

Primjena ekološki prihvatljivih procedura u polijetanju i slijetanju zrakoplova u funkciji održivog razvoja zračne luke

Lukin, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:568980>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH PROCEDURA U
POLIJETANJU I SLIJETANJU ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI
ODRŽIVOG RAZVOJA ZRAČNE LUKE**

**IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY
PROCEDURES DURING AIRCRAFT TAKE-OFF AND
LANDING IN THE FUNCTION OF AIRPORT
SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Mentor: doc. dr. sc. Igor Štimac

Student: Lovro Lukin

JMBAG: 0135245363

Zagreb, rujan 2021.

Zagreb, 25. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Planiranje aerodroma**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6493

Pristupnik: **Lovro Lukin (0135245363)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Primjena ekološki prihvatljivih procedura u polijetanju i slijetanju zrakoplova u funkciji održivog razvoja zračne luke**

Opis zadatka:

U radu je potrebno definirati na koji način zračni promet utječe na okoliš, kategorizirati glavne zagađivače te opisati izvore zagađenja prema svakom dioniku. Uz navedeno, potrebno je navesti regulatorni okvir prvenstveno u dijelu zaštite od buke. Po provedenom istraživanju, potrebno je detaljno razraditi utjecaj buke zrakoplova na okoliš s posebnim osvrtom na stanovništvo koje živi u neposrednoj blizini zračne luke. Nakon pojašnjenih osnovnih negativnih elemenata negativnog utjecaja buke zrakoplova, potrebno je komparativnim analizom usporediti postojeće konvencionalne procedure u polijetanju i slijetanju zrakoplova s procedurama koje se koriste u cilju smanjenja buke. Navedene procedure potrebno je pojasniti na nekoj zračnoj luci u obliku studije slučaja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Igor Štimac

Zahvalio bih se svojem mentoru doc. dr. sc. Igoru Štimcu koji mi je u svakom trenutku bio na raspolaganju, te koji mi je sa svojim savjetima pomogao napisati ovaj diplomski rad. Također, zahvalio bih se svojoj curi koja mi je uvijek bila velika potpora i koja je bila uz mene cijelo vrijeme, te cijeloj svojoj obitelji, a prvenstveno mojim roditeljima koji su mi omogućili da se obrazujem i bez kojih moje školovanje ne bi bilo moguće.

SAŽETAK

Utjecaj zračnog prometa na okoliš je najveći u usporedbi s ostalim granama prometa. To je prvenstveno radi toga jer snažni zrakoplovni motori stvaraju veliku razinu buke i ispuštaju veći broj štetnih ispušnih plinova u atmosferu. Također, problem koji je neizostavan je i blizina naseljenih područja zračnim lukama. Ljudi koji žive u takvim područjima mogu biti pogođeni jakom bukom, koja može utjecati na njihovo ponašanje i zdravlje. Kao jedno od optimalnih rješenja za smanjenje štetnog utjecaja zračnog prometa na okoliš analizirane su operativne procedure u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša. Operativne procedure u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša koriste optimalnije putanje prilikom polijetanja i slijetanja te iziskuju manju snagu motora u određenim fazama operacije u usporedbi sa standardnim postupcima u polijetanju i slijetanju, te posljedično tome stvaraju nižu razinu buke i smanjuju potrošnju goriva, a time i emisije štetnih ispušnih plinova.

KLJUČNE RIJEČI: buka; ispušni plinovi; operativne procedure

SUMMARY

Air traffic has the biggest impact on environment compared with other branches of traffic, because of big level of noise and air pollution produced by aircraft engines. Moreover, populated areas are very close to airports so people in those areas are affected with strong noise which leaves impact on their behaviour and health. Operating procedures for environmental proposes in take off and landing were analyzed as one of optimal solutions for reducing harmful impact of air traffic. Those procedures use more optimal paths during take off and landing as well as using less engine power at certain stages of the operation compared with standard procedures in take off and landing consequently creating lower level of noise and reducing fuel consumption and harmful gasses emission.

KEYWORDS: noise; exhaust gases; operating procedures

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ	3
2.1. Buka	4
2.1.1. Mjerenje buke	5
2.1.2. Stanice za mjerenje buke na zračnim lukama	9
2.2. Ispušni plinovi	11
2.3. Onečišćenje tla i vode	13
3. IZVORI BUKE I EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U ZRAČNOM PROMETU	15
3.1. Izvori buke u zračnom prometu	15
3.1.1. Izvori buke na zračnim lukama	15
3.1.2. Izvori buke na zrakoplovu	16
3.2. Izvori emisija ispušnih plinova u zračnom prometu	17
3.2.1. Izvori emisija ispušnih plinova kod motora zrakoplova	17
3.2.2. Ostali izvori emisija ispušnih plinova	18
4. REGULATORNI OKVIR ZAŠTITE OKOLIŠA U ZRAČNOM PROMETU	20
4.1. Buka	20
4.1.1. Međunarodna razina	20
4.1.2. Europska razina	23
4.1.2.1. Europska direktiva o buci u okolišu	24
4.1.2.2. Europska zabrana zrakoplova usklađenih s poglavljem 2	24
4.1.2.3. Uredba EU 598/2014	25
4.1.3. Nacionalna razina	25
4.2. Ispušni plinovi	26
4.2.1. Međunarodna razina	26

4.2.1.1. Rješenja o smanjenju emisija	26
4.2.1.2. Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu - CAEP	27
4.2.1.3. Airport Carbon Accreditation Programme	29
4.2.2. Europska razina	31
4.2.2.1. Funkcioniranje EU ETS-a	32
4.2.2.2. Zrakoplovstvo u usporedbi s ostalim sektorima u EU ETS-u	32
4.2.3. Nacionalna razina	33
4.2.3.1. Nacionalna politika za smanjenje emisija	33
4.2.3.2. Međuresorna suradnja agencija unutar nacionalne vlade	33
4.2.3.3. Tim nacionalnog akcijskog plana	34
5. KOMPATIVNA ANALIZA KONVENCIONALNIH PROCEDURA ZA POLIJETANJE I SLIJETANJE U ODNOSU NA PROCEDURE U CILJU ZAŠTITE OKOLIŠA	36
5.1. Rješenja zračne luke u svrhu smanjenja štetnog utjecaja zrakoplova na okoliš	36
5.1.1. Regulatorni postupci za uzlijetanje i slijetanje	36
5.1.2. Sheme i odgovori za ograničavanje buke	37
5.2. Usporedna analiza <i>Drive and Dive</i> postupka i <i>Continuous Descent Approach</i> postupka	38
5.2.1. <i>Drive and Dive</i> postupak	38
5.2.2. <i>Continuous Descent Approach</i> postupak	38
5.3. Usporedna analiza standardnog postupka u polijetanju i <i>Continuous Climb Operation</i> postupka	39
5.3.1. Standardni postupak u polijetanju	39
5.3.2. <i>Continuous Climb Operation</i> postupak	40
5.4. <i>Collaborative Environmental Management</i>	41
6. PRIMJENA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH OPERATIVNIH PROCEDURA ZA POLIJETANJE I SLIJETANJE NA STUDIJI SLUČAJA	44
6.1. Precizan prilaz podržan satelitskom tehnologijom	45

6.2. Postupak Lufthansa-e	45
6.3. <i>Continuous Descent Approach</i> postupak.....	47
6.4. <i>Continuous Climb Operation</i> postupak.....	48
6.5. Redukcija korištenja obrnutog postupka tijekom večeri i noći	49
7. ZAKLJUČAK.....	50
LITERATURA.....	51
POPIS KRATICA	55
POPIS SLIKA	57
POPIS TABLICA.....	58
POPIS GRAFIKONA.....	58

1. UVOD

Zračni promet je grana prometa koja se svakodnevno razvija i raste. Koliko god je pozitivno što zrakoplovstvo svakodnevno bilježi sve veći promet, toliko treba i obratiti pažnju i na negativne učinke koje to povlači sa sobom. Kao jedan od glavnih segmenata na koje treba obratiti posebnu pozornost je ekologija i negativan utjecaj koji zrakoplovi ostavljaju na okoliš. Za smanjenje negativnog utjecaja zrakoplovstva na okoliš postoji mnoštvo postupaka, mjera, zakona i programa koji svakako mogu doprinijeti ekološki održivom razvoju zračnog prometa.

Ovaj diplomski rad istražuje negativne utjecaje zračnog prometa na okoliš, analizira koja su najbolja rješenja, odnosno koje procedure u polijetanju i slijetanju su najučinkovitije u cilju smanjenja štetnog utjecaja zrakoplova na okoliš. Cilj rada je ukazati na važnost primjene ekološki prihvatljivih procedura i koordiniranost svih dionika u zračnom prometu kako bi u budućnosti zračni promet bio što prihvatljiviji iz konteksta očuvanja okoliša. Rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Utjecaj zračnog prometa na okoliš
3. Izvori buke i emisija ispušnih plinova u zračnom prometu
4. Regulatorni okvir zaštite okoliša u zračnom prometu
5. Komparativna analiza konvencionalnih procedura za polijetanje i slijetanje u odnosu na procedure u cilju zaštite okoliša
6. Primjena ekološki prihvatljivih operativnih procedura za polijetanje i slijetanje na studiji slučaja
7. Zaključak

U drugom poglavlju je analiziran i opisan štetan utjecaj zračnog prometa kroz buku, emisije ispušnih pilova i ostala zagađenja (onečišćenje tla i vode).

U trećem poglavlju su pobliže objašnjeni svi izvori buke i emisija ispušnih plinova koje proizvode zračne luke i sami zrakoplovi.

U četvrtom poglavlju je opisan regulatorni okvir zaštite okoliša u zračnom prometu koji se odnosi na buku i ispušne plinove na međunarodnoj, europskoj i nacionalnoj razini.

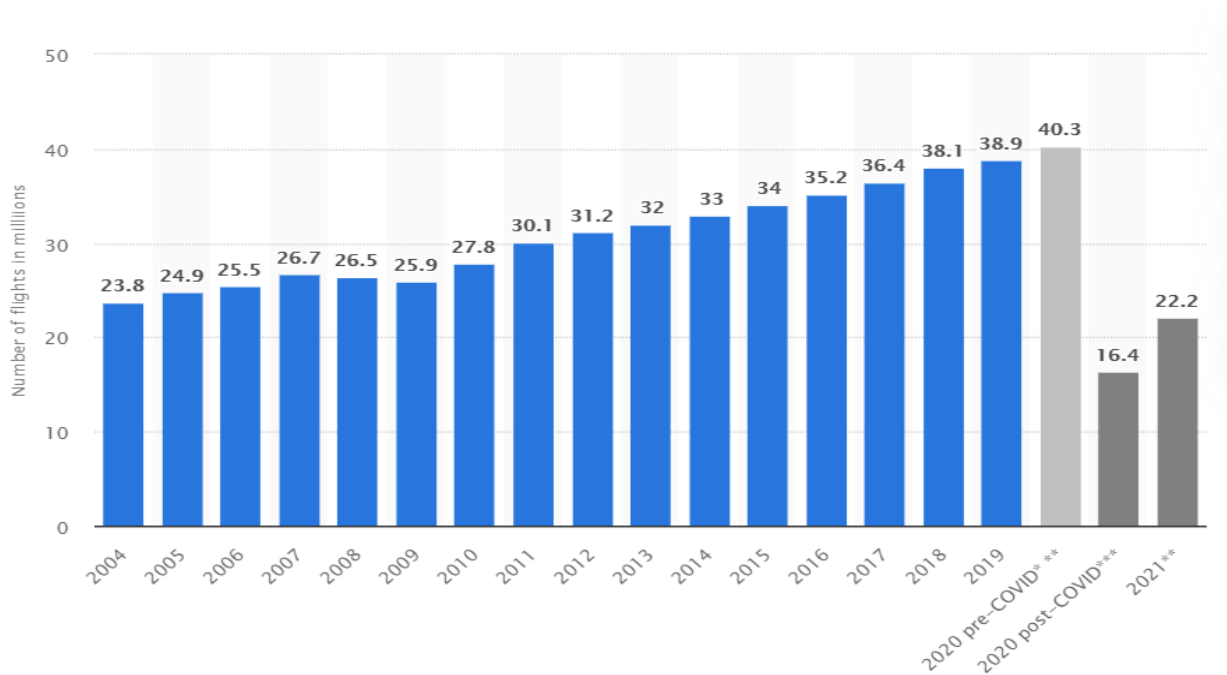
U petom poglavlju je napravljena usporedna analiza standardnih postupaka u polijetanju i slijetanju sa postupcima u polijetanju i slijetanju koji su najpovoljniji glede zaštite okoliša.

U šestom poglavlju su opisane najpovoljnije procedure za polijetanje i slijetanje u kontekstu ekologije na Zračnoj luci Franjo Tuđman.

2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ

Prvi kontinuiran i kontroliran let dogodio se 17. prosinca 1903. godine s braćom Wright. Let je trajao 12 sekundi, prešavši 37 metara. Također, toga dana braća su izvršila još tri leta od kojih je najdulji trajao 59 sekundi s udaljenošću od 260 metara. Od tada zrakoplovstvo je u konstantnom razvoju. Godine 1940. proizveden je prvi mlazni zrakoplov Boeing 307 Stratoliner, a nakon Drugog svjetskog rata zrakoplovstvo je dodatno napredovalo kroz mlazni pogon, aerodinamiku i radarsku tehnologiju [1], [2].

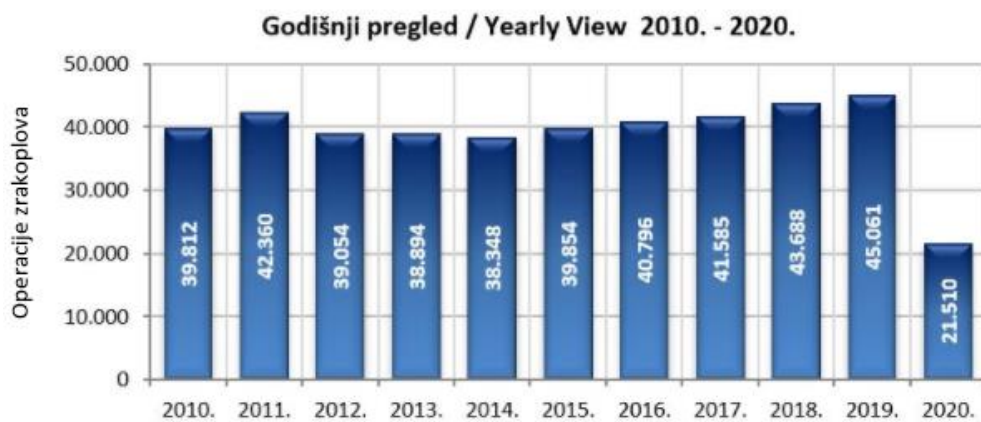
Liberalizacijom i deregulacijom zračnog prometa, otvaranjem novih tržišta i sve većom konkurencijom od tadašnjeg vremena do danas, zračni promet je u porastu. Za primjer je uzet grafikon 1 koji se odnosi na razdoblje od 2004. godine do 2021. godine, a koji prikazuje koliki je broj letova ostvaren u svakoj godini unutar toga razdoblja na globalnoj razini.



Grafikon 1. Broj letova u periodu od 2004. godine do 2021. godine na globalnoj razini, [3]

Iz grafikona 1 se može iščitati kako je 2004. godina imala 23,8 milijuna zabilježenih letova, a prema simulaciji 2021. godina, prije Corona krize, rekordnih 40,3 milijuna. Nema sumnje, kako bi da nije bilo Corona krize, 2021. godina bila rekordna. Prema predviđanjima, 2024. godina bi trebala biti godina koja će nastaviti kontinuiran rast zračnog prometa kakav je bio prije Corona

krize. Grafikon 2 pokazuje broj operacija zrakoplova za period od 2010. godine do 2020. godine na Zračnoj luci Franjo Tuđman.



Grafikon 2. Broj operacija zrakoplova za period od 2010. godine do 2020. godine na Zračnoj luci Franjo Tuđman, [4]

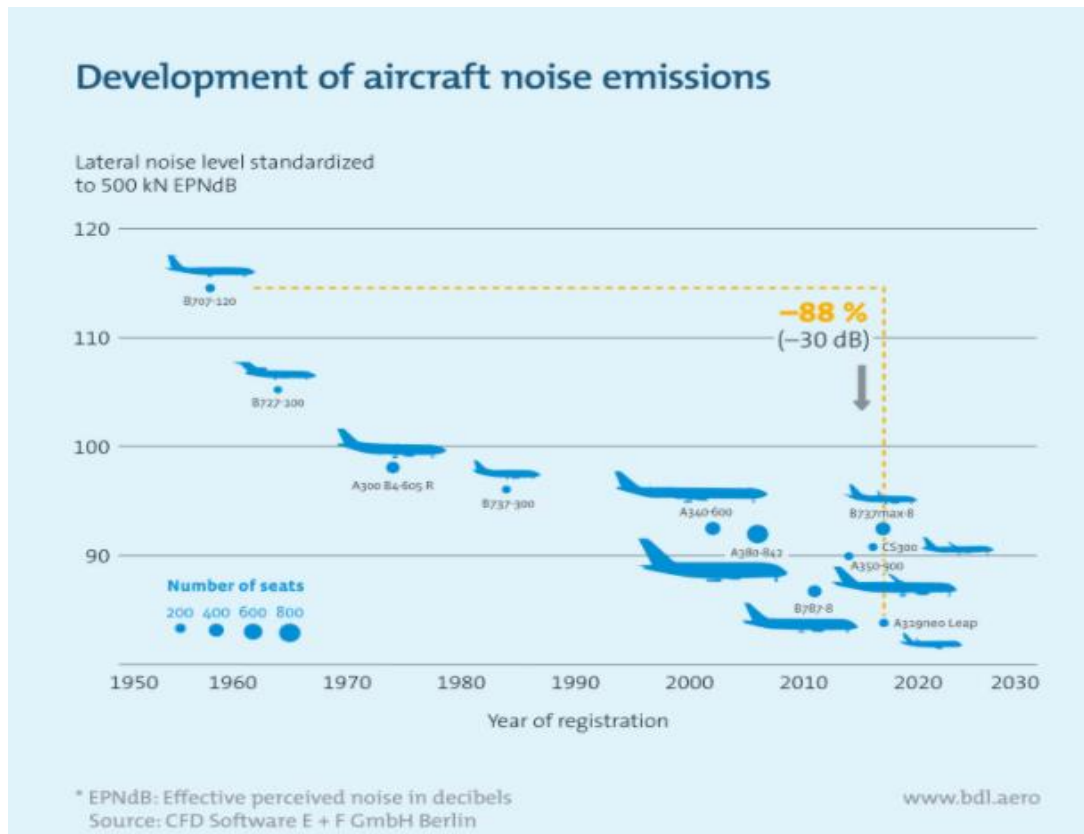
Grafikon 2 pokazuje kako su se operacije zrakoplova na Zračnoj luci Franjo Tuđman od 2010. godine do 2019. godine kretale otprilike od 38.000 operacija do 45.000 operacija, s time da je 2019. godina bila rekordna (45.061 operacija zrakoplova). U 2020. godini operacije zrakoplova su se drastično smanjile (21.510 operacija zrakoplova) zbog Corona krize, te se može zaključiti kako je Zračna luka Franjo Tuđman kao i druge zračne luke diljem svijeta bila iznimno pogođena Corona krizom.

Ove brojke su usprkos Corona krizi iznimno pozitivne za budućnost zračnog prometa u Hrvatskoj i svijetu, ali one sa sobom povlače veliki i ozbiljan problem, a to je ekologija, odnosno negativan utjecaj koji zračni promet ostavlja na okoliš. Negativan utjecaj zračnog prometa na okoliš promatramo prvenstveno kroz buku i emisije ispušnih plinova.

2.1. Buka

Kao jedan od temeljnih problema ekologije u zračnom prometu se ističe buka. Najveće pritužbe na buku dolaze iz naseljenih područja u blizini samih zračnih luka, jer uzrokuje smetnje u spavanju i probleme u komunikaciji. Također, medicinski je dokazano i kako buka podiže razinu stresa, tjeskobe i općenito negativno utječe na zdravlje čovjeka. Razvojem

tehnologije zrakoplovni motori su kroz godine postajali sve snažniji pa je tako od 1960. godine, kada su uvedeni prvi mlazni motori, buka porasla za sedam puta. No, pravovremenim djelovanjem i daljnjim napretkom tehnologije, napravile su se određene inovacije na konstrukciji i motorima zrakoplova, te se buka na zračnim lukama osjetno smanjila [5]. Na slici 1 je prikazano snižavanje razine buke zrakoplova od 50-tih godina pa do danas.



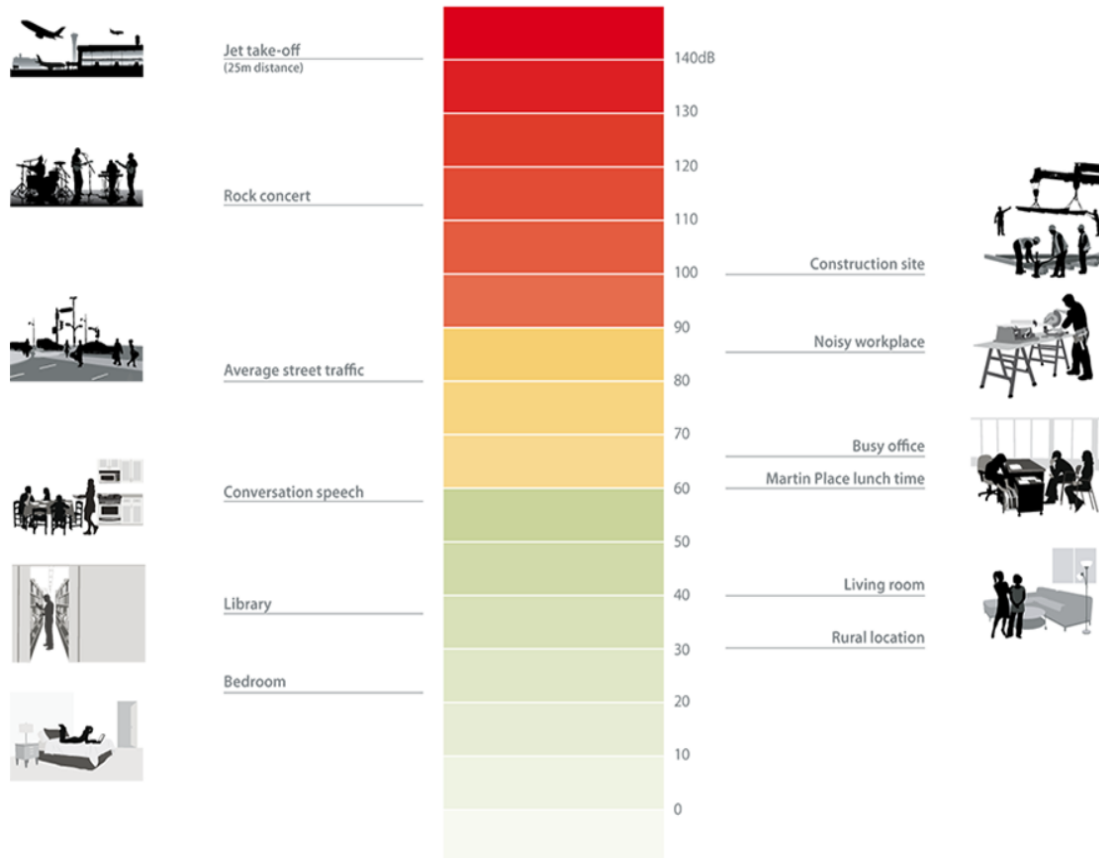
Slika 1. Snižavanje razina buke zrakoplova kroz povijest, [6]

Na slici 1 jasno se vidi napredak u smanjenju buke zrakoplova u posljednjih nekoliko desetljeća, no problem buke i dalje postoji te se i dalje treba raditi na njezinom smanjenju s obzirom da su propisi i zakoni koji se tiču zrakoplovne buke sve stroži, i zahtijevaju analizu i detaljno promatranje kako bi se nastavilo i dalje u ovom smjeru.

2.1.1. Mjerenje buke

Kako bi se uopće razina buke mogla utvrditi i zaključiti da li je unutar dozvoljenih granica ili ne, preduvjet je na ispravan način izmjeriti buku. Buka se mjeri u decibelima (dB). Na slici 2 se

vidi koliko zapravo razina buke u zrakoplovstvu može biti veća od obične svakodnevne buke sa kojom se susrećemo.



Slika 2. Primjeri razina buke, [7]

Na slici 2 vidljiva je usporedba razina buke između običnih svakodnevnih aktivnosti i buke zrakoplova. Svakodnevni cestovni promet s kojim se susrećemo generira razinu buke u visini od 80 dB, dok zrakoplovi u polijetanju mogu proizvesti buku i do 140 dB.

Manje uznemiravanje stanovništva se može zabilježiti pri buci od 57 dB, srednje pri 63 dB, visoko kod buke od 69 dB, dok kvalitetu spavanja može narušiti buka od svega 30 dB. Stoga je iznimno bitno da se provedu što kvalitetnija mjerenja buke na zračnim lukama i u njihovom okruženju kako bi se mogla utvrditi točna razina buke, te djelovati u slučaju prekoračenja buke. U tu svrhu je Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (eng. *International Civil Aviation Organization* - ICAO) utvrdila referentne točke u blizini uzletno-sletne staze (USS) na kojima mjerne stanice mjere razinu buke u operacijama slijetanja i polijetanja. To su točke:

1. Točka A:

- nalazi se u produžetku USS-e, 6.500 m od praga
- u ovoj točki se mjeri intenzitet buke u fazi polijetanja

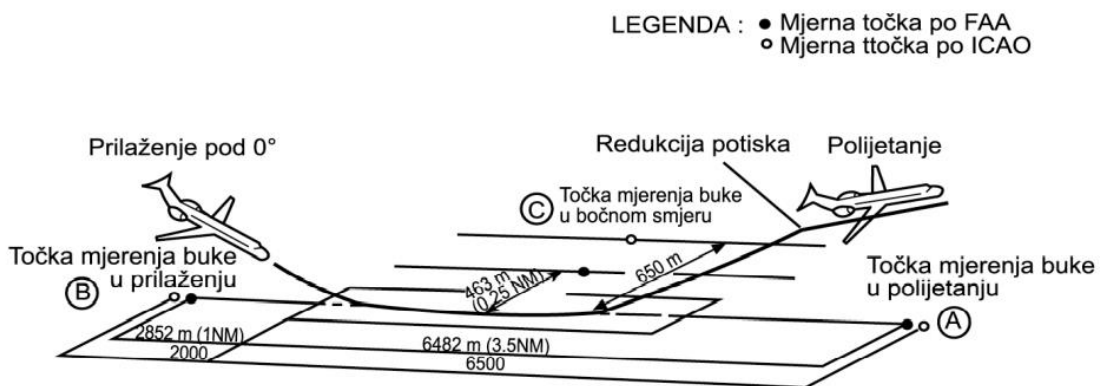
2. Točka B:

- nalazi se 2.000 m od praga USS-e
- u ovoj točki se mjeri intenzitet buke u fazi slijetanja

3. Točka C:

- nalazi se bočno od USS-e 650 m
- u ovoj točki se također mjeri intenzitet buke u fazi polijetanja [5].

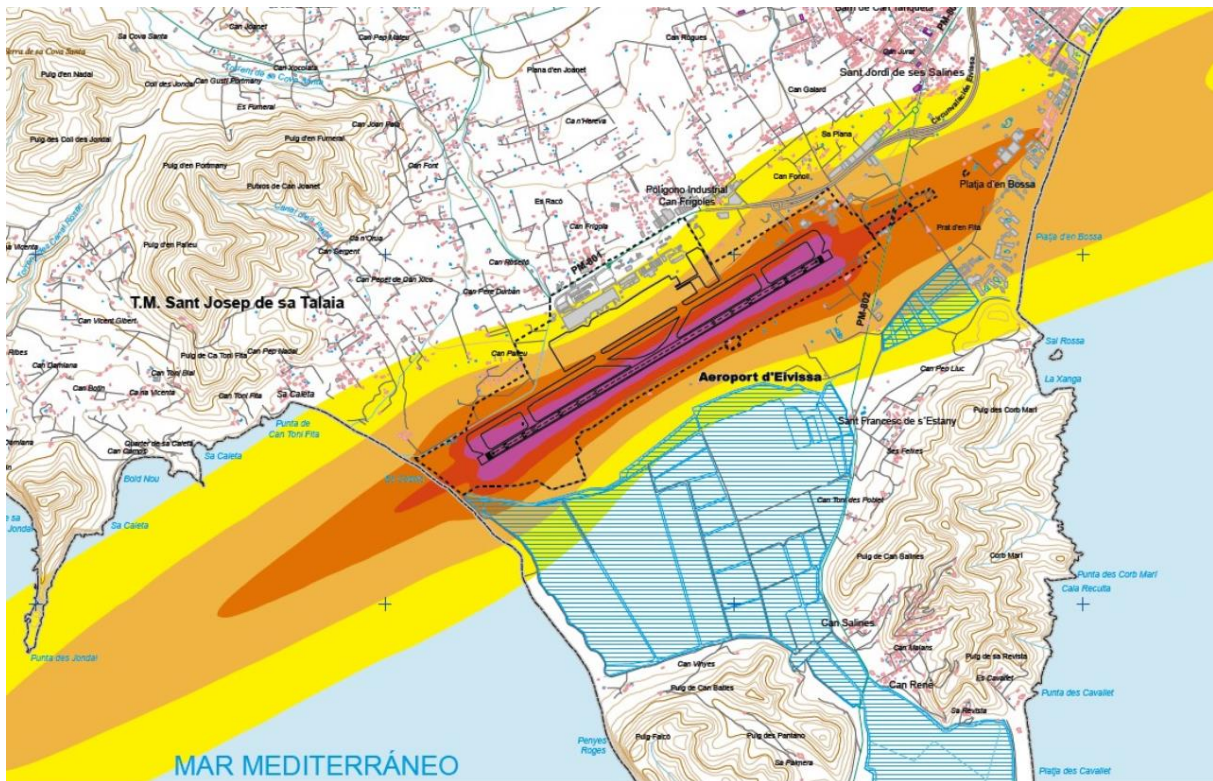
Položaj svih navedenih točaka u odnosu na USS-u je prikazan na slici 3.



Slika 3. Točke mjerenja buke, [8]

Određena područja koja su izložena buci zahtijevaju više informacija o razinama buke nego što im to može pružiti obično istraživanje buke. U takvim slučajevima se koristi karta konture buke. Takva karta predstavlja vizualni prikaz razine buke. Konture su najčešće obojane da prikažu intenzitet buke, prisutnost visokih ili niskih frekvencija. Iako je takav koncept poprilično jednostavan, u praksi je teško izraditi točne karte, posebno u dinamičkim okruženjima u kojima su izvori buke isprekidani i nepredvidivi. Taj se nedostatak može

nadomjestiti uzimanjem višestrukih mjerenja, vremenskim ponderiranjem podataka mjerenja te korištenjem tehnika za predviđanje buke [9]. Na slici 4 se nalazi primjer karte konture buke u zračnoj luci, gdje žuta boja predstavlja područje koje je najmanje pogođeno bukom, a ljubičasta boja područje u kojem je buka najjača.



Slika 4. Primjer karte konture buke na zračnoj luci, [10]

Lden je jedan od parametara kojim se prikazuje razina buke. Na početku je simbol bio Ldn (dnevna/noćna razina zvuka), jer su se 24 sata u danu dijelila na doba dana, od 7:00 do 22:00 sata i razdoblje noći, od 22:00 do 7:00 sati ujutro. Budući da je buka bila puno niža tijekom noćnog razdoblja, a prema istraživanjima ljudska osjetljivost tijekom tog razdoblja je znatno veća, dodana je vrijednost u dB kao korektivni faktor (CF). Nova vrijednost koju koristi sve više zračnih luka u svojim mjerenjima je Lden (dnevna/večernja/noćna razina zvuka). Navedena vrijednost je slična Ldn-u, ali zbog preciznosti mjerenja i osjetljivosti stanovništva koje živi oko zračne luke uvedeno je novo večernje razdoblje. U Lden-u tako postoje tri razdoblja promatranja: dan od 07:00 do 19:00 sati gdje se korektivni faktor ne dodaje, večer od 19:00 do 22:00 sata gdje se dodaje korektivni faktor od 5 dB i noć u trajanju od 22:00 do 07:00 sati i korektivni faktor od 10 dB [5]. Korektivni faktori i vremena za određene vrijednosti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Vremena i korektivni faktori za mapiranje buke na zračnoj luci

24 sata	Vrijeme		Korektivni faktor (CF)
Ldn	Dan	7:00-22:00	0 dB
	Noć	22:00-7:00	10 dB
Lden	Dan	7:00-19:00	0 dB
	Večer	19:00-22:00	5 dB
	Noć	22:00-7:00	10 dB

Izvor: [5]

2.1.2. Stanice za mjerenje buke na zračnim lukama

Zračne luke koje su smještene u blizini naseljenih područja moraju pratiti buku u okolišu kako bi procijenile programe smanjenja i razvile postupke napuštanja i dolaska zrakoplova koji minimiziraju utjecaj buke zrakoplova. Zračne luke ne mogu u potpunosti eliminirati buku zrakoplova, ali mogu djelovati na njezinom smanjenju praćenjem područja koja su najviše pogođena bukom, korištenjem baze podataka (buka, tragovi leta, vremenski podaci, postavke parametara, podaci o prometu, kvaliteta zraka i sl.), te postavljanjem mjernih stanica za praćenje buke (eng. *Noise Monitoring Terminals -NMT*) [11].

Kriteriji koje mora zadovoljiti lokacija na koju se postavljaju mjerne stanice su: blizina od USS-e kako bi se što kvalitetnije mogla pratiti buka zrakoplova, blizina s postojećim mjestima na kojima se vrši nadzor buke, lokacija koja je iznimno pogođena s bukom, razina pozadinske buke te sigurnost. Jedna klasična mjerna stanica se sastoji od mikrofona, kutije za procesiranje podataka o buci, modema, te mjerača razine buke [12]. Na slici 5 se nalazi prikaz jedne stanice za mjerenje buke na zračnoj luci, dok se na slici 6 nalazi unutarnji izgled kutije za procesiranje podataka o buci sa svim njezinim dijelovima.



Slika 5. Stanica za mjerenje buke, [12]

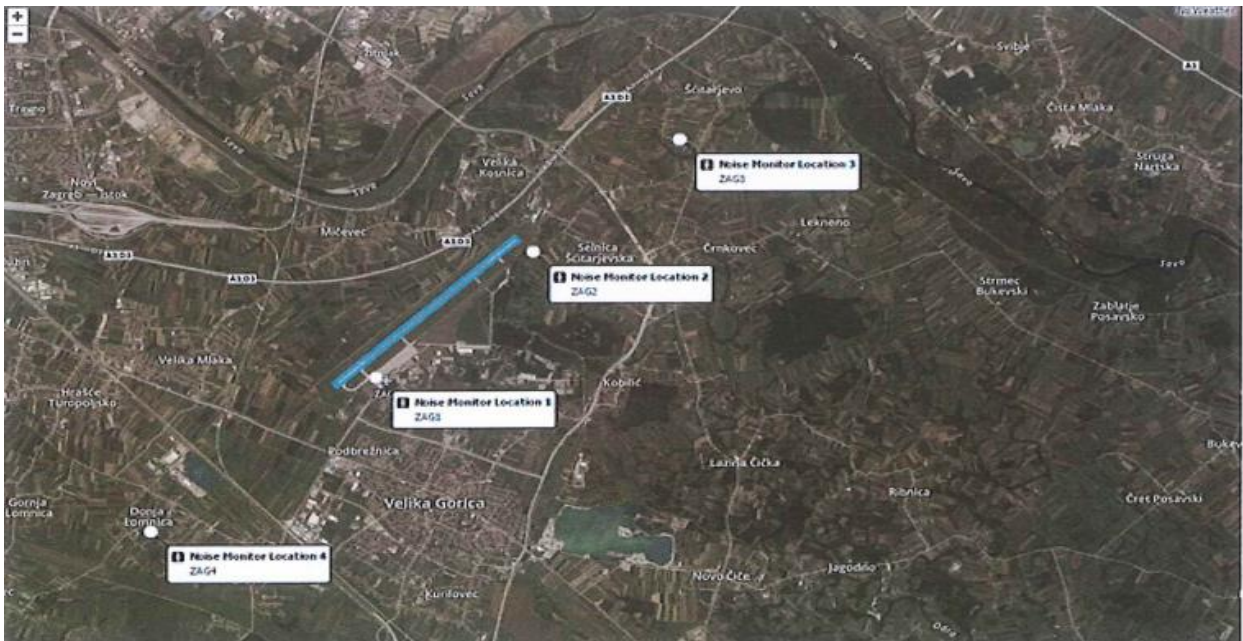


Slika 6. Unutarnji izgled vodootporne kutije za procesiranje podataka o buci sa svim njezinim dijelovima, [12]

Zračna luka Franjo Tuđman je 2011. godine dovršila nadogradnju sustava za praćenje buke, tako da sustav praćenja buke sadrži vezu s radarom Hrvatske kontrole zračne plovidbe, čije su prednosti brzina i točnost obrade podataka o letovima. Na taj način Zračna luka Franjo Tuđman dobiva točne informacije o kretanju zrakoplova u blizini zračne luke i time se omogućuje automatska korelacija operacija slijetanja i uzlijetanja s razinom buke na nadzornim terminalima. Sustav praćenja buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman ima 4 mjerne stanice za nadzor buke:

- NMT 1 se nalazi u blizini praga 05
- NMT 2 se nalazi u blizini praga 23
- NMT 3 se nalazi u blizini naselja Obrezina
- NMT 4 se nalazi u blizini naselja Donja Lomnica [13].

Slika 7 prikazuje položaje mjernih stanica za praćenje buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman.



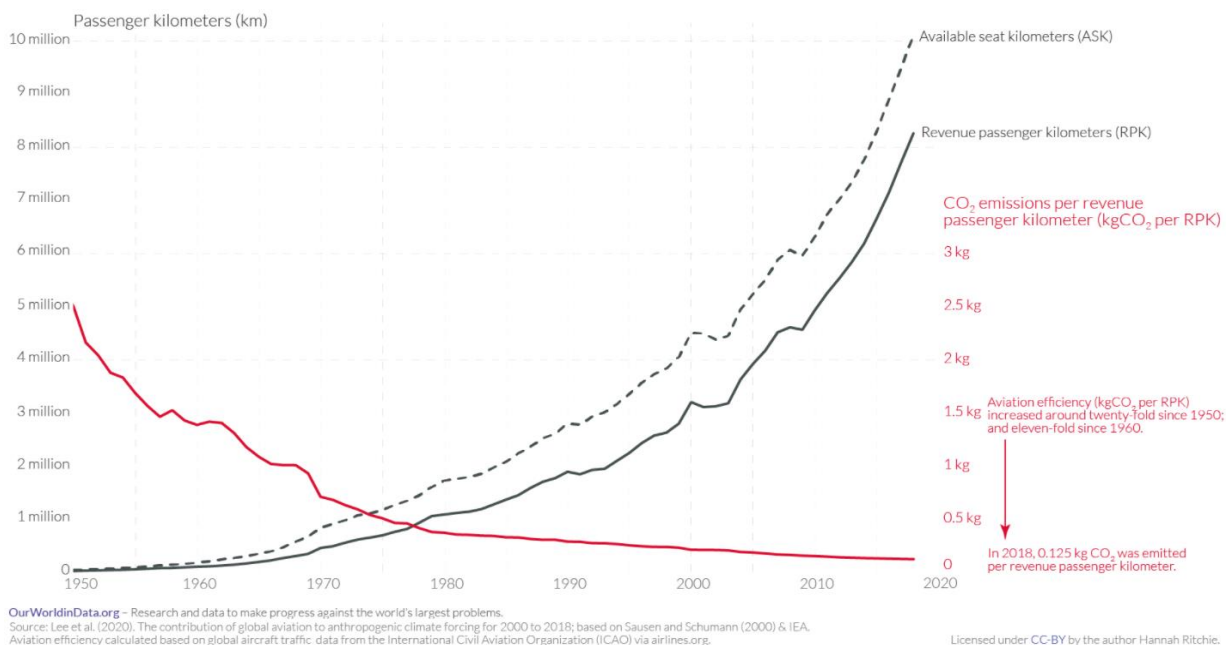
Slika 7. Mjerne stanice za praćenje buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman, [13]

2.2. Ispušni plinovi

Drugi temeljni problem ekologije u zrakoplovstvu su emisije ispušnih plinova. Komercijalni sektor zrakoplovne industrije je vrlo konkurentan. Oko 15.000 zrakoplova opslužuju gotovo

10.000 zračnih luka i prometuje na rutama ukupne duljine 15 milijuna kilometara. Preko 2,2 milijarde putnika leti svjetskim zrakoplovnim prijevoznicima, te je znatno više od trećine svjetskog izvoza prevezeno zrakom. Također, zrakoplovna industrija stvara 32 milijuna radnih mjesta diljem svijeta. No, usprkos ovim velikim brojkama, zrakoplovna industrija ima ozbiljnih problema s klimatskim promjenama. Kako je svakim danom sve više letova tako se stvara i više CO₂. Zrakoplovi su odgovorni za oko 3% ukupnog CO₂ u svijetu, a uzme li se u obzir i ostale štetne plinove koji se stvaraju iz zrakoplova, to bi značilo da je stvarni utjecaj na globalno zatopljenje još i veći (oko 10%) [2].

Globalne emisije u zrakoplovstvu su znatno porasle tijekom posljednjih pola stoljeća. No, zračni promet povećao se još i brže. Od 1950. godine emisije u zračnom prometu su se povećale gotovo sedmerostruko, a od 1960. godine su se utrostručile. Zračni promet povećan je gotovo 300 puta od 1950. godine, te 75 puta od 1960. godine. Taj puno sporiji rast emisija znači da je zrakoplovna industrija doživjela velika poboljšanja. Na grafikonu 3 je prikazan porast globalnog zračnog prometa od 1950. godine, i zrakoplovna učinkovitost mjerena količinom CO₂ emitiranom po prihodu prijeđenog kilometra (eng. *Revenue Passenger Kilometer* - RPK) [14].

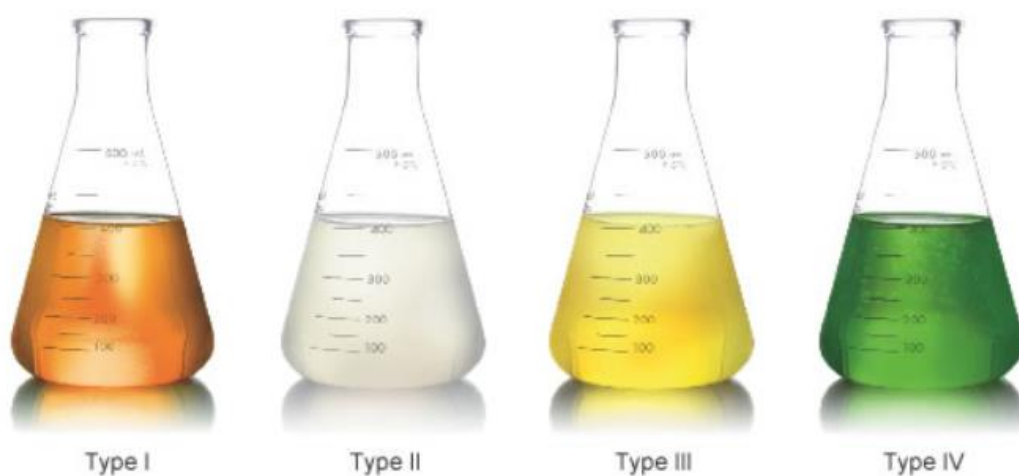


Grafikon 3. Porast globalnog zračnog prometa u odnosu na količinu CO₂ emitiranu po prihodu prijeđenog kilometra, [14]

Iz grafikona 3 je vidljivo kako je u 2018. godini emitirano 0,125 kg CO₂ po RPK, što je u usporedbi sa 50-tim godinama prošlog stoljeća, kada je CO₂ po RPK iznosio oko 2,5 kg znatno manje. Stoga se može zaključiti kako zrakoplovstvo u posljednjih nekoliko desetljeća napreduje u pogledu smanjenja emisija ispušnih plinova, no i dalje je problem daleko od riješenog, te treba nastaviti u ovom smjeru.

2.3. Onečišćenje tla i vode

Utjecaj koji zračna luka ostavlja na okoliš sličan je i utjecajima raznih drugih industrija. Većina studija koje se bave analiziranjem štetnog utjecaja zračnog prometa na okoliš su orijentirane na buku i ispušne plinove, te se manje napora ulaže u ostala zagađenja. No, i ostala zagađenja mogu biti iznimno opasna za okoliš stoga treba detaljno promotriti njihove izvore i djelovati u skladu s time za njihovo smanjenje. Izvori od kojih se mogu onečistiti tlo i voda su skladištenje goriva, odvodnja oborinskih voda u kanalizacijama koja može biti onečišćena od raznih štetnih kemikalija i sredstava, hidranti goriva i punjenje gorivom zrakoplova, atmosfersko taloženje onečišćujućih tvari, sredstva koja se u zimskim uvjetima koriste za zaštitu i odleđivanje zrakoplova od zaleđivanja (slika 8), te skladištenje raznih kemijskih proizvoda koje koristi osoblje na zračnim lukama za održavanje motora i zrakoplova [15].



Slika 8. Četiri različita tipa tekućina za odleđivanje/zaštitu zrakoplova protiv zaleđivanja, [16]

Kako bi se smanjilo zagađenje vode i tla na zračnim lukama potrebno je educirati osoblje o opasnosti koje nepažljivo rukovanje opasnim kemikalijama i sredstvima može ostaviti na okoliš, ne dozvoliti da štetne kemikalije završe u kanalizaciji, pokrenuti razne inicijative kojima će za cilj biti smanjenje onečišćenja okoliša i koje će ekološki osvijestiti ljude, pobrinuti se da se sva opasna sredstva i kemikalije skladište na isparavan način onako kako je i propisano, provoditi kontrolu zaposlenika na tjednoj ili mjesečnoj bazi da se utvrdi da li se pridržavaju propisanih mjera, kažnjavati zaposlenike, putnike i ostale korisnike zračne luke ukoliko se utvrdi da se nisu pridržavali jasno propisanih pravila, te ulagati financijska i druga sredstva u istraživanje i analizu prethodno navedenih izvora zagađenja, kako bi se u budućnosti onečišćenje tla i vode svelo na najmanju moguću mjeru i kako bi se doprinijelo održivom razvoju zračne luke.

3. IZVORI BUKE I EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U ZRAČNOM PROMETU

U drugom poglavlju su detaljno opisani problemi, utjecaj i opasnosti koje zračni promet ostavlja na okoliš i na čovjeka. Stoga je bitno da se pravilno i kvalitetno djeluje protiv ovog gorućeg problema u zrakoplovstvu. Za pravilno i kvalitetno djelovanje je potrebno na isparavan način pristupiti problemu, zato je bitno prvo pažljivo utvrditi i definirati izvore od kojih polaze buka i ispušni plinovi u zračnom prometu. Najveći izvor zagađivanja okoliša u kontekstu zračnog prometa je zasigurno zrakoplov, no zrakoplov nije jedini izvor u zračnom prometu koji ostavlja negativan utjecaj na okoliš. U ovom poglavlju su detaljnije opisani izvori buke i ispušnih plinova u zračnom prometu koji ostavljaju negativan utjecaj na okoliš.

3.1. Izvori buke u zračnom prometu

Izvori buke u zračnom prometu dijele se na:

- izvore na zračnim lukama
- izvore koje generiraju zrakoplovi u letu.

3.1.1. Izvori buke na zračnim lukama

Izvori buke na zračnoj luci proizlaze sa zračne strane (eng. *Airside*) te sa zemaljske strane (eng. *Landside*). Zračna strana obuhvaća operativne površine (uzletno-sletne staze - USS, vozne staze, stajanka), gdje su glavni izvori buke zrakoplovi, vozila koja se koriste za prihvat i otpremu zrakoplova, te infrastrukturni objekti koji proizvode određenu razinu buke. S druge strane, zemaljska strana obuhvaća putničku zgradu, teretni terminal, parkirališta za osobna vozila, te pristupne ceste koje vode do i od zračne luke. Na zemaljskoj strani su glavni izvori buke vozila kojima zaposlenici, putnici, te posjetitelji dolaze i odlaze sa zračne luke (autobusi, taxi prijevoz, osobni automobil). Dva osnovna izvora buke na zračnoj luci su: buka nastala letačkim operacijama, te buka nastala od operacija na zemlji. U oba slučaja polje buke oko zrakoplova se može izračunati ako su dostupni svi podaci (snaga motora, širenje zvuka kroz

atmosferu). Za izračunavanje, odnosno određivanje buke koja proizlazi iz mnogih izvora zračne luke potrebna je velika količina informacija, poput vremena, vrste tla, snage motora, podataka o atmosferi i korištenja USS-a [5].

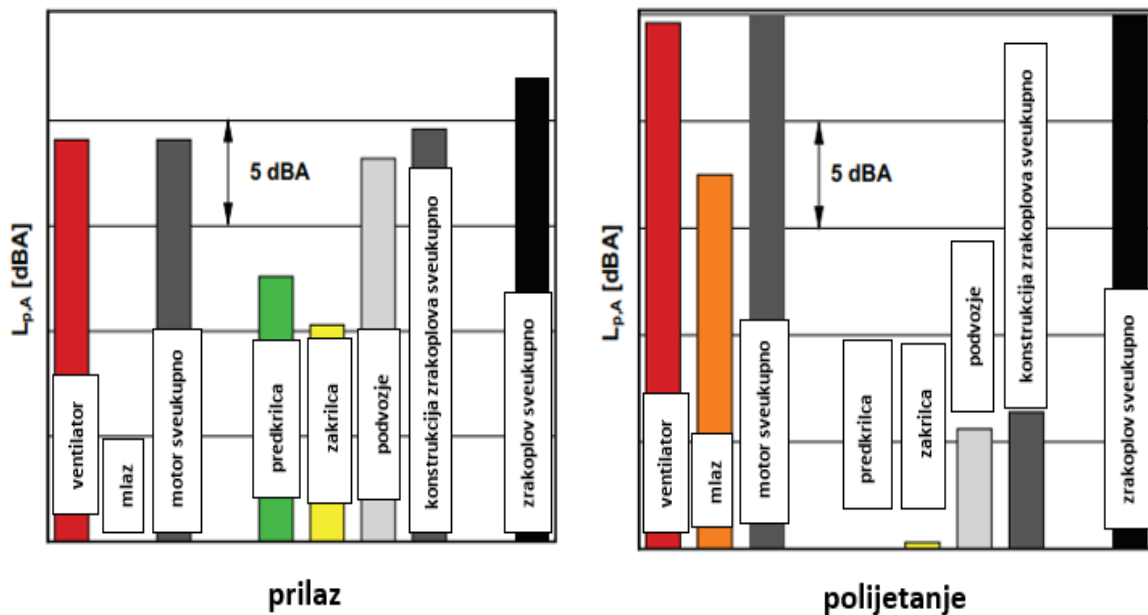
3.1.2. Izvori buke na zrakoplovu

Buka koju stvaraju zrakoplovi može se podijeliti na tri dijela. Prvi se odnosi na buku koja se stvara pogonom zrakoplova, drugi dio je međusobno djelovanje motora i strukture, a treći dio je buka nastala radi strukture zrakoplova. Ovisno o vrsti operacije, buka zrakoplova se može podijeliti na buku koja se javlja u fazi polijetanja ili slijetanja, te na buku na tlu tijekom održavanja i ispitivanja motora, te kretanja po voznim stazama. Glavni izvori buke zrakoplova pri polijetanju dolaze iz ispuha motora, dok se prilikom prilaza većina buke generira zbog usisa zraka. Također, buka nastaje radi konstrukcije zrakoplova, odnosno aerodinamičkih sila na krilu i vrtloga koji se pojavljuju u području krila, trupa i repa zrakoplova. Isto tako, buka se generira i radi upravljačkih površina (predkrilca, zakrilca, kormilo pravca, kormilo visine), koja se ovisno o operaciji pomiču, pri čemu dolazi do strujanja zraka [17]. Na slici 9 nalazi se prikaz svih izvora buke na zrakoplovu.



Slika 9. Izvori buke na zrakoplovu, [17]

Slika 10 prikazuje izvore buke zrakoplova u fazi prilaza i polijetanja.



Slika 10. Procijenjeni prikaz izvora buke na zrakoplovu u prilazu i polijetanju, [18]

Ako se detaljnije pogleda slika može se zaključiti kako u prilazu najveću buku kod zrakoplova stvara konstrukcija zrakoplova, dok se prilikom polijetanja zrakoplova najviše buke generira od samih motora zrakoplova zbog stvaranja iznimno velikog mlaza.

3.2. Izvori emisija ispušnih plinova u zračnom prometu

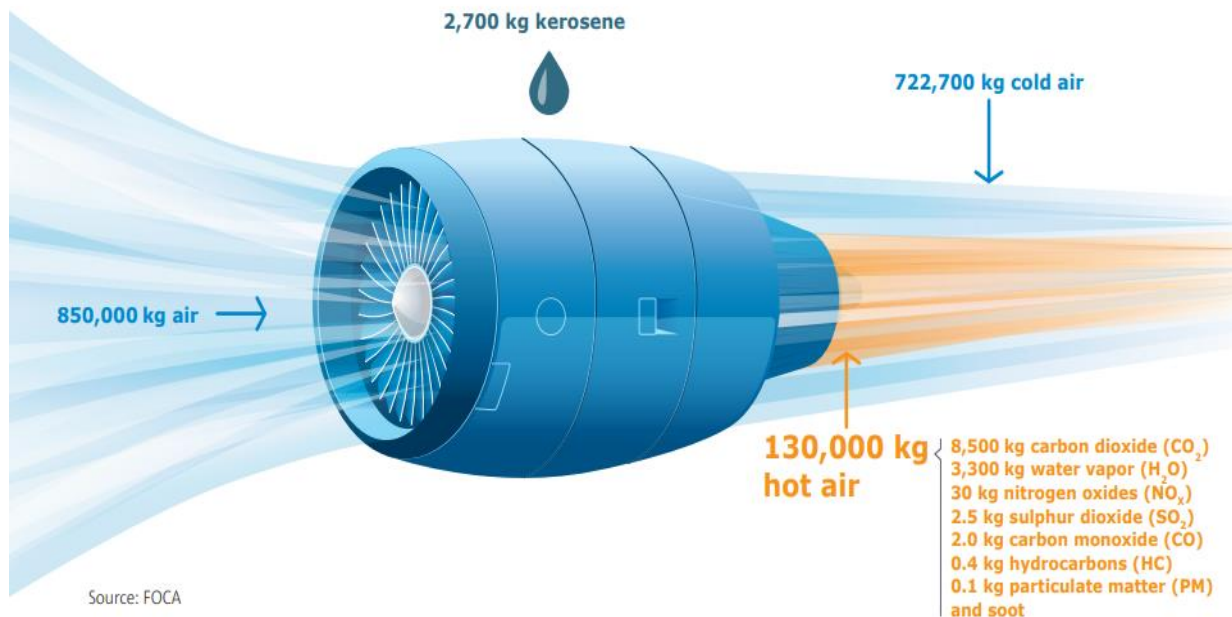
Drugi problem zrakoplovstva u pogledu štetnog utjecaja na okoliš su emisije štetnih ispušnih plinova. Najveći izvor ispušnih plinova je motor zrakoplova, no osim zrakoplovnog motora valja obratiti pažnju i na ostale izvore koji su isto tako relevantni, te koji također mogu negativno utjecati na okoliš i zdravlje čovjeka.

3.2.1. Izvori emisija ispušnih plinova kod motora zrakoplova

Zrakoplovni motori prilikom leta ispuštaju u zrak veći broj štetnih čestica koje imaju negativan utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje. Tako se emitiraju ugljikov dioksid (CO₂), oksidi

dušika i sumpora, vodena para, hidrogenkarbonati i čestice koje se uglavnom sastoje od sumpora iz sumporova oksida i čađe. Te emisije mijenjaju kemijski sastav atmosfere na različite načine, izravno i neizravno [2].

Na slici 11 su prikazani svi štetni ispušni plinovi koje ispušta jedan mlazni motor.



Slika 11. Emisije štetnih ispušnih plinova na mlaznom motoru, [19]

Iz slike 11 na primjeru mlaznog motora može se vidjeti kako motor prilikom svoga rada prvo usisava zrak koji se prilikom ispuha pretvara u vrući zrak koji sadrži razne štetne plinove. Od svih navedenih plinova u najvećoj se količini emitira ugljikov dioksid CO₂ (eng. *Carbon dioxide*), a u najmanjoj čestice od čađe (eng. *Particulate matter and soot*).

3.2.2. Ostali izvori emisija ispušnih plinova

Osim motora koji su prepoznati kao glavni izvor onečišćujućih tvari, postoje i drugi izvori štetnih ispušnih plinova na zračnim lukama, a kojima se ne pridaje tolika pažnja. Tu se svakako može svrstati trošenje guma, kočnica i asfalta te ponovnu suspenziju čestica zbog turbulencija

nastalih kretanjem zrakoplova. Isto tako, postoje jedinice koje pružaju energiju zrakoplovu na tlu kao što su pomoćne pogonske jedinice – APU (eng. *Auxiliary Power Unit*) i jedinice za zemaljsko napajanje – GPU (eng. *Ground Power Unit*). Nadalje, štetan utjecaj na okoliš ima i oprema za zemaljske usluge prihvata i otpreme zrakoplova koja uključuje velik broj vozila, kao naprimjer putničke autobuse, vozila za prijevoz prtljage i catering, vozila za čišćenje i održavanje zrakoplova, odnosno sanitetske usluge, vozila za izguravanje/vuču zrakoplova i ostala oprema za zemaljske usluge - GSE (eng. *Ground Support Equipment*) [20].

Također, prisutni su i drugi izvori, radovi na održavanju, sustavi za grijanje, operacije opskrbe zrakoplova gorivom, kuhinje i restorani za putnike, te svakako i izvori koji nisu unutar same zračne luke, ali na koje zračna luka ima utjecaj, prvenstveno cestovni promet, uključujući privatne automobile, taksije i autobuse za prijevoz ljudi i robe, u i iz zračne luke [20].

4. REGULATORNI OKVIR ZAŠTITE OKOLIŠA U ZRAČNOM PROMETU

U prethodnom poglavlju se ukazalo na ozbiljnost problema štetnog utjecaja zračnog prometa na okoliš. Ovo poglavlje daje pogled na cijeli problem iz pravnog aspekta te tumači zakone koji su doneseni za minimiziranje prvenstveno štetnog utjecaja buke i emisija štetnih ispušnih plinova na okoliš.

4.1. Buka

Propisi koji se odnose na buku zrakoplova definirani su na različitim razinama:

- Međunarodna razina
- Europska razina
- Nacionalna razina [21].

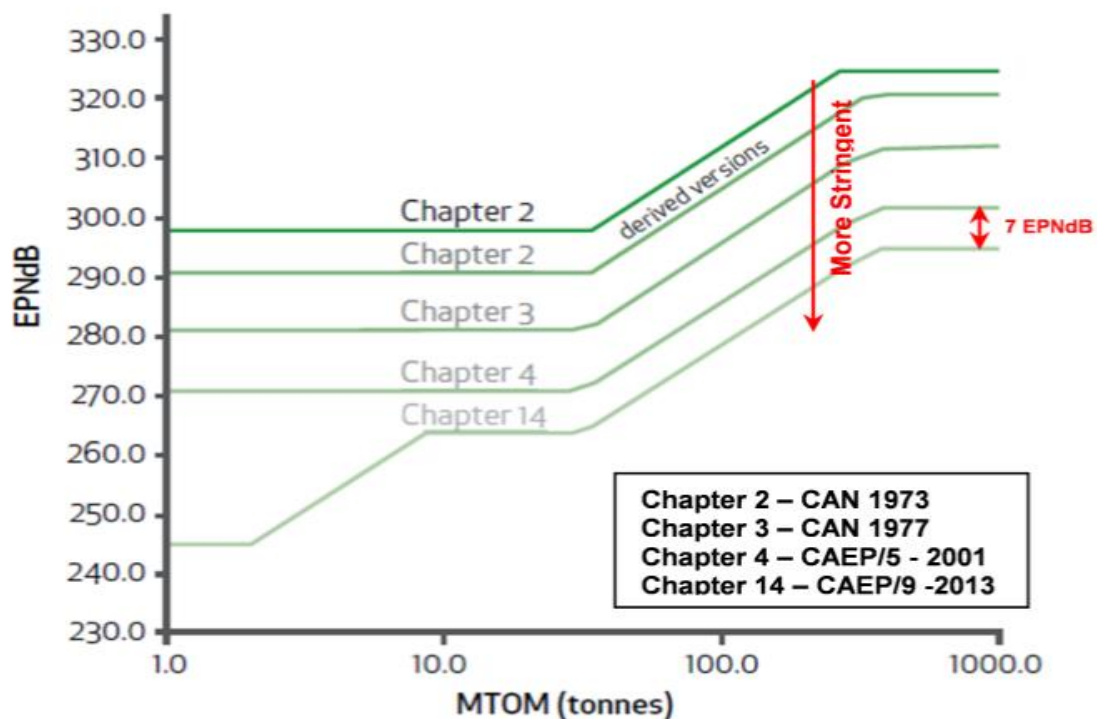
4.1.1. Međunarodna razina

Buka zrakoplova mjeri se u 3 točke kao što je navedeno u 2.1.2. potpoglavlju. Za svaku od 3 točke mjerenja dogovoreno je ograničenje na ICAO razini. Ta ograničenja ovise o težini zrakoplova pri polijetanju i o broju motora. Tijekom godina donesena su nova ograničenja buke uzimajući u obzir smanjenje buke postignuto za pojedine zrakoplove zbog tehnoloških inovacija. To su ICAO poglavlja (eng. *Chapters*) 2, 3, 4 i 14, koja su definirana u ICAO Annexu 16. Ovisno o godini predaje certifikata, zrakoplov se mora pridržavati ograničenja:

- Poglavlje 2: Potvrda o tipu predana prije 6. listopada 1977.
- Poglavlje 3: Potvrda o tipu predana prije 1. siječnja 2006.
- Poglavlje 4: Potvrda o tipu predana prije 31. prosinca 2017.
- Poglavlje 14: Potvrda o tipu predana 31. prosinca 2017. ili kasnije [21].

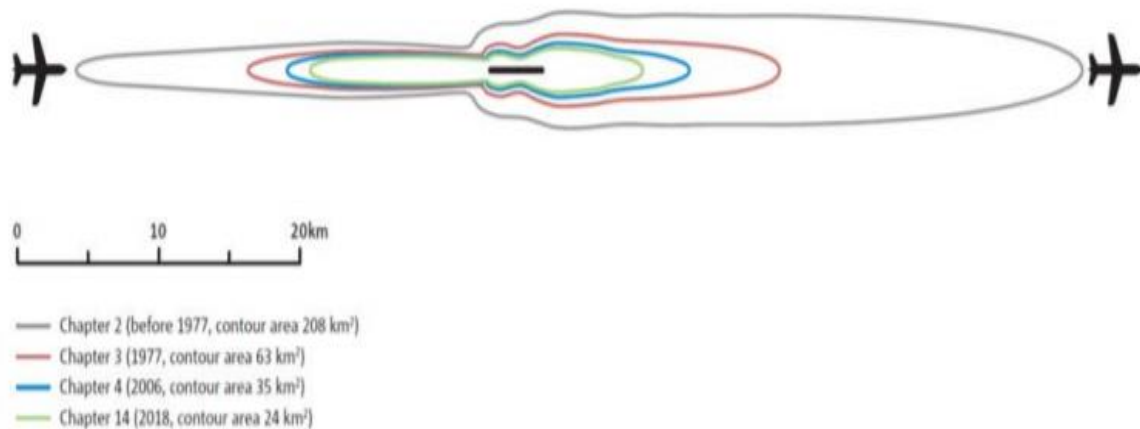
Nakon uvođenja poglavlja 2 u uporabu uvedeni su znatno jači mlazni motor s omjerom premosnice. Ne samo da je ova nova tehnologija donijela poboljšanu učinkovitost potrošnje goriva, već je rezultirala i smanjenjem buke motora. To je omogućilo strože standarde buke

(poglavlje 3). U sljedećim godinama dodatne tehnologije smanjenja buke ugrađene su u dizajn motora i konstrukciju zrakoplova, što je dovelo do postupnih poboljšanja performansi buke zrakoplova, a samim time i do još strožih standarda buke (poglavlje 4). U veljači 2013. godine preporučeno je postrožavanje od 7 dB -a u odnosu na trenutne razine poglavlja 4. Vijeće ICAO-a donijelo je 2014. godine tu preporuku kao novi standard buke za zrakoplove na mlazni i propelerski pogon. Ovaj novi, stroži standard prikazan je na slici 12 (zajedno s prethodnim ICAO standardima buke), i to je glavni ICAO standard za subsoničnu buku zrakoplova na mlazni i propelerski pogon. Primjenjuje se na nove tipove zrakoplova podnesene na certifikaciju 31. prosinca 2017. ili nakon, te 31. prosinca 2020. ili nakon za zrakoplove mase manje od 55 tona. Mjera koja se koristi za certificiranje buke zrakoplova naziva se Efektivna percipirana razina buke (eng. *Effective Percieved Noise Level* – EPNL) i mjeri se u EPN dB. EPNL se ne odnosi na cjelokupnu razinu buke iz zračne luke već procjenjuje razinu buke jednog zrakoplova i definirana je u Aneksu 16 [22], [23].



Slika 12. Progresija ICAO standarda za buku zrakoplova, [22]

Poboljšanja kroz sva 4 poglavlja najbolje se mogu vidjeti na slici 13 koja predstavlja četiri različite konture buke, gdje svaka boja predstavlja područje buke za jedno poglavlje (poglavljje 2, 3, 4 i 14).



Slika 13. Prikaz četiri različite konture buke za područje izloženo buci većoj od 80 dB za četiri zrakoplova od 75 tona, [21]

Na slici 13 se vidi koliko se zapravo buka zrakoplova smanjila od 70-ih godina prošlog stoljeća pa do danas. Prije 6. listopada 1977. godine područje buke je iznosilo 208 km² (poglavljje 2), prije 2006. godine je uključivalo 63 km² (poglavljje 3), prije 31. prosinca 2017. godine je pokrivalo 35 km² (poglavljje 4), te nakon 31. prosinca 2017. godine je doseglo svega 24 km² (poglavljje 14).

Poboljšanja tehnologije pomažu u smanjenju buke zrakoplova, ali je potrebno učiniti više s obzirom da se promet povećava. Problemi s bukom uzrokuju operativna ograničenja na zračnim lukama i protivljenje izgradnji novih zračnih luka ili proširenja postojećih. Iz tih razloga ICAO je usvojio koncept „Uravnoteženog pristupa“ (eng. *Balanced Approach*) kako bi se identificirali problemi s bukom u zračnim lukama, predložila različita rješenja i izbjegle neusklađene politike koje bi mogle dovesti do negativnih rezultata. Ideja „Uravnoteženog pristupa“ je rješavanje problema s bukom na ekološki i ekonomski najodgovorniji način. Dokument sadrži popis principa koji zračnim lukama mogu pomoći da poboljšaju upravljanje bukom, te se sastoji od četiri temeljne točke:

- a. Smanjenje buke na izvoru: Usvajanje standarda za certificiranje buke – odgovornost ICAO-a
- b. Planiranje i upravljanje: Zoniranje područja oko zračnih luka prema razini buke, s dopuštanjem samo određenih aktivnosti unutar tih granica – odgovornost lokalnih i općinskih vlasti
- c. Operativni postupci za smanjenje buke: Modifikacija operacija zrakoplova kako bi se smanjila buka (upotreba određenih USS-a, preferencijalne rute, operativne procedure u polijetanju i slijetanju i sl.). To su najučinkovitije mjere.
- d. Operativna ograničenja: Uključuju postupno ukidanje određenog tipa zrakoplova, policijski sat, ograničavaju korištenje APU-a. Ova ograničenja mogu imati ekonomski utjecaj, pa ih se preporuča koristiti samo kada se ostale mjere ne mogu primjenjivati [21].

Također, „Uravnoteženi pristup“ savjetuje i uporabu sustava praćenja buke. Isto tako, dokument navodi da zračne luke imaju različite probleme u vezi s bukom, različite pristupe u rješavanju problema, te različite ciljeve. Stoga bi svaka zračna luka zasebno trebala utvrditi koji su njezini glavni uzroci problema s bukom i postaviti si ciljeve koji se trebaju postići. Ne smiju postojati različiti ciljevi i procedure za smanjenje buke na zračnoj luci, jer to znači da postoji problem i da sustav nije do kraja usklađen i koordiniran [21].

4.1.2. Europska razina

U Europskom zračnom prostoru zabranjeno je letjeti zrakoplovima koji su usklađeni s poglavljem 2. Također, državama članicama daju se detaljniji propisi u pogledu provedbe ICAO-ovog „Uravnoteženog pristupa“, posebno u primjeni ograničenja buke. Vezano za propise o izloženosti buke građana, države članice dužne su procijeniti razinu buke iz glavnih izvora, obavijestiti javnost i pronaći rješenja za smanjenje buke. Europska Unija ne postavlja granične vrijednosti, ali mnoge države članice utvrđuju nacionalne granice buke znanstvenim studijama o zdravstvenim problemima uzrokovanim izloženošću prekomjernoj razini buke [21].

4.1.2.1. Europska direktiva o buci u okolišu

Europska direktiva o buci u okolišu (2002/49/EC) ima za cilj definirati zajednički pristup namijenjen izbjegavanju, sprječavanju ili smanjenju štetnih učinaka zbog izloženosti buci u okolišu. Direktiva je fokusirana na tri područja:

- 1) Utvrđivanje izloženosti buci u okolišu
- 2) Dostupnost informacija o buci iz okoliša za javnost
- 3) Sprječavanje i smanjenje buke gdje je to potrebno [21].

Direktiva zahtijeva da države članice svakih 5 godina izrade karte konture buke za glavne ceste, željeznice, glavne zračne luke i urbana, odnosno gusto naseljena područja. Također, važno je napomenuti da direktiva ne postavlja granične vrijednosti, a mjere koje treba poduzeti u akcijskim planovima za buku ostaju u nadležnosti svake države članice. Akcijski planovi za buku temelje se na strateškim rezultatima mapiranja buke i imaju za cilj spriječiti i smanjiti buku u okolišu tamo gdje je to potrebno, posebno tamo gdje razina izloženosti može izazvati štetne učinke na ljudsko zdravlje [21].

4.1.2.2. Europska zabrana zrakoplova usklađenih s poglavljem 2

U Europi mlazni zrakoplovi s maksimalnom težinom u polijetanju većom od 34 tone ili s najmanje 19 sjedala moraju biti u skladu s Poglavljem 3 (Direktiva 2002/30/EC). Prema Direktivi, primjenjuju se mala izuzeća. Države članice mogu odobriti zrakoplove usklađene s Poglavljem 2 samo u slučajevima:

- Zrakoplovi koji su od povijesnog interesa
- Zrakoplovi koje je operator države članice koristio prije 1. studenog 1989. godine na temelju ugovora o kupnji ili najmu koji su još uvijek na snazi i koji su u tom kontekstu registrirani u državi nečlanici
- Zrakoplovi iznajmljeni operatoru države koja nije članica

- Zrakoplov koji zamjenjuje uništeni zrakoplov, odnosno zrakoplov koji nije za uporabu, i koji operator ne može zamijeniti nekim sličnim dostupnim zrakoplovom [21].

4.1.2.3. Uredba EU 598/2014

Uredba EU 598/2014 zamjenjuje direktivu 2002/30/EC. Direktiva 598/2014/EC utvrđuje pravila o uvođenju operativnih ograničenja povezanih s bukom na razini europskih zračnih luka. Uredba slijedi smjernice ICAO-ovog „Uravnoteženog pristupa“ upravljanja bukom, te se definirana pravila primjenjuju na sve zračne luke s više od 50.000 operacija godišnje. Na europskoj razini nisu definirana ograničenja buke, ali svaka država članica mora sama definirati te pragove. Odluke koje se mogu primijeniti su operativna ograničenja, poput ograničavanja kretanja, postavljanja ograničenja buke, donošenja policijskog sata tijekom noći, a moraju se temeljiti na neovisnim podacima i odobriti od ostalih država članica i Europske komisije. Direktiva uvodi obvezu praćenja buke putem nadzornih stanica i modeliranje buke. Također, zahtijeva suradnju između operatera, zemaljskog osoblja i kontrole zračnog prometa kako bi se što kvalitetnije utvrdili načini ublažavanja buke [21].

4.1.3. Nacionalna razina

Svaka država članica mora prenijeti propise Europske unije u svoje zakonodavstvo. Vlade su te koje odlučuju koje je nacionalno tijelo nadležno za definiranje ograničenja buke i provedbu međunarodnih i europskih smjernica u pogledu upravljanja bukom. Ono što bi vlada trebala svakako učiniti jest:

- Uvesti u nacionalno zakonodavstvo direktive EU 598/2014 i 2002/49/EC
- Okvirno definirati nacionalni zakon o buci
- Definirati metodologiju mjerenja buke oko zračnih luka
- Definirati ograničenja buke
- Definirati smjernice za smanjenje buke zrakoplova
- Pobrinuti se za kvalitetnu izolaciju zgrada od buke [21].

4.2. Ispušni plinovi

Za provedbu, upravljanje i održavanje ekoloških inicijativa povezanih sa smanjenjem međunarodnih zrakoplovnih emisija, države trebaju razviti ili prilagoditi postojeće organizacijske programe. Ovo potpoglavlje daje pregled regulatornih okvira primjenjivih na međunarodno zrakoplovstvo koje bi države članice trebale uzeti u obzir kako bi djelovale na smanjenju međunarodnih zrakoplovnih emisija [24].

4.2.1. Međunarodna razina

S obzirom na međunarodno područje zrakoplovstva i potrebu za promicanjem sigurnosnih standarda, regulacija zračnog prometa usklađena je na svjetskoj osnovi putem ICAO-a. Iako se ICAO odnosi na međunarodno civilno zrakoplovstvo, većina država također uzima u obzir ICAO-ove standarde i preporučene prakse (eng. *Standards and Recommended Practices - SARP*) i smjernice pri reguliranju svojeg domaćeg zrakoplovstva. Također, provedba međunarodnih mjera za smanjenje emisija imat će korist za nacionalne ciljeve zaštite okoliša država članica. Uz tehničku podršku država i zrakoplovne zajednice, ICAO je razvio SARP-ove za međunarodno civilno zrakoplovstvo. Ti su SARP-ovi priloženi kao dodaci Konvenciji o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu (Čikaška konvencija). Isto tako, ICAO pruža smjernice državama o različitim aspektima međunarodnog civilnog zrakoplovstva [24].

4.2.1.1. Rješenja o smanjenju emisija

ICAO je uspostavio Standarde za buku zrakoplova i emisije zrakoplovnih motora (Prilog 16 – Zaštita okoliša, Svezak I – Zrakoplovna buka, Svezak II – Emisije zrakoplovnih motora i Svezak III – Emisije CO₂ od zrakoplova), te Standarde i postupke za operativne mjere u polijetanju i slijetanju. U listopadu 2016. godine na 39. zasjedanju Skupštine ICAO-a došlo je do značajnih prekretnica u rješavanju problema zrakoplovnih emisija. Tu su bile uključene Rezolucije Skupštine:

- A39-1, Konsolidirani izvještaj o kontinuiranim ICAO politikama i praksama vezanim uz zaštitu okoliša – Opće odredbe, buka i lokalna kvaliteta zraka,
- A39-2, Konsolidirani izvještaj o kontinuiranim ICAO politikama i praksama vezanim uz zaštitu okoliša – Klimatske promjene,
- A39-3, Konsolidirani izvještaj o kontinuiranim ICAO politikama i praksama vezanim uz zaštitu okoliša – Shema mjera na globalnom tržištu [24].

Globalni ciljevi za međunarodni zrakoplovni sektor poput poboljšanja učinkovitosti goriva za 2% godišnje od 2020. godine i zadržavanja emisije ugljika od 2020. godine na istoj razini usvojeni su 2010. godine i potvrđeni na ICAO-ovom 39. zasjedanju Skupštine [24].

4.2.1.2. Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu - CAEP

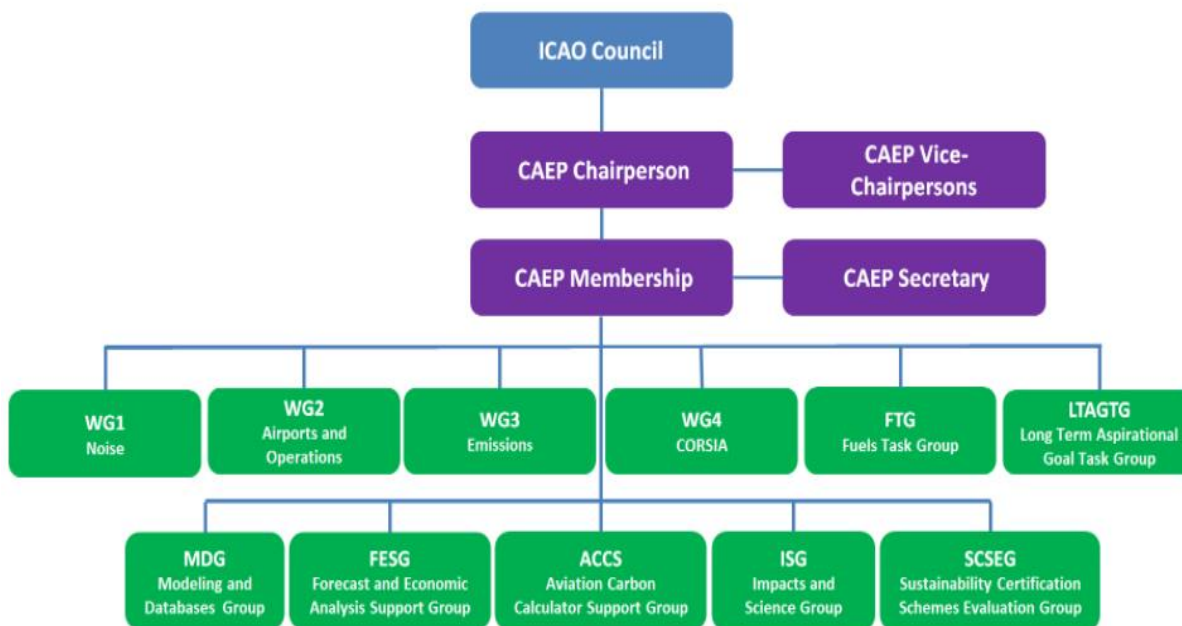
ICAO-ov odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu (eng. *Committee on Aviation Environmental Protection – CAEP*) je ključan u radu cijele Organizacije. Kao dio odbora Vijeća ICAO-a, CAEP pomaže Vijeću u razvoju novih politika i SARP-ova povezanih s bukom i emisijama zrakoplova, i općenito s utjecajima na okoliš u zrakoplovstvu. CAEP se sastoji od 30 članova i 22 promatrača, te okuplja više od 600 međunarodnih stručnjaka iz svih područja povezanih sa zrakoplovstvom i okolišem kako bi ispitali učinkovitost i pouzdanost pitanja zaštite okoliša kojima se bave ICAO i njegove države članice. Pitanja koja CAEP evaluira uključuju certificiranja zrakoplova, emisije zrakoplovnih motora, razvoj i primjenu održivih zrakoplovnih goriva, operativne mjere i naknade povezane s emisijama [24], [25].

Aktivnosti CAEP-a:

1. Radna skupina 1 (eng. *Working Group 1 - WG1*): Tehnička pitanja buke zrakoplova
2. Radna skupina 2 (WG2): Bavi se problemima buke i emisija zrakoplova povezanim sa zračnim lukama i operacijama
3. Radna skupina 3 (WG3): Tehnička pitanja o emisijama

4. Radna skupina 4 (WG4): CORSIA (eng. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) – Shema za nadoknadu i redukciju ugljika za međunarodno zrakoplovstvo
5. Skupina za gorivo (eng. *Fuel Task Group* - FTG): Bavi se pitanjima vezanim za zrakoplovna goriva
6. Grupa za modeliranje i baze podataka (eng. *Modelling and Databases Group* - MDG): Podrška aktivnostima ostalih CAEP skupina i održavanje baza podataka o kretanju, floti i populaciji.
7. Grupa za podršku u prognoziranju i ekonomskim analizama (eng. *Forecasting and Economic Analysis Support Group* – FESG): Glavna zadaća je razvijanje i održavanje baza podataka potrebnih za obavljanje ekonomske analize.
8. Grupa za podršku zrakoplovnom kalkulatoru (eng. *Aviation Carbon Calculator Support Group* – ACCS): Ova grupa je usredotočena na razvoj i ažuriranje ICAO-ovog kalkulatora ugljika, koji se temelji na nepristranoj i transparentnoj metodologiji za izračunavanje emisija CO₂ u putničkom zračnom prijevozu
9. Znanstvena grupa (eng. *Impacts and Science Group* – ISC): Pružanje najboljih mogućih informacija o utjecajima zrakoplovstva na klimu, kvalitetu zraka i pitanja buke
10. Skupina za ocjenjivanje shema certificiranja održivosti (eng. *Sustainability Certification Schemes Evaluation Group* – SCSEG): Ocjenjuje sheme certificiranja održivosti u okviru CORSIA-e
11. Skupina za dugoročne ciljeve (eng. *Long-term Global Aspirational Goal Task Group* – LTAGTG): Pruža tehničku podršku u određivanju izvedivog dugoročnog cilja za smanjenje emisija CO₂ u međunarodnom civilnom zrakoplovstvu [25].

Sve prethodno opisane radne skupine i grupe su ključne u cijelom procesu razvijanja novih politika i definiranja smjernica za smanjenje buke i emisija zrakoplova jer pokrivaju različita područja i pitanja, te se na njima temelji cijela organizacija CAEP-a kao što je vidljivo na slici 14 koja prikazuje cijelu strukturu Organizacije.



Slika 14. Struktura CAEP-a, [25]

4.2.1.3. Airport Carbon Accreditation Programme

Zračne luke mogu svoje emisije CO₂ rješavati na razne načine. To može uključivati bolju energetska učinkovitost, prelazak na zelene izvore energije, ulaganje u električna vozila, educiranje zaposlenika, poticanje zaposlenika, putnika i posjetitelja na korištenje javnog prijevoza, komunikaciju sa zrakoplovnim prijevoznicima, upravljanjem prometa na zračnoj strani kako bi se smanjilo taksiranje zrakoplova na najmanju moguću mjeru, implementiranje postupaka u polijetanju i slijetanju, te kroz Program upravljanja ugljikom za zračne luke (eng. *Airport Carbon Accreditation Programme* - ACAP) [26].

ACAP je preporuka, te je jedini institucionalno odobren, globalni program koji je osmišljen kako bi smanjio štetan utjecaj ugljika na zračnim lukama. Prepoznaje napore zračnih luka za smanjenjem emisija ugljika kroz 6 razina certificiranja:

1) Mapiranje:

- oznaka žute boje
- utvrđivanje izvora na zračnoj luci
- izračunavanje godišnjih emisija ugljika



- sastavljanje izvještaja o otisku ugljika

2) Smanjenje:

- oznaka narančaste boje
- ispuniti zahtjeve 1. razine certificiranja
- navesti dokaze o učinkovitim postupcima upravljanja ugljikom
- pokazati da je došlo do smanjenja ugljika u usporedbi s prethodnim godinama



3) Optimizacija:

- oznaka svijetlo zelene boje
- ispuniti zahtjeve 1. i 2. razine certificiranja
- proširiti opseg svojeg ugljičnog otiska tako da uključuje emisije ciklusa polijetanja i slijetanja te emisije iz poslovnih putovanja osoblja
- predstaviti dokaze o suradnji s trećim stranama za smanjenje emisija ugljika na zračnim lukama



4) Neutralnost:

- oznaka tamno zelene boje
- ispuniti zahtjeve 1., 2. i 3. razine certificiranja
- nadoknaditi preostale emisije ugljika nad kojima zračna luka ima kontrolu



5) Transformacija:

- oznaka svijetlo plave boje
- razviti dugoročnu strategiju upravljanja ugljikom, usmjerenu na apsolutno smanjenje emisija ugljika



- dokazati da zračna luka aktivno usmjerava treće strane prema smanjenju emisija

6) Tranzicija:

- oznaka tamno plave boje
- ispuniti zahtjeve 5. razine certificiranja
- nadoknaditi preostale emisije ugljika nad kojima zračna luka ima kontrolu [27], [28].



Da bi se zračna luka prijavila za certifikaciju na jednoj od 6 razina programa, mora provjeriti otisak ugljika u skladu ISO:14064 od strane jednog verifikatora koje je odobrio administrator programa. Dokaz o tome mora se dostaviti administratoru zajedno sa svim zahtjevima u vezi s postupcima upravljanja ugljikom koji se također moraju provjeriti. Kada je sva dokumentacija koju zračna luka isporuči ispravna, administrator programa izdaje potvrdu o akreditaciji [26].

4.2.2. Europska razina

Emisije CO₂ iz zrakoplovstva uključene su u EU sustav trgovanja emisijama (eng. *EU Emission Trading System* – EU ETS) od 2012. godine. Prema EU ETS-u, sve zrakoplovne tvrtke koje posluju u Europi, kako europske tako i neeuropske, moraju nadzirati, izvještavati i provjeravati svoje emisije. Zakon, donesen 2008. godine, je strukturiran tako da se odnosi na emisije iz letova u i iz Europskog gospodarskog prostora (eng. *European Economic Area* - EEA), kojeg čine države članice EU, plus Island, Lihtenštajn i Norveška. Europski sud pravde potvrdio je da je ovaj pristup kompatibilan s međunarodnim pravom [29].

EU je odlučio zbog međunarodnog i industrijskog pritiska ograničiti opseg EU ETS-a na letove unutar EEA-a do 2016. godine, kako bi podržao razvoj globalne mjere koju provodi ICAO. U kontekstu usvajanja Rezolucije od strane ICAO-ove skupštine 2016. godine o globalnoj mjeri, EU je odlučio zadržati zemljopisni opseg EU ETS-a ograničen na letove unutar EEA-a od 2017. godine nadalje. EU ETS bit će promotren u kontekstu međunarodnih zbivanja povezanih s operacionalizacijom Shema za smanjenje ugljika za međunarodno zrakoplovstvo (eng. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* – CORSIA). Međutim, CORSIA nije

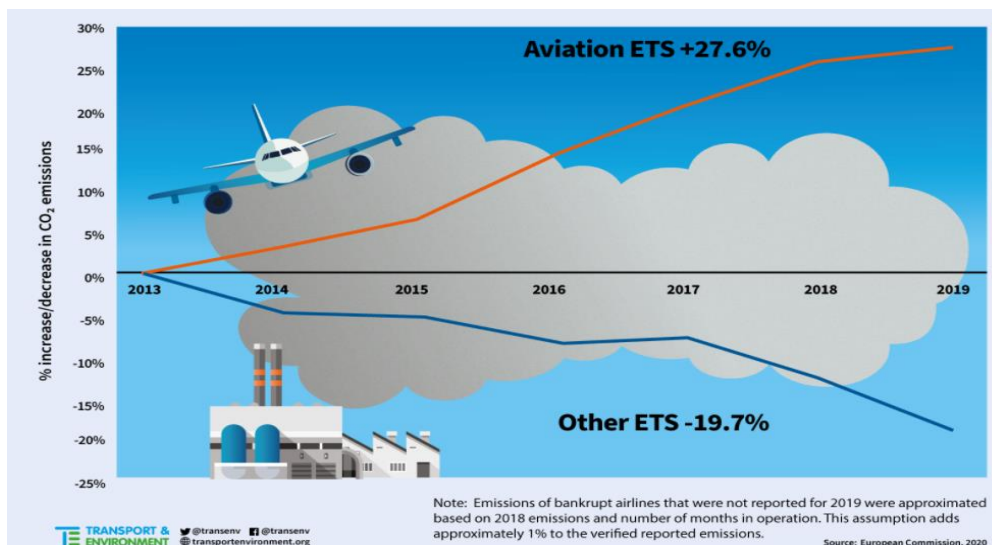
jasno definirana, i njezin je integritet nepoznat, te mnogi sumnjaju u njezinu učinkovitost. Stoga, izuzeće letova za i iz Europe je produženo do 2024. godine, do kada će biti jasnije kako bi CORSIA trebala raditi [29], [30].

4.2.2.1. Funkcioniranje EU ETS-a

Svake godine zagađivači moraju predati određeni broj dozvola ekvivalentnih količini CO₂ koju su emitirali u prethodnoj godini. Te dozvole zagađivači stječu sustavom godišnje dodjele, a neke države članice ih čak izdaju i besplatno. Ako zagađivači nemaju dovoljno dozvola za oslobađanje emisija iz prethodne godine, mogu kupiti dodatne dozvole na dražbi ili od drugih tvrtki koje imaju višak. EU postavlja maksimalnu granicu emisija CO₂ koje se mogu emitirati na način da ograniči broj dozvola dostupnih na tržištu. Posljedično tome, cijene dozvola rastu, čime se zagađivače potiče da smanje utjecaj emisija [30].

4.2.2.2. Zrakoplovstvo u usporedbi s ostalim sektorima u EU ETS-u

Emisije iz zrakoplovstva porasle su 1,5% u 2019. godini na rutama unutar Europe. Rast od 1,5% uspoređuje se sa smanjenjem od 8,9% u ostalim sektorima obuhvaćenih EU ETS-om, što ukazuje na to da će zrakoplovstvo i dalje rasti u udjelu ukupnih emisija u EU-u [31]. Na slici 15 je prikazan rast emisija u zračnom prometu u odnosu na ostale sektore.



Slika 15. Usporedba emisija zračnog prometa i ostalih sektora u EU ETS, [31]

Kao što je vidljivo na slici 15 emisije zračnog prometa su se od 2013. godine povećale za 27,6%, dok su se emisije ostalih sektora smanjile za 19,7%.

4.2.3. Nacionalna razina

Nacionalni programi za smanjenje zrakoplovnih emisija CO₂ zahtijevaju upute nacionalne vlade kao dio nacionalne politike zaštite okoliša. Ovu politiku tada može provoditi tijelo civilnog zrakoplovstva razvijajući programe za rješavanje problema s okolišem u zračnom prometu. Nacionalni stručnjaci za civilno zrakoplovstvo mogu koordinirati s ICAO-om na relevantnim SARP-ovima i surađivati s vladinim i industrijskim partnerima kako bi lakše planirali i provodili aktivnosti nužne za zaštitu okoliša. Za razvoj i provedbu državnih akcijskih planova države trebaju imenovati odgovornu osobu za razvoj plana i interakciju s relevantnim dionicima [24].

4.2.3.1. Nacionalna politika za smanjenje emisija

Nacionalnu politiku prvo treba proučiti i protumačiti osoblje u vladi za civilnu zrakoplovstvo, tako da je nadležno tijelo može učinkovito provoditi. Ažuriranja iz ICAO-a dostavljala bi se putem predstavnika međunarodne agencije nacionalnih vlada, odgovarajućim nacionalnim tijelima na koje se to odnosi (promet, ekonomija, okoliš i energija). Menadžeri svakog od ovih odjela pojasnili bi učinke ICAO-a i drugih međunarodnih sporazuma koje je nacionalna vlada izvršila na njihove postojeće programe i dobili bi smjernice o tome kako bi trebalo izmijeniti nacionalnu politiku, programe i aktivnosti. Menadžeri bi tada surađivali s tehničkim osobljem kako bi razvili i priopćili te programe na uvid vladinim donositeljima odluka [24].

4.2.3.2. Međuresorna suradnja agencija unutar nacionalne vlade

Sporazumi za provedbu zrakoplovnih programa zaštite okoliša zahtijevaju sudjelovanje nekoliko različitih agencija unutar nacionalne vlade. Iako je nadležno tijelo za civilno zrakoplovstvo ključno, također se mora koordinirati i dobiti podršku od drugih povezanih

agencija koje imaju interesa. Koordinacija među agencijama poboljšat će planiranje u vidu smanjenja emisija CO₂ i provedbe programa. Postoje neke specifične prakse koje mogu olakšati međuresornu suradnju na smanjenju emisija CO₂. To može biti redovita koordinacija s drugim odjelima za prijevoz (npr. javni prijevoz, pomorski prijevoz) radi utvrđivanja zajedničkih politika i mjera koje mogu unaprijediti nacionalne i međunarodne ciljeve smanjenja emisija CO₂. Isto tako, vodeći ljudi u prometu mogu angažirati energetske agencije kako bi diskutirali o reformi koja bi bila od koristi međunarodnom zrakoplovstvu, drugim načinima prijevoza i široj mreži energetske infrastrukture i njezinim korisnicima [24].

4.2.3.3. Tim nacionalnog akcijskog plana

Nacionalni tim za akcijski plan treba se sastojati od predstavnika vlasti za civilno zrakoplovstvo čije znanje i iskustvo može pridonijeti izradi i provedbi Akcijskog plana. Također, sudjelovanje predstavnika pojedinih zračnih luka koji redovito rade u tim tehničkim područjima može biti od velike pomoći kako bi se osiguralo da planiranje bude u skladu s trenutnom praksom i planiranim inicijativama. Isto tako, službenici ministarstva prometa su potrebni pri koordinaciji mjera za smanjenje međunarodnih zrakoplovnih emisija s ostalim sektorima nacionalnog prometnog sustava [24].

Stručno osoblje uključeno u nacionalnu energetske politiku također mora biti dio tima kako bi olakšalo komunikaciju povezanu s ciljevima smanjenja emisija i mogućnosti za razvoj tehnologija s niskom razinom ugljika. Također, zrakoplovne tvrtke i tvrtke za pružanje zemaljskih usluga moraju biti angažirane, jer su usko povezane sa zrakoplovima i zrakoplovnim operacijama te imaju informacije iz prve ruke o stanju emisija zrakoplova. Kao sastavni dio tima bi trebale biti i tvrtke za energetske tehnologije koje djeluju u regiji, jer one mogu pružiti informacije o razvoju niskog udjela ugljika i inicijativama koje bi mogle pomoći u povećanju sudjelovanja na privatnom tržištu. Potrebno je isto tako angažirati i organizacije za zaštitu okoliša i zajednice, jer one mogu dati svoj doprinos s aspekta komunikacije s javnošću i ukazivanjem na probleme koje štetne emisije ispušnih pinova ostavljaju na okoliš i čovjeka [24].

Kao preduvjet uspješne i kvalitetne suradnje, potrebno je da su svi sudionici tima educirani i osviješteni o problemu koje zrakoplovstvo ostavlja na okolinu, te je iznimno bitno da djeluju

usklađeno, koordinirano, sa visokim stupnjem pozitivne energije, te da imaju isti cilj, jer jedino tako se mogu postići željeni rezultati.

5. KOMPARATIVNA ANALIZA KONVENCIONALNIH PROCEDURA ZA POLIJETANJE I SLIJETANJE U ODNOSU NA PROCEDURE U CILJU ZAŠTITE OKOLIŠA

Postoji podosta načina za smanjenje buke i ispušnih plinova u zračnom prometu. Jedno od glavnih rješenja je korištenje operativnih procedura u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša. Te procedure se razlikuju od konvencionalnih procedura u polijetanju i slijetanju u tome što se na ekonomičniji način upravlja sa zrakoplovom. Detaljna usporedba konvencionalnih procedura sa operativnim procedurama u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša je detaljno opisana ovom poglavlju.

5.1. Rješenja zračne luke u svrhu smanjenja štetnog utjecaja zrakoplova na okoliš

Zračne luke mogu definirati svoja pravila za rješavanje problema buke, slijedeći načela „Uravnoteženog pristupa“ ili pravila koja prethode ovoj uredbi. Aerodromi koji su u blizini naseljenih područja primjenjuju naknade za buku kako bi zračni prijevoznici smanjili ukupnu buku koja utječe na njihovu okolinu i broj ljudi pogođenih visokom razinom buke, te kako bi destimulirale korištenje starih i bučnih zrakoplova te noćnih letova. Prema preporukama ICAO-a, svaki prihod od naknada za buku trebao bi se koristiti za financiranje mjera za ublažavanje ili prevenciju buke [21].

5.1.1. Regulatorni postupci za uzlijetanje i slijetanje

Nakon polijetanja i prije slijetanja zrakoplovi moraju slijediti unaprijed definirane rute kako bi se postigao siguran, učinkovit i brz promet. Te rute se nazivaju Standardni polazak korištenjem instrumenata (eng. *Standard Instrument Departure* – SID) i Standardna ruta dolaska (eng. *Standard Terminal Arrival Route* – STAR). SID i STAR imaju za cilj sprječavanje konflikata u prometu korištenjem određenih usmjeravanja, razina, ograničenja brzine i kontrolnih točaka. Ove rute se osim za upravljanje zračnim prostorom koriste i za optimizaciju polijetanja i smanjenje buke. SID i STAR se razlikuju ovisno o USS-i, odredištu i vremenu.

Sastoje se od brojnih putnih točaka, profila uspona koje treba slijediti i uključuju upute treba li pilot prijeći određene točke na većoj ili manjoj visini [21], [32].

Isto tako, ICAO preporuča da se koriste postupci za smanjenje buke, kao što su preferencijalne rute, te operativne procedure u polijetanju i slijetanju, čime se dokazuje da se ne ugrožava sigurnost i da Kontrola zračnog prometa može prilagođavati postupke s minimalnim ili nikakvim utjecajem na kapacitet zračne luke i bez opterećenja kontrolora [21].

5.1.2. Sheme i odgovori za ograničavanje buke

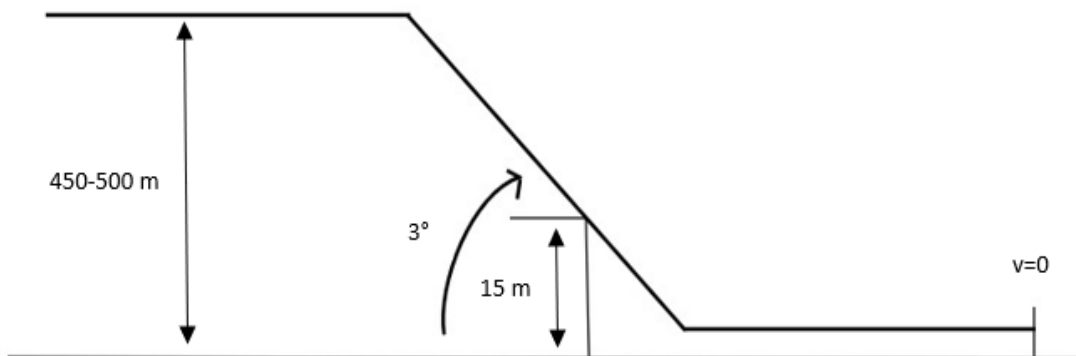
Nadležna tijela (najčešće lokalna samouprava) mogu postaviti ograničenja buke, koja se odnose na sve izvore buke pod njihovom jurisdikcijom. Sama zračna luka može dobrovoljno proglasiti ograničenja buke kao dio svoje predanosti angažmanu s lokalnom zajednicom. U Europi je sve više uobičajeno da zračne luke implementiraju i koriste sustave za održavanje buke koji pružaju, na različitim razinama, način praćenja i upravljanja nastalom bukom od letova u i iz zračne luke (eng. *Noise and Track Keeping systems* – NTK). Posjedujući takav sustav, zračna luka može nadzirati razinu i distribuciju buke i time je u mogućnosti upravljati bukom zrakoplova do određene razine i bolje odgovoriti na probleme zajednice uzrokovane bukom [21].

Većina zračnih luka koristi NTK sustav za provođenje maksimalnih ograničenja buke, te za provjeru naknada povezanih s bukom. Trenutno ne postoje dogovoreni standardi za kažnjavanje bukom. Primjenu kazni u vezi sa NTK sustavom treba provoditi pažljivo, te uzeti u obzir okolnosti u kojima se buka stvara, a koje su izvan pilotove kontrole. Isto tako, treba osigurati da kazne budu proporcionalne i da zračne ne profitiraju od kazni. Učinkovita upotreba NTK sustava treba biti zajednički dogovorena sa svim dionicima ili poduprta posebnom regulativom [21].

5.2. Usporedna analiza *Drive and Dive* postupka i *Continuous Descent Approach* postupka

5.2.1. *Drive and Dive* postupak

U cilju razumijevanja operativnih procedura u slijetanju za smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, potrebno je prvo razumjeti *Drive and Dive* postupak, odnosno standardni postupak u slijetanju. Standardni postupak u slijetanju započinje tako da zrakoplov prvo leti na visini od 450 – 500 m. Na toj visini pilot lovi signal od određenog sustava koji služi za navođenje zrakoplova duž osi staze (eng. *Localizer*). U sljedećoj fazi operacije pilot sa zrakoplovom započinje poniranje pod kutom od 3 stupnja, te time zrakoplov dolazi na prag USS-e na visini od 15 m, nakon toga počinje slijetanje, ujedno i zadnja faza u cijeloj operaciji. Da bi se ovaj postupak mogao izvesti potrebno je pojačati potisak na samom motoru, što ima za posljedicu veću buku, pa samim time ova metoda nije preporučljiva za svakodnevno korištenje [8]. Na slici 16 se nalazi prikaz *Drive and Dive* postupka.

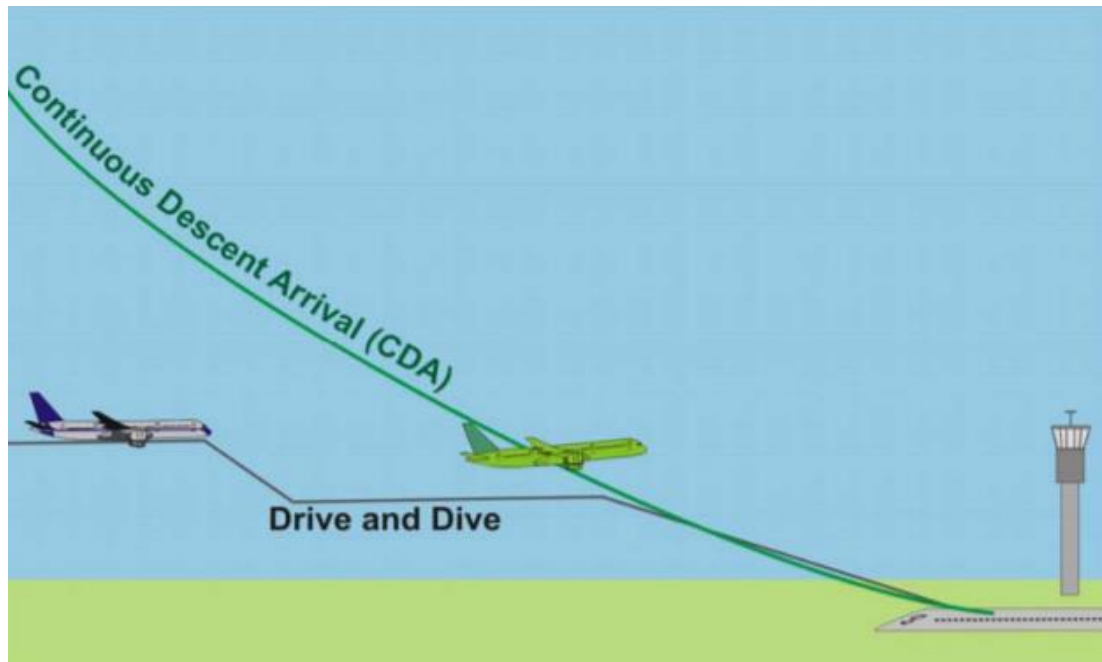


Slika 16. *Drive and Dive* postupak, [8]

5.2.2. *Continuous Descent Approach* postupak

Kontinuirano spuštanje zrakoplova (eng. *Continuous Descent Approach* - CDA) je postupak koji odgađa početak spuštanja zrakoplova s visine krstarenja, odnosno započinje spuštanje zrakoplova s veće visine nego standardan postupak. Prednost ovog postupka je u tome što je motor tijekom cijelog ovog postupka u gotovo idealnom načinu rada. Upravo to i daje

određene prednosti u odnosu na standardan postupak, kao što su: značajno smanjenje buke, smanjena potrošnja goriva, a time i manje emisije ispušnih plinova, te se može primijeniti na bilo koji tip zrakoplova. Jedini uvjeti koje ovaj postupak zahtijeva su osposobljavanje pilota za primjenu ovog postupka, te odgovarajuća oprema koju moraju posjedovati zračna luka i kontrola leta, a koja je potrebna za realizaciju ovog postupka [13]. Na slici 17 je prikazana razlika između *Drive and Dive* postupka i CDA postupka.



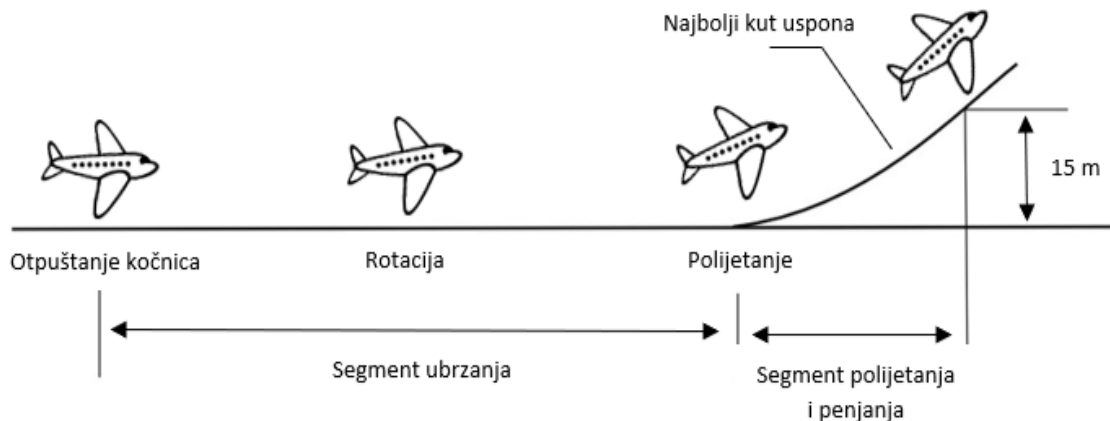
Slika 17. Razlika između *Drive and Dive* postupka i CDA postupka, [33]

5.3. Usporedna analiza standardnog postupka u polijetanju i *Continuous Climb Operation* postupka

5.3.1. Standardni postupak u polijetanju

Polijetanje za obučenog i iskusnog pilota ne bi trebalo predstavljati problem, no to je složena operacija zrakoplova koja zahtijeva pripremu, organizaciju, točnost i kvalitetnu komunikaciju sa kontrolnim tornjem. Operacija započinje tako da pilot poravna zrakoplov na središnjoj liniji USS-e. Nakon što zrakoplov postavi s USS-om, pilot čeka odobrenje za polijetanje. Kada dobije odobrenje, pilot pokreće zrakoplov i ubrzava punom snagom. Pilot drži zrakoplov na zemlji sve dok ne postigne optimalnu brzinu za polijetanje. Nakon što zrakoplov postigne optimalnu brzinu, pilot započinje polijetanje. U tom trenutku pilot mora osigurati da se zrakoplov penje

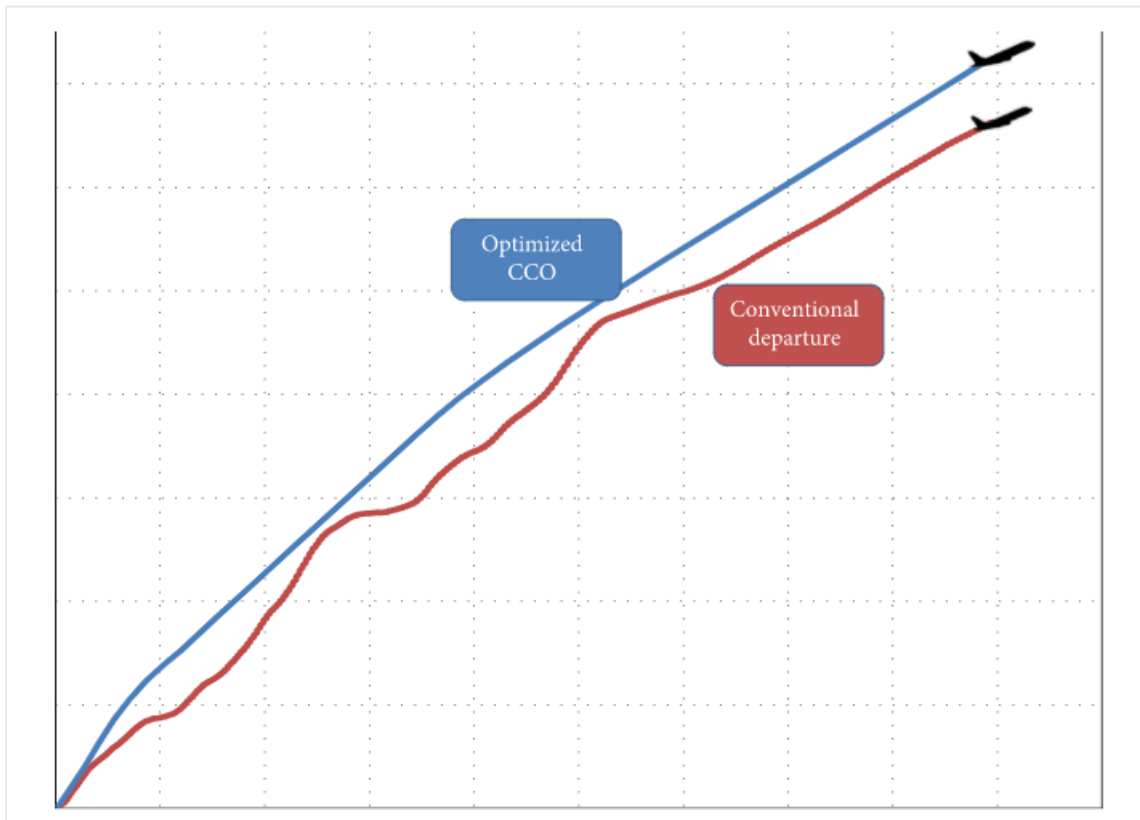
pod ispravnim kutom i s optimalnom brzinom. Zatim je potrebno pričekati da zrakoplov postigne sigurnu visinu kako bi se mogla promijeniti konfiguracija upravljačkih površina te kako bi se mogla usmjeriti brzina uspona [34], [35]. Na slici 18 je prikazan standardni postupak u polijetanju.



Slika 18. Standardni postupak u polijetanju, [36]

5.3.2. *Continuous Climb Operation* postupak

Kontinuirana operacija uspona (eng. *Continuous Climb Operation* – CCO) je postupak koji omogućava kontinuirano penjanje nakon napuštanja USS-e pod optimalnim kutom uspona kao u fazi slijetanja. CCO postupak se primjenjuje na način da se na 1.500 ft iznad razine tla smanjuje snaga, ali se zrakoplov svejedno nastavlja penjati s minimalnom brzinom do visine od 3.000 ft. Tek se na toj visini uspon smanjuje. Prednosti CCO postupka u odnosu na standardan postupak se vide u izbjegavanju vodoravnog segmenta prilikom penjanja. Naime, u uobičajenom postupku, nakon određene visine, zrakoplov se na određeno vrijeme postavlja u vodoravan položaj, a nakon toga se ponovno počinje penjati. U tom vodoravnom položaju se stvara određena buka prema naselju ispod zrakoplova. Kada primijenimo CCO postupak, zrakoplov se kontinuirano penje te prelazi u vodoravan položaj tek kada dosegne visinu na kojoj buka više ne može utjecati na naseljena područja ispod zrakoplova [13]. Na slici 19 je prikazana usporedba standardnog postupka u polijetanju i CCO postupka.



Slika 19. Usporedba standardnog postupka u polijetanju i CCO postupka, [37]

5.4. Collaborative Environmental Management

EUROCONTROL je razvio Suradničko upravljanje okolišem (eng. *Collaborative Environmental Management* - CEM) uz sudjelovanje ACI EUROPE (eng. *Airport Council International Europe*) i drugih dionika u zrakoplovnoj industriji. CEM je osmišljen kako bi pomogao zračnim lukama i njihovim operativnim partnerima, uključujući zračne prijevoznike i pružatelje usluga zračne plovidbe (eng. *Air Navigation Service Provider* - ANSP), da upravljaju sa velikom bazom propisa o okolišu kako bi im se omogućilo da dođu do bržih i učinkovitijih zajedničkih rješenja za održivo funkcioniranje i razvoj zračnih luka [38].

Ova zajednička suradnja postavlja prioritete i odgovara na izazove koji su vezani uz zaštitu okoliša. Cilj ovog programa je da svi dionici donose odluke na zajednički i jedinstveni način kako bi smanjili štetan utjecaj zračnih luka na okoliš. Također, važno je da ciljevi CEM-a uključuju objedinjavanje informacija, bolji koordiniran sustav, te da poboljšaju komunikaciju između zračnih luka i svih dionika glede ekologije. CEM može pomoći u razvoju zajedničke vizije i u utvrđivanju prioriteta, te u stimuliranju odgovornih tijela za svako operativno

poboljšanje koje je pridonijelo razvoju okoliša. Prateći poslovne i operativne procese svakog dionika, jasno je da niti jedan dionik ne može zasebno postići ova poboljšanja. Stoga samo suradnja svih dionika može dovesti do rezultata koji mogu imati značajan pozitivan utjecaj na okoliš [39].

CEM se sastoji od dvije faze:

1. Faza prije implementacije: Faza u kojoj se pokreće CEM i razvija do razine koja je potrebna za učinkovito i kvalitetno djelovanje. Prvu fazu može pokrenuti bilo koji dionik zračne luke.
2. Faza zajedničke provedbe: Faza koja je provedena kroz 4 razine CEM-a:
 - CEM razina 1: Razumijevanje – Postiže se zajedničko razumijevanje svih lokalnih problema zaštite okoliša.
 - CEM razina 2: Razmjena informacija – Na temelju zajedničkog razumijevanja, CEM razina 2 osigurava uspostavu odgovarajućih podataka i sustava praćenja.
 - CEM razina 3: Savjetovanje i planiranje – Procesi koji olakšavaju zajedničko donošenje odluka. Ova razina određuje cjelokupan plan za rješavanje prioriteta dogovorenih na razini 1. Također, uspostavlja komunikaciju sa svim zainteresiranim stranama.
 - CEM razina 4: Razina djelovanja – Dionici provode planirana operativna poboljšanja dogovorena na CEM razini 3 [39].

Zračne luke u Republici Hrvatskoj su ekološki osviještene na način da ulažu napore u zaštitu okoliša prema svojim specifičnim karakteristikama, broju operacija zrakoplova i udaljenosti od naseljenih područja. Od svih 7 zračnih luka u Republici Hrvatskoj, Zračna luka Franjo Tuđman je tijekom godina najviše ulagala u svoj održivi razvoj i zaštitu okoliša. To se odnosi na implementirani sustav za 24-satno praćenje buke s razvijenim akcijskim planom za svako povećanje buke iznad zakonski definiranih granica oko zračne luke. Također, instalirala je sustav za mjerenje emisija, a aktivna je i u ACAP-u gdje trenutno ima certifikat razine 3. Isto tako, tijekom godina je bilo ulaganja i u sustav odvodnje oborinske vode (36 km cijevi oko

zračne luke). Postignut je manji napredak između Zračne luke Franjo Tuđman i Hrvatske kontrole zračnog prometa (HKZP), ali s minimalnim segmentima, poput uvođenja taksiranja sa samo jednim motorom i djelomičnog korištenja CDA postupka. Iako svaka tvrtka (Zračna luka Franjo Tuđman, HKZP, Croatia Airlines) ima vrlo dobro razvijen sustav zaštite okoliša, to još uvijek nije dovoljno za dostizanje razine tvrtki koje sudjeluju u programima poput CEM-a [39].

6. PRIMJENA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH OPERATIVNIH PROCEDURA ZA POLIJETANJE I SLIJETANJE NA STUDIJI SLUČAJA

Zračne luke diljem svijeta ako žele svoj održivi razvoj, kao jedan od glavnih uvjeta im se nameće pitanje zaštite okoliša. Postoji mnogo procedura koje se koriste za smanjenje negativnog utjecaja zračnih luka na okoliš. To su svakako: korištenje električnih vozila u prihvatu i otpremi, edukacija zaposlenika, razni programi i inicijative koje potiču zračne luke na djelovanje u zaštiti okoliša, pametno planiranje zemljišta prilikom izgradnje ili nadograđivanja zračnih luka, kažnjavanje u slučaju nepridržavanja propisanih mjera, ulaganje u kvalitetne sustave odvodnje oborinskih voda i ostalog otpada, ispravno održavanje pogonskih sustava, procedure prilikom taksiranja zrakoplova, te operative procedure u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša. Na slici 20 je prikazana lokacija Zračne luke Franjo Tuđman iz zraka gdje se jasno vidi zračna strana, odnosno operative površine u odnosu na okolna naselja.



Slika 20. Položaj Zračne luke Franjo Tuđman iz zraka

Kao što je vidljivo iz slike 20, Zračna luka Franjo Tuđman nalazi se relativno blizu naseljenih područja, te je stoga iznimno bitno da se uvođe određene procedure u polijetanju i slijetanju

koje bi mogle smanjiti prvenstveno utjecaj buke, a zatim i ispušnih plinova na naseljena područja. Stoga su u ovom poglavlju detaljno opisane upravo procedure u polijetanju i slijetanju koje su najpogodnije za Zračnu luku Franjo Tuđman s obzirom na njezin položaj i konfiguraciju terena.

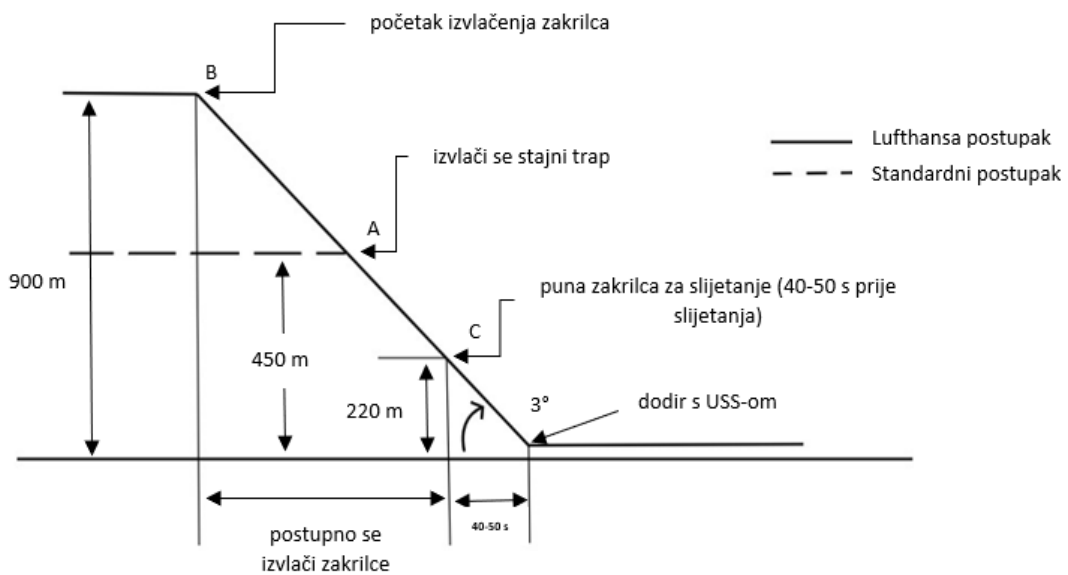
6.1. Precizan prilaz podržan satelitskom tehnologijom

Kao jedna od potencijalnih procedura u slijetanju na Zračnoj luci Franjo Tuđman je Precizan prilaz podržan satelitskom tehnologijom. Kako bi omogućio upotrebu ovog optimalnog pristupa, povezanog s dosadašnjim linearnim pristupom u završnoj fazi prilaznja, Zračna luka Franjo Tuđman mora surađivati s HKZP-om, te se zalagati da HKZP objavljuje odgovarajuće karte pristupa koje omogućuju optimalan precizan prilaz kategorije 1 pomoću satelitske navigacije. Takav precizan pristup bi omogućio kraću duljinu prilaza zračnoj luci, čime se smanjuje potrošnja goriva, a time i emisije ispušnih plinova, te izbjegavanje leta iznad naseljenih područja. Ovakav precizan prilaz se temelji na američkim GPS satelitima ili Europskom satelitu Galileo [13].

Za uvođenje ovog sustava, te za njegovu kontinuiranu upotrebu na Zračnoj luci Franjo Tuđman, potrebno je da ista i HKZP međusobno kvalitetno djeluju i surađuju, razmjenjuju informacije, dokumentaciju te ostale relevantne podatke vezane za ovaj sustav. U konačnici koristi od uvođenja novih sustava na zračnoj luci imaju i svi ostali dionici u zračnom prometu, jer se na taj način doprinosi održivom razvoju kako zračne luke tako i cijelog zračnog prometa u Hrvatskoj, i ostalim zemljama.

6.2. Postupak Lufthansa-e

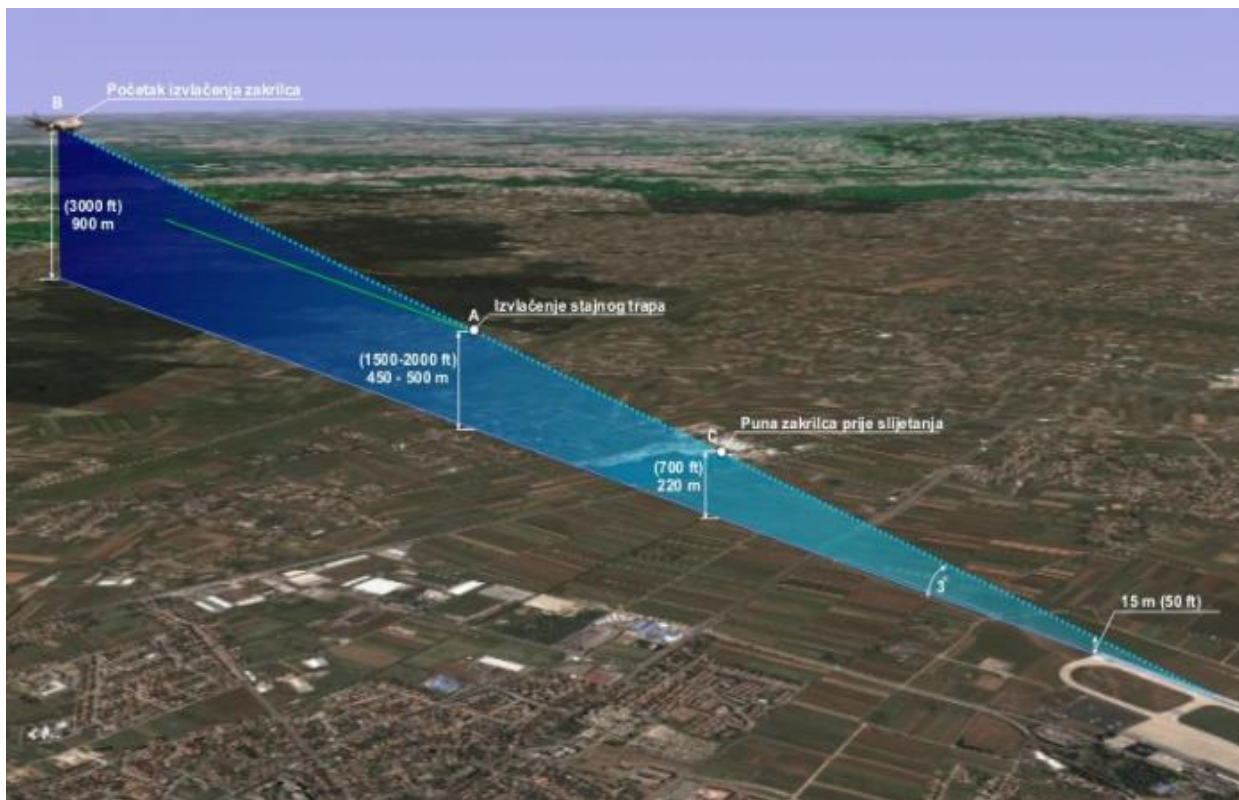
Kao također jedan od pogodnih postupaka za primjenu na Zračnoj luci Franjo Tuđman se nameće postupak Lufthansa-e. Postupak Lufthansa ne zahtijeva dodatnu opremu ni u zrakoplovu ni na zemlji, za razliku od prethodno opisane procedure [8]. Na slici 21 je vizualno prikazan ovaj postupak u usporedbi sa standardnim postupkom u slijetanju.



Slika 21. Postupak Lufthansa-e, [8]

Iz slike 21 je vidljivo kako prilaženje započinje na visini 900 m (točka B) gdje se počinju lagano izvlačiti zakrilca. Zrakoplov se nastavlja spuštati do visine 450 m (točka A) te se počinje izvlačiti stajni trap. Kada se zrakoplov spusti na visinu od 220 m (točka C) zakrilca su do kraja izvučena (40 – 50 s do slijetanja), te zrakoplov ulazi u posljednju fazu postupka gdje počinje slijetanje i dodir sa USS-om.

Period od točke B do točke C je ključan period u ovom postupku, jer se u tom periodu zakrilca postepeno izvlače što znači da se koristi manje potiska, a time se postiže i manja buka. S obzirom da u tom periodu zrakoplov ostaje dulje u konfiguraciji s manjim otporom ovaj postupak se još naziva i „nizak otpor – nizak tlak“. U periodu od točke C pa do dodira s USS-om buka će biti ista kao i u standardnom postupku jer su stajni trap i zakrilca do kraja izvučeni. Ovaj postupak uz smanjenje buku, donosi i uštedu goriva, a time i manje emisije ispušnih plinova [40]. Slika 22 prikazuje postupak Lufthansa-e na Zračnoj luci Franjo Tuđman.



Slika 22. Postupak Lufthansa-e na Zračnoj luci Franjo Tuđman, [41]

6.3. *Continuous Descent Approach* postupak

Kontinuirano spuštanje zrakoplova (eng. *Continuous Descent Approach* – CDA) je postupak koji bi mogao biti pogodan za Zračnu luku Franjo Tuđman, jer za razliku od standardnog postupka slijetanja gdje se zrakoplov spušta u stepenastom obliku, CDA funkcionira na način da se zrakoplov može spustiti od razine krstarenja s minimalnom snagom motora sve do točke kada se ulazi u zadnju fazu operacije, gdje se zrakoplov sprema za slijetanje. Tokom većeg dijela operacije snaga motora se minimalno koristi, tako da se s ovim postupkom smanjuje buka i potrošnja goriva, a time i emisije štetnih ispušnih plinova. Prema nekim studijama, ukoliko bi se optimizirao ovaj postupak diljem zračnih luka u svijetu, moglo bi se uštedjeti oko 350.000 tona goriva, smanjujući emisije CO₂ i do milijun tona [42].

6.4. Continuous Climb Operation postupak

Kontinuirana operacija uspona (eng. *Continuous Descent Approach* – CDA) je postupak u polijetanju koji omogućuje da se zrakoplov kontinuirano penje uz optimalnu brzinu. CCO omogućuje zrakoplovu da postigne početnu razinu krstarenja optimalnom brzinom, uz optimalno korištenje potiska motora, smanjujući tako ukupno sagorijevanje goriva, a time i emisija ispušnih plinova. Upotreba CCO može pružiti značajne koristi čak i na kraćim dionicama leta s obzirom da štedi gorivo, no isto tako postoje i određeni nedostaci: zbog ograničenog zračnog prostora CCO zahtijeva kvalitetno upravljanje zračnim prostorom kako bi se izbjegla potreba za rješavanjem potencijalnih sukoba između prometa u dolasku i odlasku, postupci za smanjenje buke mogu nametnuti ograničenja koja mogu utjecati na kontinuirano penjanje, te ukoliko su loši vremenski uvjeti ova procedura se ne može koristiti. U svrhu smanjenja razine buke, Zračna luka Franjo Tuđman predlaže da se zajedno s HKZP-om izdaju upute pilotima koji zahtijevaju smanjenje snage motora nakon polijetanja sa 100% na postotak koji ne utječe na sigurnost dostizanja tražene visine [13], [43]. Na slici 23 se nalazi prikaz CCO i CDA postupaka.



Slika 23. Prikaz CCO i CDA postupka, [39]

6.5. Redukcija korištenja obrnutog postupka tijekom večeri i noći

Reducirano korištenje obrnutog potiska tijekom večeri i noći se može odvijati samo onda kada to dopuštaju sigurnosni uvjeti. Korištenje obrnutog potiska je usmjeravanje potiska u suprotni smjer ili promjena kuta propelera kod turbo-prop zrakoplova s ciljem usmjeravanja potiska prema naprijed, kako bi se na taj način pomoglo usporavanje zrakoplova. Korištenje obrnutog potiska koriste zračne luke diljem svijeta jer taj postupak štedi kočnice, i jer je zrakoplovu u tom slučaju potrebna kraća duljina USS-e. Međutim, s aspekta razine buke, korištenje obrnutog potiska je nepovoljno, posebno za naseljena područja u blizini zračnih luka. Većina zračnih luka je stoga zabranila upotrebu obrnutog potiska za slijetanje tijekom noći, između 22:00 i 06:00 sati. Zračna luka Franjo Tuđman s obzirom na svoj položaj (slika 20) i blizinu naseljenim područjima, svakako mora razmotriti mogućnost manjeg korištenja obrnutog potiska tijekom noći, te se konzultirati sa odgovornim tijelima kako bi se donijela najbolja odluka za zračnu luku i okolna naselja [13].

7. ZAKLJUČAK

Kao glavni problemi zrakoplovstva iz ekološkog aspekta se nameću buka i ispušni plinovi. Kako bi se moglo djelovati na smanjenju ta dva temeljna problema, potrebno je prvo pametno i studiozno pristupiti problemu na način da se detaljno utvrdi njihov utjecaj na ljudsko zdravlje, a zatim i na okoliš. Shodno tome, ključno je odrediti izvore od kojih potječu buka i ispušni plinovi. Negativan utjecaj zrakoplovstva ne polazi samo od zrakoplova, već je potrebno analizirati i ostale izvore (vozila za prihvat i otpremu, vozila kojima putnici, zaposlenici i posjetitelji dolaze na zračnu luku, korištenje APU i GPU-a i sl.). Što se bolje prostudiraju svi navedeni elementi, lakše će se moći napraviti i provesti zakoni koji uređuju zaštitu okoliša u zračnom prometu (međunarodna, europska i nacionalna razina).

Kao jedno od najoptimalnijih rješenja za smanjenje negativnog utjecaja zračnog prometa na okoliš su procedure u polijetanju i slijetanju u svrhu zaštite okoliša, koje za razliku od standardnih postupaka smanjuju upotrebu motora, što u konačnici rezultira manjom bukom i smanjenom potrošnjom goriva, a time i manjim emisijama štetnih ispušnih plinova. Na Zračnoj luci Franjo Tuđman je za djelovanje protiv negativnog utjecaja na okoliš najpogodnije koristiti sljedeće procedure: precizan pristup podržan satelitskom tehnologijom, postupak Lufthansa-e, CDA postupak, CCO postupak, te smanjeno korištenje obrnutog potiska tijekom večeri i noći.

Kako su dionici u zračnom prometu uvidjeli probleme koji se javljaju kao posljedica buke i ispušnih plinova, tako se i počelo ulagati sve više sredstava i napora u rješavanje ovog problema. Do sada se je u svijetu kroz razne regulative, ograničenja, zabrane i edukacije učinilo poprilično toga, no propisi su sve stroži iz godine u godinu i potrebno je stalno nadograđivati sva pravila i mjere koje su snazi, odnosno održavati kontinuirani proces smanjenja štetnog utjecaja ispušnih plinova i buke koje proizvode prvenstveno zrakoplovi sa svojim snažnim motorima, a sekundarno i ostala sredstva koja se koriste prilikom prijvata i otpreme zrakoplova.

Da bi se moglo djelovati protiv ovog globalnog problema, preduvjet je da, uz ICAO, EU i nacionalne vlade uvide ovaj problem i da djeluju kroz propisivanje najoptimalnijih zakona i financijsku podršku, jer time se značajno može olakšati rješavanje ovog problema u koji trebaju biti uključeni sva nadležna tijela koja djeluju u zračnom prometu, bilo izravno ili neizravno.

LITERATURA

- [1] Svijet digitalna knjižnica. Preuzeto sa: <https://www.wdl.org/en/item/11372/> (svibanj 2021.)
- [2] Scielo. Preuzeto sa: [Aviation Industry - Mitigating Climate Change Impacts through Technology and Policy \(conicyt.cl\)](#) (svibanj 2021.)
- [3] Statista. Preuzeto sa: <https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/> (svibanj 2021.)
- [4] Zračna luka Zagreb d.o.o. Preuzeto sa: [Statistika | Zračna luka Zagreb | Zagreb airport \(zlz-zagreb-airport.hr\)](#) (kolovoz 2021.)
- [5] I. Štimac, V. Sorić, T. Bucak: Influence of aircraft noise on the quality of living near the airport, Fakultet prometnih znanosti, Graz, 2007.
- [6] PNG SUMO. Preuzeto sa: <https://pngsumo.com/images/png-a2835297.html> (kolovoz 2021.)
- [7] Aircraftnoise.com.au. Preuzeto sa: <https://aircraftnoise.com.au/causes-of-aircraft-noise/measuring-aircraft-noise/> (lipanj 2021.)
- [8] J. Golubić: Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [9] Shorcontrol Safety. Preuzeto sa: <https://www.safety.ie/occupational-hygiene/noise-mapping/> (lipanj 2021.)
- [10] EASA. Preuzeto sa: <https://www.easa.europa.eu/eaer/figures-tables/example-airport-noise-contour-source-aeropuertos-esp%C3%B1oles-y-navegaci%C3%B3n-a%C3%A9rea> (kolovoz 2021.)
- [11] GeoNoise. Preuzeto sa: [Airport Noise Monitoring - Geonose Instruments](#) (srpanj 2021.)
- [12] C. Novak: Noise Monitoring Terminals, How and Why We Monitor Aircraft Noise, CENAC Meeting, Akoustik Engineering Limited, September 20, 2018.
- [13] G. Špoljar: Noise reduction action plan 2019, Zagreb International Airport

- [14] Our World in Data. Preuzeto sa: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation> (srpanj 2021.)
- [15] PubMed. Preuzeto sa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22002748/> (lipanj 2021.)
- [16] Boeing. Preuzeto sa: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2010_q4/2/ (srpanj 2021.)
- [17] I. Štimac, A. Vidović, V. Sorić: Determination of aircraft model using a noise measuring system, Zagreb, Hrvatska.
- [18] R. Merino Martinez: Microphone arrays for imaging of aerospace noise sources, Delft University of Technology, 2018.
- [19] European Environment Agency, EASA, EUROCONTROL: European aviation environmental report 2019.
- [20] Nacionalni centar biotehnoških informacija. Preuzeto sa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7108289/> (lipanj 2021.)
- [21] T. Elliff, M. Cremaschi, V. Huck: Impact of aircraft noise pollution on residents of large cities, September 2020.
- [22] ICAO Environment. Preuzeto sa: [Reduction of Noise at Source \(icao.int\)](https://www.icao.int/Reduction%20of%20Noise%20at%20Source) (srpanj 2021.)
- [23] J. Böttcher: Noise Certification Workshop, Session 2: Aircraft Noise Certification, Annex 16, Volume I and equivalent procedures, Luftfahrt-Bundesamt, Braunschweig, Germany.
- [24] Regulatory and organizational framework to address aviation emissions, ICAO, 2017.
- [25] ICAO Environment. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/caep.aspx> (srpanj 2021.)
- [26] Airport Carbon Accreditation. Preuzeto sa: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/how-does-it-work.html> (lipanj 2021.)
- [27] Airport Carbon Accreditation. Preuzeto sa: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/what-is-it.html> (lipanj 2021.)

- [28] Airport carbon Accreditation. Preuzeto sa: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/6-levels-of-accreditation.html> (lipanj 2021.)
- [29] Europska komisija. Preuzeto sa: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en#tab-0-0 (srpanj 2021.)
- [30] Transport & Environment. Preuzeto sa: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/flying-and-climate-change/aviation-ets> (srpanj 2021.)
- [31] Transport & Environment. Preuzeto sa: <https://www.transportenvironment.org/state-aviation-ets> (srpanj 2021.)
- [32] SkyBrary. Preuzeto sa: https://www.skybrary.aero/index.php/SIDs_and_STARs (srpanj 2021.)
- [33] G. Rhodes: Perfect flight, Assistant Director Safety and Flight Ops ATM, Africa and Middle East, Marrakech, Maroko, 2018.
- [34] EASA. Preuzeto sa: <https://www.easa.europa.eu/domains/general-aviation/flying-safely/loss-control-take-off> (srpanj 2021.)
- [35] Pilotinstitute. Preuzeto sa: <https://pilotinstitute.com/takeoff-procedure/> (srpanj 2021.)
- [36] Quora. Preuzeto sa: <https://www.quora.com/How-does-a-plane-take-off> (srpanj 2021.)
- [37] Hindawi. Preuzeto sa: <https://www.hindawi.com/journals/ijae/2019/3729480/> (srpanj 2021.)
- [38] EUROCONTROL. Preuzeto sa: [Suradničko upravljanje okolišem \(CEM\) | EUROCONTROL](#) [ožujak 2021.]
- [39] I. Štimac, M. Sente, O. Zibar: Collaborative environmental management (CEM) as base for Green airport concept, Solin, Hrvatska, 2017.
- [40] I. Štimac, A. Vidović, V. Sorić: Implementation of Continous descent approach at Zagreb airport, Zagreb Airport Ltd, University of Zagreb Faculty of Transport and Traffic Engineering, Zagreb, Hrvatska.

[41] I. Štimac: Implementacija sustava praćenja i analize buke na Zračnoj luci Zagreb, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.

[42] LaptrinhX. Preuzeto sa: <https://laptrinhx.com/news/how-pilots-minimize-noise-and-carbon-emissions-on-descent-PANbAA6/> (srpanj 2021.)

[43] SkyBrary. Preuzeto sa:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Continuous_Climb_Operations_\(CCO\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Continuous_Climb_Operations_(CCO)) (srpanj 2021.)

POPIS KRATICA

ICAO	(International Civil Aviation Organization) međunarodna organizacija civilnog Zrakoplovstva
USS	uzletno-sletna staza
CF	(Correction factor) korektivni faktor
Ldn	(Day/Night Noise Level) dnevna/noćna razina buke
Lden	(Day/Evening/Night noise level) dnevna/večernja/noćna razina buke
NMT	(Noise Monitoring Terminals) stanice za mjerenje buke
RPK	(Revenue Passenger Kilometer) prihod prijeđenog kilometra
APU	(Auxiliary Power Unit) pomoćne pogonske jedinice
GPU	(Ground Power Unit) uređaji za zemaljsko napajanje
GSE	(Ground Support Equipment) oprema za zemaljske usluge
SARP	(Standards and Recommended Practices) standardi i preporučene prakse
CAEP	(Committee on Aviation Environmental Protection) odbor za zaštitu okoliša u Zrakoplovstvu
WG	(Working Group) radna skupina
FTG	(Fuel Task Group) skupina za gorivo
MDG	(Modelling and Databases Group) grupa za modeliranje i bazu podataka
FESG	(Forecasting and Economic Analysis Support Group) grupa za podršku u prognoziranju i ekonomskim analizama
ACCS	(Aviation Carbon Calculator Support Group) grupa za podršku zrakoplovnom kalkulatoru
ISC	(Impact and Science Group) znanstvena grupa

SCSEG	(Sustainability Certification Schemes Evaluation Group) skupina za ocjenjivanje shema certificiranja održivosti
LTAGTG	(Long-Term Global Aspirational Goal Task Group) skupina za dugoročne ciljeve
ACAP	Airport Carbon Accreditation Programme
EU ETS	(European Union Emission Trading System) sustav trgovanja emisijama Europske Unije
EEA	(European Economic Area) Europski gospodarski prostor
CORSIA	(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) sheme za smanjenje ugljika za međunarodno zrakoplovstvo
SID	(Standard Instrument Departure) standardni polazak korištenjem instrumenata
STAR	(Standard Terminal Arrival Route) standardna ruta dolaska
NTK	(Noise and Track Keeping Systems) sustavi za održavanje buke
CDA	(Continous Descent Approach) kontinuirano spuštanje zrakoplova
CCO	(Continous Climb Operation) kontinuirana operacija uspona
ACI EUROPE	Airport Council International Europe
CEM	(Collaborative Environmental Management) suradničko upravljanje okolišem
ANSP	(Air Navigation Service provider) pružatelj usluge zračne plovidbe
HKZP	Hrvatska kontrola zračne plovidbe

POPIS SLIKA

Slika 1. Snižavanje razina buke zrakoplova kroz povijest	5
Slika 2. Primjeri razina buke.....	6
Slika 3. Točke mjerenja buke	7
Slika 4. Primjer karte konture buke na zračnoj luci	8
Slika 5. Stanica za mjerenje buke.....	10
Slika 6. Unutarnji izgled vodootporne kutije za procesiranje podataka o buci sa svim njezinim dijelovima	10
Slika 7. Mjerne stanice za praćenje buke na Zračnoj luci Franjo Tuđman.....	11
Slika 8. Četiri različita tipa tekućina za odleđivanje/zaštitu zrakoplova protiv zaleđivanja	13
Slika 9. Izvori buke na zrakoplovu.....	16
Slika 10. Procijenjeni prikaz izvora buke na zrakoplovu u prilazu i polijetanju	17
Slika 11. Emisije štetnih ispušnih plinova na mlaznom motoru	18
Slika 12. Progresija ICAO standarda za buku zrakoplova.....	21
Slika 13. Prikaz četiri različite konture buke za područje izloženo buci većoj od 80 dB za četiri zrakoplova od 75 tona.....	22
Slika 14. Struktura CAEP-a	29
Slika 15. Usporedba emisija zračnog prometa i ostalih sektora u EU ETS.....	32
Slika 16. Drive and Dive postupak.....	38
Slika 17. Razlika između Drive and Dive postupka i CDA postupka	39
Slika 18. Standardni postupak u polijetanju	40
Slika 19. Usporedba standardnog postupka u polijetanju i CCO postupka	41
Slika 20. Položaj Zračne luke Franjo Tuđman iz zraka	44
Slika 21. Postupak Lufthansa-e	46
Slika 22. Postupak Lufthansa-e na Zračnoj luci Franjo Tuđman	47
Slika 23. Prikaz CCO i CDA postupka	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vremena i korektivni faktori za mapiranje buke na zračnoj luci	9
--	---

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Broj letova u periodu od 2004. godine do 2021. godine na globalnoj razini.....	3
Grafikon 2. Broj operacija zrakoplova za period od 2010. godine do 2020. godine na Zračnoj luci Franjo Tuđman.....	4
Grafikon 3. Porast globalnog zračnog prometa u odnosu na količinu CO ₂ emitiranu po prihodu prijeđenog kilometra.....	12



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski 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 diplomskog rada
pod naslovom Primjena ekološki prihvatljivih procedura u polijetanju i slijetanju
zrakoplova u funkciji održivog razvoja zračne luke

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

U Zagrebu, 26.8.2021

Student/ica:

Laura Lubi

(potpis)