Operativne procedure slijetanja i polijetanja zrakoplova u funkciji ekološke održivosti zračne luke

Sente, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:086047

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Monika Sente

OPERATIVNE PROCEDURE SLIJETANJA I POLIJETANJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI ZRAČNE LUKE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

OPERATIVNE PROCEDURE SLIJETANJA I POLIJETANJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI ZRAČNE LUKE

TAKE-OFF AND LANDING OPERATIONAL PROCEDURES AS A FUNCTION OF AIRPORT ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Mihetec

Student: Monika Sente

JMBAG: 0135227585

Zagreb, rujan 2017.

SAŽETAK:

Smanjenje negativnog utjecaja zračnoga prometa na okoliš postalo je ključno strateško pitanje održivog razvoja zračne luke. Najveći utjecaj zračnog prometa na okoliš, najčešće je povezan s područjem zračne luke gdje dolazi do udruživanja velikog broja dionika. Najvažniji pokazatelji koji se prate su buka zrakoplova, štetni ispušni plinovi, zagađenje tla, vode i zraka. Kako bi se smanjio utjecaj zrakoplovne industrije utvrđene su operativne procedure koje se koriste prilikom polijetanja i slijetanja zrakoplova. Primjena operativnih procedura zahtjeva sinergiju svih dionika, odnosno zračne luke, kontrole zračnog prometa i pilota zrakoplova. Kako se težilo stvaranju u potpunosti ekološki prihvatljivog sustava zračne luke, primjena operativnih procedura polijetanja i slijetanja sve se više uvrštava u svakodnevne operacije zrakoplova. Definiranje parametara za implementaciju operativnih mjera, mogućnost primjene pojedinih mjera na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb u suradnji s Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe, biti će sastavni dio istraživanja ovoga rada.

KLJUČNE RIJEČI: operativne procedure polijetanja i slijetanja, Međunarodna zračna luka Zagreb, očuvanje okoliša, buka zrakoplova, emisije ispušnih plinova,

SUMMARY

Reducing the negative impact of air transport on the environment has become a strategic issue of sustainable airport development. The biggest impact of air traffic on the environment can be seen in the airport area, which brings to a direct synergy of many stakeholders. The most important indicators today are noise, emissions, water pollution, soil pollution and air pollution. In order to reduce the impact of the aviation industry, organizations established operational procedures for the take-off and landing of aircraft. The application of operational procedures requires the synergy of all stakeholders, airport, air traffic control and pilots. As it strives to create a fully ecologically acceptable airport system, the application of operational take-off and landing procedures increasing in everyday operations of the aircraft. Defining parameters for the implementation of operational procedures, the possibility of applying certain measures to the Zagreb Airport in co-operation with Croatia Control, will be part of this paper.

KEY WORDS: take-off and landing procedures, Zagreb Airport, environmental protection, aircraft noise, emissions in aviation

SADRŽAJ

1. UVOD....1
1.1. Svrha i ciljevi istraživanja....1
1.2. Analiza dosadašnjeg stanja....1
1.3. Očekivani rezultat istraživanja....2
1.4. Primjena istraživanja....2
1.5. Obrazloženje strukture rada....2
2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ....4
2.1. Kategorizacija izvora zagađenja okoliša od zračnog prometa....4
2.1.1. Izvor buke kod zrakoplova....5
2.1.2. Utjecaj štetnih ispušnih plinova na okoliš....9
2.1.3. Ostali izvori zagađenja okoliša od zračnog prometa....10
2.2. Tehnološka dostignuća i utjecaj dionika zračnog prometa na zaštitu okoliša....11
2.2.1. Institucije....12
2.2.2. Proizvođači zrakoplova....13
2.2.3. Zračne luke....15
2.2.4. Pružatelji usluga prihvata i otpreme zrakoplova....16
2.2.5. Zračni prijevoznici....17
2.2.6. Kontrola zračnog prometa....19
2.2.7. Korisnici zračne luke....20
3. REGULATORNI OKVIR ZRAČNOG PROMETA I PREPORUKE SMANJENJA NEGATIVNOG UTJECAJA NA OKOLIŠ....21
3.1. Međunarodna razina....21
3.1.1. International Civil Aviation Organization (ICAO)....21
3.1.2. European Commission (EC)....27
3.1.3. EUROCONTROL....29
3.1.4. International Air Transport Association (IATA)....30
3.1.5. Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE)....31
3.2. Nacionalna razina....32
3.2.1. Zakon o zaštiti od buke....32
3.2.2. Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske....33

3.2.3. Zakon o zaštiti zraka....34
3.2.4. Zakon o zaštiti okoliša....34
4. OPERATIVNE MJERE KONTROLE ZRAČNOG PROMETA U PRILAZU I ODLETU ZRAKOPLOVA S CILJEM SMANJENJA ŠTETNOG UTJECAJA ZRAKOPLOVA NA OKOLIŠ....36
4.1. Collaborative environmental management (CEM)....40
4.1.1. Faza pred-implementacije....42
4.1.2. Faza implementacije....43
4.1.3. Cem u funkciji green airport koncepta....44
4.2. Operativna mjera Continuous Descent Operation (CDO)....45
4.3. Operativna mjera Continuous Climb Operations (CCO)....52
4.4. Operativna mjera „Povećani kut prilaza“....56
4.5. Operativna mjera „Manja snaga – manji otpor“....58
4.6. Operativna mjera „Krivolinijska putanja prilaza“....63
4.7. Operativna mjera „Pomaknuti prag“....63
4.8. Operativna mjera „Odabir preferirane USS-e“....65
5. EKOLOŠKI ASPEKT ODRŽIVOG RAZVOJA ZRAČNE LUKE – STUDIJA SLUČAJA MEĐUNARODNA ZRAČNA LUKA ZAGREB....68
5.1. Analiza postojećeg stanja očuvanja okoliša....69
5.1.1. Sustav mjerenja razine buke....71
5.1.2. Sustav mjerenja onečišćenja zraka....76
5.1.3. Airport Carbon Accreditation (ACA) program....79
5.1.4. Implementacija ISO 14001....83
5.2. Potencijalni problemi daljnjeg održivog razvoja Međunarodne zračne luke Zagreb....86
5.3. Prijedlozi za poboljšanjem....87
6. ZAKLJUČAK....90
POPIS LITERATURE....92
POPIS KRATICA....95
POPIS SLIKA....97
POPIS TABLICA....98
POPIS GRAFIKONA....99

1. UVOD

Zrakoplovna industrija vodeća je u svijetu u prihvaćanju i razvoju tehnologije. Ciljevi za poboljšanja okoliša su veći i zahtjevniji nego ikad s obzirom na fluktuacije cijene goriva i žestoku konkurenciju. Najveći utjecaj zračnog prometa na okoliš, vidljiv je u području zračne luke gdje dolazi do direktne sinergije u operativnosti velikog broja dionika. Iako je buka zrakoplova krajem 20. stoljeća bila jedan od glavnih negativnih elemenata koja se kontinuirano pratila, danas se uz nju promatraju i ostali parametri kao što su emisije štetnih plinova, zagađenje voda i tla te zagađenje električnom energijom.

1.1. Svrha i ciljevi istraživanja

Tema ukazuje na funkciju kontrole zračnog prometa, odnosno procedura prilikom slijetanja i polijetanja s ciljem razvoja strategije zračne luke s aspekta ekologije. Svrha diplomskog rada je ukazati na mjere očuvanja okoliša tijekom kontinuiranog razvoja i povećanja zračnog prometa. Ukazuje se na važnost međusobnog zajedništva i djelovanja dionika zračnog prometa s povećanom pozornošću na međuovisnost zračne luke i kontrole zračnog prometa. Cilj je istražiti napredak tehnologije, svijesti dionika provođenjem edukacija s obzirom na mogućnosti primjene procesa, restrikcija i naknada.

1.2. Analiza dosadašnjeg stanja

U zračnom prometu evidentirani su ciklusi uspona i padova, no promatrajući duže vremensko razdoblje, potražnja za uslugama zračnog prijevoza kontinuirano raste, pri čemu se generiraju negativni nusproizvodi prema okolišu. Najznačajniji od tih negativnih nusproizvoda su zagađenje okoline bukom i emisije ispušnih plinova. Prvi značajni problemi vezani uz negativni utjecaj zrakoplovstva na ekologiju pojavili su se još 1960. godine, a bili su vezani za buku koju generiraju mlazni motori. Nakon deregulacije zračnog prometa 1978. godine., povećana je potražnja za uslugama u zračnom prometu, što je dovelo do povećanja broja zrakoplova s mlaznim motorima, odnosno povećanja intenziteta buke. S ciljem postizanja značajnih rezultata u smislu smanjenja negativnog utjecaja zračnog prometa na okoliš, utvrđeno je da se jedino zajedničkom suradnjom svih dionika može postići značajnije očuvanje okoliša uz povećanu efikasnost i kontrolu svih operacija u zračnom prometu. Dosadašnja istraživanja ukazuju na vrlo dobru komunikaciju dionika zračnog prometa, ukazuju na neprestano razvijanje tehnologije, programa poticaja, procese i sve to u svrhu ekološke održivosti zračne luke. Cilj istraživanja je ukazati na napredak Hrvatske kontrole zračne plovidbe i Međunarodne zračne luke Zagreb u području očuvanja okoliša, primjenom operativnih mjera polijetanja i slijetanja te programa zaštite okoliša, sustava mjerenja razine buke i štetnih čestica okolnog zraka.

1.3. Očekivani rezultat istraživanja

Očekivani rezultat istraživanja očituje se u povećanju svijesti o važnosti ekologije s aspekta svih sudionika zračnog prometa s ciljem razvoja strategije održivosti zračne luke; usmjeravanje na važnost odgovarajuće ravnoteže provođenja tradicije i uključivanje inovacija, razvijanje planova i programa zaštite okoliša u svim segmentima zračnog prometa. Potiče se korištenje prirodnih resursa, stvaranje dobre prakse koja će zajedničkom sinergijom stvoriti neminovnu dobrobit cjelokupnom društvu. Strukturom rada pokušava se ukazati na dosadašnji razvoj zračnog prometa, trenutnu situaciju. Istraživanjem prisutnih operativnih mjera polijetanja i slijetanja zrakoplova, nastoji se ukazati na prednosti svake od mjera te na odabir onih najefektivnijih za Međunarodnu zračnu luku Zagreb uz suradnju Hrvatske kontrole zračnog prometa.

1.4. Primjena istraživanja

Razina buke zrakoplova danas je 75 % niža nego razina buke mjerene prije 40 godina. Cilj u budućnosti je smanjenje današnje razine buke za dodatnih 50 % u razdoblju do 2020. godine. Iako se na svim segmentima pokušava reducirati buka zrakoplova, implementacija operativnih zabrana od strane zračnih luka zbog redukcije iste može imati značajan utjecaj na poslovanje zračne luke i sekundarnih dionika, prijevoza robe, razvoja interkontinentalne mreže zračnog prometa, te stabilnosti ekonomije općenito. Osim navedenih najznačajnijih elemenata zagađenja okoline, moraju se navesti i zagađenje tla, vode, zagađenje otpadom od kojih dio generira sam zrakoplov, a dio zračna luka. U sklopu rada najveća pozornost pridaje se primjeni operativnih mjera prilikom polijetanja i slijetanja od strane kontrole zračne plovidbe u suradnji s zračnom lukom.

1.5. Obrazloženje strukture rada

U prvom dijelu rada naveden je pregled uvodnih postavki, osvrt na dosadašnja istraživanja. Spomenuta su dosadašnja istraživanja, svrha diplomskog rada te koji su ciljevi samog rada. Isto tako spomenuta je primjena istraživanja i očekivani rezultat.

Drugo poglavlje započinje definiranjem izvora i dionika zagađenja, a kasnije su navedena onečišćenja svakog dionika zasebno. Na kraju poglavlja dan je uvid u mjere koje provode dionici s ciljem smanjenja onečišćenja okoliša te razvoj dosadašnjih tehnoloških dostignuća.

U trećem poglavlju osvrt je na regulativama, zakonima i pravilnicima kako međunarodne tako i nacionalne razine. Spominju se najvažnije organizacije u zračnom prometu te njihov doprinos očuvanju okoliša.

Četvrto poglavlje koje je ujedno središnji dio rada sadrži detaljan pregled operativnih procedura s kojima se kontrola zračnog prometa svakodnevno susreće, a čija primjena utječe na smanjenje zagađenja okoliša u fazama polijetanja i slijetanja zrakoplova.

Peto poglavlje se odnosi na prikaz trenutnog stanja očuvanja okoliša na primjeru Međunarodne zračne luke Zagreb. Prikazani su podaci o sustavima i programima, ukazuje se na probleme s kojima se ista suočava te su dani prijedlozi o daljnjem razvoju Međunarodne zračne luke Zagreb.

U šestom poglavlju navedena su zaključna razmatranja s osvrtom na operativnu mjeru za koju se smatra da može biti najefikasnija i najučinkovitija na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb.

2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ

Onečišćenje okoliša najveći je problem današnjice koji pogađa sve segmente prirode, tj. ekosustav Zemlje. Pokretač onečišćenja je čovjek koji je fizičkim aktivnostima, poljoprivredom i urbanizacijom započeo proces onečišćenja koji se kasnije razvio u zagađenje pojavom upotrebe ugljena, nafte i na kraju industrijalizacijom. Povećanim razvojem tehnologije i same industrijalizacije koja utječe na okoliš, sve više se javljaju različiti prijedlozi zaštite okoliša u različitim ustanovama i institucijama na dnevnoj razini.

2.1. Kategorizacija izvora zagađenja okoliša od zračnog prometa

U početcima razvoja zračnog prometa problem onečišćenja okoliša nije praćen kao što je to slučaj danas. Kasnijim razvojem zrakoplovne industrije, a ponajviše razvojem zrakoplovnih motora koji su stvarali buku, dolazi do potreba praćenja utjecaja zračnog prometa na okoliš.

Prve probleme stvarali su zrakoplovi koji su imali pogon na mlazni motor izgrađen 1960. godine. Upravo pojavom mlaznih motora i rasta zračnog prometa pojavljuju se prve naznake o potrebi praćenja utjecaja zračnog prometa na okoliš. Povećanje intenziteta praćenja utjecaja zračnog prometa na okoliš dodatno se pokreće nakon deregulacije zračnog prometa 1978. godine, kada dolazi do veće konkurentnosti između zračnih prijevoznika, a samim time i do većeg onečišćenja okoliša [1].

S obzirom da svaka industrija zagađuje okoliš, industrija prometa pojavljuje se kao jedna od problematičnijih industrija povezana s onečišćenjem iz razloga generiranja nepoželjnih nusproizvoda prema okolišu od kojih su najznačajniji:

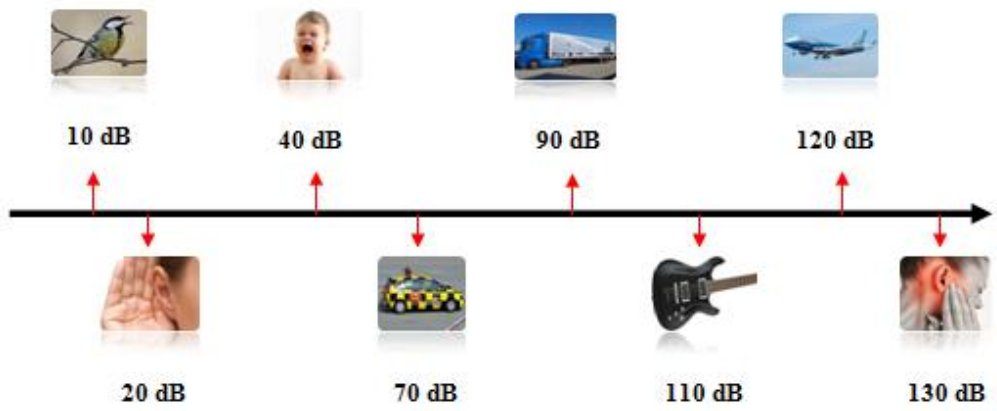
- zagađenje okoline bukom,
- emisija ispušnih plinova.

Uz buku i emisije štetnih plinova koje predstavljaju najveći problem u zaštiti okoliša, pojavljuje se još nekoliko vrsta onečišćenja koje je potrebno analizirati i reducirati:

- zagađenje zraka,
- zagađenje voda,
- zagađenje tla.

2.1.1. Izvor buke kod zrakoplova

Zagađenje bukom danas nije ništa manje bitno od zagađivanja ostalih aspekata okoliša. Buka kao posljedica prijevoza transportnim sredstvima, a pogotovo prijevoz putnika zračnim prometom imaju vrlo negativne utjecaje kako na okoliš tako i na ljudsko zdravlje. Znanstvenim istraživanjima dokazano je da produženi boravak u zoni buke iznad 85 decibela (dB), može imati ozbiljne posljedice po zdravlje čovjeka. Na slici 1 prikazan je odnos pojedinih zvukova u dB.



Slika 1. Odnos pojedinih izvora buke, [2]

Zagađenje bukom nije se smatralo velikim problemom, no s konstantnim porastom populacije, širenjem gradova i približavanjem industrijskih zona, a pogotovo sve većim intenzitetom zračnog prometa, zagađenje bukom bit će jedan od najvećih problema u smislu zagađenja okoline [3]. Posljedica koja se manifestira svakodnevnim povećanjem zračnog prometa i zračnih luka sve je veće štetno djelovanje buke u blizini naseljenih mjesta.

Među najznačajnijim posljedicama buke su:

- visok krvni tlak,
- glavobolje i umor,
- poremećaj sna,
- smanjena koncentracija,
- povišena agresija,
- problemi s govorom,
- oštećenje/gubitak sluha,
- ubrzan rad srca,
- neurološki poremećaji.

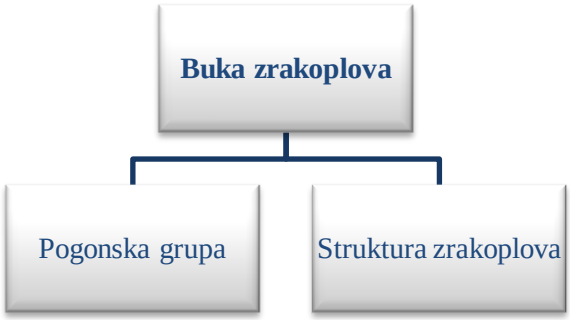
Najveći generator nepoželjnih posljedica je buka zrakoplova koja se može podijeliti na nekoliko kategorija među kojima su najvažnije podjele one u kojima se opisuje utjecaj i jačina

buke ovisno o operaciji koju zrakoplov izvodi (slika 2), te druga skupina u kojoj su izvor pogonska grupa i struktura zrakoplova (slika 3).



Slika 2. Izvor buke ovisno o operaciji zrakoplova,

Izvor: [1]



Slika 3. Izvor buke na zrakoplovu,

Izvor: [1]

Pogonska grupa - u pogonsku skupinu ubrajaju se mlazni i elisni motori. Zrakoplovi s elisnim pogonom stvaraju znatno nižu buku u usporedbi s ostalima. Buka koju stvara pogonska skupina klipnih i turboelisnih zrakoplova je zanemariva u odnosu na buku koju proizvode mlazni motori.

Kod mlaznog motora zrak ulazi u rotirajući kompresor kroz usisnik zraka. U kompresoru se zrak komprimira i pod pritiskom miješa s gorivom nakon čega ulazi u komoru izgaranja. Prilikom izgaranja dolazi do velikog porasta temperature čime kao posljedica gorenja nastaju plinovi visoke temperature koji prolaze velikom brzinom kroz turbinu i okreću je te kroz ispušnu cijev izlaze iz motora i štetno utječu na okoliš.

Najvažniji dijelovi mlaznog motora su:

1. **usisnik zraka** - omogućava dovod stabilne struje zraka do kompresora,
2. **kompresor** – dio motora koji komprimira zrak, odnosno, smanjuje brzinu i povećava tlak,
3. **osovina** – prostire se gotovo cijelom dužinom motora i spaja turbinu s kompresorom,
4. **komora izgaranja** – omogućava izgaranje smjesa zraka i goriva stvarajući vreli plin,
5. **turbina** – uz pomoć plina koji izlazi iz komore izgaranja pokreće elisu, ventilator ili kompresor,

6. **mlaznica** - osnovni zadatak dovođenje pritiska ispušnih plinova na atmosferski nivo čime se naglo povećava njihova brzina i stvara potisak.

Buka uzrokovana turbo-mlaznim motorom sastoji se od:

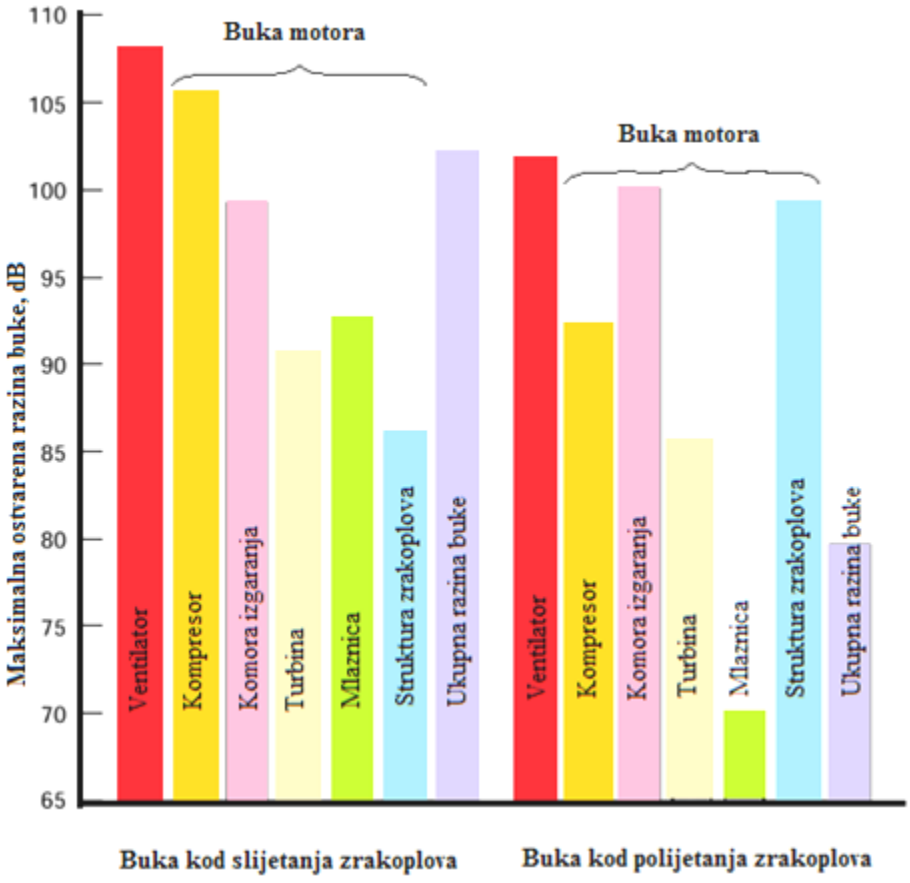
- buke kompresora,
- buke uzrokovane vibracijama kućišta motora,
- buke izlaznog mlaza.

Kod svakoga zrakoplova postoji razlika u stvaranju buke u trenutku polijetanja i slijetanja. Kod polijetanja najveći izvori su:

- buka koja nastaje miješanjem potisnog zraka,
- buka lopatica,
- buka komore za izgaranje.

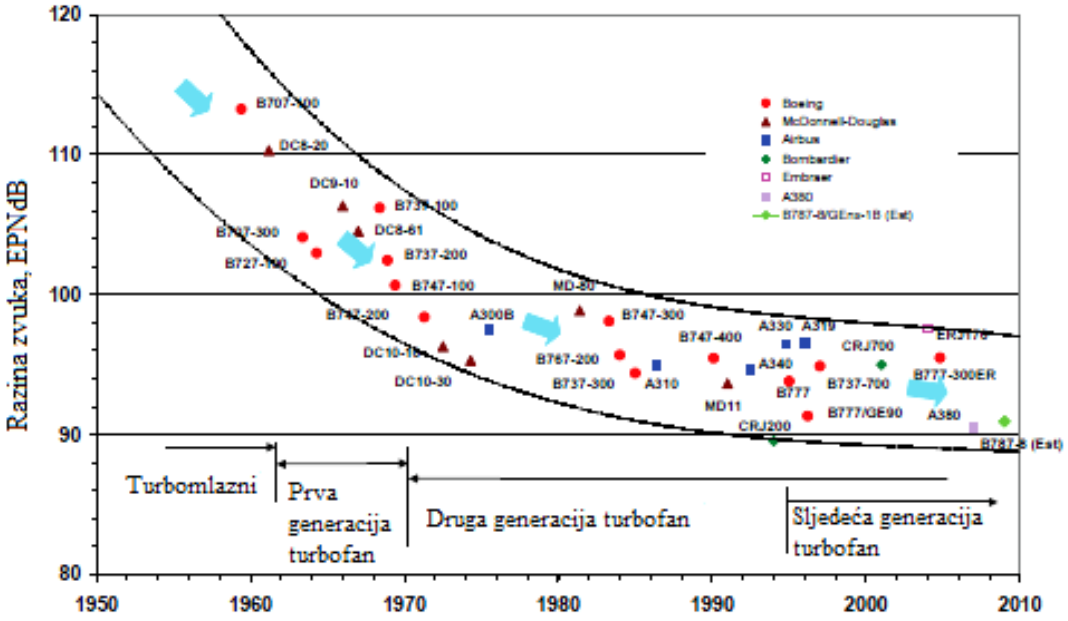
Prilikom slijetanja glavni izvori buke koji se javljaju su:

- buka turbine,
- buka lopatica,
- buka strukture zrakoplova kao posljedica stvaranja otpora. Međusobni odnosi izvora buke prilikom polijetanja i slijetanja prikazani su na grafikonu 1.



Grafikon 1. Odnos izvora buke zrakoplova prilikom slijetanja i polijetanja, [4]

Zahvaljujući aerodinamičkim tunelima u kojima se ispituje stupanj buke, raznim tehnološkim rješenjima i inovacijama u industriji, buka zrakoplova, a ponajviše buka motora radikalno se smanjuje što je i prikazano na slici 4.



Slika 4. Redukcija buke zrakoplova u razdoblju od 1950 – 2010. godine, [5]

Iz slike 4. može se vidjeti tehnološki razvoj i modernizacija u vremenu od 1950. do 2010. godine te njihov položaj u odnosu na razinu zvuka. Što je zrakoplov kasnije konstruiran djeluje tiše i ta tendencija redukcije buke nastavlja se i danas.

Struktura zrakoplova - buka uzrokovana strukturom zrakoplova nastaje uzastopnim protokom zraka uz aeroprofil gdje prilikom opstrujavanja zraka preko krila, trupa, repnih površina i raznih izbočina dolazi do stvaranja vrtloga iza tih površina. Glavni dijelovi aeroprofila koji svojim pokretanjem stvaraju buku su:

1. stajni trap,
2. zakrilca,
3. predkrilca,
4. vertikalni stabilizator,
5. ostali pokretni sustavi na krilima zrakoplova.

Uzrok buke stajnog trapa je protok zraka koji opstrujava oko njega. Stajni trap zbog svoje funkcionalnosti ima mnogo neaerodinamičkih prijelaza što otežava protok zraka, stvara veliki turbulentni trag i povećava nivo buke. S obzirom da se najveći otpor oko stajnog trapa pojavljuje u fazi prilaza i slijetanja, u tim fazama se pojavljuje i najveća razina buke.

Također je važno spomenuti zakrilca koja isto tako generiraju značajniji nivo buke. Glavni uzročnik pojave buke je stvaranje vrtloga i turbulencija koje nastaju zbog prolaska zraka između otvorenih i zatvorenih vrata zakrilaca.

Razina buke strukture zrakoplova (slika 5) razlikuje se ovisno o polijetanju i slijetanju zrakoplova. Nivo buke izazvan aeroprofilom zrakoplova prilikom polijetanja je znatno manji i zanemariv u odnosu na razinu buke izazvane na prilazu ili slijetanju kojoj se pridaje velika važnost.

Zbog negativnog utjecaja buke zrakoplova na putnike, posadu, djelatnike službe prihvata i otpreme i naselja koja se nalaze u neposrednoj blizini svi proizvođači usmjerili su pozornost na dizajniranje što tišeg zrakoplova [6].



Slika 5. Izvor buke strukture zrakoplova, [7]

2.1.2. Utjecaj štetnih ispušnih plinova na okoliš

Zagađenje zraka povezano je s izgaranjem goriva prilikom kojeg dolazi do ispuštanja ispušnih plinova, izgaranja različitih kemikalija i čestica. Najveći zagađivači su:

1. ugljični dioksid (CO_2),
2. dušikovi oksidi (NO_x),
3. smjese ugljikovodika (HC),
4. štetne čestice.

Ispuštanjem štetnih plinova dolazi do onečišćenja zraka na i oko zračne luke, a može potjecati od različitih izvora od kojih su najvažniji prikazani na slici 6.



Slika 6. Najvažniji izvori štetnih plinova

Izvor: [1]

NO_x (monoksid i dioksid) nastaju tijekom izgaranja goriva posebice ako se pri izgaranju ostvaruju visoke temperature. Primarni izvori dušikovih oksida su transport, proizvodnja električne energije i industrija. Negativni utjecaji dušikovih oksida očituju se u stvaranju fotokemijskog smoga i sudjelovanja u stvaranju kiselih kiša.

Najznačajnije onečišćenje je na visinama režima leta od osam do dvanaest kilometara, odnosno, u području troposfere i tropopauze gdje su zrakoplovi jedini antropogeni zagađivači. Emisije NO_x tijekom slijetanja i polijetanja regulirane su dugi niz godina kako bi pomogle u upravljanju lokalnom kakvoćom zraka oko zračnih luka. Standardi su postali restriktivni tijekom vremena, a sa daljnjim razvojem zračnog prometa postati će sve restriktivniji.

2.1.3. Ostali izvori zagađenja okoliša od zračnog prometa

Značajan problem javlja se:

- onečišćenjem tla i vode oko zračnih luka,
- onečišćenjem vode od rada zračne luke,
- sanitarnim otpadom,
- industrijskim otpadom,
- onečišćenjem vode zbog olujna vremena i kanalizacije,
- otpadom od punjenja gorivom, rada i čišćenja zrakoplova,
- otpadom od remonta i održavanja zrakoplova [8].

Od ostalih vrsta zagađenja pojavljuju se zagađenje vode i tla. Do zagađenja vode dolazi ispuštanjem kemikalija, otpadnih ili oborinskih voda u tlo prije pročišćavanja. Kao najvažnije kemikalije bitno je istaknuti:

- boje oznaka na uzletno-sletnoj stazi (USS), stazama za vožnju i stajanci,
- tekućine od aktivnosti odleđivanja zrakoplova (*de-icing*) i čišćenja manevarskih površina,
- ulja,
- naftu.

Zagađenje tla najvećim dijelom nastaje ispuštanjem tekućina, nepravilnim razgrađivanjem i sortiranjem otpada. Otpad se odnosi na:

- ostatke hrane,
- plastiku,
- baterije,
- gumene dijelove,
- aluminij.

Taj otpad proizvode putnici, posjetitelji, koncesionari, ali i zračna luka. Nepravilnim rukovanjem otpada dolazi do narušavanja flore i faune lokalnih područja i okoliša zračne luke.

2.2. Tehnološka dostignuća i utjecaj dionika zračnog prometa na zaštitu okoliša

Razvoj tehnologije u području zračnog prometa jedna je od najbrže rastućih u odnosu na ostale grane prometa. Povećanjem populacije i potražnje za uslugom zračnog prijevoza dionici istog nastoje svakodnevno upotrijebiti tehnologiju, restrikcije i mjere s ciljem očuvanja okoliša. Svaki od dionika prikazanih na slici 7, na određeni način utječe na zagađenje okoliša, međutim uvođenjem mjera zaštite okoliša smanjuju negativne utjecaje.

Zaštita okoliša je skup odgovarajućih aktivnosti i mjera kojima je cilj:

1. sprječavanje onečišćenja i zagađenja okoliša,
2. sprječavanje nastanka šteta,
3. smanjivanje i/ili otklanjanje šteta nanesenih okolišu,
4. povrat okoliša u stanje prije nastanka štete [9].



Slika 7. Dionici zračnog prometa, [1]

2.2.1. Institucije

S obzirom da zrakoplovi na mlazni pogon pripadaju u najveće zagađivače zraka i imaju veliki udio u današnjem zračnom prometu, Europska Unija (*European Union - EU*) je shodno tome uvela pravila kojima nastoji ograničiti zagađenje. Jedno od najvažnijih pravila Europske komisije (izvršno tijelo Europske Unije) je iz 2012. godine, a odnosi se na obavezno podnošenje certifikata o količini ispuštenog CO_2. Sve zrakoplovne tvrtke čiji letovi započinju ili završavaju na europskom tlu moraju predati certifikate o količini ispuštenog CO_2 tijekom tih letova. Ukoliko je ta količina prekoračena, prijevoznik mora platiti penale.

Europska komisija je odredila kvote s maksimalno dopuštenim količinama plinova koji se javljaju tijekom leta, a isti na Zemlji izazivaju učinak staklenika. Za te količine Europska komisija izdaje certifikate, kojima se može "trgovati". Trgovanjem zračni prijevoznici međusobno otkupljuju certifikate, odnosno dozvoljene količine CO_2. Po ovom sustavu, zrakoplovi pojedinih zračnih prijevoznika smiju tijekom letova ispustiti samo onoliku količinu CO_2 kolika im je odobrena certifikatom Komisije ili certifikatom koji su otkupile od neke druge zrakoplovne tvrtke.

Za kršenje ovog pravila predviđena je novčana kazna, a može doći i do zabrane letenja na području Europe. Organizacije za zaštitu okoliša smatraju da će ovo pravilo potaknuti kompanije da racionalnije popunjavaju svoje zrakoplove i da se aktiviraju i pomognu u proizvodnji učinkovitijih zrakoplovnih motora [10].

2.2.2. Proizvođači zrakoplova

Jedan od najvažnijih i prvih dionika koji utječu na okoliš u zračnom prometu su proizvođači zrakoplova. Oni su začetnici mjera koje će određivati kakve mjere i u kojem omjeru ostali dionici mogu primijeniti u pojedinim segmentima ovisno o performansama konstruiranog zrakoplova.

Prilikom konstrukcije zrakoplova sve je veća pozornost na korištenju različitih vrsta materijala kako bi zrakoplov bio što lakši, uz ispunjen uvjet sigurnosti. Materijali izrade nove generacije zrakoplova su kompozitni materijali koji nastaju spajanjem dvaju ili više materijala različitih svojstava s ciljem dobivanja materijala poboljšanih svojstava. Kompozitni materijali se dijele na:

- kompoziti s česticama,
- vlaknima ojačani kompoziti,
- slojeviti kompoziti,
- strukturni kompoziti (sendvič konstrukcije).

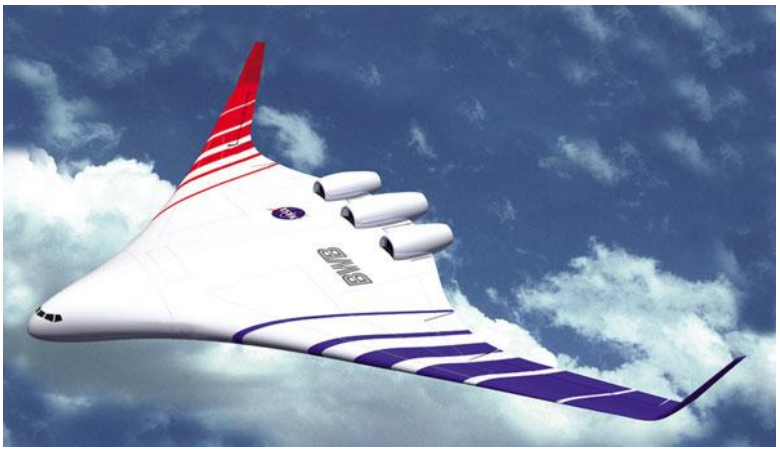
Novije generacije zrakoplova u cijelosti su konstruirane od kompozitnog trupa zrakoplova i struktura krila. Upotreba kompozitnih materijala omogućuje visoku učinkovitost zrakoplova, a u isto vrijeme ne utječe negativno na sigurnost, ekološku prihvatljivost i efikasnost.

Prednosti kompozitnih materijala su:

- smanjenje težine zrakoplova,
- povećanje nosivosti.
- dugotrajna izdržljivost,
- veća otpornost na opterećenje.

Primjer prednosti upotrebe kompozitnih materijala je lijepljena konstrukcija zrakoplova koja rezultira nekoliko stotina kilograma lakšim zrakoplovom i aerodinamičkim zrakoplovom s manje otpora [11].

Uz pojavu novih i lakših materijala za izradu konstrukcije zrakoplova, proizvođači su razvojem tehnologije implementirali novi dizajn zrakoplova tzv. BWB (*Blended Wing Body)* čiji se izgled može vidjeti na slici 8.



Slika 8. BWB zrakoplov nove generacije, [12]

Osnovni koncept prvi je put razvijen prije nekoliko desetljeća, a njegove varijacije korištene su u poznatom B-2 bombarderu (mješovito krilo) i manje poznatom YB-49 (čistom letećem krilu iz 1940-ih). Poput B-2, dizajn BWB koristi kompozitne materijale koji su jači i lakši od konvencionalne metalne konstrukcije. BWB također ima nekoliko kontrolnih površina na pratećem rubu, poput B-2, umjesto konvencionalnog repnog sklopa [12]. BWB zrakoplov je dizajn bez repa i objedinjuje krilo i trup. Smatra se da je dizajn izrazito velika konceptualna promjena u odnosu na klasični dizajn koji prevladava u posljednjih 50 godina. Ovakav zrakoplov može prevesti do 800 putnika raspoređenih u dva nivoa. BWB konfiguracija omogućuje stvaranje uzgona s minimalnim otporom, znatno poboljšanje u potrošnji goriva sa smanjenim nepoželjnim emisijama i potencijalno manjim troškovima zrakoplova po putničkom sjedalu. Osim toga, jedinstveno postavljanje motora pruža operativnu prednost smanjenja buke tijekom operacija polijetanja i slijetanja.

BWB je prekretnica u konstruiranju zrakoplova, ali koncept je izvediv i ima veliki potencijal za zadovoljavanje potreba u budućnosti zračnog prometa. Njegove prednosti kao manja potrošnja goriva, smanjena buka i emisije štetnih tvari predstavljaju izazove zrakoplovnoj industriji [13].

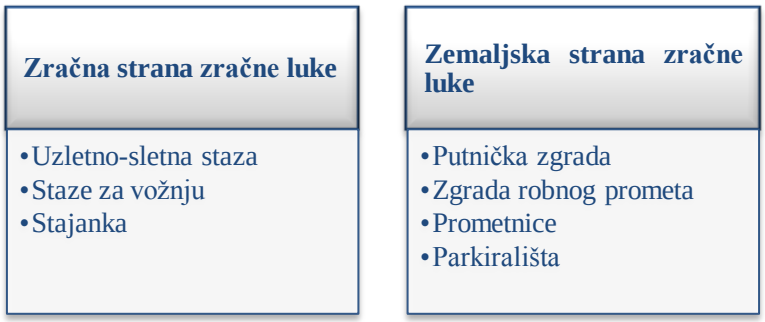
Američka svemirska agencija (*National Aeronautics and Space Administration - NASA*) u suradnji s partnerima istražuje BWB koncept zrakoplova za potencijalnu uporabu u budućem razvoju zračnog prometa za civilne i vojne primjene. BWB je hibridni oblik koji sliči letećim krilima, ali također uključuje značajke konvencionalnog transportnog zrakoplova.

Prednosti nove tehnologije i BWB dizajna su:

- aerodinamični profil napadne ivice krila,
- uravnoteženo podnožje zrakoplova,
- stvaranje „tihog“ otpora pomoću povećanog induciranog otpora,
- strukturna zaštita od buke motora zrakoplova,
- optimizirani potisak na polijetanju [1].

2.2.3. Zračne luke

Samo područje zračne luke može se podijeliti na dva glavna dijela s obzirom na izvore buke kao što je prikazano na slici 9.



Slika 9. Podjela prostora zračne luke,

Izvor: [6]

Prvi dio je zračna strana koja obuhvaća terminalni zračni prostor i aerodromske površine. Na tome dijelu glavni izvori buke su zrakoplovi, vozila prihvata i otpreme zrakoplova. Drugi dio se odnosi na zemaljsku stranu na kojoj su glavni izvori buke automobili i autobusi [6].

Zračna luka najčešće se smatra glavnim izvorom buke iako se buka većim dijelom manifestira od strane zrakoplova. S obzirom da se najveći problemi s aspekta buke i emisija generiraju u zoni zračne luke, niz je mjera koje ista provodi. U nastavku se navode najučinkovitije mjere zaštite okoliša:

- program potpore tiših zrakoplova i penalizacija glasnih zrakoplova s ciljem stimulacije onih zračnih prijevoznika koji koriste novije zrakoplove,
- kontrola potiska na voznim stazama, odnosno korištenje manjeg broja motora za kretanje zrakoplova po voznim stazama,
- definiranje kvote broja noćnih operacija, s tim da najbučniji zrakoplovi ne smiju slijetati ni polijetati noću,
- korištenje preferirane USS-e u suradnji s kontrolom zračnog prometa ukoliko korištenje iste ima manji utjecaj na širenje buke u okolna naselja,
- zabrana testiranja motora u određenom dobu dana/noći,
- ograničenje broja operacija koje predstavlja maksimalni broj operacije ili *slot-ova*[1] po satu/danu/godini - rezultira ograničenjem kapaciteta zračne luke,
- dozvoljena maksimalna razina buke predstavlja ograničenje broja ponavljanja maksimalnih razina buke na određenom području,

[1] Slot – dozvola kojom se nastoji ograničiti broj zrakoplova na zračnoj luci u određenom dijelu dana, odnosno, dopuštenje prijevozniku od strane koordinatora da može koristiti infrastrukturu zračne luke za usluge u zraku, u određenom vremenskom periodu, za određeni datum u svrhu polijetanja i slijetanja zrakoplova. Specifični vremenski period dodijeljen zrakoplovu za polijetanje i slijetanje na određenu zračnu luku.

- zabrana letenja – najčešće noću, učinkovita mjera za očuvanje okoliša no povlači za sobom ekonomski aspekt i štetu za zračne prijevoznike, ali i zračne luke,
- zabrana korištenja obrnutog potiska noću - koristi se u 85 država,
- stimulacija zračnih prijevoznika za korištenjem zemaljska jedinica napajanja električnom energijom (*Ground Power Unit - GPU*),
- novčana pomoć pri izolaciji stambenih objekata u najbučnijim zonama,
- implementacija sustava za mjerenje buke zrakoplova,
- sustav za prijavu povećane razine buke kod zrakoplova od strane lokalnog stanovništva.

Europske zračne luke ulažu u obnovljive izvore energije kao što su: biomasa, geotermalna snaga, solarne ćelije (slika 10) i vjetrenjače.



Slika 10. Solarne ćelije Zračna luka Munchen, [14]

Prije pet godina uprava glavne nizozemske zračne luke Schiphol odlučila je po uzoru na nekoliko većih europskih zračnih luka instalirati fotonaponske ploče kako bi se utvrdilo koliko je korisno i isplativo primijeniti ih kao izvor električne energije. Zračna luka Amsterdam je na svoje krovove zasad instalirao 9 500 četvornih metara fotonaponskih ploča koje daju 440 000 kilovatsati godišnje što je dovoljno za 120 kućanstava. Uz fotonaponske ploče instalirano je mnogo djelotvornih tehnologija kao što su LED rasvjeta i sustavi za skladištenje toplinskih viškova, a koje potpomažu zaštiti okoliša [14].

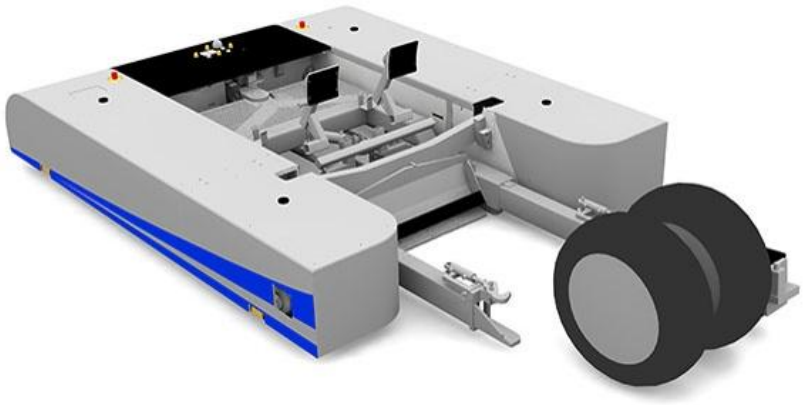
2.2.4. Pružatelji usluga prihvata i otpreme zrakoplova

Tvrtke koje pružaju uslugu prihvata i otpreme zrakoplova zamjenjuju svoja postojeća vozila s ekološki prihvatljivijim:

- vozila na električni pogon,

- hibridna vozila,
- vozila na ukapljeni naftni plin (*Liquefied Petroleum Gas - LPG*) kao što su: traktori za vuču prtljage, robe, vuča zrakoplova između terminala i hangara za održavanje.

Samo ušteda na kretanju zrakoplova između terminala i hangara donosi uštedu od više od 15 milijuna litara goriva i smanjuje CO_2 emisije za 40 milijuna kilograma godišnje [1]. Najnovija tehnologija koja omogućuje zaštitu okoliša, a odnosi se na vuču zrakoplova je vozilo tvrtke Mototok prikazano na sljedećoj slici 11.



Slika 11. Automatizirano upravljano vozilo, [15]

Automatizirano upravljano vozilo (*Automated Guided Vehicle* – AGV) je vozilo izrazito manjih dimenzija u odnosu na konvencionalne traktore. Upravlja se pomoću daljinskog upravljača.

Prednosti vozila su:

- poboljšanje vuče zrakoplova automatiziranim sustavom vođenja,
- smanjenje onečišćenja okoliša,
- povećanje kapaciteta hangara za do 40 %,
- smanjenje troškova održavanja i troškova osoblja,
- veća vidljivost.

2.2.5. Zračni prijevoznici

Zračni prijevoznici kao jedni od dionika zračnog prometa imaju veliki utjecaj na zagađenje, a samim time i na zaštitu okoliša. S obzirom da je zrakoplov najveći generator buke i ispušnih plinova, zračni prijevoznici nastoje poduzeti mjere zaštite okoliša. Mjere se odnose na smanjenje buke i ispušnih plinova, čime u isto vrijeme stvaraju uštedu goriva što

im je dodatni poticaj zbog velikih oscilacija u cijenama goriva. Fokus kojim se zračni prijevoznici vode je smanjenje potrošnje goriva zbog fluktuacije u cijeni goriva. Dosadašnjim analizama od strane zračnih prijevoznika zabilježena je efikasnost potrošnje goriva za 20 %. Mjere koje su potpomogle uštedu goriva su prikazane u tablici 1. Svaka mjera potkrijepljena je količinom očuvanih kilograma emisija štetnih plinova, odnosno količine uštede goriva u litrama tijekom godine dana.

Tablica 1. Ušteda goriva i smanjenje emisija ispušnih plinova na godišnjoj razini korištenjem određenih mjera

Naziv procedure	**Smanjenje emisija štetnih plinova / 1 godina**	**Ušteda goriva /1 godina**
Povećano korištenje GPU-a	CO_2 više od 45 milijuna kilograma	19 milijuna litara
Pranje i čišćenje motora	CO_2- 68 milijuna kilograma	27 milijuna litara
Korištenje jednog motora od USS-e do stajanke	CO_2- 27 milijuna kilograma Smanjenje NO_x za 10-30%	11 milijuna litara
Upotreba *wingleta*	CO_2- 372 milijuna kilograma	150 milijuna litara
Uklanjanje nepotrebnih elemenata u kabini	CO_2- 97 milijuna kilogram	37 milijuna litara

Izvor: [16]

Zračni prijevoznici s ciljem uštede i očuvanja okoliša podilaze sve većim istraživanjima alternativnih goriva. Svako alternativno gorivo (vodik, tekući metan, biogorivo ili nuklearni pogon) trenutno se koristiti samo kao zamjensko, odnosno zrakoplov tijekom leta može sadržavati alternativno gorivo u samo jednom motoru dok ostali motori moraju biti pokretani kerozinom.

Probni let zrakoplova koji je koristio biogorivo zabilježen je na zrakoplovu Boeing 747 iz Londona do Amsterdama 2008. godine. Jedan motor koristio je mješavinu od 20% kokosovog i palminog ulja**.** Iste godine zabilježen je probni let Airbus 380 iz Bristola prema Toulouseu. Zrakoplov je koristio 40% mješavinu GTL-a (*Gas to Liquid*). GTL tehnologija pretvara prirodni plin - fosilno gorivo u visoko kvalitetne tekuće proizvode koji bi se inače načinili od sirove nafte. Od ostalih značajnijih letova koji su koristili alternativna goriva mogu se spomenuti:

1. prosinac 2008. godine – probni let *Air New Zealand* Boeing 747-400 - koristi mješavinu druge generacije biogoriva na jednom Rolls Royce motoru tijekom dva sata leta,
2. siječanj 2009. godine, *Japan Airlines* - Boeing 747-300 - koristi mješavinu 50:50 Jet A goriva i druge generacije sintetičkog kerozina,
3. listopad 2011. godine prvi komercijalni let na biokerozin na jednom motoru - Boeing 757-200 od zračnog prijevoznika *Thomson Airways* koji je preveo 232 putnika iz zračne luke Birmingham, prema Arrecife.

Uz mjere za smanjenje štetnih plinova i uštede goriva, zračni prijevoznici također primjenjuju mjere smanjenja buke od kojih su najčešće:

1. zamjena flote glasnih zrakoplova s tišim zrakoplovima koju većinom provode europski zračni prijevoznici, a može se odnositi na zamjenu porodice A320 s A320neo koja označava nove opcije s aspekta motora (*New Engine Option - NEO*),
2. implementacija utišača („*Hush-kit*" sustava) prikazanog na slici 12 čija je svrha reducirati buku ispuha kod motora. Najčešće se pojavljuje kod zračnih prijevoznika Sjedinjenih Američkih Dražava (SAD) koji zbog restrikcija dozvoljenih razina buke na području Europe umjesto zamjene zrakoplova podliježu primjeni tog sustava, u suprotnom bi za njih vrijedila zabrana letenja na području Europe,
3. korištenje procedura prilaza i odleta za smanjenje buke.



Slika 12. Utišivač buke motora, [17]

2.2.6. Kontrola zračnog prometa

Osnovna zadaća kontrole zračnog prometa je pružanje usluga u zračnoj plovidbi, poštujući osnovni i najvažniji princip visokog stupnja sigurnosti zračnog prometa. Uz sigurnost drugi značajniji faktor je kvaliteta pružanja usluga korisnicima. Kako bi kvaliteta bila na visokoj razini važno je unaprjeđivanje i primjena novih tehnologija te osposobljavanje zaposlenika.

Isto tako važno je primijeniti mjere i postupke u svezi zaštite okoliša. Određivanjem kuta prilaza, primjenom „pomaknutog" prilaza, korištenjem preferirane USS-e, suradnjom s ostalim dionicima i primjenom ostalih mjera zaštite okoliša pojašnjenih u četvrtom poglavlju kontrola zračnog prometa zasigurno pridonosi ekološkoj održivosti zračnog prometa.

2.2.7. Ostali korisnici zračne luke

Putnici, zaposlenici, posjetitelji ili pratitelji svojim sudjelovanjem u segmentu zračnog prometa na određeni način utječu na okoliš. Na samoj zračnoj luci konzumiranjem hrane i pića, čitanjem novina i korištenjem svih ostalih resursa koji se kasnije pretvaraju u otpad započinje proces zagađenja okoliša. Važniju ulogu dakako ima putovanje prema zračnoj luci i povratno putovanje zbog kojeg nastaje zagađenje bukom, ali i ispušnim plinovima jer korisnici najčešće koriste prijevoz automobilima ili autobusima.

Glavni izvori buke čine vozila koja se kreću u zoni zračne luke u svrhu dolaska, zadržavanja i odlaska putnika, posjetitelja i zaposlenika zračne luke. Problem sa bukom i ispušnim plinovima automobila imaju velike zračne luke koje rade 24 sata dnevno i imaju male vremenske razmake između letova. Iz tih razloga te zračne luke imaju veliku koncentraciju putnika, a time i broj prijevoznih sredstava.

Najprihvatljivije mjere koje se mogu primijeniti za očuvanje okoliša od štetnih utjecaja korisnika zračne luke su:

- korištenje javnog prijevoza,
- uvođenje željezničkog i tramvajskog prometa čime bi se smanjile emisije štetnih ispušnih plinova. Većina europskih zračnih luka ima razvijenu željezničku mrežu koja omogućava lakši prijevoz do središta gradova, putnicima olakšava manevriranje prtljagom zbog prostranijih vlakova i smanjuje zagušenje na prometnicama.

3. REGULATORNI OKVIR ZRAČNOG PROMETA I PREPORUKE SMANJENJA NEGATIVNOG UTJECAJA NA OKOLIŠ

Najvažniji aspekt promatranja zračnog prometa je sigurnost. Međutim, u počecima razvoja zračnog prometa, sigurnosti se nije prilazilo adekvatno i organizirano. Shodno tome, regulative koje su danas na snazi razvijale su se tek nakon što je potreba za uvođenjem mjera bila jasno izražena. Pružatelji usluga u zračnom prometu bili su neusklađeni što je dodatno stvaralo poteškoće budući da se zrakoplovstvo smatra izrazito specifičnom i zahtjevnom djelatnošću zbog visokog stupnja odgovornosti koja proizlazi iz obavljanja te vrste prijevoza. Kvalitetan okvir za regulaciju sigurnosti pojavio se tek osnivanjem Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (*International Civil Aviation Organization - ICAO*).

3.1. Međunarodna razina

Zračni promet je izravno zaslužan za oko 3 % emisija stakleničkih plinova u EU-u, a uzmu li se u obzir neizravne posljedice, ukupni utjecaj na klimatske promjene mogao bi biti dva do četiri puta veći. Shodno tome važno je konstantnim napretkom tehnologije graditi napredak i u očuvanju okoliša uz pomoć međunarodnih i nacionalnih organizacija te njihovih specijaliziranih dokumenata.

3.1.1. International Civil Aviation Organization (ICAO)

ICAO je organizacija osnovana 1944. godine u Chicagu, s ciljem stalnog nadzora, uvođenja i provođenja Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu (Čikaške konvencije). Republika Hrvatska članica je ICAO-a od 1992. godine. Jedna od temeljnih zadaća ICAO-a, je postavljanje sigurnosnih standarda na svjetskoj razini. Sigurnosni standardi najčešće se provode kroz regulative i preporuke te izdavanjem smjernica organizacijama koje su obvezne provoditi standarde. Regulative i preporuke ICAO-a odnose se na dvije skupine. Prvu skupinu čine države članice, odnosno potpisnice čikaške konvencije, a drugu pružatelji usluga u zračnom prometu. Pružatelji usluga su:

- operatori zrakoplova,
- organizacije za održavanje zrakoplova,
- operatori aerodroma,
- pružatelji usluga kontrole zračne plovidbe [18].

Nakon provođenja regulativa i preporuka vezanih uz sigurnost, efikasnost, povećanje kapaciteta i učinkovitost, ICAO usmjerava djelovanje na donošenje preporuka koje pridonose zaštiti okoliša. U ispunjavanju svojih odgovornosti, ICAO je razvila niz standarda, politika i smjernica za primjenu integriranih mjera za rješavanje buke i emisija zrakoplova koji obuhvaćaju:

- tehnološka poboljšanja,
- operativne postupke,
- pravilnu organizaciju zračnog prometa

- odgovarajuću uporabu zemljišta.

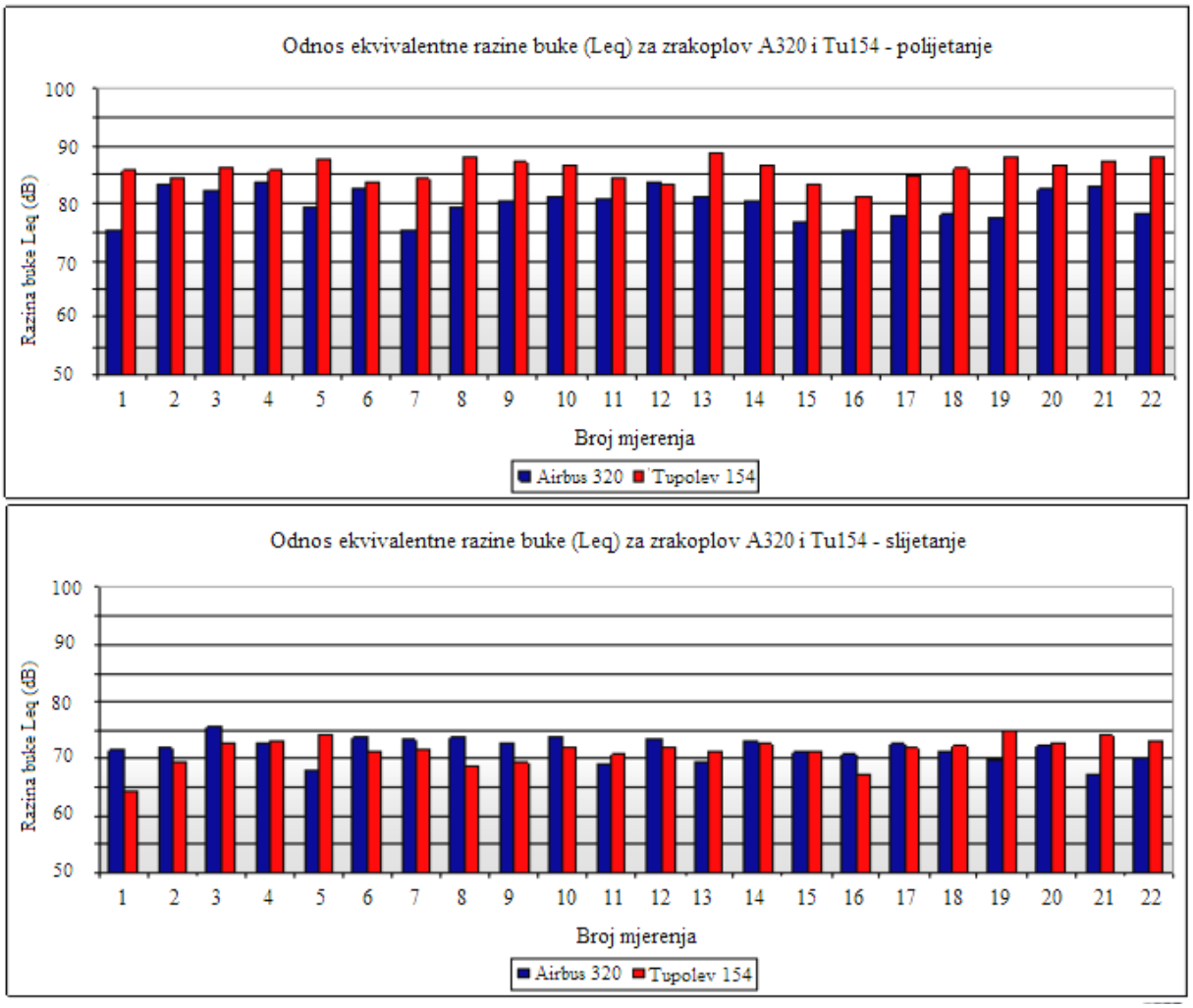
Važan segment uravnoteženog pristupa u upravljanju buke zrakoplova je smanjenje buke na izvoru. Od 1970. godine buka zrakoplova kontrolira se postavljanjem granica buke za zrakoplove u obliku standarda i preporučenih praksi (SARP) sadržanih u *Annex-u 16 volume I.* Ta dokumentacija koristi se i danas. Glavni dokument koji govori o zaštiti okoliša je ICAO *Annex 16* koji se dijeli na tri dijela:

1. *volume I* – buka zrakoplova,
2. *volume II* – emisije ispušnih plinova
3. *volume III* – CO_2 emisije (u tijeku izrade).

U prvom poglavlju dokumenta javlja se pojam kategorizacije i certificiranja zrakoplova. Primarna svrha certificiranja buke je osigurati da najnovija dostupna tehnologija smanjenja buke bude uključena u projektiranje zrakoplova. Buka zrakoplova najznačajniji je uzrok nepovoljne reakcije zajednice vezano za rad i širenje naselja oko područja zračnih luka. Očekuje se da će to i dalje biti slučaj u većini regija svijeta u doglednoj budućnosti. Stoga je jedan od glavnih prioriteta ICAO-a i jedan od ključnih ciljeva zaštita okoliša. S ciljem smanjenja buke na izvoru, u *Annexu 16* kao glavnom dokumentu vezanom za buku, navodi se podjela zrakoplova s obzirom na godinu proizvodnje samog zrakoplova [izvješće?]. Kategorizacija zrakoplova je sljedeća:

1. zrakoplovi bez certifikata buke (*non-noise certificated* - NNC) - primjer B707 i Douglas DC-8,
2. *chapter* 2 – certifikat dobiven prije 6. listopada 1977. godine - primjer B727, Douglas DC-9,
3. *chapter* 3 – od 6. listopada 1977. do 1. siječnja 2006. godine - primjer B737-300/400, B767, A319,
4. *chapter* 4 – dobivanje certifikata iza 1. siječnja 2006. godine - primjer A380, B737NG, B787, A320neo,
5. *chapter* X – još uvijek je u pregovorima donošenje istog budući da praksa nalaže da su na snazi uvijek dva *chaptera*, što znači povlačenje *chaptera* 3. Povlačenje *chaptera 3* trenutno još uvijek nije prihvatljivo s obzirom na to da se ti zrakoplovi danas koriste u velikom broju.

Zrakoplovi prve kategorije se danas rijetko koriste u operativi, dok se zrakoplovi iz *chaptera 2* koriste u većem broju. Međusobna poveznica između kategorija je tehnologija. Tehnologija je s godinama napredovala i zrakoplovi su postajali tiši te se iz tog razloga nastoje ukloniti zrakoplovi proizvedeni ranijih godina. Vizualna razlika razine buke između zrakoplova na polijetanju i slijetanju kategorije dva i tri prikazana je na grafikonu 2 [1].



Grafikon 2. Odnos druge i treće kategorije zrakoplova na polijetanju i slijetanju, [1]

S grafikona je vidljivo da je visoka razina buke kod polijetanja prisutna u većoj mjeri kod zrakoplova Tupolev 154 budući da on koristi motore starijih tehnologija u odnosu na Airbus 320. U slučaju slijetanja, buka je većinom veća kod zrakoplova A320 zbog strukture zrakoplova koja se razlikuje od zrakoplova Tupolev 154 i stvara dodatni otpor koji se manifestira kao buka.

Uravnoteženi pristup upravljanja bukom zrakoplova sastoji se od prepoznavanja problema buke i analize različitih mjera dostupnih za smanjenje buke na određenoj zračnoj luci, odnosno istraživanjem četiri glavna elementa, i to:

1. smanjenje buke na izvoru;
2. planiranje i upravljanje zemljištem;
3. postupci za smanjenje buke; i
4. radna ograničenja.

Ekološka održivost međunarodnog zračnog prometa jedna je od glavnih izazova ICAO-a. Projicirano je da će potražnja za zračnim prometom značajno rasti u doglednoj budućnosti i

shodno tome ekološke posljedice ove stope rasta sve se više dovode u pitanje. Da bi ispunio svoju ulogu kao takozvani katalizator za gospodarski, društveni i kulturni razvoj, zračni promet u budućnosti mora biti održiv. ICAO poduzima potrebne radnje kako bi se olakšao daljnji napredak prema ovom cilju te se pored tehničkog i operativnog rada, fokusira na četiri strateška cilja:

- ostvarivanje akcijskih planova država i pomoć državama u smanjenju emisija,
- razvoj i poticanje korištenja održivih alternativnih goriva za zrakoplovstvo,
- provođenje tržišnih mjera,
- održivi razvoja na globalnoj razini [19].

Godine 2004. ICAO je usvojio tri glavna cilja zaštite okoliša:

- ograničiti ili smanjiti broj ljudi zahvaćenih značajnim zrakoplovnim šumom koji se javlja kao posljedica buke zrakoplova,
- ograničiti ili smanjiti utjecaj emisija zrakoplova na lokalnu kakvoću zraka,
- ograničiti ili smanjiti utjecaj emisija stakleničkih plinova na klimatske promjene.

Vijeće ICAO-a također je usvojilo strateške ciljeve s visokim prioritetom u zaštiti okoliša, dok novi Poslovni plan nalaže status ICAO-a kao vodeće međunarodne organizacije koja provodi jedinstvene i koordinirane mjere za smanjenje utjecaja civilnog zrakoplovstva na okoliš.

Aktivnosti ICAO-a u području zaštite okoliša prvenstveno su usmjerene na one probleme koji na svjetskoj razini imaju najviše koristi od zajedničkog koordiniranog pristupa, na buku i emisije štetnih plinova zrakoplova. Većina aktivnosti provodi se putem ICAO Odbora za zaštitu okoliša u zračnom prometu (*Committee on Aviation Environmental Protection* - CAEP) ustanovljenog 1983. godine. CAEP potpomaže u formuliranju novih politika i usvajanju novih SARP-ova vezanih uz buku i emisije zrakoplova, te općenito o utjecaju zračnog prometa na okoliš. Struktura ICAO-a s obzirom na CAEP prikazana je na slici 13 [20].



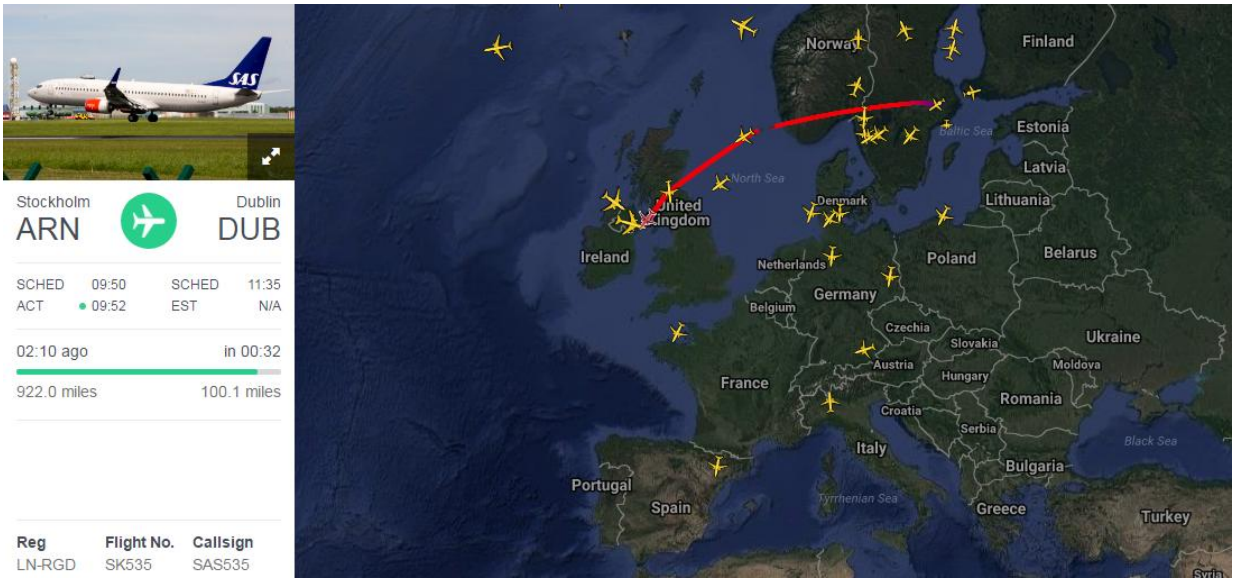
Slika 13. Položaj CAEP-a u odnosu na strukturu ICAO-a, [21]

CAEP se sastoji od članova i predstavnika država, vladinih i nevladinih organizacija koje predstavljaju zrakoplovnu industriju i interese zaštite okoliša. Procjene i prijedlozi CAEP-a se provode uzimajući u obzir:

- tehničku izvedivost,
- ekološku korist,
- ekonomsku razumnost,
- međusobnu povezanost mjera zaštite okoliša,
- razvoj u drugim područjima.

U sklopu svog rada, ICAO podnosi izvješća o postignutom napretku prethodnih godina. Posljednje (četvrto) izvješće izdano je 2016. godine i sadrži ključne aktivnosti u svezi zaštite okoliša za prethodne tri godine. Četvrto izdanje temelji se na uspjehu prošlih izvješća. Komplet tehničkih i znanstvenih članaka obavještava javnost o radu Odbora ICAO-a, država članica i mnogim dionika. Kao takav, smatra se referentnim dokumentom u području međunarodnog zrakoplovstva i okoliša i obuhvaća sve glavne razvojne aktivnosti na ovom području. Izvješće o okolišu ICAO-a iz 2016. godine predstavlja postignuća stručnjaka na području zaštite zračnog prometa. Postignuća uključuju više od 600 međunarodno priznatih stručnjaka na područjima kao što su buka, kakvoća zraka, klimatske promjene, ali i recikliranje i adaptacija klimatskih promjena.

Dodatna inovativnost od strane ICAO-a je omogućavanje praćenja zrakoplova koji koriste alternativna goriva. Aplikacija (slika 14) uživo pokazuje komercijalne letove zračnih prijevoznika koji su potpisnici ugovora o korištenju alternativnih goriva.



Slika 14. Aplikacija praćenja zrakoplova koji koriste alternativna goriva, [22]

Zračni prijevoznici potpisnici ugovora su:

- United Airlines i KLM letovi koji polaze iz zračne luke Los Angeles
- Lufthansa, SAS i KLM / KLC letovi koji polaze iz Međunarodne zračne luke Oslo
- SAS, KLM i BRA letovi koji polaze iz zračne luke Stockholm-Arlanda [22]

ICAO je osim aplikacije za prikaz zrakoplova koji koriste alternativna goriva razvio metodologiju za izračunavanje emisija ugljičnog dioksida koje su posljedica obavljanja zračnog prometa (slika 15). Kako bi se omogućio jednostavan prikaz funkcioniranja aplikacije, prikazan je primjer jednosmjernog putovanja, jednog putnika u ekonomskoj klasi. Zračna luka polaska je Međunarodna Zračna luka Zagreb (MZLZ), dok se kao zračna luka odredišta navodi London Heathrow.

One Way/Round Trip	Cabin Class	Number of Passengers
One Way	Economy	1

Leg	From City/Airport	To City/Airport
1	ZAG	LHR
Delete All Location(s)	Delete Leg	Add New Leg

Reset | Compute

Metric (KG / KM) | Standard (LBS / MI)

Total

Dep Airport	Arr Airport	Number of passengers	Cabin Class	Trip	Aircraft Fuel Burn/journey (KG)[ab]	Total passengers' CO2/journey (KG)[c]
ZAG	LHR	1	Economy	One Way	6192.4	151.7

Flight Stage Detail

Dep Airport	Arr Airport	Distance (KM)	Aircraft	Aircraft Fuel Burn/leg (KG)[a]	Passenger CO_2/pax/leg (KG)
ZAG	LHR	1366.0	319, 320	6192.4	151.7

Slika 15. Metodologija izračuna emisija štetnih plinova, [23]

Kalkulator emisije ugljičnog dioksida omogućuje putnicima procjenu emisija koje su rezultat njihovog korištenja zračnog prijevoza. Jednostavno je za korištenje i zahtijeva samo ograničenu količinu podataka od korisnika.

Blisku povezanost s ICAO-om ima Europska konferencija o civilnom zrakoplovstvu (*European Civil Aviation Conference* - ECAC) koja je osnovana 1955. godine koja nastoji uskladiti politike i prakse civilnog zrakoplovstva među državama članicama te istodobno

promicati razumijevanje o pitanjima politike između država članica i drugih dijelova svijeta. Misija ECAC-a je promicanje kontinuiranog razvoja sigurnog, učinkovitog i održivog europskog sustava zračnog prijevoza.

ECAC blisko surađuje s drugim regionalnim organizacijama i pojedinačnim državama ugovornicama ICAO-a, uključujući SAD), odgovara na niz pitanja civilnog zrakoplovstva od zajedničkog interesa, uključujući aktivnosti obuke u područjima sigurnosti i zaštite okoliša [24].

U sklopu organizacije donesen je dokument koji se odnosi na definiranje i mjerenje buke zrakoplova, točnije, „Izvještaj o standardnoj metodi obrade i definiranju kontura buke oko zračnih luka“. Ovaj dokument sadrži dva dijela:

- prvi dio namijenjen je prvenstveno nadležnim zrakoplovnim odjelima i projektantima kojima karta buke pomaže pri donošenju odluka te tehničkom osoblju koji izrađuje te karte,
- drugi dio se odnosi na one koji dopunjavaju modele karte buke [6].

3.1.2. European Commission (EC)

Europska komisija (*European Commission* - EC) izvršno je tijelo EU te promiče njezin opći interes. EC je tijelo koje djeluje neovisno o mišljenju države koju predstavlja i zajedno s Europskim parlamentom i Vijećem EU, čini tri glavne institucije koje vode EU. EC sastoji se od povjerenika država članica koji zajedno djeluju kao jedinstveno tijelo. Temeljna zadaća EC je pripremanje i predlaganje propisa. Budući da je EC tijelo koje predstavlja interese građana EU, nezavisno od država članica, povjerenici ne mogu primati upute vlade države članice koja ih je izabrala [25].

Postoje tri osnovne vrste EU legislativa:

1. regulative – poistovjećene s državnim zakonima i vrijede za sve članice EU,
2. direktive – općenita pravila koja se prenose u zakonodavstvo država prema njihovim potrebama, u tu skupinu legislativa pripada područje zaštite okoliša,
3. odluke – bave se samo točno određenim pitanjima.

Pomoću direktiva EC daje smjernice za izradu državnih zakona. Osnovna četiri principa koji definiraju okolišnu politiku EU su:

- **princip preventivnog djelovanja** - pružanje dokaza o usvajanju mjera za prevenciju opasnih događaja za koje se predviđa da imaju štetan utjecaj na okoliš,
- **princip rektifikacije na izvoru** - nametanje trenutnog uklanjanja izvora zagađenja koji ima štetan utjecaj na okoliš,
- **princip plaća** - prema kojem onaj tko stvara štetu mora ukloniti posljedice o svom trošku i platiti naknadu,

- **princip predostrožnosti** - stvaranje uvjeta za prevenciju opasnosti po zaštićene sfere poduzimanjem odgovarajućih mjera.

Glavni cilj direktiva je:

- znatno smanjenje emisija štetnih tvari,
- maksimalno povećanje energetske učinkovitosti,
- odgovorno ponašanje poslovnih subjekata prema okolišu.

S ciljem konstantnog unaprjeđenja zaštite okoliša direktive su podložne konstantnim promjenama i revizijama tako da svaka od direktiva dobiva nove inačice koje se isto tako moraju odraziti na zakone pojedinih država članica. To je jedan od problema s kojim se susrelo i hrvatsko zakonodavstvo pogotovo zbog dugog pretpristupnog perioda tijekom kojeg su se mnoge direktive i nekoliko puta mijenjale tako da je proces usklađivanja zakona bio dug i mukotrpan s time da čak i danas postoje mnoge kontradikcije i potrebe za dodatnim revizijama.

Osim osnovnih pitanja zaštite okoliše, legislativa EU identificira specifične politike koje se odnose na različita područja poput zaštite zraka i vode, otpada, buke, kemikalija, klimatskih promjena, tla, prirode i biološke raznolikosti. Neke od najvažnijih direktiva u području zaštite zraka i voda su:

- Direktiva 2008/50/EZ o kvaliteti zraka i čišćem zraku,,
- Uredba 2037/2000/EZ o tvarima koje oštećuju ozonski sloj,
- Okvirna direktiva o vodama 2000/60/EZ,
- Direktiva 2006/118/EZ o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće.

Direktive usko vezane uz buku su:

- Direktiva 2002/49/EZ - procjena i upravljanje bukom,
- Direktiva 2002/30/EC – operativna ograničenja na zračnim lukama.

Direktiva 2002/49/EC Europskog parlamenta i Vijeća stupa na snagu 2002. godine. Ova direktiva odnosi se na buku u okolišu kojoj su izloženi ljudi. Unutar direktive određuje se odgovorna vlast nadležna za provedbu ove direktive. Države članice EU dužne su izraditi karte buke i akcijske planove za upravljanje bukom i njenim učincima što uključuje predlaganje i donošenje mjera za smanjenje razine buke [3].

Direktiva 2002/30/EC Europskog parlamenta stupa na snagu 2002. godine kao i prethodno navedena direktiva. U navedenoj se direktivi utemeljuju propisi i procedure u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih uz buku na aerodromima. Ciljevi direktive su:

- utvrđivanje pravila kako bi se omogućilo uvođenje operativnih ograničenja u skladu s nivoom aerodroma tako da se ograniči ili smanji broj ljudi na koje štetni utjecaji buke značajnije djeluju,

- osiguravanje okvira u svrhu zaštite zahtjeva unutarnjeg tržišta,
- unaprjeđenje razvoja aerodromskih kapaciteta u skladu s okolišem,
- omogućavanje postizanja određenih ciljeva smanjenja buke na nivou pojedinih aerodroma,
- omogućavanje izbora mjera među onima koje su raspoložive za postizanje najveće koristi za okoliš uz najniže troškove.

Direktivom se određuje nadležna vlast te se donose:

- opća pravila upravljanja bukom,
- pravila o procjeni,
- pravila o uvođenju operativnih ograničenja s ciljem povlačenja zrakoplova koji granično udovoljavaju ovisno o tome koja su poglavlja na snazi,
- postojeća operativna ograničenja,
- izuzeća za zrakoplove registrirane u zemljama u razvoju,
- izuzeće za izvanredne zrakoplovne operacije [6].

3.1.3. EUROCONTROL

EUROCONTROL međunarodna je organizacija. EUROCONTROL u suradnji s ostalim dionicima zračnog prometa nastoji izgraditi jedinstveno europsko nebo koje će pružiti potrebnu potporu upravljanju zračnim prometom. Zahvaljujući stručnosti djelatnika, kvaliteti i opsegu zrakoplovnih podataka vezanih uz okoliš, kao i razvoju modela procjene utjecaja, EUROCONTROL je u jedinstvenoj poziciji da podrži svoje dionike u ispunjavanju ekoloških izazova industrije.

Uspostava europske mreže za upravljanje zračnim prometom (*Air Traffic Management* - ATM) ključni je cilj EUROCONTROL-a. Prilikom uvođenja poboljšanja zračnog prostora ili učinkovitosti rute, smanjuje se količina goriva po letu, a time i ispuštanje emisija, osobito CO_2.

Budući da EUROCONTROL konstantno usmjerava rad na zaštitu okoliša pojavljuje se specifičan operativni projekt s jasnim fokusom na okoliš - operacije kontinuiranog prilaza (*Continuous Descent Operation* - CDO) i operacije kontinuiranog penjanja (*Continuous Climb Operation*s – CCO). Do kraja 2010. godine na gotovo 100 zračnih luka započela je provedba istih.

Uz prethodni važan projekt pojavljuje se i zajedničko donošenje odluka vezanih uz okoliš (*Collaborative Environmental Management* - CEM) kako bi se pronašla zajednička rješenja za ekološke izazove s kojima se suočavaju na zračnim lukama i oko njih. Oba projekta su detaljnije opisana u četvrtom poglavlju [26].

3.1.4. International Air Transport Association (IATA)

Međunarodna udruga zračnih prijevoznika (*International Air Transport Association* - IATA) je trgovinska udruga svjetskih zrakoplovnih tvrtki koja predstavlja 265 zrakoplovnih tvrtki ili 83 % ukupnog zračnog prometa. Podržava mnoga područja zrakoplovne djelatnosti i doprinosi formuliranju industrijske politike o ključnim problemima u zrakoplovstvu. Zračni prijevoznici su ujedinjeni u svojoj odlučnosti da upravljaju i smanjuju svoj utjecaj na okoliš u partnerstvu sa zračnim lukama, pružateljima usluga zračne plovidbe i proizvođačima zrakoplova.

Rješavanje emisija CO_2 je na samom vrhu popisa ciljeva. Kako bi se nosili sa sve općenitijim pitanjima zaštite okoliša, zračni prijevoznici zajednički rade na uspostavljanju programa zaštite okoliša, razmjeni najboljih praksi, uključujući korištenje okolišnih sustava i procjena okoliša. Glavni IATA programi pomoću kojih nastoje smanjiti svoj utjecaj na okoliš su:

- program upotrebe alternativnih goriva,
- program smanjenja ugljika,
- procjena utjecaja na okoliš,
- baza podataka o gorivu i emisijama,
- održivost tereta [27].

IATA članovi i zrakoplovna industrija kolektivno se bavi ambicioznim ciljevima smanjenja emisija štetnih plinova. Alternativna goriva su identificirana kao ključni elemenat u postizanju tih ciljeva. Probne letove pomoću održivih goriva provodilo je više od dvadeset zrakoplovnih kompanija, a letovi su pokazali tehničku sukladnost s konvencionalnim mlaznim gorivom [28]

„Odbijanje“ ugljika je način za pojedince ili organizacije da "neutraliziraju" udio emisije CO_2 ulažući u projekte smanjenja ugljika. Ovaj IATA program donosi i standardizaciju u proces i omogućuje da zrakoplovi bilo koje veličine lako uvode navedeni program [29].

Program procjene utjecaja na okoliš (*IATA Environmental Assessment Program* - IEnvA) je sustav upravljanja i evaluacije okoliša osmišljen kako bi samostalno procijenio i unaprijedio ekološku izvedbu zrakoplovne tvrtke. IEnvA je dobrovoljni program koji se temelji na načelima poštivanja ekoloških obveza i predanosti kontinuiranom unapređenju upravljanja okolišem. Usvajanje standardnih postupaka IEnvA i preporučene prakse omogućuje zrakoplovnoj kompaniji da usredotoči resurse na poboljšanje svojeg učinka na okoliš [27].

3.1.5. Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE)

Savjetodavno vijeće za istraživanje zrakoplovstva u Europi (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe* - ACARE) za razvoj i održavanje strateškog istraživačkog programa (*Strategic Research Agenda* - SRA). Glavni cilj ACARE-a bio je prenošenje SRA koji nije bio istraživački program. SRA navodi strateške orijentacije koje bi se trebale poduzeti kako bi Europa zadovoljila potrebe društva u smislu zadržavanja zrakoplovstva kao javnog načina prijevoza, kao i zahtjeve za smanjenje buke i smanjenja emisija.

U razdoblju 2011. godine mijenjali su se brojni uvjeti granica koji su potaknuli članove ACARE da ponovno razmotre dostatnost postojeće Vision 2020 s ciljem proširenja na novi horizont prema 2050. godini. ACARE je odigrao središnju ulogu u pružanju potpore visokih razina za istraživanje zrakoplovstva koju je sazvala Europska komisija koja je sada formulirala novu viziju nakon 2020. godine za horizont 2050. godine. Nova vizija, *Flightpath* 2050, objavljena je u ožujku 2011. godine [30].

Flightpath 2050 dokument je zrakoplovne zajednice koja je reagirala i proizvela ovu važnu dokumentaciju s obzirom na izazove globalizacije, konkurentnosti i održivosti zračnog prometa. Dokument se usredotočuje na dva glavna izazova:

- zadovoljavanje potreba putnika,
- održavanje globalnog vodstva.

Do 2050. godine putnici bi trebali uživati u učinkovitom i neometanom putovanju koji se temelji na elastičnom sustavu zračnog prometa koji je temeljito integriran s drugim načinima prijevoza i dobro povezan s ostatkom svijeta. To će biti potrebno kako bi se zadovoljila sve veća potražnja za putovanjima i kako bi se lakše nosili s nepredvidivim događajima.

Vizija iznesena u ovom dokumentu naglašava potrebu za inovacijskim okružjem oslanjajući se na snažno, održivo i koherentno ulaganje u istraživanje i inovacije te poboljšano upravljanje i financiranje. Istraživanje, tehnologija i inovacije ključni su katalizatori za konkurentnost i održivost.

S ciljem dodatnog smanjenja utjecaja na okoliš svih dionika zračnog prometa ciljevi koji se smatraju ostvarivima do 2050. godine su:

- smanjenje emisije CO_2 za 75 % po putničkom kilometru,
- 90 % smanjenja emisija NO_x,
- smanjenje buke zrakoplova za 65 %,
- kretanja zrakoplova za vrijeme vožnje po manevarskim površinama - bez emisija štetnih plinova,
- zrakoplovi projektirani i proizvedeni tako da nakon životnog vijeka mogu biti reciklirani,
- što veće korištenje održivih alternativnih goriva.

S obzirom na to da je Europa u samom vrhu u istraživanjima, razvoju tehnologije i restrikcijama vezanih uz okoliš, navedeni ciljevi se smatraju ostvarivim [31].

3.2. Nacionalna razina

Najvažniji zakon na nacionalnoj razini je Zakon o zračnom prometu. Odredbe ovog Zakona primjenjuju se na sve aktivnosti u civilnom zrakoplovstvu koje se izvode na teritoriju i u zračnom prostoru Republike Hrvatske, ali i izvan teritorija i zračnog prostora Republike Hrvatske na zrakoplove registrirane u Republici Hrvatskoj. Ukoliko ovim Zakonom nije drukčije određeno, njegove se odredbe primjenjuju na sve zrakoplove koji koriste hrvatski zračni prostor, uključujući inozemne zrakoplove, u skladu s međunarodnim ugovorima koji obvezuju Republiku Hrvatsku.

Aktivnosti u civilnom zrakoplovstvu koje se izvode na teritoriju i u zračnom prostoru Republike Hrvatske izvode se u skladu s odredbama ovog Zakona, Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu od 7. prosinca 1944. godine sa svim dodacima drugih međunarodnih ugovora koji obvezuju Republiku Hrvatsku [32].

3.2.1. Zakon o zaštiti od buke

U skladu sa Zakonom o zračnom prometu i svim regulativama i direktivama propisanim na međunarodnoj razini, Republika Hrvatska donosi svoje zakone za razradu pojedinih problematika. Značajniji zakoni povezani sa zaštitom okoliša, a koji se mogu povezati na zračni promet navedeni su u nastavku rada.

Prvi zakon odnosi se na zaštitu od buke i naziva se Zakon o zaštiti od buke. Ovim Zakonom se utvrđuju mjere s ciljem izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu, uključujući smetanje bukom, osobito u vezi s:

- utvrđivanjem izloženosti buci i to izradom karata buke na temelju metoda za ocjenjivanje buke u okolišu,
- osiguravanjem dostupnosti podataka javnosti o utjecaju buke na okoliš,
- izradom i donošenjem akcijskih planova koji se temelje na podacima korištenim u izradi karata buke.

Ovaj Zakon sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2002/49/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 25. lipnja 2002. godine o procjeni i upravljanju bukom okoliša.

Sukladno navedenom Zakonu, buka okoliša definirana je kao neželjen ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskome prostoru izazvan ljudskom djelatnošću, uključujući buku koju emitiraju:

- prijevozna sredstva (cestovni, željeznički, pomorski, riječni i zračni promet),

- postrojenja i zahvati za koje se prema posebnim propisima iz područja zaštite okoliša pribavlja rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša.

Naseljena područja koja imaju više od 100 000 stanovnika obvezna su:

- izraditi strateške karte buke,
- izraditi i donijeti akcijske planove.

Obveza izrade strateških karata buke i izrade i donošenja akcijskih planova odnosi se i na vlasnike/ koncesionare glavnih zračnih luka s više od 50.000 operacija (uzlijetanja ili slijetanja) godišnje.

Strateške karte buke i akcijski planovi sastavni su dio informacijskog sustava zaštite okoliša Republike Hrvatske i čine stručnu podlogu za izradu prostornih planova i u postupku strateške procjene utjecaja plana i programa na okoliš. Strateške karte buke i akcijski planovi obvezno se obnavljaju svakih pet godina od dana izrade, odnosno od dana odobravanja [33].

3.2.2. Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske

Pravilnik sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2002/30/EZ od 26. ožujka 2002. godine o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku na zračnim lukama.

Ovim Pravilnikom propisuju se zahtjevi kojima je cilj:

- propisivanje pravila radi olakšavanja uvođenja operativnih ograničenja na ujednačen način na razini zračnih luka na teritoriju Republike Hrvatske kako bi se ograničio ili smanjio broj ljudi na koje značajno utječu štetni učinci buke zrakoplova,
- definiranje pravnog okvira usmjerenog na zaštitu ravnopravnog položaja svih sudionika na tržištu,
- promicanje razvoja kapaciteta zračnih luka u skladu s okolišem,olakšati postizanje specifičnih ciljeva smanjenja buke zrakoplova na način prilagođen svakoj pojedinoj zračnoj luci,
- kontinuirano unapređenje raspoloživih mjera za smanjenje buke zrakoplova na zračnim lukama s ciljem da se postigne najbolji učinak uz najniže troškove.

Jedna od mjera za smanjenja buke na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske jesu ekonomski poticaji koji predstavljaju sastavni dio politike Republike Hrvatske u upravljanju bukom na zračnim lukama. Operativna ograničenja i druge mjere primijenjene u cilju kontrole i smanjenja buke na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske moraju biti:

- objektivni, transparentni i nediskriminirajući s osnova državne pripadnosti ili identiteta zračnog prijevoznika ili proizvođača zrakoplova,
- utemeljeni na kvalitetnoj procjeni troškova i koristi, koje su izravna i neizravna posljedica njihove primjene, te odgovarajućim operativnim, tehničkim i tehnološkim posebnostima zračne luke na koju se odnose,
- utemeljeni na emisiji buke koju zrakoplov proizvodi, utvrđenoj tijekom postupka provedenog u skladu s ICAO *Annex 16, Volume I*.

Operativna ograničenja i druge mjere kontrole i smanjenja buke na zračnoj luci ne smiju biti primijenjeni u mjeri većoj od one koja je dovoljna za realizaciju postavljenih ciljeva za tu zračnu luku [33].

3.2.3. Zakon o zaštiti zraka

Ovim Zakonom se određuje nadležnost i odgovornost za:

- zaštitu zraka i ozonskog sloja,
- ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu klimatskim promjenama,
- praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka,
- mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka,
- izvještavanje o kvaliteti zraka i razmjeni podataka,
- tvari koje oštećuju ozonski sloj i fluorirani stakleнički plinovi,
- praćenje emisija stakleničkih plinova,
- financiranje zaštite zraka, ozonskog sloja,
- ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama,
- upravni i inspekcijski nadzor [35].

3.2.4. Zakon o zaštiti okoliša

Zaštitom okoliša osigurava se cjelovito očuvanje kakvoće okoliša, očuvanje biološke i krajobrazne raznolikosti, racionalno korištenje prirodnih dobara i energije na najpovoljniji način za okoliš, kao osnovni uvjet zdravog života i temelj održivog razvitka. Okoliš se predstavlja kao dobro od interesa svake države i ima njezinu zaštitu. Cjelovito upravljanje zaštitom okoliša provodi se tako da se ostvari održivi razvitak sukladno ovom Zakonu i posebnim propisima.

Ovim Zakonom uređuju se:

- načela zaštite okoliša i održivog razvitka,
- zaštita sastavnica okoliša i zaštita okoliša od utjecaja opterećenja,
- subjekti zaštite okoliša,
- dokumenti održivog razvitka i zaštite okoliša,
- osiguranje pristupa informacijama o okolišu,
- sudjelovanje javnosti u pitanjima okoliša,

- odgovornost za štetu.

Ciljevi se postižu primjenom načela zaštite okoliša i instrumenta zaštite okoliša propisanih ovim Zakonom i propisima donesenim na temelju ovoga Zakona. Ciljevi zaštite okoliša u ostvarivanju uvjeta za održivi razvitak jesu:

- zaštita života i zdravlja ljudi,
- zaštita biljnog i životinjskog svijeta, biološke i krajobrazne raznolikosti te očuvanje ekološke stabilnosti,
- zaštita i poboljšanje kakvoće pojedinih sastavnica okoliša,
- zaštita ozonskog omotača i ublažavanje klimatskih promjena,
- sprječavanje velikih nesreća koje uključuju opasne tvari,
- sprječavanje i smanjenje onečišćenja okoliša,
- racionalno korištenje energije i poticanje uporabe obnovljivih izvora energije,
- ostvarenje održive proizvodnje i potrošnje,
- napuštanje i nadomještanje uporabe opasnih i štetnih tvari, održivo korištenje prirodnih dobara, bez većeg oštećivanja i ugrožavanja okoliša [36].

4. OPERATIVNE MJERE KONTROLE ZRAČNOG PROMETA U PRILAZU I ODLETU ZRAKOPLOVA S CILJEM SMANJENJA ŠTETNOG UTJECAJA ZRAKOPLOVA NA OKOLIŠ

Utjecaj zračnog prometa na okoliš bio je zapreka širenju zračnih luka. Proteklih godina dokazano je da se značajna smanjenja buke i emisija mogu postići promjenama u operacijama polijetanja i slijetanja zrakoplova, koje omogućavaju napredni sustavi upravljanja.

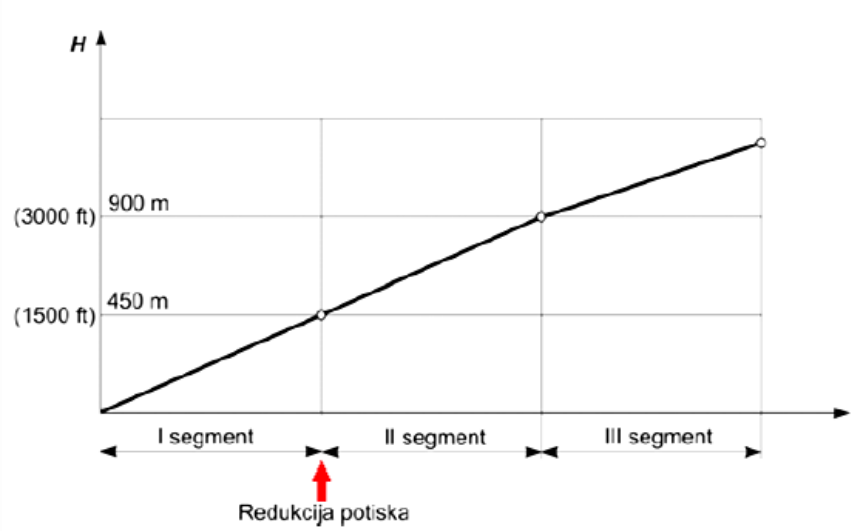
Faza polijetanja

Polijetanje se definira kao postupak u kojem se zrakoplov odvaja od USS-e i započinje let u nekoliko faza: zalet, uzlet, polet i penjanje. Za početak faze polijetanja posada zrakoplova mora poravnati zrakoplov s osi USS-e i pričekati dozvolu za polijetanje od kontrole zračnog prometa, nakon čega započinje faza zaleta. Za fazu zaleta dodaje se potisak za polijetanje jednake jačine na svim motorima. Zalet traje do postizanja brzine uzleta. Faza uzleta je trenutak odvajanja zrakoplova od USS-e i prelazak u fazu poleta koja traje do prevođenja zrakoplova u režim penjanja koji započinje nakon što zrakoplov postigne visinu od 15 metara (m) što je 50 stopa (ft). Definicija penjanja je: jednoliko pravocrtno kretanje zrakoplova po penjajućoj ravnini određenom brzinom do predviđene razine leta.

Kako bi zrakoplov što prije ostvario željene aerodinamičke karakteristike i visinu, prije faze penjanja uvlači se stajni trap. Nakon što se uvuče stajni trap, dodaje se potisak koji povećava brzinu i omogućava uvlačenje predkrilca i zakrilca. Nakon procesa uvlačenja predkrilca i zakrilca vrši se prva redukcija potiska motora, odnosno, s potiska koji je služio za polijetanje prelazi se na potisak koji nema vremensko ograničenje upotrebe. Nakon kraćeg leta zrakoplov dolazi do druge redukcije potiska motora čime ulazi u fazu penjanja.

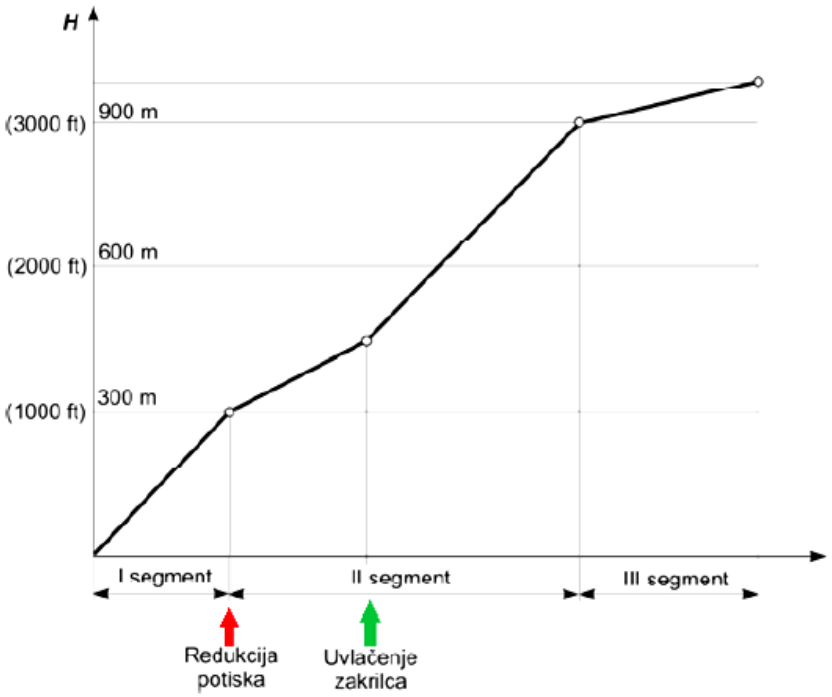
U trenutku kad zrakoplov na USS-i dobije dozvolu za polijetanje, povećava se potisak u motorima što stvara veliku buku, koja je u tom trenutku veća nego na slijetanju. U svrhu reduciranja buke motora u svijetu postoji postupak koji je izradila Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (*Federal Aviation Administration* - FAA) i varijanta istog postupka kojeg je izradio ICAO.

FAA postupak - prihvaćen od strane ICAO-a i sastoji se od tri segmenta. U prvom segmentu koristi se potisak za polijetanje, brzina se povećava za 19 km/h kako bi zrakoplov postigao veći kut penjanja do 450 m (1500 ft); zakrilca su u položaju za polijetanje. Nakon redukcije potiska javlja se drugi segment koji koristi potisak za penjanje uz održavanje brzine dok se zakrilca djelomično uvlače, ali pod uvjetom da se brzina može povećati za 19 km/h. Posljednji segment odnosi se na fazu penjanja u kojoj se koristi jačina potiska za penjanje. Brzina se povećava na 465 km/h i konstantno se održava do visine od 3000 m (9000 ft), a zakrilca se nakon ubrzanja uvlače kako bi se smanjio otpor. Ovakav način polijetanja omogućuje zrakoplovu brže udaljavanje od zemlje pod većim kutom čime buka na zemlji traje kraće. FAA postupak (slika 16) može se primijeniti na svim zrakoplovima i ne zahtijeva ugradnju nikakve dodatne nove opreme u zrakoplovu ili na zemlji.



Slika 16. FAA postupak polijetanja, [6]

ICAO postupak - nešto je drugačiji od FAA postupka i sastoji se od tri segmenta. U prvom segmentu koristi se standardni potisak za polijetanje u kojem se brzina povećava za 19-37 km/h, a zakrilca su u položaju za polijetanje. Ponovo slijedi redukcija potiska i zrakoplov prelazi u drugi segment u kojem se koristi se potisak za penjanje. Brzina se u prvom dijelu drugoga segmenta povećava dok zakrilca nisu pod kutem od 0 stupnjeva. U drugom dijelu brzina se povećava za 19 km/h, a zakrilca su uvučena. U trećem segmentu koristi se potisak za penjanje pri kojem se brzina povećava na 465 km/h. U tom segmentu zakrilca su uvučena. Prikaz ICAO postupka prikazan je na slici 17.



Slika 17. ICAO postupak polijetanja, [6]

Postoje određene situacije kada se buka zrakoplova može smanjiti, ali sigurnosni standardi to ne dozvoljavaju. U takvim situacijama redukcija buke se zanemaruje i sve se usmjerava prema sigurnosti samog leta. Tako postoje osnovne operativne granice kad se ne smiju koristiti procedure za smanjenje buke:

- ukoliko se zna da neće doći do reduciranje buke zrakoplova,
- ukoliko se ispune minimalni zahtjevi koji su potrebni za taj manevar,
- ukoliko kapetan zrakoplova smatra da bi time mogao ugroziti putnike i let zrakoplova, može ignorirati proceduru za smanjenje buke zrakoplova.

Redukcija buke zrakoplova u fazi polijetanja ne smije se izvoditi ukoliko:

- na sigurnost polijetanja utječe stanje na USS-i (snijeg, led, voda, ulje i blato),
- je horizontalna vidljivost manja od 1,9 km odnosno 1 nautička milja (NM),
- kada bočna komponenta vjetra prelazi brzinu od 28 km/h,
- kada komponenta leđnoga vjetra prelazi brzinu od 9 km/h,
- kada dolazi do smicanja vjetra te je objavljena mogućnost oluje u zoni u kojoj se odvija procedura polijetanja i slijetanja.

Faza slijetanja

Faza slijetanja zrakoplova započinje poniranjem zrakoplova nakon čega prelazi u fazu prilaženja. Zrakoplov se postavlja na liniju koja vodi prema osi USS-e i pod kutom poniranja koji je definiran prilaznim radio uređajima odnosno, sustavom za instrumentalni prilaz (*Instrumental Landing Sistem* – ILS). Za zrakoplov u prilazu koristi se sljedeća konfiguracija:

- minimalni potisak za prilaženje,
- zakrilica u položaju za prilaženje,
- predkrilca u položaju za prilaženje,
- uvučen stajni trap,
- uvučene aerodinamičke kočnice.

Kad je zrakoplov podešen prema navedenoj konfiguraciji, pilot prima signal ILS-a te ulazi u završni nagib za prilaz, nakon čega slijedi faza slijetanja. Faza prilaženja je specifična po tome što može biti prekinuti (*missed approach*) i pilot mora biti spreman produžiti let.

Nakon faze prilaženja, slijedi faza slijetanja. Definira se kao faza koja počinje od trenutka kada se zrakoplov dovede u konfiguraciju za slijetanje. U procesu slijetanja postoji nekoliko faza:

- prilaz prema pravolinijskoj putanji,
- rotacija zrakoplova pri čemu se on dovodi do pozicije da mu napadni kut krila dođe na vrijednost predviđenu za slijetanje. Prilikom dodira USS-e važno je da se nosni kotač u što kraćem vremenu spusti na USS-u kako bi se izbjeglo odskakivanje zrakoplova. Dodirom nosnog kotača smanjuje se napadni kut na krilu, a time i sila uzgona,
- upotreba aerodinamičke kočnice i *spojlera* s ciljem povećanja otpora,

- pokretanje nožnih kočnica - u onom trenutku kada to konstrukciji sistema najviše odgovara.

S obzirom da razvojem tehnologije i samog zračnog prometa dolazi do pojave većeg broja različitih postupaka za polijetanje i slijetanje važno je najprije objasniti standardni postupak slijetanja kako bi se kasnije navedeni postupci mogli usporediti sa standardnim prilazom.

Standardni ili konvencionalni postupak slijetanja predstavlja slijetanje zrakoplova s visine od 450 do 600 m (1.500 – 2.000 ft) iznad aerodroma na koji slijeće. U tom letu pilot prvo dovodi zrakoplov na ravninu koja se preklapa s osi USS-e. U navedenoj ravnini, pilot prihvaća signal kuta poniranja od 3 stupnja u odnosu na horizontalnu ravninu, a zatim prelazi u poniranje. Leteći pod kutom poniranja pilot dovodi zrakoplov iznad praga USS-e na visinu od 15 metara, nakon čega izvodi slijetanje. Tijekom cijeloga leta od kada je pilot primio signal *marker-a,* zrakoplov se nalazi u postupku slijetanja (stajni trap izvučen, predkrilca izvučena, zakrilca potpuno izvučena). Da bi se let mogao normalno odvijati potrebno je povećati potisak koji će poništiti povećani otpor koji stvara struktura zrakoplova. Prikaz standardnog postupka slijetanja prikazan je na primjeru Međunarodne zračne luke Zagreb (MZLZ) na slici 18.



Slika 18. Standardni postupak slijetanja na MZLZ, [6]

Povećani potisak dolazi do povećanja buke koju stvara motor zrakoplova. Iz tog razloga dolazi do pojave različitih operativnih mjera pomoću kojih se nastoji smanjiti buka u prilazu i odletu zrakoplova [6].

4.1. Collaborative environmental management (CEM)

Zajedničko donošenje odluka u svezi okoliša (*Collaborative Environmental Management* - CEM) jedan je od značajnih procesa u smanjenju negativnog učinka zračnog prometa na ekologiju. CEM je zajednički dogovoren strateški proces između dionika za uspostavljanje partnerstva zračnih luka s ciljem zaštite okoliša. Ovo će partnerstvo prioritizirati i ispuniti ekološke izazove koji su uzrokovani izravnim utjecajem operacija zrakoplova.

Preteća CEM-a je dogovorno donošenje odluka (*Collaborative Decision Making* - CDM) povezano s procesom Upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa. CDM omogućava donošenje odluka unaprijed na temelju opsežnih, ažuriranih i preciznih informacija o određenom letu, osiguravajući dinamičku optimizaciju leta. Principi su implementirani zajedničkom suradnjom između pružatelja usluga u zračnom prometu i zrakoplovnim operaterima unutar dnevnih operacija Mrežnog upravitelja, te planiranja i razvoja prometne situacije u Europi. CDM proces omogućava sudionicima prometnog procesa rješavanje specifičnih problema na kolaborativan i transparentan način. CDM koncept pruža potrebno sučelje za aktivnu suradnju svih sudionika s ciljem unaprjeđenja međusobnog znanja prognozirane i trenutne prometne situacije. S ciljem osiguranja transparentnosti podataka i rješavanja nepotrebnih konflikata, potrebno je definirati ograničenja i mogućnosti svakog sudionika u prometnom procesu [37].

CDM proces osigurava jednostavniji prijelaz između različitih konfiguracija zračnog prostora, kako bi se osigurala najbolja europska performansa mreže. Prednosti koje pruža CDM proces su:

- stabilniji prometni tokovi,
- smanjenje vremena taksiranja,
- manji redovi na voznim stazama i manje zagušenje,
- poboljšana svijest o statusu i lokaciji zrakoplova,
- smanjenje potrošnje goriva,
- unaprjeđeno planiranje kapaciteta,
- točnije predviđanje vremena za polijetanje i bolja raspodjela slotova,
- poboljšana usklađenost,
- preciznije planiranje i učinkovitije korištenje resursa,
- smanjenje kašnjenja i manje propuštenih veza.

Uzimajući u obzir brojne navedene prednosti CDM-a, potaknuto je razmatranje zajedničkog donošenja odluka na razini okoliša shodno čemu se pojavljuje proces CEM-a.

CDM je u potpunosti implementiran u 22 zračne luke diljem Europe, uključujući: Barcelonu, Berlin Schönefeld, Bruxelles, Kopenhagen, Düsseldorf, Frankfurt, Ženeva, Helsinki, London Gatwick, London Heathrow, Madrid, Milano Malpensa, Milano Linate, München, Paris CDG, Paris Orly, Oslo, Prag, Rim Fiumicino, Stuttgart, Venecija, Zurich [38].

CEM može biti iniciran od strane zračne luke - operatora aerodroma, pružatelja usluga zrakoplovne navigacije u zračnoj plovidbi, operatora zrakoplova. Iako, operator aerodroma "posjeduje" element utjecaja na okoliš, CEM može biti od koristi i za zračnog prijevoznika zbog učinkovitog upravljanja potrošnjom goriva te za pružatelja usluga zračne plovidbe zbog promjena u upravljanju zračnim prostorom.

Od velike je važnosti da svi dionici donose odluke na zajednički i jedinstven način kako bi se poboljšale ekološke performanse samih zračnih luka. Ključni ciljevi CEM-a uključuju i ujedinjenja i bolje koordinirana sučelja između dionika zračnih luka, smanjenje rizika od ekološki srodnih sukoba između dionika, poboljšanje komunikacije između aerodroma uključenih u procese CEM-a radi dijeljenja informacija i dobre prakse.

Utjecaji zrakoplova, u svezi zaštite okoliša, prvenstveno buke, kvalitete zraka i klimatskih promjena značajno doprinose u ukupnom negativnom utjecaju zračne luke na okoliš. Nadalje, korištenje oskudnih sredstava, kao npr. gorivo postaje sve važnije s perspektive održivosti okoliša i troškovno - redukcijske perspektive. CEM može pomoći razvijanju zajedničke vizije utjecaja na okoliš od strane zračne luke, te pružiti pomoć u određivanju prioriteta, provedbi ili odobravanju priznanja za svako operativno poboljšanje koje može ublažiti utjecaje na okoliš. Ograničen popis tema koje CEM obrađuje je:

- korištenje preferirane USS-e,
- promjene u zračnom prostoru,
- nove navigacijske metode prostorne navigacije *(Precision Area Navigation* - P-RNAV),
- kontinuirani završni prilaz,
- procedure „manja snaga-manji otpor",
- praćenje krivo linijske putanje s ciljem izbjegavanja naseljenih područja i smanjenja buke i efikasnije zemaljske operacije.

Niti jedan dionik ne može ostvariti navedena poboljšanja jednostrano već jedino u suradnji s ostalim dionicima zračnog prometa. Partnerstvo koje implementira CEM pokazalo je da zajedničko djelovanje može značajno poboljšati učinkovitost zaštite okoliša zračne luke, a time i ugled same zračne luke. Propusti dionika za zajedničko surađivanje kako bi se zadovoljili ključni izazovi zračne luke mogu dovesti do:

- povećanja operativnih troškova,
- konflikta vezanih uz okoliš između dionika,
- nesposobnosti za suzbijanje ili efikasno pregovaranje nametnutih regulativa ili lokalnih propisa,
- dobivanje sankcija za neusklađenost s lokalnim sporazumima,

- neprikladnih ustupaka zaštite okoliša koji dovode do povećanja troškova,
- neoptimizirane operativne prakse i smanjenog kapaciteta,
- prekomjerno ublažavanje shemi troškova.

Potencijalne operativne teme uključuju:

- praćenje odlaznih putanja,
- korištenje preferirane USS-e s aspekta buke,
- uvođenje nestandardnih procedura,
- upravljanje dolascima zrakoplova,
- kontinuirani završni prilaz,
- upravljanje flotom zrakoplova,
- operativne restrikcije tijekom dana,
- dizajn zračnog prostora,
- smanjenje buke u odlascima,
- disperzija prilaznih ruta u odnosu na koncentraciju.

4.1.1. Faza pred-implementacije

CEM proces se sastoji od dvije faze „pred-implementacije“ i „implementacije“:

1) **Faze pred-implementacije** - prva faza je ključna faza “pred-implementacije”. Ta faza može bit pokrenuta od strane bilo kojih dionika zračne luke. Navedena faza se sastoji od tri koraka:
    a) prvi korak je preliminarni CEM pregled koji će poslužiti za potvrdu prikladnosti CEM-a. Ovaj stupanj može se definirati i kao prilika za inicijatora implementacije CEM-a da odgovori na neka važna pitanja kao što su: ključni utjecaji ATM aktivnosti na aerodromu i oko njega, značajniji problemi kojima se treba upravljati pomoću CEM-a. Pojavljuju se i pitanja vezana za prikladnost sudionika, odnosno koji su najprikladniji dionici koji će se pojaviti u odboru za implementaciju CEM-a, koji će od dionika biti uključen direktno u implementaciju, a koji indirektno. Rezultat ovog koraka je izvješće s detaljima i zaključcima pregleda okoliša. Izvješće podnosi inicijator implementacije uz pomoć dionika, ukoliko ih ima. To se izvješće promatra se kao brzi "poslovni plan" za poboljšanja uz relativno nisku cijenu, financijske uštede, smanjenje opterećenja i operativnih troškova te kao podrška za operativne i razvojne kapacitete. Izvješće bi u cijelosti trebalo sadržavati ono što se treba učiniti i koji su razlozi za to.
    b) drugi korak u prvoj fazi odnosi se na odobrenje Uprave svih dionika za daljnjim nastavkom u realizaciji CEM-a i jezgre dionika što je i kritična prekretnica prije provedbe. Provjerava se jesu li sve mogućnosti uzete u obzir, objektivno se sagledavaju dobre i loše strane pokretanja projekta, radi se simulacija troškova te se utvrđuje hoće li i na koji način implementacija CEM-a utjecati na daljnji razvoj zračne luke. Bez tog koraka ne može se razviti održiv CEM u zračnoj luci.

c) treći korak pred-implementacijske faze se odnosi na dobivanje odgovora o suradnji. Nakon odobrenja od strane svih potencijalnih dionika i odobrenja uprava tvrtki koje će sudjelovati u njegovoj implementaciji, organiziraju se postupci provedbe CEM-a prema opisu poslova, članstvu, ulogama, odgovornostima te prema dogovorima o izvješćivanju napretka. Za uspješnu provedbu neophodna je kontinuirana komunikacija svih dionika te uspostava plana djelovanja kojeg će svi podržati.

4.1.2. Faza implementacije

2. **Implementacija CEM-a** - Drugi dio u realizaciji CEM faze odnosi se na implementaciju, odnosno provedbu CEM plana i sastoji se od četiri podfaze:
   a) prva od tih podfaza je razumijevanje gdje dionici koriste rezultate iz pred-implementacijske faze kako bi donijeli zajedničko razumijevanje prioriteta odnosno problema koje treba rješavati. To podrazumijeva zajedničku svijest o važnosti različitih ekoloških izazova s kojima se suočava aerodrom, potencijalnih poteškoća i troškova te mogućih rješenja. Razvoj zajedničke svijesti zahtijeva potpunu i otvorenu raspravu o interesima, kompromisu i ograničenjima dionika.
   b) druga podfaza implementacije je uspostavljanje sustava za razmjenu informacija kroz koji će se osigurati potrebne informacije i koji se sadržavati znatno veću bazu podataka na raspolaganje dionicima. Neke informacije mogu se preuzeti od strane EUROCONTROL-a Važni podaci za provedbu CEM-a u ovoj fazi su ekološki propisi na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini, pritužbe i rezultati anketa, planovi zamjene aerodromske opreme, planovi održavanja aerodromskih površina, postignuća, ekološki modeli. Sukladno tome postoje i ograničenja razmjene podataka vezanih uz poslovne tajne zračnih luka koje se razmjenjuju samo unutar samih dionika koji sudjeluju u implementaciji CEM-a. Posebno su važne informacije koje su dotiču planova za budućnost.
   c) treća podfaza označava savjetovanje i planiranje gdje dionici koji razumiju potrebe i interese drugih dionika, informiraju ostale dionike o prijedlozima promjena prije donošenja odluke. Razine međusobne komunikacije odvijaju se između temeljnih dionika i vanjskih sudionika ovisno o vrsti potrebnih informacija. Dionici bi trebali ozbiljno razmatrati sve prijedloge i biti međusobna podrška u razvoju različitih mogućnosti i planiranja vezanih za budućnost. U ovoj fazi CEM se sastoji od dvije etape; odnosno od procjene zajedničkih rizika koji se odnose na planove ekološkog utjecaja zračne luke na zrakoplove. Navedeni planovi moraju biti procijenjeni i unaprijed dogovoreni u prethodnoj razini. Druga etapa se odnosi na prethodno spomenuto komuniciranje i s drugim dionicima o akcijama, planovima, odlukama te međusobno podupiranje. U konačnici, dionici međusobno moraju razmijeniti vlastita iskustva, stavove, reakcije i najvažnije, koristi koje očekuju s obzirom

na strategiju upravljanja okolišem.

d) četvrta podfaza je ona do koje dionici moraju postići međusobno povjerenje kako bi mogli zajedno provoditi poboljšanja vezana uz okoliš, osigurati razumljivost koristi, primijeniti ublažavanje negativnih utjecaja na okoliš kod onih mjera kojima su oni unaprijed predviđeni. To je razina gdje zajednički procesi postaju zreliji i dogovoreni zajedničkom suradnjom dionika, gdje CEM inicijative postaju dijelom internih poslovnih procesa svakog dionika [39].

4.1.3. CEM u funkciji „Green Airport“ koncepta

CEM se kao dio Zelenog aerodroma (*Green Airport*) koncepta pojavljuje u različitim segmentima koji se vežu uz zračni promet. *Green Airport* program predstavlja novi program koji je temeljen na inovaciji, kooperaciji i zajedničkim akcijama. U skladu s tim pomaže, prepoznaje i potiče zračne prijevoznike i profesionalce koji su proaktivni na okoliš i to na način da pružaju mogućnosti na zajedničko razmišljanje i akciju, omogućavanju razmjenu znanja i iskustva te podržavaju provedbu mjera za poboljšanja zaštite okoliša. S obzirom da se u prvom planu kao najveći onečišćivači spominju aerodrom, kontrola zračnog prometa, zrakoplovni prijevoznici te proizvođači zrakoplova važno je prikazati na koji način navedeni sudionici zračnog prometa mogu reducirati onečišćenja primjenom CEM-a. Uz gore navedene dionike vežu se tri osnovne djelatnosti koje se odnose na:

1. prilaz i odlet zrakoplova u kojem sudjeluje kontrola zračnog prometa i zračni prijevoznik,
2. poslovanje zračne luke s obzirom na poslove prihvata i otpreme zrakoplova,
3. onečišćenja vezanim uz zračnog prijevoznika.

CEM kao dio *Green Airport-a* omogućava prijedloge za reduciranje onečišćenja okoliša u svakom od tih segmenata te je s obzirom na vidnu međusobnu povezanost svih dionika vrlo važno ostvariti međusobnu interakciju za uspješnu primjenu CEM-a. Važni čimbenici u području oko aerodroma su već prethodno spomenuta buka kojoj je lokalno stanovništvo najviše izloženo tijekom operacija slijetanja i polijetanja. Stanovništvo okolnog područja aerodroma često percipira buku zrakoplova kao buku koji proizvodi aerodrom; mora se uzeti u obzir da sam aerodrom proizvodi određenu razinu buke tijekom operacija prihvata i otpreme, ali u znatno manjoj količini od zrakoplova. Iz tog razloga usvojene su mjere vezane uz dozvoljenu razinu buke u prilazu koja se mjeri za svaki zrakoplov tijekom njegove prilazne putanje.

U području prilaza i odleta zrakoplova, važnost ima kontrola zračnog prometa koja ima za cilj pravilno usmjeravanje zrakoplova u njegovu prilazu i odletu pomoću sljedećih procedura:

- „manja snaga-manji otpor“ - sastoji od kasnijeg izvlačenja stajnog trapa i zakrilca kako bi zrakoplov što dulje imao idealnu aerodinamiku u prilazu, a time i manji otpor koji izaziva dodatnu buku. Manja snaga u isto vrijeme

rezultira uštedu goriva,

- krivo-linijska putanja prilaza kod koje zrakoplovi ne idu direktno prema USS-i sve do trenutka tzv. završnog prilaza, zrakoplovi imaju mogućnost obilaska naseljenih područja,
- korištenje pomaknutog praga na USS-i rezultira povećanje visine zrakoplova u prilazu, što ima za prednost smanjenu buku u naseljima. Povećanje kuta prilaza za 3° i pomaknutog praga za 300 m rezultira se većom visinom preleta od oko 15 m i manjom bukom od 0.5 dB, ali pomaknuti prag s druge strane može smanjiti iskoristivost USS-e kod polijetanja i slijetanja,
- na aerodromu koji ima dvije ili više USS-a javlja se mogućnost korištenja one koja u području prilaza i odleta ima manji broj naselja.

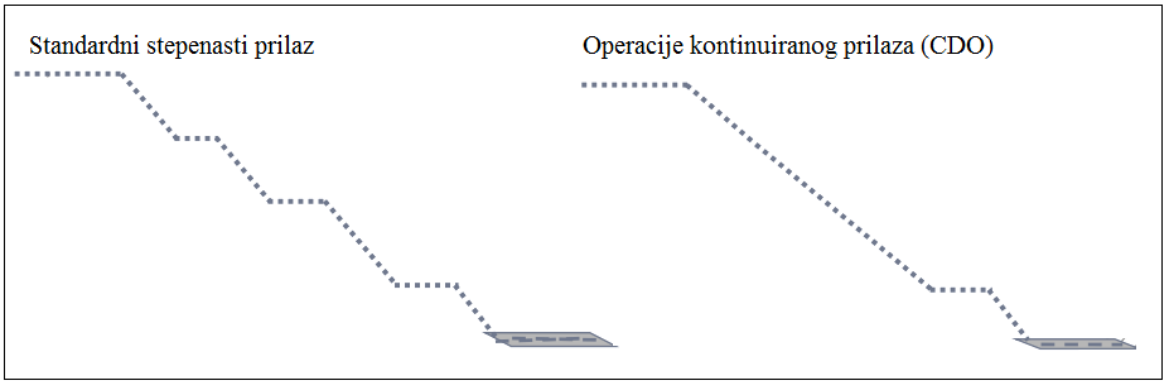
Također, jedan od načina reduciranja buke vezan je za letačke operacije, a to je podešavanje motora u položaj lera (prazni hod) te na taj način reducirati razinu buke i emisije štetnih plinova. Zračni prijevoznici reduciraju buku i emisije štetnih plinova primjenom flote koja sadrži tiše zrakoplove, implementacijom prigušivača te primjenom ranije spomenutih procedura prilaza i odleta [40].

4.2. Operativna mjera Continuous Descent Operation (CDO)

Iz perspektive dolazaka, operativne procedure uključuju zadržavanje dolaznih zrakoplova na njihovoj visini krstarenja dulje nego što je to slučaj tijekom standardnog prilaženja, a zatim ih se upućuje na kontinuirano spuštanje na USS-u. Postupak prilaza s tim karakteristikama naziva se prilaženje sa neprekinutim snižavanjem visine (CDO). Drugi naziv koji se još koristi za CDO je neprekinuto snižavanje visine prilikom prilaza (*Continuous Descent Approach* – CDA). CDO je postupak čija je primjena omogućena zahvaljujući dizajnu zračnog prostora, postupcima i tehnologiji kontrole zračnog prometa [41].

Uz konvencionalni prilaz, kontrola zračnog prometa odobrava zrakoplovu da se spusti s razine od 6000 ili 7000 ft na nadmorsku visinu od obično 3000 ft. Zrakoplov tada leti nekoliko milja prije nego što presijeca konačni prilaz od tri stupnja. Tijekom tog razdoblja leta, pilot bi trebao upotrijebiti dodatnu snagu motora za održavanje konstantne brzine [42].

Za razliku od konvencionalnog (STD) prilaza, CDO operacije se odnose na postupak prilaza pri kojem se zrakoplov ujednačeno spušta s minimalnom snagom motora (idealna je postavka "mirovanja") što u velikoj mjeri izbjegava razine segmenta leta. To štedi gorivo i smanjuje emisiju CO_2, a u područjima oko zračne luke dolazi do smanjenja buke. Razlika između konvencionalnog i CDO prilaza prikazana je na slici 19.



Slika 19. Usporedba standardnog i CDA prilaza, [43]

Za CDO se koriste posebno dizajnirani prilazni putovi s uputama i nadmorskim visinama. Kontrolor zračnog prometa daje pilotu podatke o udaljenosti do točke dodira USS-e kako bi pilot mogao osigurati vertikalni profil zrakoplova. Da bi se CDO procedura mogla primijeniti, kontrola zračne plovidbe treba odrediti specifičnu ili minimalnu brzinu nadolazećeg zrakoplova. Takva kontrola brzine maksimizira kapacitet USS-e [6].

Prilazna kontrola zračne plovidbe vodi zrakoplove primjenom postupaka radarskog vektoriranja i odobrava neprekinuto spuštanje do razine međuprilaza. U idealnom slučaju CDO postupak do odobrene razine provodi se brzinom snižavanja od 300 ft/NM (kut snižavanja oko tri stupnja). Budući da se brzina zraka (ovisno o vrsti zrakoplova) i razina leta na kojoj započinje CDO mogu razlikovati, duljina optimalnog puta dolaska varira ovisno o svakom letu zasebno [43].

Ključni čimbenik koji omogućuje CDO tehniku prilaženja za slijetanje, je optimizacija tehnike prilaza – upravljanja zrakoplovom uz primjenu tehnike *pilotiranja* "mala snaga motora – mali otpor". Prednost CDO tehnike je da se može koristiti na bilo kojem zrakoplovu, na svakoj zračnoj luci i u svim oblicima prometovanja, pod uvjetom da su piloti spremni i obučeni za njenu primjenu [6].

Kontrolori zračnog prometa imaju veće opterećenje s CDO prilazom nego što je to bio slučaj prilikom normalnog prilaza. To je zato što s CDO-om pilot mora letjeti pri brzinama pri kojima svaki tip zrakoplova leti kada "klizi" tj. zrakoplov se spušta u stanju "mirovanja". Rezultat je specifična stopa spuštanja za svaki tip zrakoplova.

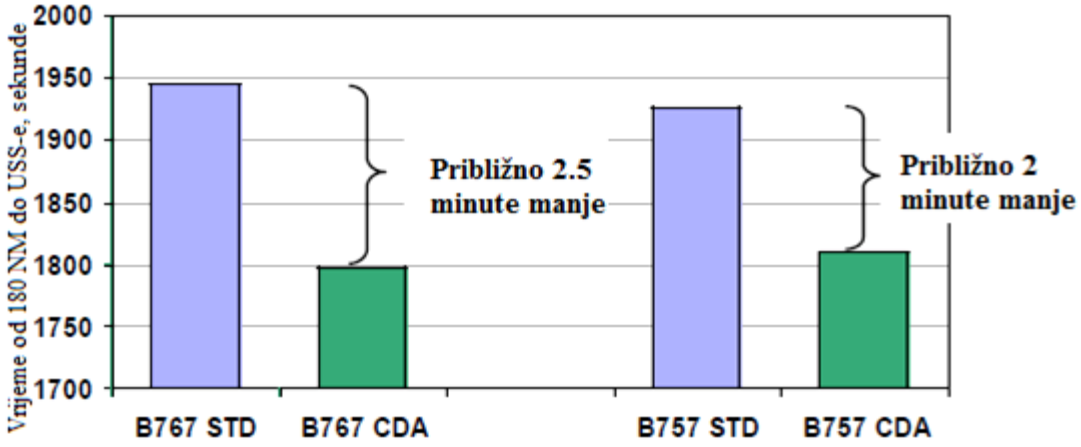
Dodatni izazov nastaje kada se promet iz različitih smjerova mora spojiti na zajednički završni prilaz. Loši vremenski uvjeti također mogu otežati proces kontinuiranog prilaza. Na primjer, ekstremni vjetrovi uzrokuju nemogućnost izračunavanja "normalne" duljine rute dolaska s neaktivnom snagom i zahtijevaju izmjenu proračuna. Ako je moguće, treba izbjegavati područja oluja ili područja u kojima su zabilježene turbulencije. Ukoliko to nije moguće, zrakoplov mora letjeti kroz ta područja različitim brzinama.

CDO je stoga moguće primijeniti samo ako je vjerojatno da neće usporiti promet koji slijedi, ukoliko nema opasnosti za sigurnost (npr. razdvajanje zrakoplova) i u slučaju da ne postoje ograničenja vezana za vremenske uvjete [43].

Godine 2002. testiran je CDO postupak za zrakoplov B767-300 na zračnoj luci Louisville. Pokazalo se da CDO postupak smanjuje buku na sedam lokacija na putanji leta za 3,9 do 6,5 dB. Također, dokazano je da se smanjuje:

- vrijeme letenja zrakoplova na području terminala do 100 sekundi u odnosu na postupak nominalnog prilaza,
- potrošnju goriva,
- NO_x,
- CO_2,
- HC.

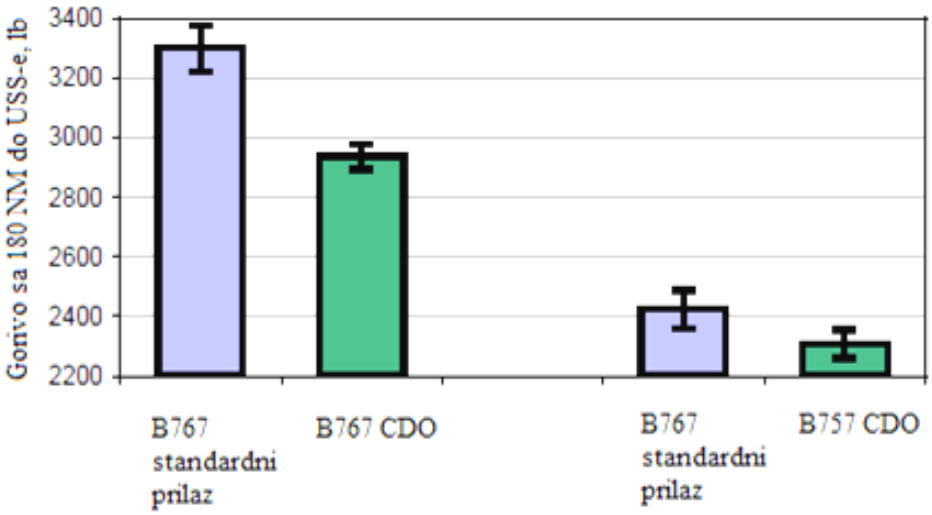
Vrijeme letenja posljednjih 180 NM do zračne luke je prikazan na grafikonu 3. Kao što je prikazano na grafikonu, prosječni let zrakoplova B757-200 koji primjenjuje CDO je 1.808 sekundi, dok je prosječno vrijeme letenja istog zrakoplova konvencionalnim pristupom 1.926 sekundi, što predstavlja smanjenje vremena leta od 118 sekundi. Prosječno vrijeme leta za zrakoplov B767-300 koji primjenjuje CDO iznosi 1.797 sekundi, dok u slučaju konvencionalnog pristupa iznosi 1.944 sekundi što predstavlja smanjenje vremena leta od 147 sekundi.



Grafikon 3. Vrijeme leta zrakoplova primjenom CDO prilaza, [44]

Potrošnja goriva - kao što je prikazano na grafikonu 4 prosječni iznos potrošenog goriva zrakoplova B757-200 koji primjenjuju CDO je oko 2.308 kilograma (kg), dok je prosječna količina goriva koju troši B757-200 zrakoplov prilikom standardnog prilaza približno 2.426 kg, što predstavlja smanjenje u potrošnji goriva od oko 118 kg. Prosječnu količinu goriva koju troši B767-300 koji obavlja CDO je oko 2.937 kg, dok je prosječna

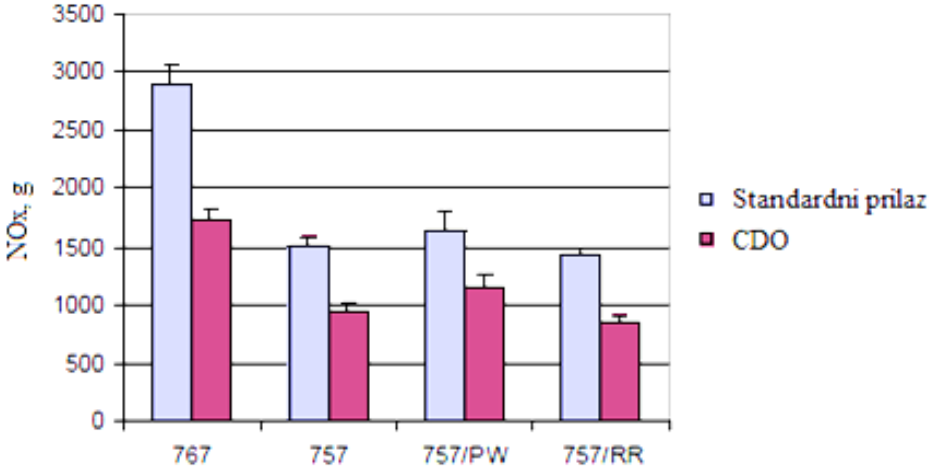
količina potrošenog goriva istog zrakoplova standardnim prilazom približno 3.301 kg, što predstavlja smanjenje u potrošnji goriva od oko 364 kg.



Grafikon 4. Potrošnja goriva primjenom CDO prilaza, [44]

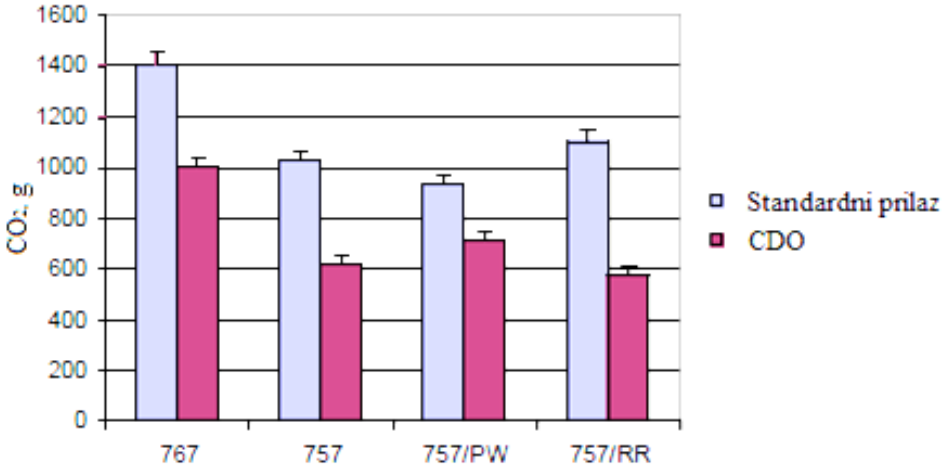
Smanjenje NO_x – na grafikonu 5 prikazani su rezultati emisija NO_x zrakoplova B757, kao i emisije ovisno o tome koji je motor korišten *Pratt i Whitney* (PW) i *Rolls Royce* (RR). Tijekom CDO prilaza zrakoplov provodi manje vremena u prilazu i samim time izgara manje goriva koje rezultira nižom proizvodnjom NO_x.

Kao što je prikazano na grafikonu, prosječni NO_x od strane B757-200 je smanjen za 37 % (1.510–1.951 g) dok je odgovarajuće smanjenje za B767-300 39,9 %, odnosno, 2.882 g do 1.732 g.



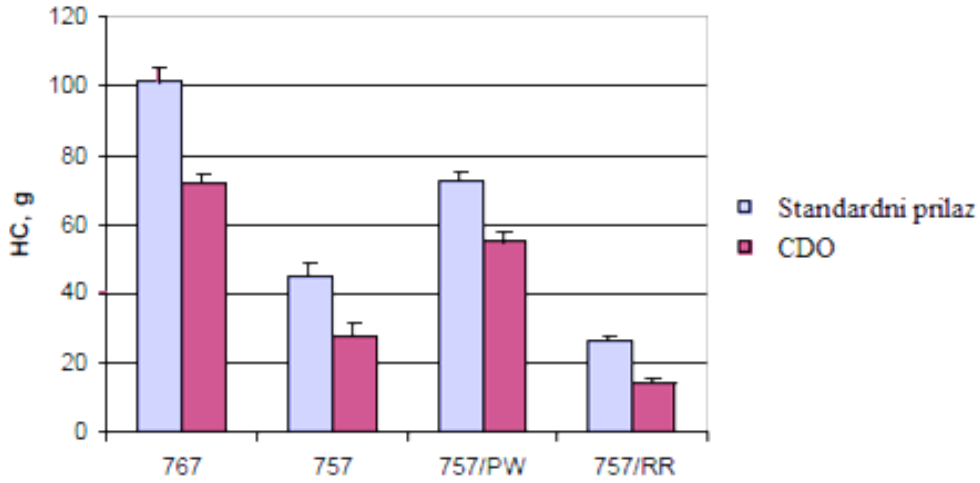
Grafikon 5. Smanjenje NO_x primjenom CDO prilaza, [44]

Smanjenje CO_2 – prosječno smanjenje CO_2 emisija (grafikon 6) zrakoplova B757-200 kod CDO-a je smanjeno za 39,9 % (1.030-620 g). Postotak smanjenja CO_2 B767-300 je 28,5 % što je smanjenje od 1.408 g do 1.007 g.



Grafikon 6. Smanjenje CO_2 primjenom CDO prilaza, [44]

Smanjenje HC – prosječni HC (grafikon 7) proizveden od strane B757-200 smanjen je za 29 % (45–27 g). Odgovarajuće smanjenje za B767-300 je 39,2 % (101–72 g). Do smanjenja HC dolazi zbog kraćeg vremena provedenog u zraku i manjeg potiska u odnosu na standardni prilaz [44].



Grafikon 7. Smanjenje NOx primjenom CDO prilaza, [44]

Shodno navedenim mjerenjima koji ukazuju na pozitivne odlike CDO procedure, prednosti koje donosi primjena CDO-a su:

- smanjenje operativnih troškova zračnih prijevoznika – ušteda goriva,
- smanjenje emisija stakleničkih plinova,
- budući da zrakoplov leti dulje na višim visinama, utjecaj buke na tlo se smanjuje u područjima ispod prilazne putanje,

- manji potisak motora – dodatno smanjenje buke.

Ograničenja i nedostaci koji prate CDO su sljedeći:

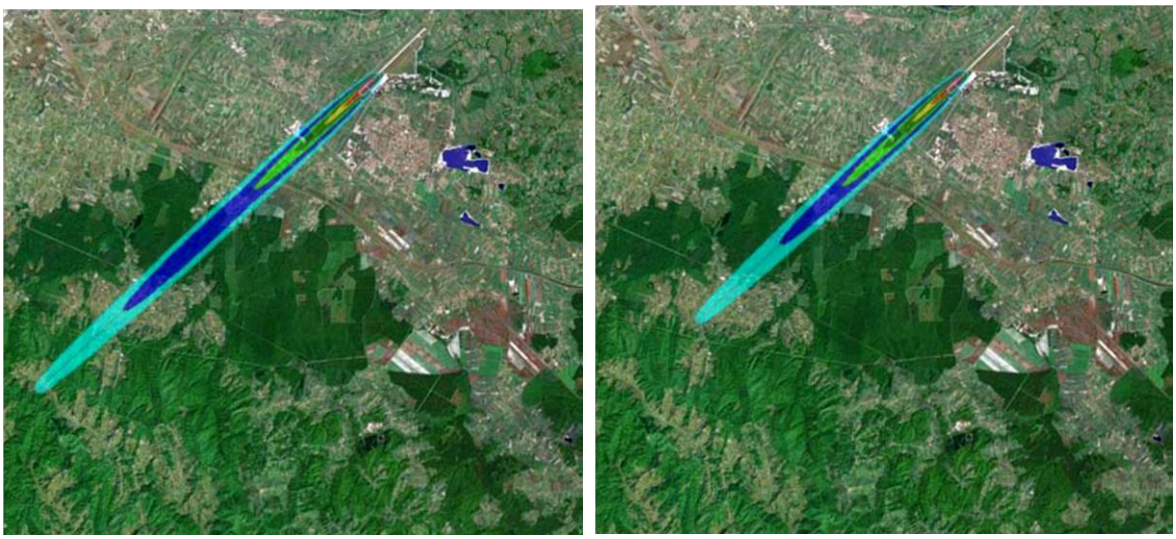
- buka zrakoplova nije nestala - kad zrakoplov leti uz pomoć CDO mjere, to ne znači da će njegova razina buke biti tako niska da se ne može čuti. CDO jednostavno pruža smanjenje buke u usporedbi s konvencionalnim prilazom, u određenim područjima u prilaznoj putanji,
- smanjenje buke samo na određenim lokacijama – prednosti smanjenja buke koje CDO nudi su ograničene na lokacije obično oko 15-40 km od USS-e. Nema razlike između CDO i konvencionalnog pristupa kada zrakoplov dođe do točke završnog prilaza od tri stupnja,
- mali utjecaj na konturu buke u zračnoj luci - zbog toga što se prednosti CDO-a ističu relativno daleko od zračne luke, dosljedna uporaba CDO postupka neće imati značajan utjecaj na veličinu i oblik standardnih kontura buke zračne luke,
- ograničenje primjene CDO operacije - ponekad nije moguće letjeti CDO procedurom zbog ograničenja zračnog prostora ili sigurnosnih zahtjeva [42].

Gledano s aspekta nacionalne razine primjene CDO, Republika Hrvatska se obvezala donijeti plan provedbe osnovne CDO mjere i implementaciju iste. Probni letovi uspostavljeni su na MZLZ za komercijalne zrakoplove A319/320 unutar flote *Croatia Airlinesa* s polazištem u Splitu. Testirane su dvije vrste prilaza: CDO i stepenasti (konvencionalni) prilaz.

Standardni prilaz zrakoplova - ukupna količina goriva na letu iznosila je 4.156 kg dok je pri slijetanju iznosila 2.930 kg, što ukazuje da je na let utrošeno 1.226 kg goriva.

CDO – svi parametri zrakoplova za drugi let bili su identični onima iz prvog leta. Nakon završetka segmenta krstarenja, pokrenut je CDA do konačnog slijetanja. Zrakoplov je na slijetanju imao 2.960 kg goriva, što znači da je tijekom leta potrošeno 1.196 kg goriva [45].

Preduvjet za masovnu uporabu nove tehnike je donošenje normativne regulative te odgovarajuća obuka pilota i kontrole zračnog prometa. U svrhu prikaza koristi u redukciji buke između konvencionalnog i CDO prilaza na MZLZ, na slici 20 usporedno su prikazana oba prilaza na kartama konture buke pri čemu je očito da zadržavanje zrakoplova na većoj visini doprinosi redukciji buke na zemlji čija površina pokrivenosti buke ovisi od zrakoplova do zrakoplova tj. o njegovoj pogonskoj skupini i aerodinamici [6].



Slika 20. Odnos konvencionalnog i CDO prilaza na MZLZ, [6]

CDO je postupak za koji se ne očekuje da će ga svaki zrakoplov uspješno primijeniti na određenom aerodromu. Razvojem prometa, broj zrakoplova koji koriste CDO trebao bi se povećati. Plan provedbe RH ima četiri faze:

1. **početna faza:** obuhvaća inicijaciju, neformalne preliminarne konzultacije s korisnicima zračnog prostora i pružateljima usluga, nakon čega Ministarstvo formira skupinu ljudi za sljedeću fazu,
2. **faza planiranja:** uključuje detaljni pregled postojeće situacije, zajednički dogovor o CDO varijanti, projektiranje CDO rješenja, strateški plan korištenja CDO, te dogovor oko zajedničke provedbe i razvoja plana,
3. **faza provedbe:** na temelju dogovorenog CDO definira se varijanta i plan provedbe, priručnici i pripremni materijali za obuku, kao i simulacija, provjere i procjene postupka CDO. Nakon što su simulacije i procjene pokazale pozitivne rezultate, CDO postupak bi trebao biti operativan.
4. **faza pregleda:** svrha ove faze bi bila unaprjeđivanje postupka putem povratnih informacija od strane dionika.

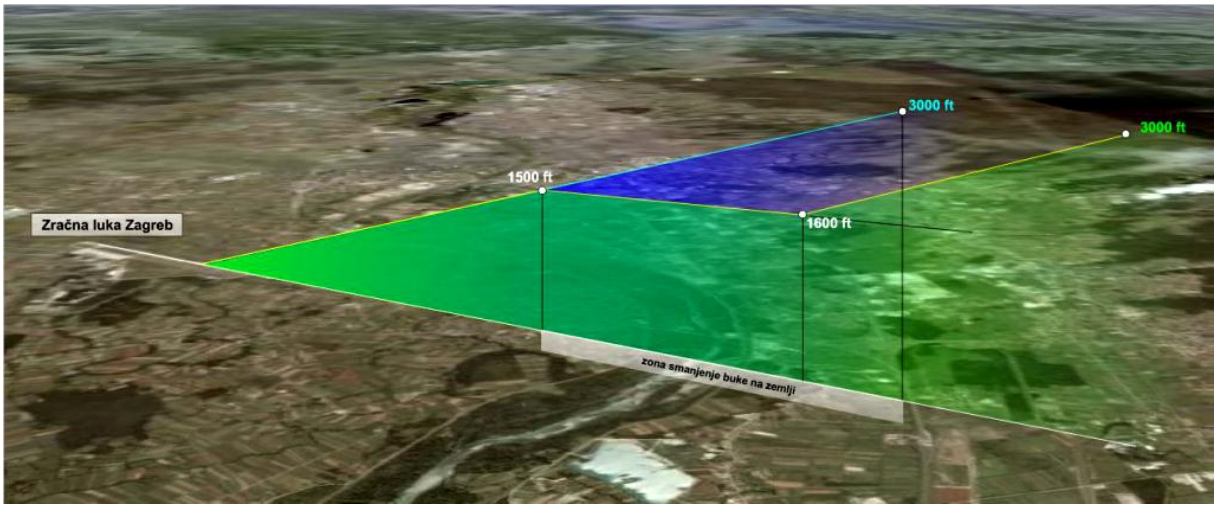
Implementacija CDA postupka povećava produktivnost zračnog prijevoznika, zračnih luka i kontrole zračnog prometa. Uloge navedenih dionika mogu se podijeliti kako slijedi:

1. **uloga države**: strateško planiranje korištenja zračnog prostora u smislu provedbe CDA postupaka, marketing i potporu implementacije CDA, plan kao način zaštite okoliša, podrška prilikom izmjene operacija i sigurnosnih pregleda, preporuke,
2. **uloga pružatelja usluga u zračnoj plovidbi**: sve relevantno osoblje ATC-a trebalo bi dobiti odgovarajuću edukaciju i trening kako bi im se omogućila olakšana primjena CDA
3. **uloga operatora zrakoplova**: proaktivna uloga u provedbi i korištenju simulatora za procjenu CDA mjere, poticanje pilota na primjenjivanje CDA tehnike kako bi se minimizirali horizontalni segmenti letenja tijekom prilaza,

4. **uloga operatera aerodroma**: pružanje lokalnih strateških ciljeva, savjeta i smjernice oko aerodroma, praćenje buke zrakoplova u prilazu, aktivno obavještavanje lokalne zajednici o postignućima zaštite okoliša [46].

4.3. Operativna mjera Continuous Climb Operations (CCO)

Već neko vrijeme, na odabranim zračnim lukama (Frankfurt) korištene su operativne mjere uspona zrakoplova koje mogu smanjiti buku ispod polazne putanje na tlu. Operacije kontinuiranog uspona/penjanja (CCO) su operativne tehnike zrakoplova omogućene zbog dizajna zračnog prostora, procedura i odgovarajućih ATC postupaka. Detaljan opis procedura i pravila primjene mjere nalazi se u ICAO dokumentu 9931 - *Continuous Descent Operations Manual*. CCO omogućava izvršenje optimiziranog letenja zrakoplova, što dovodi do značajne uštede goriva i povoljnijih utjecaja na okoliš, u smislu smanjenja buke i emisija, a primjer primjene CCO procedure u odnosu na konvencionalnu proceduru prikazan je na slici 21 [47].



Slika 21. Primjena CCO procedure na MZLZ, [1]

Tijekom faze uspona potrebna je visoka razina potiska koja koristi značajan udio ukupnog goriva u letu, a učinkovitost leta u ovoj fazi mogla bi pružiti značajnu gospodarsku učinkovitost i ekološke koristi u smislu buke i emisija.

Prije početka primjene CCO operacija, predložena implementacija treba biti predmet lokalne procjene sigurnosti. Potrebno je odrediti mogućnosti korištenja te metode s obzirom na zrakoplove koji slijeću na zračnu luku, utjecaj primjene mjere na ostale zrakoplove u dolasku i odlasku, ograničenja brzine i visinske prepreke. U ovom slučaju propisane su maksimalne brzine zrakoplova od 410 km/h za prvih 11 km (6 NM) [43].

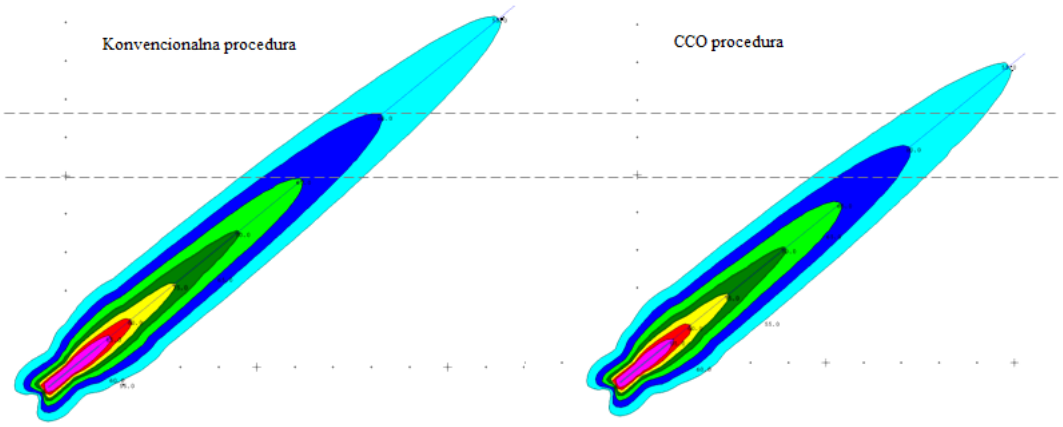
Osnovne CCO operacije zahtijevaju odvajanje značajnog dijela zračnog prostora u svrhu primjene CCO operacije kako bi se zaštitio uspon samog zrakoplova. Također može produljiti putanju kako bi se zrakoplovima s manjim performansama omogućila potrebna udaljenost u svrhu izbjegavanja prepreka. Najbolji gradijent uspona varira ovisno o:

- tipu zrakoplova,
- njegovoj stvarnoj težini,
- vjetru,
- temperaturi zraka,
- atmosferskom pritisku,
- drugim dinamičkim razmatranjima [48].

CCO dopušta zrakoplovu da dosegne početnu razinu krstarenja pri optimalnoj brzini uz optimalne postavke potiska motora, čime se smanjuje ukupna potrošnja goriva i emisije za cijeli let. Prilikom primjene navedene mjere, potrebno je omogućiti odgovarajući dizajn zračnog prostora i primijeniti potrebne postupke ATC-a kako bi se izbjegla nužnost rješavanja potencijalnih sukoba između dolaznih i odlaznih zrakoplova.

CCO pruža sljedeće prednosti:

- učinkovitije operacije s obzirom na smanjenu potrošnju goriva,
- smanjenje radnog opterećenja pilota i kontrolora zračnog prometa kroz izradu postupaka koji zahtijevaju manje intervencije ATC-a,
- smanjenje broja potrebnih radijskih prijenosa,
- uštede troškova i povećanje ekološke koristi kroz smanjenje količine goriva,
- potencijalno smanjenje buke zrakoplova kroz optimizaciju potiska i visine (slika 22),
- potencijalno odobrenje operacija gdje bi ograničenja zbog buke inače rezultirala smanjenjem ili ograničavanjem operacija.



Slika 22. Odnos konture buke konvencionalne i CCO procedure , [1]

Ovisno o pojedinom zračnom prostoru, prednosti CCO-a bit će optimizirane pregledom konfiguracije zračnog prostora za CCO, nastojeći u najvećoj mogućoj mjeri osigurati strateško razdvajanje tokova prometa čime bi se omogućilo istodobno djelovanje CCO i CDO. Kao dio redizajna zračnog prostora i primjene CCO operacije važno je uzeti u obzir profile zrakoplova za koje se očekuje da će najvećim dijelom biti opsluženi u

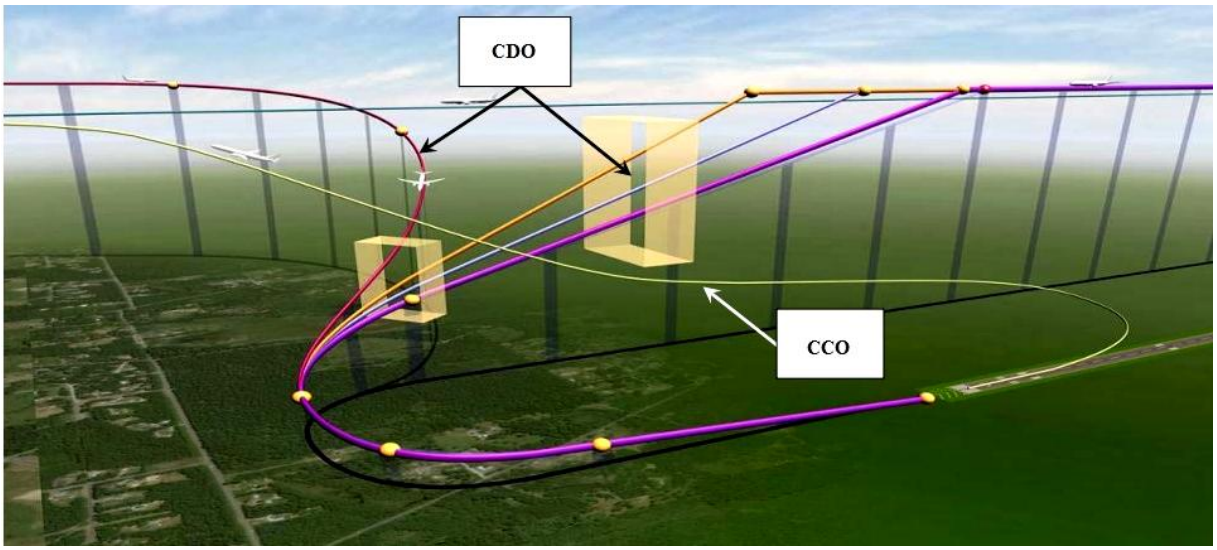
promatranoj zračnoj luci. Postizanje CCO za jednu operaciju mora biti uravnoteženo s njegovim učinkom na druge operacije.

U stvarnoj operativi, potpuno optimalni CCO ne može uvijek biti moguć, zbog brojnih razloga:

- ograničen zračni prostor - nedovoljna količina okomitog zračnog prostora koji mora biti rezerviran za zaštitu prilikom uspona zbog interakcije s drugim prometnim tokovima,
- teren i prepreke - rizici od sudara s preprekama,
- ograničenja zaštite okoliša - postojanje postupaka za smanjenje buke koji mogu nametnuti ograničenja za optimalni uspon penjanja,
- postupci kontrolora zračnog prometa (ATC) - postupci (specifična dodjela razine leta navedena u sporazumima sa susjednim ATC jedinicama) i dizajn SID-a mogu nametnuti ograničenja za kontinuirani uspon,
- izbjegavanje lošeg vremena - kada je na snazi izbjegavanje vremenskih uvjeta, postupci CCO-a se otkazuju zbog sigurnosti zrakoplova.

Usprkos gore spomenutim ograničenjima, implementacija CCO može pružiti značajne prednosti čak i za kraće dijelove uspona. U idealnom slučaju, CCO bi trebao biti organiziran kao dio odstupanja od standardnih procedura polijetanja tako da piloti i kontrolori zračnog prometa imaju fiksni i unaprijed dogovoreni postupak polijetanja. To bi također trebalo osigurati kraću rutu leta. Također je poželjno omogućiti neograničeni uspon do razine krstarenja bez ograničenja brzine jer ograničenje smanjuje fleksibilnost CCO-a. Međutim, kao što je već spomenuto, mogu se zahtijevati određena ograničenja brzine zbog održavanja separacije između zrakoplova.

Prema ICAO u najoptimalnijoj situaciji, ruta za odlazak trebala bi biti dizajnirana na način da ne postoji ograničenje koje sprječava zrakoplov da nastavi svoj optimalni let. Dolasci i odlasci trebaju biti razdvojeni lateralno ili vertikalno. Idealno, dizajn putanje odlaska je takav da se dolazni promet može spustiti na svoju optimalnu putanju za slijetanje. Ova optimalna situacija često nije dostupna i stoga mora postojati ravnoteža između dolazaka i odlazaka (slika 23) [47].



Slika 23. Odnos CDO i CCO putanji, [47]

Odlasci zrakoplova u zračnom prometu definirani su prema unaprijed određenim procedurama. Obveza je ATC-a za održavanjem sigurnosti sukladno definiranim odlaznim rutama. Stoga ATC ne odstupa od tih ruta, osim ako to nije apsolutno potrebno, primjerice u slučaju grmljavine ili izvanrednih situacija.

Pojedinačna odstupanja od idealnog odlaznog puta su neizbježna u određenoj mjeri, kao npr. zbog vremenskih uvjeta. Stoga je mogući okvir za odstupanja od idealnog puta određen na temelju međunarodnih ICAO standarda. Ta područja tolerancije mogu se pripisati različitim vrstama zrakoplova i navigacijskim metodama. Ako se utvrdi da je pilot napravio pogrešku u smislu nepoštivanja postupka polijetanja ili ako pilot neovisno i bez razloga odstupa od postupka polijetanja, nadležno nadzorno tijelo za usluge zračne plovidbe pokrenut će pravni postupak protiv pilota zrakoplova.

Prema uputi ATC-a, piloti mogu napustiti rutu i započeti izravni let nakon što dosegnu određenu nadmorsku visinu. Formalno govoreći, odobrenje za izravni let može se izdati kada je postignuta minimalna sigurnost ili minimalna visina vektora radara. Iznimke su letovi koji se moraju ranije okrenuti zbog sigurnosnih razloga. Izdavanjem pojedinačnih dozvola, ATC se pridržava zakonske obveze upravljanja zračnim prometom sigurno, uredno i brzo. Nadalje, izravni letovi smanjuju potrošnju goriva i emisije CO_2 [43].

Implementacija CCO-a i CDO-a diljem Europe omogućava prednosti svim dionicima i pomaže u rješavanju ekoloških izazova s kojima se Europa suočava. Jedan let koji primjenjuje CCO ili CDO u usporedbi s neoptimiziranim profilom uspona ili prilaza može rezultirati uštedom goriva od 50 do 200 kg goriva po letu zbog čega EUROCONTROL podržava implementaciju CCO i CDO. Odgovarajući tim surađuje s dionicima (ATC-om, proizvođačima zrakoplova i udrugama zrakoplovne industrije kao što su IATA, ERA, ACI i CANSO) kako bi izmjerio i maksimizirao ostvarive pogodnosti unutar trenutnih ATM okvira [49].

4.4. Operativna mjera „Povećani kut prilaza“

Operativna mjera povećanja kuta prilaza s tri na šest stupnjeva jedna je od aktivnih mjera zaštite od buke i igra glavnu ulogu u inicijativi za smanjenje buke zračne luke. Operativna mjera korištenja povećanog kuta prilaza (do finalnog prilaza) rezultira manjom razinom buke na zemlji. Povećanjem kuta prilaza dolazi do smanjenja buke na lokalnim područjima ispred USS-e. Nekoliko zračnih luka započelo je s probnim procesom primjene ove metode (London Heathrow), dok su se neke zračne luke nakon perioda praćenja učinka metode odlučile primijeniti istu u redovne operacije (Frankfurt).

Zračna luka London Heathrow – u sklopu vlastitih planova za smanjenje buke, započela je ispitivanje mjere povećanog kuta prilaza pomoću koje nastoji istražiti načine kako smanjiti utjecaj buke oko Heathrowa. Proces je započeo u rujnu 2015. godine i završio u ožujku 2016. godine.

Primjenom ove mjere prilaza od 3,2 stupnja za silazne zrakoplove pokušali su utvrditi postoji li mogućnost kasnije implementacije 3,5 stupnja u budućnosti. Heathrow vjeruje da će implementacija strmijeg prilaza, novih operativnih postupaka i najnovije tehnologije zrakoplova smanjiti buku zrakoplova i utjecati na manje ljudi čak i uz moguću ekspanziju zračne luke.

Mjerenja su provedena na 2.500 zrakoplova od kojih je 85 % zrakoplova pripadalo zračnom prijevozniku *British Airways*. Stvarni kut iznosio je 3,14 stupnja zbog relativno niske temperature zraka tijekom probnog razdoblja. Zabilježeno je smanjenje buke od 0,5 dB do 1.4 dB. Tijekom mjerenja nije zapažen nikakav štetni utjecaj, nisu zabilježene poteškoće prilikom održavanja brzine slijetanja ili poteškoće manevriranja i upravljanja zrakoplovom.

Mišljenje o povećanju kuta prilaza uz zračnu luku Heathrow dijele i stručnjaci u Frankfurtskoj zračnoj luci koja je uvela strmije kutove prilaza zrakoplova kako bi se smanjila buka za ljude koji žive u blizini [51].

Zračna luka Frankfurt - nakon više od dvije godine probnih operacija, integrirala je mjeru smanjenja buke povećanog ILS kliznog kuta od 3,2 stupnjeva u redovne operacije. Probni postupci započeli su 2012. godine, a trajno se primjenjuju od 2014. godine na sjeverozapadnoj USS-i.

Integriranje mjere, posljedica je uspješnih rezultata mjerenja buke tijekom probnog razdoblja. Mjerenja provedena tijekom tih razdoblja pokazuju jasno smanjenje maksimalne razine buke u rasponu od 0,5 do 1,5 dB, ovisno o položaju stanice za praćenje i o tipu zrakoplova.

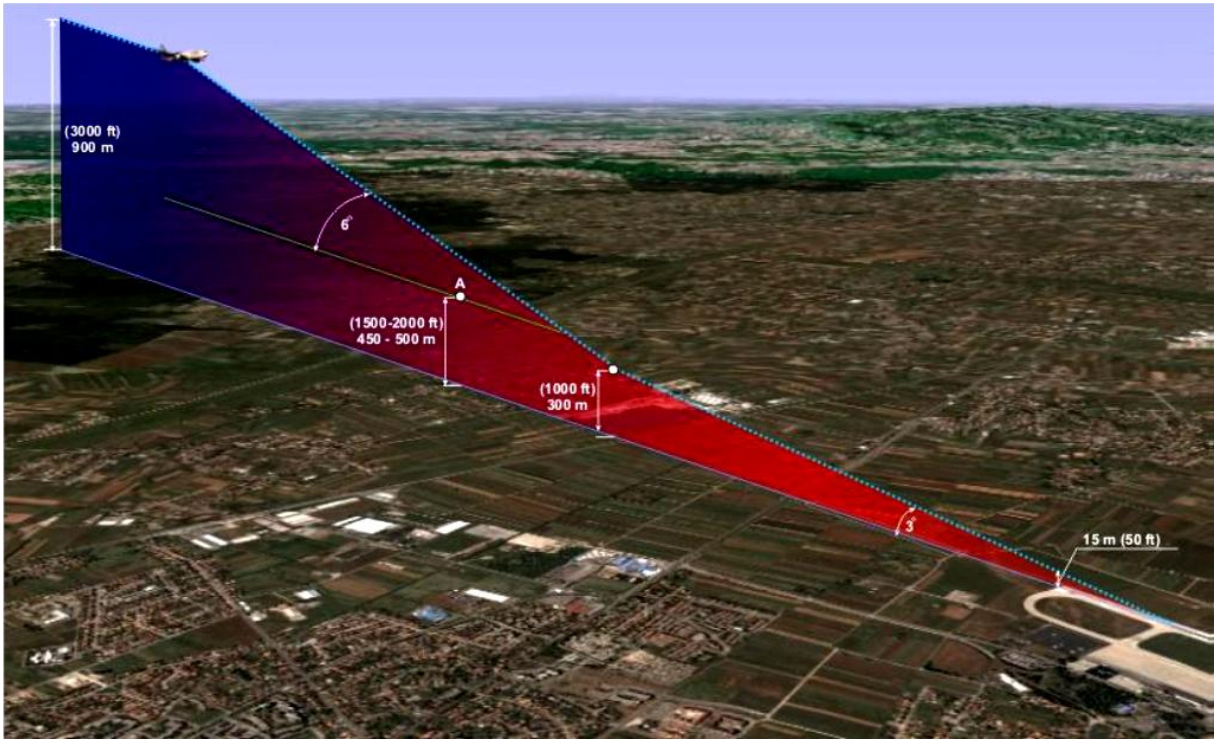
U periodu praćenja uz upotrebu ove metode sletjelo je oko 145.000 zrakoplova, što predstavlja 71 % svih slijetanja. Tijekom tog perioda, nova procedura nije uzrokovala kašnjenja za zrakoplove u dolasku ili odlasku čime se uvođenje mjere smatra uspješnim

korakom. Isto tako, povećanje kuta prilaza na 3,2 stupnja ne zahtjeva proceduralne promjene za zrakoplove A320 i A330.

Trenutna faza ispitivanja od 3,2 stupnja može se smatrati uspješnom. To ukazuje na nekoliko prednosti:

- kasnije izvlačenje stajnog trapa (0,4 NM bliže zračnoj luci),
- visina prilaza viša za 246 ft,
- povećanje potiska za stabilizaciju zrakoplova 0,3 NM bliže zračnoj luci,
- vrlo visoka stopa prihvaćanja mjere od strane pilota,
- nema utjecaja na sigurnost,
- smanjenje buke između 0,5 i 1,2 dB [43].

Razvojem tehnologije omogućeno je slijetanje zrakoplova pod kutom od šest stupnja što dodatno smanjuje onečišćenje okoliša. Ukoliko bi se procedura prilaza pod šest stupnja koristila na MZLZ potrebno je navesti prednosti koje procedura pruža, ali i njezine nedostatke. Primjer implementacije navedene procedure na MZLZ prikazan je na slici 24.



Slika 24. Primjena povećanog kuta prilaza na MZLZ, [1]

Prednosti su:

- smanjenje utjecaja buke zrakoplova isključivo na području koje se nadlijeće većom visinom prije ulaska u ILS,
- uz redukciju buke, javlja se paralelna ušteda goriva i ispušnih plinova.

Nedostaci primjene mjere:

- velika brzina zrakoplova pri ulasku u TMA Zagreb[2],
- brzina se reducira promjenama na aeroprofilu pri čemu se dodatno generira buka,
- pri prelasku iz šest stupnja u tri stupnja potrebno je dodavanje potiska pri čemu se u tom trenutku generira veća buka,
- slijetanje pod kutom šest stupnjeva neugodnije je za putnike,
- potrebno je posebno školovanje posade,
- potrebno je posebno opremiti zrakoplove,
- ušteda na gorivu do sada nije pokazala ekonomsku isplativost s obzirom da su potrebne velike investicije i posebno certificiranje zrakoplova.

Zaključno, primjena navedene operativne mjere nije isplativa na MZLZ jer donosi više nedostataka od ostalih mjera.

4.5. Operativna mjera „Manja snaga – manji otpor“

Promjena operativnih postupka zrakoplova jedna je od strategija koja se može koristiti kako bi se smanjila potrošnja goriva i utjecaj zračnog prometa na okoliš u relativno kratkom vremenu s postojećim tipovima zrakoplova. Jedna od mjera koju koriste zrakoplovi u prilazu je manja snaga – manji otpor (*Low Power/Low Drag* – LP/LD). Mjera predstavlja smanjenje buke zrakoplova u dolasku, prilikom koje pilot odgađa izvlačenje stajnog trapa i zakrilaca do završne faze prilaza USS-i, ovisno o zahtjevima vezanim uz kontrolu brzine, ATC-a i sigurnosti.

Navedena mjera kvantificira potrošnju goriva i emisije štetnih plinova, pomoću odgađanja usporenja, odnosno zrakoplov se nastoji u fazi prilaza što duže zadržati pri većim brzinama i čistoj aerodinamičkoj konfiguraciji (bez izvlačenja stajnog trapa i zakrilaca). Time se ograničavaju otpor i potisak zbog čega se mjera naziva manja snaga - manji otpor.

Zrakoplovi koji koriste LP/LD proceduru ostvaruju 30-40 % nižu potrošnju goriva i stvaranje CO_2 ispod 10.000 ft u odnosu na zrakoplove koji koriste konvencionalni prilaz. Prema procjeni američkog sustava ustanovljeno je da ako samo 1 % od ukupnih operacija koriste LP/LD proceduru, štednja će iznositi preko deset milijuna litara goriva i 28.000 tona CO_2 godišnje.

Ukupno gledajući, operativne promjene imaju manji potencijal zaštite okoliša u odnosu na druge opcije, ali njihova provedba može započeti u znatno kraćim vremenskim okvirima s postojećim tipovima zrakoplova.

[2] TMA Zagreb – zračni prostor završne kontrolirane oblasti

Za zrakoplove u prilazu postoje dva ograničenja brzine na područja zračne luke:

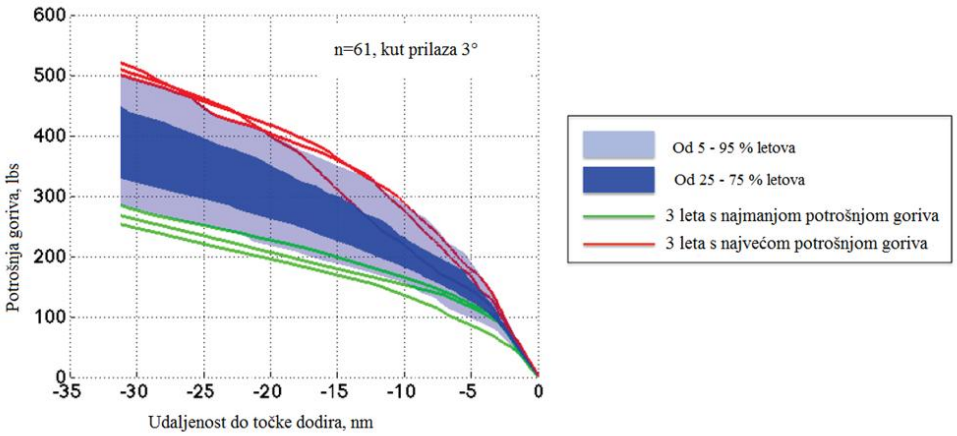
- brzina na ulasku u područje zračne luke – obično iznosi 460 km/h (250 čvorova) ispod 10.000 ft,
- brzina stabilizacije zrakoplova u završnom prilazu.

Konvencionalni prilaz pojavom LP/LD procedure postaje manje prihvatljiviji. Prema navedenim ograničenjima kod konvencionalnog prilaza dolazi do usporavanja neposredno nakon ulaska u područje zračne luke, dok se kao prihvatljivija procedura predlaže LP/LD gdje se usporavanje pojavljuje u završnom prilazu.

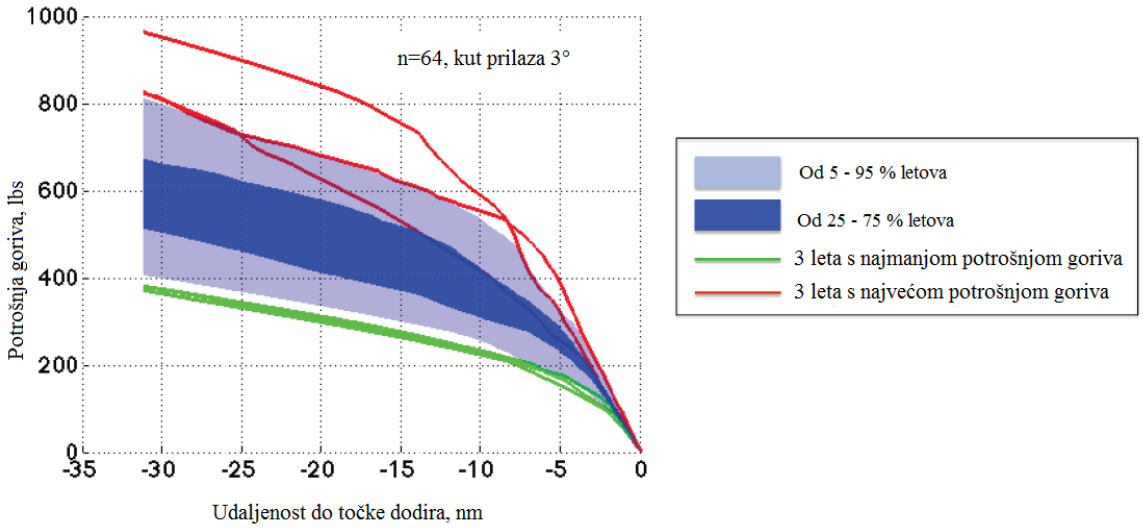
U konvencionalnom prilazu zrakoplov često usporava relativno rano u prilaznoj putanji. To može biti iz nekoliko razloga, primjerice ATC može zahtijevati rano usporavanje kako bi osigurala više vremena za pripremu slijetanja. Ranije usporavanje popraćeno je ranijim izvlačenjem zakrilaca u svrhu održavanja upravljivosti i brzine zrakoplova što rezultira povećanjem otpora koji dovodi do većeg potiska motora, odnosno veće potrošnje goriva, emisija i buke motora. To se može izbjeći odgađanjem usporavanja odnosno provođenjem LP/LD procedure. Razlika LP/LD i CDO procedure je u usmjeravanju težišta proučavanja; LP/LD fokus je na brzini prilaza, dok je kod CDO procedure usmjeren na vertikalnom profilu prilaza. Međutim, LP/LD procedura se nije proučavala u tolikoj mjeri koliko CDO.

U 2011. godini zabilježena je analiza LP/LD procedure prilaza. Podaci zabilježeni na uređaju za snimanje podataka o letu (*Flight Data Recorder* - FDR) za analizu LP/LD procedure uključuju brojne parametre (oko 100 parametara, točan broj ovisi o vrsti zrakoplova) snimljene u intervalima od deset sekundi (inicijalni prilaz) ili jedne sekunde (završni prilaz).

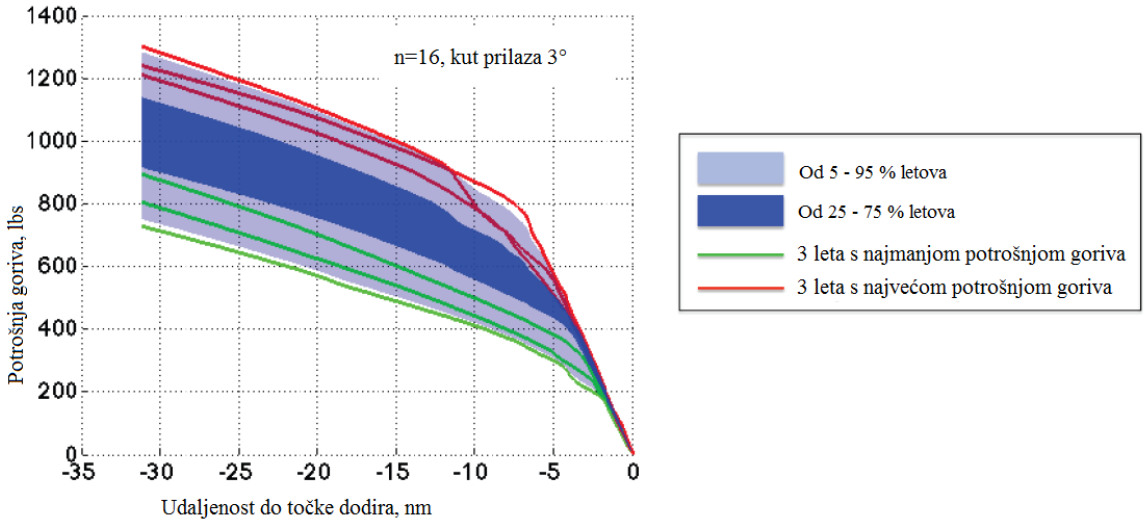
Najvažniji rezultat analize je potrošnja goriva pojedinih tipova zrakoplova koja utječe na smanjenje emisija. Izlazni podaci mjerenja učinkovitosti LP/LD procedure svakog zrakoplova prikazani su na grafovima 8, 9 i 10, dok se prednosti nalaze u tablici 2.



Grafikon 8. Potrošnja goriva zrakoplova A320, [52]



Grafikon 9. Potrošnja goriva zrakoplova B757, [52]



Grafikon 10. Potrošnja goriva zrakoplova B777, [52]

Tablica 2. Potrošnja goriva zrakoplova tijekom faze prilaza

Tip zrakoplova	**Prosjek triju letova najmanje potrošnje goriva**	**Prosjek triju letova najveće potrošnje goriva**	**Ukupni prosjek svih letova**	**Razlika ukupnih letova i letova najmanje potrošnje goriva**	**Razlika CO_2 ukupnih letova i letova s najmanjim CO_2**
A320, n=61	268 lbs[3]	509 lbs	383 lbs	115 lbs (30 %)	165 kg
B757, n=64	377 lbs	869 lbs	597 lbs	220 lbs (37 %)	315 kg
B777, n=16	726 lbs	1.298 lbs	1.032 lbs	306 lbs (30 %)	438 kg

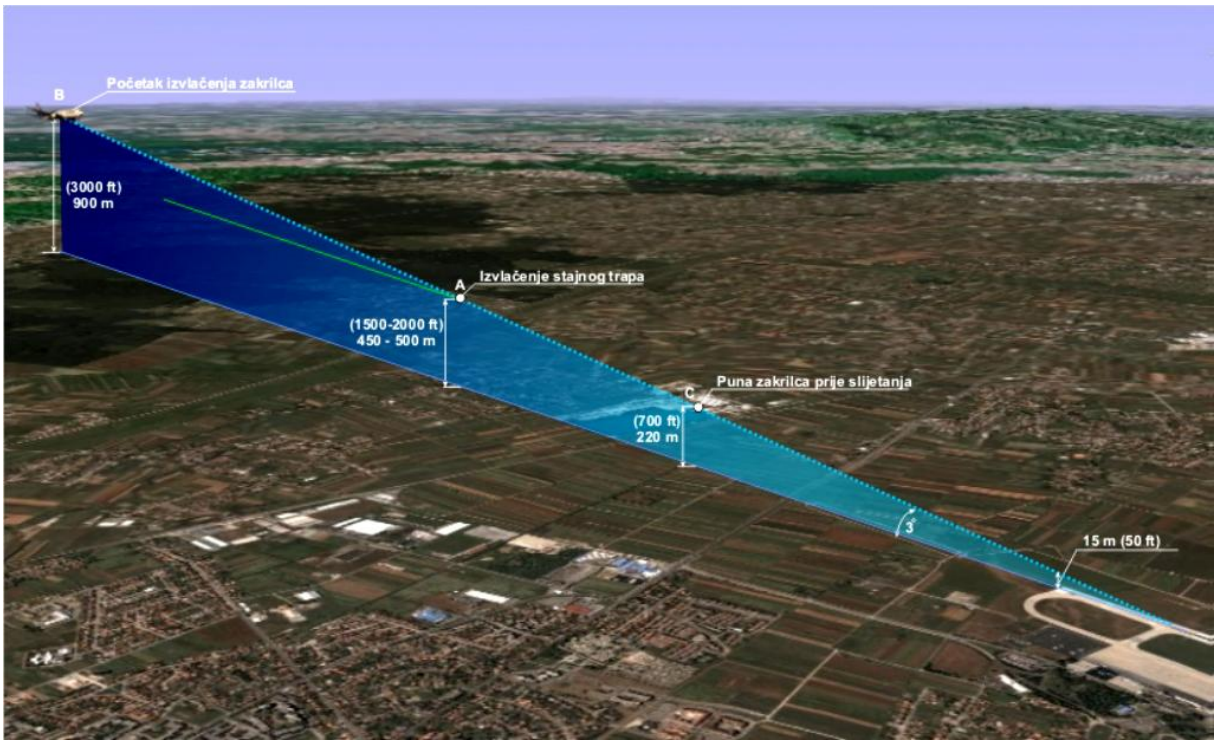
Izvor: [52]

Ključni parametri u ovom istraživanju bili su:

- potrošnja goriva,
- brzina zrakoplova,
- kut pod kojim su izvučena zakrilca,
- položaj stajnog trapa,
- razina snage motora,
- visina zrakoplova,
- masa,
- vjetar.

Prema analizama, zaključeno je da implementacija LP/LD procedure prilaza zahtijeva neke promjene postojećih prilaznih procedura, uzimajući u obzir sigurnost zrakoplova i kapacitete, ali ne zahtjeva izgradnju kompliciranе infrastrukture ili uvođenja novih tehnologija. Međutim, kao što je ranije opisano, uobičajeno je da kontrolori zračnog prometa u većoj mjeri prakticiraju konvencionalni prilaz kako bi osigurali više vremena za razdvajanje i sekvencioniranje zrakoplova u završnoj fazi prilaza, te kako bi se osiguralo maksimalno iskorištenje kapaciteta USS-e. Kasnija usporenja različitih tipova zrakoplova, mogu značiti povećanje opterećenja kontrolora zračnog prometa u kasnijim (završnim) fazama prilaza, posebice tijekom razdoblja vršnih opterećenja. To bi bilo neprihvatljivo na velikim zračnim lukama, na kojima bi došlo do smanjenja protoka prometa. Međutim, tijekom razdoblja niskih opterećenja, mogao bi se koristiti LP/LD prilaz bez utjecaja na opterećenje kontrolora zračnog prometa. Primjer LP/LD postupaka od strane Lufthanse na MZLZ, prikazan je na slici 25.

[3] lbs (*pounds*) – mjerna jedinica težine u Sjedinjenim Američkim Državama



Slika 25. LP/LD postupak Lufthanse na MZLZ, [6]

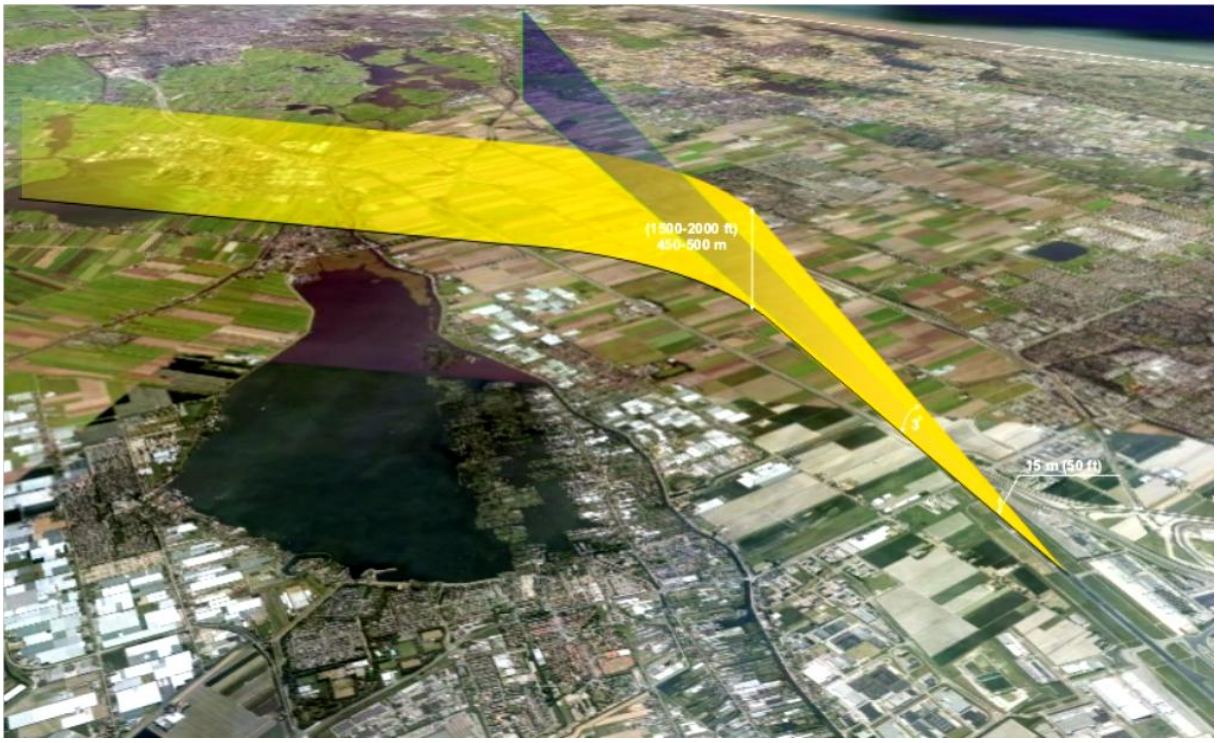
Prilaz zrakoplova do trenutka hvatanja signala kuta poniranja vrši se na visini od 900 m (3000 ft) i sve do dostizanja visine od oko 450 m zbog čega je buka koju stvara zrakoplov znatno manja u odnosu na standardni prilaz. Isto tako bila je manja jer je manji otpor zrakoplova zbog manje izvučenih zakrilaca, što zahtjeva manji potisak. Na 40 – 50 sekundi prije samog slijetanja izvlači se stajni trap, čime se zrakoplov dovodi u konačnu konfiguraciju za slijetanje. Od toga trenutka pilotu ostaje dovoljno vremena da uravnoteži zrakoplov po putanji kuta poniranja i da sleti [6].

Osim posljedica primjene LP/LD prilaza na kontrolore zračnog prometa, važno je uzeti u obzir potencijalne učinke kasnijeg usporenja zrakoplova, kasnijeg izvlačenja zakrilaca i stajnog trapa na pilote. Završna faza prilaza smatra se fazom visokog opterećenja, te je potrebno istražiti moguće negativne posljedice na ljudsko tijelo koje mogu utjecati na sigurnost leta.

Zaključno, analizom iz FDR-a svih zrakoplova, korištenjem prilaza od tri stupnja, dokazano je da se najniža potrošnja goriva postiže kada zrakoplov zadržava svoju brzinu što većom što je dulje moguće, bez izvlačenja zakrilaca koji usporavaju zrakoplov. S druge strane, najveća izgaranja goriva zabilježena su tijekom prilaza s ranijim usporavanjem i ranijim izvlačenjem zakrilaca. LP/LD sugerira uštedu 30-40 % smanjenja izgaranja goriva na razini ispod 10 000 ft primjenom kuta poniranja od tri stupnja, u slučaju povećanja kuta dolazi do veće uštede potrošnje goriva i smanjenja štetnih emisija [52].

4.6. Operativna mjera „Krivolinijska putanja prilaza“

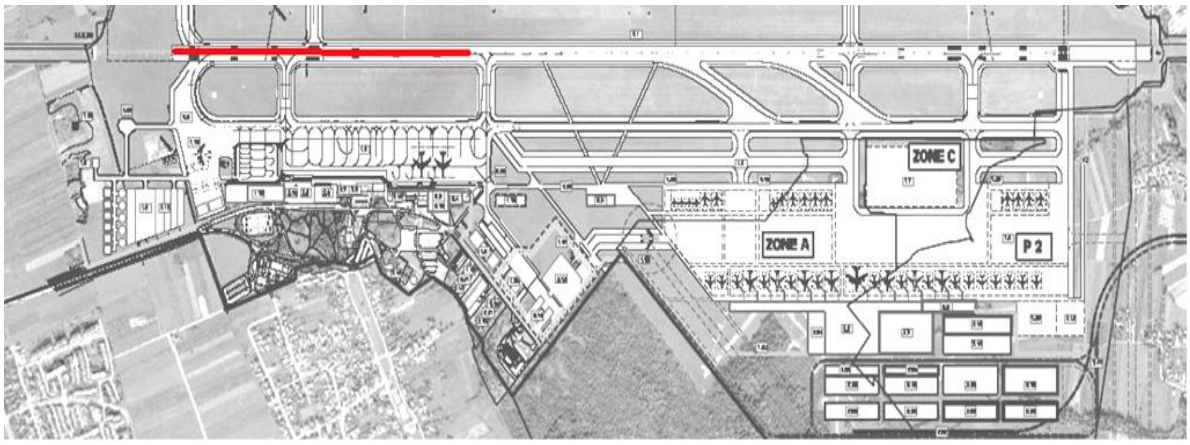
Upotrebom sistema za slijetanje koji radi na mikrovalovima (*Microwave Landing System* – MLS) u prilazu moguće je primijeniti krivolinijsku putanju, pa u fazi završnog prilaženja izvršiti letenje u ravnini osi USS-e. Koristeći krivolinijsku putanju, zrakoplov ne ide izravno prema USS-i sve do trenutka ulaska u tzv. završni prilaz. Ukoliko se u osi USS-e nalazi naseljeno područje, moguće je izbjeći prelijetanje istog i tako smanjiti buku u naselju. Za ovu proceduru neophodna je specijalna elektronska oprema u zrakoplovu i na zemlji. Situacija je slična ako se u odletu umjesto pravolinijskog leta pristupa zaokretu te na taj način izbjegne naselje. Primjer krivolinijske putanje prilaza prikazan na slici 26 [6].



Slika 26. Prilaz zrakoplova krivolinijskom putanjom, [6]

4.7. Operativna mjera „Pomaknuti prag“

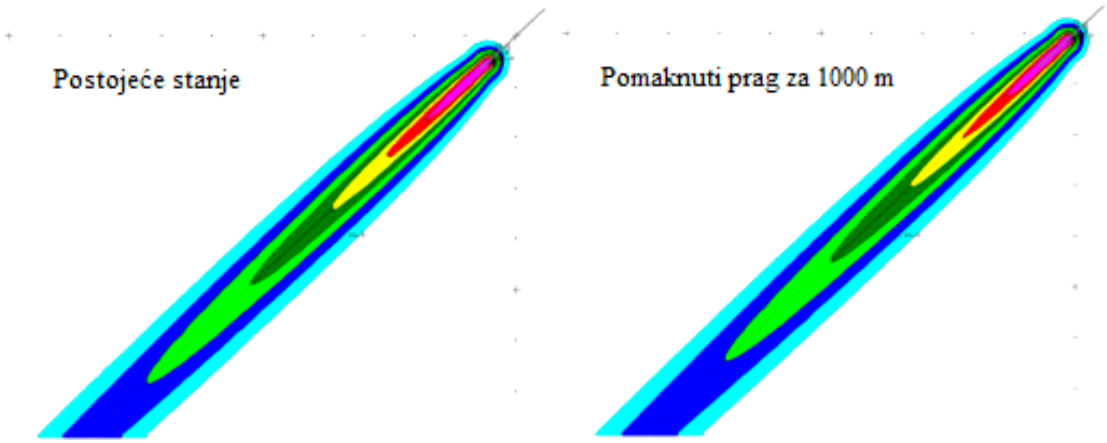
Operativna mjera pomaknutog praga rezultira povećanom visinom zrakoplova u prilazu, a prednost je smanjena buka u naseljima koja se nalaze u prilaznoj ravni USS-e. Primjenom kuta prilaza pod tri stupnja i pomaknutim pragom za 300 m rezultirati će većom visinom preleta od oko 15 m i manjom bukom od 0,5 dB. Pomaknuti prag može smanjiti iskoristivost USS-e kod slijetanja i polijetanja, a što pomicanje praga za 1000 m znači za MZLZ prikazano je na slici 27.



Slika 27. Pomaknuti prag na MZLZ, [1]

Prednosti koje bi se omogućile primjenom ove mjere na MZLZ su:

- smanjenje utjecaja buke zrakoplova na područje prije USS-e,
- u slučaju postojanja voznih staza koje omogućavaju izlazak sa staze na uobičajenim mjestima, smanjuje se buka u prilazu – potrebne brzo-izlazne vozne staze,
- izgradnjom stajanke na novom putničkom terminalu (NPT) omogućena je ušteda u buci i gorivu (emisijama). Primjena pomaknutog praga ne bi donijela velike uštede u buci kao što je prikazano na slici 28.



Slika 28. Usporedba kontura buke postojećeg stanja i pomaknutog praga, [6]

Kao što je vidljivo na slici 28, karta konture buke primjenom metode pomaknutog praga ne daje značajnije rezultate u smanjenju buke. Konture se nisu značajnije smanjile koliko se smanjuju upotrebom drugih operativnih metoda prilikom slijetanja navedenih radije.

Nedostaci koji se javljaju primjenom iste mjere su kako slijedi:

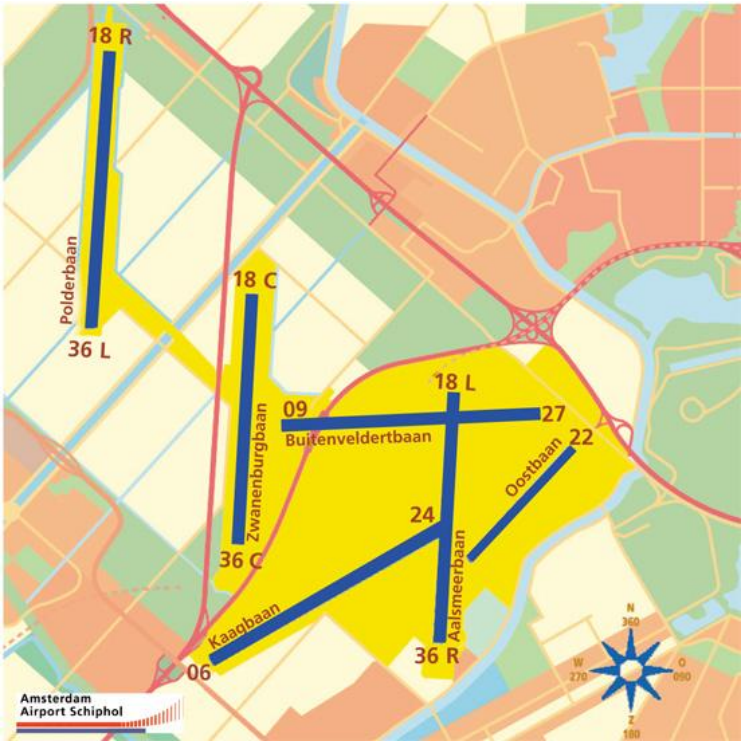
- nesmotrenim pomicanjem praga 05 na MZLZ većina zrakoplova ne bi više izlazila sa staze na spojnici D nego na E, što bi povećalo vrijeme vožnje zrakoplova do stajanke, a time i utrošeno gorivo i emisije,
- pojedini zrakoplovi bi pri slijetanju iz sigurnosnih razloga više koristili obrnuti potisak u svrhu zaustavljanja što bi rezultiralo dodatnom bukom,
- za ovu proceduru potrebna je izrada posebnih prilaznih procedura, suradnja zračne luke i (Hrvatske kontrole zračne plovidbe) HKZP-a, te ispitivanje dužine USS-e,
- nema brzo-izlaznih voznih staza koje bi omogućile dodatne pogodnosti [1].

4.8. Operativna mjera „Odabir preferirane USS-e“

Odabir preferirane USS-e može se koristiti kod zračnih luka koje posjeduju dvije ili više USS-e pri čemu se u dogovoru s ATC-om odabire ona USS čijom će se upotrebom izbjeći mjesta osjetljiva na buku. Bitno je naglasiti da selektivno korištenje USS-e ne smije utjecati na sigurnost leta, iz tog razloga metoda se ne koristi ukoliko:

- izabrana USS-a nije čista (ukoliko je pokrivena snijegom, ledom, vodom ili gumenim otpacima),
- su meteorološki uvjeti takvi da se baza oblaka nalazi na visini manjoj od 150 metara iznad odabrane USS-e za slijetanje. Isto tako ako su uvjeti za polijetanje i slijetanje takvi da je horizontalna vidljivost manja od 1852 m (1 NM),
- za izabranu USS-u komponenta bočnog vjetra zajedno s udarima vjetra prelazi 29 km/h,
- za izabranu USS-u komponenta repnog vjetra zajedno sa udarima vjetra prelazi 9 km/h,
- se očekuje "smicanje vjetra" ili nevrijeme koje može imati utjecaja na let u prilazu ili odletu,
- pilot smatra da time ugrožava sigurnost leta [6].

S obzirom da MZLZ nema dvije ili više USS-e, za pojašnjenje metode odabira preferirane USS-e objašnjen je princip primjene iste na zračnoj luci Schiphol. U praksi, upotreba nekih USS-a uzrokuje više onečišćenja od ostalih. Na primjer, s korištenjem *Buitenveldertbaan* USS-e (oznake pragova 09-27) na zračnoj luci *Schiphol*, više kuća je pod utjecajem buke nego kod upotrebe USS-e *Kaagbaan* (oznake pragov 06-24), jer se više stambenih zgrada nalazi ispod dolaznih i odlaznih ruta Buitenveldert USS-e. Kako bi se ograničilo štetno djelovanje buke, gdje je to moguće, ATC koristi sustav za odabir preferirane USS-e. To znači da sustav ponajprije daje kombinacije USS-a koje uzrokuju smetnje buke na što manje ljudi. U obzir se uzima pet USS-a, dok se šesta manja USS-a ne koristi. Najčešće se koriste *Polderbaan* i *Kaagbaan* (slika 29) jer se u njihovoj blizini nalazi najmanje ljudske populacije.



Slika 29. Položaj USS-a zračne luke Schiphol, [50]

Ovaj sustav funkcionira na način da su izrađene kombinacije dostupnih USS-a koje su dostupne za korištenje s tim da se prednost uvijek stavlja na USS-e čija upotreba uzrokuje minimalnu razinu buke. Kombinacije se sastoje od:

- dvije USS-e za polijetanje i jedna za slijetanje,
- dvije USS-e za slijetanje i jedne za polijetanje, ovisno o tome postoji li veća potražnja za polijetanjem ili slijetanjem zrakoplova.

Navedena podjela za zračnu luku Schiphol znači da u određeno doba dana postoji velika količina dolaznog prometa i nešto manji odlazni promet i obrnuto. Postoji nekoliko vršnih razdoblja u danu u dolaznom i odlaznom prometu. U vršnim vremenima obrađuje se više od 100 letova po satu.

Korištena kombinacija USS-e i sama USS najprije se određuje prema vremenskim uvjetima. Vremenski uvjeti imaju važnu ulogu u određivanju USS-e za polijetanje ili slijetanje, a vjetar i vidljivost posebno su važni. U slučaju vjetra, smjer i snaga ključni su čimbenici. Kišne oluje, snijeg, magla i vrlo jaki vjetrovi mogu utjecati na zračni promet jer zrakoplovi prilikom polijetanja i ulaze u vjetar, odnosno, kreću se u suprotnom smjeru od smjera vjetra. Propisana su ograničenja bočnog vjetra, ali koliko ona iznose ovisi o vrsti aviona, težini, kutu vjetra i trenutačnim lokalnim uvjetima. Kako bi postigli brzinu polijetanja, zrakoplovi trebaju određenu duljinu USS-e. Odstupanje vjetra zahtijeva mnogo dužu USS-u. Slično tome, slijetanje s leđnim ili jačim bočnim vjetrom nepoželjno je sa sigurnosne točke gledišta (povećanje brzine na slijetanju i slijetanje pored USS-e).

Vidljivost također ima važnu ulogu u odlučivanju o kombinaciji USS-a, a također utječe i na kapacitet USS-a. Što je vidljivost slabija, potrebno je primijeniti veće udaljenosti za razdvajanje zrakoplova prilikom završnog prilaza.

Kad se dvije USS-e istovremeno koriste za slijetanje, promet svake od njih može utjecati na promet druge USS-e. Ovo se naziva ovisna upotreba staze osim u slučaju kada su USS-e paralelne, tada se naziva neovisna uporaba. U slučaju ovisne uporabe uvijek postoji rizik da, ukoliko zrakoplov mora prekinuti slijetanje i ponovo ga započeti, može uletjeti na putanju drugog zrakoplova. Iz tog razloga, ovisne kombinacije USS dopuštene su samo ako je vidljivost dovoljna tako da piloti i ATC na vrijeme uočavaju potencijalno konfliktnu situaciju kako bi poduzeli korektivne mjere [53].

Kada su u uporabi dvije USS-e za polijetanje, zrakoplovima koji odlaze dodjeljuje se USS koja najbolje odgovara smjeru odredišta. Stoga je moguće da će svi zrakoplova polijetati jedan za drugim s jedne USS-e. Ako su u uporabi dvije USS-e za slijetanje, najprije će se dodijeliti ona koja leži u smjeru iz kojeg dolazi zrakoplov. Ako količina dolaznog prometa postane previsoka za tu USS-u, promet se može usmjeriti na drugu USS-u koja je u upotrebi čime se izbjegavaju kašnjenja.

Upotreba različitih kombinacija USS također ima veliki utjecaj na upravljanje prometom u zračnom prostoru oko zračne luke Schiphol, u zračnom prostoru u cjelini i susjednom zračnom prostoru.

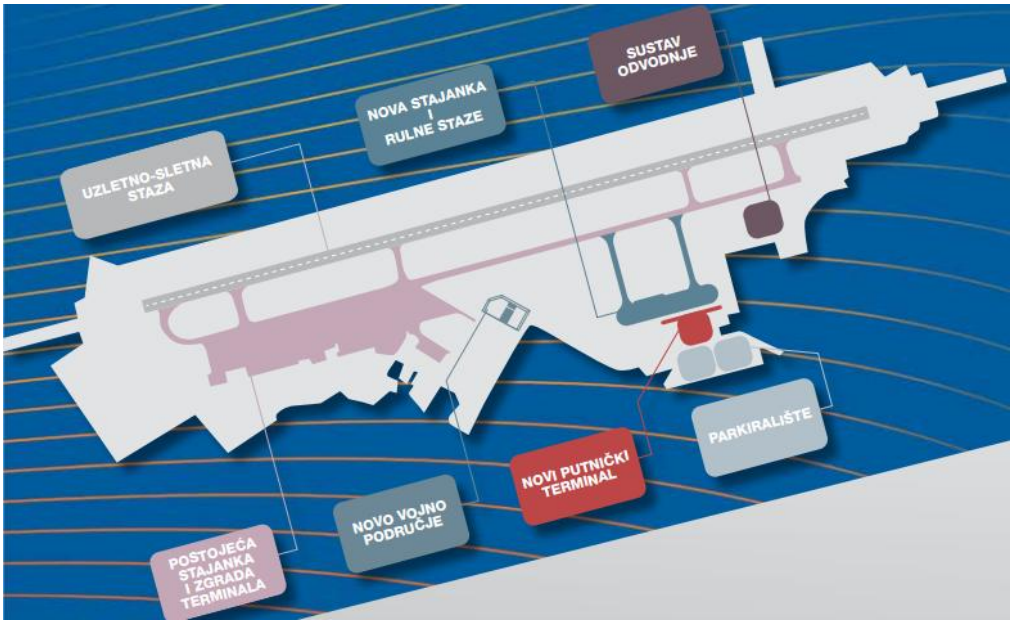
Tijekom vršnih sati obično su u uporabi tri USS-e. U slučaju većeg opterećenja, lošeg vremena ili izvanrednih događaja koriste se čak četiri USS-e, dok se izvan vršnih sati upotrebljavaju dvije USS-e. U izuzetnim okolnostima može se koristiti samo jedna staza. Kombinacije USS-a mijenja se nekoliko puta dnevno. Te su promjene rezultat oscilacija u prometu i vremenskim uvjetima. Za noćne letove koristi se jedna USS-a za polijetanje, a jedna za slijetanje. Noću, jedna USS-a je u upotrebi za polijetanje i jedna za slijetanje zrakoplova.

Osim prednosti smanjenja buke i emisija koje utječu na lokalno stanovništvo primjenom kombinacija USS, javlja se problem komunikacije sa susjednim ATC-om. Zračna luka Schiphol mora svakodnevno objašnjavati susjednim ATC zašto se u tom danu/satu odabrala baš ta kombinacija, te zašto dolazi do promjena kombinacija. Iz tog razloga napravljena je internet stranica *bezoek-bas.nl* koja sadrži informacije o sustavima USS-a.

5. EKOLOŠKI ASPEKT ODRŽIVOG RAZVOJA ZRAČNE LUKE – STUDIJA SLUČAJA MEĐUNARODNA ZRAČNA LUKA ZAGREB

Uslijed porasta prometa, infrastruktura zračne luke proširivana je u nekoliko faza kako bi se osigurali kapaciteti i kvaliteta usluge sukladno međunarodnoj najboljoj praksi. Zahvaljujući razvoju i kontinuiranom porastu potražnje za aerodromskim uslugama, postojeći putnički terminal više nije mogao odgovoriti na sve veće zahtjeve tržišta. Neadekvatan prostor putničkog terminala u odnosu na porast broja putnika, uvjetovao je tijekom 2009. godine donošenje Odluke o projektu izgradnje novog putničkog terminala (*New Passenger Terminal* - NPT).

Projekt se temelji na koncesijskom modelu s obilježjima javno privatnog partnerstva. Na međunarodnom natječaju za koncesiju za izgradnju i upravljanje Zračnom lukom Zagreb pobijedila je grupacija ZAIC Ltd. ZAIC Ltd. je za potrebe realizacije projekta u Republici Hrvatskoj osnovao novu tvrtku MZLZ, na koju su prenijeta prava i obaveze iz Ugovora o koncesiji i koja je 5.12.2013. godine preuzela upravljanje Zračnom lukom Zagreb na razdoblje koncesije od 30 godina. MZLZ je otvorila NPT u travnju 2017. godine pod nazivom Zračna luka Franjo Tuđman (slika 30) [55].



Slika 30. Tlocrt MZLZ, [56]

MZLZ je glavna zračna luka Republike Hrvatske, ICAO klasifikacije 4E i nalazi se na nadmorskoj visini od 107 m (351 ft). Gledano s aspekta prometa može se prometovati pod VFR[4] i IFR[5] uvjetima leta. Posjeduje jednu USS-u sa smjerovima jugozapad - sjeveroistok (prag 05) i sjeveroistok – jugozapad (prag 23). U 85 % slučajeva koristi se smjer od 05 prema 23. Dimenzije USS-e su 3.252 m duljine i 45 m širine. Što se tiče vrste prometa, na zračnu

[4] VFR – Visual Flight Rules – letenje s vidljivošću
[5] IFR – Instrumental Flight Rules – letenje uz pomoć instrumenata

luku u najvećem broju slijeću komercijalni zrakoplovi te zrakoplovi generalnog zrakoplovstva. Isto tako, MZLZ koristi i vojno zrakoplovstvo što direktno utječe na razinu buke.

5.1. Analiza postojećeg stanja očuvanja okoliša

MZLZ je nastavila politiku ekološke održivosti koju je započela Zračna Luka Zagreb d.o.o. MZLZ teži održivom rastu i razvoju te je implementirala brojne mjere kojima maksimizira učinkovitost uporabe energije i vode, upravljanja otpadom jednako kao i smanjenja razine buke [56].

MZLZ se u svojim svakodnevnim aktivnostima rukovodi pozitivnim odnosom prema okolišu, podržavajući održivi razvoj kao jedan od najvažnijih čimbenika u korporativnim načelima. Uprava MZLZ je svoj odnos prema okolišu izrazila kroz politiku zaštite okoliša te sljedećim obvezama i ciljevima:

- razvijati sustav upravljanja okolišem kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš nastao za vrijeme i nakon obavljanja poslova zemaljskih usluga,
- raditi u skladu s nacionalnim i međunarodnim pravnim i drugim zahtjevima,
- uspostaviti ciljeve poboljšanja kako bi bili u skladu s ovim zahtjevima,
- odvajati otpad i osigurati recikliranje u skladu s načelom sprječavanja onečišćenja,
- koristiti prirodne resurse na najproduktivniji način, uzimajući u obzir potrebe budućih generacija,
- uspostaviti učinkovitu komunikaciju sa svim povezanim društvima kako bi se smanjio negativan utjecaj operacija na okoliš, kao i operacija korisnika usluga.

Značajni aspekti okoliša koje su prepoznali i kojima se posebno upravlja kroz nadzor rada i definiranje specifičnih pravila pri obavljanju određenih aktivnosti unutar procesa su:

- potrošnja goriva,
- potrošnja vode,
- potrošnja električne energije,
- potrošnja plina,
- otpad (opasni i neopasni),
- otpadne vode,
- izlijevanje/emisije opasnih tvari,
- buka.

U sklopu programa očuvanja okoliša MZLZ je ostvarila nekoliko velikih projekata pomoću kojih se nastoji smanjiti utjecaj zračnog prometa na okoliš. Najvažniji ostvareni projekti posljednjih godina su:

- sustav mjerenja razine buke,
- sustav mjerenja onečišćenja zraka,
- retencijski bazen za prikupljanje otpadnih/oborinskih voda,

- reciklažno dvorište,
- djelomična zamjena vozila prihvata i otpreme zrakoplova,
- uključivanje u *Airport Carbon Accreditation* program (trenutno na razini dva – *reduction* certifikat),
- implementacija ISO 14001.

Politikom upravljanja okolišem i s tim u vezi definiranim obvezama i ciljevima te posebnom pažnjom prema značajnim aspektima okoliša, obuhvaćena su sva područja rada MZLZ, a njihova implementacija predstavlja zajedničku odgovornost svih zaposlenika i povezanih društava unutar MZLZ [55].

Što se tiče postojećeg stanja pružatelja usluge zračne plovidbe, Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP) usvojila je politiku zaštite okoliša u siječnju 2015. godine, čime je snažno potvrdila svoju predanost najvišim standardima sigurnosti, kvalitete i okolišnih pitanja pruženih usluga, uzimajući u obzir:

- udovoljavanje zakonskim i drugim zahtjevima koji se odnose na zaštitu okoliša,
- očuvanje i racionalno korištenje prirodnih resursa,
- sprječavanje onečišćenja kao osnovnog pristupa upravljanju okolišem,
- osiguranje uvjeta za odvojeno sakupljanje svih vrsta otpada,
- spremnost osoblja da djeluje u slučaju nesreće,
- potrebu za stalnom nadogradnjom sustava upravljanja okolišem,
- stalnu brigu o sprječavanju onečišćenja,
- odabir dobavljača prema zahtjevima zaštite okoliša.

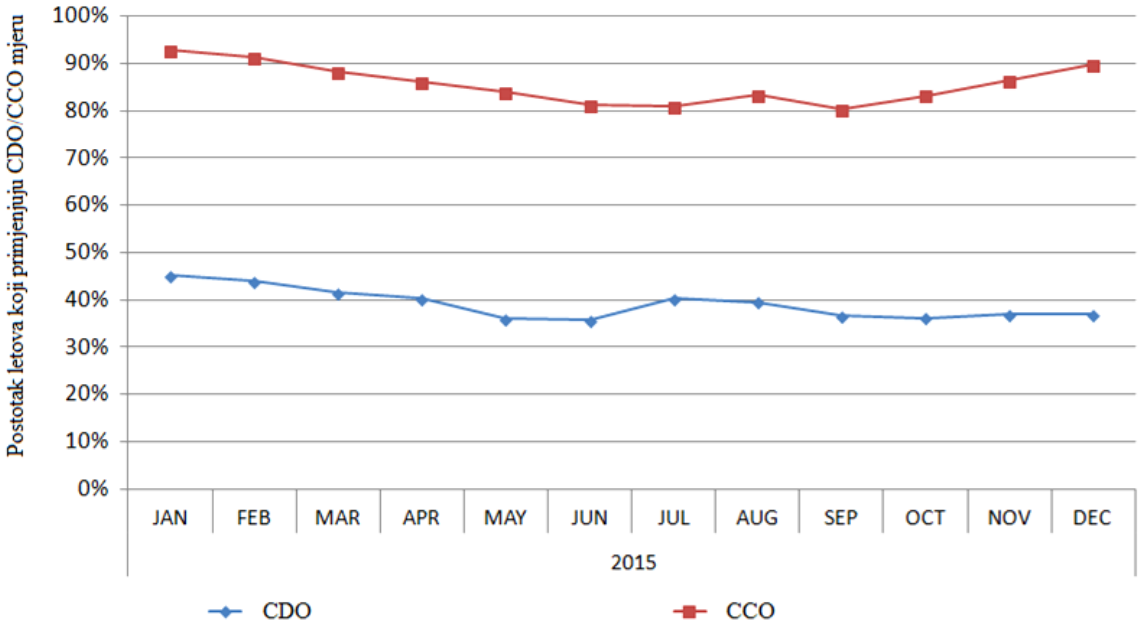
HKZP je razvio planove u kojima su opisani ciljevi zaštite okoliša, kao što su:

- smanjenje razine elektromagnetskog zračenja,
- stvaranje zahtjeva za smanjenje buke,
- optimizacija mreža rute i zračnog prostora,
- poboljšanje upravljanja energentima,
- smanjenje buke središnjeg klimatizacijskog sustava,
- nadogradnja odlagališta otpada.

HKZP je postigao status prestižnog i visoko nadležnog pružatelja usluga u zračnoj plovidbi i nastoji održati najvišu moguću razinu u pogledu sigurnosti i kvalitete pruženih usluga, istodobno zadovoljavajući zahtjeve korisnika i provođenju brige o interesima zajednice. Optimizirana uporaba zračnog prostora omogućuje zračnim prijevoznicima uštedu novca i vremena dok istovremeno unaprjeđuje zaštitu okoliša u završnoj fazi leta.

U suradnji s MZLZ HKZP je primijenio CDO i CCO procedure za zrakoplove koji slijeću odnosno polijeću s MZLZ. Podaci o postocima korištenja pojedine metode na MZLZ

prikazani su na grafu 11. Vidljivo je da se u većem postotku na MZLZ primjenjuje CCO mjera (oko 80 %), dok se CDO primjenjuje tek za 40 % letova.



Grafikon 11. Postotak CDO/CCO mjere na MZLZ, [58]

U rujnu 2015. godine HKZP je završio instalaciju solarnih panela na krovu svojeg parkirališta i naručio elektranu koja je namijenjena za opskrbu gotovo trećine dnevne potrošnje električne energije u sjedištu objekta u Velikoj Gorici. Osim toga, poboljšanjem svog elektroenergetskog sustava kroz korištenje obnovljivih izvora energije i racionalna potrošnja energije svjedoče o društvenoj odgovornosti HKZP-a. HKZP je jedan od prvih pružatelja usluga u zračnoj plovidbi u Europi koji koristi obnovljivi izvor energije koji generira velik dio potrebne električne energije za svakodnevne operacije [59].

5.1.1. Sustav mjerenja razine buke

U travnju 2007. godine MZLZ je krenula s implementacijom sustava za mjerenje buke zrakoplova (*Noise Monitoring Terminal* - NMT) od strane *Bruel & Kjaer tvrtke.* Dva su osnovna cilja postavljanja sustava za praćenje buke zrakoplova na zračnoj luci:

- prvi je mjerenjima dobiti vrijednost buke i analizama rezultata vidjeti njezin utjecaj na stanovništvo koje živi neposredno uz zračnu luku,
- drugi je vezan uz kandidaturu Republike Hrvatske u Europsku uniju, pri čemu se zahtijeva da se sve zračne luke prilagode EU propisima, a izrada karte buke te kontinuirano praćenje buke jedan je od njih.

Postavljanjem opreme za mjerenje buke zrakoplova može se odrediti slijeću li zrakoplovi prenisko iznad naseljenih područja, točnije, prate li piloti propisane putanje.

Također gledano sa sigurnosne strane, preko implementacije sustava može se otkriti mogući kvar na zrakoplovu ukoliko buka motora prelazi razinu buke koja je izmjerena prilikom certifikacije zrakoplova.

Mikrofon koji je dio sustava zaštićen je sa spužvastom zaštitom kako bi spriječio buku koju uzrokuje vjetar dok se na vrhu nalazi šiljak kao zaštita protiv slijetanja ptica. Taj sustav optimiziran je za vanjsku upotrebu u svim vremenskim uvjetima. Sustav koji je instaliran na MZLZ sastoji se od tri fiksirane i jedne mobilne stanice. Prema standardima za mjerenje buke, potrebne su minimalno četiri stanice od kojih su tri raspoređene prema ICAO i FAA standardima, dok četvrta mobilna stanica služi za mjerenja izvan zone zračne luke (slika 31) [6].



Slika 31. Položaj postojećih NMT stanica. [1]

Pozicioniranje prvih NMT stanica vezan je uz područje u zoni same zračne luke zbog već postavljene potrebne infrastrukture te zbog nekoliko važnih faktora:

- mjesta najizloženija buci,
- blizina praga USS-e,
- nesmetano širenje zvuka od zrakoplova prema mikrofonu (bez prepreka).

Dvije fiksne NMT stanice postavljene su svaka na jedan prag USS-e. Treća fiksna NMT stanica nalazi se u naselju Obrezina ispred praga 23. U slučaju MZLZ, četvrta stanica postavljena je u naselju koje je najviše pogođeno bukom, u Donjoj Lomnici.

Sva mjerenja pohranjuju se na tvrdi disk od 20 GB, te se arhiviraju tri mjeseca. Uz snimanje podataka na tvrdi disk stanica bilježi svaki zvuk u bazu podataka u mp3 zapisu kako bi se u bilo koje vrijeme mogao čuti zvuk zrakoplova. Uz već spomenuti tvrdi disk, odabrani

su programski paketi koji omogućavaju lakše praćenje i analizu podataka. Paketi koji su se koristili u sklopu sustava za mjerenje buke prije *Noise Desk* aplikacije su:

- ENM (*Environmental Noise Model*) – za praćenje i analizu dobivenih podataka,
- INM (*Integrated Noise Model*) – izrada karata buke, simulacije, korekcije urbanističkog plana,
- INM Link - poveznica između ENM i INM-a te radara instaliranog na zračnoj luci.

Svaka NMT stanica ima instaliran prekidač (*triger*) koji se aktivira nakon što zrakoplov prijeđe iznad određene razine. Tom instalacijom omogućuje se filtracija zvukova koji su ispod te granice. Pragovi se po potrebi mogu korigirati i mijenjati. Ako zrakoplov proizvodi buku ispod postavljenog praga, podaci se također zabilježe, ali se dodatno ne analiziraju. Veličine pragova na pojedinim stanicama su:

- NMT 1 – prag postavljen na 69 dB,
- NMT 2 – prag postavljen na 67 dB,
- NMT 3 – prag postavljen na 65 dB,
- NMT 4 – prag postavljen na 70 dB [6].

Kako bi se omogućilo pravilno funkcioniranje stanice, meteorološka stanica zračne luke šalje podatke o smjeru i brzini vjetra, dok GPS uređaj određuje geografski položaj stanice. Stanica prepoznaje zvuk motora i vjetar, dok se ostali izvori zabilježe kao nepoznati (pjev ptica). Zvukovi se snimaju od 0-24 i moguće im je pristupiti s bilo kojeg računala u bilo koje vrijeme putem *Noise Desk* aplikacije. Aplikacija bilježi podatke o buci s mjernih stanica i podatke o zrakoplovima iz HKZP-a.

NMT stanica pruža mogućnost snimanja različitih vrsta podataka koji su potrebni za analizu buke:

- L_{eq} – ekvivalentna razina buke (dB),
- L_{max} – najveća razina buke pri preletu zrakoplova,
- L_{dn} – razina buke u danu (s penalizacijom tijekom noći),
- L_{den} – razina buke u danu (s penalizacijom tijekom večeri i noći).

Posljednja navedena veličina je L_{den} (*Level Day-Evening-Night*) i nju koristi sve više zračnih luka za svoja mjerenja buke prema sljedećoj logaritamskoj funkciji:

$$L_{den} = 10lg\frac{1}{24}\left[14 \times 10^{0,1L_{day}} + 2 \times 10^{0,1(L_{evening}+5)} + 8 \times 10^{0,1(L_{night}+10)}\right]$$

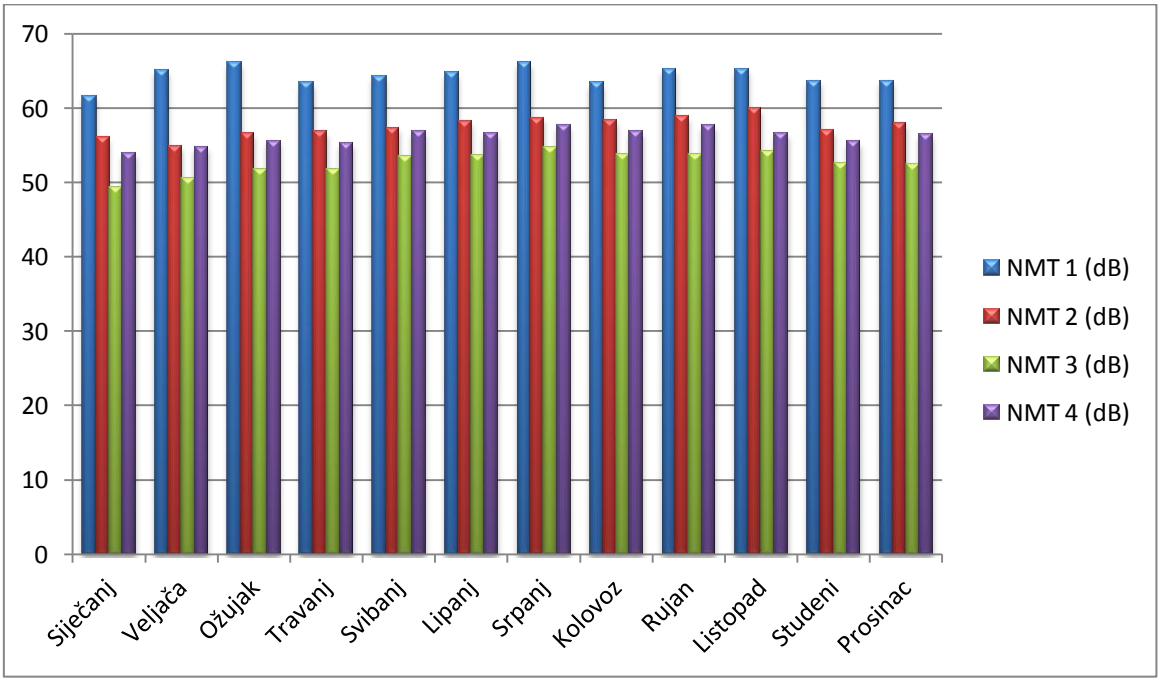
Veličina je uvedena zbog veće preciznosti mjerenja s obzirom da su letovi koji su polijetali ili slijetali iza 18:00h pa do 6:00h pripadali u skupinu noćnih letova što nije prihvatljiv pokazatelj s obzirom da u periodu večeri još uvijek postoji velika količina pozadinske buke. Veličina je usmjerena na mjerenje tri perioda (dan, večer, noć) i služi za izradu karte buke.

Svaki dio formule odnosi se na jedan period dana. Za mjerenje dnevne buke (od 7:00 do 19:00) na razinu dB ne pridodaju se penali. Kod mjerenja večeri (od 19:00 do 22:00) pridodaju se penali od pet dB, dok se kod izračuna buke tijekom noći (od 22:00 do 7:00) pridodaje deset dB kao što je prikazano u tablici [1].

Tablica 3. L_{den} penali ovisno o periodu dana, [1]

24 satne veličine	Veličina jednog događaja	Vrijeme		Veličina (težina)
L_{den}	SEL	Dan	7:00 – 19:00	0 dB
		Večer	19:00 – 22:00	5 dB
		Noć	22:00 – 07:00	10 dB

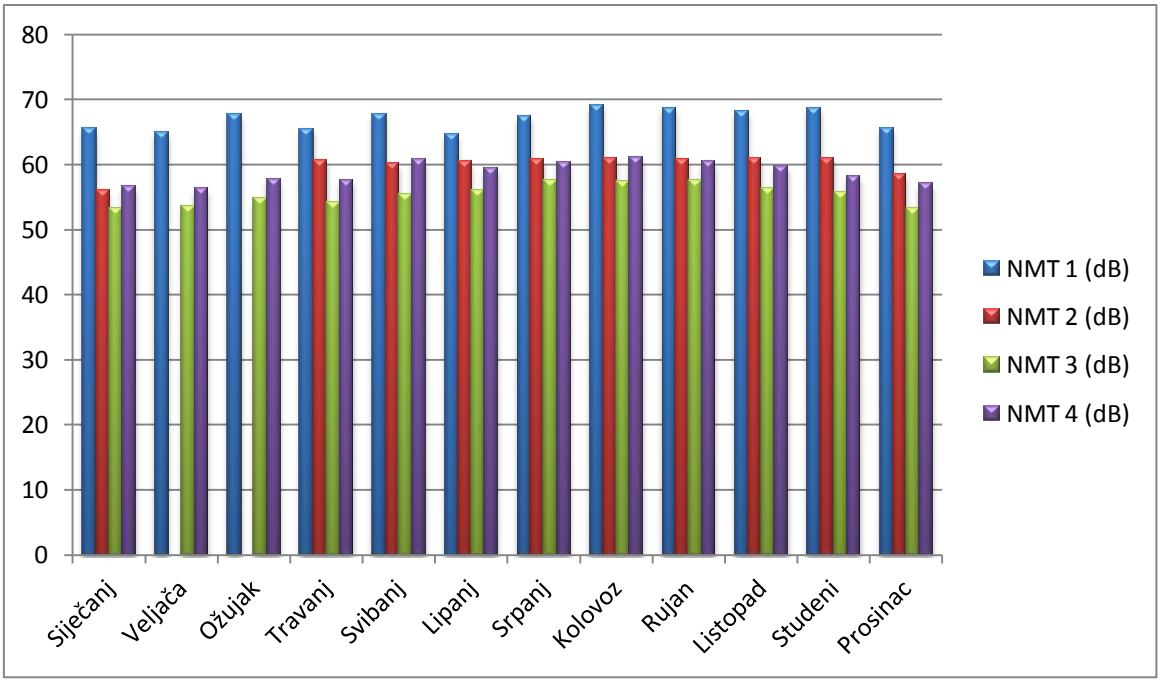
Za potrebe podnošenja godišnjeg izvješća o razinama buke zrakoplova, MZLZ koristi upravo navedenu formulu. Izvješće se temelji na izračunu buke za sve operacije polijetanja i slijetanja zrakoplova od kojih je na MZLZ najzastupljeniji Dash 8, a slijede ga A319, A320, B738/9 i E190. Razina buke na MZLZ izmjerena na NMT stanicama 2015. i 2016. godine prikazana je na grafovima 12 i 13.



Grafikon 12. Razina buke (dB) na MZLZ izmjerena na NMT stanicama 2015. godine

Izvor: [60]

Iz grafikona 12 vidljivo je da su razine na MZLZ na NMT 2, 3 i 4 unutar dozvoljenih granica, međutim razina buke mjerena na stanici NMT 1 prelazi dozvoljenu granicu od 65 dB.

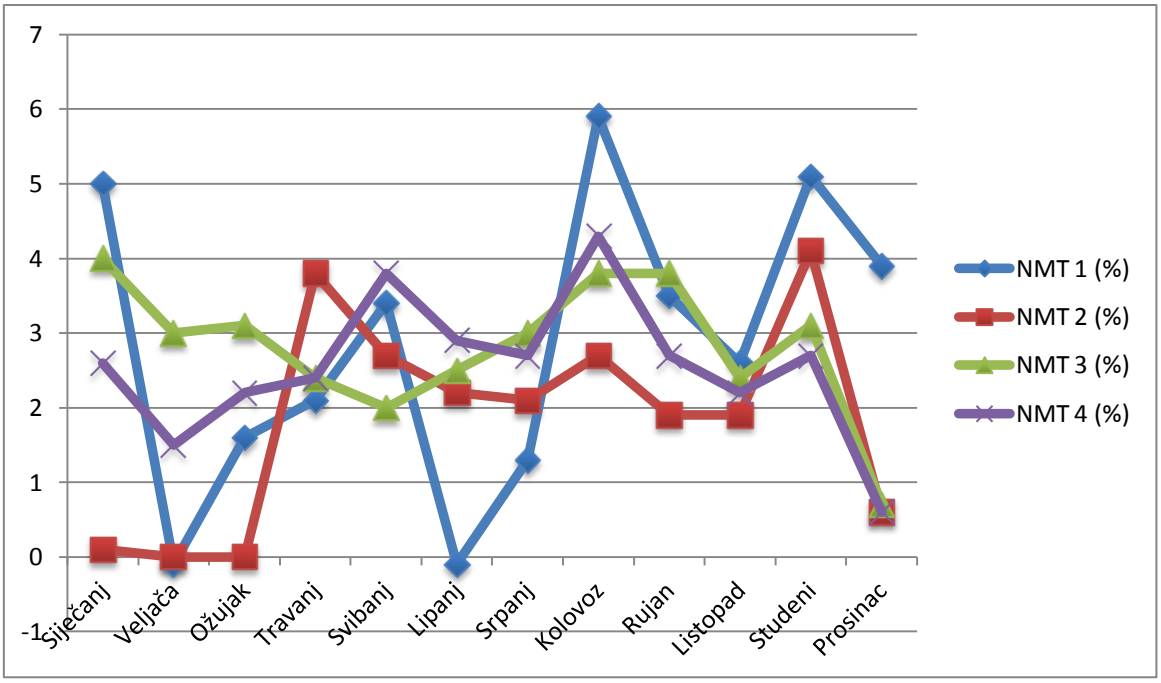


Grafikon 13. Razina buke (dB) na MZLZ izmjerena na NMT stanicama 2016. godine

Izvor: [60]

Iz grafikona 13 vidljivo je da su razine na MZLZ na NMT 2, 3 i 4 i dalje unutar dozvoljenih granica, dok razina buke mjerena na stanici NMT 1 prelazi dozvoljenu granicu od 65 dB jednako kao i prethodne godine. Međutim, stanica je postavljena otprilike 200 m od praga 05. S obzirom na neposrednu blizinu praga 05 koji se koristi za 85% operacija i na utjecaj vojne komponente, prelaskom dozvoljene granice razine buke, MZLZ ne krši zakone koji se vežu uz dozvoljenu razinu buke.

Grafikon 14 prikazuje razliku između razine buke 2015. i 2016. godine. Ovisno o pojedinim mjesecima i NMT stanicama, zabilježena su smanjenja odnosno povećanja razine buke u 2016. godini.



Grafikon 14. Smanjenja/povećanja razine buke u 2016. godini

Izvor: [60]

Oscilacije prikazane na prethodnom grafikonu javljaju se zbog: povećanja prometa u ljetnim mjesecima i zbog različitih meteoroloških uvjeta zbog kojih se u pojedinom vremenskom periodu više koristi prag 05, odnosno prag 23. Samim time većim korištenje pojedinog praga, dolazi do povećanja razine buke na NMT stanicama ispred praga koji se koristi.

5.1.2. Sustav mjerenja onečišćenja zraka

Sukladno zakonu, pravilnicima i uredbama sklopljen je ugovor između MZLZ i Ekonerg-a, Instituta za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o. Ekonerg je obvezan izvršiti uslugu održavanja mjerne postaje i mjerenja kvalitete zraka, te izvršiti provjeru kvalitete mjerenja i validaciju mjernih podataka na postaji za praćenje kvalitete zraka MZLZ. Ekonerg radi mjerenja ozona (O_3), dušikovog oksida (NO_2) i ugljikovog monoksida (CO), dok Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) radi mjerenja PM_{10}[6] čestica.

Mreža za kontinuirano praćenje kvalitete zraka MZLZ sastoji se od jedne mjerne postaje smještene na samoj zračnoj luci. Postaja je smještena u sjeveroistočnom dijelu MZLZ, vrlo blizu mogućeg izvora emisija (300 m od USS-e), bez ikakvih smetnji na protok zraka u neposrednoj blizini. Postaja je namijenjena ispitivanju utjecaja zračnog prometa na kvalitetu zraka, te se iz tog razloga smatra industrijskom postajom. Lokacija postaje prikazana je na slici 32.

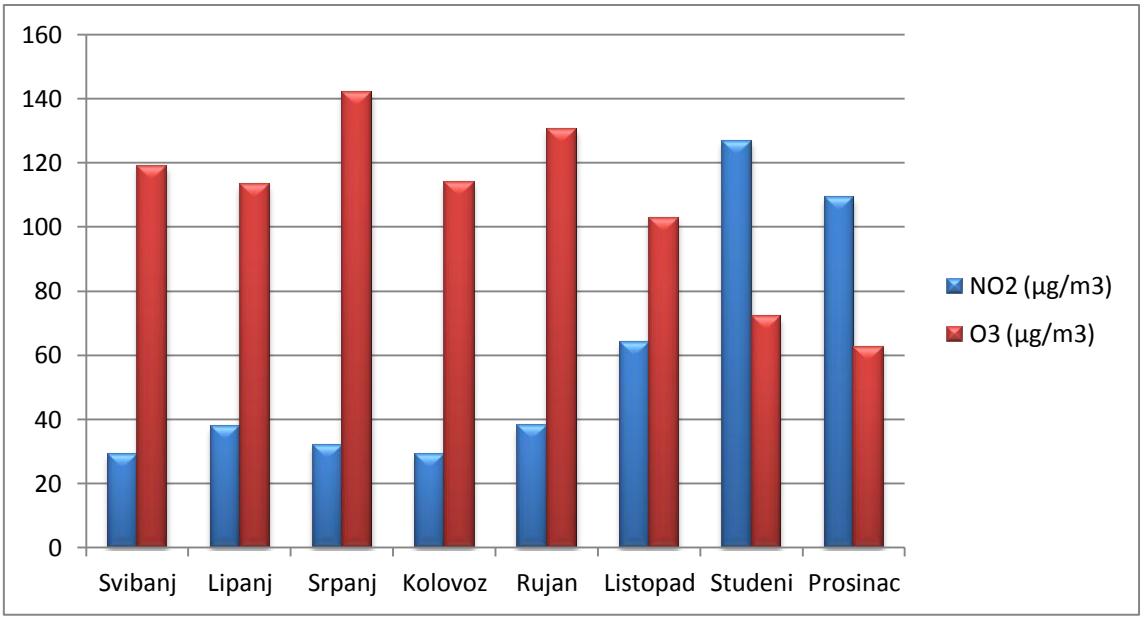
[6] PM_{10} (Particulate Matter) – lebdeće čestice manje od 10 mikrometara



Slika 32. Mikro lokacija postaje MZLZ, [61]

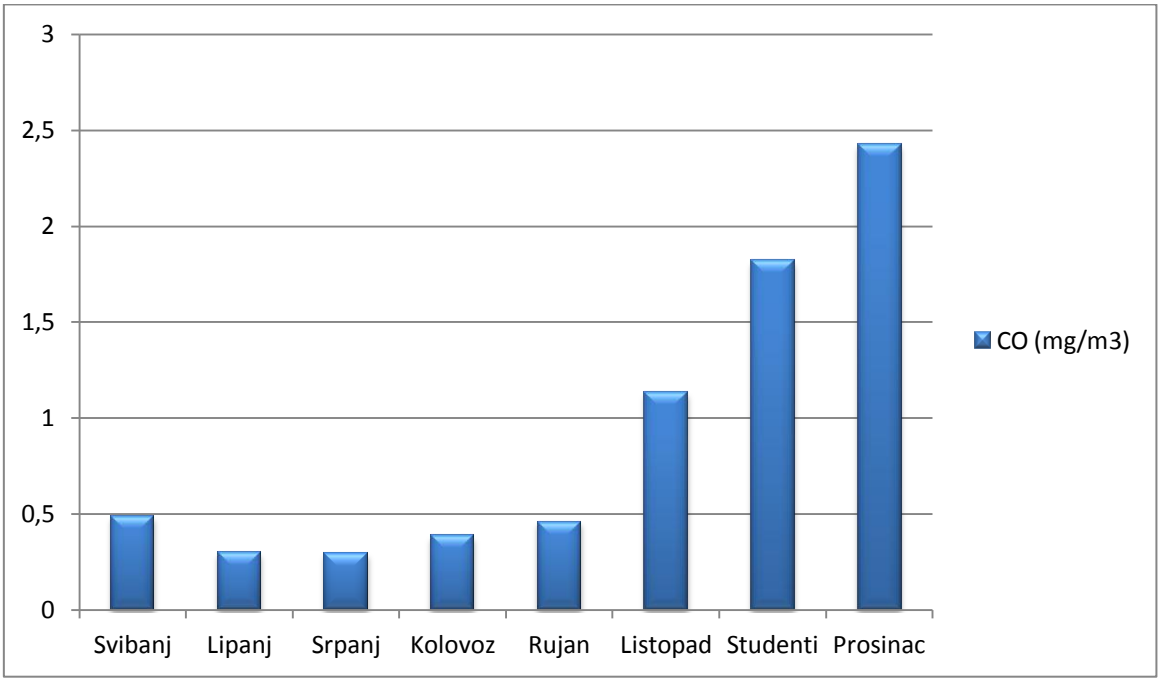
Postaja je standardnog tipa s kontroliranim klimatskim uvjetima. Mjerni sustavi povezani su računalnom vezom s računalom u Laboratoriju za zrak tvrtke Ekonerg. Sva mjerenja izvode se kontinuirano prema definiranim metodama u Pravilniku o praćenju kvalitete zraka. Podaci se prikazuju svakodnevno u *xls* formatu i može im se pristupiti preko internet stranice Agencije za zaštitu okoliša.

Mjerenja su započela 1.5.2016. godine. Rezultati mjerenja za razdoblje od 1.5.2016. godine do 31.12.2016. godine obuhvaćaju oko 67 % podataka. Prema rezultatima mjerenja prikazanih na grafikonima 15 i 16 može se zaključiti da je zrak na ovom području u 2016. godini bio unutar kategorije I., u odnosu na NO_2, O_3 i CO s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi [61].



Grafikon 15. Rezultati mjerenja zraka (NO_2, O_3) na području MZLZ 2016. godine,

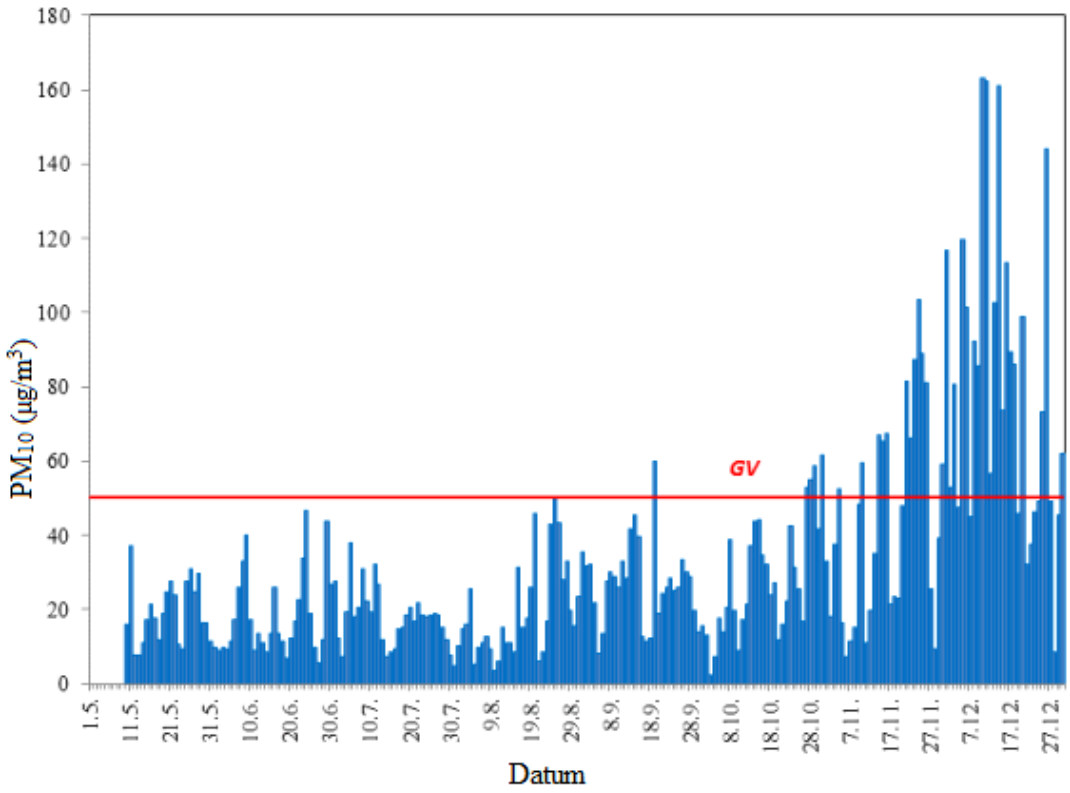
Izvor: [62]



Grafikon 16. Rezultati mjerenja CO na području MZLZ 2016. godine

Izvor: [62]

Kretanje srednjih 24-satnih koncentracija PM_{10} frakcija lebdećih čestica za promatrano razdoblje prikazano je na grafikonu 16.



Grafikon 17. Kretanje srednjih 24-satnih koncentracija PM_{10} frakcije lebdećih čestica tijekom 2016. godine, [63]

Srednja vrijednost za promatrano razdoblje bila je niža od granične vrijednosti (GV) koja iznosi 40 mikrograma po kubnom metru (µg/m^3) za godišnji interval praćenja i iznosila je 33 µg/m^3. GV za dnevni uzorak (50 µg/m^3) ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine, a bila je prekoračena 39 dana tijekom promatranog razdoblja. Stoga se (iako je razdoblje praćenja bilo kraće od 1 godine) može zaključiti da je kvaliteta zraka oko postaje s obzirom na frakciju lebdećih čestica PM_{10} bila na razini II. kategorije kvalitete, odnosno kvaliteta okolnog zraka nije zadovoljavala [63].

Uz sustav mjerenja onečišćenja zraka, MZLZ raspolaže *AirTrak* aplikacijom koja točno izračunava količinu CO_2 emisija zrakoplova na temelju podataka dobivenih od HKZP-a. Pružanjem automatskih i kontinuiranih procjena, aplikacija omogućuje precizan izvještaj o trenutnoj količini ispušnih plinova od strane svakoj pojedinog zrakoplova u letu, ne na temelju prosjeka. Na isti način kao i sustav praćenja buke *AirTrak* pruža dubinski pregled stvarnih operacija koje zračna luka može promijeniti kako bi poboljšala učinkovitost i smanjila CO_2 emisije [64].

5.1.3. Airport Carbon Accreditation (ACA) program

U 2009. godini odobrava se "Nezavisni program smanjenja emisija CO_2" (*Airport Carbon Accreditation Programme* – ACA), koji vodi tvrtka *WSP Environment & Energy*,

odabrana od strane Svjetskog udruženja zračnih luka ACI - s ciljem provođenja akreditiranja zračnih luka na godišnjoj bazi [65].

Zračne luke teže ka putu da postanu čišće i učinkovitije. Kao središnja točka složene mreže kretanja zrakoplova, tehničkih operacija i transporta, zračne luke mogu razmatrati svoje emisije CO_2 na različite načine. To može uključivati bolju izolaciju i energetsku učinkovitost, prebacivanje na zelene izvore energije, ulaganje u hibridna, električna ili plinska servisna vozila, poticanje zaposlenika, putnika i posjetitelja na korištenje javnog prijevoza, suradnja sa zračnim prijevoznicima i upravljanje zračnim prometom kako bi se smanjilo vrijeme slijetanja, implementiranje operativnih mjera za polijetanje i slijetanje i još mnogo toga.

Program pruža zajedničke okvire i standarde vezane uz CO_2 i energiju. Primarni cilj je poticati zračne luke da koriste najbolje prakse te im pri tome izdati priznanja za njihova postignuća. Program je strukturiran prema četiri razine certifikacije (mapiranje, smanjenje, optimizacija, neutralnost). Broj zračnih luka koje trenutno primjenjuju neku od razina ACA programa prikazan je na slici 33.

Slika 33. Broj zračnih luka koje primjenjuje ACA program, [66]

Za podnošenje zahtjeva za izdavanje certifikata na jednoj od četiri razine programa, zračne luke moraju imati podatke o razini CO_2 na samim zračnim lukama. Dokaz o tome mora biti dostavljen administratoru zajedno sa svim zahtjevima glede procesa upravljanja CO2 koji se također mora verificirati. Nakon podnošenja zahtjeva započinje proces razvoja kroz četiri akreditacije:

1. "*Mapping*" - procesu određivanja izvora emisija i izračuna godišnje proizvodnje emisija CO_2. Kako bi se postigla ova razina akreditacije, zračna luka mora:
    - utvrditi njezinu "operativnu granicu" i izvore emisija,
    - prikupiti podatke i izračunati godišnje CO_2 emisije za prethodnu godinu za te izvore,

- napisati izvješće o količini CO_2,
- angažirati nezavisnu treću stranu da potvrdi izvješće prije podnošenja, kako bi se osiguralo izračunavanje količine CO_2 u skladu s ISO 14064 i zahtjevima za akreditaciju.

Zračna luka mora razumjeti koliko CO_2 emitira svake godine i od kojih aktivnosti i operacija nastaju kako bi se planiralo smanjenje tih emisija. Stoga, kao prvi korak, zračna luka mora mjeriti emisiju CO_2 uz pomoć vodstva za akreditaciju.

Zračne luke koje trenutno zadovoljavaju certifikat prve razine su: Cannes, Marseilles, Porto Santo, Dubrovnik Malaga Palma de Mallorca Lanzarote Madeira Liege, Bristol, Sofia.

2. "*Reduction*" - bitno je dostavljanje dokaza da je razina CO_2 u postupku smanjenja. Kako bi se postigla ova razina akreditacije, zračna luka mora pružiti dokaze o učinkovitim postupcima upravljanja CO_2. Ta razina ukazuje na to da zračna luka:
    - ima nisku razinu CO_2,
    - da viši odbor ili nadležno tijelo ima odgovornost za klimatske promjene / energetska pitanja,
    - prati potrošnju goriva i energije,
    - ima ciljeve smanjenja CO_2,
    - razmatra utjecaj ulaganja u smanjenje emisija,
    - pruža edukacije osoblju o emisijama.

Zračne luke koje su ostvarile *Reduction* certifikat su: Helsinki, Zagreb, Ljubljana, Bukurešt, Dublin, Prag, Dusseldorf, Beč, Barcelona.

3. "*Optimisation*" - javlja se smanjenje CO_2 kod trećih osoba / tvrtki koje nisu pod upravom zračne luke. Treći korak akreditiranja zračne luke zahtijeva angažman treće strane u smanjenju emisije CO_2. Treće strane uključuju zračne prijevoznike, pružatelje usluga, ugostiteljske tvrtke, kontrolu zračnog prometa i druge koji rade na zračnoj luci. Izdavanje akreditacije započinje podnošenjem dokaza o angažmanu operatora treće strane i provjerom istih. Pri razmatranju angažmana dionika za ovu razinu, zračna luka trebala bi osigurati ispunjenje sljedećih zahtjeva:
    - identifikacija i kategorizacija što je moguće više dionika koje zračna luka može voditi i onih na koje ona može utjecati,
    - dodjeljivanje jasnih uloga i odgovornosti za ključne dionike,
    - jasan plan provedbe namjeravanog pristupa, uključujući predložene radnje i vremenske okvire.

Zračne luke koje su ostvarile *Reduction* certifikat su: Istanbul Ataturk, Atena, Pariz - Charles de Gaulle, Pariz - Le Bourget, Pariz – Orly, London Heathrow, London Gatwick, Zurich, Ženeva, Nice, Budimpešta, Frankfurt, Hamburg, Manchester, London City, Copenhagen, London Stansted.

4. "*Neutrality*" - odnosi se na sve operacije nad kojima zračna luka ima kontrolu, a da su *carbon* neutralne. Korak "neutralnosti" akreditacije zračne luke zahtijeva neutraliziranje preostalih izravnih emisija ugljičnog dioksida putem kompenzacije. Kako bi se postigla ova razina akreditacije, zračna luka mora izbaci preostale emisije stakleničkih plinova kako bi pokazala svoju predanost postizanju operacija na CO_2 neutralan način za sve izravne i neizravne emisije preko kojih zračna luka ima kontrolu.

Neutralnost CO_2 je slučaj kada je neto emisija CO_2 tijekom cijele godine nula tj. zračna luka apsorbira istu količinu CO_2 kao što proizvodi. Postizanje CO_2 neutralnosti za zračnu luku gotovo je nemoguće bez vanjske pomoći. Iz tog razloga, zračne luke, među mnogim drugim industrijama, na CO_2 neutralnost gledaju kao posljednji dio rješenja za smanjenje štetnih emisija [66].

Zračne luke koje zadovoljavaju *Neutrality* certifikat su: Felix Houphouet Boigny, Leonardo da Vinci-Fiumicino, Nice, Atena, Oslo, Eindhoven, London Gatwick, Manchester, Amsterdam Schiphol, Milan-Malpensa, Milan-Linate, Stockholm-Arlanda, Stockholm-Bromma, Ankara Esenboga [67].

Prema uvjetima natječaja za odabir koncesionara Zračne luke Zagreb, koncesionarova je obaveza kontinuirano ispunjavanje ACA Programa te je sukladno tome tijekom 2015. godine obnovljen ACA certifikat za razinu 2 (slika 34).



Slika 34. ACA certifikat MZLZ, [57]

Zaključno, program pruža jedinstveni zajednički okvir i alat za upravljanje CO_2 u zračnim lukama s mjerljivim rezultatima. Obuhvaća operativne aktivnosti koje najviše pridonose smanjenju emisija CO_2. Može se koristiti u bilo kojoj zračnoj luci kao dio dnevnih

aktivnosti upravljanja okolišem i dugoročne strategije jer pomaže u vođenju i podršci pri upravljanju okolišem zračne luke kroz proces kontinuiranog poboljšanja i partnerstva s dionicima iz zračne luke [57].

U posljednjem izvještajnom razdoblju (2014.-2015. godine), sve europske zračne luke su u sklopu ACA programa zabilježile poboljšanja u smanjenu emisija od 1,9 do 3,7 kg CO_2 po putniku. Ukupno smanjenje u periodu 2014.-2015. godine je 168 000 tona CO_2.

5.1.4. Implementacija ISO 14001

Certifikat kojim MZLZ (slika 35) i HKZP (slika 36) potvrđuju doprinos očuvanju okoliša je certifikat norme ISO 14001 – Upravljanje okolišem. Pojam certifikacije podrazumijeva potvrđivanje koje provodi treća strana, a koje se odnosi na proizvode, procese, sustave ili osobe. Drugim riječima, certifikacija je postupak u kojem neovisna organizacija na temelju provedenog ocjenjivanja sukladnosti, utvrđuje zadovoljava li proizvod, proces, sustav upravljanja ili osoba kriterije sadržane u određenom normativnom dokumentu. U slučaju ispunjenja postavljenih kriterija definiranih spomenutim normativnim dokumentom, certifikacijsko tijelo izdaje certifikat [68].



BUREAU VERITAS
Certification

Međunarodna zračna luka Zagreb d.d.

ULICA RUDOLFA FIZIRA 1, 10410, VELIKA GORICA, HRVATSKA

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch potvrđuje da je proveden audit sustava upravljanja navedene organizacije te je utvrđena sukladnost sa zahtjevima slijedeće norme za sustave upravljanja

ISO 14001:2004

Opseg certifikacije

UPRAVLJANJE I OPERATIVNE AKTIVNOSTI MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB

Datum početka certifikacijskog ciklusa: **06. LISTOPADA 2015.**

Uz uvjet trajne zadovoljavajuće primjene sustava upravljanja organizacijom, ovaj certifikat vrijedi do: **15. RUJNA 2018.**

Broj certifikata: **CRO19209E** Verzija br: 01 Datum revizije: 06. LISTOPADA 2015.

Davor Turčić, Rukovoditelj sektora I&F BV Hrvatska
potpisano u ime BVCH SAS UK Branch

Adresa certifikacijskog tijela: 66 Prescot Street, London E1 8HG, Velika Britanija
Adresa lokalnog ureda: Riva 16/V, 51000 Rijeka, Hrvatska

Sva ostala pojašnjenja u odnosu na opseg certifikacije i primjenu zahtjeva sustava upravljanja mogu se dobiti kod organizacije koja je certifikat izdala.
Za provjeru valjanosti certifikata molimo nazovite: 00 385 51 213 672

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS
008

Str 1 od 1

Slika 35. ISO certifikat MZLZ, [57]



BUREAU VERITAS
Certification

HRVATSKA KONTROLA ZRAČNE PLOVIDBE d.o.o.

RUDOLFA FIZIRA 2
VELIKA GORICA, HRVATSKA
Podaci o lokacijama navedeni su u dodatku ovog certifikata

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch potvrđuje da je proveden audit sustava upravljanja navedene organizacije te je utvrđena sukladnost sa zahtjevima slijedeće norme za sustave upravljanja

ISO 14001:2004

Opseg certifikacije

PRUŽANJE OPERATIVNIH USLUGA U ZRAČNOM PROMETU, USLUGA KOMUNIKACIJE, NAVIGACIJE I NADZORA, USLUGA ZRAKOPLOVNOG INFORMIRANJA I USLUGA ZRAKOPLOVNE METEOROLOGIJE

Datum početka certifikacijskog ciklusa: **24. OŽUJKA 2015.**

Uz uvjet trajne zadovoljavajuće primjene sustava upravljanja organizacijom, ovaj certifikat vrijedi do: **23. OŽUJKA 2018.**

Broj certifikata: **CRO19169E** Verzija br. 01 Datum revizije: 24. OŽUJKA 2015.

Davor Turčić, Rukovoditelj sektora I&F BV Hrvatska
potpisano u ime BVCH SAS UK Branch

Adresa certifikacijskog tijela: 66 Prescot Street, London E1 8HG, Velika Britanija
Adresa lokalnog ureda: Riva 16/V, 51000 Rijeka, Hrvatska

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS
008

Sva ostala pojašnjenja u odnosu na opseg certifikacije i primjenu zahtjeva sustava upravljanja mogu se dobiti kod organizacije koja je certifikat izdala.
Za provjeru valjanosti certifikata molimo nazvati: 00 385 51 213 672

Str 1 od 2

Slika 36. ISO certikikat HKZP, [69]

U ožujku 2015. godine nezavisna certifikacijska tvrtka "*Bureau Veritas Croatia*" izvršila je reviziju u HKZP-u, tijekom koje je potvrdila usklađenost uspostavljenog sustava upravljanja okolišem s ISO 14001:2004. U travnju 2015. godine HKZP je certificiran prema ISO 14001:2004 za sve lokacije i usluge zračnog prometa, komunikaciju, navigaciju i nadzor, zrakoplovne informacijske usluge i zrakoplovne meteorološke usluge.

Norma ISO 14001 prvi puta je objavljena 1996. godine od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (*International Organization for Standardization* – ISO) i specificira zahtjeve za sustav upravljanja okolišem. To se odnosi na one aspekte okoliša nad kojima organizacija ima kontrolu i nad kojima se može očekivati da će imati utjecaj. Zbog sve većih spoznaja o važnosti okoliša, relativno brzo se razvija sustavni pristup na području upravljanja okolišem.

Norma ISO 14001, koja je po pristupu i strukturi slična s ISO 9001, doprinosi utjecaju na okoliš, smanjenju onečišćenja, otpada, potrošnje energije i sličnim efektima. Temeljni koncept sustava upravljanja okolišem ISO 14001 je stalno poboljšanje učinkovitosti zaštite okoliša. Sustavni pristup ISO 14001:2004 zahtijeva da organizacija izradi detaljnu analizu sa svih aspekata poslovanja te na taj način dobije jasnu sliku s kojim se sve aktivnostima djeluje na okoliš. Norma traži od organizacije da:

- uspostavi odgovarajuću politiku zaštite okoliša,
- prepozna aspekte okoliša koji proizlaze iz prošlih, sadašnjih ili planiranih radnji, proizvoda ili usluga u svrhu utvrđivanja koliko je značajan njihov utjecaj na okoliš,
- utvrdi odgovarajuće zakonske i druge zahtjeve na koje se tvrtka obavezala,
- utvrdi prioritete i postavi ciljeve,
- uspostavi strukturu i programe za provedbu politike i ostvarivanje ciljeva.

ISO 14001 je praktični alat za one koji ne žele zadovoljiti samo zakonske propise, nego razmišljaju proaktivno i imaju viziju, odnosno koji razumiju da implementacija strateškog pristupa može donijeti povrat investicija iz dijela zaštite okoliša. To može dovesti do pogodnosti kao što su:

- smanjenje troškova gospodarenja otpadom,
- uštede u potrošnji energije i materijala,
- poboljšanje korporativne slike kod zakonodavnih tijela, kupaca i javnosti,
- okvir za stalno poboljšanje performanse zaštite okoliša.

Norma se temelji na pretpostavci da će tvrtka konstantno mjeriti, pregledavati i ocjenjivati vlastiti sustav upravljanja okolišem kako bi došli do prilike za poboljšanje sustava, ali i poboljšanje učinka organizacije na sami okoliš [70].

U drugoj polovici 2015. godine u RH je objavljena revizija međunarodne norme za Sustav upravljanja zaštitom okoliša ISO 14001:2015. Predstavlja treću reviziju norme ISO 14001 i prvu cjelovitu reviziju norme nakon prvog izdanja. U Hrvatskoj verziji norme utvrđuju se zahtjevi za sustav upravljanja okolišem, što pomaže organizacijama da povećaju svoju uspješnost u upravljanju okolišem kroz učinkovito korištenje resursa te izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada, a čime se povećava konkurentnost tvrtke i povjerenje zainteresiranih strana [71].

5.2. Potencijalni problemi daljnjeg održivog razvoja Međunarodne zračne luke Zagreb

Ukoliko MZLZ za cilj ima ekološki razvoj zračne luke, potrebno je ostvariti dobar plasman na tržištu, povećati broj zračnih prijevoznika i putnika kako bi se otvorile dodatne mogućnosti ulaganja u okoliš. MZLZ je trenutno najskuplja zračna luka u regiji po razini aerodromskih naknada i po broju putnika daleko zaostaje za najvećim konkurentima,

Beogradom i Budimpeštom. Promet raste iz godine u godinu, nažalost nedovoljno za značajniju konkurentnost na tržištu.

Potencijalni problemi daljnjeg razvoja očituju se u nedovoljnoj suradnji između ostalih dionika zračnog prometa, ograničenjima u smislu zemljišta i korištenju USS-e zajedno s vojnim zrakoplovstvom.

Velike europske zračne luke ostvaruju zavidnu suradnju između dionika zračnog prometa što nije slučaj MZLZ i njezinih partnera. Ukoliko se želi doći do značajnijih napretka, važno je staviti na stranu politička uplitanja koja su nažalost još uvijek prisutna na našem tržištu.

Drugi potencijalni problem razvoja je zemljište oko zračne luke. Većina zračnih luka u Europi unutar prostornih planova imaju navedena zaštićena zemljišta u svrhu daljnjeg razvoja zračnih luka s povećanjem prometa. Zračni promet neprestano raste, međutim MZLZ nije u prostornom planu sadržavala zaštitu zemljišta što je dovelo do velikih problema prilikom otkupa iste u svrhu izgradnje NPT.

Problemi koji bi se mogli pojavljivati su naselja ilegalno izgrađena 90 m od USS-e jer zračna luka nije otkupila zemljišta u blizini USS-e. Nakon rata, ljudi su ilegalno počeli graditi kuće u samoj blizini ograde USS-e, međutim nisu predstavljali prepreku daljnjeg razvoja u smislu razine buke. Međutim, posljednjih godina započeo je proces legalizacije i u budućnosti se može pojaviti problem prijava o povećanim razinama buke.

Sljedeći problem vezan uz ekološki održivi razvoj MZLZ je prisutnost vojnog zrakoplovstva. MZLZ je jedina zrakoplovna baza Hrvatskog ratnog zrakoplovstva za zrakoplove na kontinentalnom dijelu Hrvatske. Ta problematika predstavlja izrazito veliki problem za napredak u očuvanju okoliša budući da vojni zrakoplovi proizvode značajnije razine buke i ispušnih plinova u odnosu na komercijalne, a koriste istu USS-u za polijetanja i slijetanja.

5.3. Prijedlozi za poboljšanjem

S ciljem daljnjeg razvoja ekološke održivosti nužna je suradnja s ključnim poslovnim partnerima kako bi se osiguralo razumijevanje politike i ciljeva zračne luke. Načini na koji bi MZLZ mogla surađivati s dionicima kako bi smanjila štetne emisije i buku uključuju:

- kampanje za promjenu svijesti i ponašanja kako bi se podigao profil energetske učinkovitosti i prakse niske razine CO_2 i buke u zajednici zračne luke,
- rad s planerima zračne luke i trećim stranama kako bi se osiguralo da infrastrukturni planovi zračne luke odražavaju i provode ciljeve smanjenja emisije CO_2 i mogu olakšati smanjenje emisija od značajnih trećih strana,
- pružanje edukacije trećim stranama i osoblju o tehnikama energetske učinkovitosti i upravljanju štetnim emisijama i bukom,

- korištenje novčanih poticaja za poticanje dobre prakse i korištenje učinkovitih vozila,
- stvaranje strateškog partnerstva s ključnim dionicima zračne luke npr. zračni prijevoznici, HKZP.

S obzirom da nijedna zračna luka nije u mogućnosti ukloniti buku zrakoplova, neizbježno je da će stanovnici okolnih područja zračne luke i područja ispod prilaznih putanja uvijek osjetiti određenu razinu buke zrakoplova. Jedina mogućnost na koju MZLZ može utjecati je primjena mjera koje će omogućiti određeno smanjenje buke i štetnih plinova. Ukoliko MZLZ želi poduzeti određene mjere, nužno je uključivanje ostalih dionika.

Prijedlozi mjera koje se mogu primijeniti daljnjim razvojem MZLZ s ciljem ekološke održivosti, usmjerene su na suradnju između *Croatia Airlines* i HKZP-a i navode se kako slijedi:

- nastavak mjerenja i podnošenja izvješća na mjesečnoj bazi o razinama buke i štetnim emisijama, te objavljivanje godišnjeg izvješća na stranicama MZLZ s maksimalnim dozvoljenim granicama kako bi se korisnicima i dalje pružila mogućnost uvida u stanje točnih podataka,
- u suradnji s HKZP pokrenuti postupak za primjenu krivolinijske putanje prilaza umjesto sadašnje linearne putanje, kako bi se izbjeglo štetno djelovanje buke iznad okolnih sela u periodu kada je to potrebno. S obzirom da je to operativna mjera koja se odnosi na vođenje zrakoplova u prilazu, MZLZ ne može podnijeti zahtjev za implementaciju mjere, već je to u nadležnost HKZP, dok je MZLZ samo partner u implementaciji iste,
- poticanje zračnih prijevoznika na veće korištenje CDO, CCO i LP/LD mjera kako bi se smanjili štetni utjecaji zrakoplova na stanovništvo ispod prilaznih i odletnih putanji,
- mjera ograničenja korištenja obrnutog potiska u večernjim satima, odnosno dogovor sa zračnim prijevoznicima o smanjenju iste jer bez obzira na donošenje navedene mjere, pravo pilota je da procijeni potrebu za primjenu obrnutog potiska sukladno zahtjevima sigurnosti. S obzirom da MZLZ ima svega 2 % noćnih letova, trenutno nije potrebno uvesti mjeru zabrane korištenja obrnutog potiska za noćne letove kao što je to slučaj na većim zračnim lukama,
- u suradnji s nacionalnim zračnim prijevoznikom *Croatia Airlines,* omogućiti prostor koji će koristiti za testiranja motora, a koji neće znatno utjecati na okolna naselja,
- izviđanje mogućnosti postavljanja deflektora koji će omogućiti usmjeravanje buke zrakoplova vertikalno, u odnosu na sadašnje širenje u horizontalnom smjeru prilikom testiranja motora ili na položaj za ispitivanje motora postaviti zidne brane koje su napravljene od materijala koji apsorbiraju zvuk,
- primijeniti solarne izvore energije u što većim količinama te postavljanje novih kao što je to praksa na većim zračnim lukama (slika 37) [72].



Slika 37. Solarni generator, [66]Error! Reference source not found.

S ciljem ostvarenja pojedinih mjera potrebno je razviti Poticajni program (*Incentive program*) koji će se koristi za promicanje ili poticanje određenih radnji ili ponašanja od strane određene skupine ljudi (zračnih prijevoznika) tijekom određenog vremenskog razdoblja. Poticajni programi naročito se koriste kako bi motivirali zaposlenike, korisnike usluga te ih privukli i zadržali.

Programi poticaja zračne luke predstavljaju alat za određivanje cijena zračnih luka, jer se koriste pri trećini svih zračnih luka. Zemljopisno, upotreba različitih alata značajno varira između različitih zemalja EU, međutim svim programima poticaja je jednako da moraju biti transparentni i nedeskriminirajući. Detaljna procjena poticajnih programa na njemačkim zračnim lukama otkriva da se prosječna razina slijetanja i polijetanja, parkiranja i pozicioniranja te putničkih naknada općenito smanjuje za više od 10 %, na manjim zračnim lukama čak i do 44 %. S obzirom na obično nisku profitnu granicu zrakoplovnih tvrtki i da zračne luke naplaćuju do 10 % ukupnih troškova poslovanja, ti poticaji mogu imati značajan utjecaj na ekonomsku održivost neke rute. Štoviše, u procjeni potencijalnih tržišnih unosa ili proširenja rute u avionskoj klasi, takvi programi poticaja mogli bi nadoknaditi odabrane slabosti strateškog položaja zračne luke [73].

U skladu s time, MZLZ kao glavna zračna luka Republike Hrvatske, a ujedno među najmanjim zračnim lukama u okruženju, može potaknuti zračne prijevoznike na korištenje CDO i CCO, te drugih mjera uvođenjem određenih popusta na slijetanje. Poticanjem korištenja CDO i CCO mjera, dolazi do smanjenja buke i onečišćenja zraka oko zračne luke, a u isto vrijeme može doći do povećanja broja ruta i frekvencija letova što znači veći broj putnika.

6. ZAKLJUČAK

Svrha rada je ukazati na probleme zračnog prometa vezane za okoliš i porast zračnog prometa. Glavna značajka zrakoplovne industrije je siguran i brz promet s velikom tendencijom rasta. Shodno stalnom povećanju prometa, važno je obratiti pozornost na utjecaj zračnog prometa na okoliš. Zbog povećanja prometa postoji problem utjecaja buke, otpadnih voda i štetnih emisija motora zrakoplova i drugih vozila na samoj zračnoj luci. Zračne luke, proizvođači zrakoplova i kontrola zračnog prometa posljednjih godina fokusirali su dio poslovanja na provedbu regulatornih i operativnih mjera, ograničenja i novih tehnologija s ciljem smanjenja utjecaja zračnog prometa na okoliš.

Tehnologije i ograničenja koja se koriste posljednjih godina uvelike su pomogle ekološkoj ravnoteži. Zbog ograničenja, subvencija i projekata primijenjenih posljednjih godina, štetne emisije i buka smanjene su za 80 %. Među najvažnijim projektima je dakako razvoje "tiših" zrakoplova i primjena operativnih mjera prilikom slijetanja i polijetanja zrakoplova. Operativne mjere prilaza i odleta zrakoplova primjenjuju se ovisno o performansama zrakoplova, tehnološkoj razvijenosti pružatelja usluga zračnog prometa, karakteristikama zračne luke na kojoj se primjenjuje i mnogim drugim parametrima. Važno je naglasiti da nije svaka operativna mjera primjenjiva na svakoj zračnoj luci. Operativne mjere korištene prilikom polijetanja i slijetanja variraju prema potrebama i mogućnostima dionika. Najčešće korištene operativne mjere u prilazu i odletu su: CDO, CCO, povećani kut prilaza, manja snaga-manji otpor, krivolinijska putanja prilaza, pomaknuti prag i odabir preferirane USS-e. Među tim mjerama najčešće korištene su CDO i CCO, dok se mjera pomaknutog praga najmanje primjenjuje. Svaka od mjera pruža prednosti i nedostatke te je izrazito važno prilikom primjene neke od njih obratiti pozornost kako na prednosti i mogućnosti tako i na nedostatke. Izradom studije slučaja na primjeru MZLZ zaključeno je da se primjenom CDO i CCO mjera smanjuje buka u prilazu i odletu u odnosu na konvencionalni prilaz i odlet zbog zadržavanja zrakoplova na većim visinama, odnosno primjenom većeg kuta prilikom polijetanja. Primjena tih mjera smanjuje utjecaj buke na naselja u području prilaznih i odletnih putanji. Uz značajno smanjenje buke zabilježena je i redukcija ispušnih plinova i potrošnje goriva zbog čega se te mjere trenutno smatraju najefektivnijim mjerama na MZLZ. Podaci iz 2015. godine pokazuju kako se sve veći broj zrakoplova usmjerava prema korištenju tih mjera. Trenutno stanje ukazuje na veće korištenje CCO mjere (preko 80 %) dok se u prilazu još uvijek u nešto manjoj mjeri koristi CDO način prilaza.

Sukladno prognozi rasta prometa potrebno je, u svrhu održivog razvoja MZLZ, ažurirati postojeću strategiju upravljanja bukom i ispušnim plinovima zrakoplova unutar koje će se definirati operativne mjere koje služe za daljnje reduciranje iste na području MZLZ i oko nje. Analizom operativnih mjera u ovom radu, predlaže se implementacija operativnih postupaka CDO i CCO u većem postotku, osobito CDO mjere koja se trenutno primjenjuje u tek 40 % prilaza. Izgradnjom NPT preporuča se postavljanje dodatnih NMT stanica i stanica za mjerenje ispušnih štetnih plinova s ciljem preciznijeg praćenja buke i onečišćenja okoliša. S obzirom na sve rigoroznije zakone i ograničenja vezanih uz očuvanje okoliša koje propisuje Europska unija, implementacijom gore navedenih operativnih mjera, kako na Zračnoj luci

Zagreb tako i na svim zračnim lukama na području Republike Hrvatske, smatra se najjednostavnijim i najefektivnijim metodama smanjenja razine buke i osiguravanja održivog razvoja zračnih luka Hrvatske. Preliminarna studija prethodno spomenuta u radu, provedena u suradnji Fakulteta prometnih znanosti, Zračnom lukom Zagreb i Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe, pokazala je smanjenu potrošnju goriva, a samim time i smanjenje emisije CO_2. Ti podaci ukazuju na smanjenje emisije CO_2 do 7.000 tona tijekom jedne godine korištenjem CDO mjere na zrakoplovu Airbus A319/320.

MZLZ je s aspekta ekološke osviještenosti na dobrome putu primjenom sustava za mjerenje buke i zraka, provođenjem ACA programa, izgradnjom cjevovodnog sustava za otpadne vode, te mnogim manjim zahvatima koje primjenjuju i razvijaju. Za daljnji razvoj svakako je potrebno u suradnji s HKZP-om definirati moguće promjene koridora koji će omogućiti maksimalnu redukciju buke i štetnih ispušnih plinova. Isto tako važno je pokušati primijeniti CDO i CCO mjere na što je više letova moguće uz osiguranje sigurnog i učinkovitog letenja. Jedan od najvažnijih prepreka daljnjeg razvoja zasigurno je nedostatak suradnje između dionika. Međutim, trenutno i dalje jedan od problema predstavlja nedostatak komunikacije između dionika. Neefikasna suradnja između kontrole zračnog prometa, pilota i aerodromskog osoblja očituje se u vremenu čekanja na odobrenje za izlazak na USS-u čime se stvora velika razina buke. Poboljšanje komunikacije i koordinacije nalazi se u implementaciji CDM-a u svrhu poboljšanja protoka te u implementaciji CEM-a kao jedne od mjera za zaštitu okoliša. S ciljem povezivanja dionika razvijen je *Green Airport* program koji pokušava smanjiti štetne učinke na okoliš svih zainteresiranih strana u zračnom prometu, također ukazuje na svijest dionika o važnosti ekologije. *Green Airport* nudi mnoge prednosti, a najvažnije su: mogućnost zajedničkog odlučivanja i inovacija, korištenje novih tehnologija i razmjena informacija što bi uvelike pomoglo daljnjem razvoju svakog dionika zasebno. S obzirom na trenutnu situaciju, provedba raznih inovacija i projekata može ukazati na to da zračni promet ima tendenciju održivog razvoja. Dosadašnji rezultati uvođenja brojnih restriktivnih mjera, novih tehnologija i obrazovanja stručnog kadra ukazuju da zrakoplovna industrija ide ka održivom razvoju, međutim, ostaje zabrinutost da će učinak tehnološkog napretka biti ugrožen nezaustavljivim povećanjem broja zrakoplovnih aktivnosti u budućnosti.

POPIS LITERATURE

[1] Štimac, I.: Aspekti razvoja i poslovanja zračne luke, Zagreb Airport Aviation Academy – nastavni materijali, Zračna luka Zagreb d.o.o., Zagreb, 2017.
[2] URL: http://www.izometal.hr/buka.html, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[3] Rakovac, D.: Zakonski okvir ekološkog pristupa proizvodnji, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2011.
[4] URL: https://aviation.stackexchange.com. (pristupljeno: svibanj 2017.)
[5] Sydney Airport: *14.0 Sustainability, Climate Change and Environmental Management, Sydney Airport Master Plan*, Sydney, 2009.
[6] Štimac, I.: Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
[7] URL: http://iccjet.com/en/53-en/aircraft-for-sale/airbus/221-airbus-a340-300, (pristupljeno svibanj 2017.)
[8] Golubić, J.: Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999.
[9] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Za%C5%A1tita_okoli%C5%A1a. (pristupljeno: svibanj 2017.)
[10] URL: http://www.dw.com/bs/koliko-avioni-ugro%C5%BEavaju-klimu/a-15755212 (pristupljeno: svibanj 2017.)
[11] Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
[12] URL: https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/FS-2003-11-81-LaRC.html, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[13] Blažeković, K.: Tehnologijske inovacije u zrakoplovnoj industriji, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
[14] URL: http://www.aerosvijet.com/ (pristupljeno: svibanj 2017.)
[15] URL: https://www.mototok.com/about-us (pristupljeno: svibanj 2017.)
[16] Štimac, I.: *Ecological Viability of Air Traffic; 2nd Aviation Business Arena*, prezentacija, Zagreb, 2012.
[17] URL: https://www.reddit.com/ (pristupljeno: svibanj 2017.)
[18] Giljanović, M.: Identifikacija opasnosti i procjena rizika u održavanju zrakoplova, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016..
[19] ICAO: *A Global and Effective MBM Roadmap*, Montreal, 2011.
[20] Silva, B.: *ICAO Initiatives in Aircraft Noise, ICANA Conference*, Frankfurt, 2016.
[21] Hupe, J.: *Committee on Aviation Environmental Protection-CAEP*, ICAO, 2015.
[22] URL: https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[23] URL:https://www.icao.int/environmental2017.)protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx. (pristupljeno: svibanj 2017.)
[24] URL: https://www.ecac-ceac.org/about-ecac., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[25] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Europska_komisija., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[26] URL: https://www.eurocontrol.int/tags/environment., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[27] URL: http://www.iata.org/whatwedo/environment/Pages/environmental-assessment.aspx., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[28] IATA: *Sustainable Alternative Fuel-Advocacy*, Montreal, 2015.

[29] IATA: *The IATA carbon offset program*, Montreal, 2015.
[30] URL: http://www.acare4europe.org/about-acare., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[31] Europska komisija: *Flightpath 2050 Europe´s Vision for Aviation*, Luxembourg, 2011.
[32] Zakon o zračnom prometu, Zagreb: Narodne Novine, 1998.
[33] Zakon o zaštiti od buke, Zagreb: Narodne Novine, 2003.
[34] Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih za buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske, Zagreb: Narodne Novine, 2002..
[35] Zakon o zaštiti zraka, Zagreb: Narodne Novine, 2011.
[36] Zakon o zaštiti okoliša, Zagreb: Narodne Novine, 2013.
[37] Mihetec, T.: Upravljanje zračnim prometom, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
[38] URL: http://www.eurocontrol.int/articles/airport-collaborative-decision-making-cdm, (pristupljeno: srpanj 2017.)
[39] EUROCONTROL: *Airport Environmental Partnership*, Bruxelles, 2008.
[40] Štimac, I., Sente, M., Zibar, O.: *Collaborative Environmental Management (CEM) as base for Green Airport Concept, International Maritime Science Conference*, Solin, 2017.
[41] Day, V.: *Continuous Descent Operations - Implementation in Europe*, Bruxelles: EUROCONTROL, 2013..
[42] CAA: *Basic Principles of the Continuous Descent Approach (CDA) for the Non-Aviation Community*, London.
[43] URL:https://www.dfs.de/dfs_homepage/en/Airnavigationservices/Environment/Sustainable flying/Approach procedures/, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[44] Clarke, J.: *Development, design, and flight test evaluation of a continuous descent approach procedure for nighttime operation at Louisville International Airport*, PARTNER, Cambridge, 2006.
[45] Novak, D., Steiner, S., Andraši, P.:*Environmental Aspects of Air Traffic Expansion*, *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, svez. 3, br. 1, pp. 31-35, 2015.
[46] Novak, D.: *Development, Design and Flight Test Evaluation of Continuous Descent Approach Procedure in FIR Zagreb, Promet – Traffic&Transportation*, svez. 21, br. 2, pp. 319-329, 2009.
[47] AIRBUS Pro Sky: *Designs with CDO/CCO, ICAO/CANSO Regional PBN Workshop*, Meksiko, 2013.
[48] ICAO: *Continuous Climb Operations (CCO) Manual*, Montreal.
[49] Da Silva, S.: *Continuous Climb Operations, Workshop on preparations for ANConf/12 − ASBU methodology*, u *ANConf/12 − ASBU methodology*, Bangkok, 2012.
[50] URL: https://www.quora.com/What-are-some-common-layouts-for-airports-and-what-are-their-advantages-and-disadvantages, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[51] URL: https://www.eurocontrol.int/articles/continuous-climb-and-descent-operations, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[52] URL: https://www.internationalairportreview.com/news/20206/heathrow-trials-steeper-approach-to-reduce-aircraft-noise/, (pristupljeno: svibanj 2017.)

[53] Dumont, JM., Reynolds, T., Hansman, J.: *Fuel Burn and Emissions Reduction Potential of Low Power/Low Drag Approaches, u AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, Virginia Beach*, 2011.
[54] URL: https://www.lvnl.nl/en/environment/frequently-asked-questions-about-runways-and-their-use/what-is-the-noise-preferential-runway-use-system-gpbs.html., (pristupljeno: svibanj 2017.)
[55] URL: http://www.lvnl.nl/en/environment/route-and-runway-use/meteorological-influences.html, (pristupljeno: svibanj 2017.)
[56] Vitaprojekt: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za izmjenu zahvata Novi putnički terminal Zračne luke Zagreb, Zagreb, 2015.
[57] MZLZ d.d.: Profil tvrtke, Velika Gorica
[58] URL: http://ansperformance.eu/, (pristupljeno: lipanj 2017.)
[59] *Croatia Control Ltd: Annual Report* 2015, Zagreb, 2016.
[60] MZLZ: *Summary of Noise Level Measurements in 2015 and 2016*, Velika Gorica, 2017.
[61] EKONERG: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Međunarodna zračna luka Zagreb u 2016. godini, Zagreb, 2017.
[62] URL: http://iszz.azo.hr/iskzl/podatak.htm?pid=279, (pristupljeno: lipanj 2017.)
[63] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb: Izvještaj o mjerenju kvalitete zraka na lokaciji Međunarodne zračne luke Zagreb (10. svibnja – 31. prosinca 2016. godine), Zagreb, 2017.
[64] Brüel & Kjær: *AirTrak: Discover Your True Carbon Emissions*
[65] Europska komisija: *European Aviation Environmental Report 2016*, Bruxelless, 2017.
[66] ACI: *Airport Carbon Accreditation Annual report 2015.-2016.*, Bruxelless, 2017.
[67] URL: http://www.airportcarbonaccreditation.org/airport/participants/europe.html, (pristupljeno: srpanj 2017.)
[68] URL: http://www.svijet-kvalitete.com/index.php/certificiranje, (pristupljeno: lipanj 2017.)
[69] URL:http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/SIK/ISO%2014001%202004_HR.pdf, (pristupljeno: lipanj 2017.)
[70] Sklad savjetovanje d.o.o.: Što je to ISO-14000
[71] URL: http://www.hzn.hr/default.aspx?id=53, (pristupljeno: lipanj 2017.)
[72] MZLZ: *Noise reduction action plan*, Velika Gorica, 2016.
[73] Malina, R., Albers, S., Kroll, N.: *Airport incentive programs – A European perspective*, Sveučilište Köln, Fakultet menadžmenta, ekonomije i socijalnih znanosti, Köln, 2011.

POPIS KRATICA

ACA (*Airport Carbon Accreditation*) Nezavisni program smanjenja emisija CO_2

ACARE (*Advisory Council for Aviation Research and innovation in Europe)* Savjetodavno vijeće za istraživanje zrakoplovstva u Europi

ACI (*Airports Council International*) Svjetsko udruženje zračnih luka

ATM (*Air Trafic Management*) upravljanje zračnim prometom

ATC (*Air Traffic Control*) kontrola zračnog prometa

BWB (*Blenden Wing Body*)

CAA (*Civil Aviation Authority*) Tijelo civilnog zrakoplovstva

CAEP (*Council for the Accreditation of Educator Preparation*) Odbora za zaštitu okoliša u zračnom prometu

CANSO (*Civil Air Navigation Services Organisation)* Organizacija pružatelja usluga u zračnoj plovidbi

CCO (*Continuous Climb Operations*) operacije kontinuiranog penjanja

CDO (*Continuous Descent Operations*) operacije kontinuiranog poniranja

CEM (*Collaborative Environmental Management*) Zajedničko donošenje odluka na području okoliša

EASA (*European Aviation Safety Agency*) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa

EC (*European Commission*) Europska komisija

ECAC (*European Civil Aviation Conference*) Europska konferencija civilnog zrakoplovstva

ENM (*Environmental Noise Model)* Programski paket za praćenje podataka buke

EU (*European Union*) Europska unija

FAA (*Federal Aviation Agency*) Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo

FDR (*Flight Data Recorder*) uređaj za spremanje podataka o letu

GPU (*Ground Power Unit*) zemaljski sustav napajanja

GTL (*Gas to Liquid)* pretvaranje plina u tekućinu

IATA (*International Air Transport Association*) Međunarodna udruga za zračni prijevoz

ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo

IenvA (*IATA Environmental Assessment Program)* Program procjene utjecaja na okoliš

ILS (*Instrumental Landing System*) sustav za instrumentalno slijetanje

IFR (Instrumental Flight Rules) letenje pomoću instrumenata

INM *Integrated Noise Model*) – izrada karata buke

ISO (*International Organization for Standardization*) Međunarodna organizacija za normizaciju

LPG *Liquefied Petroleum Gas* ukapljeni naftni plin

LP/LD (*Low power/Low drag*) manja snaga/manji otpor

MLS *Microwave Landing System* sistema za slijetanje koji radi na mikrovalovima

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) Američka svemirska agencija

NEO (*New Engine Optimisation*) – novi optimizirani motori

NM (*Nautical Mile*) nautičke milje

NMT (*Noise Measurement Terminal*) stanica za mjerenje buke

NNC (*non-noise certificated)* zrakoplovi bez certifikata buke

NPT (*New Passenger Terminal*) novi putnički terminal

PM (*Particulate Matter*) lebdeće čestice

P-RNAV *Precision-Area Navigation*

PW (*Pratt & Whitney*)

RR (*Rolls Royce*)

SARP (*Standards and Recommended Practices*) standardi i preporučene prakse

SRA (*Strategic Research Agenda*) strateški plan istraživanja

STD (*Standardised Approach*) standardni prilaz

VFR (*Visual Flight Rules*) letenje po vidljivosti

POPIS SLIKA

Slika 1. Odnos pojedinih izvora buke....5
Slika 2. Izvor buke ovisno o operaciji zrakoplova, ...6
Slika 3. Izvor buke na zrakoplovu, ...6
Slika 4. Redukcija buke zrakoplova u razdoblju od 1950 – 2010. godine, [4]....8
Slika 5. Izvor buke strukture zrakoplova, [5]....9
Slika 6. Najvažniji izvori štetnih plinova 10
Slika 7. Dionici zračnog prometa....12
Slika 8. BWB zrakoplov nove generacije, [10]....14
Slika 9. Podjela prostora zračne luke,....15
Slika 10. Solarne ćelije Zračna luka Munchen, [12] 16
Slika 11. Mototok , [13]....17
Slika 12. Utišivač buke motora, [15]....19
Slika 13. Položaj CAEP-a u odnosu na strukturu ICAO-a, [19]....24
Slika 14. Aplikacija praćenja zrakoplova koji koriste alternativna goriva, [20]....25
Slika 15. Metodologija izračuna emisija štetnih plinova, [21] 26
Slika 16. FAA postupak polijetanja , [5] 37
Slika 17. ICAO postupak polijetanja, [5] 37
Slika 18. Standardni postupak slijetanja na MZLZ, [5] 39
Slika 19. Usporedba standardnog i CDA prilaza, [39]....46
Slika 20. Odnos konvencionalnog i CDO prilaza na MZLZ, [5]....51
Slika 21. Primjena CCO procedure na MZLZ, [1]....52
Slika 22. Odnos konture buke konvencionalne i CCO procedure , [1] 53
Slika 23. Odnos CDO i CCO putanji....55
Slika 24. Primjena povećanog kuta prilaza na MZLZ, [1] 57
Slika 25. LP/LD postupak Lufthanse na MZLZ, [5]....62
Slika 26. Prilaz zrakoplova krivolinijskom putanjom, [5]....63
Slika 27. Pomaknuti prag na MZLZ, [1] 64
Slika 28. Usporedba kontura buke postojećeg stanja i pomaknutog praga, [5]....64
Slika 29. Položaj USS-a zračne luke Schiphol,....66
Slika 30. Tlocrt MZLZ, [51] 68
Slika 31. Položaj postojećih NMT stanica. [1] 72
Slika 32. Mikro lokacija postaje MZLZ, [55]....77
Slika 33. Broj zračnih luka koje primjenjuje ACA program 80
Slika 34. ACA certifikat MZLZ, [51] 82
Slika 35. ISO certifikat MZLZ, [51] 84
Slika 36. ISO certikikat HKZP, [61] 85
Slika 37. Solarni generator, [59] 89

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ušteda goriva i smanjenje emisija ispušnih plinova na godišnjoj razini korištenjem određenih mjera.....18
Tablica 2. Potrošnja goriva zrakoplova tijekom faze prilaza.....61
Tablica 3. L_{den} penali ovisno o periodu dana, [1.].....74

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Odnos izvora buke zrakoplova prilikom slijetanja i polijetanja 7
Grafikon 2. Odnos druge i treće kategorije zrakoplova na polijetanju i slijetanju, [1] 23
Grafikon 3. Vrijeme leta zrakoplova primjenom CDO prilaza, [40] 47
Grafikon 4. Potrošnja goriva primjenom CDO prilaza, [40] 48
Grafikon 5. Smanjenje NO_x primjenom CDO prilaza, [40.] 48
Grafikon 6. Smanjenje CO_2 primjenom CDO prilaza, [40] 49
Grafikon 7. Smanjenje NOx primjenom CDO prilaza, [40] 49
Grafikon 8. Potrošnja goriva zrakoplova A320, [47] 59
Grafikon 9. Potrošnja goriva zrakoplova B757, [47] 60
Grafikon 10. Potrošnja goriva zrakoplova B777, [47] 60
Grafikon 11. Postotak CDO/CCO mjere na MZLZ, [52.] 71
Grafikon 12. Razina buke na MZLZ izmjerena na NMT stanicama 2015. godine 74
Grafikon 13. Razina buke na MZLZ izmjerena na NMT stanicama 2016. godine 75
Grafikon 14 Smanjenja/povećanja razine buke u 2016. godini 76
Grafikon 15. Rezultati mjerenja zraka (NO_2, O_3) na području MZLZ 2016. godine, ...78
Grafikon 16. Rezultati mjerenja CO na području MZLZ 2016. godine 78
Grafikon 17. Kretanje srednjih 24-satnih koncentracija PM_{10} frakcije lebdećih čestica tijekom 2016. godine, [56] 79