4.4.1 Standardi za buku aviona**

##### ***Standardi za buku za mlazne i velike avione sa propelerima***

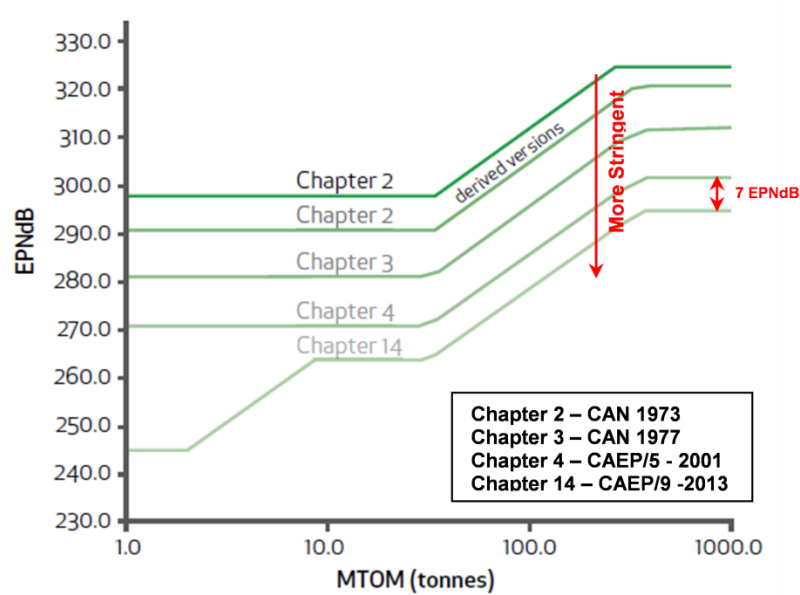
Na osnovu preporuka „Posebnog sastanka o buci aviona u blizini aerodroma“, koji je održan 1969. godine, nacrti međunarodnih standarda i preporučenih praksi za buku aviona razvijeni su i postali su primenljivi 1972. Ovi standardi definišu tri referentne tačke merenja za sertifikaciju buke, koji su prikazani na slici 4.2. Standardi postavljaju i granice buke kao direktnu funkciju maksimalne mase poletanja (MTOM) jer teži avioni, koji su veće transportne sposobnosti, proizvode više buke od lakših tipova aviona. Ovo je obuhvaćeno Poglavljem 2 Standarda buke sadržanog u Aneksu 16, Sveska I. Više detalja o ovom nasleđenom ICAO standardu može se naći u ICAO izveštaju o životnoj sredini 2019. (Poglavlje 2 - 50 godina iz Aneksa 16 - Buka aviona u okolini aerodroma). [94]



Slika 4.2 Referentne tačke merenja za sertifikaciju aviona za buku

Nakon uvođenja Poglavlja 2, u upotrebu su uvedeni mnogo veći mlazni motori sa bypass-om. Ova nova tehnologija ne samo da je poboljšala efikasnost goriva, već je rezultirala i smanjenjem buke motora. Ovo je omogućilo da se ICAO standard za buku pooštri 1977.godine. Ovo je sadržano u Poglavlju 3 Standarda o buci u Aneksu 16, Volume I. U narednim godinama dodatne tehnologije za smanjenje buke su uvedene u dizajn motora i vazduhoplova, što je dovelo do poboljšanja performansi po pitanju buke aviona. Ovo je rezultiralo daljnim povećanjem standarda buke, koji je sadržan u Aneksu 16, sveska I, poglavlje 4. [94]

U februaru 2013. na sastanku CAEP/9 preporučen je amandman na Prilog 16, Volume I, koji uključuje povećanje od 7 EPNdB (kumulativno) u odnosu na trenutni nivo iz Poglavlja 4. U 2014. godini ovo je preporuku usvojilo Veće ICAO-a kao novi standard buke Aneksa 16, Vol I, Poglavlje 14 za mlazne i propelerske avione. Ovaj novi, strožiji standard prikazan je na slici 4.3 (zajedno sa prethodnim ICAO standardima za buku) i ovo je osnovni ICAO standard za buku podzvučnih mlaznih i propelerskih aviona za naredne godine. Primenuje se na nove tipove aviona podnete na sertifikaciju 31. decembra 2017. ili kasnije, ili 31. decembra 2020. godine za avione mase manje od 55 tona.



Slika 4.3. Napredak ICAO standarda za buku za avione

Kao rezultat novog standarda za buku iz Poglavlja 14, očekuje se da će broj ljudi pogođenih bukom aviona biti smanjen i da će više od milion ljudi biti uklonjeno iz područja sa dnevnom prosečnom bukom (DNL) od 55 dB između 2020. i 2036.

ICAO je takođe razvio praktična uputstva za sertifikacione organe o primeni tehničkih procedura iz Aneksa 16, koja su sadržana u Tehničkom priručniku za životnu sredinu o upotrebi procedura u sertifikaciji buke vazduhoplova (Doc 9501, sveska I). [95]

Bazu podataka o buci, koja treba da bude izvor informacija za nivo buke u sertifikaciji za svaki tip aviona, održava francuski DGCA pod okriljem Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva (ICAO).

### ***Standardi za buku za lagane propellerske avione***

Standardi za buku za lagane propellerske avione prvi su put uključeni u Aneks 16 1974. Trenutno, ovi standardi su sadržani u Aneksu 16 Vol I Poglavlje 10 [95], koji su ograničeni na propelerne avione koji ne prelaze maksimalnu 8.618 kg mase za poletanje.

Ovaj standard je zasnovan na jednoj referentnoj tački za merenja buke, koja se nalazi na udaljenosti od 2500 m od početka rulanja aviona za poletanje. Kao i u slučaju većih aviona, standardi postavljaju granice buke kao direktnu funkciju maksimalne mase poletanja (MTOM).

### ***Standardi za buku helikoptera i tiltrotora***

Standardi za buku helikoptera su 1981. godine prvi put uključeni u Aneks 16. Trenutno, standardi koji se primenjuju na helikoptere su sadržani u Poglavljima 8 i 11 iz Aneksa 16 Vol I. Poglavlje 8 se primenjuje na sve tipove helikoptera, dok Poglavlje 11 pruža opcionalni

pojednostavljeni postupak sertifikacije za lake helikoptere čija je maksimalna masa pri poletanju 3 175 kg ili manja.

Savet ICAO je 2014. godine usvojio standarde buke za tiltrotore, koji su uključeni u poglavlje 13 Aneksa 16, vol. I. [95]

### ***Standardi buke za supersonične (nadzvučne) avione***

Trenutno Aneks 16 Vol I uključuje samo standarde buke za nadzvučne avione za koje je aplikacija za certifikat podneta pre 1. januara 1975. i data su u Poglavlju 12 Aneksa 16 Vol I. [95] Rad ICAO na razvoju novih standarda buke za supersonične avione je u toku.

### ***Planiranje i upravljanje korišćenjem zemljišta***

Planiranje i upravljanje upotrebom zemljišta je efikasno sredstvo kojim se osigurava da su aktivnosti u okolini aerodroma kompatibilne sa vazduhoplovstvom. Njegov glavni cilj je da se minimizira stanovništvo zahvaćeno bukom aviona uvođenjem zoniranja zemljišta oko aerodroma.

Kompatibilno planiranje i upravljanje korišćenjem zemljišta takođe je važan instrument u osiguravanju da napredak ostvaren smanjenjem buke aviona poslednje generacije, ne bude nadoknađen daljim stambenim razvojem oko aerodroma.

Glavne politike ICAO-a za planiranje i upravljanje upotrebom zemljišta sadržane su u Rezoluciji A39-1 - Dodatak F, koja apeluje na države, gde još uvek postoji mogućnost da minimiziraju probleme sa bukom aviona kroz preventivne mere, da:

- a) grade nove aerodrome na odgovarajućim mestima, udaljenim od područja osetljivih na buku;
- b) preduzimaju odgovarajuće mere kako bi se planiranje korišćenja zemljišta u potpunosti uzelo u obzir u početnoj fazi bilo kog novog aerodroma ili razvoja na postojećem aerodromu;
- c) definišu zone oko aerodroma povezane sa različitim nivoima buke, uzimajući u obzir broj stanovnika i rast, kao i prognoze rasta saobraćaja i da uspostave kriterijume za odgovarajuće korišćenje takvog zemljišta, uzimajući u obzir smernice ICAO;
- d) donesu zakonodavstvo, uspostave smernice ili druga odgovarajuća sredstva za postizanje usaglašenosti sa kriterijumima za korišćenje zemljišta i
- e) osiguraju da informacije o operacijama aviona i njihovim uticajima na životnu sredinu budu dostupne zajednicama u blizini aerodroma.

ICAO smernice o ovoj temi nalaze se u Aneksu 16, Sveska I, deo IV [95] i u ICAO Doc 9184 [96], Priručniku za planiranje aerodroma, Deo 2 - Upotreba zemlje i kontrola životne sredine. [97] Ovaj priručnik daje smernice o korišćenju različitih alata za minimiziranje, kontrolu ili sprečavanje uticaja buke aviona u blizini aerodroma i opisuje prakse koje su neke zemlje usvojile u planiranju i upravljanju zemljištem.

Pored toga, u cilju promovisanja jedinstvene metode procene buke oko aerodroma, ICAO preporučuje upotrebu metodologije sadržane u ICAO Doc 9911 - Preporučeni metod za izračunavanje kontura buke oko aerodroma. [98]

***Naknade za buku*** su uključene i kao mogući alat za upravljanje bukom u balansiranom pristupu. Politika ICAO-a u vezi sa troškovima buke prvi put je razvijena 1981. godine i

sadržana je u ICAO-ovim pravilima o naknadama za aerodrome i usluge vazdušne navigacije (Doc 9082) [99]. Savet priznaje da, iako se postižu smanjenja buke aviona na izvoru, mnogi aerodromi moraju da primene mere za smanjenje ili sprečavanje buke. Savet smatra da se nastali troškovi, prema nahođenju država, mogu pripisati aerodromima i naplatiti od korisnika. U slučaju da se naplaćuju naknade vezane za buku, Savet preporučuje da se one naplaćuju samo na aerodromima koji imaju problema sa bukom i da budu osmišljene tako da nadoknade budu više od troškova koji se koriste za njihovo ublažavanje ili sprečavanje i da ne treba da budu diskriminatorne i da se ne uspostavljaju na takvim nivoima da imaju visok stepen za rad određenih vazduhoplova.

Praktični saveti o utvrđivanju osnovice troškova za naknade povezane sa bukom i njihovoj naplati, nalaze se u Priručniku za ekonomiju aerodroma ICAO - Doc 9562 [100], a informacije o naplaćenim troškovima povezanim sa bukom nalaze se u ICAO priručniku za tarife aerodromskih i vazduhoplovnih navigacija ICAO Doc 7100 [101]. Za više informacija o troškovima buke koji se koriste na aerodromima širom sveta, Boeing čuva opsežnu bazu podataka.

### ***Operativni postupci za smanjenje buke***

Način na koji se letelice koriste u svakodnevnim operacijama može takođe predstavljati uticaje u pogledu buke koja dopire do zemlje. ICAO pomaže u razvoju i standardizaciji operativnih postupaka sa niskim nivoom buke, koji su sigurni i isplativi. Mogućnosti uključuju preferirane piste i staze i postupke za smanjenje buke za poletanje i sletanje. Adekvatnost bilo koje od ovih mera, zavisi od fizičkog rasporeda aerodroma i njegove okoline, ali u svim slučajevima postupak mora da daje prednost bezbednosnim pitanjima.

Preporuke ICAO-a o operativnim procedurama sadržane su u nekoliko dokumenata:

- Doc 8168 – “Postupci za usluge navigacije u vazduhu - Operacije vazduhoplova (PANS-OPS)” Deo I - pruža smernice za preferirane piste i rute, pomerene pragove, operativne procedure približavanja i sletanja i procedure za smanjenje buke (NADP). [102]

- Doc 8168 – “Postupci za usluge navigacije u vazduhu - Operacije vazduhoplova (PANS-OPS)” II deo - uključuje razmatranje aspekata buke u planiranju i definisanju ruta polaska, uključujući kompromis koji je uključen u koncentrisanje ili širenje buke aviona sa definicijom ruta. [103]

Doc 9931 – “Priručnik za kontinuirano spuštanje (CDO)” [104] i Priručnik Doc 9993 – “Operacije kontinuiranog uspona (CCO)” [105] pružaju smernice za CDO i CCO operacije koje mogu imati koristi i sa aspekta buke i emisija.

- Doc 9888 – “Pregled istraživanja o smanjenju buke i razvojni i implementacioni projekti” sadrže rezime dva istraživanja ključnih aktera u vazduhoplovstvu sprovedenih tokom 2006. i 2008. [106]

- Doc 10031 – “Uputstvo za ocenu životne sredine predloženih operativnih promena u upravljanju vazdušnim saobraćajem” daje smernice za procenu životne sredine kako bi se podržalo zdravo i informisano donošenje odluka prilikom analize predloženih operativnih promena upravljanja vazdušnim saobraćajem (ATM). [107]

### ***Operativna ograničenja***

Zabrinutosti od buke navele su neke države da razmotre zabranu rada određenih bučnih letelica na aerodromima osjetljivim na buku. Tokom 1980-ih, fokus je bio na avionima sa niskim nivoom buke (NNC); tokom 1990-ih fokus je prešao na avion Poglavlje 2; danas je prebačen na najglasniju letelicu iz Poglavlja 3. Međutim, ovakve operativne restrikcije mogu imati značajne ekonomske implikacije na dotične aviokompanije, kako one sa sedištem u državama koje preduzimaju akcije, tako i one sa sedištem u drugim državama koje rade na i sa pogođenim aerodromima. Skupština ICAO uspela je da postigne sporazum - sadržan u rezoluciji Skupštine - koji je predstavljao ravnotežu između interesa država u razvoju i razvijenih država i uzimajući u obzir zabrinutost vazduhoplovne industrije, aerodroma i ekološke interese.

Postupak ukidanja aviona NNC i Poglavlja 2 već se dogodio u mnogim državama članicama ICAO-a. U slučaju vazduhoplova iz Poglavlja 3, Skupština ICAO 2001. godine pozvala je države da na bilo kom aerodromu na avionima iz poglavlja 3 ne uvođe nikakva operativna ograničenja, pre nego što u potpunosti procene dostupne mere za rešavanje problema buke na dotičnom aerodromu u skladu sa uravnoteženim pristupom. Skupština je takođe navela niz zaštitnih mera koje bi trebalo ispuniti ako se za vazduhoplove iz Poglavlja 3 postave ograničenja. Na primer, ograničenja treba da se zasnivaju na bučnoj efikasnosti vazduhoplova i treba da budu prilagođena problemu buke dotičnog aerodroma, a treba da se uzmu u obzir i posebne okolnosti operatora iz zemalja u razvoju. Ova šema je ratifikovana na 39. zasedanju Skupštine (Prilozi D i E Skupštinske rezolucije A39-1).

Osim postupnog isključivanja, druga moguća operativna ograničenja uključuju zabranu letova, noćna ograničenja, kvote/budžete za buku, pravila o ograničenjima, pravila za dodavanje i ograničenja vezana za prirodu leta. Oni su detaljno opisani u Poglavlju 7 ICAO Doc 9829 Smernica o uravnoteženom pristupu upravljanju bukom aviona. [109]

### ***Buka aviona koji koriste nove (nastajuće) tehnologije***

Nove inovativne tehnologije i izvori energije za avijaciju se razvijaju brzim tempom, a ICAO pomno prati ovaj razvoj kako bi se u slučaju potrebe pripremio za njihovu pravovremenu ekološku sertifikaciju. U tom smislu, ICAO održava E-HAPI, web stranicu sa opsežnom listom tekućih projekata koji su identifikovani na globalnom nivou.

Konkretno vezano za buku aviona, ICAO prati moguća ekološka pitanja koja proizilaze iz rada aviona u razvoju (ETA), uključujući koncepte urbane vazdušne mobilnosti, bespilotne letelice i letelice sa daljinskim upravljanjem. Sve države i zainteresovane strane mogu da kontaktiraju ICAO na [officeenv@icao.int](mailto:officeenv@icao.int) i podele iskustva u rešavanju problema vezanih za buku aviona. Sve dobijene informacije će biti objedinjene kao potencijalni vodič za najbolju praksu za sve države.

## II EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

### 5 OPIS EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA KOJI SE BAVI MERENJEM BUKE NA ODABRANIM LOKACIJAMA

#### 5.1 Objekat istraživanja

Objekat istraživanja je Internacionalni Aerodrom Mitiga u Libiji ( $13^{\circ}54'56''E$  i  $32^{\circ}54'21''N$ , elevation 4m). Ovaj aerodrom se nalazi u opštini Tripoli, glavnom gradu Libije. Prvobitno je izgrađen 1923. godine kao italijanska vazduhoplovna baza nazvana Aeroporto militare di Mellaha. Tokom Drugog svetskog rata postala je nemačka vazduhoplovna baza. Vazduhoplovnu bazu zauzela je britanska 8. armija u januaru 1943. godine i prebacila je pod kontrolu vazduhoplovnih snaga američke vojske, koje su je nazivali Mellaha AAF do 1945. Vazduhoplovnu bazu zauzela je britanska 8. Armija u januaru 1943. godine i prebacila je pod kontrolu vazduhoplovnih snaga američke vojske, koje su je nazivali Mellaha AAF do 1945. godine, kada su je preimenovali u vazdušnu bazu Wheelus zbog američkog vazduhoplovca ubijenog te godine. Američka upotreba nastavila se do libijskog državnog udara 1969. i sledećeg isteka zakupa. Kada su Amerikanci otišli, baza je preimenovana u vazduhoplovnu bazu Okba Ben Nafi (الجوية نافع بن عقبة قاعدة) po islamskom generalu koji je osvojio Severnu Afriku. Koristile su je i libijske i sovjetske vazduhoplovne snage. Sjedinjene Države bombardirale su bazu 1986. godine tokom operacije El Dorado Canyon. 1995. godine vazdušna baza je preuređena u drugi civilni aerodrom za Tripoli i dobila je današnje ime. Okba Ben Nafi AB preuređen je za civilnu upotrebu i 1995. godine je postao aerodrom Mitiga. Aerodrom Mitiga je danas internacionalni aerodrom mešovitog tipa. Nalazi se u opštini Tripoli, koji je glavni grad Libije. To je aerodrom srednje veličine sa sedištem u regionu Tripoli Distrikt.

Internationalni aerodrom Mitiga je aerodrom mešovitog tipa, što znači da se koristi za civilne i vojne letove. Podaci do kojih se može doći na internetu su podaci vezani za civilni saobraćaj, tj. civilne letove koji koriste aerodrom Mitiga.

Trenutno, u toku dana, na ovom aerodromu ima od 20 do 27 poletanja i sletanja aviona, što na godišnjem nivou iznosi oko 10000 letova. Avioni koji saobraćaju na ovim linijama su Airbus 320, Airbus 319 i 32A. Poletno sletna staza je asfaltne površine 62 ima dužinu od 1820 m. U blizini aerodroma se nalazi vojna bolnica Mitiga ( $13^{\circ}16'08''E$ ,  $32^{\circ}54'25''N$ , elevation 10m) i Osnovna škola Halima Al Saadia ( $13^{\circ}16'12''E$ ,  $32^{\circ}53'29''N$ , elevation 11m).

Na aerodromu saobraćaju aviokompanije date u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Aviokompanije koje saobraćaju na aerodromu Mitiga

| Aviokompanija     | Destinacije                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Afriqiyah Airways | Alexandria, Amman–Queen Alia, Benghazi, Istanbul, Jeddah, Khartoum, Niamey, Sfax, Tunis,                    |
| Buraq Air         | Istanbul<br>Čarter letovi: Antalya, Bodrum, Gazipaşa, Izmir, Tekirdağ                                       |
| Libyan Airlines   | Alexandria, Amman–Queen Alia, Bayda, Benghazi, Ghat, Istanbul, Monastir, Niamey, Sfax, Tobruk, Tunis, Ubari |
| Libyan Wings      | Istanbul, Tunis                                                                                             |
| Medavia           | Čarter letovi: Malta                                                                                        |

### Izgled aerodroma



Slika 5.1. Izgled Internacionalnog aerodroma Mitiga

Tabela 5.2. Karakteristike PSS

| Poletno-sletna staza | Pravac | Dužina  |      | Površina |
|----------------------|--------|---------|------|----------|
| PSS                  | 03/21  | 6000 ft | 3400 | asfalt   |

## 5.2 Merenje buke na odabranim lokacijama

### 5.2.1 Ispitno merna oprema

Za merenje nivoa buke korišćen je Impulsni precizni merač nivoa zvuka B&K 2209, proizvođača Brüel&Kjær, prikazan na slici 5.2. Merenje je vršeno tokom tri perioda, u jutarnjim časovima, u podne i noću na aerodromu i u bolnici, a za školu samo tokom dva perioda u jutarnjim časovima i u podne (merenje noću nije rađeno, jer je škola noću zatvorena).



Slika 5.2 Impulsni precizni merač nivoa zvuka, Brüel & Kjær - B&K 2209

**Karakteristike uređaja:** Uređaj je usklađen sa svim postojećim standardima za impulsne i precizne zvučne merače i opremljen individualno kalibrisanim, visoko osetljivim, preciznim kondenzatorskim mikrofonom, čiji je prednji deo konusnog oblika, koji unosi minimalne smetnje u zvučno polje. Ostale karakteristike su:

- detektor pikova ima vreme porasta od 20//S i mogućnost zadržavanja,
- detektor impulsa sa maksimalnom RMS mogućnošću zadržavanja,
- ponderisanje frekvencije „D“, „A“, „B“, „C“ i „Lin“ (2 Hz ili 10 Hz selektovano ograničenje niske frekvencije)

Poseđuje promenljive skale merača i prigušivača, što olakšava direktno očitavanje zvuka i vibracija. Radi kao oktavni ili trećeoktavni analizator sa sistemskim setovima filtera, AC i DC izlazi za snimače itd. Takođe poseduje indikatore preopterećenja za ulazna i izlazna pojačala. U kombinaciji sa odgovarajućim dodatnim priborom može da radi kao merač i analizator vibracija.

Upotrebljava se za:

- merenje buke i vibracija za zaštitu zdravlja
- merenje buke i vibracija u industriji za proveru kvaliteta i razvoj
- merenje udarca i maksimalnog ubrzanja
- kalibraciju audiometra,
- akustička merenja
- analizu buke i vibracija sa setovima filtara tip 1613 i tip 1616.

Impulsni precizan merač nivoa zvuka Tip 2209 analitičaru zvuka i vibracija pruža skoro sve što je poželjno u jednom, prenosivom mernom instrumentu. U merač su ugrađene A, B i C mreže merenja, kao i D mreža za merenje buke aviona. Reakcija merača može se prebaciti na standardne vremenske konstante Stow, Fast i Impulse, kao i indikovanje apsolutne vršne vrednosti izmerenih signala. Instrument može da izmeri maksimum kratkotrajne RMS vrednosti impulsnih zvukova (1-1000 ms) sa odgovorom ponderisanja vremena u skladu sa IEC preporukom 179 A. Ovo postavlja stroge zahteve za RMS detektor koji je u stanju da obrađuje signale sa faktorima pikova do 40 (10 pri punom otklonu). Režim Peak omogućava objektivna merenja pikova signala sa trajanjem do 20 $\mu$ s, što je značajno, kako za određivanje buke tako i za ispitivanje vibracijskih udara. Indikatori preopterećenja u ulaznim i izlaznim pojačavačima, upozoravaju na previsoke nivoe signala. Da bi se omogućila frekventna analiza merenog signala, instrument je opremljen ulaznim i izlaznim utičnicama za povezivanje eksternih filtera. AC i DC izlazi daju mogućnost povezivanja slušalica, diktafona, kasetofona itd.

Instrument je usaglašen sa zahtevima standarda IEC 179 i 179A za precizne i impulsne merače nivoa zvuka, kao i DIN 45 633 delovi 1 i 2 i zahtevima ANSI S 1.4-1971 za merače nivoa zvuka tipa 1.

Napaja se iz 3 ugrađene standardne baterije koje mu omogućavaju neprekidno vreme rada od 8 sati. Mogu se koristiti i punjive NiCd baterije, koje omogućavaju 14 sati neprekidnog rada. Ugrađeni referentni napon omogućava laku električnu kalibraciju instrumenta.

Jedinstvena karakteristika ovog instrumenta je njegov sistem od 20 zamenljivih skala prigušivača i reverzibilne skale merača, što mu omogućava da se koristi i kao merač nivoa zvuka sa direktnim očitavanjem i kao merač vibracija, sa širokim spektrom osetljivosti mikrofona i akcelometara. Ove skale pokrivaju osetljivost mikrofona od 0,4 do 160mV po Pa i osetljivosti akcelometara od 1 do 285 mV po m/s<sup>2</sup> sa indikacijom u metričkim i britanskim jedinicama. Direktno merenje brzine vibracije ili pomeranja pored ubrzanja, može se izvršiti ako se koristi opcioni Integrator ZR 0020.

### ***Merenja zvuka***

Kao standard, instrument je opremljen B&K visokoosetljivim, 1/2" prečnika slobodnog polja kondenzatorskog mikrofona tipa 4165, koji mu daje merni opseg od 24 do 140dB(A) i širok opseg frekvencija kako u slobodnim tako i u difuznim zvučnim poljima. Mikrofon poseduje sopstvenu individualnu kalibracionu tabelu, koja daje sve relevantne podatke o kalibraciji i kompletnu krivu frekvencijskog odziva. Može se postaviti direktno na instrument, ali je omogućena montaža na produžni štap UA 0196, koji je deo instrumenta, i koji, zajedno sa konusnim prednjim krajem instrumenta, obezbeđuje karakteristike slobodnog polja potrebne za ispunjavanje zahteva standarda IEC, DIN i ANSI za precizne merače nivoa zvuka. Moguće je mikrofon postaviti još dalje od instrumenta, pri čemu se koriste standardni produžni kablovi za mikrofon Brüel & Kjær, koji su dostupni u dužinama od 3, 10 i 30 metara, i kod kojih se uticaj kapacitivnosti kabla na kalibraciju može zanemariti. Široki frekventni opseg instrumenta, od 2 do 70 kHz, zajedno sa odgovarajućim mikrofonom iz široke ponude B&K, omogućava merenja u gornjem ultrazvučnom i donjem infrazvučnom opsegu.

U opremu instrumenta je uključeno vetrobransko staklo, koje treba postaviti preko mikrofona prilikom merenja na otvorenom, kako bi se smanjila buka vetra. U opremu je

uključen i ulazni adapter, koji se postavlja umesto mikrofona, omogućavajući direktan električni ulaz, na primer sa akcelerometara ili hidrofona.

### 5.2.2 Opis eksperimenta

Eksperimentalni deo istraživanja je podeljen u nekoliko faza sa više aktivnosti:

#### **-Prva faza** obuhvata:

- Merenje buke u Vojnoj bolnici za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Vojna bolnica je objekat koji se nalazi na udaljenosti od 1225 m od praga piste 10 (13°16'08"E, 32°54'25"N).
- Merenje buke u Osnovnoj školi Halima Al Saadia za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Osnovna škola je objekat koji se nalazi na udaljenosti 550 m od od praga piste 10 (13°16'12"E, 32°53'29"N).
- Merenje buke na aerodromu. (M1 – merno mesto na aerodromu Mitiga, pri čemu je osoblje aerodroma udaljeno oko 1500 m od praga piste 10 (13°16'40"E, N32°53'40"N).

#### **-Druga faza** obuhvata:

- Anketiranje bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, pre uvođenja mera.
- Anketiranje učenika i zaposlenih u Osnovnoj školi Halima Al Saadia po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, pre uvođenja mera.
- Anketiranje zaposlenih na aerodromu po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, pre uvođenja mera.

#### **- Treća faza** obuhvata odabir i primenu mera za smanjenje buke.

#### **- Četvrta faza** obuhvata:

1. Merenje buke u Vojnoj bolnici za vršno opterećenje aerodroma nakon uvedenih mera za smanjenje buke.
2. Merenje buke u Osnovnoj školi Halima Al Saadia za vršno opterećenje aerodroma nakon uvedenih mera za smanjenje buke.
3. Merenje buke na aerodromu za vršno opterećenje aerodroma nakon uvedenih mera za smanjenje buke.

#### **- Peta faza** obuhvata:

1. Anketiranje bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, posle uvedenih mera.
2. Anketiranje dece i zaposlenih u Osnovnoj školi Halima Al Saadia po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, posle uvedenih mera.
3. Anketiranje zaposlenih na aerodromu po pitanju subjektivnog osećaja buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, posle uvedenih mera.

- **Šesta faza** obuhvata:

1. Procenu i predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem na međunarodnom aerodromu Mitiga.

- **Sedma faza** obuhvata obradu i analizu dobijenih rezultata.

### 5.3 Ankete

Osećaj koji se stvara kod osoba izloženih delovanju buke naziva se subjektivna jačina zvuka. On je isključivo subjektivan i ne može se direktno meriti mernim uređajima. Subjektivna jačina zvuka raste sa njegovom objektivnom jačinom, ali između njih ne postoji jednostavna linearna zavisnost, što znači da tonovi koji su iste jačine, ne proizvode jednak subjektivni doživljaj. Zbog toga su sprovedene ankete u vojnoj bolnici, osnovnoj školi Halima Al Saadia i kod zaposlenih na aerodromu Mitiga, a imale su za cilj da se odredi subjektivni osećaj ispitanika na delovanje buke generisane vazдушnim saobraćajem. U ovom istraživanju korišćene su ankete koje su lično osmišljene.

Anketa sadrži 15 pitanja od kojih su 4 pitanja opšteg karaktera (pol, starost, obrazovanje, status) i 11 pitanja vezanih za buku vazdušnog saobraćaja aerodroma Mitiga (mišljenja i stavovi ispitanika o buci vazduhoplova i njihovoj osetljivosti na buku, zapažanja o letu aviona i buci koje avioni generišu u određenim fazama leta, mišljenje o komunikaciji sa lokalnim zvaničnicima i menadžerima aerodroma).

Ispitanici su dobrovoljno učestvovali u anketama, pa je ovim ispunjeno i etičko načelo.

#### a) Sadržaj ankete pre uvođenja mera

Molimo koristite plavu ili crnu olovku, ako je dostupna.

#### Deo ankete koji se odnosi na ispitanika:

1. Kog ste pola? - Gender

☐ Muško

☐ Žensko

2. Koje godine ste rođeni? - Age

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
| Y | Y | Y | Y |

3. Koji je najviši nivo škole koju ste završili ili najviši stepen koji ste stekli? –  
Education (none, primary school, high school, faculty, college, master, doctor of science)

- ☐ Nisam završio osnovnu školu
- ☐ Završio sam osnovnu školu
- ☐ Završio sam srednju školu
- ☐ Završio sam višu školu
- ☐ Završio sam visoku školu
- ☐ Završio sam master
- ☐ Završio sam doktorat
- ☐ Ne želim da odgovorim

4. Razlog boravka na aerodromu, odnosno u bolnici ili školi? - The reason for staying at the airport, i.e. in the hospital or school (employee, patient or pupil)

- ☐ zaposlen
- ☐ pacijent
- ☐ učenik

***Deo ankete koji se odnosi na stavove i mišljenja vezana za buku:***

1. Koliko ste generalno osetljivi na buku svih vrsta? (izuzetno, veoma, umereno, malo ili uopšte nije osetljiv) - How sensitive are you in general to noise of all kinds? (extremely sensitive, very sensitive, moderately sensitive, slightly sensitive or not sensitive at all)

- ☐ izuzetno osetljiv,
- ☐ vrlo osetljiv,
- ☐ umereno osetljiv,
- ☐ malo osetljiv,
- ☐ uopšte nije osetljiv.

2. Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice? - On a scale of 1 to 5, how much does the noise of the aircraft bother you?

- ☐
- ☐ Ne znam

3. Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do 5, koliko vam buka smeta? - Thinking about the noise in the airport building, i.e. in the hospital or school, on a scale from 1 to 5, how much does the noise bother you?

- ☐
- ☐ Ne znam

4. Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća? - What is your subjective feeling, when the noise of the aircraft is the greatest?

- ☐ Pri taksiranju do PSS
- ☐ Pri poletanju
- ☐ Pri sletanju
- ☐ Drugo, navedi kada\_\_\_\_\_.

5. Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti da bi se avion mogao srušiti? (1- nimalo zabrinut, 2-malo zabrinut, 3-umereno zabrinut, 4-veoma zabrinut, 5-izuzetno zabrinut) - On a scale of 1 to 5 how much are you worried that the plane might crash?( 1-not at all worried, 2-slightly worried, 3-moderately worried, 4-very much worried, 5-extremely worried)

☐ Ne znam

6. Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti zbog nesreće automobila, autobusa ili kamiona? (1- nimalo zabrinut, 2-malo zabrinut, 3-umereno zabrinut, 4-veoma zabrinut, 5-izuzetno zabrinut) - On a scale of 1 to 5 how much are you concerned about a car, bus or truck accident?

☐ Ne znam

7. Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina? - What do you think, will the total noise emission of aircraft increase, decrease or remain approximately the same in the next few years?

- ☐ povećavati će se,
- ☐ smanjiti će se,
- ☐ ostaće približno ista,
- ☐ ne znam.

8. Koliko vam je poznato, da li je ikada bilo sporova između aerodromskih vlasti i stanovnika koji žive u blizini aerodroma zbog buke aviona? - As far as you know, have there ever been disputes between airport authorities and residents living in the vicinity of the airport due to aircraft noise?

☐ Da

☐ Ne

☐ Ne znam

9. Koliko mislite da postupci i stavovi stanovnika mogu uticati na politiku buke aerodroma? Stanovništvo može: -How much do you think the actions and attitudes of the

residents can influence the noise policy of the airport? (greatly influence politics, moderately influence, slightly influence or not influence politics at all)

- ☐ u velikoj meri uticati na politiku,
- ☐ umereno uticati,
- ☐ blago uticati ,
- ☐ uopšte ne uticati.

10. Da li mislite da službenici aerodroma obaveštavaju lokalno stanovništvo o planiranju promena na aerodromu? Stanovnici su: - Do you think that the airport officials are informing the local population about the planning of changes at the airport? (The population is very well informed, moderately informed or not informed at all)

- ☐ veoma dobro informisani
- ☐ umereno informisani
- ☐ uopšte nije obavešten

11. Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako? What do you think, could aircraft noise reduction be large, moderate, small, or not at all?

- ☐ veliko,
- ☐ umereno
- ☐ malo,
- ☐ nimalo.

Da li želite još nešto da mi kažete ili želite da odgovorite na neka pitanja?

---

---

---

To su sva pitanja koja imam. Još jednom vam hvala što ste učestvovali u ovoj veoma važnoj studiji.

U drugom krugu anketiranja, posle uvedenih mera, anketirane su iste osobe sa malim izuzetkom pacijenata, kod kojih je došlo do izmene (nekim pacijentima je završeno bolničko lečenje). Broj pitanja je izmenjen u odnosu na prvu anketu i to: 4 pitanja vezana za podatke o ispitanicima su ostala ista, a broj pitanja koji se odnose na stavove i mišljenja o buci je smanjen na 5.

## **b) Sadržaj ankete posle uvođenja mera**

Molimo koristite plavu ili crnu olovku, ako je dostupna.

**Deo ankete koji se odnosi na ispitanika:**

1. Kog ste pola? - Gender

- ☐ Muško  
☐ Žensko

2. Koje godine ste rođeni? - Age

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
| Y | Y | Y | Y |

3. Koji je najviši nivo škole koju ste završili ili najviši stepen koji ste stekli? –  
Education (none, primary school, high school, faculty, college, master, doctor of science)

- ☐ Nisam završio osnovnu školu  
☐ Završio sam osnovnu školu  
☐ Završio sam srednju školu  
☐ Završio sam višu školu  
☐ Završio sam visoku školu  
☐ Završio sam master  
☐ Završio sam doktorat  
☐ Ne želim da odgovorim

4. Razlog boravka na aerodromu, odnosno u bolnici ili školi? - The reason for staying  
at the airport, i.e. in the hospital or school (employee, patient or pupil)

- ☐ zaposlen  
☐ pacijent  
☐ učenik

**Deo ankete koji se odnosi na stavove i mišljenja vezanih za buku:**

2. Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice? - On a scale of 1 to 5, how much  
does the noise of the aircraft bother you?

☐

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

 Ne znam

3. Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do  
5, koliko vam buka smeta? - Thinking about the noise in the airport building, i.e. in the hospital  
or school, on a scale from 1 to 5, how much does the noise bother you?

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

  
☐ Ne znam

4. Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća? - What is your subjective feeling, when the noise of the aircraft is the greatest?

- ☐ Pri taksiranju do PSS
- ☐ Pri poletanju
- ☐ Pri sletanju
- ☐ Drugo, navedi kada\_\_\_\_\_.

7. Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina? - What do you think, will the total noise emission of aircraft increase, decrease or remain approximately the same in the next few years?

- ☐ povećavati će se,
- ☐ smanjiti će se,
- ☐ ostaće približno ista,
- ☐ ne znam.

11.Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako? What do you think, could aircraft noise reduction be large, moderate, small, or not at all?

- ☐ veliko,
- ☐ umereno
- ☐ malo,
- ☐ nimalo.

Da li želite još nešto da mi kažete ili želite da odgovorite na neka pitanja?

---

---

---

To su sva pitanja koja imam. Još jednom vam hvala što ste učestvovali u ovoj veoma važnoj studiji.

## 5.4 Odabir korektivnih mera za smanjenje buke

Buka aviona je značajan izazov za životnu sredinu i u rešavanju ovog problema presudnu ulogu imaju aerodromi koji mogu da olakšaju koordinaciju između svih aktera, što za rezultat ima adekvatan odabir i implementaciju najprikladnijih mera za ublažavanje buke baziranu na posebnim lokalnim okolnostima i potrebama stanovništva. Aerodromi imaju važnu ulogu i u sprovođenju usvojenih korektivnih mera. Osim što transparentna i redovna komunikacija sa okolnim stanovništvom rezultuje smanjenjem buke aviona, ona ima i svoju dodatnu vrednost po pitanju poboljšanja poverenja. Jedan je od najuspešnijih primera takvog angažovanja je “Forum dijaloga” vezan za aerodrom u Beču, koji uključuje zajednice u odlučivanje o buci.

Za posmatrani aerodrom Mitiga u skladu sa rasporedom okolnih objekata, a u cilju smanjenja buke u posmatranom području oko aerodroma, a posebno na lokacijama samog aerodroma, vojne bolnice i osnovne škole Halima Al Saadia, donešena je odluka da se primene sledeće mere:

### **1. Tehnike upravljanja letom:**

- *Izmena procedura u odlasku:* Izmena ove procedure je izabrana, jer je to faza leta u kojoj motori rade većom snagom. Pre uvođenja mera avioni su poletali brzinom Toga N1 koju obezbeđuje CFM56-5B motor sa 92.8% max snage i brzinom FLXN1 sa 83% snage motora. U dogovoru sa kontrolom leta i pilotima, a u skladu sa “Libyan Civil Aviation Regulation – Air Operations 2019.” [109], usvojeno je da avioni poleću brzinom FLXN1 sa 83% i FLXN1 sa 80% snage motora CFM56-5B. Ovaj operativni postupak penjanja vazduhoplova, u prvom segmentu koristi standardni potisak za poletanje, gde su zakrilca u položaju za poletanje. Zatim se prelazi na drugi segment, u kome se potisak koristi za penjanje, brzina se u prvom delu ovog segmenta povećava dok zakrilca nisu pod 0° u položaju za poletanje, a u drugom delu brzina se povećava za 19 km/h i zakrilca su uvučena. U sledećem segmentu potisak se koristi za penjanje, zakrilca su uvučena, brzina se povećava na 465 km/h i na toj vrednosti se održava počev od visine od 3000 metara. Kod ovog postupka se zakrilca i stajni trap izvlače kasnije nego kod standardnog sletanja, što rezultuje smanjenjem otpora u fazi sletanja, a samim tim i smanjenjem buke. Ovaj postupak se naziva i “Procedura malog otpora – malog potiska”. Ovi postupci se razlikuju kod različitih tipova vazduhoplova i zavise od mase aviona, brzine i pravca vetra, spoljašnje temperature i atmosferskog pritiska u posmatranom trenutku, pa je određivanje idealne putanje obavljeno uz konsultacije i saradnju osoblja kontrole leta i kabinskog osoblja. Značajna prednost izabranog postupka je smanjenje nivoa buke i smanjenje potrošnje goriva, koje opet utiče na smanjenje emisija štetnih gasova.

- *Izmena procedura u dolasku:* Izmena procedura pri sletanju je izabrana, jer je u ovoj fazi leta velika buka mehanizacije. Iskorišćena je mogućnost da se promenom brzine prilaza menja nivo generisane buke. Snaga motora pri sletanju je ostala na 38%, ali je brzina aviona smanjena na najmanju moguću, koliko su piloti iz bezbednosnih razloga mogli da smanje brzinu prilaza, u skladu sa “Libyan Civil Aviation Regulation – Air Operations 2019”. [109] U ovim slučajevima se koristi prilaz kod koga se odgađa sam početak spuštanja i na taj način se omogućava spuštanje sa visine krstarenja do tačke presecanja linije prilaza pod odgovarajućim uglom za završni prilaz. Ovo rezultuje snižavanjem nivoa buke i snižavanjem potrošnje goriva, a u skladu sa tim i smanjenjem emisije štetnih gasova. Ovaj način je bitan u slučaju kada se

aerodrom nalazi u blizini naselja kao što je to slučaj aerodroma Mitiga. Ovakav prilaz se može koristiti za sve tipove vazduhoplova i sve tipove aerodroma, pod uslovom da je osoblje pravilno obučeno za njegovu primenu, što je ovde bio slučaj.

*-Promena smer a sletanja i poletanja:* Nakon obavljenih razgovora sa kolegama na aerodromu i kontrolorima leta u kontrolnom tornju, dobijen je pozitivan odgovor na zahteve da se promeni pravac poletanja i sletanja, tako da poletanje bude suprotno od pravca bolnice i škole, a takođe i sletanje u drugom smeru, kako bi avioni koristili najmanju moguću brzinu i snagu motora. Smer poletanja i sletanja je promenjen u skladu sa brzinom i smerom vetra, koji predstavljaju glavne faktore u određivanju koje se piste koriste na civilnim i vojnim aerodromima, i u kom smeru avioni mogu sigurno da sleću i poleću.

**2.Planiranje i upravljanje zemljištem:** Od mnogobrojnih mera koje se sprovode u svetu, vazano za planiranja i upravljanja zemljištem, s obzirom da se nije moglo uticati na planiranje namene prostora oko već postojećeg aerodroma, izabrane su sledeće mere:

- 1.- Postavljanje barijera između Osnovne škole Halima Al Saadia i PSS. Barijera je izgrađena u vidu zida na udaljenosti 26m od škole, dužine 825m, visine 4m i debljine 40cm.
- 2.- Postavljanje barijera između vojne bolnice i PSS. Barijera je izgrađena u vidu zida od aluminijuma na udaljenosti od 232 m bolnice, dužine 750m, visine 2m i debljine 2mm.

## **5.5 Procena i predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem na međunarodnom aerodromu Mitiga**

Svrha ovog dela istraživanja je procena i smanjenje nivoa buke nakon uvođenja određenih korektivnih mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga (Tripoli) u Libiji, u cilju prezentovanja distribucije nivoa buke u oblasti istraživanja i markiranja najkritičnijih gridova korišćenjem različitih GIS tehnika. Zatim je tehnika veštačkih neuronskih mreža (MLP) primenjena u cilju procene pouzdanosti predviđanja nivoa buke generisane vazдушnim saobraćajem.

U ovom delu disertacije za procenu predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem na međunarodnom aerodromu Mitiga korišćen je Geografski informacioni sistem (GIS) za grafičku interpretaciju najzagađenijih oblasti, na osnovu izmerenih nivoa buke (Lden), pre i nakon uvođenja korektivnih mera i kreiranjem mapa distribucije. Grafički prikaz ovih rezultata u GIS-u omogućen je primenom Inverse Distance Weighting (IDW) tehnike interpolacije. Prema Ghogh Nejad i dr. [110], IDW metoda interpolacije bolje prezentuje srednje vrednosti izmerenih nivoa buke, u odnosu na Kriging metodu koja je korišćena za generisanje mape zasnovane na maksimalnim vrednostima izmerenih nivoa buke. Iz tog razloga, u ovom istraživanju je korišćena IDW tehnika interpolacije.

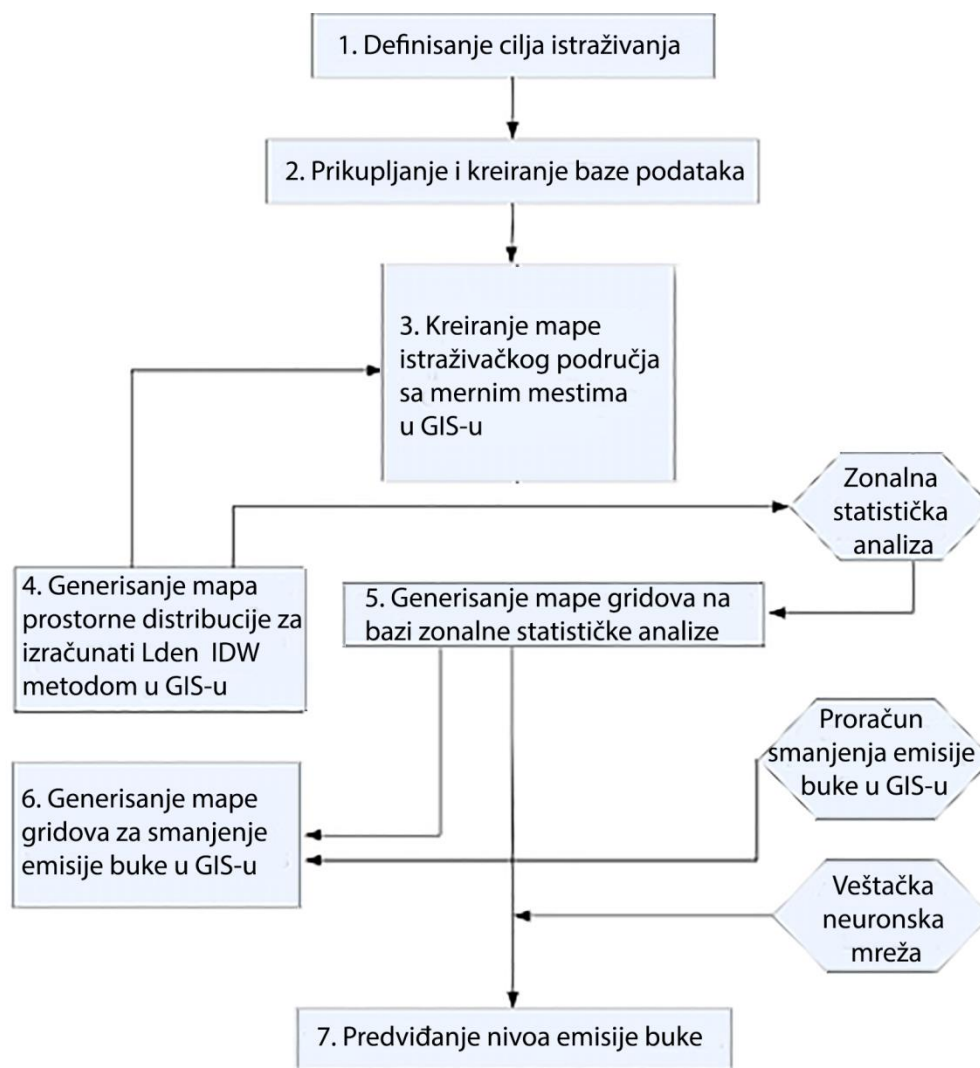
Za procenu pouzdanosti predviđanja nivoa buke generisane vazдушnim saobraćajem takođe su korišćene veštačke neuronske mreže (ANNs). Mansourkhaki i dr. [111], smatraju da

se veštačke neuronske mreže (ANNs) vrlo uspešno mogu koristiti umesto tradicionalnih metoda analize i modeliranja podataka, a Genaro i dr. . [112], su u svom istraživanju došli do zaključka da ANN sistem sa većom preciznošću predviđa gradsku buku, u odnosu na druge modele. To je bio razlog zbog čega su ANNs korišćene za procenu pouzdanosti predviđanja nivoa buke generisane vazдушnim saobraćajem.

### **5.5.1 Materijali i metode**

Kreiran je model procene, smanjenja i predviđanja emisije buke kako bi se omogućilo što efikasnije upravljanje ovim zagađivačem životne sredine. Model se sastoji od sedam koraka (Slika 5.3).

Prvi korak je bio definisanje cilja istraživanja – procena, smanjenje i predviđanje emisije buke koju izazivaju avioni. Drugi korak je prikupljanje i kreiranje skupova podataka – u ovom koraku merene su emisije buke na tri lokacije u okviru istraživačkog područja, pre i posle uvođenja mera za smanjenje emisije buke koju generiše vazdušni saobraćaj. Treći korak je kreiranje granične mape proučavanog područja i tabele atributa svih merenih tačaka u GIS-u – u ovom koraku je kreirana baza podataka u GIS-u koja sadrži sve potrebne podatke o mernim tačkama i izmerenoj emisiji buke (Lday, Levening, Lnight i Lden) pre i posle primene mera smanjenja. Četvrti korak je bio generisanje mapa prostorne distribucije za izračunati Lden korišćenjem IDW metode u GIS-u – u ovom koraku je korišćena IDW metoda u GIS-u za kreiranje mapa interpolacije istraživačkog područja sa mernim tačkama, kako bi se grafički prikazala raspodela emisije buke pre i nakon uvođenja određenih korektivnih mera. Peti korak je bio generisanje mape gridova na osnovu analize zonalne statistike – u ovom koraku je istraživano područje podeljeno na 16 mreža (4x4) i zonalna statistika je primenjena na podatke pre i posle uvođenja određenih mera. Šesti korak je bilo generisanje mape gridova za smanjenje emisije buke u GIS-u – rezultati zonalne statistike su korišćeni za izračunavanje nivoa buke u svakom kontrolnom gridu, pre i posle primene mera smanjenja, na osnovu kojih je izvršeno mapiranje gridova prema nivou zagađenja bukom. Konačno, sedmi korak je bio predviđanje nivoa emisije buke – u ovom koraku je korišćena metoda ANN za procenu pouzdanosti predviđanja nivoa buke u oblasti istraživanja.



Slika 5.3. Procena emisije buke i model predviđanja

### ***Oblast istraživanja***

Oblast istraživanja je međunarodni aerodrom Mitiga u Tripoliju, u Libiji ( $13^{\circ}16'40''E$ ,  $N32^{\circ}53'40''N$ , nadmorska visina 11 m) (Sl. 5.4). Ovaj aerodrom se nalazi u Tripoliju, glavnom gradu Libije. Avioni koji saobraćaju na ovim rutama su: Airbus 320, Airbus 319, Airbus 321, Airbus 332, Boing 738, Boing 734, CRJ9 i ERJ145. Pista ima asfaltnu površinu i dužinu od 3400 m. U blizini aerodroma nalaze se vojna bolnica Mitiga ( $13^{\circ}16'08''E$ ,  $32^{\circ}54'25''N$ , nadmorska visina 10 m) i osnovna škola Halima Al Saadia ( $13^{\circ}16'12''E$ ,  $32^{\circ}53'29''N$ , nadmorska visina 11 m).

U periodu merenja nivoa buke u proseku je bilo oko 43 sletanja i poletanja dnevno. Merenje nivoa buke obavljeno je u periodu od juna do avgusta 2021. godine, a analizirani su slučajevi gde su avionici imali približno istu snagu motora. Faza 1 je bila od 1. juna do 15. jula 2021. godine, a faza 2 od 16. jula do 31. avgusta 2021. Ukupan broj letova u posmatranom periodu je: 1.363 juna; jula 1.364. i avgusta 1.242.

Dakle, merenja su vršena neprekidno 3 meseca, 24 časa dnevno (osim na lokaciji škole). Merenje je obavljeno u periodu od 1. juna do 31. avgusta 2021. godine, jer je uočeno da je u tom periodu, iako frekvencija saobraćaja nije bila najveća u 2021. godini, bila najveća prethodnih godina. Dugotrajnije merenje nije bilo moguće sprovesti, jer je ovo istraživanje sprovedeno samo u okviru izrade doktorske disertacije studenta. Kao rezultat, dobijene vrednosti  $L_{den}$  su konzervativnije i veće od stvarnih. Nivo buke je meren sa tri senzora istog tipa, koji su postavljeni na lokacijama M1, M2 i M3 (sl. 5.4).

S obzirom da vazдушna buka utiče na zdravlje ljudi koji žive u blizini aerodroma, jer utiče na poremećaje sna, kardiovaskularne bolesti, uključujući hipertenziju, izmenjene kognitivne sposobnosti kod dece, prevremeni porođaj, hormonske poremećaje [113, 114, 115] i veći rizik od metaboličkog sindroma [116], ideja istraživanja je bila da se utvrdi nivo buke u prostoru koji bi obuhvatao ove tri lokacije i da se sprovedu mere za smanjenje nivoa buke u skladu sa rezultatima merenja, čiji bi efekat bio određen novim setom merenja buke, na istim lokacijama.



Slika 5.4. Međunarodni aerodrom Mitiga sa mernim mestima

### ***Merenje nivoa buke***

Tokom tromesečnog perioda (od juna do septembra 2021.) mereni su nivoi buke na tri lokacije u blizini praga piste 10 ( $13^{\circ}16.22'E$ ,  $32^{\circ}53.75'N$ ) (sl. 5.4):

- M1 (merno mesto 1) – na aerodromu Mitiga, gde se nalazi osoblje aerodroma, na udaljenosti od oko 1500 m od praga piste 10 ( $13^{\circ}16'40''E$ ,  $32^{\circ}53'40''N$ ),
- M2 (merno mesto 2) – u vojnoj bolnici Mitiga, koja je na udaljenosti od 1225 m od praga piste 10 ( $13^{\circ}16'08''E$ ,  $32^{\circ}54'25''N$ ) i
- M3 (merno mesto 3) – osnovna škola Halima Al Saadia, koja je na 550 m od praga piste 10 ( $13^{\circ}16'12''E$ ,  $32^{\circ}53'29''N$ ).

Merenje nivoa buke na sve tri lokacije urađeno je za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji stvaraju visok nivo buke). Takođe, merenja su vršena u dve faze: (1) pre uvođenja mera za smanjenje buke i (2) nakon uvođenja mera za smanjenje buke.

Ove mere su sprovedene kao test za istraživanje koje je trajalo od 16. jula do 31. avgusta 2021. U tom cilju, aerodromske vlasti su izgradile barijere od cigle i aluminijuma. U uvođenju mera učestvovala su sve avio-kompanije koje su koristile aerodrom u navedenom periodu, kao i ATC (kontrola letenja).

Za merenje nivoa buke korišćen je Impulsni precizni merač nivoa zvuka B&K 2209, proizvođača Brüel&Kjær, a merenje je vršeno tokom tri perioda, u dnevnim časovima (Lday), u večernjim časovima (Levening) i noću (Lnight) na aerodromu i u bolnici, dok je na lokaciji škole merenje vršeno samo tokom dva perioda u dnevnim i večernjim časovima (merenje noću nije rađeno, jer je škola noću zatvorena).

### **Metodologija**

Jedan od ciljeva ovog rada je da se pomoću GIS metodologije utvrdi prostorna distribucija 24-časovne emisije buke (Lden) koju generiše vazdušni saobraćaj na aerodromu Mitiga (Tripoli, Libija), kako bi se identifikovali nivoi zagađenja bukom u odnosu na lokaciju vojne bolnice Mitiga i osnovne škole Halim Al Saadia koja se nalazi u blizini ovog aerodroma. S obzirom na to da je buka merena na tri merna mesta, tokom dana, večeri i noći, 24-časovne emisije buke (Lden) su morale da se izračunaju primenom „sledeće formule [117, 118]:

$$L_{den} = 10 \log_{24} \left( 12 \cdot 10^{0.1 \cdot L_d} + 4 \cdot 10^{0.1 \cdot (L_e + 5)} + 8 \cdot 10^{0.1 \cdot (L_n + 10)} \right) \quad (5.1)$$

gde su:

- $L_d$  A-ponderisani dugoročni prosečni nivo zvuka određen tokom svih dnevnih perioda u godini,
- $L_e$  A-ponderisani dugoročni prosečni nivo zvuka određen tokom svih večernjih perioda u godini, i
- $L_n$  A-ponderisani dugoročni prosečni nivo zvuka određen tokom svih noćnih perioda u godini” [117, strana 252].

Mihajlov i Prascevic [117] su koristili indikatore buke  $L_d$ ,  $L_e$  and  $L_n$  kako bi prikazali dnevne, večernje i noćne nivoe buke (Lday, Levening i Lnight).

Grupa za razvoj smernica (Guideline Development Group - GDG) Svetske zdravstvene organizacije (SZO) predložila je da nivo buke koju proizvode avioni treba da se smanji na nivoe ispod 45 dB  $L_{den}$  i 40 dB  $L_{night}$  tokom noći jer može imati negativan uticaj na zdravlje i san [119]. GDG je takođe izrazio svoje poverenje u činjenicu da izlaganje nivoima buke ispod 45 dB  $L_{den}$  može dovesti do povećanog rizika od uznemiravanja [119]. Primetili smo da su ove granične vrednosti za oko 10 dB niže od graničnih vrednosti u zemljama članicama EU, pa smo

povećali granične vrednosti SZO za Lden i Lnight za 10 dB i sproveli ovo istraživanje sa graničnom vrednošću Lden=55 dB i Lnight =50 dB.

Buka na lokaciji škole je merena samo tokom dana i uveče, jer škola ne radi noću, pa je pri izračunavanju Lden vrednosti za datu lokaciju za Lnight uzeta u obzir granična vrednost od 50 dB. Na učenike ne utiče buka tokom noći, jer je škola zatvorena, ali utiče na ljude koji žive u blizini škole. S obzirom da je cilj našeg istraživanja bio da procenimo uticaj buke na učenike koji pohađaju školu u blizini aerodroma Mitiga, a ne na ljude koji žive u blizini, nismo vršili merenje buke tokom noći na mernom mestu M3, već smo pretpostavili da je u noćna buka u okviru granične vrednosti (50 dB), a analiza osetljivosti je pokazala da se rezultati za Lden ne bi mnogo razlikovali u slučaju da su vrednosti za Lnight jednake 0 dB. Osim toga, u stvarnosti vrednost spoljne buke noću nikada nije 0 dB. Zbog toga smo koristili graničnu vrednost za Lnight=50 dB. Mada, ako bi se buka merila u noćnom periodu na mernom mestu M3, vrednosti bi sigurno bile veće od 50 dB, kao i izračunate vrednosti Lden.

Pretpostavljalo se da će buka na mernom mestu M3 noću biti veća od 50 dB jer se nalazi blizu piste, a nivo buke izmeren na mernom mestu M2 koje je najudaljenije od piste, pre i posle uvođenja korektivnih mera, bio je veći od 50 dB. Takođe, dobro je poznata činjenica da se buka smanjuje povećanjem udaljenosti. Analiza osetljivosti je urađena posebno za rezultate merenja pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke. Vrednost za merno mesto M3 noću je povećana za 10 i 20% da bi se dobila vrednost za Lnight najbliža srednjoj vrednosti buke izmerenoj na mernom mestu M2 noću koja je prema rezultatima u tabeli 6.2. iznosila 58,04 dB. Rezultati su pokazali da bi u ovom slučaju vrednosti za Lnight bile 55 dB (povećane za 10%), odnosno 60 dB (povećane za 20%), a izračunate srednje vrednosti za Lden bile bi 70,78 dB odnosno 71,80 dB. Ista analiza je urađena i za merenja nakon primene mera za smanjenje buke. Međutim, pošto je srednji nivo buke na mernom mestu M2 noću (tabela 6.3) u ovom slučaju iznosio 51,34 dB, bilo je potrebno povećati buku na mernom mestu M3 noću za 2,5 i 5%, čime bi nove vrednosti za Lnight biti 51,25 dB (povećane za 2,5%) i 52,5 dB (povećane za 5%). Nove izračunate srednje vrednosti Lden za merno mesto M3 bile su 58,64 dB i 59,45 dB, respektivno. Kao što se može videti, analiza osetljivosti je pokazala da će povećanjem vrednosti Lnight i vrednosti Lden biti veće. Međutim, uticaj povišenih vrednosti Lnight na srednje vrednosti Lden na mernoj tački M3 neće biti toliko značajni, što se može videti poređenjem sa rezultatima za izračunate srednje vrednosti Lden na mernom mestu M3 (Tabele 6.2 i 6.3).

### ***Geografski informacioni sistem (GIS)***

Na slici 5.4 prikazana je mapa sa tri lokacije na kojima je merena buka (merne tačke M1, M2 i M3). Ova mapa je kreirana u GIS-u, korišćenjem softverskog paketa QGIS (verzija 3.6). Pošto GIS ima odlične mogućnosti za prostorne analize [120, 121], korišćen je za kreiranje slojeva koji sadrže sve potrebne informacije za segmentiranje gridova na osnovu granica istraživačke oblasti. Područje istraživanja sastojalo se od mreže 4x4 grida koja pokriva površinu od 5,968 kvadratnih kilometara. Takođe se razmatralo da se oblast podeli na veći broj gridova, ali se rezultati nisu značajno razlikovali. Da bi se generisali nivoi buke po gridovima,

izmerene vrednosti buke ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  i  $L_{night}$ ) su korišćene za izračunavanje 24-časovne buke ( $L_{den}$ ) merene na tri lokacije i ovi rezultati su zatim korišćeni u zonalnoj statistici u GIS-u. Prostorna distribucija emisije buke izračunata je metodom interpolacije IDW za prethodno izračunate vrednosti  $L_{den}$  za sva tri merna mesta.

Metoda interpolacije IDW [122] je korišćena u ovoj studiji za prikaz prostorne distribucije [123] emisije buke. IDW metoda generiše mape koje nude vredne informacije u cilju praćenja nivoa buke, čak i kada je dostupan samo mali broj mernih mesta [124]. Ovo je jedna od najjednostavnijih metoda zasnovana na pretpostavci da se vrednost u nekompresovanoj tački može aproksimirati kao ponderisani prosek vrednosti unutar tačaka na određenim rastojanjima ili iz datog broja najbližih tačaka (obično 10 do 30) [125]. Težine su obično obrnuto proporcionalne udaljenosti [117], što dovodi do procene na neodređenoj lokaciji. Stoga se interpolacija izračunava na sledeći način [126]:

$$F(r) = \sum_{i=1}^m w_i z(r_i) = \frac{\sum_{i=1}^m z(r_i) |r - r_i|^p}{\sum_{j=1}^m 1/|r - r_j|^p} \quad (5.2)$$

gde  $m$  predstavlja broj najbližih tačaka,  $r$  lokaciju, a  $p$  predstavlja parametar.

Nakon primene metode interpolacije IDW i kreiranja mapa prostorne distribucije [127] emisije buke i dobijenih prosečnih  $L_{den}$  vrednosti po gridovima, korišćenjem zonalne statistike kao tabelarne alatke u GIS-u, izračunata su odstupanja od granične vrednosti u svakom gridu, uz pretpostavku da je granična vrednost za  $L_{den}$  je 55 dB.

### ***Veštačke neuronske mreže (ANNs)***

Kako bi se procenila pouzdanost predviđanja nivoa buke korišćena je tehnologija veštačkih neuronskih mreža (ANNs) [128]. Ova tehnika je korišćena u okviru softverskog paketa SPSS (verzija 20) i tom prilikom je korišćena MLP struktura neuronske mreže kao jedna od najčešće korišćenih ANNs. MLPs uključuju ulazni lejer, skrivene lejere i izlazni lejer, a u ovom istraživanju korišćeni su za predviđanje varijacija nivoa buke. Svaki MLP imao je po jedan izlaz ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  ili  $L_{den}$ ) i tri inputa (snagu motora, udaljenost od PSS i obim aviosaobraćaja) koji su iskorišćeni za identifikovanje razlika između lokacija na kojima je obavljeno merenje buke. Tokom faze treninga, korpus je organizovan na način koji je usklađen sa računskim zahtevima algoritama. Ovo omogućava modelu da uči iz svog iskustva na osnovu pokušaja i grešaka.

Da bi se obezbedio sveobuhvatan trening, skup podataka je podeljen u tri segmenta, pa je pri definisanju MLP-ova utvrđeno da će 70% uzorka biti slučajni odabir za trening, odnosno kalibracioni model, 20% za testiranje i 10% za validaciju modela. Odnos 70:20:10 koristili su i drugi autori poput Zhang i dr. [129], Kovsher i dr. [130] i Karpathi i dr. [131]. Kako Kovsher i dr. [130] su naveli da je segment treninga, koji čini 70% skupa podataka, korišćen za trening modela. Faza testiranja je uključivala korišćenje preostalih 20% skupa podataka kao namenskog skupa za testiranje za procenu performansi modela [130]. Na kraju, 10% je

izdvojeno za validaciju, pomažući modelima u proceni sopstvenog učinka i omogućavajući iterativna poboljšanja tokom procesa treninga [130]. Skup podataka za obuku za ANN može imati bilo koji broj skrivenih slojeva, koji takođe mogu imati bilo koji broj neurona [132]. Dok zbir kvadratne greške šablona za obuku ne dostigne minimum, obuka se izvodi. MLP analiza u ovom istraživanju urađena je na osnovu 198 uzoraka (za trening, testiranje i validaciju) za sve izlaze osim za Lnight (132 uzorka) jer merenje nije vršeno u noćnom periodu. Da bi se procenilo koliko dobro ANN modeli rade u smislu preciznosti, korišćeni kriterijum je koren prosečne kvadratne greške (RMSE). RMSE se izračunava korišćenjem sledeće jednačine [133]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (5.3)$$

gde je  $O_i$  izmerena vrednost, a  $P_i$  je proračunata vrednost. Parametar  $n$  predstavlja broj podataka.

### ***Višestruka linearna regresiona analiza***

MLR metoda je takođe korišćena u predviđanju nivoa zagađenja bukom na međunarodnom aerodromu Mitiga u Tripoliju, kako bi se uporedili rezultati postignuti ANN metodom sa drugim tradicionalnim modelom kao što je MLR.

Jednačina višestruke linearne regresije za  $k$  varijabli korišćena za izračunavanje nivoa zagađenja bukom u istraživanju je bila [134]:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + e_i \quad (5.4)$$

gde su:

$y_i$  zavisne varijable, t.j. nivoi buke ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  and  $L_{den}$ );

$\beta_1$ ,  $\beta_2$  i  $\beta_k$  su koeficijenti regresione jednačine;

$\beta_0$  je presek sa  $y$ -osom (vrednost  $y$  kada su ostali parametri 0);

$x_i$  su vrednosti nezavisne varijable (udaljenost od piste - runway distance (RD), obim vazdušnog saobraćaja - air traffic volume (ATV) i snaga motora - engine power (EP));

$e_i$  je greška modela.

## **6 REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DELA ISTRAŽIVANJA PO FAZAMA ISTRAŽIVANJA**

Rezultati merenja buke za fazu 1, na mernom mestu M1 - aerodrom, pre uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 1.

Rezultati merenja buke za fazu 1, na mernom mestu M2 - vojna bolnica, pre uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 2.

Rezultati merenja buke za fazu 1, na mernom mestu M3 - Osnovna škola Halima Al Saadia, pre uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 3.

Rezultati merenja buke za fazu 4, na mernom mestu M1 - aerodrom, posle uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 4.

Rezultati merenja buke za fazu 4, na mernom mestu M2 - vojna bolnica, posle uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 5.

Rezultati merenja buke za fazu 4, na mernom mestu M3 - Osnovna škola Halima Al Saadia, posle uvođenja mera za smanjenje buke su dati u Prilogu 6.

### **6. 1. Rezultati i diskusija rezultata merenja buke na odabranim lokacijama**

Rezultati dobijeni merenjem buke pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke na aerodromu Mitiga su dati u tabeli 6.1.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M1-aerodrom, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 29.46%, 31,49% i 28.66%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 27.73%, 29.19% i 26.56%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 24.21%, 25.12% i 22.58%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M2-vojna bolnica, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 19.01%, 20,56% i 14.63%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 13.65%, 15.68% i 14.26%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 8.08%, 11.63% i 4.62%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je smanjenje nivoa buke na mernom mestu M3-osnovna škola Halima Al Saadia, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje i poslepodnevne sate iznosi 22.61% i 25.47%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 24.27% i 24.25% respektivno. U režimu

sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 15.46% i 19.99%, respektivno.

Deskriptivna statistika za sve izmerene vrednosti emisije ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ ) buke pre uvođenja korektivnih mera na sve tri merne lokacije prikazana je u tabeli 6.2, a nakon uvedenih mera za smanjenje buke u tabeli 6.3.

Vrednost za Skewness, kao meru asimetrije, za merna mesta pre uvođenja mera je 0.251, a nakon uvođenja mera 0.565, što znači da postoji horizontalna distorzija koja pokazuje da je distribucija emisije buke ispitivanog područja asimetrična.

Istovremeno, vrednosti za Kurtosis, kao meru zaobljenosti, imaju negativne vrednosti, što ukazuje na vertikalnu distorziju i veću spljoštenost. Ovo znači da emisije buke imaju i light-tailed distribuciju sa lakšim ili tanjim repom, što znači da se brže približava nuli.

Histogrami, kao grafička prezentacija uzoraka sa velikim brojem podataka, omogućavaju brzo uočavanje tipa raspodele i pogodni su za identifikaciju odstupanja. Dobijeni histogrami raspodele niza frekvencija nam pokazuju koji omer posmatranih frekvencija pripada većem broju intervala frekvencije koji se ne preklapaju. Oni mogu da posluže kao alat za brzo posmatranje trendova u populaciji, kako bi statističari, zakonodavci i organizatori zajednice mogli da odrede najbolji način delovanja koji će uticati na većinu ljudi u datoj populaciji.

Na slikama 6.1 do 6.8. su dati histogrami frekvencija za  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ , pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke. Iz dobijenih histograma je uočljivo da postoje odstupanja od normalne raspodele.

Vrednosti frekvencija su date u Prilogu 9 u tabelama 11.48-11.51 pre uvođenja mera i u tabelama 11.52-11.55 posle uvođenja mera za smanjenje buke.

Tabela 6.1. Rezultati eksperimentalnog dela istraživanja – merenje buke na lokacijama aerodroma, vojne bolnice i osnovne škole, pre i posle uvođenja mera

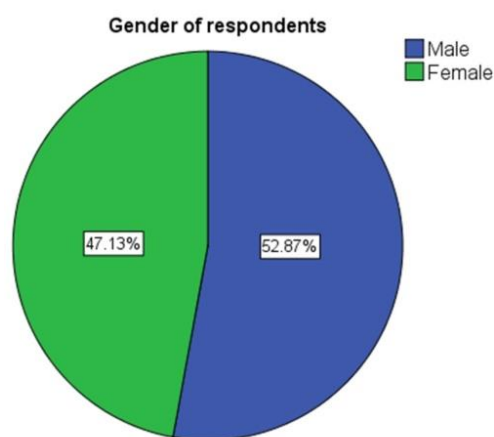
| <b>AERODROM - Izmereni nivo buke (dB)</b>      |                                      |       |       |                                    |      |      |                                 |      |      |                                       |       |       |                                    |       |       |                                 |       |       |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|---------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                                                | Pre uvođenja mera za smanjenje buke  |       |       |                                    |      |      |                                 |      |      | Posle uvođenja mera za smanjenje buke |       |       |                                    |       |       |                                 |       |       |
| Brzina                                         | Toga N1: 92.8% MAX<br>CFM56-5B Motor |       |       | FLXN1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor |      |      | Prilaz N1 38%<br>CFM56-5B Motor |      |      | FLX N1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor   |       |       | FLXN1 80% Prosek<br>CFM56-5B Motor |       |       | Prilaz N1 38%<br>CFM56-5B Motor |       |       |
| Period dana                                    | J                                    | PP    | N     | J                                  | PP   | N    | J                               | PP   | N    | J                                     | PP    | N     | J                                  | PP    | N     | J                               | PP    | N     |
|                                                | 80.2                                 | 83.3  | 80    | 76.2                               | 78.6 | 75.2 | 70                              | 71   | 70   | 57                                    | 57.1  | 56.6  | 55                                 | 55    | 55    | 54                              | 54    | 54    |
|                                                | 80.3                                 | 83.3  | 79.6  | 76.2                               | 78.5 | 75.3 | 70                              | 71.5 | 70   | 57                                    | 57.2  | 57    | 55.2                               | 55.25 | 55.1  | 54.1                            | 54.12 | 53.5  |
|                                                | 81.8                                 | 83.6  | 80.7  | 75.8                               | 77.8 | 74.8 | 69.4                            | 71.3 | 69.6 | 57.2                                  | 57.25 | 57.1  | 55.25                              | 55.25 | 55.2  | 54.15                           | 54.2  | 53.4  |
|                                                | 81.6                                 | 82.12 | 80.5  | 75.7                               | 77.9 | 74.9 | 70.8                            | 71.8 | 69   | 57.2                                  | 57.25 | 57.2  | 55.25                              | 55.25 | 55.2  | 54.2                            | 54.2  | 53.4  |
|                                                | 80.7                                 | 83.9  | 81    | 76.1                               | 78.2 | 75   | 71                              | 72   | 69.3 | 57.3                                  | 57.3  | 57.2  | 55.3                               | 55.35 | 55.22 | 54.2                            | 54.25 | 53.42 |
|                                                | 80.9                                 | 84    | 81    | 76                                 | 78.3 | 75.4 | 71.9                            | 72.8 | 69.4 | 57.3                                  | 57.32 | 57.3  | 55.3                               | 55.35 | 55.25 | 54.22                           | 54.25 | 53.45 |
|                                                | 81.3                                 | 84.2  | 80.9  | 77                                 | 79   | 75.3 | 72                              | 73   | 69.1 | 57.3                                  | 57.35 | 57.3  | 55.3                               | 55.35 | 55.25 | 54.25                           | 54.25 | 53.45 |
|                                                | 81.4                                 | 84.4  | 80.2  | 77                                 | 78   | 75.3 | 72.8                            | 73.3 | 69   | 57.35                                 | 57.35 | 57.3  | 55.35                              | 55.35 | 55.25 | 54.25                           | 54.25 | 53.45 |
|                                                | 81.5                                 | 84    | 79.6  | 77.2                               | 78   | 75.2 | 73                              | 73.4 | 68.3 | 57.4                                  | 57.42 | 57.35 | 55.4                               | 55.45 | 55.25 | 54.3                            | 54.35 | 53.5  |
|                                                | 81.6                                 | 84.3  | 79    | 77.2                               | 77.6 | 75.2 | 73                              | 73.4 | 68.3 | 57.4                                  | 57.42 | 57.35 | 55.4                               | 55.45 | 55.25 | 54.3                            | 54.4  | 53.5  |
|                                                | 81.6                                 | 84.3  | 79.4  | 77.2                               | 77.5 | 75.2 | 73                              | 73.4 | 68.3 | 57.4                                  | 57.4  | 57.35 | 55.4                               | 55.45 | 55.25 | 54.3                            | 54.4  | 53.5  |
| <b>VOJNA BOLNICA - Izmereni nivo buke (dB)</b> |                                      |       |       |                                    |      |      |                                 |      |      |                                       |       |       |                                    |       |       |                                 |       |       |
|                                                | Pre uvođenja mera za smanjenje buke  |       |       |                                    |      |      |                                 |      |      | Posle uvođenja mera za smanjenje buke |       |       |                                    |       |       |                                 |       |       |
| Brzina                                         | Toga N1: 92.8% MAX<br>CFM56-5B Motor |       |       | FLXN1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor |      |      | Prilaz N1 38%<br>CFM56-5B Motor |      |      | FLX N1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor   |       |       | FLXN1 80% Prosek<br>CFM56-5B Motor |       |       | Prilaz N1 38%<br>CFM56-5B Motor |       |       |
| Period dana                                    | J                                    | PP    | N     | J                                  | PP   | N    | J                               | PP   | N    | J                                     | PP    | N     | J                                  | PP    | N     | J                               | PP    | N     |
|                                                | 65.8                                 | 67.4  | 62.3  | 60.3                               | 62.2 | 60.3 | 55.7                            | 57   | 53.2 | 53                                    | 53    | 53    | 51                                 | 51    | 51    | 50                              | 50    | 50    |
|                                                | 65.9                                 | 67.5  | 62.29 | 59.7                               | 62.1 | 59.7 | 54.9                            | 57.2 | 52.1 | 52.9                                  | 53.2  | 52.5  | 51.5                               | 51.55 | 51.2  | 50.2                            | 50.25 | 49.5  |
|                                                | 64.5                                 | 66.7  | 61.8  | 58.9                               | 61   | 58.9 | 53.8                            | 56.9 | 51   | 53.2                                  | 53.2  | 53    | 52                                 | 52    | 52    | 50.2                            | 50.25 | 49.2  |

|                                                                   |                                      |      |      |                                    |      |      |                                   |      |      |                                       |       |       |                                    |       |       |                                   |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------|------------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|---------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|
|                                                                   | 64.5                                 | 66.8 | 61.9 | 59                                 | 60.8 | 59   | 52.9                              | 56.8 | 51.8 | 53.2                                  | 53.25 | 53    | 52.2                               | 52.25 | 52    | 50.2                              | 50.25 | 49    |
|                                                                   | 65.8                                 | 67.2 | 62.4 | 59                                 | 60.7 | 59   | 53                                | 56.9 | 51.9 | 53.2                                  | 53.25 | 53.2  | 52.2                               | 52.25 | 52.2  | 50.2                              | 50.25 | 49.2  |
|                                                                   | 65.9                                 | 67.3 | 62.5 | 60                                 | 61   | 60   | 53.7                              | 57   | 52   | 53.22                                 | 53.22 | 53.22 | 52.22                              | 52.22 | 52.22 | 50.22                             | 50.45 | 49.22 |
|                                                                   | 65.9                                 | 67   | 62   | 60.8                               | 61.8 | 60.8 | 54.8                              | 57.8 | 51.9 | 53.25                                 | 53.25 | 53.25 | 52.25                              | 52.3  | 52.25 | 50.25                             | 50.5  | 49.25 |
|                                                                   | 66                                   | 66.4 | 62.3 | 61                                 | 62.6 | 61   | 55.1                              | 57.9 | 51.4 | 53.25                                 | 53.25 | 53.2  | 52.2                               | 52.3  | 52.2  | 50.2                              | 51    | 49.2  |
|                                                                   | 66                                   | 66.9 | 62.3 | 61.2                               | 63   | 61.2 | 55.9                              | 57.8 | 51.3 | 53.3                                  | 53.35 | 53.21 | 52.21                              | 52.5  | 51    | 50.25                             | 51.5  | 49.25 |
|                                                                   | 66                                   | 67   | 62.3 | 61.3                               | 63   | 61.3 | 56                                | 57.8 | 51   | 53.3                                  | 53.35 | 53.2  | 52.2                               | 53    | 51    | 50.25                             | 51.5  | 49.25 |
|                                                                   | 66.2                                 | 67   | 62   | 61.3                               | 63   | 61.3 | 56                                | 57.8 | 51   | 53.3                                  | 53.35 | 53.2  | 52.2                               | 53    | 51    | 51.25                             | 51.5  | 49.25 |
| <b>OSNOVNA ŠKOLA - Halima Al Saadia - Izmereni nivo buke (dB)</b> |                                      |      |      |                                    |      |      |                                   |      |      |                                       |       |       |                                    |       |       |                                   |       |       |
|                                                                   | Pre uvođenja mera za smanjenje buke  |      |      |                                    |      |      |                                   |      |      | Posle uvođenja mera za smanjenje buke |       |       |                                    |       |       |                                   |       |       |
| Brzina                                                            | Toga N1: 92.8% MAX<br>CFM56-5B Motor |      |      | FLXN1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor |      |      | Prilazak N1 38%<br>CFM56-5B Motor |      |      | FLX N1 83% Prosek<br>CFM56-5B Motor   |       |       | FLXN1 80% Prosek<br>CFM56-5B Motor |       |       | Prilazak N1 38%<br>CFM56-5B Motor |       |       |
| Period<br>dana                                                    | J                                    | PP   | N    | J                                  | PP   | N    | J                                 | PP   | N    | J                                     | PP    | N     | J                                  | PP    | N     | J                                 | PP    | N     |
|                                                                   | 72.8                                 | 75.2 | -    | 72                                 | 71.8 | -    | 62                                | 65   | -    | 56                                    | 56    | -     | 54.2                               | 54.21 | -     | 52                                | 52    | -     |
|                                                                   | 72.7                                 | 75.3 | -    | 71.7                               | 71.7 | -    | 61.8                              | 64.8 | -    | 56.1                                  | 56.15 | -     | 54.2                               | 54.22 | -     | 52.1                              | 52.15 | -     |
|                                                                   | 71.9                                 | 74.1 | -    | 70.9                               | 70.9 | -    | 60                                | 63.9 | -    | 56.15                                 | 56.15 | -     | 54.15                              | 54.15 | -     | 52.15                             | 52.15 | -     |
|                                                                   | 71.8                                 | 74.1 | -    | 71                                 | 70.8 | -    | 60.3                              | 64   | -    | 56.2                                  | 56.25 | -     | 54.2                               | 54.25 | -     | 52.2                              | 52.25 | -     |
|                                                                   | 72.3                                 | 75.2 | -    | 71.4                               | 71   | -    | 60.9                              | 65   | -    | 56.3                                  | 56.3  | -     | 54.3                               | 54.31 | -     | 52.2                              | 52.25 | -     |
|                                                                   | 72.4                                 | 75.2 | -    | 71.7                               | 72   | -    | 61                                | 65.6 | -    | 56.3                                  | 56.3  | -     | 54.3                               | 54.33 | -     | 52.22                             | 52.22 | -     |
|                                                                   | 73.1                                 | 76.3 | -    | 72                                 | 72   | -    | 61.9                              | 65.7 | -    | 56.35                                 | 56.35 | -     | 54.35                              | 54.35 | -     | 52.25                             | 52.25 | -     |
|                                                                   | 73.2                                 | 76.3 | -    | 72                                 | 72   | -    | 62.8                              | 65.8 | -    | 56.35                                 | 56.35 | -     | 54.35                              | 54.35 | -     | 52.25                             | 52.25 | -     |
|                                                                   | 73.2                                 | 76.4 | -    | 72                                 | 72.2 | -    | 62.7                              | 66   | -    | 56.4                                  | 56.45 | -     | 54.4                               | 54.45 | -     | 52.3                              | 52.35 | -     |
|                                                                   | 73.2                                 | 76.4 | -    | 72                                 | 72.2 | -    | 63                                | 66.2 | -    | 56.4                                  | 56.45 | -     | 54.4                               | 54.45 | -     | 52.3                              | 52.4  | -     |
|                                                                   | 73.2                                 | 76.4 | -    | 72                                 | 72.2 | -    | 63                                | 66.2 | -    | 56.4                                  | 56.45 | -     | 54.4                               | 54.5  | -     | 52.3                              | 52.4  | -     |

## 6. 2. Rezultati i diskusija anketa

### **Analiza rezultata prvog dela anketa, koji se odnosi na opšta pitanja vezana za ispitanike pre i posle uvođenja mera**

Anketirano je ukupno 157 ispitanika od toga 83 osobe muškog pola i 74 osobe ženskog pola. Od ukupnog broja anketiranih na lokaciji aerodroma anketirano je 55 ispitanika, na lokaciji vojne bolnice 50 ispitanika i na lokaciji osnovne škole Halima Al Saadia 52 ispitanika.



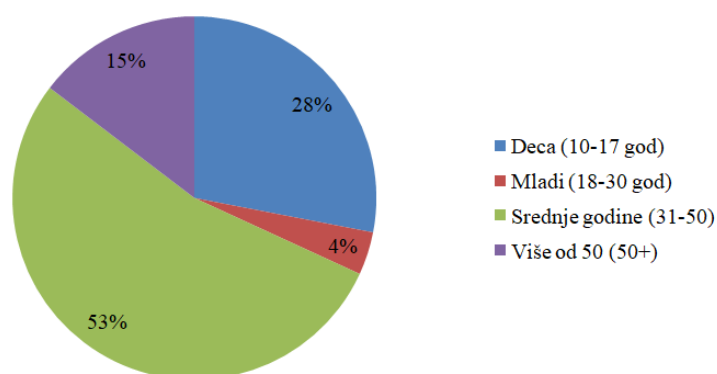
Slika 6.9. Pol ispitanika pre i posle uvođenja mera

Ispitanici su podeljeni po starosti u sledeće grupe:

- deca od 10-17 godina
- mladi od 18-30 godina
- srednje godine od 31-50 godina i
- 50<sup>+</sup> više od 50 godina.

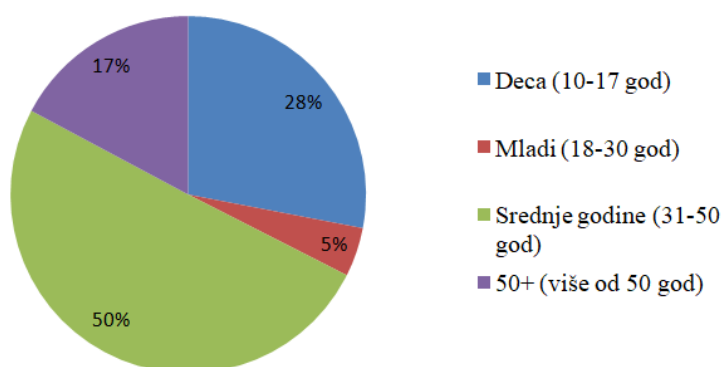
Na slici 6.10 dat je sastav ispitanika po starosti, 6.10a za anketu pre uvođenja mera, i 6.10b za anketu posle uvođenja mera. U ponovljenom anketiranju posle uvođenja mera za smanjenje buke, vodilo se računa da se anketiraju iste osobe koje su zaposlene na aerodromu, vojnoj bolnici i školi i isti učenici. Do manjih odstupanja je došlo zbog izmene pacijenata u bolnici, kao i zbog izostanka sa posla ili škole, ali za mali procenat, tako da je struktura ostala približno ista.

**Sastav grupe ispitanika po godinama anketa pre uvođenja mera**



a)

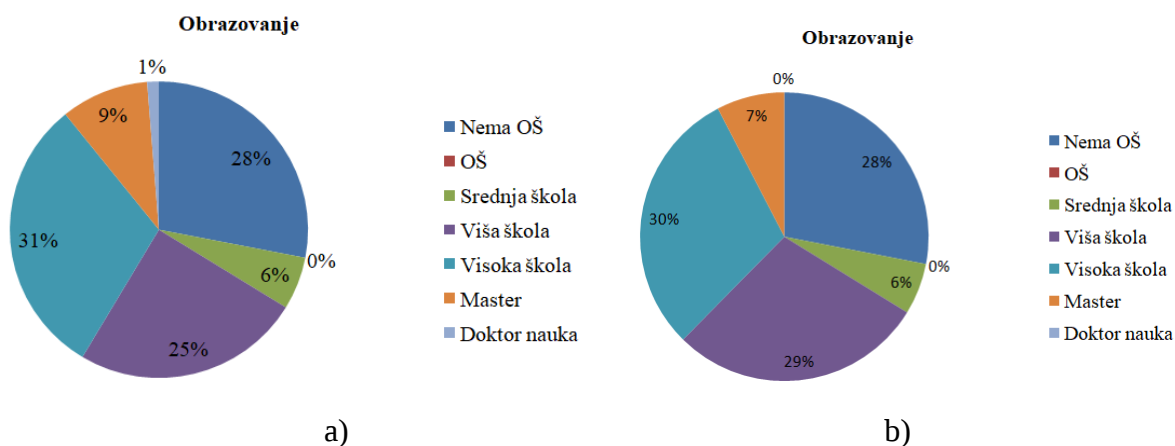
**Sastav grupe ispitanika po godinama Anketa posle uvođenja mera**



b)

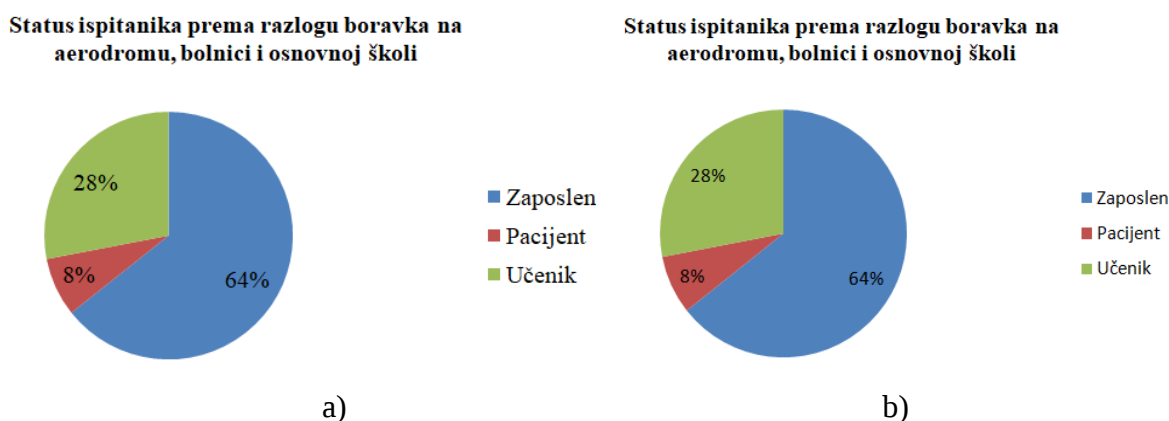
**Slika 6.10. Sastav grupe ispitanika po godinama, a) anketa pre uvođenja mera, b) anketa posle uvođenja mera**

Sastav grupe ispitanika prema obrazovanju je dat na slici 6.11 i to: 6.11a pre uvođenja mera i 6.11b posle uvođenja mera.



Slika 6.11. Sastav grupe ispitanika prema obrazovanju, a) anketa pre uvođenja mera i b) anketa posle uvođenja mera

Sastav grupe ispitanika po statusu tj. prema razlogu boravka u objektima aerodroma, vojne bolnice i osnovne škole (zaposleni, pacijenti, učenici) je ostao isti u ponovljenoj anketi nakon uvedenih mera.



Slika 6.12. Status ispitanika prema razlogu boravka na aerodromu, bolnici i osnovnoj školi, a) anketa pre uvođenja mera i b) anketa posle uvođenja mera

### Analiza rezultata drugog dela anketa, koji se odnosi na stavove o buci

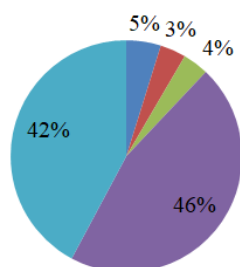
Grafički prikaz rezultata Anketa za fazu 2 (vojna bolnica, Osnovna škola Halima Al Saadia i zaposleni na aerodromu) pre uvođenja mera, a koji se odnose na drugu grupu pitanja vezanih za mišljenje i stavove ispitanika vezanih za buku na aerodromu (Q1-Q11) su dati u Prilogu 7.

Grafički prikaz rezultata Anketa za fazu 5 (vojna bolnica, Osnovna škola Halima Al Saadia i zaposleni na aerodromu) nakon uvođenja mera za smanjenje buke na aerodromu (Q2,Q3,Q4,Q7 i Q11) su dati u Prilogu 8.

Rezultati ankete su pokazali da su žene osjetljivije na buku vazduhoplova od muškaraca, (vidi slike 6.13 i 6.14) što se poklapa sa istraživanjima Bluhm et al. [51].

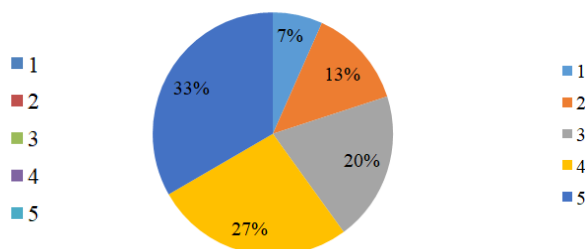
Deca su izuzetno osjetljivija na buku. Nijedan učenik na pitanje “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?” nije dao ocenu 3, 2 i 1, njih 57% je dalo ocenu 4, a 43% je dalo ocenu 5, što pokazuje visok stepen uznemirenosti bukom dece u toku održavanja redovne nastave (vidi sliku 6.15). Ovi rezultati se poklapaju sa rezultatima istraživanja Mohammad Javad Jafari et al. 2019. [82], Haines et al. [63], Stansfeld et al. [68], Clark et al. [25].

Odgovor ispitanika muškog pola na pitanje: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice'



a)

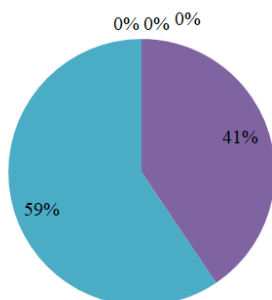
Odgovor ispitanika muškog pola na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?”



b)

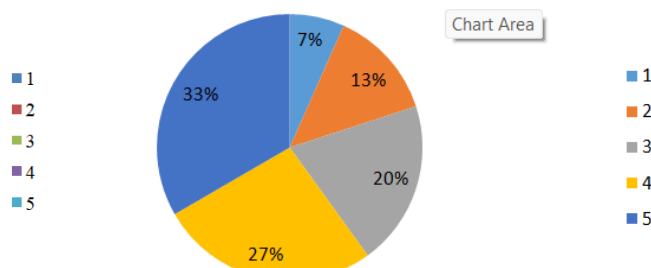
Slika 6.13. Grafički prikaz odgovora ispitanika muškog pola na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?” pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke

Odgovor ispitanika ženskog pola na pitanje: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice



a)

Odgovor ispitanika ženskog pola na pitanje: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?

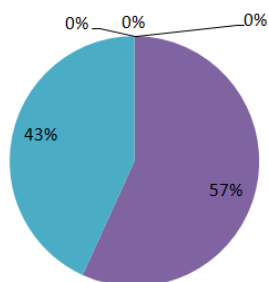


b)

Slika 6.14. Grafički prikaz odgovora ispitanika ženskog pola na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?” pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke

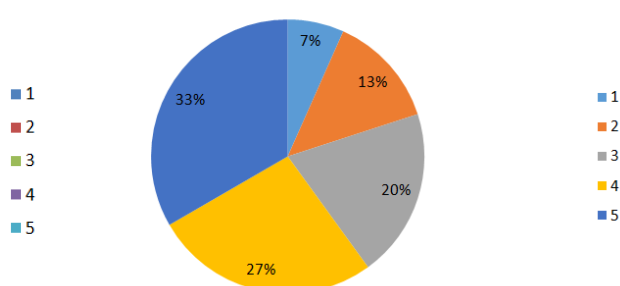
Ispitanici iz starosne grupe 50<sup>+</sup> na isto pitanje imaju 8% odgovora sa ocenom 1, nijedan odgovor sa ocenom 2, 9% odgovora sa ocenom 3, 35% odgovora sa ocenom 4 i 48% odgovora sa ocenom 5. Očigledno je da ova grupa spada u grupu osjetljivijih na buku aviona, što se poklapa sa istraživanjima Eriksson et al. [40] i istraživanjima Gregurek R. , Gozmi M. i sar. [18]

Odgovor dece u školi na pitanje: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice



a)

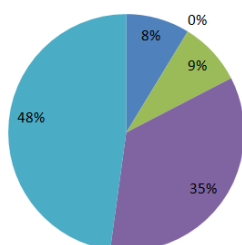
Odgovor dece u osnovnoj školi Halima Al Saadia na pitanje: "Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica"



b)

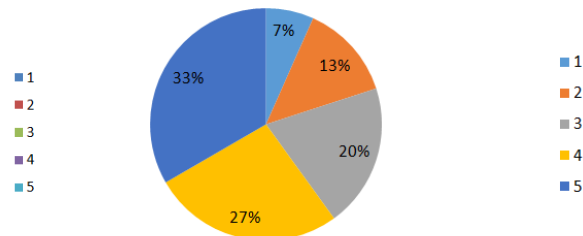
Slika 6.15. Grafički prikaz odgovora dece u osnovnoj školi na pitanje: "Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?", pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke

Odgovor ispitanika iz grupe 50+ (više od 50 godina) na pitanje: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice



a)

Odgovor ispitanika iz grupe 50+ na pitanje: "Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica"



b)

Slika 6.16 Grafički prikaz odgovora ispitanika iz grupe 50+ na pitanje: "Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?" pre i posle uvođenja mera za smanjenje buke

Ostali grafički prikazi rezultata, koji se odnose na drugu grupu pitanja vezanih za mišljenje i stavove ispitanika vezanih za buku pre uvođenja mera za smanjenje buke, dati su u Prilogu 7 (slike 11.10 do 11.20), a posle uvođenja mera u Prilogu 8 (slike 11.21 do 11.25).

Na pitanje Q1: "Koliko ste uopšte osetljivi na buku svih vrsta?", 32.48% ispitanika je odgovorilo da su ekstremno osetljivi, a 43.95% veoma osetljivi, dok na pitanje Q2: "Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?", njih 50.32% je odgovorilo da su ekstremno osetljivi (ocena 5) i 43.31% veoma osetljivi (ocena 4). Ispitanici su odgovorili da su u velikoj meri osetljivi na buku vazdušnog saobraćaja (ocene 4 i 5) 93.63%, što je znatno više u poređenju sa osetljivošću na ostale izvore buke 76.43% (vidi sliku 11.10 i 11.11). Ovi rezultati se poklapaju sa rezultatima dobijenim u istraživanjima Charlotte Clark and Stephen A. Stansfeld, 2007. [25]

Na pitanje Q3: "Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do 5, koliko vam buka smeta?", 50.32% ispitanika su pre uvođenja mera odgovorili da im buka sa obližnjeg aerodroma smeta ekstremno, 36.31% veoma, 10.19% umereno, 8.92% malo i 4.46% nimalo (vidi sliku 11.12). Posle uvođenja mera 29.94% ispitanika su odgovorili da im buka sa obližnjeg aerodroma smeta ekstremno, 38.85% veoma, 15.29% umereno, 10.19% malo i 5.73% nimalo (vidi sliku 11.22). Analizirajući ovo pitanje može se zaključiti da je kod ispitanika subjektivni osećaj buke vazduhoplova sa aerodroma

evidentno manji nakon uvođenja mera, što je svakako rezultat objektivnog sniženja buke (vidi tabelu 6.1), a donekle i psihološkog efekta usled činjenice da je većina ispitanika bila upoznata sa izgradnjom barijera i aktivnostima koje su sprovedene na aerodromu u cilju snižavanja buke.

Na pitanje Q4: "Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća?", 63.69% ispitanika su, pre uvođenja mera, odgovorili da misle da je to u fazi poletanja, 31.21% u fazi sletanja, 5.10% u fazi taksiranja aviona (vidi sliku 11.13). Posle uvođenja mera 60.51% ispitanika su odgovorili da misle da je to u fazi poletanja, 36.61% u fazi sletanja, 3.18% u fazi taksiranja aviona (vidi sliku 11.23). Veći broj ispitanika se izjasnio da je buka pri poletanju, kada je dominantnija buka motora, veća od buke koja se generiše u fazi sletanja, kada je dominantnija buka strukture vazduhoplova, što je potpuno ispravno (vidi sliku 3.6). Odgovori na ovo pitanje su pokazali da ispitanici realno procenjuju stanje po pitanju buke na aerodromu.

Na pitanje Q5: "Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti da bi se avion mogao srušiti? (1-nimalo, 2-malo, 3-umereno, 4-veoma, 5-ekstremno)", 3.18% ispitanika je odgovorilo da su ekstremno zabrinuti (ocena 5), a 5.10% da su veoma zabrinuti (ocena 4), dok na pitanje Q6: "Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti zbog nesreće automobila, autobusa ili kamiona?", njih 5.10% se izjasnilo da su ekstremno osetljivi (ocena 5) i 18.47% veoma osetljivi (ocena 4) (vidi slike 11.4 i 11.5). Ispitanici su odgovorili da su zabrinutiji za mogućnost nesreće u drumskom saobraćaju, nego od mogućnosti rušenja aviona, što je takođe realna procena za ljude koji žive u blizini aerodroma ili rade na njemu. Odgovori na ovo pitanje su pokazali da ispitanici nemaju strah vezan za vazduhoplove i letenje, i da nemaju diskriminatoran stav i predrasude po pitanju vazdušnog saobraćaja koji se odvija u njihovoj blizini. Ovo navodi na zaključak da su i njihove procene vezane za buku realne.

Na pitanje Q7: "Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina?", 32.48% ispitanika je odgovorilo da će se buka u narednih nekoliko godina povećati, 49.68% da će ostati približno ista i 17.83% da će se smanjiti (vidi sliku 11.16). Ovi odgovori se odnose na anketu pre uvođenja mera za smanjenje buke. Nakon uvedenih mera situacija se donekle izmenila, 12.74% ispitanika ima mišljenje da će se buka u narednih nekoliko godina povećati, 60.51% da će ostati ista, a 26.75% misli da će se buka sa aerodroma smanjiti. Odgovori na ova pitanja koja se odnose na dalji razvoj aerodroma, kupovinu novih tiših aviona koji generišu niži nivo buke i sl. pokazuju da stanovništvo ne očekuje neka veća poboljšanja na ovom polju, što je verovatno posledica ekonomskog stanja u zemlji, a donekle i nepoverenja prema aerodromskim vlastima da će učiniti neke veće pomake po pitanju njihovog problema vezanog za buku aviona.

Na pitanje Q8: "Koliko vam je poznato, da li je ikada bilo sporova između aerodromskih vlasti i stanovnika koji žive u blizini aerodroma zbog buke aviona?", 22.93% ispitanika je odgovorilo potvrdno, 21.66% negativno, a 55.41% je odgovorilo da ne zna (vidi sliku 11.17). Ovi odgovori direktno pokazuju da okolno stanovništvo nije informisano o važnim pitanjima vezanim za rad aerodroma. Komunikacija između zajednice i aerodromskih vlasti očigledno ne funkcioniše zadovoljavajuće.

Na pitanje Q9: "Na skali od 1 do 4, koliko mislite da postupci i stavovi stanovnika mogu uticati na politiku buke aerodroma?", 51.59% smatra da mogu veoma uticati na politiku aerodroma, 26.11% umereno uticati, 10.19% malo i 12.10% smatra da nimalo ne može uticati (vidi sliku 11.18). Više od pola ispitanika se izjasnilo da misle da mogu veoma uticati na

politiku aerodroma što je dobar pokazatelj. Zajednica je svesna da ima potencijal i mogućnost da utiče na donošenje odluka vezanih za razvoj aerodroma.

Na pitanje Q10: “Da li mislite da službenici aerodroma obaveštavaju lokalno stanovništvo o planiranju promena aerodroma?”, samo 20.38% se izjasnilo da su veoma dobro informisani (većinom zaposleni na aerodromu), 44.59% umereno, a 35% se izjasnili da nimalo nisu informisani (vidi sliku 11.19). Ovi odgovori takođe pokazuju da ne postoji dobra komunikacija između zajednice i aerodromskih vlasti. Ovo je problem na kome treba raditi, jer je uspešna komunikacija između lokalnih vlasti, aerodromskih vlasti i zajednice jedan od uslova ostvarivanja uspešne primene uravnoteženog pristupa.

Na pitanje Q11: “Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako?”, pre uvođenja mera, 21.66% je odgovorilo da bi smanjenje moglo biti veliko, 29.30% umereno, 26.75% malo i 22.29% nimalo (vidi sliku 11.20). Nakon uvedenih mera za smanjenje buke 12.74% ispitanika se izjasnilo da bi smanjenje buke moglo biti veliko, 60.51% da će ostati isto, a 26.75% da se buka neće smanjiti nimalo (vidi sliku 11.25). Vidi se da je došlo do blagog smanjenja broja ispitanika koji očekuju da će smanjenje buke biti veliko. Istovremeno je blago porastao broj ispitanika, koji su u anketi nakon uvedenih mera, odgovorili da će buka u narednim godinama ostati ista. Ovo ukazuje na postojanje nepoverenja prema aerodromskim vlastima da će u narednim godinama biti napravljeni neki značajniji koraci po pitanju rešavanja njihovih problema vezanih za buku.

### 6. 3. Rezultati i diskusija procene i predviđanja emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem za međunarodni aerodrom Mitiga

Tabela 6.2 Deskriptivna statistika izmerene emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem pre uvođenja mera

| Merno mesto | Parametar            | Min   | Max   | Mean  | Skewness | Kurtosis |
|-------------|----------------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| M1          | L <sub>day</sub>     | 69,40 | 81,80 | 76,41 | -0,150   | -1,280   |
|             | L <sub>evening</sub> | 71,00 | 84,40 | 78,11 | -0,030   | -1,434   |
|             | L <sub>night</sub>   | 68,30 | 81,00 | 74,82 | -0,113   | -1,462   |
|             | L <sub>den</sub>     | 76,07 | 87,90 | 82,00 | -0,064   | -1,526   |
| M2          | L <sub>day</sub>     | 52,90 | 66,20 | 60,21 | -0,068   | -1,416   |
|             | L <sub>evening</sub> | 56,80 | 67,50 | 62,10 | 0,057    | -1,564   |
|             | L <sub>night</sub>   | 51,00 | 62,50 | 58,04 | -0,625   | -1,516   |
|             | L <sub>den</sub>     | 59,02 | 70,30 | 65,53 | -0,439   | -1,562   |
| M3          | L <sub>day</sub>     | 60,00 | 73,20 | 68,72 | -0,748   | -1,396   |
|             | L <sub>evening</sub> | 63,90 | 76,40 | 70,85 | -0,299   | -1,406   |
|             | L <sub>night</sub>   | /     | /     | /     | /        | /        |
|             | L <sub>den</sub>     | 63,28 | 75,29 | 70,35 | -0,521   | -1,432   |

Tabela 6.3 Deskriptivna statistika izmerene emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem nakon uvođenja mera

| Merno mesto | Parametar | Min | Max | Mean | Skewness | Kurtosis |
|-------------|-----------|-----|-----|------|----------|----------|
|-------------|-----------|-----|-----|------|----------|----------|

|    |                      |       |       |       |        |        |
|----|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| M1 | L <sub>day</sub>     | 54,00 | 57,40 | 55,58 | 0,361  | -1,514 |
|    | L <sub>evening</sub> | 54,00 | 57,42 | 55,62 | 0,354  | -1,529 |
|    | L <sub>night</sub>   | 53,40 | 57,35 | 55,30 | 0,110  | -1,492 |
|    | L <sub>den</sub>     | 59,99 | 63,76 | 61,77 | 0,173  | -1,506 |
| M2 | L <sub>day</sub>     | 50,00 | 53,30 | 61,83 | -0,280 | -1,539 |
|    | L <sub>evening</sub> | 50,00 | 53,35 | 52,05 | -0,445 | -1,280 |
|    | L <sub>night</sub>   | 49,00 | 53,25 | 51,34 | -0,260 | -1,601 |
|    | L <sub>den</sub>     | 55,72 | 59,65 | 57,90 | -0,258 | -1,583 |
| M3 | L <sub>day</sub>     | 52,00 | 56,40 | 54,26 | -0,033 | -1,531 |
|    | L <sub>evening</sub> | 52,00 | 56,45 | 54,29 | -0,033 | -1,527 |
|    | L <sub>night</sub>   | /     | /     | /     | /      | /      |
|    | L <sub>den</sub>     | 56,96 | 58,94 | 57,92 | 0,135  | -1,525 |

U tabeli 6.2 vrednosti Skewness su negativne za sve indikatore buke osim za merno mesto M2 (za indikator buke Levening) gde je pozitivna i veća od nule. Negativne vrednosti Skewness znače da emisija buke ima dužu left tail distribuciju, dok pozitivne i veće od nule vrednosti Skewness znače da je distribucija buke u oblasti testiranja asimetrična. Sve vrednosti Kurtosis-a (Tabela 6.2) su negativne, što znači da emisije buke takođe imaju light-tailed distribuciju. Dodatno, treba napomenuti da buka nije merena noću na mernom mestu M3 (u oba slučaja, pre i posle uvođenja mera), s obzirom na to da je škola zatvorena u noćnim satima, tako da nije izvršena deskriptivna statistička analiza za indikator buke L<sub>night</sub>.

U tabeli 6.3 vrednosti Skewness su pozitivne za merno mesto M1 (za sve indikatore buke), dok su negativne za merna mesta M2 (za sve indikatore buke) i M3 (za sve indikatore buke osim indikatora buke L<sub>night</sub>). Sve vrednosti Kurtosis-a su negativne.

S obzirom da je maksimalni nivo emisije buke za sva četiri parametra iznosio 81 dB i više, utvrđeno je da je neophodno preduzeti određene mere za smanjenje nivoa emisije buke izazvane vazдушnim saobraćajem. U tom smislu, nakon prve faze merenja, uvedene su sledeće mere za smanjenje emisije buke:

- Snaga motora je smanjena pri poletanju (sa 92,8% i 83% na 83% i 80%, respektivno);
- Snaga motora pri sletanju ostala je 38%, ali je brzina aviona smanjena na najmanju moguću;
- Na jednom kraju praga piste 10, prema bolnici, postavljena je aluminijumska pregrada. Debljina ove barijere je 2 mm, dužina 750 m, a visina 2 m. Aluminijumska barijera je udaljena 232 m od bolnice;
- Druga, zidana pregrada je postavljena prema školi, skoro paralelno sa pistom. Debljina zidane pregrade je 40 cm, dužina 825 m, a visina 4 m. Zidana pregrada je udaljena 26 m od škole;
- Promenjene su procedure leta u fazi poletanja (pri poletanju). Pri poletanju postoje dve procedure za smanjenje buke gde se koristi stepenasti uspon. Zovu se „NADP 1“ i „NADP 2“ (Noise Abatement Departure Procedures). NADP 1 se koristi tamo gde postoje područja osetljiva na buku u blizini aerodroma i koristi se za ublažavanje buke u oblasti koja je udaljenija, recimo +25 km od početka sletanja na aerodromskoj pisti. ICAO (Međunarodna

organizacija civilnog vazduhoplovstva) je usaglasila ograničenje na dve procedure za smanjenje buke kako bi se umanjila zabuna na međunarodnom nivou u odgovarajućoj proceduri koja se koristi za smanjenje buke za ljude na zemlji. U suštini, dve procedure za smanjenje buke su:

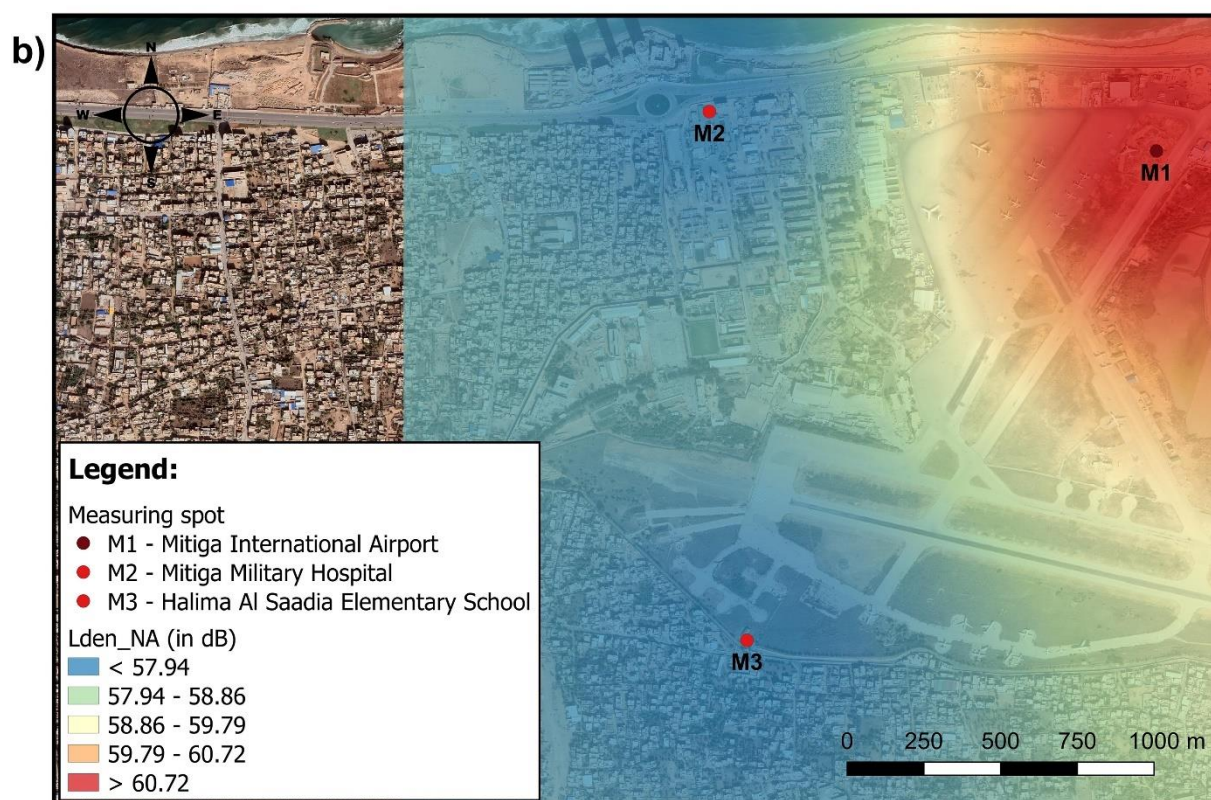
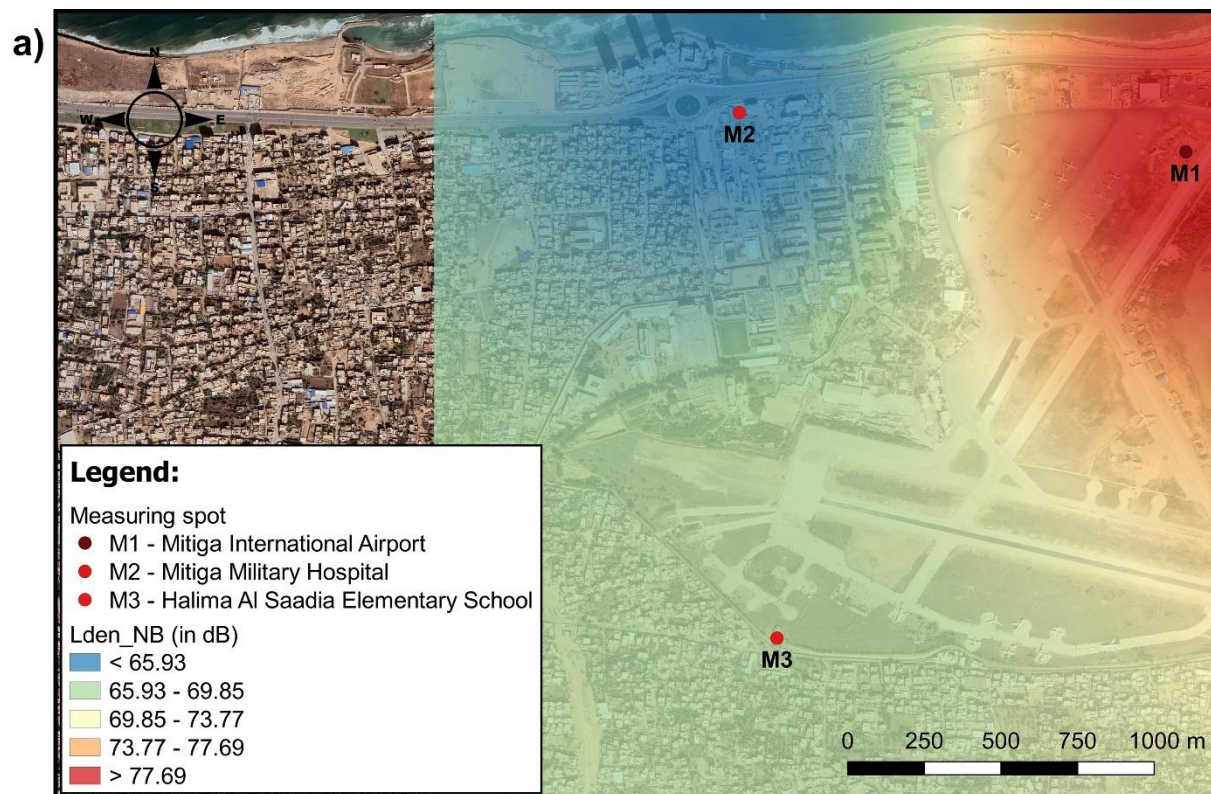
- NADP 1: Avion da se popne na 800'+, a zatim smanji potisak. Drže se zakrilca spuštenu u režimu poletanja i nastavlja se sa penjanjem što je brže moguće do 3000'. Zatim se uvlače zakrilca, povećava potisak i avion nastavlja svojim putem;

- NADP 2: Avion da se popne na 800'+, a zatim smanji potisak. Povlače se zakrilca u toj tački i nastavlja sa smanjenom stopom penjanja do 3000'. Zatim se povećava uspon i potisak i avion nastavlja svojim putem.

U istraživanju je primenjen postupak NADP 1.

### **6.3.1 Rezultati primene GIS-a**

Nakon što su obavljena sva merenja i pre i posle uvođenja korektivnih mera za smanjenje nivoa buke, na sve tri lokacije, podaci su uneti u GIS bazu podataka radi dalje analize. Prvo, na osnovu unetih podataka o izmerenim vrednostima i primene metode interpolacije IDW (jednačina 5.2), kreirane su mape distribucije emisije buke pre i posle uvođenja korektivnih mera (sl. 6.17).

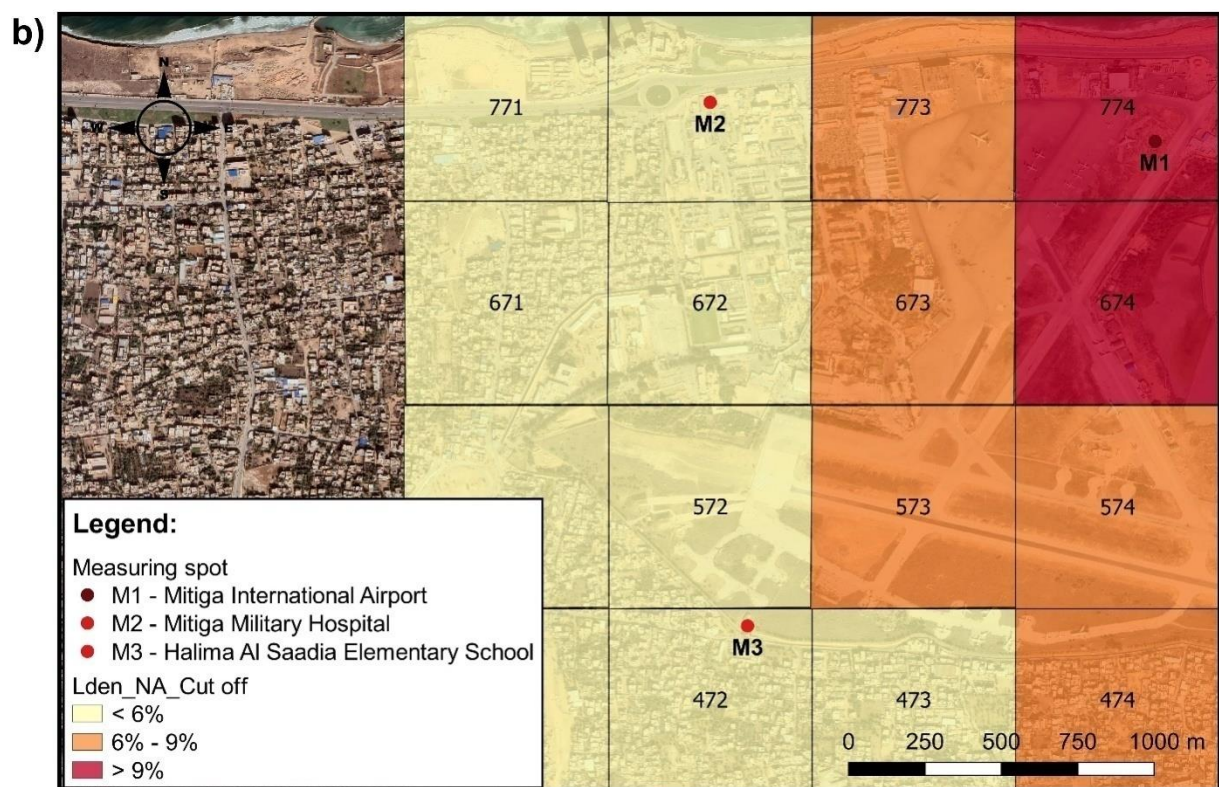
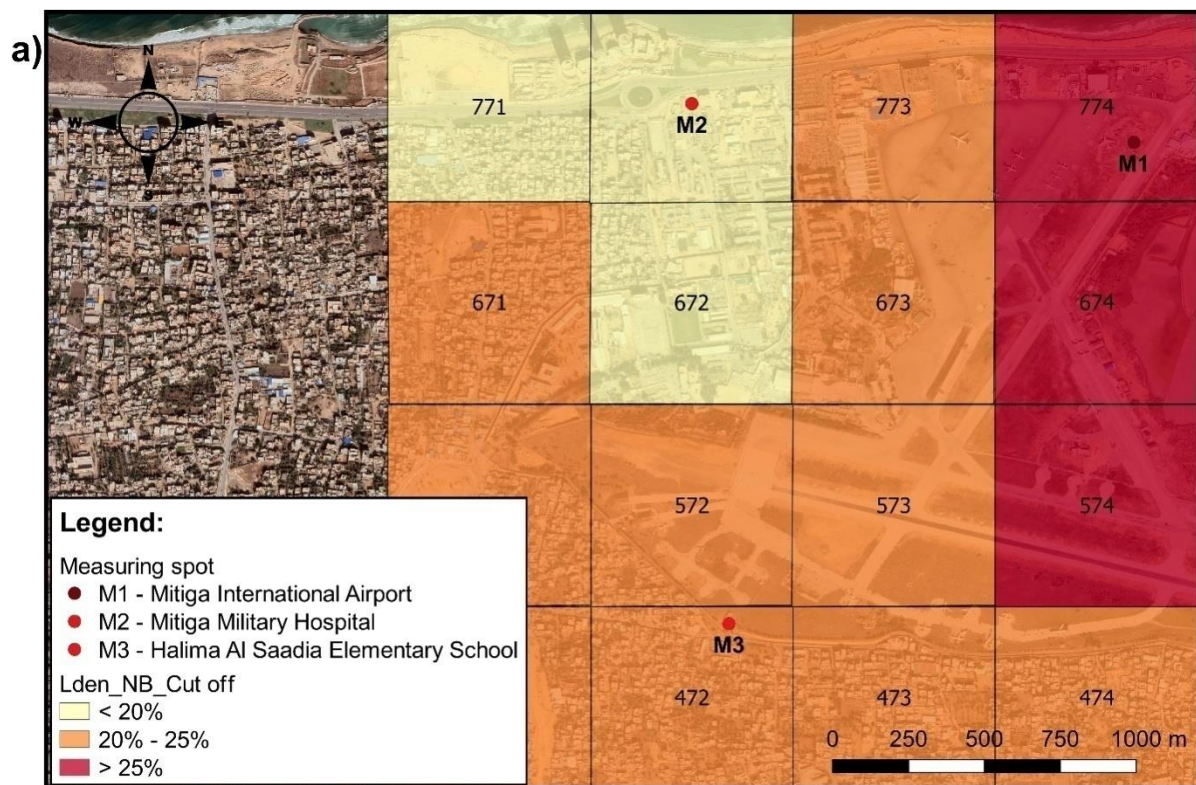


Slika 6.17  $L_{den}$  mape distribucije: (a) buka pre uvođenja korektivnih mera ( $L_{den\_NB}$ ) i (b) buka nakon uvođenja korektivnih mera ( $L_{den\_NA}$ )

Napominje se da je nivo buke bio znatno veći pre uvođenja korektivnih mera (Sl. 6.17a), pri čemu su najniže vrednosti emisije buke (od 59,02 dB do 70,30 dB) zabeležene u vojnoj bolnici (M2), dok su u prostoru škole (M3) zabeležene vrednosti su bile između 63,28 dB i 75,29 dB. Najveće vrednosti emisije buke izmerene su na području aerodroma (M1) i kretale su se od 76,07 dB do 87,90 dB. Nakon uvođenja korektivnih mera (Sl. 6.17b), vrednosti emisije buke u zoni bolnice (M2) kretale su se od 55,72 dB do 59,65 dB, a u zoni škole (M3) između 56,96 dB i 58,94 dB. Najveći nivo buke je i dalje bio u zoni aerodroma (M1) i kretao se između 59,99 dB i 63,76 dB.

Mape distribucije prikazane na slici 6.17 pokazuju da su područje oko aerodroma Mitiga i stanovništvo koje živi na toj lokaciji i dalje izloženi buci iznad 55 dB. Prema Souza & Zannin [135], izlaganje buci iznad 55 dB može se odraziti na zdravlje stanovništva koje živi u blizini [136]. Takođe, Baloye i Palamuleni [137] navode da se zone osetljivosti na buku sa nivoom buke između 50 dB i 60 dB smatraju rizičnim, između 60 dB i 65 dB umereno rizičnim, između 65 dB i 70 dB visoko rizičnim, između 70 dB i 75 dB opasnim, između 75 dB i 80 dB veoma opasnim, dok su nivoi buke iznad 80 dB izuzetno opasni.

Nakon izrade mapa prostorne distribucije emisija buke, istraživano područje je podeljeno na 16 gridova a zonalna statistika kao tabelarni alat u GIS-u primenjena je za izračunavanje odstupanja od granične vrednosti za svaki grid. Zatim su ova odstupanja uneta u GIS bazu podataka i kreirane su mape koje prikazuju odstupanja od graničnih vrednosti po gridovima. Odstupanja od graničnih vrednosti izračunata su za Lden pre i posle uvođenja korektivnih mera (slika 6.18).



Slika 6.18. Šema za smanjenje  $L_{den}$ : (a) buke pre uvođenja korektivnih mera ( $L_{den\_NB\_cut\ off}$ ) and (b) buke nakon uvođenja korektivnih mera ( $L_{den\_NA\_cut\ off}$ )

Kao što se može videti na slici 6.18a, pre uvođenja korektivnih mera manje od 20% odstupanja je bilo na sledećim gridovima: 672 (19,94%), 771 (18,43%) i 772 (16,91%), između 20% i 25% odstupanja je bilo na gridovima: 471 (22,05%), 472 (21,96%), 473 (22,55%), 474 (24,32%), 571 (21,65%), 572 (21,88%), 573 (23,22%), 671 (20,02%) i 673 (24,54%), dok je preko 25% odstupanja bilo na gridovima: 574 (26,28%), 674 (30,21%) i 774 (31,96%). Što se tiče odstupanja nakon uvođenja korektivnih mera (Sl. 6.18b), manje od 6% odstupanja bilo je na sledećim gridovima: 471 (5,48%), 472 (5,19%), 473 (5,58%), 571 (5,58%), 572 (5,37%), 671 (5,68%), 672 (5,73%), 771 (5,53%) i 772 (5,22%), između 6% i 9% odstupanja je bilo na gridovima: 474 (6,65%), 573 (6,10%), 574 (7,70%), 673 (7,33%) i 773 (7,45%), dok je više od 9% odstupanja i dalje bilo na gridovima: 674 (9,66%) i 774 (10,50%).

Sva odstupanja od granične vrednosti nivoa buke korišćena u istraživanju, pre i posle uvođenja mera za smanjenje nivoa buke izazvane vazдушnim saobraćajem prikazana su u tabeli 6.4.

Tabela 6.4 Odstupanja Lden od graničnih vrednosti, pre i posle uvođenja korektivnih mera

| Broj grida | Smanjivanje buke pre korektivnih mera (%) |        | Smanjivanje buke nakon korektivnih mera (%) |        | Granična vrednost |
|------------|-------------------------------------------|--------|---------------------------------------------|--------|-------------------|
|            | (u %)                                     | (u dB) | (u %)                                       | (u dB) |                   |
| 471        | 22,05                                     | 15,56  | 5,48                                        | 3,19   | 55                |
| 472        | 21,96                                     | 15,48  | 5,19                                        | 3,01   | 55                |
| 473        | 22,55                                     | 16,01  | 5,58                                        | 3,25   | 55                |
| 474        | 24,32                                     | 17,67  | 6,65                                        | 3,92   | 55                |
| 571        | 21,65                                     | 15,20  | 5,58                                        | 3,25   | 55                |
| 572        | 21,88                                     | 15,40  | 5,37                                        | 3,12   | 55                |
| 573        | 23,22                                     | 16,63  | 6,10                                        | 3,57   | 55                |
| 574        | 26,28                                     | 19,61  | 7,70                                        | 4,59   | 55                |
| 671        | 20,02                                     | 13,77  | 5,68                                        | 3,31   | 55                |
| 672        | 19,94                                     | 13,70  | 5,73                                        | 3,34   | 55                |
| 673        | 24,54                                     | 17,89  | 7,33                                        | 4,35   | 55                |
| 674        | 30,23                                     | 23,83  | 9,66                                        | 5,88   | 55                |
| 771        | 18,43                                     | 12,43  | 5,53                                        | 3,22   | 55                |
| 772        | 16,91                                     | 11,19  | 5,22                                        | 3,03   | 55                |
| 773        | 24,04                                     | 17,41  | 7,45                                        | 4,43   | 55                |
| 774        | 31,96                                     | 25,83  | 10,50                                       | 6,45   | 55                |

Kao što se vidi iz tabele 6.4, nakon primene određenih mera za smanjenje nivoa buke izazvane vazдушnim saobraćajem, postignuto je značajno smanjenje emisije buke, ali je primetno i da je neophodno uvesti dodatne mere kako bi nivoi buke bili u okviru dozvoljene granice, odnosno ispod 55 dB.

Iz tog razloga su predložene sledeće dodatne mere koje se mogu primeniti u oblasti istraživanja:

- sadnju drveća u neposrednoj blizini škole i vojne bolnice,
- izvođenje tzv. zelenih krovova na oba objekta,
- deblja fasada zgrada i zamena prozora i vrata (zvučna izolacija) itd.

### 6.3.2 Rezultati primene ANNs

Da bi se procenila pouzdanost predviđanja emisije ispitivanih parametara ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ ), odnosno da bi se postigao drugi cilj istraživanja, korišćen je metod ANN, odnosno MLP. Ulazne, odnosno nezavisne varijable ovog modela obuhvatale su: snagu motora (%), udaljenost od piste (m) i obim vazdušnog saobraćaja, dok su zavisne varijable uključivale parametre emisije buke ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ ).

Rezultati ANN analize za sva četiri izlaza ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$ , ili  $L_{den}$ ) su predstavljeni u tabeli 6.5.

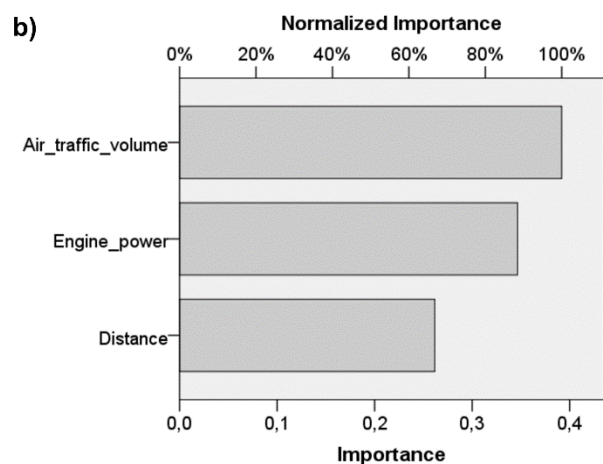
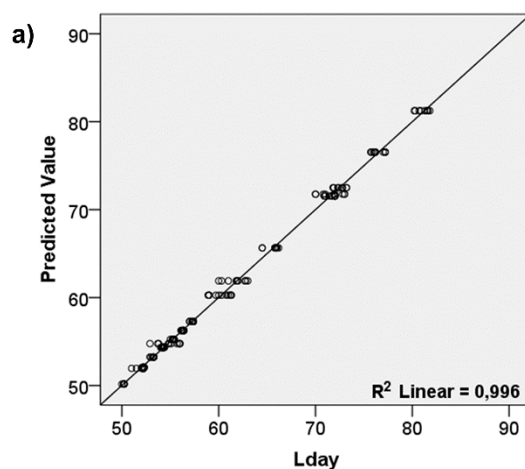
Tabela 6.5. Rezultati ANN modela

|                      |            |             |                            |            |                 |       |
|----------------------|------------|-------------|----------------------------|------------|-----------------|-------|
| ANN za $L_{day}$     | Trening    | 138 uzoraka | Sum of Squares Error (SSE) | 0,260      | RMSE (training) | 0,043 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,004      |                 |       |
|                      |            |             | Training time              | 0:00:00,05 |                 |       |
|                      | Test       | 36 uzoraka  | Sum of Squares Error (SSE) | 0,078      | RMSE (test)     | 0,047 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,005      |                 |       |
|                      | Validacija | 24 uzoraka  | Relative Error             | 0,006      | /               | /     |
| ANN za $L_{evening}$ | Training   | 143 uzorka  | Sum of Squares Error (SSE) | 0,206      | RMSE (trening)  | 0,038 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,003      |                 |       |
|                      |            |             | Training time              | 0:00:00,05 |                 |       |
|                      | Testing    | 38 uzoraka  | Sum of Squares Error (SSE) | 0,046      | RMSE (test)     | 0,035 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,003      |                 |       |
|                      | Holdout    | 17 uzoraka  | Relative Error             | 0,001      | /               | /     |
| ANN za $L_{night}$   | Training   | 95 uzoraka  | Sum of Squares Error (SSE) | 0,120      | RMSE (trening)  | 0,036 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,003      |                 |       |
|                      |            |             | Training time              | 0:00:00,02 |                 |       |
|                      | Testing    | 21 uzorak   | Sum of Squares Error (SSE) | 0,035      | RMSE (test)     | 0,041 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,003      |                 |       |
|                      | Holdout    | 16 uzoraka  | Relative Error             | 0,004      | /               | /     |
| ANN za $L_{den}$     | Training   | 124 uzoraka | Sum of Squares Error (SSE) | 0,096      | RMSE (trening)  | 0,028 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,002      |                 |       |
|                      |            |             | Training time              | 0:00:00,05 |                 |       |
|                      | Testing    | 44 uzoraka  | Sum of Squares Error (SSE) | 0,083      | RMSE (test)     | 0,043 |
|                      |            |             | Relative Error             | 0,005      |                 |       |

|  |         |               |                |       |   |   |
|--|---------|---------------|----------------|-------|---|---|
|  | Holdout | 30<br>uzoraka | Relative Error | 0,002 | / | / |
|--|---------|---------------|----------------|-------|---|---|

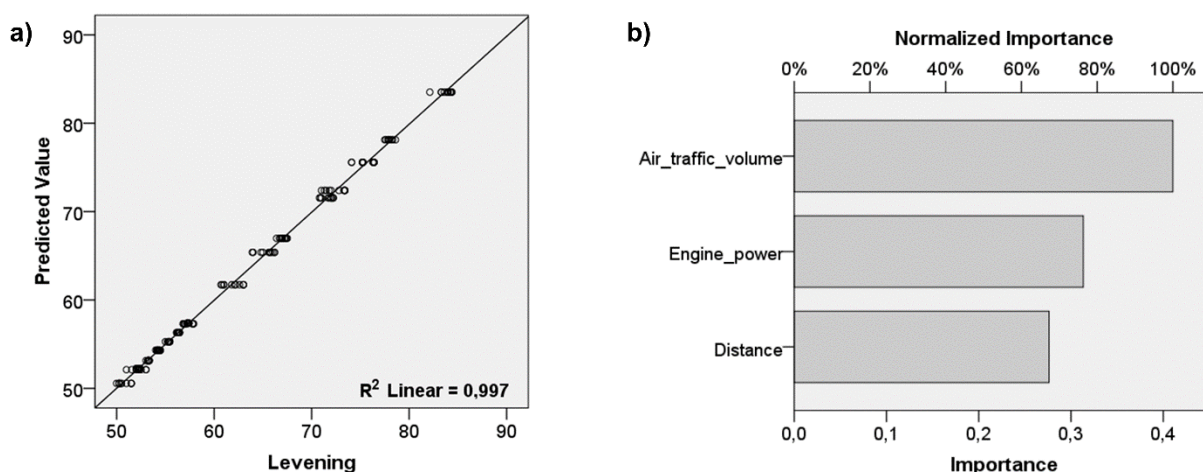
Rezultati u tabeli 6.5 pokazuju da su u svim slučajevima, tj. za sva četiri izlaza (Lday, Levening, Lnight, ili Lden) RMSE vrednosti niže od 1 što implicira veći koeficijent determinacije (Sl. 6.19-6.22). RMSE je metrika učinka koja pruža informacije o kratkoročnoj efikasnosti modela. Meri razliku između predviđenih vrednosti i posmatranih vrednosti, pri čemu niži RMSE ukazuje na tačniju procenu. S druge strane, koeficijent determinacije ( $R^2$ ) meri varijansu objašnjenu modelom, odražavajući smanjenje varijanse kada se koristi model.  $R^2$  se kreće od 0 do 1, pri čemu vrednost blizu 1 ukazuje na model sa jakom sposobnošću predviđanja, a vrednost blizu 0 ukazuje na model koji nije efikasan u analizi podataka. Ove metrike performansi, RMSE i  $R^2$ , su pouzdane mere ukupne tačnosti predviđanja modela [138]. Metrike tačnosti se obično koriste u ANN za procenu kvaliteta predviđanja. Pored srednje kvadratne greške (MSE), srednje apsolutne greške (MAE), srednje apsolutne procentualne greške (MAPE) i simetrične srednje apsolutne greške procenta (SMAPE), RMSE je široko korišćena metrika tačnosti u različitim oblastima kao što su vremenska prognoza, medicina i inženjering [139]. RMSE, konkretno, meri prosečnu veličinu greške između predviđenih i stvarnih vrednosti. Može se vizualizovati kao prosečna vertikalna udaljenost od stvarne vrednosti do odgovarajuće predviđene vrednosti na postavljenoj liniji. Jednostavno rečeno, RMSE je kvadratni koren MSE. Slično MSE, opseg RMSE je od 0 do pozitivne beskonačnosti, a manja RMSE vrednost ukazuje na veću tačnost modela predviđanja. Međutim, za razliku od MSE, jedinice RMSE su iste kao originalne jedinice, što ga čini lakšim za interpretaciju [139].

Procena pouzdanosti predviđanja korišćenjem MLP-a pokazala je da su promene u emisiji buke tokom dana (Lday) na području istraživanja rezultirale koeficijentom determinacije od 0,996 (Sl. 6.19a). Kao što se može videti na slici 6.19a, razlika između stvarnih i predviđenih vrednosti bila je u opsegu od -2,04 do +1,32 dB. Analiza značajnosti (slika 6.19b) je pokazala da obim vazdušnog saobraćaja ima najveći uticaj na predviđanje varijacija Lday.



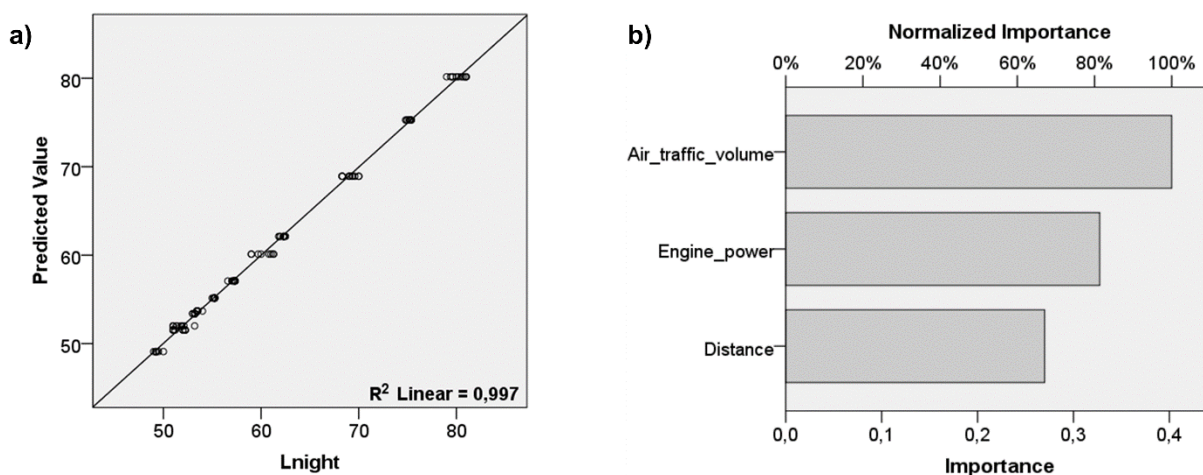
Slika 6.19 Grafička prezentacija (a) stvarnih u poređenju sa predviđenim vrednostima emisije  $L_{day}$  i (b) analiza značajnosti

Procena pouzdanosti predviđanja nivoa buke u večernjim satima (Levening) rezultirala je koeficijentom determinacije od 0,997 (sl. 6.20a) i pokazala je da je razlika između stvarnih i predviđenih vrednosti bila u rasponu od -1,55 do + 1,40 dB, dok je analiza značajnosti (slika 6.20b) pokazala da obim vazdušnog saobraćaja ima najveći uticaj na predviđanje Levening varijacija.



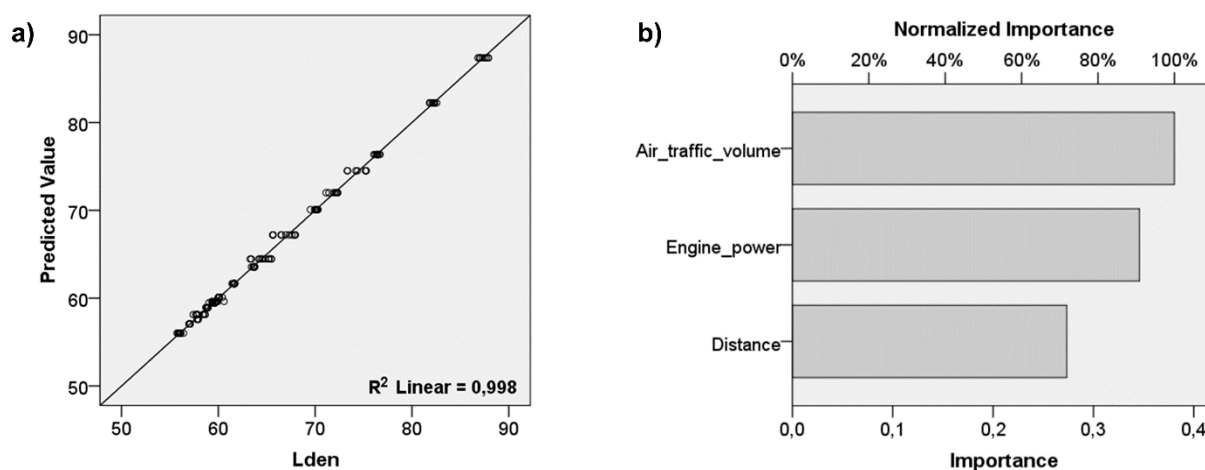
Slika 6.20 Grafička prezentacija (a) stvarnih u poređenju sa predviđenim vrednostima emisije  $L_{evening}$  i (b) analiza značajnosti

Procena pouzdanosti predviđanja nivoa buke noću ( $L_{night}$ ) rezultirala je koeficijentom determinacije od 0,997 (slika 6.21a), a pokazala je da je razlika između stvarnih i predviđenih vrednosti bila u rasponu od -1,34 do + 1,24 dB, dok je analiza značajnosti (sl. 6.21b), kao i kod ostalih ispitivanih parametara, pokazala da obim vazdušnog saobraćaja ima najveći uticaj na predviđanje varijacija  $L_{night}$ .



Slika 6.21 Grafička prezentacija (a) stvarnih u poređenju sa predviđenim vrednostima emisije  $L_{night}$  i (b) analiza značajnosti

Konačno, izvršena je 24-časovna procena pouzdanosti predviđanja emisije buke ( $L_{den}$ ), koja je pokazala da je koeficijent determinacije 0,998 (sl. 6.22a), a da je razlika između posmatranih i predviđenih vrednosti u rasponu od -1,56 do + 0,92 dB. Najveći uticaj na zagađenje bukom imao je obim vazdušnog saobraćaja, kako su u svojoj studiji naveli i Hamida i dr., [140]. Ovo je potvrđeno analizom značajnosti (slika 6.22b).



Slika 6.22 Grafička prezentacija (a) stvarnih u poređenju sa predviđenim vrednostima emisije  $L_{den}$  i (b) analiza značajnosti

Dakle, može se zaključiti da najveći uticaj imaju obim vazdušnog saobraćaja i snaga motora, dok udaljenost od piste najmanje utiče na varijacije analiziranih parametara emisije buke. Takođe, kako su Mansourkhaki i dr. [141] naveli, visoki koeficijenti determinacije za sve zavisne varijable (u ovom slučaju  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ ) potvrđuju pouzdanost ANN-a u predviđanju zagađenja bukom izazvanog vazdušnim saobraćajem.

S obzirom da su rezultati ANN analize ukazali na niže vrednosti RMSE (Tabela 6.5) može se zaključiti da je model korišćen u ovom delu istraživanja dobar za predviđanje zavisnih varijabli ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  i  $L_{den}$ ).

### 6.3.3 Zaključak

Od vazdušnog saobraćaja se danas zahteva zadovoljenje postavljenih kriterijuma (efektivnost, raspoloživost, bezbednost, gotovost itd.), a da se pri tom ne ugrožava životna sredina, radna okolina, bezbednost i zdravlje zaposlenih. Sve navedeno u najvećem obimu se obezbeđuje pravilnom strategijom. Šire posmatrano, vazdušni saobraćaj kao i njegov uticaj na stanovništvo koje boravi u okolini aerodroma, danas se primarno determinišu još u fazi

dizajniranja i izrade, eksploatacije i održavanja kako aerodroma, tako i vazduhoplova. Rešavanje ovih problema na već postojećim vazduhoplovima i već postojećim aerodromima, je znatno složeniji proces. Troškovi kao posledica zakonske regulative, utiču na uvećanje ukupnih troškova poslovanja aerodroma, pa se u skladu sa tim moraju posebno odabirati i planirati mere za otklanjanje buke.

Primena IDW metode interpolacije u GIS-u omogućila je grafički prikaz distribucije emisije buke u jutarnjim (Lday), večernjim (Levening), noćnim časovima (Lnight) i 24-časovnom periodu (Lden), a zatim je zonalna statistika u GIS-u omogućila proračuna prosečnih vrednosti emisije buke Lden po gridovima, kojima je podeljeno ispitivano područje. Poređenjem Lden pre i nakon primene korektivnih mera sa graničnom vrednošću od 55 dB, izračunata su odstupanja. Rezultati su pokazali da je pre uvođenja mera za smanjenje nivoa buke izazvane aviosaobraćajem na nekim gridovima bilo neophodno smanjenje nivoa buke preko 30%, dok je uvođenjem mera nivo buke smanjen, ali je i dalje na nekim gridovima bilo potrebno smanjenje od preko 9%. Međutim, može se zaključiti da se primena mera za smanjenje nivoa buke na ispitivanom području pokazala uspešnom, ali ne u dovoljnoj meri da se dostigne nivo buke koji bi bio ispod graničnih vrednosti i zbog toga bi trebalo uvesti dodatne mere za smanjenje buke.

Primena ANN u predviđanju varijacija buke pokazala je da se tehnika MLP može uspešno iskoristiti u dostizanju ovog cilja. Rezultati ove analize takođe se mogu iskoristiti u sprovođenju adekvatnih mera za smanjenje nivoa buke. Naime, MLP tehnika je pokazala da najveći uticaj na varijacije emisija buke ima snaga motora, što je bilo za očekivati jer je jedna od sprovedenih mera bilo smanjenje snage motora aviona pri poletanju. Na isti način mogli bi se u analizu uključiti i dodatni parametri, kao npr. brzina kretanja aviona pri poletanju i sletanju, pravac vetra i sl., što bi verovatno uticalo na rezultat analize primenom MLP tehnike, ali bi se na taj način, svakako dobili podaci koji bi olakšali donošenje odluka po pitanju odabira korektivnih mera.

### **Primena MLR**

Konačno, MLR analiza je korišćena za određivanje koeficijenata determinacije za sve četiri zavisne varijable (Lday, Levening, Lnight i Lden). Nezavisne varijable koje su korišćene u ovom delu istraživanja bile su iste kao i one korišćene u ANN modelu (udaljenost od piste (runway distance - RD), zapremina vazdušnog saobraćaja (air traffic volume - ATV) i snaga motora (engine power - EP)).

Nakon primene MLR metode (jednačina 4) za predviđanje zavisnih varijabli, razvijeni modeli predviđanja buke prikazani jednačinama 5-8.

$$L_{day}=11,289-0,007RD+0,093ATV+0,044EP \quad (6.1)$$

$$Levening=9,752-0,005RD+0,091ATV+0,051*EP \quad (6.2)$$

$$L_{night}=12,253-0,006RD+0,086ATV+0,046EP \quad (6.3)$$

$$L_{den}=18,095-0,006RD+0,088ATV+0,048EP \quad (6.4)$$

Prema tabeli 6.6, korelacija između nezavisnih varijabli (udaljenost od piste (RD), obim vazdušnog saobraćaja (ATV) i snaga motora (EP)) i zavisnih varijabli (Lday, Levening, Lnight

i Lden) je 0,952, 0,951, 0,949 i 0,952, redom.  $R^2$  za regresione modele za zavisne varijable (Lday, Levening, Lnight i Lden) je 0,906, 0,904, 0,901 i 0,906, respektivno. Ovi rezultati pokazuju da se 90,6% vrednosti Lday, 90,4% Levening vrednosti, 90,1% vrednosti Lnight i 90,6% Lden vrednosti mogu objasniti nezavisnim varijablama. RMSE vrednosti za Lday, Levening, Lnight i Lden su 3,521, 3,534, 3,390 i 3,366, respektivno. Takođe je nivo značajnosti bio manji od 0,05 u sva četiri slučaja, što znači da se svi koeficijenti nezavisnih promenljivih statistički značajno razlikuju od nule.

Tabela 6.6 Rezultati analize višestruke linearne regresije

| Statistika višestruke linearne regresije | Rezultati za L <sub>day</sub> | Rezultati za Levening | Rezultati za L <sub>night</sub> | Rezultati za L <sub>den</sub> |
|------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Višestruko R                             | 0,952                         | 0,951                 | 0,949                           | 0,952                         |
| $R^2$                                    | 0,906                         | 0,904                 | 0,901                           | 0,906                         |
| RMSE                                     | 3,521                         | 3,534                 | 3,390                           | 3,366                         |
| Nivo značajnosti                         | 0,000                         | 0,000                 | 0,000                           | 0,000                         |

Ako se uzmu u obzir rezultati sprovedene ANN analize i MLR (vrednosti  $R^2$  i RMSE) može se zaključiti da ANN model korišćen u istraživanju daje bolje rezultate, kao što Jusof i dr. [142] i Kuznetsov i dr. [133] takođe navode u svom istraživanju.

## 7 ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

U ovom poglavlju je urađena analiza rezultata vezanih za opštu (glavnu) hipotezu, kao i analiza rezultata koji potvrđuju pomoćne hipoteze H1 i H2.

### 7. 1. Analiza rezultata vezanih za glavnu (opštu) hipotezu

#### *Opšta hipoteza*

“Uvođenje kombinacije više mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem na aerodromu Mitiga, će rezultovati većem smanjenju buke u objektu Vojne bolnice i Osnovne škole Halima Al Saadia.”

Ova hipoteza je potvrđena analizom rezultata iz Poglavlja 6.1, dobijenih merenjem buke u objektu Vojne bolnice i osnovne škole Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja izabranih mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga.

Uvođenje mera iz grupe Tehnike upravljanja letom: Izmena procedura u odlasku i procedura u dolasku i izmena smera poletanja i sletanja aviona, i mera koje se odnose na planiranje i upravljanje zemljištem: izgradnja barijera između osnovne škole i PSS i između vojne bolnice i PSS, su rezultovale smanjenjem buke na mernim mestima M1 (aerodrom), M2 (vojna bolnica) i M3 (osnovna škola Halima Al Saadia).

Rezultati dobijeni procenom i predviđanjem emisije buke primenom zonalne statistike i metodom interpolacije u GIS-u (Poglavlje 6.3), pokazali su da je nivo buke na sva tri merna mesta bio znatno veći pre uvođenja mera za smanjenje buke (vidi sliku 6.17a). Najniže vrednosti emisije buke su zabeležene u oblasti vojne bolnice (merno mesto M2) od 59.02 dB do 70.30 dB, dok su u oblasti škole (merno mesto M3), zabeležene vrednosti između 63.28 dB i 75.29 dB. Najveće vrednosti emisije buke izmerene su u oblasti aerodroma (merno mesto M1) i kretale su se od 76.07 dB do 87.90 dB.

Nakon uvođenja pomenutih mera za smanjenje buke, (vidi sliku 6.17b) vrednosti emisije buke u oblasti vojne bolnice (merno mesto M2) kretale su se od 55.72 dB do 59.65 dB, u oblasti škole (merno mesto M3) između 56.96 dB i 58.94 dB. Najveći nivo buke i dalje je registrovan u oblasti aerodroma (merno mesto M1) i kretao se između 59.99 dB i 63.76 dB.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M1-aerodrom, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 29.46%, 31,49% i 28.66%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 27.73%, 29.19% i 26.56%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 24.21%, 25.12% i 22.58%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M2-vojna bolnica, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 19.01%, 20,56% i

14.63%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 13.65%, 15.68% i 14.26%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 8.08%, 11.63% i 4.62%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M3-osnovna škola Halima Al Saadia, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje i poslepodnevne sate iznosi 22.61% i 25.47%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 24.27% i 24.25% respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 15.46% i 19.99%, respektivno.

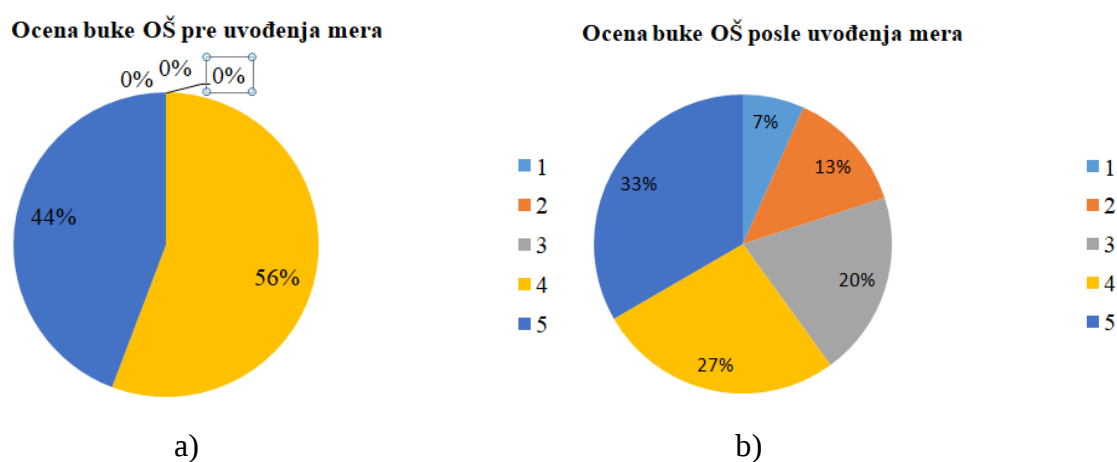
Ovim je opšta (glavna) hipoteza u potpunosti dokazana.

## 7. 2. Analiza rezultata vezanih za prvu pomoćnu hipotezu

**Pomoćna H1:** “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici i zaposlenih i dece u Osnovnoj školi Halima Al Saadia.”

Ova pomoćna hipoteza je potkrepljena dokazom da je postignuto smanjenje buke u osnovnoj školi i u vojnoj bolnici analizirano u delu 7.1. Pomoćna hipoteza H1 je potvrđena i analizom rezultata iz Poglavlja 6.2, koji se odnosi na anketiranje zaposlenih i bolesnika u Vojnoj bolnici i zaposlenih i dece u Osnovnoj školi Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga.

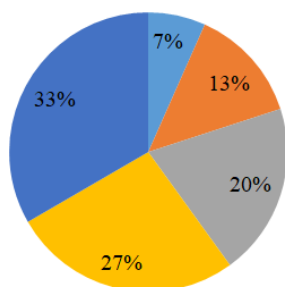
U osnovnoj školi Halima Al Saadia su anketirana ukupno 52 ispitanika od čega je 44 učenika i 8 zaposlenih u školi. Na slici 7.1 može se uočiti da su ocene subjektivnog osećaja buke vazduhoplova ispitanika u OŠ znatno niže nego pre uvođenja mera, na osnovu čega se može zaključiti da je i njihov boravak u školi prijatniji nego pre.



Slika 7.1 Grafički prikaz odgovora ispitanika u OŠ Halima Al Saadia na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?” a) pre i b) posle uvođenja mera za smanjenje buke

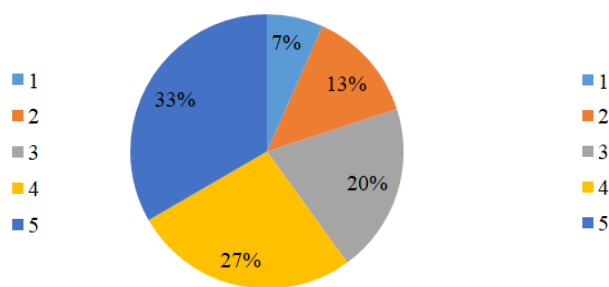
U vojnoj bolnici je anketirano 50 ispitanika od čega je bilo 10 pacijenata i 40 zaposlenih u bolnici. Na slici 7.2 se može uočiti da su ocene subjektivnog osećaja buke vazduhoplova u vojnoj bolnici niže nego pre uvođenja mera, pa se može zaključiti da je boravak bolesnika u bolnici, kao i rad i boravak zaposlenog osoblja bio manje ometan nego pre uvođenja mera za smanjenje buke aerodroma.

Ocena buke vojna bolnica pre uvođenja mera



a)

Ocena buke vojna bolnica posle uvođenja mera



b)

Slika 7.2 Grafički prikaz odgovora ispitanika u vojnoj bolnici na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?” a) pre i b) posle uvođenja mera za smanjenje buke

Ovim je pomoćna hipoteza H1 u potpunosti dokazana.

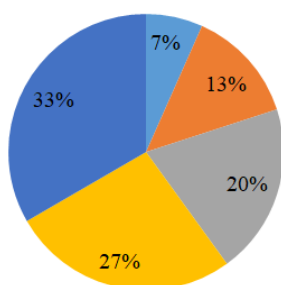
### 7. 3. Analiza rezultata vezanih za drugu pomoćnu hipotezu

**Pomoćna H2:** “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazдушnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva zaposlenih na aerodromu.”

Ova pomoćna hipoteza je potkrepljena dokazom da je postignuto smanjenje buke na aerodromu, što je prezentovano u delu 7.1. Pomoćna hipoteza H2 je potvrđena analizom iz Poglavlja 6.2, koji se odnosi na anketiranje zaposlenih na aerodromu Mitiga, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke.

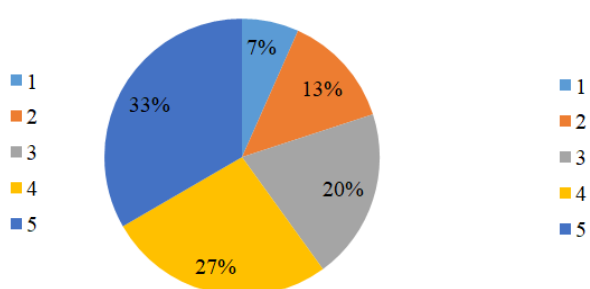
Na aerodromu je anketirano 55 ispitanika zaposlenih na različitim radnim mestima. Na slici 7.3 se može uočiti da su ocene subjektivnog osećaja buke vazduhoplova kod zaposlenih na aerodromu niže nego pre uvođenja mera, što znači da je njihov boravak i rad bio manje ometan bukom vazduhoplova nego pre uvođenja mera, čime je povećano i njihovo zadovoljstvo na radnom mestu.

**Ocena buke Aerodrom pre uvođenja mera**



a)

**Ocena buke aerodrom posle uvođenja mera**



b)

Slika 7.3 Grafički prikaz odgovora ispitanika na aerodromu na pitanje: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelica?” a) pre i b) posle uvođenja mera za smanjenje buke

Ovim je pomoćna hipoteza H2 u potpunosti dokazana.

## 8 ZAKLJUČAK

Aktivnosti opisane u ovoj doktorskoj disertaciji su doprinele naučnom sagledavanju problematike buke generisane vazдушnim saobraćajem i njenog uticaja na zajednicu u okolini aerodroma Mitiga. Takođe su dale doprinos i upoznavanju sa problemima vezanim za uticaj buke na zdravlje stanovništva koje živi i radi u okolini aerodroma, čime je omogućeno rano predviđanje mogućih problema i njihovo otklanjanje.

Izbor mera za smanjenje buke za posmatrani aerodrom Mitiga je izvršen uzimajući u obzir javni interes u oblasti vazdušnog saobraćaja u pogledu razvoja aerodroma, vodeći računa da se ne ugrozi bezbednost, a bio je pre svega diktiran troškovima uvođenja mera koji su morali da budu u skladu sa mogućnostima.

Prva mera koja je uvedena je: Izmena procedura u odlasku, koja po uravnoteženom pristupu spada u grupu: Tehnike upravljanja letom. Pre uvođenja mera avioni su poletali brzinom Toga N1 koju obezbeđuje CFM56-5B motor sa 92.8% max snage i brzinom FLXN1 sa 83% snage motora. U dogovoru sa kontrolom leta i pilotima, a u skladu sa "Libyan Civil Aviation Regulation – Air Operations 2019.", usvojeno je da avioni poleću brzinom FLXN1 sa 83% i FLXN1 sa 80% snage motora CFM56-5B.

Druga mera je: Izmena procedura u dolasku, koja takođe po uravnoteženom pristupu spada u grupu: Tehnike upravljanja letom. Iskorišćena je mogućnost da se promenom brzine prilaza menja nivo generisane buke. Snaga motora pri sletanju je ostala na 38%, ali je brzina aviona smanjena na najmanju moguću, koliko su piloti iz bezbednosnih razloga mogli da smanje brzinu prilaza, u skladu sa "Libyan Civil Aviation Regulation – Air Operations 2019".

Treća mera je: Promena smeru sletanja i poletanja, takođe iz grupe Tehnike upravljanja letom. Nakon obavljenih razgovora sa kolegama na aerodromu i kontrolorima leta u kontrolnom tornju, dobijen je pozitivan odgovor na zahteve da se promeni pravac poletanja i sletanja, tako da poletanje bude suprotno od pravca bolnice i škole, a takođe i sletanje u drugom smeru, kako bi avioni koristili najmanju moguću brzinu i snagu motora.

Četvrta uvedena mera, koja po uravnoteženom pristupu spada u grupu: Planiranje i upravljanje zemljištem, je izgradnja barijera na putu prostiranja zvučnih talasa i to:

1.- Postavljanje barijera između Osnovne škole Halima Al Saadia i PSS. Barijera je izgrađena u vidu zida na udaljenosti 26m od škole, dužine 825m, visine 4m i debljine 40cm.

2.- Postavljanje barijera između vojne bolnice i PSS. Barijera je izgrađena u vidu zida od aluminijuma na udaljenosti od 232 m bolnice, dužine 750m, visine 2m i debljine 2mm.

Merenje buke za vršno opterećenje u tri vremenska intervala: dan, poslepodne i noć, je izvršeno na tri merna mesta: M1- aerodrom, M2-vojna bolnica i M3-osnovna škola Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja navedenih mera.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M1- aerodrom, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 29.46%, 31,49% i 28.66%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 27.73%, 29.19% i 26.56%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 24.21%, 25.12% i 22.58%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je da smanjenje nivoa buke na mernom mestu M2-vojna bolnica, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate iznosi 19.01%, 20,56% i 14.63%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 13.65%, 15.68% i 14.26%, respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje, poslepodnevne i noćne sate, dobija se smanjenje buke od 8.08%, 11.63% i 4.62%, respektivno.

Statističkom obradom rezultata merenja dobijeno je smanjenje nivoa buke na mernom mestu M3-osnovna škola Halima Al Saadia, nakon uvođenja mera pri poletanju za smanjenu snagu motora sa 92,8% na 83%, za jutarnje i poslepodnevne sate iznosi 22.61% i 25.47%, respektivno. Za režim poletanja sa smanjenjem snage motora sa 83% na 80% za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 24.27% i 24.25% respektivno. U režimu sletanja sa snagom od 38%, za jutarnje i poslepodnevne sate, dobija se smanjenje buke od 15.46% i 19.99%, respektivno.

Dobijenim rezultatima je glavna hipoteza u potpunosti dokazana.

Ankete, koje su sprovedene pre i posle uvođenja mera su sadržavale 4 opšta pitanja koja su se odnosila na ispitanike. Drugi deo anketa pre uvođenja mera je sadržavao 11 pitanja koja se odnose na stavove i mišljenja ispitanika po pitanju buke, dok je ponovljena anketa nakon uvođenja mera obuhvatila 5 pitanja iz dela koji se odnosi na stavove i mišljenja ispitanika po pitanju buke.

Anketirano je ukupno 157 ispitanika od toga 83 osobe muškog pola i 74 osobe ženskog pola. Od ukupnog broja anketiranih na lokaciji aerodroma anketirano je 55 ispitanika, na lokaciji vojne bolnice 50 ispitanika i na lokaciji osnovne škole Halima Al Saadia 52 ispitanika.

Rezultati anketiranja su pokazali da su žene osetljivije na buku vazduhoplova od muškaraca, (vidi slike 6.13 i 6.14), što se poklapa sa istraživanjima Bluhm et al. [51]

Takođe je uočeno da su deca izuzetno osetljivija na buku. Nijedan učenik na pitanje “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?” nije dao ocenu 3, 2 i 1, njih 57% je dalo ocenu 4, a 43% je dalo ocenu 5, što pokazuje visok stepen uznemirenosti bukom dece u toku održavanja redovne nastave (vidi sliku 6.15). Ovi rezultati se poklapaju sa rezultatima istraživanja Mohammad Javad Jafari et al. 2019. [82], Haines et al. [63], Stansfeld et al. [68], Clark et al. [25].

Ispitanici iz starosne grupe 50<sup>+</sup> na isto pitanje imaju 8% odgovora sa ocenom 1, nijedan odgovor sa ocenom 2, 9% odgovora sa ocenom 3, 35% odgovora sa ocenom 4 i 48% odgovora sa ocenom 5. Očigledno je da ova grupa spada u grupu osetljivijih na buku aviona, što se poklapa sa istraživanjima Eriksson et al. [40] i istraživanjima Gregurek R. , Gozmi M. i sar. [18]

Poređenjem odgovora na pitanje Q1: “Koliko ste uopšte osetljivi na buku svih vrsta?”, i pitanja Q2: “Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?” došlo se do zaključka da je osetljivost na buku vazdušnog saobraćaja znatno viša u poređenju sa osetljivošću na buku ostalih izvora. Ovi rezultati se poklapaju sa rezultatima dobijenim u istraživanjima Charlotte Clark and Stephen A. Stansfeld, 2007. [25]

Analiza odgovora na pitanje Q3: "Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do 5, koliko vam buka smeta?", pre i posle uvođenja mera, može se zaključiti da je kod ispitanika subjektivni osećaj buke vazduhoplova sa aerodroma evidentno manji nakon uvođenja mera, što je svakako rezultat objektivnog sniženja buke, a donekle i psihološkog efekta usled činjenice da je većina ispitanika bila upoznata sa izgradnjom barijera i aktivnostima koje su sprovedene na aerodromu u cilju snižavanja buke.

Na pitanje Q4: "Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća?", pre i posle uvođenja mera, veći broj ispitanika se izjasnio da je buka pri poletanju, kada je dominantnija buka motora, veća od buke koja se generiše u fazi sletanja, kada je dominantnija buka strukture vazduhoplova, što je potpuno ispravno. Odgovori na ovo pitanje su pokazali da ispitanici realno procenjuju stanje po pitanju buke na aerodromu.

Poređenjem odgovora na pitanje Q5: "Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti da bi se avion mogao srušiti? (1-nimalo, 2-malo, 3-umereno, 4-veoma, 5-ekstremno)" i pitanja Q6: "Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti zbog nesreće automobila, autobusa ili kamiona?", zaključeno je da su ispitanici zabrinutiji od mogućnosti nesreće u drumskom saobraćaju, nego od mogućnosti rušenja aviona, što je takođe realna procena za ljude koji žive u blizini aerodroma ili rade na njemu. Odgovori na ovo pitanje su pokazali da ispitanici nemaju strah vezan za vazduhoplove i letenje, i da nemaju diskriminatoran stav i predrasude po pitanju vazdušnog saobraćaja koji se odvija u njihovoj blizini. Ovo navodi na zaključak da su i njihove procene vezane za buku realne.

Odgovori na pitanje Q7: "Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina?", pre i posle uvođenja mera, pokazuju da stanovništvo ne očekuje neka veća poboljšanja na ovom polju, što je verovatno posledica ekonomskog stanja u zemlji, a donekle i nepoverenja prema aerodromskim vlastima da će učiniti neke veće pomake po pitanju njihovog problema vezanog za buku aviona.

Odgovori na pitanje Q8: "Koliko vam je poznato, da li je ikada bilo sporova između aerodromskih vlasti i stanovnika koji žive u blizini aerodroma zbog buke aviona?", pokazuju da okolno stanovništvo nije informisano o važnim pitanjima vezanim za rad aerodroma. Komunikacija između zajednice i aerodromskih vlasti očigledno ne funkcioniše zadovoljavajuće.

Odgovori na pitanje Q9: "Na skali od 1 do 4, koliko mislite da postupci i stavovi stanovnika mogu uticati na politiku buke aerodroma?", pokazuju da više od pola ispitanika smatra da mogu veoma uticati na politiku aerodroma, što je dobar pokazatelj da su članovi zajednice svesni da imaju mogućnosti da utiču na donošenje odluka vezanih za dalji razvoj aerodroma.

Odgovori na pitanje Q10: "Da li mislite da službenici aerodroma obaveštavaju lokalno stanovništvo o planiranju promena aerodroma?", dovode do zaključka da ne postoji dobra komunikacija između zajednice i aerodromskih vlasti. Ovo je problem na kome treba raditi, jer je uspešna komunikacija između lokalnih vlasti, aerodromskih vlasti i zajednice jedan od uslova ostvarivanja uspešne primene uravnoteženog pristupa.

Odgovori na pitanje Q11: "Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako?", pre i posle uvođenja mera, ukazuju na blago smanjenje broja ispitanika koji očekuju da će smanjenje buke biti veliko, uz istovremeni blagi porast broja

ispitanika čije je mišljenje da će buka u narednim godinama ostati ista. Ovo ukazuje na postojanje nepoverenja prema aerodromskim vlastima da će u narednim godinama biti napravljeni neki značajniji koraci po pitanju rešavanja njihovih problema vezanih za buku.

Rezultati IDW metode interpolacije u GIS-u pokazali su da je pre uvođenja mera za smanjenje nivoa buke izazvane vazdušnim saobraćajem na pojedinim gridovima bilo potrebno smanjiti nivo buke za preko 30%, dok je uvođenje mera smanjilo nivo buke, ali i dalje na nekim gridovima potrebno smanjenje od preko 9%. Međutim, može se zaključiti da je primena mera za smanjenje nivoa buke u istraživanom području bila uspešna, ali ne u dovoljnoj meri da se dostigne nivo buke ispod graničnih vrednosti, te je stoga potrebno uvesti dodatne mere za smanjenje buke.

Primena ANN modela u predviđanju varijacija buke pokazala je da se MLP tehnika može uspešno koristiti u postizanju ovog cilja. Rezultati ove analize mogu se koristiti i u sprovođenju adekvatnih mera za smanjenje nivoa buke. Pouzdanost ANN u predviđanju zagađenja bukom izazvanog vazdušnim saobraćajem potvrđena je višim koeficijentima determinacije i nižim RMSE vrednostima od onih postignutih MLR metodom. Međutim, važno je istaći da u analizu mogu biti uključeni i dodatni parametri (brzina aviona pri poletanju i sletanju, smer vetra i sl.), što bi verovatno uticalo na rezultat analize MLP tehnikom, ili neki drugi tradicionalni model kao što je MLR, ali bi se na taj način svakako dobili podaci koji bi olakšali donošenje odluke o izboru korektivnih mera.

Pomoćna hipoteza H1: “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazdušnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva bolesnika i zaposlenih u Vojnoj bolnici i zaposlenih i dece u Osnovnoj školi Halima Al Saadia” je potkrepljena dokazima da je postignuto smanjenje buke u osnovnoj školi i u vojnoj bolnici, koje je analizirano u delu 7.1. Pomoćna hipoteza H1 je potvrđena i analizom rezultata iz dela 6.2, koji se odnosi na anketiranje zaposlenih i bolesnika u Vojnoj bolnici i zaposlenih i dece u Osnovnoj školi Halima Al Saadia, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke na aerodromu Mitiga. Rezultati anketiranja su pokazali da su ocene subjektivnog osećaja buke vazduhoplova ispitanika u OŠ, kao i u vojnoj bolnici, znatno niže nego pre uvođenja mera, na osnovu čega se može zaključiti da je i njihov boravak u školi prijatniji nego pre. Ovim je pomoćna hipoteza H1 u potpunosti dokazana.

Pomoćna H2: “Uvođenje neke od mera za smanjenje buke generisane vazdušnim saobraćajem u i oko aerodroma Mitiga, će doprineti povećanju zadovoljstva zaposlenih na aerodromu” je potkrepljena dokazom da je postignuto smanjenje buke na aerodromu, što je prezentovano u delu 7.1. Pomoćna hipoteza H2 je potvrđena analizom iz Poglavlja 6.2, koji se odnosi na anketiranje zaposlenih na aerodromu Mitiga, pre i posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke. Uočeno je da su ocene subjektivnog osećaja buke vazduhoplova kod zaposlenih na aerodromu posle uvođenja mera, niže nego pre uvođenja mera, što dovodi do zaključka da su tokom boravka i rada na aerodromu bili u manjoj meri ometani bukom vazduhoplova nego pre uvođenja mera, čime je povećano i njihovo zadovoljstvo na radnom mestu. Ovim je pomoćna hipoteza H2 u potpunosti dokazana.

Primenom mera za smanjenje buke na aerodromu Mitiga postignuto je značajno smanjenje buke, ali ne u meri koja je potrebna da bi se dostigao nivo buke koji bi bio ispod

propisanih graničnih vrednosti, što zahteva uvođenje dodatnih mera za smanjenje buke. Upravo zbog ovoga je napravljen predlog mera za smanjenje buke, koje bi trebalo implementirati na postojećem aerodromu kako bi se nivo buke smanjio u okvire propisanih granica.

## **9. PREDLOG ZA UVOĐENJE NOVIH MERA NA AERODROMU MITIGA**

Prvi korak bi bio da se napravi prognoza rasta saobraćaja na aerodromu Mitiga. U skladu sa novom prognozom, neophodno je da se u cilju održivog razvoja aerodroma, napravi nova strategija upravljanja bukom u kojoj će se definisati operativne mere, koje treba da omoguće daljnje smanjenje buke na i oko aerodroma.

Potrebno je osavremeniti sistem za monitoring buke, koji treba da omogući kontinuirano praćenje buke i izradu mapa buke za oblast koja je ugrožena bukom sa aerodroma Mitiga.

Sledeći korak bi bio razmatranje primene operativnih mera prilaza i poleta vazduhoplova (povećan ugao prilaza, mera “manja snaga-manji otpor”, primena krivolinijske putanje u prilazu, pomeranje praga, CDO i CCO mere) na što veći broj letova, a u skladu sa uslovima bezbednosti leta. Primena ovih mera zavisi od performansi vazduhoplova koji saobraćaju na ovom aerodromu, od nivoa tehnološkog razvoja pružaoca usluga vazdušnog saobraćaja, od karakteristika aerodroma i mnogih drugih parametara. Navedene mere imaju niz prednosti i nedostataka, pa njihovom odabiru treba posvetiti veliku pažnju. CDO i CCO se smatraju najefikasnijim merama jer smanjuju buka u poletu i prilazu, što je rezultat zadržavanja vazduhoplova na većim visinama i primene većeg ugla pri poletanju. Na ovaj način se smanjuje uticaj buke na stambena naselja u oblasti odlaznih i ruta, ali i smanjenje potrošnje goriva, što rezultuje smanjenjem emisije izduvnih gasova i zagađenja vazduha.

Jedna od mera, koja spada u grupu mera za smanjenje buke na izvoru, je gašenje jednog ili nekoliko motora (u zavisnosti od tipa vazduhoplova) prilikom taksiranja. Ovo je jednostavna mera, koja je ekonomski isplativa i sa stanovišta potrošnje goriva, a doprinosi i smanjenju zagađenja vazduha.

Takođe se preporučuje upotreba GPU-a zemaljskog izvora napajanja vazduhoplova umesto APU-a pomoćne jedinice za napajanje. Na ovaj način se smanjuje nivo generisane buke na stajanci uz istovremeno smanjenje potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova motora.

Preporučuje se uvođenje mere kojom se zabranjuje ili ograničava upotreba obrnutog potiska u večernjim i noćnim časovima.

Preporučuje se i razmatranje izgradnje posebnog objekta za testiranje motora, ako to mogućnosti dozvoljavaju, sa ciljem redukcije buke tokom sprovođenja ovog postupka. Zidove ovog objekta bi trebalo izgraditi od materijala koji dobro apsorbuje zvuk u obliku deflektora koji usmeravaju zvučne talase u nebo i smanjuju širenje zvučnih talasa u horizontalnom pravcu. Moguće je na ove deflektore postaviti solarne izvore energije, što će omogućiti povećanje energetske efikasnosti aerodroma. Ako ne postoje finansijske mogućnosti za izgradnju posebnog objekta za ovu namenu, potrebno je predvideti upotrebu fiksnih ili prenosivih prigušivača, koji omogućavaju smanjenje buke 10 do 25 dB.

Neophodno je razmotriti uvođenje penala i zabrane sletanja i poletanja u noćnom periodu za stare i ekološki neprihvatljive vazduhoplove, i uvođenje “policijskog časa” tj. delimičnog ili potpunog ograničenja noćnih operacija.

Osim navedenog, potrebno je odrediti i optimalne putanje vazduhoplova, kako bi se izbegla područja sa većim brojem stanovnika. Putanje se trebaju preusmeriti iznad vodenih površina, autocesta, zaliva. Sa druge strane, postoji mogućnost prekomernog preusmeravanja vazdušnog saobraćaja na pojedine delove naseljenog područja, pa je potrebno da sve ovo detaljno isplanira u skladu sa dobijenim mapama buke.

Napori u cilju smanjenja uticaja vazduhoplovne buke na stanovništvo u okolini aerodroma treba da budu usmereni na sprečavanje daljeg širenja stambenog naselja. Od širokog dijapazona mera koje se odnose na korišćenje zemljišta, u sadašnjoj situaciji je moguće primeniti samo "popravne mere" poput kupovine imovine ili zvučne izolacije stambenih zgrada koje su izložene značajnijoj buci aviona, što će biti uočljivo na mapama buke koje je neophodno izraditi kako je već navedeno. Zvučna izolacija zahteva ugradnju materijala sa dobrim izolatorskim svojstvima, što zahteva promenu građevinskog koda u novogradnji i rekonstrukciji postojećih objekata. Pored izrade fasada od apsorpcionih materijala, na postojećim se može izvršiti i zamena vrata i prozora novim, koji imaju bolja apsorpciona svojstva po pitanju buke.

Zid koji je izgrađen između PSS-e i škole Halima Al Saadia treba da se podigne do visine 4m. Konstruktivno rešenje treba da bude tako izvedeno da se zid ka gore sužava tako da strana zida ka PSS bude postavljena pod uglom oko  $30^0$  prema vertikali, kako bi se iskoristila mogućnost usmeravanja zvučnih talasa ka nebu. Moguće je zid izraditi u vidu deflektora sa promenljivim uglom koji će obavljati istu funkciju, na kojima mogu biti postavljeni solarni paneli, koji će doprineti uštedama potrošnje energije, čime aerodrom postaje energetski efikasniji u skladu sa principima održivog razvoja. Koje od ova dva rešenja će biti odabrano, pre svega zavisi od finansijskih mogućnosti.

Jednostavan i jeftin način zvučne izolacije samog aerodroma je i sađenje drveća sa širim listovima oko aerodroma, jer lišće odbija i upija zvučne talase, čime dolazi do smanjenja zvučne energije. Jedan njen deo upija struktura lista, a drugi deo se odbija i vraća natrag. Pri delovanju vetra listovi se sudaraju i proizvode umirujući zvuk koji je ujednačen i maskira iritirajuće zvukova generisane radom vazduhoplovnih motora.

Slično se događa i na zelenim fasadama i zelenim krovovima, pa se ova mera preporučuje kao mera koju je moguće primeniti i na vojnu bolnicu i na osnovnu školu Halima Al Saadia, jer oba objekta imaju ravne krovove. Istraživanja su pokazala da lišće smanjuje količinu buke za oko 5 dB. Zelene fasade i zeleni krovovi će poslužiti i kao dobri toplotni izolatori, čime će osim doprinosa smanjenju buke, dati doprinos i u potrošnji energije za hlađenje u izuzetno vrućim danima.

Ono što je otkriveno anketom je loša saradnja između zajednice i aerodromskih vlasti. Postojeći regulatorni okvir otežava identifikaciju osobe za rešavanje žalbe i mesta na koje se žalba podnosi. U ovakvim slučajevima dolazi do povećanja broja peticija, jer aerodromske vlasti ne komuniciraju o problemima vezanim za buku. Zajednica mora da bude informisana o svojim pravima, o budućim planovima razvoja aerodroma, o važnosti njihovih pritužbi, o problemima vezanim za buku i uticaju na njihovo zdravlje. U cilju razvijanja svesti o važnosti prevencije i zaštite od buke, menadžeri aerodroma mogu da organizuju predavanja u osnovnoj školi Halima Al Saadia sa ciljem edukacije dece u ranom uzrastu. Ovo iskazivanje brige aerodromskih vlasti će doprineti povećanju poverenja zajednice i svakako će uticati na

smanjenje broja pritužbi građana. Stanovništvu je neophodno prezentovati rezultate monitoringa buke, kao izraz želje za boljom saradnjom i informisanošću stanovnika zajednice, što će na kraju dovesti do efikasnijih rešenja problema vezanih za buku.

Stanovnicima treba ponuditi programe podrške u vidu ustanovljavanja i implementacije sistema prijave povišenih nivoa buke, a ako za to postoje mogućnosti, ponuditi im programe finansijske podrške za izolaciju njihovih stambenih objekata.

## 10. LITERATURA

1. Mirjana Puharić, Ivana Ilić, Maja Anđelković, Edita Kastratović, Daniela Kuzmanović, Uticaj vazdušnog saobraćaja na životnu sredinu, Izdavač: Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo, ISBN - 978-86-81400-54-8, 2021.).
2. Pavlin S. Aerodromi I, Udžbenik, Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2006.
3. Lilley, G.M. "The Prediction of Airframe Noise and Comparison with Experiment". Journal of Sound and Vibration, 239(4):849–859, 2001.
4. Lopes, L. V., Brentner, K. S., and Morris, P. J., "Airframe Noise Prediction with Installed Landing Gear for a Complete Aircraft," May 11–13 2009, AIAA Paper No. 2009-3155, 15th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (30th AIAA Aeroacoustics Conference),.
5. Guo, Y., "On Trailing Edge Noise Modeling and Prediction for Aircraft High Lift Wings," Tech. Rep. NASA CR NNL07AA03A, National Aeronautics and Space Administration, January 2010.,
6. Guo, Y., "Aircraft Slat Noise Modeling and Prediction," June 7–9 2010, AIAA Paper No. 2010-3837, presented at the 16th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference,
7. Guo, Y., "Flap Side Edge Noise Prediction Model," Tech. Rep. NASA CR NNL07AA03A, National Aeronautics and Space Administration, July 2009., Guo, Y., "Aircraft Slat Noise Modeling and Prediction," June 7–9 2010, AIAA Paper No. 2010-3837, presented at the 16th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference
8. Hardin, J. C. Noise generation at the side edges of flaps, Conference *Hartford, NASA Langley Research Center Acoustics and Noise Reduction Div., Hampton, Va., United States, 2013.*
9. Lockard, D.P. and Lilley, G.M. "The Airframe Noise Reduction Challenge", NASA Technical Memorandum 2004-213013, April, 2004.
10. Lockard, D.P. and Lilley, G.M. "The Airframe Noise Reduction Challenge", NASA Technical Memorandum 2004-213013, April, 2004., Lockard, D.P., Khorrami, M.R., and Li, F. "High Resolution Calculation of a Simplified Landing Gear", 10th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, AIAA Paper 2004-2887, May, 2004.
11. <https://www.blastdeflectors.com/wp-content/uploads/BDI-Ground-Run-up-Enclosure-Brochure.pdf>
12. Neil Dikson, ICAO Noise Standards, ICAO Symposium on Aviation and Climate Change, "Destination Green" may 2013.
13. Vidaković Z. , Buka, Zavod za javno zdravlje, Subotica, 2007.
14. World Health Organization Europe, 2018, Environmental Noise Guidelines for the European Region
15. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S., 2013, Auditory and non-auditory effects of noise on health,
16. H.M.E. Miedema, 2007, Annoyance caused by environmental noise: Elements for evidence-based noise policies

17. H.M.E. Miedema, C.G.M. Oudshoorn, 2001, Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals
18. Gregurek R. , Gozmi M. i saradnici, Buka i zdravlje, Akademija medicinskih znanosti Hrvacke, Zagreb, 2005.
19. Munzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sorensen M. Environmental Noise and the Cardiovascular System. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(6):688-97
20. Thomas Münzel MD, Omar Hahad PhD and Andreas Daiber PhD Discuss the link between noise and cardiovascular disease, 2019.
21. WHO, Environmental noise guidelines for the European Region (2018) [www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018](http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018) (pristupljeno 10 april 2022)
22. Munzel T, Gori T, Babisch W, Basner M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *Eur Heart J*. 2014;35:829–836; Babisch W. Cardiovascular effects of noise. *Noise Health*. 2011;13:201–204.
23. P S Wild, T Zeller, M Beutel, M Blettner, K A Dugi, K J Lackner, N Pfeiffer, T Münzel, S Blankenberg, The Gutenberg Health Study, *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 2012 Jun; 55(6-7):824-9. doi: 10.1007/s00103-012-1502-7.
24. Guski R., Schuemer R. i Felscher-Shur U, The Concept of Noise Annoyance: how International Experts See it, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 223, Issue 4, p. 513-527, 1999.
25. Charlotte Clark and Stephen A. Stansfeld, The Effect of Transportation Noise on Health and Cognitive Development: A Review of Recent Evidence Charlotte Clark and Stephen A. Stansfeld Barts & the London School of Medicine University of London, United Kingdom, *International Journal of Comparative Psychology*, 2007, Vol.20, 145-158. Copyright 2007 by the International Society for Comparative Psychology
26. Michaud, Fidell, Pearsons, Campbell, & Keith, Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbance, *J Acoust Soc Am*. 2007 Jan;121(1):32-41, doi: 10.1121/1.2400613.2007
27. Passchier-Vermeer, Vos, Steenbekkers, van der Ploeg, & Groothuis-Oudshoorn, Sleep disturbance and aircraft noise exposure Exposure-effect relationships, TNO Prevention and Health-report, Ihc Netherlands, 2002.
28. Basner, M., Samel, A. Effects of nocturnal aircraft noise on sleep structure, *Somnologie* 9, 84 (2005). <https://doi.org/10.1111/j.1439-054X.2005.00051.x>
29. Henk M E Miedema, Henk Vos, Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies, *Behav Sleep Med*. 2007;5(1):1-20, doi: 10.1207/s15402010bsm0501\_1
30. Evy Ohrström, Lars Barregård, Eva Andersson, Annbritt Skånberg, Helena Svensson, Pär Angerheim, Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic, *J Acoust Soc Am*. 2007 Nov;122(5):2642-52, doi: 10.1121/1.2785809
31. Vienneau D, Schindler C, Perez L, Probst-Hensch N, Roosli M. The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Res*. 2015;138:372–380.

32. Vienneau D, Schindler C, Perez L, Probst-Hensch N, Roosli M. The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Res*. 2015;138:372–380.
33. Kempen EV, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15 pii: E379
34. Stansfeld SA. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12:12735–12760.
35. Roswall N, Raaschou-Nielsen O, Ketzel M, et al. Long-term residential road traffic noise and NO<sub>2</sub> exposure in relation to risk of incident myocardial infarction—a danish cohort study. *Environ Res*. 2017;156:80–86.
36. Selander J, Nilsson ME, Bluhm G, et al. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology*. 2009;20:272–279.
37. Heritier H, Vienneau D, Foraster M, et al. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: a nationwide cohort study from Switzerland. *Eur J Epidemiol.*, 2017 Apr;32(4):307-315, doi: 10.1007/s10654-017-0234-2. Epub 2017 Mar 9.
38. Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg RB, et al. Road traffic noise and incident myocardial infarction: a prospective cohort study. *PLoS One*. 2012;7 e39283.
39. Wolfgang Babisch, Bernd Beule, Marianne Schust, Norbert Kersten, Hartmut Ising, Traffic noise and risk of myocardial infarction, *Epidemiology*. 2005 Jan;16(1):33-40.doi: 10.1097/01.ede.0000147104.84424.24.
40. Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology*. 2007., 18:716–721.
41. Sørensen M, Hvidberg M, Andersen ZJ, et al. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur Heart J*. 2011;32:737–744.
42. Hansell AL, Blangiardo M, Fortunato L, et al. Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ*. 2013;347 f5432.
43. Halonen JJ, Hansell AL, Gulliver J, et al. Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London. *Eur Heart J*. 2015;36:2653–2661.
44. van Kempen E, Babisch W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *J Hypertens*. 2012;30:1075–1086.
45. Fuks KB, Weinmayr G, Basagana X, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and traffic noise and incident hypertension in seven cohorts of the European study of cohorts for air pollution effects (ESCAPE) *Eur Heart J*. 2017;38:983–990.
46. Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.L., Savigny, P., Seiffert, I., et al. (2008) Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116.
47. Eberhard Greiser, Claudia Greiser, Katrin Janhsen, Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class—the Cologne-Bonn Airport study *Journal of Public Health*, volume 15, pages327–337 (2007)

48. Yvonne de Kluizenaar, Ronald T Gansevoort, Henk M E Miedema, Paul E de Jong, Hypertension and road traffic noise exposure, *J Occup Environ Med.* 2007;49(5):484-92. doi: 10.1097/JOM.0b013e318058a9ff.
49. Toshihito Matsui, Takashi Miyakita, T Uehara, Kozo Hiramatsu, The Okinawa study: Effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices, October 2004, *Journal of Sound and Vibration* 277(3), DOI:10.1016/j.jsv.2004.03.007
50. Rosenlund, Berglind, Pershagen, Jarup i Bluhm, Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occupational and Environmental Medicine*, 58, 769-773. (2001)
51. Bluhm, L.G., Bergling, N., Nordling, E. and Rosenlund, M. (2007) Road traffic noise and hypertension. *Occupational Environmental Medicine*, 64, 122-126. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2005.025866>
52. Seidler A, Wagner M, Schubert M, et al. Myocardial infarction risk due to aircraft, road and rail traffic noise—results of a case-control study based on secondary data. *Dtsch Arztebl Int.* 2016;113:407–414
53. Seidler A, Wagner M, Schubert M, et al. Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease—a case-control study based on secondary data. *Int J Hyg Environ Health.* 2016;219:749–758.).
54. Schmidt FP, Basner M, Kroger G, Weck S, Schnorbus B, Muttray A, et al. Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults. *Eur Heart J.* 2013;34(45):3508-14a.
55. Munzel T, Daiber A, Steven S, Tran LP, Ullmann E, Kossmann S, et al. Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation: mechanistic insight from studies in mice. *Eur Heart J.* 2017;38(37):2838-49.
56. Kroller-Schon S, Daiber A, Steven S, Oelze M, Frenis K, Kalinovic S, et al. Crucial role for Nox2 and sleep deprivation in aircraft noise-induced vascular and cerebral oxidative stress, inflammation, and gene regulation. *Eur Heart J.* 2018;39(38):3528-39.
57. Basner M, McGuire S. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15 pii: E519.
58. Foraster M, Eze IC, Schaffner E, et al. Exposure to road, railway, and aircraft noise and arterial stiffness in the SAPALDIA Study: Annual average noise levels and temporal noise characteristics. *Environ Health Perspect.* 2017;125 097004.
59. WHO. Environmental noise guidelines for the European Region (2018) [www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018](http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018) (last accessed on 14 January 2019)
60. Babisch, W. (2003) Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise Health*, 5, 1-11.
61. Poll R.v., Straetemans M. and Nicolson N.A. (2001) Ambient noise in daily life: a pilot study. In *Internoise 2001. Proceedings of the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*, The Hague. Vol. 4. Boone R., ed. Nederlands Akoestisch Genootschap, Maastricht, pp1807-1810.

62. W.Babisch, H.Froome, A.Beier, & H. Ising, Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise: the role of stress hormones in noise research, *Environ Int.* 2001 Jun;26(7-8):475-81., doi: 10.1016/s0160-4120(01)00030-7.
63. Haines, Stansfeld, Job, Berglund, & Head, A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition, *Int J Epidemiol.* 2001 Aug;30(4):839-45, doi: 10.1093/ije/30.4.839.
64. Tarnopolski E,McLean EK, Noise as a mental health problem, *Acta Psiquiatrica y Psicologica de America Latina*, 01 Jun 1977, 23(2):100-109
65. Hiramatsu, Iamamoto, Taira, Ito, & Nakasone, A SURVEY ON HEALTH EFFECTS DUE TO AIRCRAFT NOISE ON RESIDENTS LIVING AROUND KADENA AIR BASE IN THE RYUKYUS, Published 28 August 1997, *Psychology, Journal of Sound and Vibration*,
66. Haines, M.M., Stansfeld, S.A., Job, R.F.S., Berglund, B, Head, J (2001a). Chronic aircraft noise exposure, stress responses mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*, 31, 265-277
67. S.A. Stansfeld, B. Berglund, C. Clark, I. Lopez-Barrio, P. Fischer, E. Ohrstrom, M.M. Haines, J. Head, S. Hygge, Ivan Kamp, B.F. Berry on behalf of the RANCH study team., Stansfeld, S.A., et al. Aircraft and Road Traffic Noise and Children's Cognition and Health, RANCH article, *Lancet* 3 June 2005; 365: 1942–49
68. Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *British medical bulletin.* 2003; 68(1): 243–57, <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg033> PMID:14757721.
69. Tak S, Davis RR, Calvert GM. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers-NHANES, 1999-2004. *American journal of industrial medicine.* 2009; 52(5): 358-371, <https://doi.org/10.1002/ajim.20690> PMID:19267354.
70. Hammer MS, Swinburn TK, Neitzel RL. Environmental noise pollution in the United States: developing an effective public health response. *Environmental health perspectives.* 2013;122(2):115–9. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307272> PMID:24311120
71. Wang S, Yu Y, Feng Y, Zou F, Zhang X, Huang J, et al.) Protective effect of the orientin on noise-induced cognitive impairments in mice. *Behavioural brain research.* 2016;296:290–300. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.09.024> PMID:26392065.
72. Langguth B. A review of tinnitus symptoms beyond 'ringing in the ears': a call to action. *Current medical research and opinion.* 2011;27(8):1635–43. <https://doi.org/10.1185/03007995.2011.595781> PMID:21699365.
73. Gawron VJ. Performance effects of noise intensity, psychological set, and task type and complexity. *Human factors.* 1982; 24(2): 225–243, <https://doi.org/10.1177/001872088202400208> PMID:7095810.
74. Staal MA. *Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework.* 2004.

75. Pawlaczyk-Luszczynska M, Dudarewicz A, Waszkowska M, Szymczak W, Sliwinska-Kowalska M. The impact of low frequency noise on human mental performance. *Int J Occup Med Environ Health*. 2005;18(2):1981–185.
76. Naserpour M, Jafari M, Monazzam M, Saremi M. A study of students cognitive performance under noise exposure, using Continuous Performance Test “Study on the effects of noise on cognitive performances“ *Health and Safety at Work*. 2014;4(1):41–54.
77. Allahverdy A, Jafari AH. Non-auditory Effect of Noise Pollution and Its Risk on Human Brain Activity in Different Audio Frequency Using Electroencephalogram Complexity. *Iranian journal of public health*. 2016;45(10):1332.
78. Lee J, Francis JM, Wang LM. How tonality and loudness of noise relate to annoyance and task performance. *Noise Control Engineering Journal*, 2017; 65(2):71–82, <https://doi.org/10.3397/1/376427>.
79. Kjellberg A. Subjective, behavioral and psychophysiological effects of noise, *Scandinavian journal of work, environment & health*. 1990 <https://doi.org/10.5271/sjweh.1825> PMID:2189217.
80. Koelega HS, Brinkman J-A. Noise and vigilance: An evaluative review. *Human Factors*. 1986;28(4):465–81. <https://doi.org/10.1177/001872088602800408> PMID:3793113.
81. Staffan Hygge, Gary Evans, Monika Bullinger, A Prospective Study of Some Effects of Aircraft Noise on Cognitive Performance in Schoolchildren, October 2002, *Psychological Science* 13(5):469-74
82. Mohammad Javad Jafari, Reza Khosrowabadi, Soheila Khodakarim, Farough Mohammadian, The Effect of Noise Exposure on Cognitive Performance and Brain Activity Patterns Open Access Maced J Med Sci. 2019 Sep 15; 7(17): 2924–2931. Published online 2019 Aug 30. doi: 10.3889/oamjms.2019.742, PMID: PMC6901841
83. Boeing-ova baza, 2016;
84. F. Netjasov (2012). Contemporary measures for noise reduction in airport surroundings, *Applied Acoustics*, Volume 73, Issue 10, pp. 1068-1077 (DOI:<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.03.010>, ISSN: 0003-682X, IF2012
85. Oleksandr Zaporozhets, The Balanced Approach, In book: Aviation Noise Impact Management, (pp.29-56), National Aviation University, DOI:[10.1007/978-3-030-91194-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2_3), January 2022.
86. Graeme Heyes, Fabio Galatioto, Anima D2.5 – Critical review of Balanced Approach Implementation across EU Member States, Aviation noise Impact Management through Novel Approaches, 2019.
87. Graeme Heyes, Fabio Galatioto, D2.5 – Critical review of Balanced Approach Implementation across EU Member States, Aviation noise Impact Management through Novel Approaches, 2019. ANIMA D2.5
88. ICAO, 2008, str. I-1-2, Guidance on the balanced approach to aircraft noise management, ICAO 9829: 2008, Publisher: International Civil Aviation Organization
89. Haubrich, Julia; Burtea, Narcisa Elena; Flindell, Ian; Hooper, Paul; Hudson, Rebecca; Rajé, Fiona; Radulescu, Dan; Schreckenberger, Dirk, ANIMA D2.4 -

- Recommendations on annoyance mitigation and implications for communication and engagement, Aviation noise Impact Management through Novel Approaches, March 29, 2019.
90. Community Engagement for Aviation Environmental Management, Order Number: CIR 351, ISBN 978-92-9258-264-7, Publisher: ICAO, 2017.
  91. ICAO CIRCULAR 351, Community Engagement for Aviation Environmental Management, 1 January 2017.
  92. Graeme Heyes (MMU), Fabio Galatioto (TSC), D2.5 – Critical review of Balanced Approach Implementation across EU Member States, European Commission, 2020.
  93. ICAO Rezolucija A39-1, Dodatak C
  94. Annex 16. Vol 1. 2019 Environmental Report – the Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Airports
  95. Doc 9501. Environmental Technical Manual. Volume I. Procedures for the Noise Certification of Aircraft, Vol 1. Edition 3, Last modified:2/21/2020.
  96. ICAO Doc 9184: Airport Planning Manual, Part 1 – Master Planning
  97. ICAO Doc 9184, Airport Planning Manual Part 2 - Land Use and Environmental Management
  98. ICAO 9911, 2nd Edition, 2018 - Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports
  99. ICAO 9802, ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services Order Number: 9082 ISBN 978-92-9231-243-5
  100. ICAO DOC9562, Airport Economics, Manual Published on Feb 13, 2015.
  101. ICAO DOC 7100, Tariffs for Airports and Air Navigation Services, 1 January 2016.
  102. ICAO Doc 8168, Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations Volume I — Flight Procedures Order Number: 8168-1 ISBN 978-92-9258-670-6, 2019.
  103. ICAO Doc 8168, Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations Volume II, Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, 2020.
  104. ICAO Doc 9931, Continuous Descent Operations (CDO) Manual Order Number: 9931, 1st Edition, ISBN 978-92-9249-255-7, 2013.
  105. Manual Continuous Climb Operations (CCO) Manual (Doc 9993), 1st Edition, ISBN 978-92-9249-255-7, 2013.
  106. ICAO Doc 9888 - Noise Abatement Procedures: Review of Research, Development and Implementation Projects, 1st Edition, 2010.
  107. Guidance on Environmental Assessment of Proposed Air Traffic Management Operational Changes (Doc 10031), HANDBOOK / MANUAL / GUIDE by International Civil Aviation Organization, 2014.
  108. ICAO DOC 9829, Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management, Ed 2, 2008.
  109. Libyan Civil Aviation Regulation – Air Operations, LYCAR 2019. STATE OF LIBYA, GOVERNMENT OF LIBYA, MINISTRY OF TRANSPORT, CIVIL AVIATION AUTHORITY
  110. Ghoghgh Nejad, P., Ahmad, A., Safitri Zen, I. (2019). Assessment of the Interpolation Techniques on Traffic Noise Pollution Mapping for the Campus Environment

- Sustainability. *International Journal of Built Environment & Sustainability*, 6:1-2, pp. 147-159.
111. Mansourkhaki, A., Berangi, M., Haghiri, M., Haghani, M. (2018). A neural network noise prediction model for Tehran urban roads. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 26, issue 2: 88-97.
  112. Genaro, N., Torija, A.J., Ramos-Ridao, A., Requena, I., Ruiz, D.P., Zamorano, M. (2010). A neural network based model for urban noise prediction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(4): 1738-1746.
  113. BAUDIN C. et al. The role of aircraft noise annoyance and noise sensitivity in the association between aircraft noise levels and hypertension risk: Results of a pooled analysis from seven European countries. *Environmental Research*, **191**:110179, **2020**.
  114. ANDERSSON E.M., ÖGREN M., MOLNÁR P., SEGERSSON D., ROSENGREN A., STOCKFELT L. Road traffic noise, air pollution and cardiovascular events in a Swedish cohort. *Environmental Research*, **185**, 109446, **2020**.
  115. WING S.E., LARSON T.V., HUDDA N., BOONYARATTAPHAN S., ROSARIO I.D., FRUIN S., RITZ B. Aircraft noise and vehicle traffic-related air pollution interact to affect preterm birth risk in Los Angeles, California. *Science of the Total Environment*, 829, 154678, 2022.
  116. HU X., YANG T., XU Z., JIN J., WANG J., RAO S., LI G., CAI Y.S., HUANG J. Mediation of metabolic syndrome in the association between long-term co-exposure to road traffic noise, air pollution and incident type 2 diabetes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 258, 114992, 2023.
  117. MIHAJLOV D.I., PRASCEVIC M.R. Permanent and Semi-permanent Road Traffic Noise Monitoring in the City of Nis (Serbia). *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 34(3):251-268, 2015.
  118. Directive 2002/49/EC. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0049> (Accessed 12.04.2022).
  119. WHO: ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region, p. 61, 2018. Available online: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563> [Accessed on 05.03.2023].
  120. JAYALAKSHMI S., VELAPPAN E. Assessment of Water Quality Index in the St. Thomas Mount Block Using GIS and Remote Sensing. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(4), 1611-1619, 2015.
  121. WU W., YUAN Y., HUANG C., DONG W., FU Z. Urban Green Land Ecological Suitability Assessment Based on GIS in Arid Areas: Beitun City, Xinjiang, as an Example. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1), 5871-5883, 2022.
  122. AL-SAFFAR A.A., AL-SARAWI M. Geo-visualization of the distribution and properties of landfill gases at Al-Qurain Landfill, Kuwait. *Kuwait Journal of Science*, 45(3): 93-104, 2018.
  123. YAN X., HU Y., CHANG Y., LI Y., LIU M., ZHONG J., ZHANG D., WU W. Effects of Land Reclamation on Distribution of Soil Properties and Heavy Metal Concentrations, and the Associated Environmental Pollution Assessment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(4), 1809-1823, 2017.

124. AKINCI H.A., AKSU Y. Analyzing the Local Spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) by Pheromone Catches in Turkey's Hatila Valley National Park. Polish Journal of Environmental Studies, 27(3), 979-985, 2018.
125. NNAMDI IKECHKWU M., EBINNE E., IDORENYIN U., IKE RAPHEL N. Accuracy Assessment and Comparative Analysis of IDW, Spline and Kriging in Spatial Interpolation of Landform (Topography): An Experimental Study. Journal of Geographic Information System, 9:354-371, 2017.
126. MITAS L., MITASOVA H. Spatial Interpolation. In: Longley, P.A., Good-child, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., (eds.) Geographic Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.; Volume 1, Part 2, Chapter 34, pp. 481-492, 2005.
127. SIDDIQUA A., SADEF Y., AHMAD S.S., FARID M., ALI S. Environmental Factors Driving the Toxic Mobility between Soil and Vegetation in Riparian Zone Vegetation. Polish Journal of Environmental Studies, 30(6), 5225-5237, 2021.
128. PUHARIĆ M., ILIĆ I., ANĐELKOVIĆ M., KASTRATOVIĆ E., KUZMANOVIĆ D. Uticaj vazdušnog saobraćaja na životnu sredinu; Univerzitet „Union – Nikola Tesla“, Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo: Beograd, Srbija, 2021 [In Serbian].
129. ZHANG C.K., ZHANG R., ZHU Z.P., SONG X.Z., SU Y.A., LI G.S., HAN L. Bottom hole pressure prediction based on hybrid neural networks and Bayesian optimization. Petroleum Science, In Press, Journal Pre-proof, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.petsci.2023.07.009>.
130. KOWSHER M., TAHABILDER A., ISLAM SANJID M.Z., PROTTASHA N.J., UDDIN S., HOSSAIN A., JILANI A.K. LSTM-ANN & BiLSTM-ANN: Hybrid deep learning models for enhanced classification accuracy. Procedia Computer Science, 193, 131-140, 2021.
131. KARPATY A., TODERICI G., SHETTY S., LEUNG T., SUKTHANKAR R., FEI-FEI L. Large-scale Video Classification with Convolutional Neural Networks. Available online: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//pubs/archive/42455.pdf> ( Accessed on 20.08.2023).
132. PANDI D., KOTHANDARAMAN S., KUMARASAMY M.V., KUPPUSAMY M. Assessment of Land Use and Land Cover Dynamics Using Geospatial Techniques. Polish Journal of Environmental Studies, 31(3), 2779-2786, 2022.
133. KUZNETSOV S., SISWANTO W.A., SABIROVA F.M., PUSTOKHINA I.G., MELNIKOVA L.A., ZAKIEVA R.R., NOMANI M.Z.M., RAHMAN F.F., HUSEIN I., THANGAVELU L. Emotional artificial neural network (EANN)-based prediction model of maximum A-weighted noise pressure level. Noise Mapp, 9:1-9, 2022.
134. BAFFOE P.E., DUKER A.A. Evaluation of Two Noise Level Prediction Models: Multiple Linear Regression and a Hybrid Approach. Urban and Regional Planning, 4(3), 91-99, 2019.
135. SOUZA D. de O. e, ZANNIN P. H. T. Aircraft noise mapping: Bacacheri Airport. Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades, 8(68):22-30, 2020.

136. ZAMBON G., ROMAN H.E., BENOCCI R. Vehicle Speed Recognition from Noise Spectral Patterns. *International Journal of Environmental Research*, 11, 449-459, 2017.
137. BALOYE D.O., PALAMULENI L.G. A Comparative Land Use-Based Analysis of Noise Pollution Levels in Selected Urban Centers of Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12,12225-12246, 2015.
138. KALANTARY S., JAHANI A., JAHANI R. MLR and ANN Approaches for Prediction of Synthetic/Natural Nanofibers Diameter in the Environmental and Medical Applications. *Scientific Reports*, 10, 8117, 2020.
139. JIERULA A., WANG S., OH T.M., WANG P. Study on Accuracy Metrics for Evaluating the Predictions of Damage Locations in Deep Piles Using Artificial Neural Networks with Acoustic Emission Data. *Applied Sciences*, 11, 2314, 2021.
140. HAMID A., AKHTAR S., ATIQUE S.A., HUMA Z., MOHAY UDDIN S.G., ASGHAR S. Ambient Air Quality & Noise Level Monitoring of Different Areas of Lahore (Pakistan) and Its Health Impacts. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(2), 623-629, 2019.
141. MANSOURKHAKI A., BERANGI M., HAGHIRI M., HAGHANI M. (2018) A neural network noise prediction model for Tehran urban roads. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 26(2):88-97, 2018.
142. YUSOF K.M.K.K., AZID A., SANI M.S.A., SAMSUDIN M.S., AMIN S.N.S.M., RANI N.L.A., JAMALANI M.A. The evaluation on artificial neural networks (ANN) and multiple linear regressions (MLR) models over particulate matter (PM10) variability during haze and non-haze episodes: A decade case study. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(2), 164-172, 2019.

## 11. PRILOZI

### **Prilog 1: Rezultati merjenja buke na aerodromu pre uvođenja mera za smanjenje uticaja buke**

U tabelama 11.1 do 11.9. dati su rezultati merjenja buke za različite periode dana, pre uvođenja mera za smanjenje uticaja buke na lokacijama na aerodromu za maksimalna

opterećenja na aerodromu (najveći broj poletanja i sletanja aviona, koji generišu visok nivo buke). Osoblje aerodroma i osoblje koje opslužuje avione, rade na oko 500 m od PSS.

Tabela 11.1: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8%<br>MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 80.2            |
|                                                        | 63                                       | 80.3            |
|                                                        | 125                                      | 81.8            |
|                                                        | 250                                      | 81.6            |
|                                                        | 500                                      | 80.7            |
|                                                        | 1000                                     | 80.9            |
|                                                        | 2000                                     | 81.3            |
|                                                        | 4000                                     | 81.4            |
|                                                        | 8000                                     | 81.5            |
|                                                        | 16000                                    | 81.6            |
|                                                        | 31500                                    | 81.6            |

Tabela 11.2 : Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu poslepodne

| Brzina Motora                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8%<br>MAX | 31.5                                     | 83.3            |
|                                   | 63                                       | 83.3            |
|                                   | 125                                      | 83.6            |

|                   |       |       |
|-------------------|-------|-------|
| CFM56-5B<br>Motor | 250   | 82.12 |
|                   | 500   | 83.9  |
|                   | 1000  | 84    |
|                   | 2000  | 84.2  |
|                   | 4000  | 84.4  |
|                   | 8000  | 84    |
|                   | 16000 | 84.3  |
|                   | 31500 | 84.3  |

Tabela 11.3: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8%<br>MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 80              |
|                                                        | 63                                       | 79.6            |
|                                                        | 125                                      | 80.7            |
|                                                        | 250                                      | 80.5            |
|                                                        | 500                                      | 81              |
|                                                        | 1000                                     | 81              |
|                                                        | 2000                                     | 80.9            |
|                                                        | 4000                                     | 80.2            |
|                                                        | 8000                                     | 79.6            |
|                                                        | 16000                                    | 79              |
|                                                        | 31500                                    | 79.4            |

Tabela 11.3: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu u jutarnjim časovima

| Brzina Motora          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo buke (dBA) |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLXN1<br>83% | 31.5                                     | 83.3            |
|                        | 63                                       | 83.3            |
|                        | 125                                      | 83.6            |

|                             |       |       |
|-----------------------------|-------|-------|
| Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 250   | 82.12 |
|                             | 500   | 83.9  |
|                             | 1000  | 84    |
|                             | 2000  | 84.2  |
|                             | 4000  | 84.4  |
|                             | 8000  | 84    |
|                             | 16000 | 84.3  |
|                             | 31500 | 84.3  |

Tabela 11.4: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu u podne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 78.6            |
|                                                     | 63                                       | 78.5            |
|                                                     | 125                                      | 77.8            |
|                                                     | 250                                      | 77.9            |
|                                                     | 500                                      | 78.2            |
|                                                     | 1000                                     | 78.3            |
|                                                     | 2000                                     | 79              |
|                                                     | 4000                                     | 78              |
|                                                     | 8000                                     | 78              |
|                                                     | 16000                                    | 77.6            |
|                                                     | 31500                                    | 77.5            |

Tabela 11.5: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 75.2            |
|                                                     | 63                                       | 75.3            |
|                                                     | 125                                      | 74.8            |
|                                                     | 250                                      | 74.9            |

|  |       |      |
|--|-------|------|
|  | 500   | 75   |
|  | 1000  | 75.4 |
|  | 2000  | 75.3 |
|  | 4000  | 75.3 |
|  | 8000  | 75.2 |
|  | 16000 | 75.2 |
|  | 31500 | 75.2 |

Tabela 11.6: Prikaz rezultata nivoa buke na aerodromu u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 70              |
|                                                   | 63                                      | 70              |
|                                                   | 125                                     | 69.4            |
|                                                   | 250                                     | 70.8            |
|                                                   | 500                                     | 71              |
|                                                   | 1000                                    | 71.9            |
|                                                   | 2000                                    | 72              |
|                                                   | 4000                                    | 72.8            |
|                                                   | 8000                                    | 73              |
|                                                   | 16000                                   | 73              |
|                                                   | 31500                                   | 73              |

Tabela 11.7: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu u podne

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Bud (BA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 71            |
|                                                   | 63                                      | 71.5          |
|                                                   | 125                                     | 71.3          |
|                                                   | 250                                     | 71.8          |

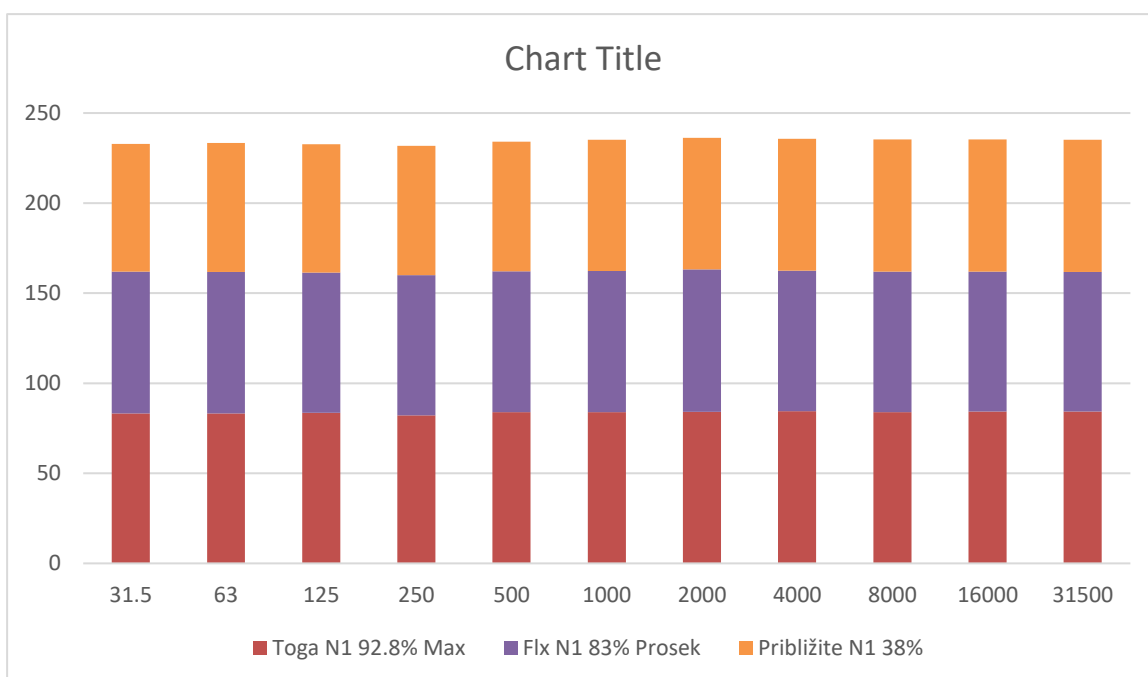
|  |       |      |
|--|-------|------|
|  | 500   | 72   |
|  | 1000  | 72.8 |
|  | 2000  | 73   |
|  | 4000  | 73.3 |
|  | 8000  | 73.4 |
|  | 16000 | 73.4 |
|  | 31500 | 73.4 |

Tabela 11.8: Prikaz rezultata merenja nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 70              |
|                                                   | 63                                      | 70              |
|                                                   | 125                                     | 69.6            |
|                                                   | 250                                     | 69              |
|                                                   | 500                                     | 69.3            |
|                                                   | 1000                                    | 69.4            |
|                                                   | 2000                                    | 69.1            |
|                                                   | 4000                                    | 69              |
|                                                   | 8000                                    | 68.3            |
|                                                   | 16000                                   | 68.3            |
|                                                   | 31500                                   | 68.3            |



Slika 11.1: Prikazuje rezultate merenja nivoa buke na aerodromu tokom tri perioda merenja



Slika 11.2: Analiza pokazuje frekvencije nivoa zvuka (frequency&spectrum analysis) aerodroma u tri perioda

## **Prilog 2: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica pre uvođenja mera za smanjenje uticaja buke**

U tabelama 11.10 do 11.18 dati su rezultati merenja buke u Vojnoj bolnici za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Vojna bolnica je objekat koji se nalazi na udaljenosti 1225 m od poletno-sletne staze.

Tabela 11.10: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                      | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8%MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 65.8            |
|                                                    | 63                                      | 65.9            |
|                                                    | 125                                     | 64.5            |
|                                                    | 250                                     | 64.5            |
|                                                    | 500                                     | 65.8            |
|                                                    | 1000                                    | 65.9            |
|                                                    | 2000                                    | 65.9            |
|                                                    | 4000                                    | 66              |
|                                                    | 8000                                    | 66              |
|                                                    | 16000                                   | 66              |
|                                                    | 31500                                   | 66.2            |

Tabela 9: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8% MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 67.4            |
|                                                     | 63                                      | 67.5            |
|                                                     | 125                                     | 66.7            |
|                                                     | 250                                     | 66.8            |
|                                                     | 500                                     | 67.2            |
|                                                     | 1000                                    | 67.3            |
|                                                     | 2000                                    | 67              |
|                                                     | 4000                                    | 66.4            |
|                                                     | 8000                                    | 66.9            |
|                                                     | 16000                                   | 67              |
|                                                     | 31500                                   | 67              |

Tabela 11.12: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8%<br>MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 62.3            |
|                                                        | 63                                       | 62.29           |
|                                                        | 125                                      | 61.8            |
|                                                        | 250                                      | 61.9            |
|                                                        | 500                                      | 62.4            |
|                                                        | 1000                                     | 62.5            |
|                                                        | 2000                                     | 62              |
|                                                        | 4000                                     | 62.3            |
|                                                        | 8000                                     | 62.3            |
|                                                        | 16000                                    | 62.3            |
|                                                        | 31500                                    | 62              |

Tabela 11.13: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 60.3            |
|                                                     | 63                                       | 59.7            |
|                                                     | 125                                      | 58.9            |
|                                                     | 250                                      | 59              |
|                                                     | 500                                      | 59              |
|                                                     | 1000                                     | 60              |
|                                                     | 2000                                     | 60.8            |
|                                                     | 4000                                     | 61              |
|                                                     | 8000                                     | 61.2            |
|                                                     | 16000                                    | 61.3            |
|                                                     | 31500                                    | 61.3            |

Tabela 10: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 62.2            |
|                                                     | 63                                       | 62.1            |
|                                                     | 125                                      | 61              |
|                                                     | 250                                      | 60.8            |
|                                                     | 500                                      | 60.7            |
|                                                     | 1000                                     | 61              |
|                                                     | 2000                                     | 61.8            |
|                                                     | 4000                                     | 62.6            |
|                                                     | 8000                                     | 63              |
|                                                     | 16000                                    | 63              |
|                                                     | 31500                                    | 63              |

Tabela 11.15: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 60.3            |
|                                                     | 63                                       | 59.7            |
|                                                     | 125                                      | 58.9            |
|                                                     | 250                                      | 59              |
|                                                     | 500                                      | 59              |
|                                                     | 1000                                     | 60              |
|                                                     | 2000                                     | 60.8            |
|                                                     | 4000                                     | 61              |
|                                                     | 8000                                     | 61.2            |
|                                                     | 16000                                    | 61.3            |
|                                                     | 31500                                    | 61.3            |

Tabela 11.16: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 55.7            |
|                                                   | 63                                      | 54.9            |
|                                                   | 125                                     | 53.8            |
|                                                   | 250                                     | 52.9            |
|                                                   | 500                                     | 53              |
|                                                   | 1000                                    | 53.7            |
|                                                   | 2000                                    | 54.8            |
|                                                   | 4000                                    | 55.1            |
|                                                   | 8000                                    | 55.9            |
|                                                   | 16000                                   | 56              |
|                                                   | 31500                                   | 56              |

Tabela 11: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                         | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak ing N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 57              |
|                                                       | 63                                      | 57.2            |
|                                                       | 125                                     | 56.9            |
|                                                       | 250                                     | 56.8            |
|                                                       | 500                                     | 56.9            |
|                                                       | 1000                                    | 57              |
|                                                       | 2000                                    | 57.8            |
|                                                       | 4000                                    | 57.9            |
|                                                       | 8000                                    | 57.8            |
|                                                       | 16000                                   | 57.8            |
|                                                       | 31500                                   | 57.8            |

Tabela 11.18: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilaz ing N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 53.2            |
|                                                     | 63                                      | 52.1            |
|                                                     | 125                                     | 51              |
|                                                     | 250                                     | 51.8            |
|                                                     | 500                                     | 51.9            |
|                                                     | 1000                                    | 52              |
|                                                     | 2000                                    | 51.9            |
|                                                     | 4000                                    | 51.4            |
|                                                     | 8000                                    | 51.3            |
|                                                     | 16000                                   | 51              |
|                                                     | 31500                                   | 51              |

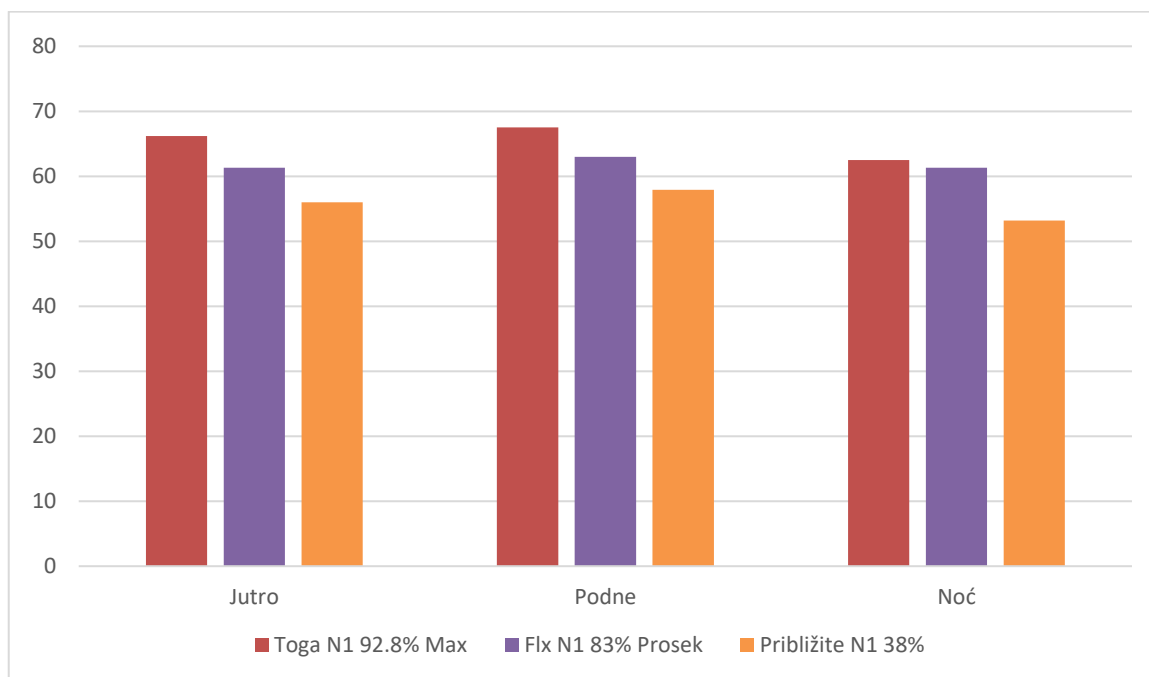
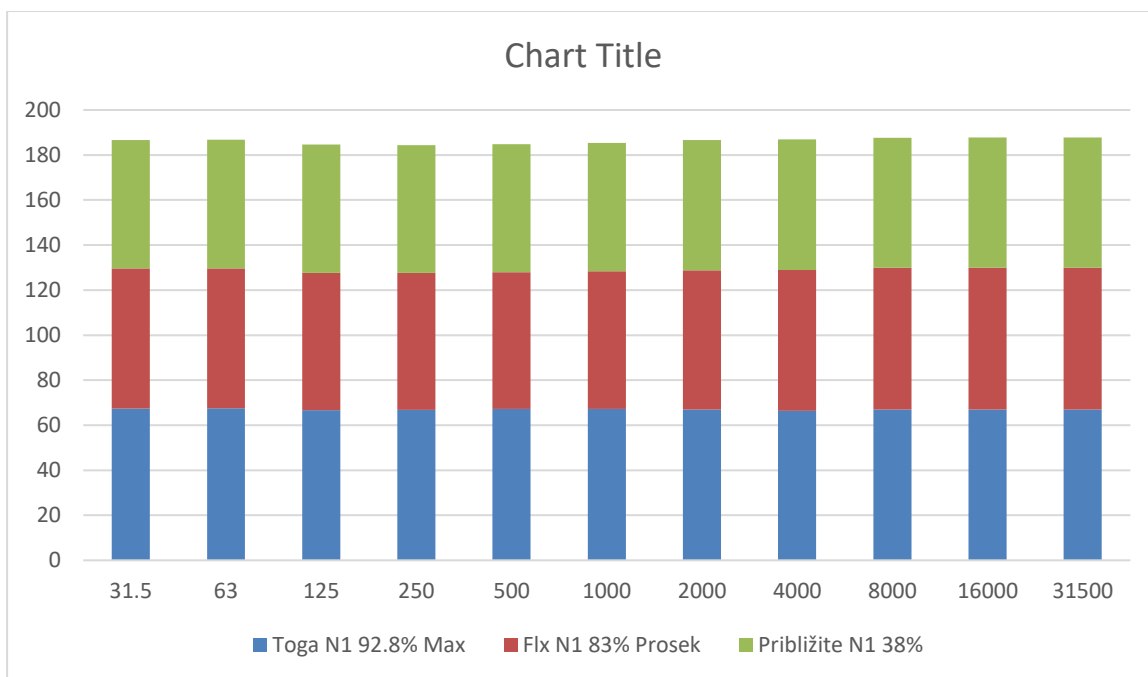


Figure 11.3: Prikazuje rezultate nivoa bolničke buke tokom tri perioda merenja



Slika 11.4: Prikaz spektralne i frekvencijske analize (frequency&spectrum analysis) u bolnici tokom tri perioda

### Prilog 3: Rezultati merenja buke na lokaciji Osnovne škole Halima Al Saadia pre uvođenja mera za smanjenje uticaja buke

U tabelama 11.19 do 11.24 dati su rezultati merenja buke u Osnovnoj školi Halima Al Saadia za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Osnovna škola Halima Al Saadia je objekat koji se nalazi na udaljenosti 550 m od poletno-sletne staze (PSS).

Tabela 11.19: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u školi Halima Al Saadia u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8% MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 72.8            |
|                                                     | 63                                      | 72.7            |
|                                                     | 125                                     | 71.9            |
|                                                     | 250                                     | 71.8            |
|                                                     | 500                                     | 72.3            |
|                                                     | 1000                                    | 72.4            |
|                                                     | 2000                                    | 73.1            |
|                                                     | 4000                                    | 73.2            |
|                                                     | 8000                                    | 73.2            |
|                                                     | 16000                                   | 73.2            |
|                                                     | 31500                                   | 73.2            |

Tabela 12.20: Prikaz rezultata nivoa buke u školi Halima Al Saadia posle podne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>92.8% MAX<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 75.2            |
|                                                     | 63                                      | 75.3            |
|                                                     | 125                                     | 74.1            |
|                                                     | 250                                     | 74.1            |
|                                                     | 500                                     | 75.2            |
|                                                     | 1000                                    | 75.2            |
|                                                     | 2000                                    | 76.3            |
|                                                     | 4000                                    | 76.3            |
|                                                     | 8000                                    | 76.4            |
|                                                     | 16000                                   | 76.4            |
|                                                     | 31500                                   | 76.4            |

Tabela 13: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u školi Halima Al Saadia u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                      | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLXN1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 72              |
|                                                    | 63                                      | 71.7            |
|                                                    | 125                                     | 70.9            |
|                                                    | 250                                     | 71              |
|                                                    | 500                                     | 71.4            |
|                                                    | 1000                                    | 71.7            |
|                                                    | 2000                                    | 72              |
|                                                    | 4000                                    | 72              |
|                                                    | 8000                                    | 72              |
|                                                    | 16000                                   | 72              |
|                                                    | 31500                                   | 72              |

Tabela 14: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u školi Halima Al Saadia popodne

| Brzina Motora                                      | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLXN1<br>83% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 71.8            |
|                                                    | 63                                      | 71.7            |
|                                                    | 125                                     | 70.9            |
|                                                    | 250                                     | 70.8            |
|                                                    | 500                                     | 71              |
|                                                    | 1000                                    | 72              |
|                                                    | 2000                                    | 72              |
|                                                    | 4000                                    | 72              |
|                                                    | 8000                                    | 72.2            |
|                                                    | 16000                                   | 72.2            |
|                                                    | 31500                                   | 72.2            |

Tabela 15: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u školi Halima Al Saadia u jutarnjim časovima

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 62              |
|                                                   | 63                                      | 61.8            |
|                                                   | 125                                     | 60              |
|                                                   | 250                                     | 60.3            |
|                                                   | 500                                     | 60.9            |
|                                                   | 1000                                    | 61              |
|                                                   | 2000                                    | 61.9            |
|                                                   | 4000                                    | 62.8            |
|                                                   | 8000                                    | 62.7            |
|                                                   | 16000                                   | 63              |
|                                                   | 31500                                   | 63              |

Tabela 11.24: Prikaz rezultata merenja nivoa buke u školi Halima Al Saadia popodne

| Brzina Motora                                     | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Prilazak N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 65              |
|                                                   | 63                                      | 64.8            |
|                                                   | 125                                     | 63.9            |
|                                                   | 250                                     | 64              |
|                                                   | 500                                     | 65              |
|                                                   | 1000                                    | 65.6            |
|                                                   | 2000                                    | 65.7            |
|                                                   | 4000                                    | 65.8            |
|                                                   | 8000                                    | 66              |
|                                                   | 16000                                   | 66.2            |
|                                                   | 31500                                   | 66.2            |

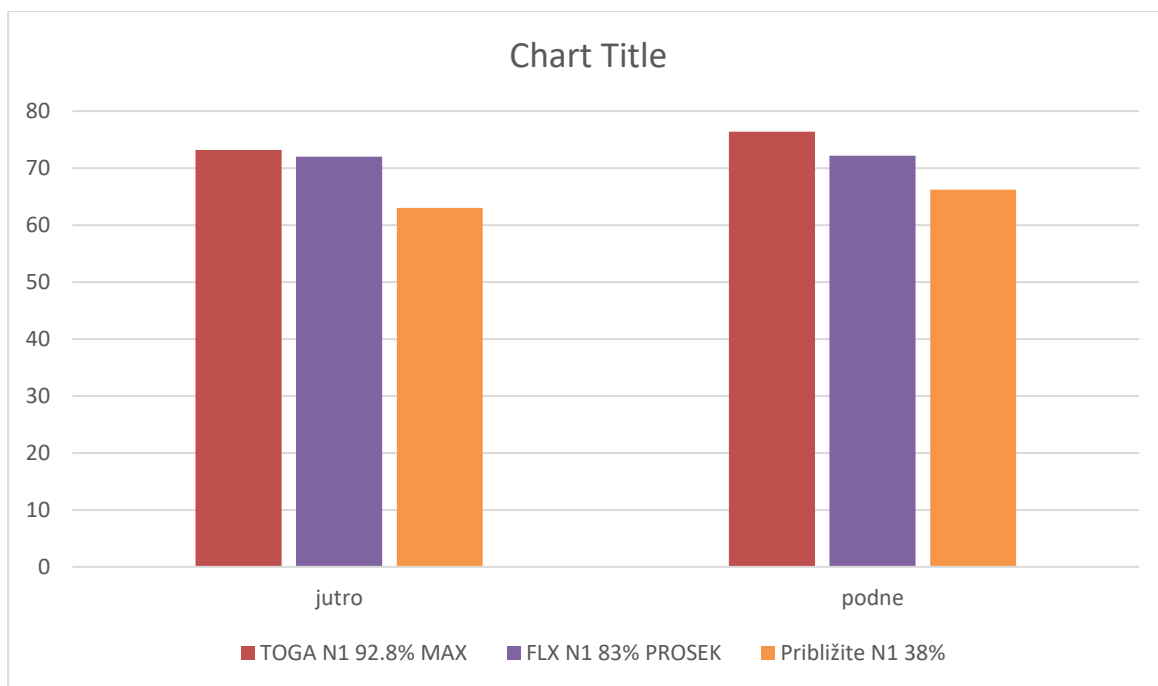


Figure 11.5: Prikazuje rezultate nivoa buke u školi tokom jutarnjeg i večernjeg perioda merenja

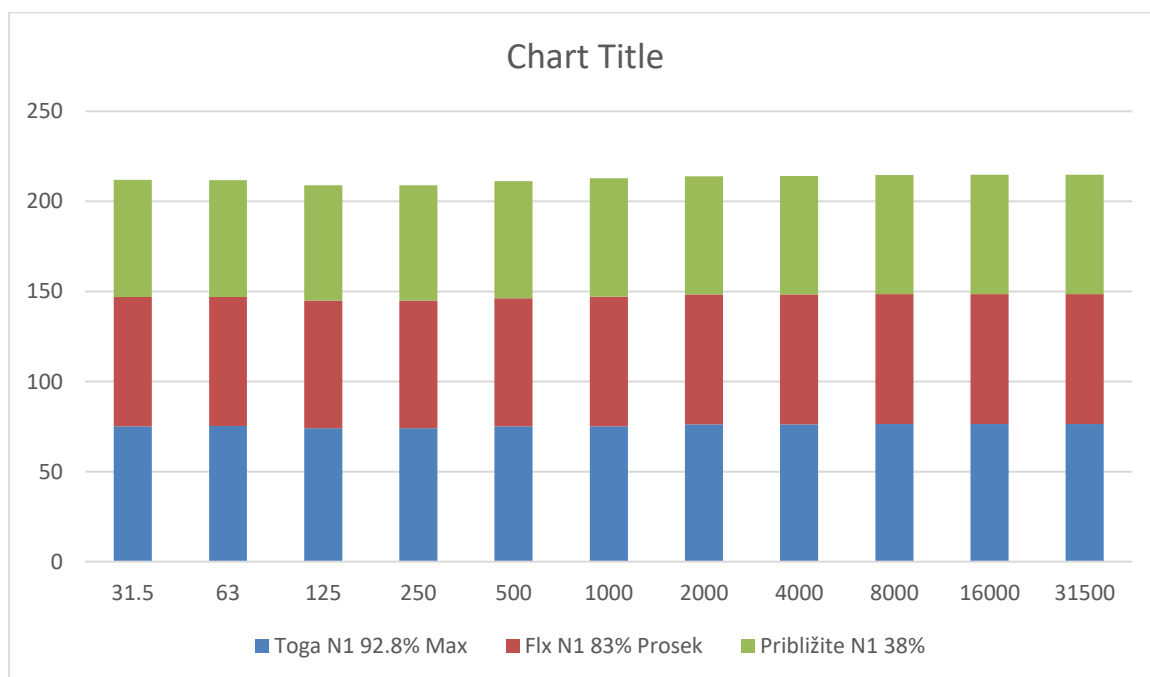


Figure 11.6: Prikazuje analizu frekvencije i spectra (frequency&spectrum analysis) u školi ujutru i posle podne

#### **Prilog 4: Rezultati merenja buke na aerodromu posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke**

U tabelama 11.25 do 11.33 dati su rezultati merenja buke na lokaciji na aerodromu, gde su buci izloženi zaposleni na aerodromu, za maksimalna opterećenja na aerodromu (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Osoblje aerodroma i osoblje rade približno 500 metara od piste PSS.

Tabela 11.25: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu ujutro

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 57              |
|                                                        | 63                                       | 57              |
|                                                        | 125                                      | 57.2            |
|                                                        | 250                                      | 57.2            |
|                                                        | 500                                      | 57.3            |
|                                                        | 1000                                     | 57.3            |
|                                                        | 2000                                     | 57.3            |
|                                                        | 4000                                     | 57.35           |
|                                                        | 8000                                     | 57.4            |
|                                                        | 16000                                    | 57.4            |
|                                                        | 31500                                    | 57.4            |

Tabela 11. 26 : Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu posle podne

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 57.1            |
|                                                        | 63                                       | 57.2            |
|                                                        | 125                                      | 57.25           |
|                                                        | 250                                      | 57.25           |
|                                                        | 500                                      | 57.3            |
|                                                        | 1000                                     | 57.32           |
|                                                        | 2000                                     | 57.35           |
|                                                        | 4000                                     | 57.35           |
|                                                        | 8000                                     | 57.42           |
|                                                        | 16000                                    | 57.42           |
|                                                        | 31500                                    | 57.4            |

Tabela 11.27: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 56.6            |
|                                                        | 63                                       | 57              |
|                                                        | 125                                      | 57.1            |
|                                                        | 250                                      | 57.2            |
|                                                        | 500                                      | 57.2            |
|                                                        | 1000                                     | 57.3            |
|                                                        | 2000                                     | 57.3            |
|                                                        | 4000                                     | 57.3            |
|                                                        | 8000                                     | 57.35           |
|                                                        | 16000                                    | 57.35           |
|                                                        | 31500                                    | 57.35           |

Tabela 11.28: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu ujutru

| Brzina Motora                                      | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLXN1<br>80% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 55              |
|                                                    | 63                                       | 55.2            |
|                                                    | 125                                      | 55.25           |
|                                                    | 250                                      | 55.25           |
|                                                    | 500                                      | 55.3            |
|                                                    | 1000                                     | 55.3            |
|                                                    | 2000                                     | 55.3            |
|                                                    | 4000                                     | 55.35           |
|                                                    | 8000                                     | 55.4            |
|                                                    | 16000                                    | 55.4            |
|                                                    | 31500                                    | 55.4            |

Tabela 11.29: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu poslepodne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 55              |
|                                                     | 63                                       | 55.25           |
|                                                     | 125                                      | 55.25           |
|                                                     | 250                                      | 55.25           |
|                                                     | 500                                      | 55.35           |
|                                                     | 1000                                     | 55.35           |
|                                                     | 2000                                     | 55.35           |
|                                                     | 4000                                     | 55.35           |
|                                                     | 8000                                     | 55.45           |
|                                                     | 16000                                    | 55.45           |
|                                                     | 31500                                    | 55.45           |

Tabela 11.30: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80% Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 55              |
|                                                     | 63                                       | 55.1            |
|                                                     | 125                                      | 55.2            |
|                                                     | 250                                      | 55.2            |
|                                                     | 500                                      | 55.22           |
|                                                     | 1000                                     | 55.25           |
|                                                     | 2000                                     | 55.25           |
|                                                     | 4000                                     | 55.25           |
|                                                     | 8000                                     | 55.25           |
|                                                     | 16000                                    | 55.25           |
|                                                     | 31500                                    | 55.25           |

Tabela 11.31: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu ujutru

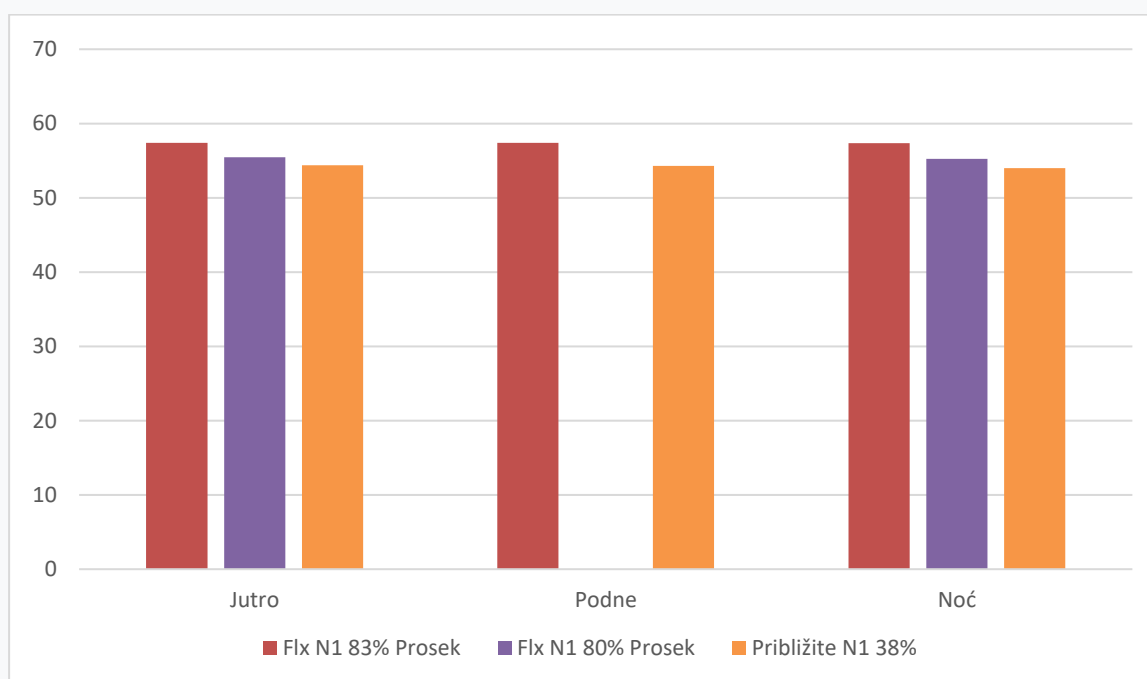
| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 54              |
|                                                     | 63                                       | 54.1            |
|                                                     | 125                                      | 54.15           |
|                                                     | 250                                      | 54.2            |
|                                                     | 500                                      | 54.2            |
|                                                     | 1000                                     | 54.22           |
|                                                     | 2000                                     | 54.25           |
|                                                     | 4000                                     | 54.25           |
|                                                     | 8000                                     | 54.3            |
|                                                     | 16000                                    | 54.3            |
|                                                     | 31500                                    | 54.3            |

Tabela 11.32: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu poslepodne

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Bud (BA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 54            |
|                                                     | 63                                       | 54.12         |
|                                                     | 125                                      | 54.2          |
|                                                     | 250                                      | 54.2          |
|                                                     | 500                                      | 54.25         |
|                                                     | 1000                                     | 54.25         |
|                                                     | 2000                                     | 54.25         |
|                                                     | 4000                                     | 54.25         |
|                                                     | 8000                                     | 54.35         |
|                                                     | 16000                                    | 54.4          |
|                                                     | 31500                                    | 54.4          |

Tabela 11.33: Prikazuje rezultate nivoa buke na aerodromu noću

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 54              |
|                                                     | 63                                       | 53.5            |
|                                                     | 125                                      | 53.4            |
|                                                     | 250                                      | 53.4            |
|                                                     | 500                                      | 53.42           |
|                                                     | 1000                                     | 53.45           |
|                                                     | 2000                                     | 53.45           |
|                                                     | 4000                                     | 53.45           |
|                                                     | 8000                                     | 53.5            |
|                                                     | 16000                                    | 53.5            |
|                                                     | 31500                                    | 53.5            |



Slika 11.7: Odnos između brzine aviona u različito vreme i nivoa buke na aerodromu

**Prilog 5: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica posle uvođenja mera  
za smanjenje uticaja buke**

U tabelama 11.34 do 11.42 dati su rezultati merenja buke u Vojnoj bolnici za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Vojna bolnica je objekat koji se nalazi na udaljenosti 1225 m od poletno-sletne staze PSS.

Tabela 11.34: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga ujutru

| Brzina Motora                                           | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 53              |
|                                                         | 63                                       | 52.9            |
|                                                         | 125                                      | 53.2            |
|                                                         | 250                                      | 53.2            |
|                                                         | 500                                      | 53.2            |
|                                                         | 1000                                     | 53.22           |
|                                                         | 2000                                     | 53.25           |
|                                                         | 4000                                     | 53.25           |
|                                                         | 8000                                     | 53.3            |
|                                                         | 16000                                    | 53.3            |
|                                                         | 31500                                    | 53.3            |

Tabela 11.35: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                           | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 53              |
|                                                         | 63                                       | 53.2            |
|                                                         | 125                                      | 53.2            |
|                                                         | 250                                      | 53.25           |
|                                                         | 500                                      | 53.25           |
|                                                         | 1000                                     | 53.22           |
|                                                         | 2000                                     | 53.25           |
|                                                         | 4000                                     | 53.25           |
|                                                         | 8000                                     | 53.35           |
|                                                         | 16000                                    | 53.35           |
|                                                         | 31500                                    | 53.35           |

Tabela 11.36: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                           | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Toga N1<br>83%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 53              |
|                                                         | 63                                       | 52.5            |
|                                                         | 125                                      | 53              |
|                                                         | 250                                      | 53              |
|                                                         | 500                                      | 53.2            |
|                                                         | 1000                                     | 53.22           |
|                                                         | 2000                                     | 53.25           |
|                                                         | 4000                                     | 53.2            |
|                                                         | 8000                                     | 53.21           |
|                                                         | 16000                                    | 53.2            |
|                                                         | 31500                                    | 53.2            |

Tabela 11.37: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga ujutru

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 51              |
|                                                        | 63                                       | 51.5            |
|                                                        | 125                                      | 52              |
|                                                        | 250                                      | 52.2            |
|                                                        | 500                                      | 52.2            |
|                                                        | 1000                                     | 52.22           |
|                                                        | 2000                                     | 52.25           |
|                                                        | 4000                                     | 52.2            |
|                                                        | 8000                                     | 52.21           |
|                                                        | 16000                                    | 52.2            |
|                                                        | 31500                                    | 52.2            |

Tabela 11.38: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 51              |
|                                                        | 63                                       | 51.55           |
|                                                        | 125                                      | 52              |
|                                                        | 250                                      | 52.25           |
|                                                        | 500                                      | 52.25           |
|                                                        | 1000                                     | 52.22           |
|                                                        | 2000                                     | 52.3            |
|                                                        | 4000                                     | 52.3            |
|                                                        | 8000                                     | 52.5            |
|                                                        | 16000                                    | 53              |
|                                                        | 31500                                    | 53              |

Tabela 11.39: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 51              |
|                                                        | 63                                       | 51.2            |
|                                                        | 125                                      | 52              |
|                                                        | 250                                      | 52              |
|                                                        | 500                                      | 52.2            |
|                                                        | 1000                                     | 52.22           |
|                                                        | 2000                                     | 52.25           |
|                                                        | 4000                                     | 52.2            |
|                                                        | 8000                                     | 51              |
|                                                        | 16000                                    | 51              |
|                                                        | 31500                                    | 51              |

Tabela 11.40: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga ujutru

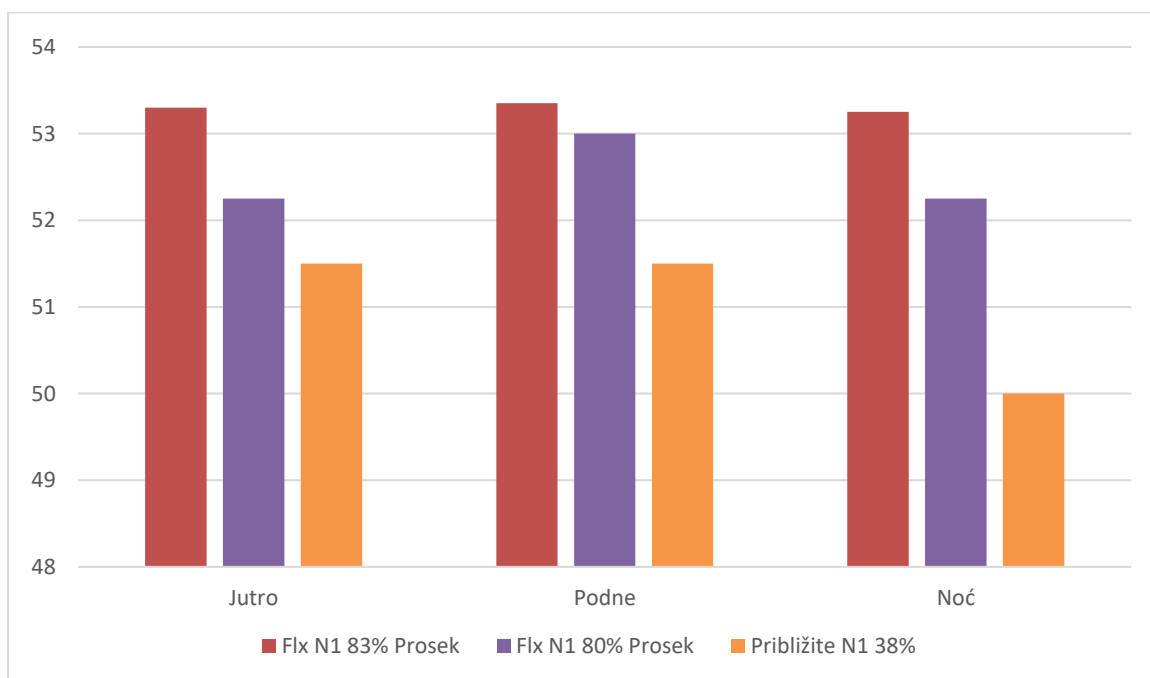
| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 50              |
|                                                     | 63                                       | 50.2            |
|                                                     | 125                                      | 50.2            |
|                                                     | 250                                      | 50.2            |
|                                                     | 500                                      | 50.2            |
|                                                     | 1000                                     | 50.22           |
|                                                     | 2000                                     | 50.25           |
|                                                     | 4000                                     | 50.2            |
|                                                     | 8000                                     | 50.25           |
|                                                     | 16000                                    | 50.25           |
|                                                     | 31500                                    | 51.25           |

Tabela 11.41: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga poslepodne

| Brzina Motora                                           | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite ing N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 50              |
|                                                         | 63                                       | 50.25           |
|                                                         | 125                                      | 50.25           |
|                                                         | 250                                      | 50.25           |
|                                                         | 500                                      | 50.25           |
|                                                         | 1000                                     | 50.45           |
|                                                         | 2000                                     | 50.5            |
|                                                         | 4000                                     | 51              |
|                                                         | 8000                                     | 51.5            |
|                                                         | 16000                                    | 51.5            |
|                                                         | 31500                                    | 51.5            |

Tabela 11.42: Prikazuju se rezultati nivoa buke u Vojnoj bolnici Maitiga noću

| Brzina Motora                                           | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite ing N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 50              |
|                                                         | 63                                       | 49.5            |
|                                                         | 125                                      | 49.2            |
|                                                         | 250                                      | 49              |
|                                                         | 500                                      | 49.2            |
|                                                         | 1000                                     | 49.22           |
|                                                         | 2000                                     | 49.25           |
|                                                         | 4000                                     | 49.2            |
|                                                         | 8000                                     | 49.25           |
|                                                         | 16000                                    | 49.25           |
|                                                         | 31500                                    | 49.25           |



Slika 11.8: Odnos između brzine letelice u različitim vremenima i merenja dva nivoa jačine buke u bolnici

## **Prilog 6: Rezultati merenja buke na lokaciji vojna bolnica posle uvođenja mera za smanjenje uticaja buke**

U tabelama 11.43 do 11.48 dati su rezultati merenja buke u Osnovnoj školi Halima Al Saadia za vršno opterećenje aerodroma (najveći broj poletanja i sletanja aviona koji generišu visok nivo buke). Osnovna škola Halima Saadia je objekat koji se nalazi na udaljenosti 550 m od poletno-sletne staze PSS. Merenje je vršeno u jutarnjim časovima i u podne. Merenje noću nije vršeno jer je škola u to vreme prazna.

Tabela 11.43: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia ujutru

| Brzina Motora                                                   | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br><br>Toga N1<br>83%<br>Prosek<br><br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 56              |
|                                                                 | 63                                       | 56.1            |
|                                                                 | 125                                      | 56.15           |
|                                                                 | 250                                      | 56.2            |
|                                                                 | 500                                      | 56.3            |
|                                                                 | 1000                                     | 56.3            |
|                                                                 | 2000                                     | 56.35           |
|                                                                 | 4000                                     | 56.35           |
|                                                                 | 8000                                     | 56.4            |
|                                                                 | 16000                                    | 56.4            |
|                                                                 | 31500                                    | 56.4            |

Tabela 11.44: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia poslepodne

| Brzina Motora                                                  | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br><br>FLX N1<br>83%<br>Prosek<br><br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 56              |
|                                                                | 63                                       | 56.15           |
|                                                                | 125                                      | 56.15           |
|                                                                | 250                                      | 56.25           |
|                                                                | 500                                      | 56.3            |
|                                                                | 1000                                     | 56.3            |
|                                                                | 2000                                     | 56.35           |
|                                                                | 4000                                     | 56.35           |
|                                                                | 8000                                     | 56.45           |
|                                                                | 16000                                    | 56.45           |

|  |       |       |
|--|-------|-------|
|  | 31500 | 56.45 |
|--|-------|-------|

Tabela 11.45: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia ujutru

| Brzina Motora                                          | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLX N1<br>80%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 54.2            |
|                                                        | 63                                       | 54.2            |
|                                                        | 125                                      | 54.15           |
|                                                        | 250                                      | 54.2            |
|                                                        | 500                                      | 54.3            |
|                                                        | 1000                                     | 54.3            |
|                                                        | 2000                                     | 54.35           |
|                                                        | 4000                                     | 54.35           |
|                                                        | 8000                                     | 54.4            |
|                                                        | 16000                                    | 54.4            |
|                                                        | 31500                                    | 54.4            |

Tabela 11.46: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia poslepodne

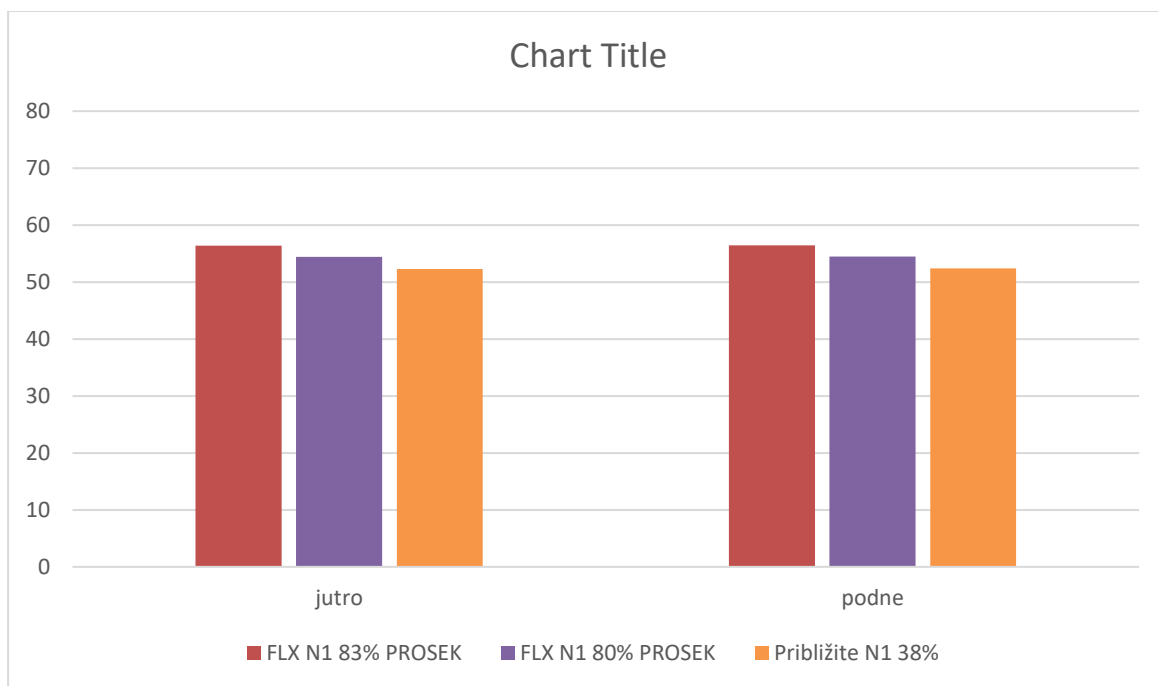
| Brzina Motora                                         | Centralna Frekvencija Opsega Octave (Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>FLXN1<br>80%<br>Prosek<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                     | 54.21           |
|                                                       | 63                                       | 54.22           |
|                                                       | 125                                      | 54.15           |
|                                                       | 250                                      | 54.25           |
|                                                       | 500                                      | 54.31           |
|                                                       | 1000                                     | 54.33           |
|                                                       | 2000                                     | 54.35           |
|                                                       | 4000                                     | 54.35           |
|                                                       | 8000                                     | 54.45           |
|                                                       | 16000                                    | 54.45           |
|                                                       | 31500                                    | 54.5            |

Tabela 11.47: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia ujutru

| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 52              |
|                                                     | 63                                      | 52.1            |
|                                                     | 125                                     | 52.15           |
|                                                     | 250                                     | 52.2            |
|                                                     | 500                                     | 52.2            |
|                                                     | 1000                                    | 52.22           |
|                                                     | 2000                                    | 52.25           |
|                                                     | 4000                                    | 52.25           |
|                                                     | 8000                                    | 52.3            |
|                                                     | 16000                                   | 52.3            |
|                                                     | 31500                                   | 52.3            |

Tabela 11.48: Prikazuju se rezultati nivoa buke u školi Halima Al Saadia poslepodne

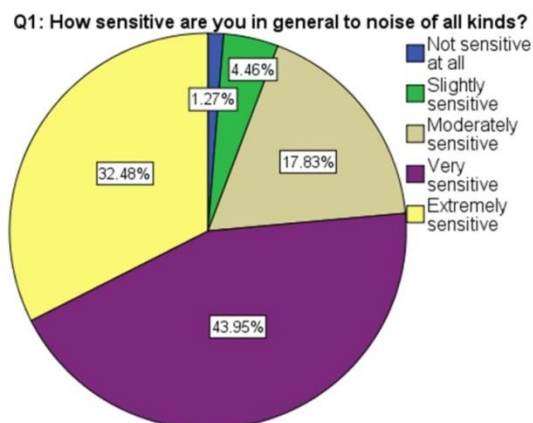
| Brzina Motora                                       | Centralna Frekvencija Opsega Octave(Hz) | Nivo Buke (dBA) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Brzina<br>Približite N1<br>38%<br>CFM56-5B<br>Motor | 31.5                                    | 52              |
|                                                     | 63                                      | 52.15           |
|                                                     | 125                                     | 52.15           |
|                                                     | 250                                     | 52.25           |
|                                                     | 500                                     | 52.25           |
|                                                     | 1000                                    | 52.22           |
|                                                     | 2000                                    | 52.25           |
|                                                     | 4000                                    | 52.25           |
|                                                     | 8000                                    | 52.35           |
|                                                     | 16000                                   | 52.4            |
|                                                     | 31500                                   | 52.4            |



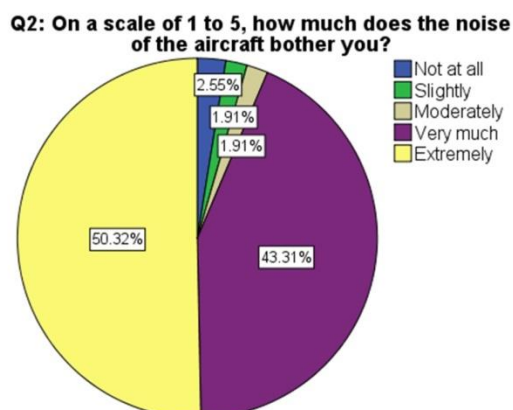
Slika 11.9: Odnos između brzine letelice u različitim vremenima i merenja dva nivoa buke u školi

## Prilog 7. Rezultati anketa pre uvođenja mera za smanjenje buke

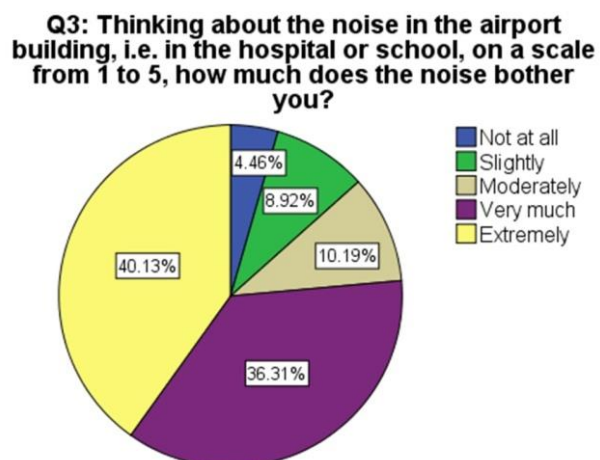
Rezultati drugog dela ankete koji se odnosi koji se odnose na drugu grupu pitanja vezanih za mišljenje i stavove ispitanika vezanih za buku vazdušnog saobraćaja na aerodromu Mitiga, pre uvođenja mera, dati su na slikama 11.10-11.20.



Slika 11.10. Pitanje 1: Koliko ste uopšte osetljivi na buku svih vrsta?

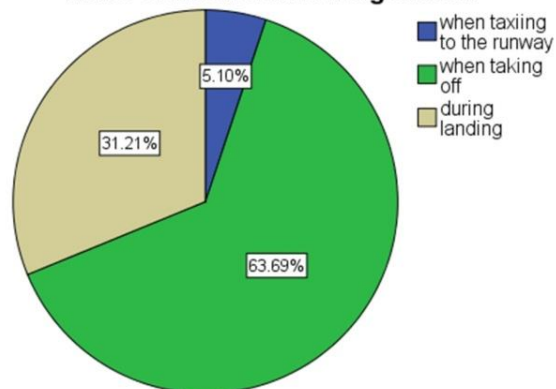


Slika 11.11. Pitanje 2: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?



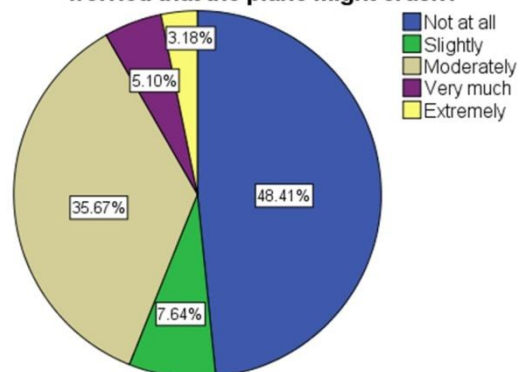
Slika 11.12. Pitanje 3: Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do 5, koliko vam buka smeta?

**Q4: What is your subjective feeling, when the noise of the aircraft is the greatest?**



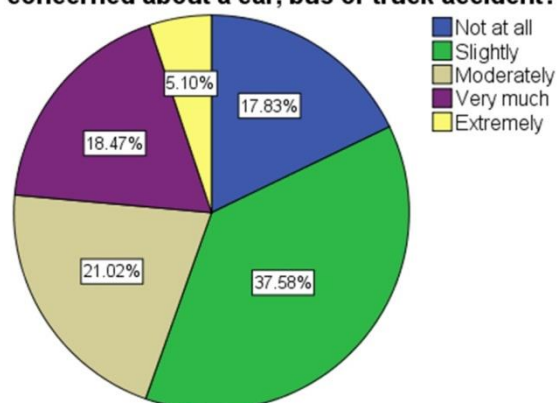
Slika 11.13. Pitanje 4: Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća?

**Q5: On a scale of 1 to 5 how much are you worried that the plane might crash?**



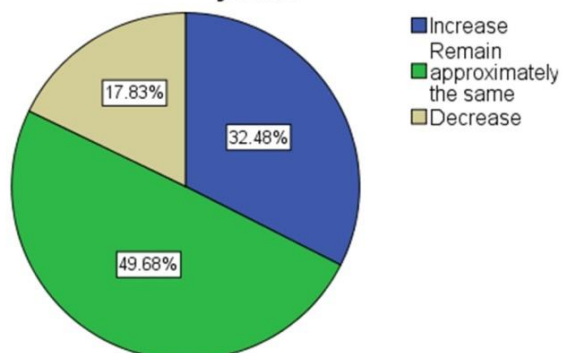
Slika 11.14. Pitanje 5: Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti da bi se avion mogao srušiti?

**Q6: On a scale of 1 to 5 how much are you concerned about a car, bus or truck accident?**



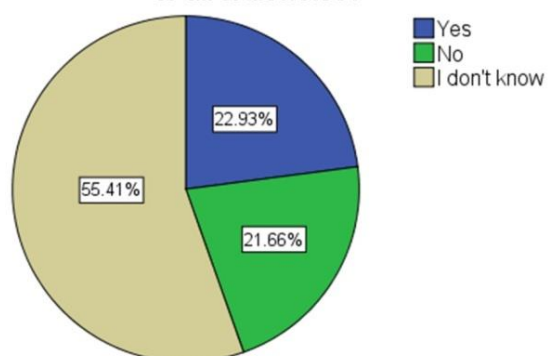
Slika 11.15. Pitanje 6: Na skali od 1 do 5 koliko ste zabrinuti zbog nesreće automobila, autobusa ili kamiona?

**Q7: What do you think, will the total noise emission of aircraft increase, decrease or remain approximately the same in the next few years?**



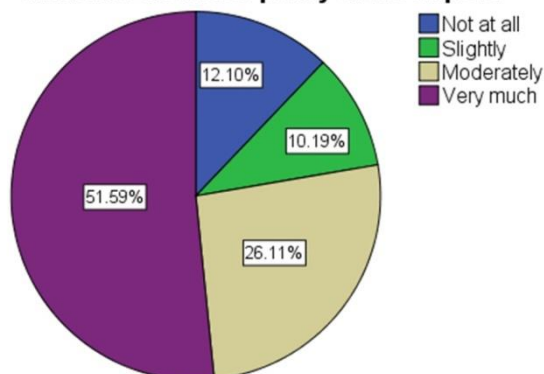
Slika 11.16. Pitanje 7: Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina?

**Q8: As far as you know, have there ever been disputes between airport authorities and residents living in the vicinity of the airport due to aircraft noise?**



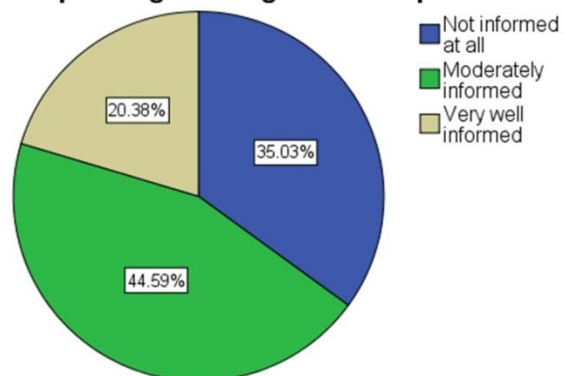
Slika 11.17. Pitanje 8: Koliko vam je poznato, da li je ikada bilo sporova između aerodromskih vlasti i stanovnika koji žive u blizini aerodroma zbog buke aviona?

**Q9: On a scale of 1 to 4, how much do you think the actions and attitudes of the residents can influence the noise policy of the airport?**



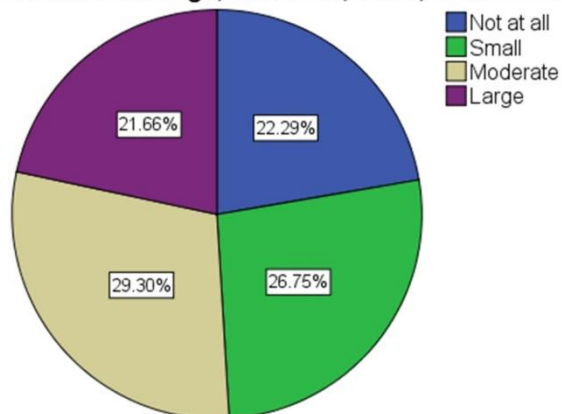
Slika 11.18. Pitanje 9: Na skali od 1 do 4, koliko mislite da postupci i stavovi stanovnika mogu uticati na politiku buke aerodroma?

**Q10: Do you think that the airport officials are informing the local population about the planning of changes at the airport?**



Slika 11.19. Pitanje 10: Da li mislite da službenici aerodroma obaveštavaju lokalno stanovništvo o planiranju promena aerodroma?

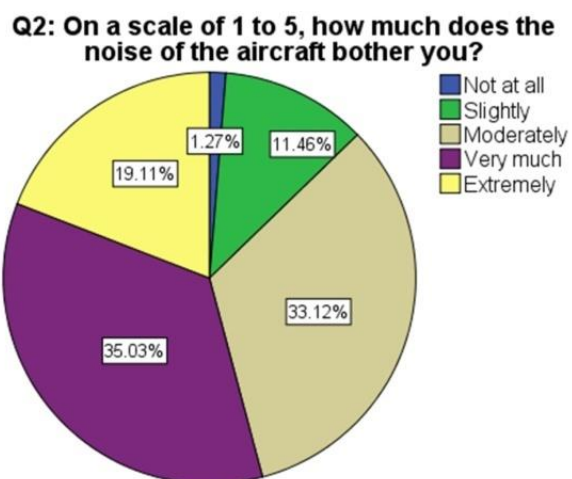
**Q11: What do you think, could aircraft noise reduction be large, moderate, small, or not at all?**



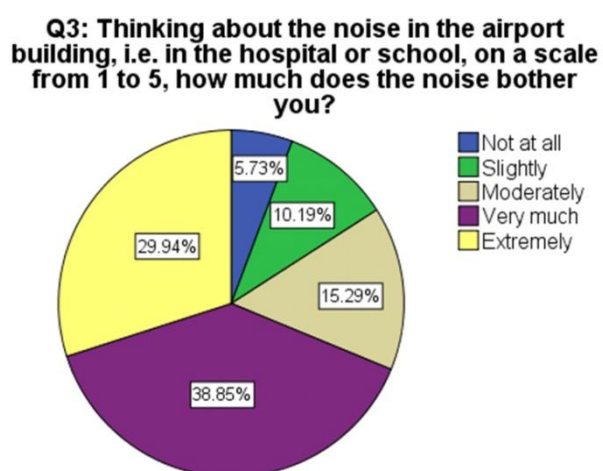
Slika 11.20. Pitanje 11: Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako?

## Prilog 8. Rezultati anketa posle uvođenja mera za smanjenje buke

Rezultati drugog dela ankete koji se odnose na drugu grupu pitanja vezanih za mišljenje i stavove ispitanika vezanih za buku vazdušnog saobraćaja na aerodromu Mitiga, posle uvođenja mera, dati su na slikama 11.21-11.25.

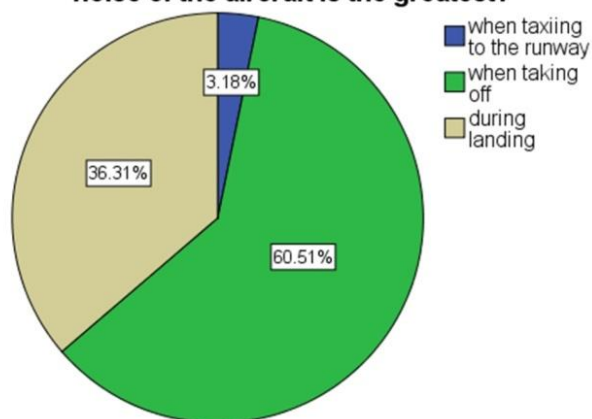


Slika 11.21. Pitanje 2: Na skali od 1 do 5 koliko vam smeta buka letelice?



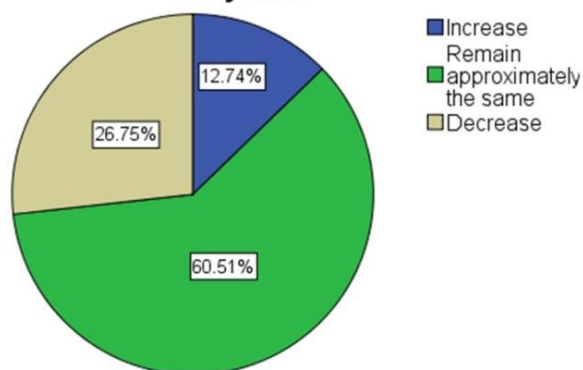
Slika 11.22. Pitanje 3: Razmišljajući o buci u zgradi aerodroma, odnosno u bolnici ili školi, na skali od 1 do 5, koliko vam buka smeta?

**Q4: What is your subjective feeling, when the noise of the aircraft is the greatest?**



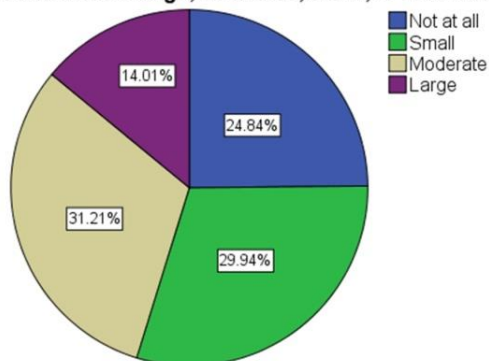
Slika 11.23. Pitanje 4: Kakav je vaš subjektivni osećaj, kada je buka aviona najveća?

**Q7: What do you think, will the total noise emission of aircraft increase, decrease or remain approximately the same in the next few years?**



Slika 11.24. Pitanje 7: Šta mislite da li će se ukupna emisija buke aviona povećati, smanjiti ili ostati približno ista u narednih nekoliko godina?

**Q11: What do you think, could aircraft noise reduction be large, moderate, small, or not at all?**



Slika 11.25. Pitanje 11: Šta mislite, da li bi smanjenje buke aviona moglo biti veliko, umereno, malo ili nikako?

## Prilog 9. Frekvencije pre i posle uvođenja mera

### BUKA PRE UVOĐENJA MERA

Tabela 11.48. Lden in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 59.02     | 1       | 1.0           | 1.0                |
|       | 59.32     | 1       | 1.0           | 2.0                |
|       | 59.42     | 1       | 1.0           | 3.0                |
|       | 59.59     | 1       | 1.0           | 4.0                |
|       | 59.71     | 2       | 2.0           | 6.1                |
|       | 59.76     | 1       | 1.0           | 7.1                |
|       | 59.83     | 1       | 1.0           | 8.1                |
|       | 59.88     | 1       | 1.0           | 9.1                |
|       | 59.93     | 1       | 1.0           | 10.1               |
|       | 60.59     | 1       | 1.0           | 11.1               |
|       | 63.28     | 1       | 1.0           | 12.1               |
|       | 63.41     | 1       | 1.0           | 13.1               |
|       | 64.17     | 1       | 1.0           | 14.1               |
|       | 64.28     | 1       | 1.0           | 15.2               |
|       | 64.46     | 1       | 1.0           | 16.2               |
|       | 64.59     | 1       | 1.0           | 17.2               |
|       | 64.87     | 1       | 1.0           | 18.2               |
|       | 65.17     | 1       | 1.0           | 19.2               |
|       | 65.27     | 1       | 1.0           | 20.2               |
|       | 65.48     | 2       | 2.0           | 22.2               |
|       | 65.61     | 1       | 1.0           | 23.2               |
|       | 65.64     | 1       | 1.0           | 24.2               |
|       | 65.66     | 1       | 1.0           | 25.3               |
|       | 66.47     | 1       | 1.0           | 26.3               |
|       | 66.53     | 1       | 1.0           | 27.3               |
|       | 66.97     | 1       | 1.0           | 28.3               |
|       | 67.33     | 1       | 1.0           | 29.3               |
|       | 67.62     | 1       | 1.0           | 30.3               |
|       | 67.86     | 1       | 1.0           | 31.3               |
|       | 67.94     | 2       | 2.0           | 33.3               |
|       | 69.50     | 1       | 1.0           | 34.3               |
|       | 69.59     | 1       | 1.0           | 35.4               |

Lden in dB (nastavak tabele 11.48)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 69.94 | 1         | 1.0     | 1.0           | 36.4                  |
|       | 69.98 | 1         | 1.0     | 1.0           | 37.4                  |
|       | 70.00 | 1         | 1.0     | 1.0           | 38.4                  |
|       | 70.10 | 1         | 1.0     | 1.0           | 39.4                  |
|       | 70.13 | 1         | 1.0     | 1.0           | 40.4                  |
|       | 70.19 | 1         | 1.0     | 1.0           | 41.4                  |
|       | 70.20 | 1         | 1.0     | 1.0           | 42.4                  |
|       | 70.24 | 1         | 1.0     | 1.0           | 43.4                  |
|       | 70.30 | 1         | 1.0     | 1.0           | 44.4                  |
|       | 71.13 | 2         | 2.0     | 2.0           | 46.5                  |
|       | 71.42 | 1         | 1.0     | 1.0           | 47.5                  |
|       | 71.91 | 1         | 1.0     | 1.0           | 48.5                  |
|       | 72.06 | 1         | 1.0     | 1.0           | 49.5                  |
|       | 72.10 | 1         | 1.0     | 1.0           | 50.5                  |
|       | 72.20 | 2         | 2.0     | 2.0           | 52.5                  |
|       | 72.31 | 3         | 3.0     | 3.0           | 55.6                  |
|       | 73.31 | 1         | 1.0     | 1.0           | 56.6                  |
|       | 73.35 | 1         | 1.0     | 1.0           | 57.6                  |
|       | 74.20 | 1         | 1.0     | 1.0           | 58.6                  |
|       | 74.23 | 1         | 1.0     | 1.0           | 59.6                  |
|       | 74.36 | 1         | 1.0     | 1.0           | 60.6                  |
|       | 74.39 | 1         | 1.0     | 1.0           | 61.6                  |
|       | 75.19 | 1         | 1.0     | 1.0           | 62.6                  |
|       | 75.22 | 1         | 1.0     | 1.0           | 63.6                  |
|       | 75.29 | 3         | 3.0     | 3.0           | 66.7                  |
|       | 76.07 | 1         | 1.0     | 1.0           | 67.7                  |
|       | 76.22 | 1         | 1.0     | 1.0           | 68.7                  |
|       | 76.34 | 1         | 1.0     | 1.0           | 69.7                  |
|       | 76.44 | 3         | 3.0     | 3.0           | 72.7                  |
|       | 76.53 | 1         | 1.0     | 1.0           | 73.7                  |
|       | 76.58 | 1         | 1.0     | 1.0           | 74.7                  |
|       | 76.61 | 1         | 1.0     | 1.0           | 75.8                  |

Lden in dB (nastavak tabele 11.48)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 76.70 | 1         | 1.0     | 1.0           | 76.8                  |
|       | 76.75 | 1         | 1.0     | 1.0           | 77.8                  |
|       | 81.80 | 1         | 1.0     | 1.0           | 78.8                  |
|       | 81.88 | 1         | 1.0     | 1.0           | 79.8                  |
|       | 82.06 | 1         | 1.0     | 1.0           | 80.8                  |
|       | 82.21 | 1         | 1.0     | 1.0           | 81.8                  |
|       | 82.23 | 1         | 1.0     | 1.0           | 82.8                  |
|       | 82.29 | 1         | 1.0     | 1.0           | 83.8                  |
|       | 82.30 | 1         | 1.0     | 1.0           | 84.8                  |
|       | 82.33 | 2         | 2.0     | 2.0           | 86.9                  |
|       | 82.34 | 1         | 1.0     | 1.0           | 87.9                  |
|       | 82.55 | 1         | 1.0     | 1.0           | 88.9                  |
|       | 86.72 | 1         | 1.0     | 1.0           | 89.9                  |
|       | 86.80 | 1         | 1.0     | 1.0           | 90.9                  |
|       | 86.98 | 1         | 1.0     | 1.0           | 91.9                  |
|       | 87.03 | 1         | 1.0     | 1.0           | 92.9                  |
|       | 87.05 | 1         | 1.0     | 1.0           | 93.9                  |
|       | 87.26 | 1         | 1.0     | 1.0           | 94.9                  |
|       | 87.51 | 1         | 1.0     | 1.0           | 96.0                  |
|       | 87.69 | 1         | 1.0     | 1.0           | 97.0                  |
|       | 87.84 | 1         | 1.0     | 1.0           | 98.0                  |
|       | 87.88 | 1         | 1.0     | 1.0           | 99.0                  |
|       | 87.90 | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0                 |
| Total |       | 99        | 100.0   | 100.0         |                       |

Tabela 11.49. Lday in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 52.90     | 1       | 1.0           | 1.0                |
|       | 53.00     | 1       | 1.0           | 2.0                |
|       | 53.70     | 1       | 1.0           | 3.0                |
|       | 53.80     | 1       | 1.0           | 4.0                |
|       | 54.80     | 1       | 1.0           | 5.1                |
|       | 54.90     | 1       | 1.0           | 6.1                |
|       | 55.10     | 1       | 1.0           | 7.1                |
|       | 55.70     | 1       | 1.0           | 8.1                |
|       | 55.90     | 1       | 1.0           | 9.1                |
|       | 56.00     | 2       | 2.0           | 11.1               |
|       | 58.90     | 1       | 1.0           | 12.1               |
|       | 59.00     | 2       | 2.0           | 14.1               |
|       | 59.70     | 1       | 1.0           | 15.2               |
|       | 60.00     | 2       | 2.0           | 17.2               |
|       | 60.30     | 2       | 2.0           | 19.2               |
|       | 60.80     | 1       | 1.0           | 20.2               |
|       | 60.90     | 1       | 1.0           | 21.2               |
|       | 61.00     | 2       | 2.0           | 23.2               |
|       | 61.20     | 1       | 1.0           | 24.2               |
|       | 61.30     | 2       | 2.0           | 26.3               |
|       | 61.80     | 1       | 1.0           | 27.3               |
|       | 61.90     | 1       | 1.0           | 28.3               |
|       | 62.00     | 1       | 1.0           | 29.3               |
|       | 62.70     | 1       | 1.0           | 30.3               |
|       | 62.80     | 1       | 1.0           | 31.3               |
|       | 63.00     | 2       | 2.0           | 33.3               |
|       | 64.50     | 2       | 2.0           | 35.4               |
|       | 65.80     | 2       | 2.0           | 37.4               |
|       | 65.90     | 3       | 3.0           | 40.4               |
|       | 66.00     | 3       | 3.0           | 43.4               |
|       | 66.20     | 1       | 1.0           | 44.4               |
|       | 69.40     | 1       | 1.0           | 45.5               |

Lday in dB (nastavak tabele 11.49)

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 70.00     | 2       | 2.0           | 47.5               |
|       | 70.80     | 1       | 1.0           | 48.5               |
|       | 70.90     | 1       | 1.0           | 49.5               |
|       | 71.00     | 2       | 2.0           | 51.5               |
|       | 71.40     | 1       | 1.0           | 52.5               |
|       | 71.70     | 2       | 2.0           | 54.5               |
|       | 71.80     | 1       | 1.0           | 55.6               |
|       | 71.90     | 2       | 2.0           | 57.6               |
|       | 72.00     | 7       | 7.1           | 64.6               |
|       | 72.30     | 1       | 1.0           | 65.7               |
|       | 72.40     | 1       | 1.0           | 66.7               |
|       | 72.70     | 1       | 1.0           | 67.7               |
|       | 72.80     | 2       | 2.0           | 69.7               |
|       | 73.00     | 3       | 3.0           | 72.7               |
|       | 73.10     | 1       | 1.0           | 73.7               |
|       | 73.20     | 4       | 4.0           | 77.8               |
|       | 75.70     | 1       | 1.0           | 78.8               |
|       | 75.80     | 1       | 1.0           | 79.8               |
|       | 76.00     | 1       | 1.0           | 80.8               |
|       | 76.10     | 1       | 1.0           | 81.8               |
|       | 76.20     | 2       | 2.0           | 83.8               |
|       | 77.00     | 2       | 2.0           | 85.9               |
|       | 77.20     | 3       | 3.0           | 88.9               |
|       | 80.20     | 1       | 1.0           | 89.9               |
|       | 80.30     | 1       | 1.0           | 90.9               |
|       | 80.70     | 1       | 1.0           | 91.9               |
|       | 80.90     | 1       | 1.0           | 92.9               |
|       | 81.30     | 1       | 1.0           | 93.9               |
|       | 81.40     | 1       | 1.0           | 94.9               |
|       | 81.50     | 1       | 1.0           | 96.0               |
|       | 81.60     | 3       | 3.0           | 99.0               |
|       | 81.80     | 1       | 1.0           | 100.0              |

Lday in dB (nastavak tabele 11.49)

|             | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Total | 99        | 100.0   | 100.0         |                    |

Tabela 11.50: Levening in dB

|             | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 56.80 | 1         | 1.0     | 1.0           | 1.0                |
| 56.90       | 2         | 2.0     | 2.0           | 3.0                |
| 57.00       | 2         | 2.0     | 2.0           | 5.1                |
| 57.20       | 1         | 1.0     | 1.0           | 6.1                |
| 57.80       | 4         | 4.0     | 4.0           | 10.1               |
| 57.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 11.1               |
| 60.70       | 1         | 1.0     | 1.0           | 12.1               |
| 60.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 13.1               |
| 61.00       | 2         | 2.0     | 2.0           | 15.2               |
| 61.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 16.2               |
| 62.10       | 1         | 1.0     | 1.0           | 17.2               |
| 62.20       | 1         | 1.0     | 1.0           | 18.2               |
| 62.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 19.2               |
| 63.00       | 3         | 3.0     | 3.0           | 22.2               |
| 63.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 23.2               |
| 64.00       | 1         | 1.0     | 1.0           | 24.2               |
| 64.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 25.3               |
| 65.00       | 2         | 2.0     | 2.0           | 27.3               |
| 65.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 28.3               |
| 65.70       | 1         | 1.0     | 1.0           | 29.3               |
| 65.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 30.3               |
| 66.00       | 1         | 1.0     | 1.0           | 31.3               |
| 66.20       | 2         | 2.0     | 2.0           | 33.3               |
| 66.40       | 1         | 1.0     | 1.0           | 34.3               |
| 66.70       | 1         | 1.0     | 1.0           | 35.4               |
| 66.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 36.4               |
| 66.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 37.4               |
| 67.00       | 3         | 3.0     | 3.0           | 40.4               |
| 67.20       | 1         | 1.0     | 1.0           | 41.4               |
| 67.30       | 1         | 1.0     | 1.0           | 42.4               |
| 67.40       | 1         | 1.0     | 1.0           | 43.4               |
| 67.50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 44.4               |

Levening in dB (nastavak table 11.50)

|             | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 70.80 | 1         | 1.0     | 1.0           | 45.5               |
| 70.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 46.5               |
| 71.00       | 2         | 2.0     | 2.0           | 48.5               |
| 71.30       | 1         | 1.0     | 1.0           | 49.5               |
| 71.50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 50.5               |
| 71.70       | 1         | 1.0     | 1.0           | 51.5               |
| 71.80       | 2         | 2.0     | 2.0           | 53.5               |
| 72.00       | 4         | 4.0     | 4.0           | 57.6               |
| 72.20       | 3         | 3.0     | 3.0           | 60.6               |
| 72.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 61.6               |
| 73.00       | 1         | 1.0     | 1.0           | 62.6               |
| 73.30       | 1         | 1.0     | 1.0           | 63.6               |
| 73.40       | 3         | 3.0     | 3.0           | 66.7               |
| 74.10       | 2         | 2.0     | 2.0           | 68.7               |
| 75.20       | 3         | 3.0     | 3.0           | 71.7               |
| 75.30       | 1         | 1.0     | 1.0           | 72.7               |
| 76.30       | 2         | 2.0     | 2.0           | 74.7               |
| 76.40       | 3         | 3.0     | 3.0           | 77.8               |
| 77.50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 78.8               |
| 77.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 79.8               |
| 77.80       | 1         | 1.0     | 1.0           | 80.8               |
| 77.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 81.8               |
| 78.00       | 2         | 2.0     | 2.0           | 83.8               |
| 78.20       | 1         | 1.0     | 1.0           | 84.8               |
| 78.30       | 1         | 1.0     | 1.0           | 85.9               |
| 78.50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 86.9               |
| 78.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 87.9               |
| 79.00       | 1         | 1.0     | 1.0           | 88.9               |
| 82.12       | 1         | 1.0     | 1.0           | 89.9               |
| 83.30       | 2         | 2.0     | 2.0           | 91.9               |
| 83.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 92.9               |
| 83.90       | 1         | 1.0     | 1.0           | 93.9               |

Levening in dB (nastavak tabele 11.50)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 84.00 | 2         | 2.0     | 2.0           | 96.0                  |
|       | 84.20 | 1         | 1.0     | 1.0           | 97.0                  |
|       | 84.30 | 2         | 2.0     | 2.0           | 99.0                  |
|       | 84.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0                 |
| Total |       | 99        | 100.0   | 100.0         |                       |

Tabela 11.51: Lnight in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 51.00     | 3       | 3.0           | 4.5                   |
|       | 51.30     | 1       | 1.0           | 6.1                   |
|       | 51.40     | 1       | 1.0           | 7.6                   |
|       | 51.80     | 1       | 1.0           | 9.1                   |
|       | 51.90     | 2       | 2.0           | 12.1                  |
|       | 52.00     | 1       | 1.0           | 13.6                  |
|       | 52.10     | 1       | 1.0           | 15.2                  |
|       | 53.20     | 1       | 1.0           | 16.7                  |
|       | 58.90     | 1       | 1.0           | 18.2                  |
|       | 59.00     | 2       | 2.0           | 21.2                  |
|       | 59.70     | 1       | 1.0           | 22.7                  |
|       | 60.00     | 1       | 1.0           | 24.2                  |
|       | 60.30     | 1       | 1.0           | 25.8                  |
|       | 60.80     | 1       | 1.0           | 27.3                  |
|       | 61.00     | 1       | 1.0           | 28.8                  |
|       | 61.20     | 1       | 1.0           | 30.3                  |
|       | 61.30     | 2       | 2.0           | 33.3                  |
|       | 61.80     | 1       | 1.0           | 34.8                  |
|       | 61.90     | 1       | 1.0           | 36.4                  |
|       | 62.00     | 2       | 2.0           | 39.4                  |
|       | 62.29     | 1       | 1.0           | 40.9                  |
|       | 62.30     | 4       | 4.0           | 47.0                  |
|       | 62.40     | 1       | 1.0           | 48.5                  |
|       | 62.50     | 1       | 1.0           | 50.0                  |
|       | 68.30     | 3       | 3.0           | 54.5                  |
|       | 69.00     | 2       | 2.0           | 57.6                  |
|       | 69.10     | 1       | 1.0           | 59.1                  |
|       | 69.30     | 1       | 1.0           | 60.6                  |
|       | 69.40     | 1       | 1.0           | 62.1                  |
|       | 69.60     | 1       | 1.0           | 63.6                  |
|       | 70.00     | 2       | 2.0           | 66.7                  |
|       | 74.80     | 1       | 1.0           | 68.2                  |

Lnicht in dB (nastavak tabele 11.51)

|         |        | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|---------|--------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid   | 74.90  | 1         | 1.0     | 1.5           | 69.7                  |
|         | 75.00  | 1         | 1.0     | 1.5           | 71.2                  |
|         | 75.20  | 4         | 4.0     | 6.1           | 77.3                  |
|         | 75.30  | 3         | 3.0     | 4.5           | 81.8                  |
|         | 75.40  | 1         | 1.0     | 1.5           | 83.3                  |
|         | 79.00  | 1         | 1.0     | 1.5           | 84.8                  |
|         | 79.40  | 1         | 1.0     | 1.5           | 86.4                  |
|         | 79.60  | 2         | 2.0     | 3.0           | 89.4                  |
|         | 80.00  | 1         | 1.0     | 1.5           | 90.9                  |
|         | 80.20  | 1         | 1.0     | 1.5           | 92.4                  |
|         | 80.50  | 1         | 1.0     | 1.5           | 93.9                  |
|         | 80.70  | 1         | 1.0     | 1.5           | 95.5                  |
|         | 80.90  | 1         | 1.0     | 1.5           | 97.0                  |
|         | 81.00  | 2         | 2.0     | 3.0           | 100.0                 |
|         | Total  | 66        | 66.7    | 100.0         |                       |
| Missing | System | 33        | 33.3    |               |                       |
| Total   |        | 99        | 100.0   |               |                       |

BUKA POSLE UVOĐENJA MERA

Tabela 11.52: Lden in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| 55.72 | 1         | 1.0     | 1.0           | 1.0                   |
| 55.86 | 2         | 2.0     | 2.0           | 3.0                   |
| 55.91 | 1         | 1.0     | 1.0           | 4.0                   |
| 55.94 | 1         | 1.0     | 1.0           | 5.1                   |
| 55.98 | 1         | 1.0     | 1.0           | 6.1                   |
| 56.08 | 1         | 1.0     | 1.0           | 7.1                   |
| 56.11 | 2         | 2.0     | 2.0           | 9.1                   |
| 56.25 | 1         | 1.0     | 1.0           | 10.1                  |
| 56.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 11.1                  |
| 56.96 | 1         | 1.0     | 1.0           | 12.1                  |
| 57.00 | 1         | 1.0     | 1.0           | 13.1                  |
| 57.01 | 1         | 1.0     | 1.0           | 14.1                  |
| 57.03 | 3         | 3.0     | 3.0           | 17.2                  |
| 57.04 | 2         | 2.0     | 2.0           | 19.2                  |
| 57.07 | 3         | 3.0     | 3.0           | 22.2                  |
| 57.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 23.2                  |
| 57.67 | 1         | 1.0     | 1.0           | 24.2                  |
| 57.76 | 1         | 1.0     | 1.0           | 25.3                  |
| 57.78 | 1         | 1.0     | 1.0           | 26.3                  |
| 57.81 | 2         | 2.0     | 2.0           | 28.3                  |
| 57.82 | 1         | 1.0     | 1.0           | 29.3                  |
| 57.84 | 2         | 2.0     | 2.0           | 31.3                  |
| 57.85 | 1         | 1.0     | 1.0           | 32.3                  |
| 57.86 | 1         | 1.0     | 1.0           | 33.3                  |
| 57.87 | 2         | 2.0     | 2.0           | 35.4                  |
| 57.91 | 2         | 2.0     | 2.0           | 37.4                  |
| 57.92 | 1         | 1.0     | 1.0           | 38.4                  |
| 58.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 39.4                  |
| 58.45 | 1         | 1.0     | 1.0           | 40.4                  |
| 58.60 | 1         | 1.0     | 1.0           | 41.4                  |
| 58.61 | 1         | 1.0     | 1.0           | 42.4                  |
| 58.62 | 1         | 1.0     | 1.0           | 43.4                  |

Valid

Lden in dB (nastavak tabele 11.52)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 58.65 | 1         | 1.0     | 1.0           | 44.4                  |
|       | 58.71 | 1         | 1.0     | 1.0           | 45.5                  |
|       | 58.77 | 1         | 1.0     | 1.0           | 46.5                  |
|       | 58.79 | 1         | 1.0     | 1.0           | 47.5                  |
|       | 58.83 | 1         | 1.0     | 1.0           | 48.5                  |
|       | 58.87 | 2         | 2.0     | 2.0           | 50.5                  |
|       | 58.90 | 2         | 2.0     | 2.0           | 52.5                  |
|       | 58.94 | 3         | 3.0     | 3.0           | 55.6                  |
|       | 59.03 | 1         | 1.0     | 1.0           | 56.6                  |
|       | 59.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 57.6                  |
|       | 59.44 | 1         | 1.0     | 1.0           | 58.6                  |
|       | 59.45 | 1         | 1.0     | 1.0           | 59.6                  |
|       | 59.60 | 1         | 1.0     | 1.0           | 60.6                  |
|       | 59.61 | 1         | 1.0     | 1.0           | 61.6                  |
|       | 59.62 | 1         | 1.0     | 1.0           | 62.6                  |
|       | 59.63 | 3         | 3.0     | 3.0           | 65.7                  |
|       | 59.65 | 1         | 1.0     | 1.0           | 66.7                  |
|       | 59.99 | 1         | 1.0     | 1.0           | 67.7                  |
|       | 60.00 | 1         | 1.0     | 1.0           | 68.7                  |
|       | 60.02 | 1         | 1.0     | 1.0           | 69.7                  |
|       | 60.04 | 1         | 1.0     | 1.0           | 70.7                  |
|       | 60.05 | 3         | 3.0     | 3.0           | 73.7                  |
|       | 60.10 | 1         | 1.0     | 1.0           | 74.7                  |
|       | 60.11 | 2         | 2.0     | 2.0           | 76.8                  |
|       | 60.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 77.8                  |
|       | 61.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 78.8                  |
|       | 61.53 | 1         | 1.0     | 1.0           | 79.8                  |
|       | 61.61 | 2         | 2.0     | 2.0           | 81.8                  |
|       | 61.64 | 1         | 1.0     | 1.0           | 82.8                  |
|       | 61.66 | 2         | 2.0     | 2.0           | 84.8                  |
|       | 61.67 | 1         | 1.0     | 1.0           | 85.9                  |
|       | 61.69 | 3         | 3.0     | 3.0           | 88.9                  |

Lden in dB (nastavak tabele 11.52)

|             | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid 63.11 | 1         | 1.0     | 1.0           | 89.9                  |
| 63.42       | 1         | 1.0     | 1.0           | 90.9                  |
| 63.53       | 1         | 1.0     | 1.0           | 91.9                  |
| 63.60       | 1         | 1.0     | 1.0           | 92.9                  |
| 63.62       | 1         | 1.0     | 1.0           | 93.9                  |
| 63.70       | 2         | 2.0     | 2.0           | 96.0                  |
| 63.71       | 1         | 1.0     | 1.0           | 97.0                  |
| 63.76       | 3         | 3.0     | 3.0           | 100.0                 |
| Total       | 99        | 100.0   | 100.0         |                       |

Tabela 11.53: Lday in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 50.00     | 1       | 1.0           | 1.0                |
|       | 50.20     | 5       | 5.1           | 6.1                |
|       | 50.22     | 1       | 1.0           | 7.1                |
|       | 50.25     | 3       | 3.0           | 10.1               |
|       | 51.00     | 1       | 1.0           | 11.1               |
|       | 51.25     | 1       | 1.0           | 12.1               |
|       | 51.50     | 1       | 1.0           | 13.1               |
|       | 52.00     | 2       | 2.0           | 15.2               |
|       | 52.10     | 1       | 1.0           | 16.2               |
|       | 52.15     | 1       | 1.0           | 17.2               |
|       | 52.20     | 7       | 7.1           | 24.2               |
|       | 52.21     | 1       | 1.0           | 25.3               |
|       | 52.22     | 2       | 2.0           | 27.3               |
|       | 52.25     | 3       | 3.0           | 30.3               |
|       | 52.30     | 3       | 3.0           | 33.3               |
|       | 52.90     | 1       | 1.0           | 34.3               |
|       | 53.00     | 1       | 1.0           | 35.4               |
|       | 53.20     | 3       | 3.0           | 38.4               |
|       | 53.22     | 1       | 1.0           | 39.4               |
|       | 53.25     | 2       | 2.0           | 41.4               |
|       | 53.30     | 3       | 3.0           | 44.4               |
|       | 54.00     | 1       | 1.0           | 45.5               |
|       | 54.10     | 1       | 1.0           | 46.5               |
|       | 54.15     | 2       | 2.0           | 48.5               |
|       | 54.20     | 5       | 5.1           | 53.5               |
|       | 54.22     | 1       | 1.0           | 54.5               |
|       | 54.25     | 2       | 2.0           | 56.6               |
|       | 54.30     | 5       | 5.1           | 61.6               |
|       | 54.35     | 2       | 2.0           | 63.6               |
|       | 54.40     | 3       | 3.0           | 66.7               |
|       | 55.00     | 1       | 1.0           | 67.7               |
|       | 55.20     | 1       | 1.0           | 68.7               |

Lday in dB (nastavak tabele 11.53)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Per cent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|----------------|-----------------------|
| Valid | 55.25 | 2         | 2.0     | 2.0            | 70.7                  |
|       | 55.30 | 3         | 3.0     | 3.0            | 73.7                  |
|       | 55.35 | 1         | 1.0     | 1.0            | 74.7                  |
|       | 55.40 | 3         | 3.0     | 3.0            | 77.8                  |
|       | 56.00 | 1         | 1.0     | 1.0            | 78.8                  |
|       | 56.10 | 1         | 1.0     | 1.0            | 79.8                  |
|       | 56.15 | 1         | 1.0     | 1.0            | 80.8                  |
|       | 56.20 | 1         | 1.0     | 1.0            | 81.8                  |
|       | 56.30 | 2         | 2.0     | 2.0            | 83.8                  |
|       | 56.35 | 2         | 2.0     | 2.0            | 85.9                  |
|       | 56.40 | 3         | 3.0     | 3.0            | 88.9                  |
|       | 57.00 | 2         | 2.0     | 2.0            | 90.9                  |
|       | 57.20 | 2         | 2.0     | 2.0            | 92.9                  |
|       | 57.30 | 3         | 3.0     | 3.0            | 96.0                  |
|       | 57.35 | 1         | 1.0     | 1.0            | 97.0                  |
|       | 57.40 | 3         | 3.0     | 3.0            | 100.0                 |
| Total |       | 99        | 100.0   | 100.0          |                       |

Tabela 11.54: Levening in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 50.00     | 1       | 1.0           | 1.0                |
|       | 50.25     | 4       | 4.0           | 5.1                |
|       | 50.45     | 1       | 1.0           | 6.1                |
|       | 50.50     | 1       | 1.0           | 7.1                |
|       | 51.00     | 2       | 2.0           | 9.1                |
|       | 51.50     | 3       | 3.0           | 12.1               |
|       | 51.55     | 1       | 1.0           | 13.1               |
|       | 52.00     | 2       | 2.0           | 15.2               |
|       | 52.15     | 2       | 2.0           | 17.2               |
|       | 52.22     | 2       | 2.0           | 19.2               |
|       | 52.25     | 6       | 6.1           | 25.3               |
|       | 52.30     | 2       | 2.0           | 27.3               |
|       | 52.35     | 1       | 1.0           | 28.3               |
|       | 52.40     | 2       | 2.0           | 30.3               |
|       | 52.50     | 1       | 1.0           | 31.3               |
|       | 53.00     | 3       | 3.0           | 34.3               |
|       | 53.20     | 2       | 2.0           | 36.4               |
|       | 53.22     | 1       | 1.0           | 37.4               |
|       | 53.25     | 4       | 4.0           | 41.4               |
|       | 53.35     | 3       | 3.0           | 44.4               |
|       | 54.00     | 1       | 1.0           | 45.5               |
|       | 54.12     | 1       | 1.0           | 46.5               |
|       | 54.15     | 1       | 1.0           | 47.5               |
|       | 54.20     | 2       | 2.0           | 49.5               |
|       | 54.21     | 1       | 1.0           | 50.5               |
|       | 54.22     | 1       | 1.0           | 51.5               |
|       | 54.25     | 5       | 5.1           | 56.6               |
|       | 54.31     | 1       | 1.0           | 57.6               |
|       | 54.33     | 1       | 1.0           | 58.6               |
|       | 54.35     | 3       | 3.0           | 61.6               |
|       | 54.40     | 2       | 2.0           | 63.6               |
|       | 54.45     | 2       | 2.0           | 65.7               |

Levening in dB (nastavak tabele 11.54)

|       |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative<br>Percent |
|-------|-------|-----------|---------|---------------|-----------------------|
| Valid | 54.50 | 1         | 1.0     | 1.0           | 66.7                  |
|       | 55.00 | 1         | 1.0     | 1.0           | 67.7                  |
|       | 55.25 | 3         | 3.0     | 3.0           | 70.7                  |
|       | 55.35 | 4         | 4.0     | 4.0           | 74.7                  |
|       | 55.45 | 3         | 3.0     | 3.0           | 77.8                  |
|       | 56.00 | 1         | 1.0     | 1.0           | 78.8                  |
|       | 56.15 | 2         | 2.0     | 2.0           | 80.8                  |
|       | 56.25 | 1         | 1.0     | 1.0           | 81.8                  |
|       | 56.30 | 2         | 2.0     | 2.0           | 83.8                  |
|       | 56.35 | 2         | 2.0     | 2.0           | 85.9                  |
|       | 56.45 | 3         | 3.0     | 3.0           | 88.9                  |
|       | 57.10 | 1         | 1.0     | 1.0           | 89.9                  |
|       | 57.20 | 1         | 1.0     | 1.0           | 90.9                  |
|       | 57.25 | 2         | 2.0     | 2.0           | 92.9                  |
|       | 57.30 | 1         | 1.0     | 1.0           | 93.9                  |
|       | 57.32 | 1         | 1.0     | 1.0           | 94.9                  |
|       | 57.35 | 2         | 2.0     | 2.0           | 97.0                  |
|       | 57.40 | 1         | 1.0     | 1.0           | 98.0                  |
|       | 57.42 | 2         | 2.0     | 2.0           | 100.0                 |
|       | Total | 99        | 100.0   | 100.0         |                       |

Tabele 11. 55: Lnight in dB

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 49.00     | 1       | 1.0           | 1.5                |
|       | 49.20     | 3       | 3.0           | 6.1                |
|       | 49.22     | 1       | 1.0           | 7.6                |
|       | 49.25     | 4       | 4.0           | 13.6               |
|       | 49.50     | 1       | 1.0           | 15.2               |
|       | 50.00     | 1       | 1.0           | 16.7               |
|       | 51.00     | 4       | 4.0           | 22.7               |
|       | 51.20     | 1       | 1.0           | 24.2               |
|       | 52.00     | 2       | 2.0           | 27.3               |
|       | 52.20     | 2       | 2.0           | 30.3               |
|       | 52.22     | 1       | 1.0           | 31.8               |
|       | 52.25     | 1       | 1.0           | 33.3               |
|       | 52.50     | 1       | 1.0           | 34.8               |
|       | 53.00     | 3       | 3.0           | 39.4               |
|       | 53.20     | 4       | 4.0           | 45.5               |
|       | 53.21     | 1       | 1.0           | 47.0               |
|       | 53.22     | 1       | 1.0           | 48.5               |
|       | 53.25     | 1       | 1.0           | 50.0               |
|       | 53.40     | 2       | 2.0           | 53.0               |
|       | 53.42     | 1       | 1.0           | 54.5               |
|       | 53.45     | 3       | 3.0           | 59.1               |
|       | 53.50     | 4       | 4.0           | 65.2               |
|       | 54.00     | 1       | 1.0           | 66.7               |
|       | 55.00     | 1       | 1.0           | 68.2               |
|       | 55.10     | 1       | 1.0           | 69.7               |
|       | 55.20     | 2       | 2.0           | 72.7               |
|       | 55.22     | 1       | 1.0           | 74.2               |
|       | 55.25     | 6       | 6.1           | 83.3               |
|       | 56.60     | 1       | 1.0           | 84.8               |
|       | 57.00     | 1       | 1.0           | 86.4               |
|       | 57.10     | 1       | 1.0           | 87.9               |
|       | 57.20     | 2       | 2.0           | 90.9               |

Lnicht in dB (nastavak tabele 11.55)

|         |        | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|--------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 57.30  | 3         | 3.0     | 4.5           | 95.5               |
|         | 57.35  | 3         | 3.0     | 4.5           | 100.0              |
|         | Total  | 66        | 66.7    | 100.0         |                    |
| Missing | System | 33        | 33.3    |               |                    |
| Total   |        | 99        | 100.0   |               |                    |