

Utjecaj buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke

Franjić, Andrea

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:999588>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Andrea Franjić

**UTJECAJ BUKE ZRAKOPLOVA NA STANOVNIŠTVO
U OKRUŽENJU ZRAČNE LUKE**

Zagreb, 2020.

Zagreb, 13. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Zrakoplovna medicina**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5548

Pristupnik: **Andrea Franjić (0135250510)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Utjecaj buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke**

Opis zadatka:

U radu će se analizirati vrste izvora buke u zračnom prometu te utjecaj na čovjeka. U radu je također potrebno izvršiti analizu buke Zračne luke Zagreb. U zaključku će se predočiti aktivnosti za smanjenje buke zrakoplova te preventivne aktivnosti.

Mentor:



prof. dr. sc. Eduard Missoni

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ BUKE ZRAKOPLOVA NA STANOVNIŠTVO
U OKRUŽENJU ZRAČNE LUKE
THE IMPACT OF AIRCRAFT NOISE ON THE
RESIDENTS IN AN AIRPORT ENVIRONMENT**

Mentor: prof. dr. sc. Eduard Missoni

Student: Andrea Franjić
JMBAG: 0135250510

Zagreb, 2020.

SAŽETAK

Temom rada opisana je buka zrakoplova kao jedan od negativnih učinaka zračnog prometa na čovjeka. Osim toga, analizirana je regulacija te načini smanjenja buke u zračnom prometu, uloga pojedinih dionika zračne luke u svrhu smanjenja intenziteta buke te analiza istraživanja utjecaja buke na stanovništvo u okruženju Zračne luke Zagreb. Ovaj rad se fokusira na stanovništvo u okruženju zračnih luka te je time objašnjena i problematika planiranja zračnih luka, odnosno regulacija zračnog prometa. Buka je svaki neželjen zvuk u sredini u kojoj ljudi borave i rade te izaziva neugodan osjećaj ili može nepovoljno utjecati na zdravlje. Buka koju stvara zrakoplov je poprilično kompleksna. Naime, izvori buke zrakoplova su pogonska skupina te struktura zrakoplova oko koje se stvaraju turbulentni slojevi. Osim navedene aerodromske buke koja nastaje operacijama letova, postoji i aerodromska buka koja nastaje operacijama na zemlji.

KLJUČNE RIJEČI: buka zrakoplova; štetnost buke; stanovništvo u okruženju zračne luke

SUMMARY

The topic of this final work describes airplane noise as one of the negative effects of air transport on humans. In addition, air transport noise regulation and reduction methods, the role of individual airport participants in order to reduce noise intensity and analysis of the study of the impact of noise on the residents in the Zagreb Airport area have been elaborated. This work focuses on the residents in an airport environment, and thus the issue of airport planning, i.e. air traffic regulation, is explained. Noise is any unwanted sound in the environment in which people live and work, causing an unpleasant feeling or a negative effect on health. The noise generated by the aircraft is quite complex. In addition, noise sources are aircraft propulsion and the structure of aircraft, around which turbulent layers are formed. In addition to airport noise generated by flight operations, there is also airport noise generated by ground operations.

KEYWORDS: aircraft noise; noise pollution; residents in an airport environment

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. IZVORI BUKE U ZRAČNOM PROMETU	4
2.1. Zrakoplov kao izvor buke	4
2.1.1. Pogonska grupa zrakoplova	5
2.1.2. Struktura zrakoplova	6
2.2. Zračna luka kao izvor buke	7
3. REGULACIJA BUKE ZRAKOPLOVA	10
3.1. Annex 16	10
3.2. Direktive Europske unije	12
3.2.1. Direktiva 2002/30/EZ	12
3.2.2. Direktiva 2002/49/EZ	13
3.2.3. Republika Hrvatska	14
3.3. Sjedinjene Američke Države	15
3.4. Koncept uravnoteženog pristupa	16
4. NAČINI SMANJENJA INTEZITETA BUKE U ZRAČNOM PROMETU	18
4.1. Zaštitne mjere protiv buke	18
4.2. Reakcije proizvođača	19
4.3. Reakcija zračnih prijevoznika	21
4.4. Reakcija zračnih luka	23
4.5. Reakcija kontrole letenja	25
5. UTJECAJ BUKE ZRAKOPLOVA NA ČOVJEKA	28
5.1. Razine buke	28
5.2. Izravne i neizravne posljedice na zdravlje	30
5.2.1. Utjecaj buke na slušni sustav	30
5.2.2. Psihofiziološki efekti	31
5.2.3. Psihološki efekti	32
5.2.4. Sociološki efekti	32
5.3. Prosvjedi stanovništva	33
5.4. Zdravstvene studije	34
5.5. Vibracije	35
5.6. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke i vibracija	36
6. RAZINA BUKE NA PODRUČJU ZRAČNE LUKE FRANJO TUĐMAN	38
6.1. Sustav za mjerenje buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman	38

6.2. Analiza rezultata istraživanja	39
7. ZAKLJUČAK	44
LITERATURA	45

1. UVOD

Zračni promet, kao jedna od najmlađih i najsigurnijih prometnih grana, bilježi sve veće stope rasta u vrlo kratkom vremenskom periodu. Primjerice, istraživanja ukazuju da se broj letova, za razdoblje od 1990. do 2014., povećao za 80%. Bitno je navesti da su navedeni podaci upravo rezultat revolucionarnih pojava u prošlosti koje su odredile putanju razvoja zračnog prometa. Točnije, riječ je o izumu i uporabi mlaznih motora, deregulaciji i liberalizaciji međunarodnog zračnog prometa, trendu globalizacije, alijansama¹, stabilnim cijenama goriva i slično.

Kao i ostale prometne grane, zračni promet je suočen s ekološkim problemom. Nastanku istog pogodio je nagli porast broja zrakoplova i zračnih luka diljem cijelog svijeta. Negativan utjecaj na okoliš i čovjeka očituje se stvaranjem emisija iz motora zrakoplova, bukom, narušavanjem flore i faune potrebnog lokaliteta zračne luke te onečišćenjem otpadnim vodama tla i vode okolice zračne luke. Sukladno tome, održivost zračnog prometa čini balans nekoliko faktora poput ekologije, ekonomije i sigurnosti. Može se navesti da ključ održivog razvoja čine ekološke norme upućene od strane međunarodnih udruženja i organizacija za okoliš u zrakoplovstvu. Riječ je Organizaciji međunarodnog civilnog zrakoplovstva (eng. ICAO- International Civil Aviation Organization) koja je učinila da je zaštita okoliša obavezan dio međunarodnih i nacionalnih propisa. Navedeni propisi obrađeni su u Annex-u 16 ICAO-a Čikaške konvencije naziva „Zaštita okoliša“ u dva dijela. Osim toga, ICAO je utemeljio odbor za zaštitu okoliša (eng. CAEP- Committee on Aviation Environmental Protection) u svrhu koordinirane primjene zaštitnih mjera u zrakoplovstvu.

Buka kao skup nepravilnih i nejednakih zvučnih titraja različitog intenziteta mjeri se u decibelima (dB). Mjerna jedinica za buku u zrakoplovstvu je nešto drukčija. Točnije, problem buke u zrakoplovstvu aktualiziran je 60-ih godina te je u istom razdoblju usvojena mjerna jedinica Effective Perceived Noise (EPN) dB². Riječ je o mjeri

¹ Alijansa- strateška udruga zrakoplovnih kompanija

² EPN dB (Effective Perceived Noise dB)- Efektivno čujne buke

relativne buke pojedinačnog prolaska zrakoplova, točnije odnosi se na pojedini zrakoplov, a ne na izloženost buci zračne luke.

Najglasnija buka nastaje u fazama polijetanja i slijetanja, no buci na zračnim lukama doprinose i zrakoplovi koji kruže u zraku, koji se zagrijevaju na stajankama te koji se kreću voznim stazama. Osim zrakoplova, buku na zračnoj luci stvaraju vozila i oprema prilikom prihvata i otpreme. Dakle, stanovništvo u okruženju direktno je izloženo negativnom utjecaju buke koja dolazi iz smjera zračne luke. Evidentno je da je povećanje intenziteta prometa na zračnim lukama u suodnosu s povećanjem jačine i trajanja buke. Sukladno tome, broj pritužbi stanovništva u okruženju zračnih luka postao je sve veći i češći te su rješavanju problema, uz cjelokupnu zrakoplovnu industriju, pristupile i zračne luke te zrakoplovne kompanije.

Rad je podijeljen u sedam poglavlja uključujući uvod i zaključak.

U drugom poglavlju razrađeni su izvori buke u zračnom prometu, a dijele se na zrakoplov i zračnu luku. Oba izvora izravno utječu na stanovništvo u okruženju zračne luke.

U trećem poglavlju opisana je regulacija buke zrakoplova, točnije provedeni propisi, procedure i ograničenja.

U četvrtom poglavlju objašnjeni su načini smanjenja intenziteta buke u zračnom prometu te reakcije pojedinih dionika na zračnoj luci.

U petom poglavlju objašnjeno je što je uho, sluh i zvuk kao osnovni pojmovi vezani uz buku. Razrađene su razine buke različitih izvora te posljedice koje se javljaju na pojedinoj razini. Također je objašnjena razlika između izravnih i neizravnih posljedica buke na čovjekovom zdravlju. Navedeni su dosadašnji negativni ishodi utjecaja buke zrakoplova na okolno stanovništvo, točnije najveći prosvjedi te izazvane zdravstvene tegobe. Opisan je negativan učinak vibracija te uloga osobnih zaštitnih sredstava od buke.

U šestom poglavlju je opisan sustav za mjerenje razine buke na zagrebačkoj zračnoj luci te analiza rezultata provedene ankete među stanovništvom u okruženju.

U sedmom poglavlju iznesen je zaključak temeljen na cjelokupnom radu.

Cilj rada je opisati buku zrakoplova kao nezanemariv negativan učinak zračnog prometa. Također, cilj je objasniti kako rješavanje problema buke zrakoplova predstavlja zahtjevan i dugotrajan proces te da o njemu ovisi produktivnost i daljnji razvoj zračnih luka pa time i zračnog prometa.

2. IZVORI BUKE U ZRAČNOM PROMETU

2.1. Zrakoplov kao izvor buke

Buka zrakoplova predstavlja svaki neželjeni zvuk koji proizvodi zrakoplov. Buka koju proizvodi zrakoplov može se podijeliti u tri skupine³:

- buka koju proizvodi pogonska grupa zrakoplova
- buka koju proizvodi struktura zrakoplova
- buka nastala zbog uzajamnog utjecaja motora i strukture zrakoplova.

Tablica 1 prikazuje glavne izvore buke s obzirom na tip zrakoplova, odnosno pogonsku grupu i konfiguraciju zrakoplova.

Tablica 1. Glavni izvori buke zrakoplova

Tip aviona	Izvor buke	
	Pogonska grupa	Planer-Zmaj
Opća avijacija: sportski, poljoprivredni i sl.	Elise, ispušni plinovi iz klipnog motora	/
Helikopteri	Rotor, ispušni plinovi iz klipnog ili mlaz iz TM motora	/
STOL	Ventilator, mlaz iz TM motora	Međusobni utjecaj između strujanja mlaza i površine planera
Putnički i transportni	Ventilator, mlaz iz TM motora	Međusobni utjecaj između strujanja mlaza i površine planera
Nadzvučni putnički	Mlaz iz TM motora	Međusobni utjecaj između strujanja mlaza i površine planera

Izvor: Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999. p.168.

³ Izvor: Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2009. p.9.

Nadalje se buka zrakoplova dijeli s obzirom na vrste operacija:

- buka koja nastaje u fazi polijetanja i slijetanja
- buka zrakoplova na zemlji prilikom kretanja po površinama zračne luke.

Najveća razina buke zrakoplova očituje se u području prilaznih i odlaznih putanja, odnosno tijekom slijetanja i polijetanja zrakoplova, no buku zrakoplova koji vrše određene radnje na tlu ne smije se zanemariti. Postoji nekoliko uzroka buke zrakoplova na tlu zračnih luka, a glavni su⁴:

- zrakoplovi koji vrše promjenu smjera potiska kako bi povećali silu kočenja nakon slijetanja
- zrakoplovi koji se kreću između stajanke i uzletno-sletne staze
- testiranje motora
- uporaba APU-a⁵ tijekom prihvata i otpreme zrakoplova.

Navedeni izvori buke zrakoplova doveli su do brojnih operativnih ograničenja na zračnim lukama. Naime, pojava mlaznih motora uzrokovala je potrebu za radikalnim smanjenjem intenziteta buke zrakoplova. Zahvaljujući brojnim studijima i razvijenoj tehnologiji, današnji zrakoplovi su u prosjeku 75% tiši od zrakoplova proizvedenih prije četrdeset godina, no buka zrakoplova i dalje predstavlja primarni ekološki problem zračnih luka time i okolnog stanovništva.

2.1.1. Pogonska grupa zrakoplova

Pogonsku grupu predstavljaju mlazni i elisni motori. Zrakoplovi s elisnim pogonom stvaraju nižu buku u usporedbi s ostalima. Gledajući na buku pogonske skupine turbo-elisnih i klipnih zrakoplova, ona je zanemariva. Točnije, elisa čini glavni izvor buke. Buku pogonske grupe zrakoplova uzrokuju svi dijelovi i uređaji koji služe za ostvarenje

⁴ Izvor: <https://www.heathrow.com/company/local-community/noise/operations/ground-noise>
[Pristupljeno: 22.07.2020.]

⁵ APU (Auxiliary Power Unit) – pomoćni agregat koji predstavlja dodatni izvor energije te se obično koristi za pokretanje jednog od glavnih motora zrakoplova

opstrujavanja zraka oko uzgonskih površina. Danas kod zrakoplova se za tu svrhu koriste atmosferski mlazni motori koji se mogu podijeliti na sljedeće vrste⁶:

- kompresorski: turbo-mlazni (engl. Turbojet), obtočni ili ventilatorski (engl. Turbofan)
- kombinirani: elisno-mlazni i vratilno-mlazni (engl. Turboprop, Turboshaft)
- nabojno mlazni motori (engl. Ramjet, Scramjet).

Dijelovi mlaznog motora su usisnik zraka, kompresor, osovina, komora izgaranja, turbina i mlaznica. Buka uzrokovana turbo-mlaznim motorom sastoji se od buke kompresora, buke uzrokovane vibracijama kućišta motora te buke izlaznog mlaza. Izrazit čimbenik buke turbo-mlaznih motora predstavlja buka usisa. Naime, zrak ulazi u rotirajući kompresor kroz usisnik zraka te upravo lopatice kompresora predstavljaju izvor tonskih komponenti. Navedene tonske komponente zajedno sa širokopojasnom bukom čine buku usisa⁷.

U svrhu povećanja stupnja iskorištenosti turbo-mlaznog motora te smanjenja intenziteta buke nastao je turbo-ventilatorski motor. Sastoji se od ventilatora i manjeg turbomlaznog motora. Lopatice pokreću motor te pomoću istih zrak struji i daje potisak. Turbo-ventilatorski motor je vrlo sličan turbo-mlaznom motoru, no razlika je u tome da turbo-ventilatorski motor ima lepezu koja stvara navedeni potisak te isti motor stvara manju brzinu mlaznog ispuha. U operacijama su relativno tihi, stoga većina komercijalnih zrakoplova koristi turbo-ventilatorske motore⁸.

2.1.2. Struktura zrakoplova

Buka koju proizvodi struktura zrakoplova kao problem se počela proučavati 70-tih godina i to najviše u Sjedinjenim Američkim Državama. Definiira se kao neželjeni zvuk koji nastaje prilikom protoka zraka uz aeroprofil te se buka koju stvara aeroprofil naziva

⁶ Izvor: Bazijanac E. Zrakoplovni mlazni motori. Autorizirana predavanja. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; Zagreb; 2009. p.3.

⁷ Izvor: Živaljić D. Analiza unutarnje (kabinske) buke zrakoplova CL – 415. Diplomski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2015. p.16.

⁸ Izvor: Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; Zagreb; 2009. p.11.

strukturnom. Izvori strukturalne buke su stajni trap, pretkrilca, zakrilca, površina krila koja se pomiče te vertikalni stabilizator zrakoplova. Navedeni izvori prikazani su slikom 1. Buka izazvana aeroprofilom rezultat je pulsiranja aerodinamičnih sila na krilu, postojanjem turbulentnog graničnog sloja i vrtloga. Odnoseći se na faze leta, intenzitet strukturalne buke pri polijetanju je zanemariv, dok se buka izazvana na prilazu ili slijetanju može usporediti s bukom pogonskih grupa.



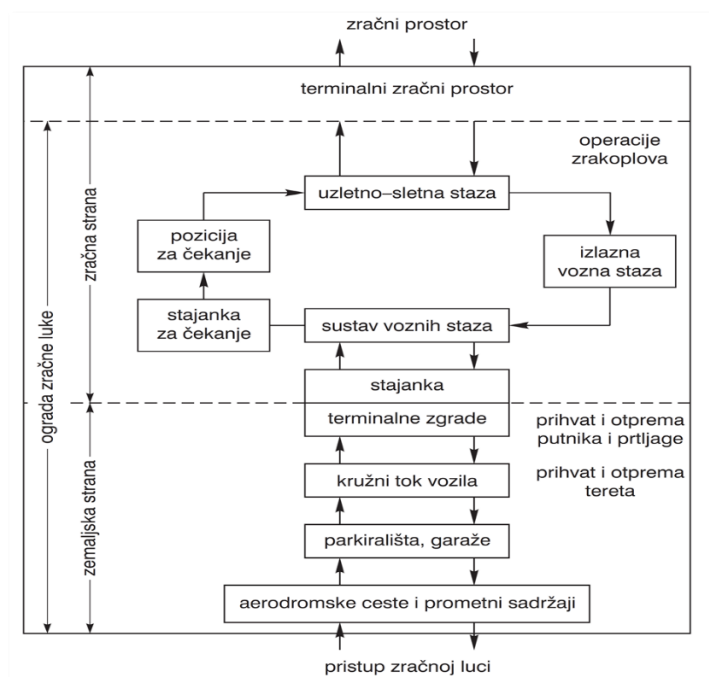
Slika 1. Izvori strukturalne buke

Izvor: Štimac I. Osnove aerodroma – materijal predavanja. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2020. p.7.

2.2. Zračna luka kao izvor buke

Kao što je u uvodnom dijelu navedeno, zračna luka je zaseban izvor buke u zračnom prometu te ju čine infrastruktura, oprema i prijevozna sredstva koja ondje prometuju. Intenzitet buke zračne luke je puno niži, gotovo zanemariv u odnosu na buku zrakoplova, no s obzirom da je velika brojnost takvih vozila i opreme na zračnim lukama, buka koju proizvode je kontinuirana.

Zračna luka se dijeli na dva glavna dijela. Riječ je o zemaljskoj strani (engl. Landside) i zračnoj strani (engl. Airside). Slika 2 prikazuje sustav zračne luke, odnosno površine i građevine koje se nalaze na pojedinom dijelu zračne luke.



Slika 2. Sustav zračne luke

Izvor: Pavlin S. Aerodromi I. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2006. p.8.

Zračna i zemaljska strana zračne luke predstavljaju zasebne izvore buke koja nastaje operacijama na zemlji. Naime, na zračnoj strani izvor buke predstavljaju određene infrastrukturne građevine, zrakoplovi te vozila i oprema za prihvata i otpremu zrakoplova. Nadalje na zemaljskoj strani javljaju se „vanjski“ dionici koji sudjeluju u zagađenju bukom. Riječ je o zemaljskom prijevozu i koncesionarima. Naime, velika razina buke sa zemaljske strane dolazi od prijevoznih sredstava korisnika zračne luke, putnika i posjetitelja koji sa svojim vozilima ulaze u parkirališta i garaže. Problem predstavlja ponajviše što je buka koncentrirana na jednom mjestu. Dakle na velikim zračnim lukama s velikim intenzitetom prometa, parkirališna buka predstavlja veliki problem.

Vozila i opremu koja omogućuju prihvat i otpremu zrakoplova predstavljaju⁹:

- LD (engl. Lower deck) i MD (eng. Main deck) utovarivač (transporter)
- zračni starter

⁹ Izvor: <https://www.zagreb-airport.hr/poslovni/b2b-223/zrakoplovstvo/zemaljske-usluge-gh/242> [Pristupljeno: 22.07.2020.]

- zemaljski elektroagregat (eng. GPU – Ground Power Unit)
- klimatizer putničke kabine zrakoplova
- kolica za palete i kontejnere te za transport komadnog teret
- vozila za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja zrakoplova
- traktor, rude i adapteri za izguravanje i vuču zrakoplova
- transportna traka
- putničke stepenice
- ostala oprema i vozila nužna za prihvat i otpremu zrakoplova.

Od navedenih vozila i opreme, GPU i zračni starter predstavljaju najglasnije izvore buke. Osim razvoja većih i snažnijih zrakoplova time i razvoja zračnog prometa, negativan utjecaj buke na okoliš čine i ostali čimbenici. Konkretno, većina zračnih luka smještena je u urbanim područjima gdje se broj stanovništva konstantno povećava. Osim toga, razvoj svijesti stanovništva o štetnom djelovanju buke dodatno ističe taj ekološki problem. Sukladno tome, buka predstavlja jedan od najvećih prepreka s kojom se susreću zračne luke. U sljedećim stranicama rada objašnjeni su načini kontrole i smanjenja utjecaja buke na okolno stanovništvo.

3. REGULACIJA BUKE ZRAKOPLOVA

3.1. Annex 16

Buka zrakoplova razmatrana je prvi put kao ozbiljan problem na ICAO Vijeću 2. travnja 1971. godine. Usvajanjem standarda i preporučene prakse u području buke zrakoplova nastao je Annex¹⁰ 16 ICAO Čikaške konvencije pod nazivom "Zaštita okoliša". Međunarodnim nacionalnim propisima regulirane su buka zrakoplova te emisije ispušnih plinova. ICAO je upravo obradio navedene propise unutar Annexa 16 te isti sadrži dva dijela (eng. Volume I & Volume II). Volume I se odnosi na standarde i preporuke za područje buke zrakoplova, a Volume II obuhvaća emisiju ispušnih plinova¹¹. Unutar istog definirane su metode mjerenja razine buke zrakoplova te dozvoljene granice razine buke za sve tipove zrakoplova i helikoptera. Dopuštene razine ovise o najvećoj masi i broju motora zrakoplova, pa su stoga različite za svaki model¹². Sukladno tome, Annex 16 ICAO predstavlja temeljni dokument za reguliranje problema buke u zrakoplovstvu.

Annex 16 ICAO klasificira zrakoplove, ovisno o intenzitetu buke koje emitiraju, u sljedeće kategorije:

- Kategorija 1 - zrakoplovi ne odgovaraju dopuštenoj razini buke. To su prvi zrakoplovi na mlazni pogon B 707, DC-8. Nije im dopušteno letenje te ne mogu dobiti certifikat o plovidbenosti (eng. NNC- Non Noise Certificated)
- Kategorija 2 - zrakoplovi djelomično odgovaraju dopuštenoj razini buke. Treba ih izbaciti iz uporabe ili utišati. To su DC-10, B 727-100/-200, B 747-100 i dr. Izvan upotrebe Sjedinjene Američke Države 1999. / globalno 2002.
- Kategorija 3 - zrakoplovi odgovaraju dopuštenoj razini buke. Nazivaju se tihi zrakoplovi. To su B737-300/400, B767, A319
- Kategorija 4 - zrakoplovi koji proizvode razinu buke nižu za 10 dB od postavljenih granica. To su Airbus A380, Boeing B737NG, B787

¹⁰ Annex- prilog

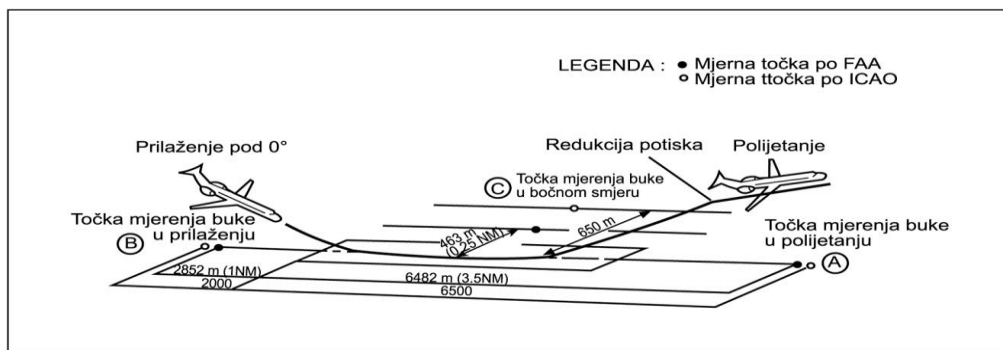
¹¹ Izvor: Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999. p.153.

¹² Izvor: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/reduction-of-noise-at-source.aspx>
[Pristupljeno: 23.07.2020.]

- Kategorija 14 – nova kategorija. Svi tipovi zrakoplova iznad 55 tona maksimalne mase pri polijetanju (eng. MTOW- Maximum Take Off Weight) moraju biti najmanje 7 dB tiši u odnosu na Kategoriju 4 od 2017. godine. Od 2020. primjena na zrakoplove lakše od 55 tona¹³.

Navedene kategorije poznate su i kao standardi buke (eng. Chapter). Standardi navode zahtjeve koje moraju ispunjavati različiti modeli zrakoplova.

Pri certificiranju zrakoplova vrši se mjerenje intenziteta buke. Kako bi se mjerenje standardiziralo ICAO je propisao standardne uvjete i referentne točke u blizini uzletno-sletne staze. Referentnim točkama se utvrđuje intenzitet buke pri polijetanju i slijetanju. Postoje tri referentne točke (A, B, C) te su nadalje objašnjene i prikazane na slici 3.



Slika 3. Točke mjerenja buke

Izvor: Izvor: Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999. p.155.

Preletna točka (A) – u ovoj točki se mjeri buka pri uzlijetanju. Nalazi se na produljenoj središnjici uzletno-sletne staze te na 6500 m od početka zaleta

Prilazna točka (B) – u ovoj točki se mjeri razina buke pri slijetanju. Nalazi se na produljenoj crti uzletno-sletne staze te na 2000 m od praga.

Lateralna točka (C) – ova točka se nalazi na paralelnoj središnjici uzletno-sletne staze udaljenoj od središnjice 650 m, gdje je razina buke najveća za vrijeme uzlijetanja¹⁴.

¹³ Izvor: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/reduction-of-noise-at-source.aspx> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

¹⁴ Izvor: Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999. p.154.

3.2. Direktive Europske unije

Osim standarda i preporuka ICAO-a koje se odnose na negativan utjecaj te razine buke zrakoplova, države članice Europske unije udovoljavaju i direktivama unije. Glavne direktive Europske unije su direktiva 2002/30/EZ i 2002/49/EZ. S obzirom da su stupile na snagu 2002. godine, Europski parlament se odlučio na reviziju istih 2014. godine. Unutar nove direktive nalazi se prijedlog utvrđivanja pravila i postupaka povezanih s uvođenjem operativnih ograničenja buke na zračnim lukama Europske unije. Unutar plana nove direktive, osim smjernica načina revizije, nalazi se i prilog o reviziji direktive 2002/49/EZ vezanu uz utjecaj buke na čovjeka. Revizija navedene direktive temelji se na radu Svjetske zdravstvene organizacije¹⁵.

3.2.1. Direktiva 2002/30/EZ

Direktiva 2002/30/EZ Europskog parlamenta i Vijeća predstavlja pravni akt kojim se utemeljuju pravila i postupci u pogledu uvođenja operativnih ograničenja vezanih uz buku na zračnim lukama Europske unije. Stupila je na snagu 26. ožujka 2002. godine. Općenito, direktiva Europske unije obvezuje u smislu rezultata koji se njome ostvaruje, no nacionalnim vlastima prepušta izbor metode provedbe. Sukladno tome direktiva služi približavanju, a ne potpunom izjednačavanju prava država članica. Direktivom 2002/30/EZ utemeljeno je da svaka članica treba izraditi nacrt buduće strategije kontroliranja buke zrakoplova za pojedine zračne luke. Točnije, na onim zračnim lukama gdje im se omogućuje izbor mjera koje su ekonomski i ekološki prihvatljive. Kako bi se provela operativna ograničenja na pojedinim zračnim lukama, potrebno je unaprijediti razvoj kapaciteta aerodroma u skladu s okolišem te omogućiti izbor mjera za smanjenje razine buke među onima koje su raspoložive¹⁶. Cilj Direktive 2002/30/EZ je upravo omogućiti održivi razvoj, odnosno postići najveće koristi za okoliš uz najniže troškove. Osim toga, navedena Direktiva zahtjeva povlačenje zrakoplova koji granično udovoljavaju dopuštenoj razini buke koju proizvode.

¹⁵ Izvor: <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2014-0274+0+DOC+PDF+V0//HR> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

¹⁶ Izvor: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0030&from=EN> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

3.2.2. Direktiva 2002/49/EZ

Direktiva 2002/49/EZ Europskog parlamenta i Vijeća predstavlja pravni akt o procjeni i upravljanju bukom iz okoliša. Predložena je od strane Europske unije te je stupila na snagu 25. lipnja 2002. godine. Gledajući na područje primjene, ova Direktiva se primjenjuje na buku iz okoliša kojoj su ljudi izloženi posebno u izgrađenim područjima, javnim parkovima ili u naseljenim područjima u prirodi, pored škola, bolnica i drugih zgrada i područja osjetljivih na buku. Europski parlament odredio je utvrđivanje mjera o smanjenju buke iz okoliša, a za metodu određivanja upotrebljavaju se indikatori buke, točnije L_{den} (indikator buke za ukupno smetanje) i L_{night} (indikator buke koja remeti san). Bitno je navesti da je tako Europski parlament podržao tzv. Zelenu knjigu Komisije te su Države članice do srpnja 2005. godine morale priopćiti podatke o graničnim vrijednostima unutar njihova teritorija. Granične vrijednosti bile su izražene pomoću navedenih indikatora buke, a prema potrebi L_{day} (indikator dnevne buke) i $L_{evening}$ (indikator večernje buke) za buku zrakoplova u okolici zračne luke¹⁷.

Svrha navedene Direktive je definiranje zajedničkog pristupa usmjerenog na sprečavanje ili smanjivanje štetnih učinaka izloženosti buci. U svrhu ostvarenja navedenog cilja provode se mjere poput osiguravanja da podaci o buci iz okoliša i njezinim učincima budu dostupni javnosti, utvrđivanje izloženosti buci izradom karata buke te izrada akcijskih planova od strane država članica, temeljenih na rezultatima izrade karata buke.

Strateške karte buke predstavljaju se javnosti kao grafički prikaz ili numerički podatak. Služe kao izvor informacija te kao temelj urbanističkog planiranja nekog područja. Osim toga, usklađuju se s izmjenama u prostoru te obavezno obnavljaju nakon svakih pet godina od dana izrade. Strateške karte buke obuhvaćaju samo jedan određeni izvor buke, tj. u ovom slučaju zračni promet s pripadajućom infrastrukturom.

Obavezu izrade strateških karata buke imaju naseljena područja s više od 100 000 stanovnika te u zračnom prometu vlasnici zračnih luka s više od 50 000 operacija godišnje.

¹⁷ Izvor: Ligenza I. Analiza i načini smanjenja buke u komercijalnom zrakoplovstvu. Završni rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2018. p.19.

Za izradu karte buke potrebni su sljedeći podaci:

- stanje razine buke (postojeće, prethodno ili predviđeno)
- prekoračenje dozvoljenih granica
- procijenjeni broj škola, bolnica i drugih objekata u području izloženom buci
- broja stanovnika u području izloženom buci¹⁸.

3.2.3. Republika Hrvatska

Međunarodna organizacija Ujedinjenih naroda (eng. United Nations-UN) priznala je Republiku Hrvatsku kao svoju članicu 1992. godine. Sukladno tome, iste godine je Hrvatska postala članica ICAO-a, čime je ratificirala Čikašku konvenciju i svu vezanu dokumentaciju. Naime, zakoni Republike Hrvatske u skladu su sa Zakonom o zračnom prometu i svim direktivama na međunarodnoj razini, stoga pravne regulative o buci u zračnom prometu postoje i na nacionalnoj razini. Značajniji zakoni povezani sa zaštitom okoliša od buke u Republici Hrvatskoj su Zakon o zaštiti od buke te Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske.

Zakon o zaštiti od buke sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2002/49/EZ Europskog parlamenta i Vijeća. Njime se utvrđuju mjere s ciljem smanjivanja, odnosno sprječavanja štetnog učinka buke na čovjekovo zdravlje. Navedene mjere, kao i u navedenoj Direktivi, u vezi su s izradom karata buke, osiguravanjem javnosti podataka o utjecaju buke te izrada akcijskih planova na temelju karata buke.

Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2002/30/EZ. Propisani zahtjevi ovog Pravilnika imaju za cilj:

- propisivanje pravila u svrhu uvođenja operativnih ograničenja na ujednačen način u hrvatskim zračnim lukama

¹⁸ Izvor: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

- zaštita ravnopravnog položaja svih sudionika na tržištu
- promicanje razvoja zračnih luka u skladu s okolišem
- olakšati postizanje ciljeva smanjenja buke zrakoplova na način prilagođen svakoj pojedinoj zračnoj luci
- kontinuirano unapređenje raspoloživih mjera za smanjenje buke zrakoplova na zračnim lukama¹⁹.

3.3. Sjedinjene Američke Države

Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (eng. FAA- Federal Aviation Administration) donijela je pravilnike o buci koji su postavljeni u više oblika. Navedeni dijelovi, odnosno komponente su nazvane Saveznim zračnim propisima (eng. FAR- Federal Aviation Regulations). Osim toga, FAA izdaje naputke i zapovijedi, a upravo naputci osiguravaju informacije i vođenje u vezi s američkim normama FAR-a ili FAA zapovijedi.

Pravilnik FAR dio 36 bio je prvi pravilnik o certifikaciji buke zrakoplova koji je propisao jedan narod. Pravilnik postavlja standarde buke koje zrakoplov mora zadovoljavati, u protivnom ne može dobiti dozvolu tipa i plovidbenosti za operacije u SAD-u. Osim toga, propisuje i postupke mjerenja zrakoplovne buke namijenjene proizvođačima i ostalima za dobivanje odobrenja. FAR dio 36 dijeli zrakoplove u sljedeće navedene 3 kategorije te tijekom mjerenja buke svi se zrakoplovi klasificiraju prema tim kategorijama:

- Kategorija 1 – zrakoplovi su letjeli prije usvajanja propisa te nisu nikad odgovarali ograničenjima iako su prva izdana
- Kategorija 2 – zrakoplov odgovara originalnim ograničenjima emitiranja buke, a ne promijenjenim ograničenjima
- Kategorija 3 – zrakoplovi su noviji i tiši te moraju odgovarati promijenjenim ograničenjima²⁰.

¹⁹ Izvor: <http://www.propisi.hr/print.php?id=12230> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

²⁰ Izvor: Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999. p.166.

Pravilnik FAR dio 91 temeljen je na dijelu FAR 36 te ograničava operacije civilnih zrakoplova u SAD-u. Navedeni pravilnik zahtijevao je uklanjanje 25% zrakoplova kategorije 2 do kraja 1994. godine te čak 75% do kraja 1998. godine. Alternativni cilj bio je postizanje miješane flote sa 50% zrakoplova 3. kategorije do 1994. godine te 75% do 1998. godine.

FAR dio 150 predstavlja primarni savezni propis kojim se usmjerava i kontrolira planiranje kompatibilnosti zrakoplovne buke na i u zračnim lukama. Sastoji se od dva dijela, a to su karte izloženosti buci (eng. NEM) te priložene dokumentacije i programi kompatibilnosti buke (eng. NEP).

Pravilnik FAR dio 161 propisuje zahtjeve koje aerodromski operator mora ispuniti kako bi mogao propisati određeno aerodromsko ograničenje pristupa ili buke zrakoplova kategorije 2 ili 3²¹.

3.4. Koncept uravnoteženog pristupa

Koncept uravnoteženog pristupa (eng. Balanced Approach) upravljanja bukom zrakoplova, usvojen je 2001. godine od strane Skupštine ICAO-a. Ovaj pristup uključuje identificiranje različitih problema s bukom u zračnoj luci te analizu raspoloživih mjera za smanjenje buke. Utvrđena su četiri osnovna elementa na kojima počivaju smjernice istraživanja utjecaja buke zrakoplova:

- smanjenje intenziteta buke na izvoru
- upravljanje Prostornim planovima te planiranje i rezervacija površina u okruženju zračne luke
- smanjenje razine buke korištenjem novih i efikasnijih operativnih postupaka
- definiranje operativnih ograničenja²².

²¹ Ibid., str. 166.

²² Izvor: <https://www.01db.com/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/What-is-the-balanced-approach-bdef.pdf> [Pristupljeno: 23.07.2020.]

Navedeni elementi/mjere primjenjuju se od slučaja do slučaja, uzimajući u obzir specifičnosti svake zračne luke. Ovaj koncept omogućuje zračnim lukama da slijede svoje integrirane strategije razvoja.

4. NAČINI SMANJENJA INTENZITETA BUKE U ZRAČNOM PROMETU

4.1. Zaštitne mjere protiv buke

Razvoj zrakoplovne industrije, odnosno podizanje kvalitete usluge na višu razinu u suodnosu je s povećanjem broja putnika u zračnom prometu. Kako bi se zadovoljila potražnja putnika potrebno je omogućiti adekvatnu ponudu, tj. u ovom slučaju izgraditi nove ili proširiti postojeće zračne luke i zrakoplovne kompanije. Razvoj navedenog proporcionalno povećava negativan učinak zračnog prometa na okoliš. Intenziviranje prometa na zračnim lukama, konkretno uzrokuje jaču buku time i nezadovoljstvo stanovništva u okruženju.

Uspostavljanje i organizaciju zračnog prometa na zračnim lukama omogućuje šest dionika. Točnije, riječ je o kontroli leta, aviokompanijama, zračnoj luci, prijehu i otpremi zrakoplova, zemaljskom prijevozu te koncesionarima. Osim što stvaraju uslugu prijevoza, zajedno sudjeluju u zagađenju okoliša te tako i proizvodnji buke. Stoga, navedeni dionici predstavljaju jedinstven izvor buke koji izravno utječe na stanovništvo u okruženju zračne luke. Pojedini dionici zasebno primjenjuju određene operativne procedure i restrikcije kako bi reducirali intenzitet buke koju proizvode. Operativne restrikcije mogu biti globalne, specifične i parcijalne. Točnije, globalne se primjenjuju na cjelokupan zračni promet nekog aerodroma, specifične na zaseban zrakoplov te parcijalne na pojedinu uzletno-sletnu stazu ili pojedino doba dana. Bitno je navesti da navedene restrikcije smanjuju problem buke no istovremeno utječu na prijevoz robe, interkontinentalne letove, time i razvoj ekonomije. U ovom poglavlju objašnjene su neke od reakcija navedenih dionika u svrhu smanjenja, odnosno zaštite od buke u zračnom prometu.

Zaštita od buke zrakoplova se može postići na nekoliko načina:

- ublažavanjem buke
- smanjenjem buke na izvoru
- udaljavanjem izvora buke

- osobnim zaštitnim mjerama i sredstvima²³.

S obzirom na izvor buke, potrebno je obratiti pažnju već kod izgradnje zračnih luka. Točnije, odrediti optimalna terenska svojstva lokaliteta te najpovoljnije pravce uzletno-sletnih staza. Ublažavanje buke omogućuje i izgradnja zaštitnih zidova u smjeru nastanjenih područja.

Gledajući na brojčane vrijednosti, u svrhu zdravstvene zaštite preporučuju se vanjske granice buke od 60 dB danju i 50 dB noću. Stoga bi se trebale usmjeriti maksimalne vrijednosti od 55 dB za dan i 45 dB za noć kako bi se zaštitili osjetljiviji slojevi stanovništva kao što su djeca, stariji i kronični bolesnici²⁴.

4.2. Reakcije proizvođača

Proizvodnjom zrakoplova i motora nove generacije uvelike se smanjuje negativan utjecaj na okoliš. Proizvođači su začetnici mjera koje će određivati kakve mjere ostali dionici mogu primijeniti u pojedinim segmentima ovisno o performansama proizvedenog zrakoplova. Stoga, proizvođači imaju vrlo važnu i zahtjevnu ulogu. Prednosti nove tehnologije i dizajna dobivene se upravo korištenjem kompozitnih materijala te poznavanju performansi leta. Naime, modificiranjem aeroprofila i motora reduciran je intenzitet buke, ali i emisije štetnih ispušnih plinova.

Prilikom konstrukcije zrakoplova, proizvođači pružaju sve veću pozornost korištenju različitih vrsta materijala te se tako udaljuju od klasične metalne konstrukcije. Svrha korištenja novih vrsta materijala je upravo da zrakoplov bude što lakši, ali uz ispunjen uvjet sigurnosti. Materijali izrade nove generacije zrakoplova su kompozitni materijali. Nastaju spajanjem dvaju ili više materijala različitih svojstava s ciljem dobivanja materijala poboljšanih svojstava. Kompozitni materijali sastoje se od jakih vlakana,

²³ Izvor: Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003. p.97.

²⁴ Izvor:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2696954/?fbclid=IwAR29btoT8Th9q4qpYB5TKf_b25vnLaV-LkES1Gpg2ub8FIRReXxWXc6d3hw [Pristupljeno: 25.07.2020.]

poput staklenih ili ugljičnih vlakna postavljenih u matricu s plastikom ili epoksidnom smolom. Navedena vlakna mogu biti kontinuirana ili diskontinuirana te posjeduju veću čvrstoću od punih materijala²⁵. Novije generacije zrakoplova u cijelosti su konstruirane od kompozitnog trupa zrakoplova i krila. Prednost upotrebe je što postižu visoku učinkovitost zrakoplova, a time ne ugrožavaju sigurnost i ekološku prihvatljivost. Osim smanjenja mase omogućuju i veću nosivost te otpornost na opterećenje. Primjerice A380 izrađen je od kompozitnih materijala, stoga uz modernizaciju motora i strukture zrakoplova smanjena je razina buke koju proizvodi ovaj zrakoplov za 17 dB.

Uz pojavu kompozitnih materijala za izradu konstrukcije zrakoplova, proizvođači su razvojem tehnologije koncipirali novi dizajn zrakoplova, tako zvani BWB (eng. Blended Wing Body) zrakoplov nove generacije. Američka svemirska agencija (eng. NASA-National Aeronautics and Space Administration) i njeni industrijski partneri kreirali su koncept zrakoplova u svrhu zračnog prijevoza za civilne i vojne potrebe. BWB je hibridni oblik te podsjeća na leteće krilo, tj. ima široki oblik tijela i spojena široka krila. Osnovni koncept kombiniranog trupa i krila prvi je put razvijen prije nekoliko desetljeća, a njegove inačice korištene su u bombarderima B-2 i YB-49. BWB dizajn koristi kompozitne materijale koji su jači i lakši od klasične metalne konstrukcije te ima nekoliko kontrolnih površina umjesto tradicionalnog repa zrakoplova. Dizajn ovog zrakoplova, tj. jedinstvo krila i tijela zajedno proizvodi uzgon i minimizira otpor. Zbog svoje učinkovite konfiguracije BWB zrakoplov koristi preko 20% manje goriva u odnosu na klasični tip današnjih zrakoplova, omogućuje veću količinu plaćenog tereta (eng. Payload) te emitira manji intenzitet buke²⁶. Ovakav zrakoplov može prevesti do 800 putnika. Gledajući na smanjenje buke, ključ je u strukturalnoj zaštiti motora te pregradama koje su postavljene u pogonskom sustavu. Naime, pregrade reduciraju buku motora do 20 dB. Slika 4 prikazuje BWB zrakoplov.

²⁵ Izvor: Steiner S, Vidović A, Bajor I, Pita O, Štimac I. Zrakoplovna prijevozna sredstva 1. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2008. p.152.

²⁶Izvor: <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/FS-2003-11-81-LaRC.html>
[Pristupljeno: 25.07.2020.]



Slika 4. BWB zrakoplov

Izvor: <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/FS-2003-11-81-LaRC.html> [Pristupljeno: 25.07.2020.]

Nadalje, kod modificiranja aeroprofila bitno je navesti vertikalna krilca. Vertikalna krilca (eng. Blended Winglets) predstavljaju vertikalna proširenja vrhova krila. Vertikalno krilce smanjuje efekt opstrujavanja te se tako smanjuje inducirani otpor i formira se aerodinamična sila koja ima efekt dodanog potiska. Smanjenjem otpora na vrhovima krila, smanjuje se potrošnja goriva i intenzitet buke te se povećava domet. Pojedini zrakoplovi su proizvedeni s vertikalnim krilcima, a ostalima se vertikalna krilca naknadno pričvršćuju na krilo zrakoplova te se izrađuju po mjeri za određeni tip zrakoplova. Postoje dvije glavne vrste vertikalnih krilaca, "blended" i "raked". Osim navedenih prednosti, može se navesti i da je potrebna manja duljina staze za polijetanje, omogućuju stroži napadni kut pri polijetanju te su manji troškovi održavanja motora²⁷. S druge strane, postavljanje vertikalnih krilaca povećava masu zrakoplova te troškove izrade.

4.3. Reakcija zračnih prijevoznika

S obzirom da zrakoplov proizvodi intenzivnu buku te veliku količinu ispušnih plinova, zračni prijevoznici nastoje poduzeti mjere zaštite okoliša. Problem je u činjenici da

²⁷ Izvor: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_03_09/pdfs/AERO_Q309.pdf [Pristupljeno:25.07.2020.]

zrakoplov predstavlja jedini antropogeni zagađivač u području stratosfere. Poduzimanjem zaštitnih mjera istovremeno prijevoznici stvaraju uštedu goriva te određene benefite na zračnim lukama što im daje i dodatni poticaj.

Nadalje, u svrhu smanjenja negativnog učinka buke poduzimaju se sljedeće mjere:

- zamjena flote tišim zrakoplovima
- korištenje utišivača buke motora
- korištenje procedura prilaza i odleta za smanjenje buke.

Zamjena flote tišim i učinkovitijim zrakoplovima karakteristična je za europske zračne prijevoznike. Primjer takve mjere je zamjena zrakoplova A320 s A320neo. Kratica neo (eng. New Engine Option) označava nove opcije s aspekta motora. Prema tvrdnjama proizvođača A320neo ostvaruje smanjenje proizvodnje buke, 15% smanjenje potrošnje goriva te smanjenje proizvodnje štetnih plinova za 10%²⁸.

Implementacija utišivača (eng. Hush-kit) ima svrhu reducirati buku ispuha motora. Postavljaju se na starije turboblazne i low-bypass turboventilatorske motore. Utišivač mora biti otporan na potisak motora, visoki tlak i temperature. Izgled hush-kit sustava prikazan je na slici 5. Umjesto zamjene zrakoplova, navedenu mjeru najčešće primjenjuju zračni prijevoznici Sjedinjenih Američkih Država. U suprotnom zbog dozvoljenih razina buke, za njih bi vrijedila zabrana letenja na području Europe.

²⁸ Izvor: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320ceo.html> [Pristupljeno: 25.07.2020.]



Slika 5. Hush-kit sustav

Izvor:

https://www.reddit.com/r/VaporwaveAesthetics/comments/clslsn/learjet_25b_with_avcon_hushkit/

[Pristupljeno: 26.07.2020.]

Razlog različitosti u poduzimanju zaštitnih mjera europskih i američkih prijevoznika je veći trend porasta prometa u Europi. Naime, europski prijevoznici su izravno ili posredno subvencionirani iz državne blagajne dok se američki prijevoznici odlučuju za modifikaciju postojeće flote zbog visokih troškova zamjene bučnih zrakoplova.

4.4. Reakcija zračnih luka

Zračna luka predstavlja glavni izvor buke u zračnom prometu. Iako najjaču buku manifestiraju zrakoplovi, zračna luka provodi niz mjera koje se odnose i na ostala vozila, opremu te stanovništvo u okruženju. U nastavku navedene su najučinkovitije mjere zaštite okoliša:

- definiranje najvećeg broja operacija (sat/dan/godina)
- definiranje najveće dozvoljene razine buke
- definiranje kvote broja ili zabrana noćnih operacija
- zabrane letenja – mogu biti parcijalne ili potpune
- zabrana testiranja motora u određenom vremenskom razdoblju
- programi potpore tišim zrakoplovima

- APU (eng. Auxiliary Power Unit) management – stimulacija kako bi prijevoznici koristili GPU umjesto APU²⁹.

Odnoseći se na programe potpore stanovništvu, bitno je navesti mjere poput implementacije sustava za prijavu povećane razine buke zrakoplova od strane lokalnog stanovništva te novčane potpore za izolaciju stambenih objekata. Naime, buka se može smanjiti adekvatnom izolacijom zidova, krovova i prozora na zgradama okolnog područja.

Kao što je u prethodnim poglavljima navedeno, buci na zračnoj luci doprinose vozila za prihvat i otpremu zrakoplova. Tvrtke koje pružaju uslugu prihvata i otpreme zrakoplova, kao i svi ostali dionici poduzimaju određene zaštitne mjere. Naime, tvrtke zamjenjuju svoja postojeća vozila s ekološki prihvatljivijim kao što su vozila na električni pogon ili ukapljeni plin te hibridna vozila. Navedene mjere smanjuju buku, no više doprinose smanjenju emisija štetnih plinova.

Govoreći o dioniku „zemaljski prijevoz“, riječ je o vozilima koja se kreću u zoni zračne luke u svrhu dolaska, zadržavanja i odlaska putnika, posjetitelja i zaposlenika zračne luke. Kretanje zbog kojeg nastaje zagađenje bukom i ispušnim plinovima predstavlja problem jer korisnici najčešće koriste prijevoz automobilima ili autobusima. Navedeni problem se posebno ističe kod velikih zračnih luka s velikim intenzitetom prometa, time i malih vremenskih razmaka između letova. Sukladno tome, prisutna je velika koncentracija ljudi i vozila na jednom mjestu. U svrhu smanjenja navedenog problema, poduzima se mjera investiranja u ekološki prihvatljiviju prometnu mrežu. Investitori mogu biti država, županija, grad te zračna luka. Oblik ekološki prihvatljivije veze između grada i zračne luke je javni prijevoz, poput metroa, električne lake željeznice te autobusa na ukapljeni plin.

²⁹Izvor: Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2009. p.6.

4.5. Reakcija kontrole letenja

Zadaća dionika „kontrola letenja“ je pružanje usluga u zračnoj plovidbi poštujući visok stupanj sigurnosti i kvalitete usluge. Kako bi kvaliteta bila na odgovarajućoj razini važna je primjena novih tehnologija, osposobljavanje i izobrazba zaposlenika te primjena mjera u svezi zaštite okoliša.

U svrhu smanjenja buke kontrola letenja provodi operativne procedure pri slijetanju i polijetanju. Stoga, suradnjom s ostalim dionicima kontrola zračnog prometa zasigurno pridonosi ekološkoj prihvatljivosti zračnog prometa. U nastavku su navedene i objašnjene pojedine operativne procedure u svrhu smanjenja buke zrakoplova:

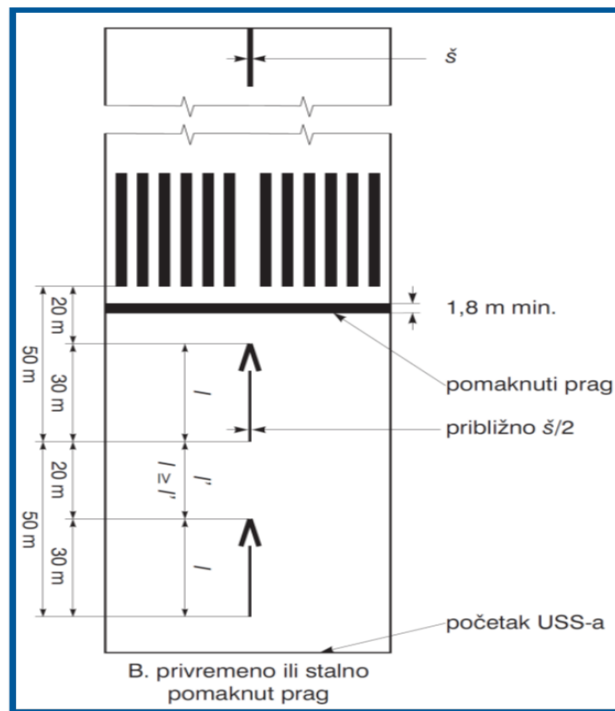
- preferencijalna uzletno-sletna staza
- pomaknuti prag
- preferirane prilazne i odlazne rute
- manja snaga/manji otpor
- modificirani kut prilaza
- prilaz s kontinuiranim snižavanjem visine - CDA (eng. Continuous Descent Arrival)
- postupak kontinuiranog penjanja zrakoplova - CCO (eng. Continuous Climb Operation)³⁰.

Odabir preferirane uzletno-sletne staze koristi se kod zračnih luka koje posjeduju dvije ili više uzletno-sletnih staza. Odabire se upravo ona uzletno-sletna staza čijom će se upotrebom izbjeći mjesta koja su osjetljiva na buku te se neće narušiti sigurnost leta. Primjerice, ukoliko je izabrana staza prekrivena kontaminantima ili pilot smatra da nije sigurna, ova mjera se neće koristiti.

Operativna mjera pomaknutog praga omogućuje smanjenje buke u naseljima koja se nalaze u prilaznoj ravnini. Prag predstavlja fizički početak uzletno-sletne staze, a prilazna ravnina jednu od površina ograničenja prepreka, točnije imaginarnih površina koje se pružaju prema gore i van od referentne točke aerodroma. Princip ove

³⁰ Izvor: Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2009. p.5.

operativne mjere je povećanje visine zrakoplova u prilazu. Ukoliko je idealan iznos kuta prilaza od tri stupnja te prag uzletno-sletne staze pomaknut za 300 m, mjera će rezultirati smanjenjem buke za 0,5 dB. Nedostatak stalno pomaknutog praga je smanjenje raspoložive duljine za slijetanje, time i iskoristivost uzletno-sletne staze. Izgled pomaknutog praga prikazan je slikom 6. Naime, sve oznake prije pomaknutog praga moraju biti uklonjene dok se crta središnjice pretvara u strelice.



Slika 6. Privremeno ili stalno pomaknuti prag

Izvor: Pavlin S. Aerodromi I. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2006. p.98.

Operativni postupak manja snaga/manji otpor (eng. Low power/Low drag) predstavlja jednu od mjera koje se koju koriste zrakoplovi u prilazu. Primjena ove mjere omogućuje smanjenje intenziteta buke te manju potrošnju goriva, odnosno emisija štetnih plinova. Koncept LP/LW mjere je odgoda izvlačenja stajnog trapa i zakrilaca do završne faze u prilazu, točnije zrakoplov se nastoji u fazi prilaza što duže zadržati pri većim brzinama.

Operativna procedura prilaženja s neprekinutim snižavanjem visine „CDA“ omogućuje zadržavanje zrakoplova na većim visinama leta odnosno odgađanje samog početka slijetanja. CDA omogućuje duže zadržavanje na većoj visini što rezultira smanjenju

razine buke zrakoplova upravo zbog veće udaljenosti zrakoplova i naselja koja se nalaze ispod putanje zrakoplova u završnom prilazu³¹. Ponekad nije moguće letjeti CDO procedurom zbog ograničenja zračnog prostora ili sigurnosnih zahtjeva.

³¹ Izvor: Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu; 2009. p.141.

5. UTJECAJ BUKE ZRAKOPLOVA NA ČOVJEKA

5.1. Razine buke

Prije detaljnijeg objašnjavanja utjecaja buke na zdravlje čovjeka, bitno je objasniti osnovne pojmove koji se vežu uz buku. Uho je organ koji omogućava osjet sluha. Osjet sluha je mogućnost percepcije zvuka, a zvuk je mehanička energija koja se širi fluidom u obliku longitudinalnih valova. Postoje četiri obilježja zvuka koje uho može zamijetiti, a to su visina, glasnoća, boja te smjer iz kojeg zvuk dolazi. Frekvencija zvučnih valova određuje visinu zvuka, stoga što je ona veća, zvuk je viši. Sukladno tome, visina zvuka mjeri se u Hertzima (Hz). Govoreći o zvučnim frekvencijama bitno je navesti pragove čujnosti uha. Naime, zdravo uho može primiti zvučne podražaje u rasponu od 20 do 20 000 Hz³² dok se u starosti taj raspon smanjuje od 50 do 8000 Hz. Kao što je navedeno, jedinica za jakost zvuka je decibel (dB). Zvuk jakosti 0 dB na pragu je čujnosti, tj. odgovara vrijednosti od 20 Hz. Navedeno objašnjava suodnos mjernih jedinica Hz i dB te olakšava razumijevanje brojčanih podataka u različitim literaturama.

Postoji nekoliko vrsta neželjenog zvuka. Riječ je o maloj, normalnoj, jakoj i zaglušujućoj buci. Zaglušujuću buku proizvode zrakoplovi, tj. motori zrakoplova. U odnosu na ostale moguće izvore buke, motor zrakoplova proizvodi najveći intenzitet buke iznosa 120 dB. Slika 7 prikazuje zrakoplov kao najglasniji izvor te ostale izvore i jačinu buke koju proizvode u dB.



Slika 7. Izvori buke i njezina jačina u dB

Izvor: <https://www.novacel-lownoise.com/> [Pristupljeno: 27.7.2020.]

³² Izvor: Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003. p.92.

Prema navedenim razinama intenziteta buke na slici 7, bitno je navesti moguće posljedice:

- Intenzitet buke je do 50 dB – buka prekida san
- Intenzitet buke je od 65 do 74 dB – buka uzrokuje ubrzano disanje te rast krvnog tlaka
- Intenzitet buke je od 75 do 80 dB – buka uzrokuje rast eritrocita, srčane komplikacije, poremećaj regulacije šećera u krvi
- Intenzitet buke je veći od 90 dB – buka oštećuje sluh
- Intenzitet buke je veći od 120 dB – buka uzrokuje bolove u uhu te akutno oštećenje sluha.

Prilikom procjene utjecaja buke na zdravlje čovjeka uzimaju se u obzir dva osnovna parametra, jačina i dužina izlaganja. Tablica 2 prikazuje intenzitete buke u dB i dopušteno vrijeme izlaganja bez zaštitnih sredstava u satima (h), minutama (min) i sekundama (s).

Tablica 2. Dopušteno vrijeme izlaganja buci bez zaštitnih sredstava

Intenzitet u dB	Dopušteno dnevno izlaganje (h; min; s)
90	8 h
93	4 h
96	2 h
99	1 h
102	30 min
105	15 min
108	7,7 min
117	56 s
123	14 s
129	3,5 s
135	manje od 1 s

Izvor: Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003. p.96.

Iz tablice 2 vidljivo je da se vrijeme izlaganja skraćuje povećanjem buke. Primjerice, bukom intenziteta 90 dB dopušteno dnevno izlaganje je 8 sati, tj. ako se ne koriste zaštitna sredstva, buka neće narušiti čovjekovo zdravlje. Ukoliko se intenzitet buke poveća za samo 3 dB dopušteno vrijeme izlaganja je upola manje. Navedeno objašnjava da je jakost zvuka vrlo osjetljiva fizikalna veličina, odnosno pri malim promjenama u brojčanom iznosu prisutne su velike razlike u utjecaju na čovjekovo zdravlje.

5.2. Izravne i neizravne posljedice na zdravlje

Utjecaj buke na zdravlje može biti izravan te imati za posljedicu oštećenje uha, organa za sluh i ravnotežu, a može biti neizravan i imati utjecaj na živčani, krvožilni, probavni i endokrini sustav. Izravne posljedice podrazumijevaju naglušnost, gluhoću, šumove u uhu, poremećaje vezane za razumijevanje govora i probleme u komunikaciji te smetnje ravnoteže. Od neizravnih posljedica bitna je nesanica te posljedice umora, hipertenzija, hiperglikemija, hipertireoza i drugi poremećaji metabolizma.

5.2.1. Utjecaj buke na slušni sustav

Slušni sustav je osjetilni sustav organa čija je zadaća osjet sluha. Čine ga uho, slušni živac te dijelovi središnjeg živčanog sustava. Nadovezano, uho se dijeli na vanjsko, srednje i unutarnje. Vanjsko uho prima zvučne valove, zatim se preko srednjeg uha pretvaraju u mehaničku energiju. Mehanička energija se u unutarnjem uhu pretvara u živčane impulse koji zatim putuju u mozak.

Osjetljivost na buku ovisi o nekoliko karakteristika. Riječ je o karakteristikama buke te karakteristikama izložene osobe. Pod karakteristike buke ubraja se ritam i sadržaj, a životna dob, stanje organa sluha te osjetljivost predstavljaju individualne karakteristike svake osobe.

Zvučni valovi visokog intenziteta uzrokuju mrežkanje u ušnom kanalu te tako ometaju tekućinu koja pomaže u komunikaciji između uha i mozga. Ova smetnja uništava sićušne i vrlo osjetljive dlačice koje šalju mozgu signale kad god zvukovi uđu u uho. Postoji nekoliko faza oštećenja sluha. Prva faza je faza početne akustičke traume te se u njoj uho ponaša kao da je zdravo. Javlja se u frekvencijskom području od 4000 Hz³³. Ukoliko je osoba i dalje izložena buci, javlja se faza trajne naglušnosti. Nakon druge faze sluh se ne može u potpunosti oporaviti. Nadalje, faza gdje dolazi do gubitka sluha vrlo je vjerojatna nakon što nestane 50% navedenih osjetilnih dlačica³⁴. Posljedično, dolazi do potrebe za slušnim uređajem.

5.2.2. Psihofiziološki efekti

Zvuk fiziološki djeluje na vrlo intenzivne načine. Budući da je sluh čovjekovo primarno upozorenje, iznenadni zvuk pokrenut će određen proces. Oslobađa kortizol, povećava otkucaje srca te mijenja disanje. Buka ozbiljno šteti živčanom sustavu, centralnom i vegetativnom te tako utječe na srce, krvni tlak, probavni sustav i ostale organe. Točnije, djelujući na živčani sustav posljedično izaziva smetnje u kardiovaskularnom te endokrinom sustavu.

Smetnje koje izaziva buka mogu biti akutne i kronične. Akutne, odnosno kratkotrajne smetnje u trenutku nisu opasne po život, no ukoliko čovjek i dalje živi i/ili radi u bučnom okruženju, kratkotrajna progredira u kroničnu smetnju. Izloženost buci deset ili više godina povećava vjerojatnost da će osoba kasnije u životu imati barem jednu kardiovaskularnu bolest za čak 300%.

Kratkotrajne smetnje su:

- smanjenje pažnje i pamćenja
- suženje vidnog polja
- kratkotrajno oštećenje sluha.

³³ Izvor: http://www.crkvena-zvona.com/download/buka_okolisa_javnozdravstveni_problem.pdf [Pristupljeno: 28.07.2020.]

³⁴ Izvor: <https://www.healtheuropa.eu/noise-pollution-effects/92504/> [Pristupljeno: 28.07.2020.]

Kronične smetnje kardiovaskularnog sustava su:

- hipertenzija
- aritmija
- infarkt.

Kronične smetnje endokrinog sustava:

- poremećaj rada crijeva
- povećana razina šećera i kolesterola
- povećana razina hormona Adrenalina
- čir.

Nadalje, pod kronične smetnje se mogu navesti nesanica, depresija, napetost, agresivno ponašanje, trajni gubitak sluha³⁵.

5.2.3. Psihološki efekti

Posebnost negativnog učinka buke je ta što dolazi postepeno. Naime, tijekom procesa prilagodbe na buku osoba će pretrpjeti određene posljedice, no buka na koju osoba navikne s vremenom dovodi do ozbiljnijih poremećaja. Takav negativan efekt, odnosno promjenu, čovjek ne može osjetiti jer postaje dio njegove svakodnevnice. Najvažnijom psihološkom posljedicom buke smatra se poremećaj sna. Osim nesanicе, istraživanja pokazuju da previše buke čini ljude nervoznima, neracionalnima i lako razdražljivima³⁶. Tijekom izloženosti buci visokog intenziteta, točnije na razini gdje se javljaju oštećenja sluha, mogući su ozbiljniji psihološki efekti. Riječ je o mučnini, migreni, gubitku percipirane kontrole, seksualnoj impotenciji i slično.

5.2.4. Sociološki efekti

Nadovezano na prethodno opisane psihološke efekte, kontinuirana izloženost buci može ozbiljno ugroziti socijalni život. Naime, buka ometa normalnu ljudsku

³⁵ Izvor: Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003. p.96.

³⁶ Izvor: <https://www.health.europa.eu/noise-pollution-effects/92504/> [Pristupljeno: 28.7.2020.]

komunikaciju te dovodi do smanjene tolerancije i frustracija. Osim toga, buka nepovoljno utječe na privlačnost i altruizam³⁷. Posljedično, osoba postaje agresivna i anksiozna te se nesvjesno razvija u socijalno depresivnu ličnost. Osim emocionalne nestabilnosti, buka utječe na koncentraciju te time izaziva lošu produktivnost na poslu i u obavljanju svakodnevnih obaveza.

5.3. Prosvjedi stanovništva

Kao što je u prethodnim poglavljima navedeno, problem buke u zračnom prometu nastao je uvođenjem mlaznih motora. Posljedično, prvi puta u povijesti zrakoplovstva zabilježeni su prosvjedi stanovništva okruženja zračne luke. Najintenzivniji prosvjedi su bili 60-ih godina prošlog stoljeća u europskim (demokratskim) državama te Sjedinjenim Američkim Državama. Naime, nezadovoljstvo stanovništva rezultiralo je donošenjem prethodno navedenih propisa i mjera u svrhu smanjenja buke.

Jedan od najvećih protesta protiv buke zrakoplova bio je 1994. godine na australijskoj zračnoj luci „Sydney“. Oko 10 000 lokalnih stanovnika blokirali su pristup terminalima sprječavajući kretanja u i izvan terminalnih zgrada. Prosvjednici su dobili podršku i administracija lokalne uprave koje su slale kamione sa smećem za dodatno okupiranje prostora. Problem je nastao otvaranjem nove uzletno-sletne staze (sjever-jug) koja je uzrokovala povećanje intenziteta buke. Prosvjednici su zahtijevali ponovno otvaranje uzletno-sletne staze istok-zapad te da se ubrza izgradnja nove zračne luke u periferiji Sydneya. Zrakoplovne tvrtke odgodile su i otkazale domaće i međunarodne letove, što je poremetilo planove oko 50 000 putnika³⁸. Velik broj putnika bio je iz razloga što se prosvjed dogodio vikendom i to u vrijeme božićnih blagdana.

Nadalje, na zračnoj luci Frankfurt traje jedan od najdužih prosvjeda lokalnog stanovništva protiv buke zrakoplova. Naime, prosvjed je započeo krajem 2011. godine nakon otvorenja treće uzletno-sletne staze. Nezadovoljstvo stanovništva izazvala je

³⁷ Altruizam- ponašanje kojem je cilj pomaganje drugome, a gdje se ne očekuje neka vrsta nagrade od drugih

³⁸ Izvor: <http://www.aparchive.com/metadata/youtube/8336d1b1c5a4372298dd200f8289403c>
[Pristupljeno: 28.07.2020.]

činjenica da do otvaranja nove staze buka nije predstavljala problem te da nisu bili obaviješteni koliko će intenzitet novonastale buke iznositi. Na prvom prosvjedu se okupilo oko 1000 prosvjednika te su nastavili u jednakom broju održavati prosvjede gotovo svaki ponedjeljak. Krajem 2019. godine obilježili su 300ti prosvjed i ne planiraju prekinuti prosvjed s obzirom da se za rješenje problema ne poduzimaju nikakve mjere³⁹. Prosvjednici tvrde da im je buka zrakoplova izazvala depresiju. Zračna luka se nastavlja širiti s novim terminalom, stoga se prosvjednici nadaju da će se povećati svijest o negativnom učinku zračnog prometa. Osim toga, organizirane su i kampanje protiv domaćih letova. Sukladno navedenom, prosvjedi neće prestati do onog trenutka kad više ne dođe niti jedna nezadovoljna osoba.

5.4. Zdravstvene studije

S obzirom na već provedena istraživanja zbog kojih su i osmišljene operativne restrikcije i procedure, danas se i dalje provode zdravstvene studije o utjecaju buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke. Razlog tome je činjenica da problem buke zrakoplova nije u potpunosti riješen. Pod ovim naslovom navedeni su rezultati istraživanja Sveučilišta u Bernu i tako zvane HYENA (eng. Hypertension and Exposure to Noise Near Airports) studije.

S obzirom da buka negativno utječe na velik broj ljudi, time narušava cjelokupni okoliš. Posebni naglasak se pridodaje povećanom riziku umiranja od srčanog udara. Prema studijama sa Sveučilišta u Bernu, ljudi koji su izloženi buci većoj od 60 dB danju imaju 30% veći rizik od umiranja od srčanih udara od ljudi koji su samo izloženi 45 dB dnevno. Što je više buke zrakoplova te što je duže izlaganje, to je veći rizik od zdravstvenih problema. Također Sveučilište u Bernu ističe važnost stanica za mjerenje, točnije njihova brojnost i raspored na zračnoj luci mora omogućiti precizno mjerenje intenziteta kako bi se osiguralo da razina buke ne premaši 65 dB. Osim srčanog udara, ova studija navodi da buka zrakoplova uzrokuje i smanjenu sposobnost učenja kod djece, prekomjernu težinu, tijek trudnoće te težinu novorođenčeta⁴⁰.

³⁹ Izvor: <https://www.airportwatch.org.uk/2019/11/300th-frankfurt-monday-demo-against-aircraft-noise-1000-people-only-when-no-one-comes-is-it-over/> [Pristupljeno: 29.07.2020.]

⁴⁰ Izvor: <https://soundear.com/aircraft-noise-harmful/> [Pristupljeno: 29.07.2020.]

U stambenim područjima, vanjska razina buke izazvana bukom zrakoplova od 60 dB danju i 45 dB noću povezana je s povećanom učestalošću hipertenzije. Gledajući na rezultate istraživanja „HYENA“, povećana razina buke zrakoplova noću za 10 dB, dakle 55 dB, uzrokuje 14% viši krvni tlak. Nadalje, učestalost propisivanja lijekova za snižavanje krvnog tlaka u povezanosti je s bukom zrakoplova razine iznad 45 dB. Točnije, na području Velike Britanije, utvrđeno je da buka zrakoplova veća za 10 dB, uzrokuje 34% veću upotrebu lijekova za krvni tlak. Osim utjecaja na kardiovaskularni sustav, prema ovoj studiji izlaganje buci od 50 dB danju povezano je s relevantnim poteškoćama u učenju školske djece⁴¹.

5.5. Vibracije

Vibracije predstavljaju poseban oblik štetnog djelovanja zvučnih valova. Imaju četiri temeljne značajke: frekvenciju, amplitudu, brzinu i ubrzanje. Ukoliko zvučni val ima frekvenciju manju od 16 Hz, riječ je o vibracijama⁴². Ne mogu se čuti, ali se mogu osjetiti u obliku potresanja cijelog ili dijelova tijela. Vibracije se javljaju kao pratilac buke te su štetne ako dugo traju. Lako se prostiru kroz svaki predmet s kojim su u dodiru pa se lako prenose i na čovjeka. Izvori vibracija mogu biti prirodni i umjetni. Prirodan izvor je kretanje dijelova Zemljine kore, a umjetni izvori su različiti strojevi, motori i slično. Sukladno tome, vibracije u zrakoplovu, helikopteru i na zračnim lukama umjetnog su izvora. Govoreći o vibracijama uzrokovanih letom zrakoplova, bitno je navesti da je relevantna visina leta. Naime, na malim visinama leta izvori vibracija u zrakoplovu nadopunjavaju se vibracijama atmosferskih turbulencija koje su najjače pri prolasku kroz oblake i oluje⁴³. Iz navedenog se da zaključiti da se u fazama polijetanja i slijetanja, gdje je visina leta vrlo niska, stvaraju izrazite vibracije koje direktno pogađaju stanovnike u okruženju zračne luke.

Štetno djelovanje vibracija na čovjeka slično je utjecaju buke. Vibracije se prenose na cjelokupan organizam te uzrokuju slabljenje refleksa, povećanu mišićnu aktivnost te

⁴¹ Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009001615> [Pristupljeno: 29.07.2020.]

⁴² Izvor: <https://element.hr/artikli/file/1605/informacije-i-komunikacije/12376> [Pristupljeno: 29.07.2020.]

⁴³ Izvor: Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003. p.98.

grčenje mišića, smanjenje oštine vida i vidnog polja, oštećenje kralježnice, kosti i zglobova. Oštećenja zglobova i mišića su specifična samo za vibracije iz razloga što su kosti dobar provodnik istih. Moguće su i pojave cista na malim kostima šake i zapešća. Djelujući na kardiovaskularni sustav, izazivaju ubrzan rad srca i hipertenziju te bolove u predjelu srca.

5.6. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke i vibracija

Kao što je navedeno, buka može privremeno ili trajno oštetiti sluh. Osjetljivost na buku ovisi od pojedinca do pojedinca te je time proces prilagodbe na istu individualan. Prilagodba na buku je dugotrajan proces kojim se ne smanjuje štetan utjecaj na organizam već osoba postepeno uči kako ne treba obraćati pozornost na buku. S obzirom da proces prilagodbe na buku nije uvijek uspješan ili moguć, potrebno je koristiti zaštitna sredstva u svrhu prevencije oštećenja sluha.

Najbolji način za smanjenje rizika od oštećenja sluha je smanjenje razine buke na izvoru te prostornim udaljavanjem samog izvora. Budući da to nije uvijek moguće, dostupne su razne vrste zaštitnih sredstava od buke i vibracija namijenjene za prigušivanje buke na razinu koja ne oštećuje sluh, odnosno ne remeti rad organizma.

Sredstva za zaštitu sluha izrađuju se prema europskim normama:

- EN 352-1 - 1. dio - štitnici za zaštitu sluha
- EN 352-2 - 2. dio - čepići za zaštitu sluha
- EN 352- 3 - 3. dio - štitnici za zaštitu sluha pričvršćeni na zaštitnu kacigu⁴⁴.

Štitnici za zaštitu sluha ili antifoni koriste se pri kratkotrajnom zadržavanju u bučnim prostorima. Napravljeni su od materijala koji dobro apsorbiraju zvuk te prigušuju buku od 28 do 32 dB⁴⁵. Bitno je navesti da ovakav oblik zaštitnih sredstava nužno koriste zaposlenici zračnih luka, poput aviomehaničara.

⁴⁴ Izvor: <https://www.wiseworksafe.com/blog/view/understanding-en-352-hearing-protection-standard> [Pristupljeno: 30.07.2020.]

⁴⁵ Izvor: https://www.deltaplus.eu/hr_HR/zastita-sluha [Pristupljeno: 30.07.2020.]

Ušni čepići imaju gotovo jednak učinak kao antifoni, točnije prigušuju buku od 28 do 35 dB. Mogu biti načinjeni od silikona, vate ili pjenaste gume. Prednost čepića je što se prilagođavaju otisku uha te tako zatvaraju ušnu školjku. Postoje jednokratni i višekratni ušni čepići. Zbog svoje jednostavne uporabe su namijenjeni za osobe koje borave u bučnom okruženju.

Iako navedena zaštitna sredstva pružaju izvrsno prigušenje, bitno je imati na umu da je potpuno eliminiranje svih zvukova iz okoline nemoguće.

6. RAZINA BUKE NA PODRUČJU ZRAČNE LUKE FRANJO TUĐMAN

6.1. Sustav za mjerenje buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman

Zračna luka Franjo Tuđman od 2006. godine koristi sustav za mjerenje buke zrakoplova (engl. NMT- Noise Monitoring Terminal). Sustav se sastoji od 4 terminala za praćenje buke (NMT) i 2 računalna programa.

Instalirani sustav sastoji se od četiri fiksne i jedne mobilne stanice. Mobilna stanica, odnosno mobilni uređaj ima svoj izvor napajanja te se može postaviti na bilo koje mjesto, stoga mobilna stanica služi za mjerenje izvan zone zračne luke. Četiri terminala za praćenje buke su:

- NMT1 nalazi se u blizini praga uzletno-sletne staze 05
- NMT2 nalazi se u blizini praga uzletno-sletne staze 23
- NMT3 nalazi se u okrugu Obrezina
- NMT4 nalazi se u okrugu Donja Lomnica.

Računalni program Model zaštite okoliša (eng. ENM- Environmental Noise Model) koristi se u svrhu nadgledanja i analiziranja podataka primljenih s nadzornih terminala, a program Integrirani model buke (eng. INM- Integrated Noise Model) koristi se za izradu grafikona buke i simulacije razine buke⁴⁶.

Zračna luka Franjo Tuđman 2014. godine je nadogradila sustav za praćenje buke. Naime, sustav za nadzor buke uključuje vezu s radarima Hrvatske kontrole zračne plovidbe te tako Zračna luka Franjo Tuđman dobiva točne informacije o kretanju zrakoplova u neposrednoj blizini i omogućuje direktnu povezanost sa slijetanjem, uzlijetanjem i razinom buke na nadzornim terminalima. Navedena nadogradnja sustava omogućuje precizniju izradu karte buke.

⁴⁶ Izvor: https://www.zagreb-airport.hr/UserDocsImages/dokumenti/CC-IMS-MAN-01-2-Noise%20Reduction%20Action%20Plan_2019.pdf [Pristupljeno: 31.07.2020.]

6.2. Analiza rezultata istraživanja

CILJ

Cilj ovog istraživanja je ispitati mišljenje stanovništva u okruženju Zračne luke Franjo Tuđman o buci zrakoplova.

Specifični ciljevi:

- Ispitati informiranost stanovništva o negativnom utjecaju buke
- Ispitati utječe li buka zrakoplova na njihov organizam.

ISPITANICI

U ispitivanju su sudjelovali stanovnici okolnih mjesta zagrebačke zračne luke. Sudjelovalo je 40 ispitanika u vremenu od ožujka 2020. godine do travnja 2020. godine. Slika 8 prikazuje Zračnu luku Franjo Tuđman te okolna mjesta Pleso, Mičevac, Petina, Ščitarjevo i Velika Kosnica u kojima je provedeno istraživanje.



Slika 8. Zračna luka Zagreb i lokacije provedenog istraživanja

Izvor: Priredio i uredio autor

Odabrana okolna mjesta nalaze se u neposrednoj blizini zagrebačke zračne luke, točnije udaljenosti od iste ne prelaze 5 km. Sukladno tome, stanovnici navedenih područja izloženi su najintenzivnijoj buci zrakoplova.

METODE

Tijekom ovog istraživanja korišten je anketni upitnik. Pitanja su bila zatvorenog i otvorenog tipa. Upitnik sadrži 7 pitanja, od toga 2 pitanja demografskog karaktera te 5 pitanja koja se odnose na mišljenja i stavove ispitanika o buci zrakoplova. Anketni upitnik je osobno osmišljen s pomoću računalnog programa Google Forms.

ETIČKA NAČELA

Ispitanici su dobrovoljno pristali na ispunjavanje anketnog upitnika i obaviješteni su o svrsi istraživanja.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao što je prethodno navedeno, anketni upitnik sadrži 2 pitanja demografskog karaktera, a to su spol i dob. Tablica 3 prikazuje navedene opće podatke ispitanika, tj. prikazuje broj i postotak (%) odgovora na oba pitanja.

Tablica 3. Opći podaci ispitanika

PITANJE	BROJ (%) ODGOVORA
Spol	
Žensko	17 (42,5%)
Muško	23 (57,5%)
Dob	
Mlađi od 15 godina	0 (0%)
15-30 godina	32 (80%)
30-50 godina	8 (20%)
Stariji od 50 godina	0 (0%)

Izvor: Priredio i uredio autor

Podaci navedeni u tablici 3 ukazuju da je ispitano 17 žena te 23 muškarca, od ukupno kojih je 32 u dobi između 15 i 30 godina te 8 u dobi između 30 i 50 godina.

Preostala grupa pitanja, a koja se odnose na mišljenja i stavove ispitanika o buci zrakoplova, navedena su u tablici 4. Također, tablica 4 ukazuje na broj i postotak (%) odgovora.

Tablica 4. Mišljenja i stavovi ispitanika o buci zrakoplova

PITANJE	BROJ (%) ODGOVORA
Poznat Vam je negativan utjecaj buke na zdravlje čovjeka?	
Da	36 (90%)
Ne	4 (10%)
Zapažate li buku zrakoplova?	
Da, buka dolazi iz smjera zračne luke	9 (22,5%)
Da, prilikom preleta zrakoplova iznad naselja	21 (52,5%)
Ne, navikao/la sam na buku	10 (25%)
Izaziva li Vam buka zrakoplova određene smetnje?	
Da	15 (37,5%)
Ne	25 (62,5%)
*Ako ste prethodno odabrali „Da“, odaberite koje smetnje.	
Nesanica	1 (2,5%)
Glavobolja	3 (7,5%)
Stres	4 (10%)
Strah	2 (5%)
Razdražljivost	1 (2,5%)
Smanjen osjet sluha	3 (7,5%)
Bol u ušima	1 (2,5%)
*Izaziva li Vam nelagodu sama pomisao na zrakoplov i letenje?	
Da	7 (63,63%)
Ne	4 (36,37%)

Izvor: Priredio i uredio autor

Od preostalih 5 pitanja, vidljivih u četvrtoj tablici, 3 su obavezna dok se posljednja 2 pitanja temelje na prethodnim odgovorima. Navedeno je naznačeno zvjezdicom (*) te objašnjava varijaciju u broju i postotku odgovora.

- Na pitanje jesu li ispitanici upoznati s negativnim učinkom buke zrakoplova, 36 je odgovorilo potvrdno, a 4 negativno.
- Sljedećem postavljenom pitanju dana su 30 potvrdnih odgovora te 10 negativnih. Uz potvrdni odgovor ponuđene su dvije opcije: „Da, buka dolazi iz

smjera zračne luke“ i „Da, prilikom preleta zrakoplova iznad naselja“. Od 30 potvrdnih odgovora, 9 ispitanika odabralo je prvu opciju te 21 drugu opciju. Preostalih 10 negativnih odgovora odnose se na ispitanike koji su navikli na buku zrakoplova.

- Na pitanje izaziva li ispitanicima buka zrakoplova određene smetnje, 15 ispitanika odgovorilo je potvrdno. Konkretnan odgovor dan je u sljedećem, to jest nadovezanom pitanju. 25 ispitanika je odgovorilo da im buka ne uzrokuje nikakve smetnje.
- Sljedeće postavljeno pitanje bilo je obavezno ako je prethodno dan potvrdan odgovor. Naime, ponuđeno je sedam najčešćih smetnji koje izaziva buka zrakoplova. Riječ je o nesanicima, glavobolji, stresu, strahu, razdražljivosti, boli u ušima te smanjenom osjetu sluha. Ispitanicima je objašnjena podjela smetnji na psihološke i fizičke te se na temelju toga analiziraju odgovori na posljednje pitanje. U grupu psiholoških smetnji spadaju nesаница, glavobolja, stres, strah i razdražljivost, a bol u ušima i smanjen osjet sluha u grupu fizičkih smetnji. Od ukupno 15 potvrdnih odgovora da buka izaziva određene smetnje, 11 ispitanika je odabralo psihološke te 4 fizičke smetnje.
- Gledajući na odgovore prethodnog pitanja, evidentno je da buka zrakoplova koji prometuju zagrebačkom zračnom lukom izaziva određene probleme. Točnije, iz navedenog je vidljivo da izaziva većinom psihološke smetnje. Naime, u svrhu dodatnog razumijevanja nastanka problema istraženi su razlozi odabranih odgovora. Posljednje pitanje: „Izaziva li Vam nelagodu sama pomisao na zrakoplov i letenje?“ bilo je obavezno ispitanicima koji su na prethodnom pitanju odabrali psihološke smetnje. Od 11 ispitanika, 7 je odgovorilo „Da“.

Naime, baza analiziranja ovih odgovora je psihosomatika. Psihosomatika je znanstveni stav u medicini kojim se prihvaća da emocije, osobito psihološki neugodni doživljaji, mogu izazvati tjelesne poremećaje i tjelesnu bolest⁴⁷. Iz navedenog je vidljivo da 7 ispitanika koji smatraju letenje i zrakoplove zastrašujućim u pravilu sami sebi izazivaju

⁴⁷ Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Psihosomatika> [Pristupljeno: 31.07.2020.]

određene smetnje. Osim toga, može se zaključiti da je čovjekova psiha glavni element doživljaja i prilagodbe te u ovom smislu utjecaj buke zrakoplova ponajviše ovisi o pojedincu.

7. ZAKLJUČAK

Trend rasta zračnog prometa je prisutan diljem cijelog svijeta. Razvijenosti pridonosi raznovrsna i kvalitetna ponuda velikog broja aviokompanija. Sukladno tome, razvoj zračnog prometa u suodnosu je s povećanjem negativnog učinka na okoliš. Gledajući na buku zrakoplova, međunarodnim regulativama i procedurama uspješno je svedena na prihvatljive razine, no upravo u skladu s vremenom mora se dodatno inovirati u pravnim i tehničko-tehnološkim razinama. U bliskoj budućnosti očekuje se daljnji razvoj tehnologije te implementacija novih operativnih procedura upravo s ciljem dodatne redukcije intenziteta buke na zračnim lukama. Točnije, smatra se da će do 2050. godine doći do smanjenja buke zrakoplova za 65%, tj. za 15 dB.

Neosporno je da buka zrakoplova i dalje predstavlja problem te da uvelike negativno utječe na stanovništvo u okruženju zračne luke. Stoga je potrebno kontinuirano informirati o prekomjernoj buci i štetnosti po zdravlje te podizati razinu svijesti o važnosti prevencije i zaštite od buke. Stanovništvo u okruženju je potrebno informirati i o njihovim pravima, važnosti njihovih pritužbi, ali i o mogućim izvorima problema buke. Točnije, stanovništvo ne zna tko točno proizvodi buku stoga dosadašnje pritužbe većinom pristižu samo zračnoj luci, dok izvor buke čini još pet dionika. Nadalje, isticanje prava stanovništva te važnosti njihove reakcije može dodatno potaknuti međunarodne organizacije na rješavanje problema buke.

Osim razvoja nove tehnologije i regulativa, naponi u svrhu smanjenja utjecaja buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke trebali bi biti usmjereni na sprječavanje korištenja okolnog zemljišta u stambene namjene. Osim toga, jednostavan način zvučne izolacije zračnih luka može se omogućiti i sadnjom širokolisnog drveća i četinjača.

LITERATURA

1. Bazijanac E. Zrakoplovni mlazni motori. Autorizirana predavanja. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2009.
2. Golubić J. Promet i okoliš. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 1999.
3. Ligenza I. Analiza i načini smanjena buke u komercijalnom zrakoplovstvu. Završni rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2018.
4. Missoni E. Zrakoplovna medicina. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2003.
5. Pavlin S. Aerodromi I. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2006.
6. Steiner S, Vidović A, Bajor I, Pita O, Štimac I. Zrakoplovna prijevozna sredstva 1. Udžbenik. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2008.
7. Štimac I. Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb. Magistarski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2009.
8. Štimac I. Osnove aerodroma – materijal predavanja. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2020.
9. Živaljić D. Analiza unutarnje (kabinske) buke zrakoplova CL – 415. Diplomski rad. Fakultet prometnih znanosti: Sveučilište u Zagrebu: Zagreb; 2015.
10. Airbus. Preuzeto sa: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320ceo.html> [Pristupljeno: 25.07.2020.]
11. AirportWatch. Preuzeto sa: <https://www.airportwatch.org.uk/2019/11/300th-frankfurt-monday-demo-against-aircraft-noise-1000-people-only-when-no-one-comes-is-it-over/> [Pristupljeno: 29.07.2020.]
12. Ap Archive. Preuzeto sa: <http://www.aparchive.com/metadata/youtube/8336d1b1c5a4372298dd200f8289403c> [Pristupljeno: 28.07.2020.]
13. Boeing. Preuzeto sa: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_03_09/pdfs/AERO_Q309.pdf [Pristupljeno:25.07.2020.]

14. Crkvena-zvona. Preuzeto sa: http://www.crkvena-zvona.com/download/buka_okolisa_javnozdravstveni_problem.pdf
[Pristupljeno: 28.07.2020.]
15. Deltaplus. Preuzeto sa: https://www.deltaplus.eu/hr_HR/zastita-sluha
[Pristupljeno: 30.07.2020.]
16. Deutsches Arzteblatt International. Preuzeto sa:
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2696954/?fbclid=IwAR29btoT8Th9q4qpYB5TKf_b25vnLaV-LkES1Gpg2ub8FIRReXxWXc6d3hw
[Pristupljeno: 25.07.2020.]
17. Element. Preuzeto sa: <https://element.hr/artikli/file/1605/informacije-i-komunikacije/12376> [Pristupljeno: 29.07.2020.]
18. Europski parlament. Preuzeto sa:
<https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2014-0274+0+DOC+PDF+V0//HR>
[Pristupljeno: 23.07.2020.]
19. HealthEuropa. Preuzeto sa: <https://www.healtheuropa.eu/noise-pollution-effects/92504/> [Pristupljeno: 28.07.2020.]
20. Heathrow Airport. Preuzeto sa: <https://www.heathrow.com/company/local-community/noise/operations/ground-noise> [Pristupljeno: 22.07.2020.]
21. ICAO Environment. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/reduction-of-noise-at-source.aspx> [Pristupljeno: 23.07.2020.]
22. IROQUA (French research initiative for aeronautical acoustic optimization).
Preuzeto sa:
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2696954/?fbclid=IwAR29btoT8Th9q4qpYB5TKf_b25vnLaV-LkES1Gpg2ub8FIRReXxWXc6d3hw
[Pristupljeno: 25.07.2020.]
23. NASA. Preuzeto sa:
<https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/FS-2003-11-81-LaRC.html> [Pristupljeno: 25.07.2020.]
24. Novacel. Preuzeto sa: <https://www.novacel-lownoise.com/> [Pristupljeno: 27.7.2020.]
25. Propisi.hr. Preuzeto sa: <http://www.propisi.hr/print.php?id=12230>
[Pristupljeno: 23.07.2020.]

26. Redit. Preuzeto sa:
https://www.reddit.com/r/VaporwaveAesthetics/comments/clsln/learjet_25b_wi_th_avcon_hushkit/ [Pristupljeno: 26.07.2020.]
27. ScienceDirect. Preuzeto sa:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009001615>
[Pristupljeno: 29.07.2020.]
28. Službeni list Europske unije. Preuzeto sa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0030&from=EN> [Pristupljeno: 23.07.2020.]
29. SoundEar A/S. Preuzeto sa: <https://soundear.com/aircraft-noise-harmful/>
[Pristupljeno: 29.07.2020.]
30. Zagreb Airport. Preuzeto sa: https://www.zagreb-airport.hr/UserDocsImages/dokumenti/CC-IMS-MAN-01-2-Noise%20Reduction%20Action%20Plan_2019.pdf; <https://www.zagreb-airport.hr/poslovni/b2b-223/zrakoplovstvo/zemaljske-usluge-gh/242>
[Pristupljeno: 31.07.2020.]
31. Wikipedia.hr. Preuzeto sa: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Psihosomatika>
[Pristupljeno: 31.07.2020.]
32. WiseWorkSafe. Preuzeto sa:
<https://www.wiseworksafe.com/blog/view/understanding-en-352-hearing-protection-standard> [Pristupljeno: 30.07.2020.]

POPIS SLIKA

Slika	stranica
Slika 1. Izvori strukturalne buke 7.....	7
Slika 2. Sustav zračne luke.....	8
Slika 3. Točke mjerenja buke.....	11
Slika 4. BWB zrakoplov.....	21
Slika 5. Hush-kit sustav.....	23
Slika 6. Privremeno ili stalno pomaknuti prag.....	26
Slika 7. Izvori buke i njezina jačina u dB.....	28
Slika 8. Zračna luka Zagreb i lokacije provedenog istraživanja.....	39

POPIS TABLICA

Tablica	stranica
Tablica 1. Glavni izvori buke zrakoplova.....	4
Tablica 2. Dopušteno vrijeme izlaganja buci bez zaštitnih sredstava.....	29
Tablica 3. Opći podaci ispitanika.....	40
Tablica 4. Mišljenja i stavovi ispitanika o buci zrakoplova.....	41

PRILOZI

Prilog 1. Anketni upitnik

1. Spol:
 - a) Žensko
 - b) Muško

2. Dob:
 - a) Mlađi od 15 godina
 - b) 15-30 godina
 - c) 30-50 godina
 - d) Stariji od 50 godina

3. Poznat Vam je negativan utjecaj buke na zdravlje čovjeka?
 - a) Da
 - b) Ne

4. Zapažate li buku zrakoplova?
 - a) Da, buka dolazi iz smjera zračne luke
 - b) Da, prilikom preleta zrakoplova iznad naselja
 - c) Ne, navikao/la sam na buku zrakoplova

5. Izaziva li Vam buka zrakoplova određene smetnje?
 - a) Da
 - b) Ne

6. Ako ste na prethodnom pitanju odgovorili „Da“, zaokružite koje smetnje.
*Moguće izazvane psihološke smetnje su nesanica, glavobolja, stres, strah i razdražljivost.
Moguće fizičke smetnje su smanjen osjet sluha i bol u ušima.*
 - a) Nesanica
 - b) Glavobolja
 - c) Stres
 - d) Strah
 - e) Razdražljivost
 - f) Smanjen osjet sluha
 - g) Bol u ušima

7. Izaziva li Vam nelagodu sama pomisao na zrakoplov i letenje?
Molim odgovorite ukoliko ste na prethodnom pitanju odabrali izazvanu psihološku smetnju.
 - a) Da
 - b) Ne



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom Utjecaj buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 4.8.2020.

Student/ica:

Andrea Franjčić
(potpis)