Sustav praćenja emisija stakleničkih plinova kod zračnog prijevoznika

Špoljar, Renata

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:119:205918

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-13**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Renata Špoljar

SUSTAV PRAĆENJA EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA KOD ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 5. travnja 2019.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Zrakoplovne emisije**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5152

Pristupnik: **Renata Špoljar (0135233173)**
Studij: Aeronautika

Zadatak: **Sustav praćenja emisija stakleničkih plinova kod zračnog prijevoznika**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati zrakoplovne emisije stakleničkih plinova i njihov utjecaj na okoliš. Potrebno je objasniti zrakoplovne propise vezane uz praćenje emisija stakleničkih plinova te posebno razvoj i implementaciju uredbe Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (EU ETS) u poslovanje zračnog prijevoznika. Nadalje, potrebno je prikazati metodologiju praćenja emisija u poslovanju promatranog zračnog prijevoznika te analizirati rezultate praćenja za određeni protekli vremenski period. Na kraju, potrebno je zaključiti jesu li emisije tokom godina primjene EUETS regulative manje i jeli smanjenje značajno.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

SUSTAV PRAĆENJA EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA KOD ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

AIRLINE MONITORING SYSTEM OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Mentorica: Izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Studentica: Renata Špoljar

JMBAG: 0135233173

Zagreb, rujan 2019.

ZAHVALA

Ovim putem željela bih se zahvaliti svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Aniti Domitrović na korisnim savjetima i pomoći u izradi ovog diplomskog rada.

Veliku zahvalu također upućujem gospodinu Dinu Kučiću, specijalistu za održivi razvoj Croatia Airlinesa na izdvojenom vremenu i stručnim konzultacijama bez kojih izrada ovog rada ne bi bila moguća.

SAŽETAK

Povećanje antropogenih emisija stakleničkih plinova uzrokuje globalno zatopljenje, koje se smatra glavnim problemom današnjice. Dugoročan učinak klimatskih promjena predstavlja važan poticaj za osnivanje međunarodnih sporazuma o klimatskoj politici. Na temelju njih, EU je razvila tržišno utemeljenu mjeru – sustav trgovanja emisijama (EU ETS), s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova na ekonomski učinkovit način. S naglim porastom broja letova, zrakoplovstvo je jedan od najbrže rastućih izvora stakleničkih plinova. Emisije CO_2 iz zrakoplovnih aktivnosti uključene su u EU ETS od 2012. godine. Zračni prijevoznici čije su aktivnosti uključene u EU ETS, moraju pratiti i izvještavati o emisijama CO_2, a potom predati emisijske jedinice koje pokrivaju emisije letova koji su obavljeni u toj godini. U ovom diplomskom radu je obrađena problematika emisija zrakoplovnih motora, opisan je sustav praćenja emisija CO_2 kod zračnih prijevoznika te su analizirani podaci o emisijama tijekom razdoblja primjene EU ETS-a.

KLJUČNE RIJEČI: staklenički plinovi; emisije CO_2; Europski sustav trgovanja emisijama; EU ETS; zrakoplovstvo; emisijske jedinice; praćenje, izvještavanje i verifikacija

SUMMARY

The significant increase of anthropogenic greenhouse gas emissions is causing global warming, which is considered a major problem nowadays. The long-term impact of climate change is an important stimulus for the establishment of international agreements on climate action. The European Union has developed a market-based measure – the Emissions Trading System (EU ETS), with the aim of reducing greenhouse gas emissions in a cost-effective manner. With the rapid increase in the number of flights, aviation is one of the fastest-growing sources of greenhouse gas emissions. CO_2 emissions from aviation activities have been included in the EU ETS since 2012. Airlines, whose activities are included in the EU ETS, must monitor and report on their CO_2 emissions. Also, they have to surrender allowances covering the emissions of all flights they had operated in a given year. This thesis deals with the issue of aircraft engine emissions, describes an airline monitoring system of CO_2 emissions and analyzes data on emissions during the period of application of the EU ETS.

KEYWORDS: greenhouse gases; CO_2 emissions; EU Emissions Trading System; EU ETS; aviation; emission allowances; monitoring, reporting and verification

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. ZRAKOPLOVNE EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ 3

2.1 Ispušni plinovi zrakoplovnih motora 3

2.2 Utjecaj zračenja zrakoplovnih emisija 4

2.3 Ugljični dioksid 7

2.4 Vodena para 8

2.5 Dušikovi oksidi 9

2.6 Sumporovi oksidi 9

3. REGULATIVA VEZANA UZ EMISIJE ZRAKOPLOVNIH MOTORA 11

3.1 ICAO Dodatak 16 11

3.2 Ostali međunarodni propisi vezani za emisije zrakoplovnih motora 13

4. RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA UREDBE EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE EMISIJAMA STAKLENIČKIH PLINOVA 15

4.1 Međunarodni sporazumi o klimatskoj politici 15

4.1.1 Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime 16

4.1.2 Kyotski protokol 16

4.1.3 Pariški sporazum 19

4.2 Općenito o EU ETS-u 22

4.3 Faze razvoja EU ETS-a 23

4.3.1 Prva faza (2005.-2007.) 23

4.3.2 Druga faza (2008.-2012.) 23

4.3.3 Treća faza (2013.-2020.) 24

4.3.4 Četvrta faza (2021.-2030.) 24

4.4 Implementacija EU ETS-a u zrakoplovstvo 25

4.4.1 Razvoj implementacije EU ETS-a u zračni sektor 25

4.4.2 Izvorno zakonodavstvo – puno područje primjene 26

4.4.3 Promjena zakonodavstva – smanjeno područje primjene 27

4.4.4 Kvota emisijskih jedinica za zračni promet 27

4.4.5 Izuzeća od primjene EU ETS-a 29

4.5 CORSIA 30

5. METODOLOGIJA PROCESA PRAĆENJA EMISIJA U POSLOVANJU ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA 35

5.1 Općenito o sustavu praćenja, izvještavanja i verifikacije 35

5.2 Ciklus usklađenosti s EU ETS-om 36
5.3 Pregled izvještajnog razdoblja 37
5.4 Uloge i odgovornosti 39
5.5 Metodologija izračuna tonskih kilometara i praćenja emisija CO_2 40
5.5.1 Metodologija izračuna tonskih kilometara 41
5.5.2 Metodologija praćenja emisija CO_2 42
5.5.3 Niski emiteri i SET (*Small Emitter Tool*) 46
5.6 Plan praćenja emisija 48
5.6.1 Ažuriranje i poboljšanje plana praćenja 49
5.6.2 Aktivnosti protoka podataka i sustav kontrole 50
5.6.3 Procjena nesigurnosti 52
5.7 Trgovanje emisijama 53
6. ANALIZA I USPOREDBA PODATAKA O EMISIJAMA TIJEKOM GODINA PRIMJENE EU ETS-A 55
6.1 Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor 55
6.2 Podaci o emisijama zračnih prijevoznika na razini EU 58
6.3 Podaci o emisijama odabranog zračnog prijevoznika 62
6.3.1 Flota odabranog zračnog prijevoznika 63
6.3.2 Podaci o dodijeljenim i verificiranim emisijskim jedinicama 64
6.3.3 Količina emisija CO_2 po ostvarenom putničkom kilometru 65
6.3.4 Troškovi kupnje emisijskih jedinica 67
6.3.5 Mjere učinkovitog trošenja goriva 68
7. ZAKLJUČAK 70
LITERATURA 72
POPIS SLIKA 78
POPIS TABLICA 79

1. UVOD

Staklenički plinovi imaju sposobnost zadržavanja Sunčeve topline u atmosferi te na taj način omogućavaju povoljne uvjete za održavanje života na Zemlji. Bez prisustva stakleničkih plinova, prosječna temperatura Zemljine površine bila bi otprilike -18°C, umjesto trenutno prosječnih 15°C. No, staklenički plinovi također imaju složeni negativan utjecaj na atmosferu. Prevelika količina stakleničkih plinova u atmosferi, osobito uzrokovana raznim ljudskim aktivnostima, dovodi do velikog svjetskog problema današnjice – globalnog zatopljenja. Na određenim međunarodnim skupovima te u stručnim i znanstvenim publikacijama puno se govori da bi rizik od opasnih i katastrofalnih promjena okoliša značajno porastao kada bi se temperature uslijed globalnog zatopljenja povećale za više od 2°C iznad razina iz predindustrijskoga doba. Povećanje temperature također nosi brojne klimatske promjene poput ekstremnih vremenskih pojava (orkanskih nevremena, poplava, toplinskih valova, suša i sl.) te topljenja ledenjaka što utječe na porast razine mora. Sve navedeno potom uzrokuje promjene u prostornoj raspoređenosti ili čak izumiranja biljnog i životinjskog svijeta, biljne bolesti i pojave nametnika, nestašice hrane i pitke vode te migracija ljudi koje su njima prouzročene.

Slijedno tome, uočena je važnost donošenja međunarodnih sporazuma o klimatskoj politici. Na temelju njih, Europska unija je odlučila razviti EU ETS (engl. *European Union Emissions Trading System*), program za trgovanje emisijama stakleničkih plinova. Iako zrakoplovstvo nije bilo uključeno u EU ETS u prvom planu, značajan porast broja letova povećao je njegov udio u onečišćenju okoliša te potaknuo potrebu za ograničenjem zrakoplovnih emisija. Tako je zrakoplovstvo naknadno uključeno u EU ETS od 2012. godine. Obzirom da je ugljični dioksid (CO_2) najznačajniji te globalno rasprostranjeni antropogeni staklenički plin, prioritetno je uvedeno praćenje i izvještavanje o emisijama CO_2. Tema ovog diplomskog rada je „Sustav praćenja emisija stakleničkih plinova kod zračnog prijevoznika“. Cilj rada jest pobliže objasniti i analizirati kompletan proces praćenja, izvještavanja i verifikacije emisija CO_2 kod zračnih prijevoznika.

Diplomski rad podijeljen je u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Zrakoplovne emisije stakleničkih plinova i njihov utjecaj na okoliš
3. Regulativa vezana uz emisije zrakoplovnih motora
4. Razvoj i implementacija uredbe Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (EU ETS)
5. Metodologija procesa praćenja emisija u poslovanju zračnog prijevoznika
6. Analiza i usporedba podataka o emisijama tijekom godina primjene EU ETS-a
7. Zaključak

U drugom poglavlju navedeni su ispušni plinovi zrakoplovnih motora. Posebna pozornost usmjerena je najznačajnijim stakleničkim plinovima, koji nastaju kao posljedica rada motora, odnosno izgaranja goriva. Detaljnije je opisan njihov utjecaj na okoliš i ljude. U trećem poglavlju ukratko je opisana regulativa vezana uz emisije zrakoplovnih motora. U četvrtom poglavlju opisan je općeniti slijed razvoja EU ETS-a kroz četiri faze, no ponajviše je istražena implementacija EU ETS-a u zračni sektor. U petom poglavlju dana je metodologija procesa praćenja u poslovanju zračnog prijevoznika. Istražen je sustav praćenja emisija CO_2 te su opisane uloge i postupci uključenih sudionika. Nadalje, u šestom poglavlju analizirani su podaci o emisijama na razini EU te podaci o predanim i verificiranim emisijskim jedinicama odabranog zračnog prijevoznika. Na temelju njih te analizom ostalih bitnih indikatora, određeno je jesu li se emisije tijekom godina primjene EU ETS-a smanjile ili povećale. U sedmom, ujedno i posljednjem, poglavlju predstavljeni su zaključci provedene analize.

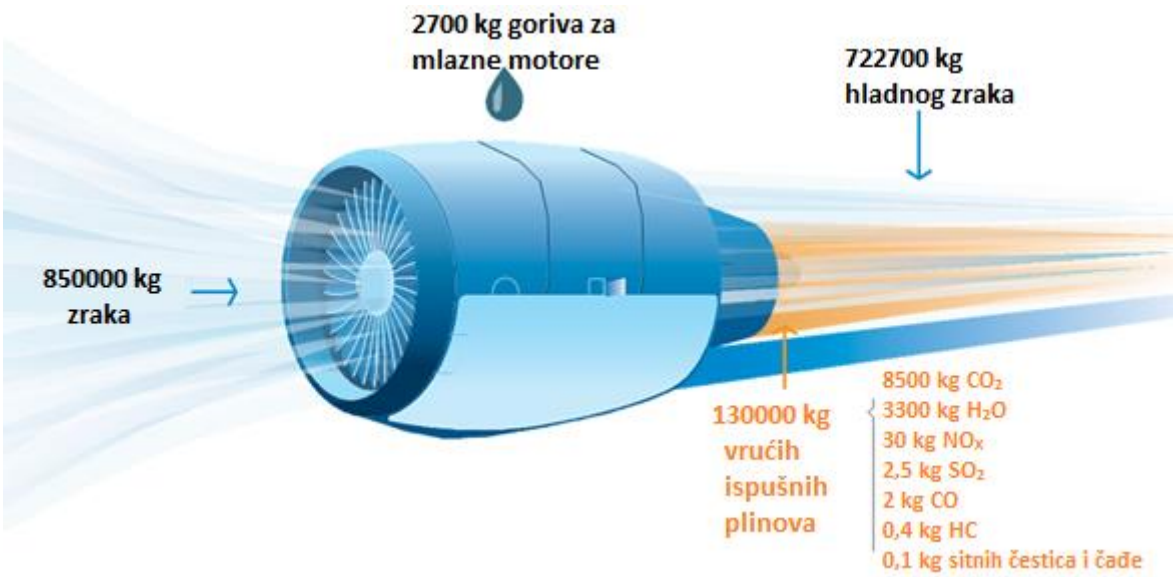
2. ZRAKOPLOVNE EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

S naglim porastom broja letova, zrakoplovstvo je jedan od najbrže rastućih izvora emisija stakleničkih plinova. Direktne zrakoplovne emisije trenutno iznose 3,6% ukupnih emisija stakleničkih plinova u Europi i više od 2% emisija na globalnoj razini. Taj udio čini zračni promet, nakon cestovnog, drugim najvažnijim izvorom stakleničkih plinova u prometnom sektoru, [1].

Emisije stakleničkih plinova ponajviše nastaju kao posljedica ljudskih aktivnosti. Većina potrebne energije za današnje čovječanstvo, a time i za zrakoplovnu industriju, dobiva se uporabom fosilnih goriva. Zrakoplovni motori proizvode emisije koje su vrlo slične ostalim emisijama koje nastaju izgaranjem fosilnih goriva. No, one se ipak razlikuju po tome što se većina emisija emitira na velikim visinama te se smatra da imaju čak dvostruko jači utjecaj od onih koje se emitiraju na tlu. Zahvaljujući znanstvenim istraživanjima iz područja ekologije, danas postoje dobre procjene o količini onečišćujućih tvari koje emitiraju zrakoplovni motori te su one navedene u nastavku poglavlja. Detaljnije su objašnjeni najvažniji produkti te su navedeni njihovi utjecaji na klimu i ljude.

2.1 Ispušni plinovi zrakoplovnih motora

Glavni ispušni plinovi mlaznih motora zrakoplova sastoje se približno od 7 do 8% ugljičnog dioksida (CO_2) i vodene pare (H_2O) te 0,5% dušikovih oksida (NO_X), neizgorenih ugljikovodika (HC), ugljičnog monoksida (CO), sumporovih oksida (SO_X) te od drugih sitnih čestica i čađe. Preostali dio, 91,5% do 92,5% sastoji se od kisika (O_2) i dušika (N_2), [2]. Na slici 1 su prikazane emisije iz tipičnog dvomotornog mlaznog zrakoplova tijekom 1-satnog leta sa 150 putnika, [3].



Slika 1. Emisije iz tipičnog dvomotornog mlaznog zrakoplova tijekom 1-satnog leta sa 150 putnika

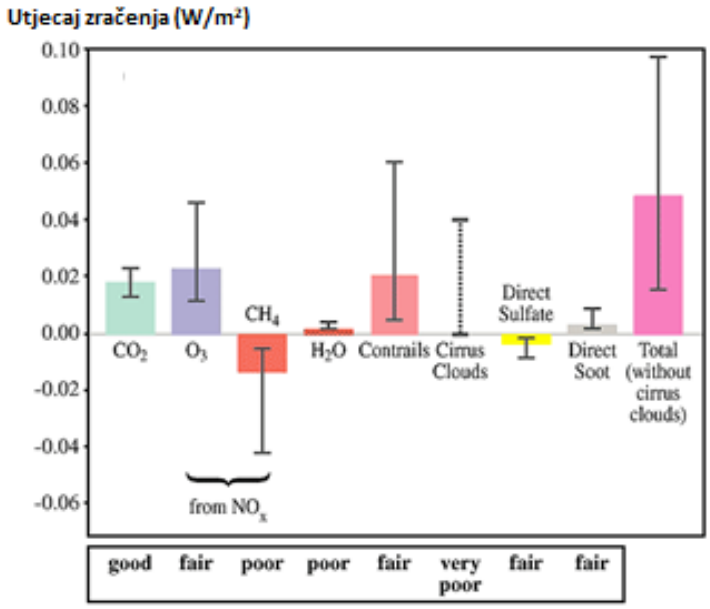
Izvor: [3]

Ugljični dioksid (CO_2) i vodena para (H_2O) produkti su izgaranja goriva te su njihove emisije direktno povezane s potrošnjom goriva, što je funkcija mase zrakoplova, aerodinamičke konstrukcije i performansi motora zrakoplova. Emisije dušikovih oksida (NO_X), čađe, ugljičnog monoksida (CO), neizgorenih ugljikovodika (HC) i sumporovih oksida (SO_X) prvenstveno su povezane s načinom izgaranja goriva u motoru te u manjoj mjeri s kemijskim reakcijama koje slijede nakon izgaranja. Ove emisije uglavnom su povezane s konstrukcijom motora, pa se mogu smanjiti potpunijim izgaranjem goriva, [2].

2.2 Utjecaj zračenja zrakoplovnih emisija

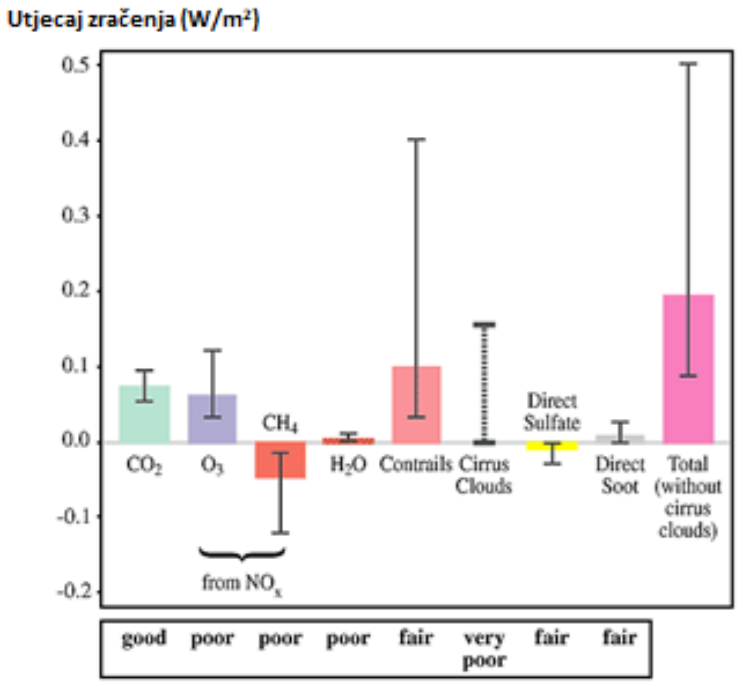
Utjecaj zračenja (engl. *radiative forcing*) je mjera utjecaja koji neki čimbenik ima na mijenjanje ulaznih i izlaznih energija u Zemljinom atmosferskom sustavu i oznaka je važnosti koju taj čimbenik ima kao potencijalan mehanizam u promjeni klime. Jednostavnije rečeno, utjecaj zračenja izražava promjenu energije u atmosferi zbog emisija stakleničkih plinova. Pozitivan utjecaj zračenja znači da Zemlja prima više Sunčevog zračenja nego što ga zrači u svemir i ono uzrokuje zagrijavanje atmosfere. Kod negativnog utjecaja zračenja je situacija

obrnuta, odnosno ono iskazuje da Zemlja zrači više energije u svemir nego što je prima te dolazi do hlađenja atmosfere. Utjecaj zračenja izražava se u jedinicama Watt-a po metru kvadratnom Zemljine površine (W/m^2) i obično se mjeri u tropopauzi. Na stupanj utjecaja stakleničkih plinova na globalno zatopljenje utječu njihova količina, tj. koncentracija u atmosferi, vrijeme zadržavanja u atmosferi i potencijal globalnog zatopljenja (engl. *Global Warming Potential,* GWP), [2], [4], [5].



Slika 2. Utjecaj zračenja od zrakoplovnih emisija - 1992. godina, [6]

Međuvladino tijelo za klimatske promjene (engl. *The Intergovernmental Panel on Climate Change,* IPCC) napravio je procjene prosječnog globalnog utjecaja zračenja od emisija podzvučnih zrakoplova za 1992. godinu, prikazane na slici 2 te pretpostavke za 2050. godinu, prikazane na slici 3, [6].



Slika 3. Utjecaj zračenja od zrakoplovnih emisija - pretpostavljeni scenarij za 2050. godinu, [6]

Na prikazanim slikama je evidentno da je ljestvica s pripadajućim vrijednostima utjecaja zračenja (W/m^2) za sliku 3 (scenarij za 2050.) veća od one na slici 2 (procjene za 1992.) za otprilike četiri puta. Stupci grafikona pokazuju najbolju procjenu utjecaja zračenja pojedinih čimbenika, dok je linija povezana sa svakim stupcem grafikona dvotrećinski raspon nesigurnosti, koji znači da postoji 67% vjerojatnosti da stvarna vrijednost utjecaja zračenja „padne“ unutar tog raspona. Dostupne informacije o utjecaju zračenja cirus oblaka nažalost nisu dovoljne za određivanje najbolje procjene utjecaja zračenja ili raspona nesigurnosti, ali isprekidana linija označava raspon najboljih mogućih procjena. Stoga, procjena ukupnog utjecaja zračenja ne uključuje učinak cirusa. Procjena nesigurnosti za ukupan utjecaj zračenja, bez utjecaja cirusa, izračunava se kao korijen zbroja kvadrata gornjeg i donjeg raspona za pojedine čimbenike. Ispod grafikona, *"good, "fair", "poor," "very poor"* su relativne „ocjene“ povezane sa svakim čimbenikom koje ukazuju na razinu znanstvenog razumijevanja, a temelje se na količini dostupnih dokaza koji podržavaju najbolju procjenu i njenu nesigurnost. Važno je napomenuti da je procjena ukupnog utjecaja zračenja odvojena od procjene raspona nesigurnosti predstavljenih linijama povezanim sa svakim stupcem grafikona, [6].

Procjene za 1992. godinu pokazuju da je cjelokupna podzvučna flota zrakoplova sudjelovala s 3,5% u promjenama utjecaja zračenja od svih ljudskih aktivnosti. Procjenjuje da će njezin udio do 2050. godine biti 5%, [6].

U nastavku rada navedeni su najznačajniji stakleničkі plinovi te su detaljnije opisani njihovi utjecaji na okoliš.

2.3 Ugljični dioksid

Najveći udio stakleničkih plinova otpada na ugljični dioksid (CO_2) te je on procijenjen kao glavni globalni zagađivač. Ugljični dioksid je bezbojan i bezmirisan plin prisutan u Zemljinoj atmosferi te predstavlja važan čimbenik u prirodnim procesima.

Emisije ugljičnog dioksida uzrokuju povećanje koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi. Ugljični dioksid ima značajan utjecaj na globalno zatopljenje zbog svog obilja u atmosferi. Prosječna godišnja koncentracija ugljičnog dioksida povećala se na 403 ppm[1] (*parts per million*) u 2016. godini, odnosno 405 ppm u 2017. godini. To predstavlja značajno povećanje od oko 100 ppm, usporedivši s 1960-tima. Koncentracija ugljičnog dioksida raste jer je stopa rasta emisija ugljičnog dioksida u atmosferi veća od stope njegove apsorpcije putem šuma, biljka i oceana, što stvara neravnotežu u ciklusu ugljika. Dio emitiranog ugljičnog dioksida apsorbiraju šume, biljke i oceani, a ostatak ostaje u atmosferi vrlo dugi vremenski period; stotinama, pa čak i tisućama godina. Prema tome, postoje dva glavna učinka emisija ugljičnog dioksida - povećanje koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi koja dovodi do porasta temperature Zemlje i povećanje apsorpcije ugljičnog dioksida u oceanima i biljkama. Povećana apsorpcija ugljičnog dioksida u oceanima, pri reakciji s morskom vodom, uzrokuje njihovo zakiseljavanje, dok povećana apsorpcija ugljičnog dioksida putem biljaka dovodi do gnojidbe ugljikom. Obzirom da se najveći dio zrakoplovnih emisija CO_2 događa na visini krstarenja, nije moguće da se dio ugljičnog dioksida apsorbira putem prirodnih pročistača zraka. To su razlozi zašto je prioritetno uvedeno praćenje i izvještavanje o emisijama ugljičnog dioksida u zračnom sektoru. Na temelju znanstvenih istraživanja te procjena od strane IPCC-a, zaključeno je da jedna tona potrošenog goriva za mlazni zrakoplov uzrokuje 3,16 tona

[1] Udio molekula stakleničkog plina u milijun molekula suhog zraka.

ugljičnog dioksida. Ukupne zrakoplovne emisije ugljičnog dioksida iznose otprilike 2 do 3% emisija ugljičnog dioksida na globalnoj razini, a procijenjuje se da će njihov udio rasti i dalje, kao posljedica kontinuiranog porasta zračnog prometa, [7], [8].

Visoke razine ugljičnog dioksida mogu imati i značajan utjecaj na ljudsko zdravlje. Kratkoročna izloženost može uzrokovati gušenje, glavobolju, vrtoglavicu, smetnje u vidu, probleme s koncentracijom, zujanje u ušima itd., dok dugoročna izloženost može uzrokovati promjene u metabolizmu tijela i promjene u razinama kalcija u kostima. Udisanje velike količine ugljičnog dioksida može biti opasno po život, [9].

2.4 Vodena para

Vodena para (H_2O) drugi je po važnosti stakleničkі plin koji se emitira tijekom zračnog prijevoza. Utjecaji emisija vodene pare su značajniji na većim visinama jer se može akumulirati u veće količine i duže zadržati, a time i pojačati efekt staklenika. Većina emisija vodene pare kod podzvučnih zrakoplova emitirane su u troposferu i uzrokuju kratkotrajne regionalne promjene te se uklanjaju pomoću oborina unutar jednog do dva tjedna. Na polovima, gdje je granica troposfere na visini 8 do 9 km, zrakoplovi u fazi krstarenja lete u sloju stratosfere, pri čemu je onečišćenje vodenom parom dvostruko štetnije, [2], [10].

Onečišćenju vodenom parom, uvjetovano zračnim prometom, pripada dodatno klimatsko djelovanje zbog tvorbe tzv. kondenzacijskih tragova (engl. *contrails*). Kondenzacijski tragovi su ledeni oblaci u obliku linija koji se formiraju iza zrakoplova u fazi krstarenja. Prisutnost kondenzacijskih tragova i njihova dugovječnost funkcija su uvjeta pozadinske atmosfere. Ako je atmosfera dovoljno hladna i prezasićena ledom, ti se linearni kondenzacijski tragovi mogu širiti u velike strukture poput visokih ledenih cirus oblaka. Posljedica njihova prisustva jest zagrijavanje atmosfere. No, valja napomenuti da je prema posljednjem IPCC izvješću točan utjecaj kondenzacijskih tragova na formiranje cirus oblaka i dalje nepoznat, [11].

Količina vodene pare uzrokovane zrakoplovima zanemariva je u usporedbi s vodenom parom prenesenom isparavanjem sa zemlje, ali je znakovito da vodena para u stratosferi i na gornjoj granici tropopauze, gdje ujedno ima iznimno štetno djelovanje u usporedbi s ostalim stakleničkim plinovima, potječe isključivo od zrakoplova, [2].

2.5 Dušikovi oksidi

Emisije dušikovih oksida (NO_X) prvenstveno nastaju kao rezultat izgaranja fosilnih goriva, osobito pri visokim temperaturama, kao što su one prisutne u komorama izgaranja zrakoplovnih motora. Emisije dušikovih oksida u posljednjih nekoliko godina pratile su snažan trend rasta, no trenutna predviđanja ukazuju na to da bi napredna tehnologija zrakoplovnih mlaznih motora mogla dovesti do smanjenja emisija nakon 2030. godine. Dušikov oksid ima veliku vrijednost potencijala globalnog zatopljenja, otprilike 265 do 298 puta veću od ugljičnog dioksida, za stogodišnji vremenski period, a zadržava se u atmosferi više od sto godina, [3], [12].

Ukupni učinak emisija dušikovih oksida podzvučnih zrakoplova na visini krstarenja jest povećanje količine važnog stakleničkog plina – ozona (O_3), čija je posljedica zagrijavanje atmosfere. Pretpostavlja se da se najveće povećanje koncentracije ozona događa u blizini tropopauze. U stratosferi, gdje inače lete nadzvučni zrakoplovi, dušikovi oksidi izazivaju oštećenje prirodnog ozonskog sloja koji pruža bitan prirodni štit od štetnog ultraljubičastog zračenja Sunca. Dušikovi oksidi doprinose i pojavi kiselih kiša. Također, dušikovi oksidi daju važan efekt hlađenja kao posljedica smanjenja koncentracije metana (CH_4), no ukupan učinak dušikovih oskida jest i dalje zagrijavanje, [2], [3].

Dušikov monoksid (NO) u atmosferi brzo oksidira u dušikov dioksid (NO_2), koji se povezuje sa štetnim učinkom na ljudsko zdravlje tako da pogoduje razvitku upale pluća. Prizemni ozon, koji nastaje emisijama dušikovih oksida pri niskim visinama, može uzrokovati nekoliko respiratornih problema, uključujući smanjenu funkciju pluća, bronhitis, emfizem i astmu, [3].

2.6 Sumporovi oksidi

Od sumporovih oksida, smatra se da sumporni dioksid (SO_2) ima najznačajniji utjecaj. Sumporni dioksid je bezbojni plin s oštrim, iritantnim mirisom. Nastaje izgaranjem fosilnih goriva i topljenjem mineralnih ruda koje sadrže sumpor.

U reakciji s vodom i zrakom, sumporni dioksid stvara sumpornu kiselinu koja je glavna komponenta kiselih kiša. Kisele kiše su padaline zagađene sumporovim dioksidom, dušikovim oksidima, amonijakom i drugim kemijskim spojevima. Uzrokuju krčenje šuma, a ukoliko pH vrijednost u inače jako čistim brdskim potocima i jezerima prijeđe u kiselo područje (Ph < 7), mogu uzrokovati izumiranje riba i drugih organizama. Nadalje, dospiju li kisele kiše u tlo oslobađaju se teški metali koji mogu opteretiti podzemne vode, a time i pitku vodu. Na taj način se čovjek izlaže pojačanom unošenju teških metala u organizam, [2].

Zrakoplovne emisije sumporovog dioksida također imaju posredno klimatsko djelovanje jer pridonose razgradnji ozona. U posljednjih 20 godina, bilježi se godišnji porast od 5% u njegovoj koncentraciji u stratosferi, [2].

3. REGULATIVA VEZANA UZ EMISIJE ZRAKOPLOVNIH MOTORA

S obzirom na razvoj spoznaja o utjecaju i štetnosti zrakoplovnih emisija na atmosferu, a samim time i na čovjeka, te osobito na značajni porast zračnog prometa, zrakoplovni propisi koji reguliraju ovo područje vrlo su restriktivni te se kontinuirano dopunjavaju.

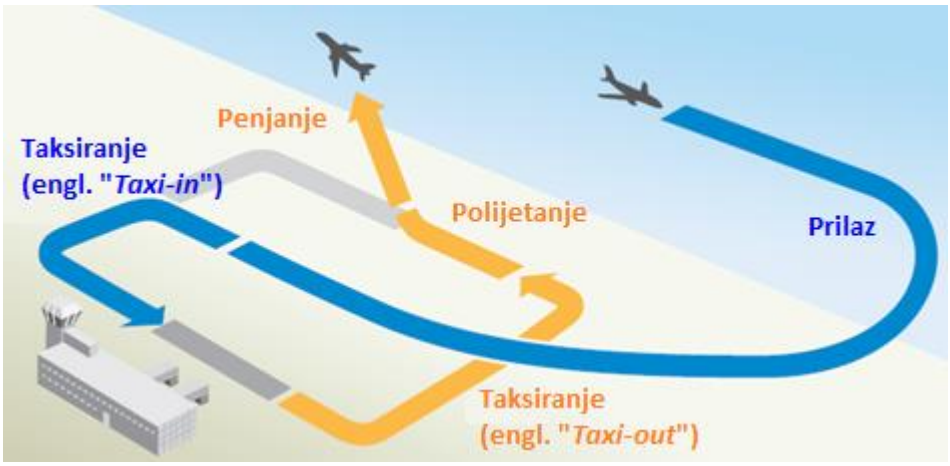
3.1 ICAO Dodatak 16

Početak regulacije i kontrole nad emisijama zrakoplovnih motora zabilježen je 1970. godine u SAD-u kad je Američki kongres donio Zakon o čistom zraku (engl. *Clean Air Act*). Kasnije, 1972. godine u Stockholmu je održana konferencija Ujedinjenih naroda (UN) u vezi zaštite okoliša te je na temelju nje ustanovljen ICAO (engl. *International Civil Aviation Organization*) akcijski program (engl. *Action Programme Regarding the Environment*). Kao dio ovog akcijskog programa osnovana je studijska grupa s ciljem definiranja određenih zadataka koje se odnose na emisije zrakoplovnih motora. Na osnovu njihovog rada, 1977. objavljen je ICAO Cirkular 134, pod nazivom „*Control of the Aircraft Engine Emissions*". Navedeni Cirkular sadrži propisane procedure za kontrolu sadržaja produkata izgaranja turbo-mlaznih i optočno-mlaznih motora namijenjenih za podzvučne zrakoplove. Iste godine osnovan je Odbor za emisije zrakoplovnih motora (engl. *Committee on Aircraft Engine Emission*) koji je odgovoran za razvitak posebnih standarda za ograničenje sastojaka produkata izgaranja zrakoplovnih motora. Na drugom sastanku Odbora održanom 1980. godine predložen je materijal koji bi se trebao uključiti u ICAO dokumente, a godinu dana kasnije izašao je konačni dokument ICAO-a s ciljem ograničenja zrakoplovnih emisija i smanjenja njihova utjecaja na lokalnu kvalitetu zraka. Navedeni dokument je pridružen već postojećem Dodatku 16 koji se odnosi na regulaciju buke. Slijedom toga, Dodatak 16 uključuje sve aspekte utjecaja zrakoplova na okoliš, odnosno sadrži Svezak I (*Volume I – Aircraft Noise*) i Svezak II (*Volume II - Aircraft Engine Emissions*) koji se odnosi na emisije zrakoplovnih motora, [2].

Svezak II sadrži standarde koji zabranjuju namjerno ispuštanje sirovih goriva u atmosferu iz mlaznih motora proizvedenih nakon 18.02.1982. godine. Uključeni su i standardi vezani za certifikaciju svih turbo-mlaznih i optočno-mlaznih motora koji ograničavaju dim te

samo onih motora s potiskom većim od 26,7 kN za potrebe ograničavanja emisija ugljičnog monoksida (CO), ugljikovodika (HC) i dušikovih oksida (NO_X). Također, Svezak II sadrži detaljan opis mjernih postupaka, instrumenta i opis statističkih metoda koje se trebaju koristiti u procjeni rezultata ispitivanja, [13].

Da bi motor bio certificiran na testiranjima, emisije HC, CO, NO_X i dim zrakoplovnog motora moraju biti ispod maksimalnih dozvoljenih razina propisanih u Dodatku 16, Svesku II. Za potrebe izračuna i izvještavanja o količini emisija prilikom certifikacije motora, ICAO koristi referentni LTO (engl. *Landind and Take Off*) ciklus, koji predstavlja jedan kratak let zrakoplova od pokretanja do gašenja motora, [13]. Navedeni ciklus prikazan je na slici 4.



Slika 4. Ciklus polijetanja i slijetanja (engl. *Landing and Take Off*)

Izvor: [14]

U LTO ciklusu motor se testira u četiri različita režima rada, [13]:

1. Polijetanje: 100% postavljeni potisak motora, u vremenu mjerenja od 0,7 minuta;
2. Penjanje: 85% postavljeni potisak motora, u vremenu mjerenja od 2,2 minute;
3. Prilaz: 30% postavljeni potisak motora, u vremenu mjerenja od 4 minute;
4. Taksiranje: 7% postavljeni potisak motora, u vremenu mjerenja od 26 minuta.

Dodatak 16, Svezak II sadrži tri dijela te šest priloga (engl. *Appendices*). U dijelu I navedene su definicije i korišteni simboli, u dijelu II nalazi se ispušteno gorivo (engl. *Vented Fuel*), a u dijelu III ograničenja za emisije podzvučnih i nadzvučnih zrakoplova za potrebe certifikacije mlaznih motora. Prilozi se odnose na opisane procedure i načine mjerenja, mjerne

opreme, specifikacije goriva koje se koriste za ispitivanje te opis računskih metoda i potrebnih analiza, [2], [13].

Nedavno, 2017. godine ICAO je usvojio emisije CO_2 kao novi Svezak, Svezak III Dodatka 16 (*Volume III Aeroplane CO_2 Emissions*). Nadalje, 2018. godine je usvojio standarde i preporučene prakse nove globalne tržišno utemeljene mjere CORSIA, kao Svezak IV Dodatka 16 (*Volume IV Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation CORSIA*).

3.2 Ostali međunarodni propisi vezani za emisije zrakoplovnih motora

Međunarodna udruga za zračni prijevoz (engl. *International Air Transport Association,* IATA) pomaže zračnim prijevoznicima kako bi ograničili utjecaj na klimatske promjene, proizvodnju emisija i buke. Njezina filozofija za postizanje ciljeva uštede goriva i smanjenja emisija stakleničkih plinova kreće se oko četiri stupa strategije zrakoplovne industrije, pri čemu je vrlo važna suradnja između zračnih prijevoznika: [15], [16], [17]

- Prvi stup – poboljšanje tehnologije i uporaba održivih zrakoplovnih goriva – npr. izmjena flote novim i učinkovitijim zrakoplovima i motorima (u prosjeku troše 15 do 20% manje goriva od starijih zrakoplova), razvoj održivih goriva/biogoriva (imaju potencijal za smanjenje emisija do 80%), manji konstrukcijski zahvati (korištenje zakrivljenih vrhova krila ili tzv. *winglets* s kojima se smanjuje otpor zraka, poboljšavaju performanse zrakoplova i smanjuje potrošnja goriva), lakši materijali u izradi zrakoplova, optočno-mlazni motori s višestupanjskom transmisijom, motori s otvorenim rotorom, napredni dizajn zrakoplova bez repa koji objedinjuje krila i trup (engl. *blended wing*) i sl.;
- Drugi stup – operativne mjere – npr. mjere za smanjenje mase na zrakoplovu (zamjena putničkih sjedala s novim lakšim sjedalima i korištenje tableta umjesto teških pilotskih priručnika) što posljedično omogućava da zrakoplov troši manje goriva, taksiranje s jednim motorom (engl. *single-engine taxiing*), procedure od strane kontrolora leta poput kontinuiranog snižavanja do slijetanja, optimizacija ruta, poboljšanja u sektoru upravljanja protokom zračnog prometa (sprječavanje nepotrebnog zadržavanja zrakoplova u zraku);

- Treći stup – modifikacija zemaljske infrastrukture i poboljšanja u navigaciji – npr. bolje korištenje zračnog prostora (implementacija koncepta Jedinstveno europsko nebo (engl. *Single European Sky,* SES)), pojednostavljivanje i skraćivanje ruta (npr. *Free Route Airspace,* FRA);
- Četvrti stup – razvoj tržišno utemeljenih mjera – npr. EU ETS, CORSIA.

Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe (engl. *European Organisation for the Safety of Air Navigation,* EUROCONTROL) smatra pitanja ekološke održivosti ključnim ciljem u upravljanju zračnim prometom. Mjere smanjenja utjecaja na okoliš već se uvelike primjenjuju u aerodromskim operacijama, rutiranju, letovima i upravljanju zračnim prometom. EUROCONTROL je omogućio Europskoj komisiji, državama članicama i operatorima zrakoplova bitnu podršku prilikom uključivanja zrakoplovnih emisija CO_2 u EU ETS smanjenjem troškova usklađivanja. Trenutno surađuje s ICAO na razvoju globalne tržišno utemeljene mjere CORSIA (engl. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) te pruža podršku implementaciji u Europi prikupljanjem i usklađivanjem podataka za postupak praćenja, izvještavanja i verifikacije emisija, [18].

Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost (engl. *European Aviation Safety Agency,* EASA) je također pokazala inicijativu za kontrolu emisijama, tako što je dana 17. listopada 2003. izvršni direktor agencije donio odluku, poznatiju i kao CS-34, o certifikatima kojima se potvrđuje pridržavanje odredbi u vezi sa zrakoplovnim emisijama i ispuštanjem goriva, [2].

ECAC-ovo (engl. *European Civil Aviation Conference*) djelovanje na području zaštite okoliša provodi se od 1974. godine, kroz grupu *Abatement of Nuisances Caused by Air Transport (ANCAT)* i njezine podgrupe. Grupa se sastoji od predstavnika ECAC-ovih zemalja članica, operatora zrakoplova, proizvođača zrakoplova, zračnih luka, EUROCONTROL-a i nevladinih udruga. ANCAT je savjetodavna grupa o čijim se preporukama raspravlja na ICAO CAEP-u (engl. *Committee on Aviation Envirmental Protection*), Odboru za zaštitu okoliša od zrakoplovnih djelovanja, [2].

4. RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA UREDBE EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE EMISIJAMA STAKLENIČKIH PLINOVA

Ukupna koncentracija svih stakleničkih plinova dosegla je visoku vrijednost od 449 ppm u ekvivalentima CO_2 u 2016. godini, što je povećanje za više od 4 ppm u odnosu na 2015. godinu i za 33 ppm-a u odnosu na prije 10 godina. Ako se koncentracije različitih stakleničkih plinova nastave povećavati trenutnim stopama, najviša razina koncentracije koja je potrebna da se zadrži ispod porasta temperature za 1,5°C iznad razina iz predindustrijskoga doba mogla bi biti dostignuta u narednih 5 do 16 godina. Najviša koncentracija potrebna za zadržavanje ispod maksimalnog povećanja temperature od 2°C mogla bi se dostići već u 17 do 40 godina, [7]. Stoga je na međunarodnoj razini prepoznata potreba za smanjenjem emisija stakleničkih plinova.

Ideja o sustavu Europske unije za trgovanje emisijama (EU ETS) donešena je u okviru važnog međunarodnog sporazuma o klimatskoj politici, opisanog u nastavku rada. EU ETS je mjera smanjenja emisija stakleničkih plinova, a time i suzbijanja klimatskih promjena, na ekonomski učinkovit način. U ovom poglavlju objašnjen je EU ETS sustav općenito, odnosno spomenuta je Direktiva na kojoj se sustav temelji, navedeni su ciljevi, sudionici te je ukratko opisan način funkcioniranja sustava. Također su navedene i opisane faze razvoja EU ETS-a. Posebna pažnja usmjerena je uključivanju zrakoplovne industrije u sustav.

4.1 Međunarodni sporazumi o klimatskoj politici

Dugoročan učinak klimatskih promjena, kao posljedica ljudskih aktivnosti koje su iskazane povećanjem emisija CO_2 i ostalih stakleničkih plinova, predstavlja jasan i važan poticaj za osnivanje međunarodnih sporazuma o klimatskoj politici. Njihov opći cilj jest podizanje stupnja ekološke osviještenosti na globalnoj razini te razvijanje raznih mjera i metoda koji će ograničiti globalnu koncentraciju plinova kao uzročnika efekta staklenika i omogućiti održivu kvalitetu života na Zemlji.

4.1.1 Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime

Na globalnom planu, pitanje klimatskih promjena rješava se Okvirnom konvencijom Ujedinjenih naroda o promjeni klime (engl. *The United Nations Framework Convention on Climate Change,* UNFCCC) te se smatra glavnim međunarodnim sporazumom o klimatskoj politici. Konvencija je usvojena u New Yorku, sjedištu UN-a, 9. svibnja 1992. godine, a potpisana je na svjetskom *summitu* u Rio de Janeiru u lipnju iste godine. Stupila je na snagu gotovo pune dvije godine kasnije – 21. ožujka 1994. godine. Do danas ju je ratificiralo 197 stranaka (196 država i 1 regionalna organizacija za gospodarsku integraciju). Republika Hrvatska postala je stranka Konvencije 1996. donošenjem Zakona o njezinu potvrđivanju u Hrvatskom saboru. Svrha Konvencije bila je omogućiti zemljama zajednički rad na ograničavanju globalnih povećanja temperatura i suočavanju s učincima klimatskih promjena, [19], [20].

Temeljni cilj Konvencije naveden je u članku 2 Konvencije i glasi: „…*postići stabilizaciju koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sistem. Ta razina se treba ostvariti u dovoljno dugom vremenskom okviru da omogući ekosustavu da se prilagodi na klimatske promjene, da se ne ugrozi proizvodnja hrane i da se omogući nastavak ekonomskog razvoja na održiv način*“, [21].

4.1.2 Kyotski protokol

Iako je početna svrha UNFCCC vrlo dobra, već sredinom 1990-ih, potpisnice UNFCCC uvidjele su da su potrebne strože odredbe kako bi se smanjile emisije stakleničkih plinova. Povodom toga, uveden je dodatak međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama te jedan od najvažnijih sporazuma o zaštiti okoliša – Kyotski protokol. Protokol je bio otvoren za potpisivanje u japanskom gradu Kyoto, zbog čega se i naziva Kyotski protokol. Do sada ga je potpisalo 192 stranke; 191 država i 1 regionalna organizacija za gospodarsku integraciju, s ciljem smanjivanja emisija šest najznačajnijih stakleničkih plinova: ugljičnog dioksida (CO_2), metana (CH_4), dušikovog oksida (N_2O), hidrofluorougljika (HFCs), perfluorugljika (PFCs) i sumporovog heksafluorida (SF6). Kyotski protokol odnosi se na sljedeće sektore, tj. kategorije

izvora emisija: proizvodnja energije (energetska, prerađivačka industrija, građevinarstvo, prometni sektor), industrijski procesi (kemijska industrija, proizvodnja metala…), upotreba otapala, poljoprivreda, odlaganje otpada itd.

Kyotski protokol prihvaćen je na Trećoj Konferenciji stranaka UNFCCC 11. prosinca 1997. godine. Prema članku 25, kako bi protokol stupio na snagu, trebao je biti ratificiran od strane 55 industrijskih zemalja odgovornih za najmanje 55% emisija štetnih plinova. Navedeni uvjeti ispunjeni su 18. studenog 2004. kad je ruski predsjednik Vladimir Putin potpisao zakon kojim se protokol upućuje na ratifikaciju. Obzirom da je Ruska Federacija odgovorna za 17% štetnih plinova, postotak onečišćivača atmosfere popeo se na 62%. Devedeset dana kasnije, 16. veljače 2005., Kyotski protokol konačno je stupio na snagu te obvezao sve zemlje članice Ujedinjenih naroda na smanjenje emisija. SAD, iako se smatra najvećim svjetskim onečišćivačem jer na njega otpada petina onečišćenja planetarnog omotača, odbacio je Kyotski protokol 2001. godine. IPCC je objavio znanstvene dokaze o vezama plinova s efektom staklenika i strahove da bi klimatske promjene mogle postati nepovratne, no američki predsjednik George W. Bush proglasio je sve dokaze upitnima, [22], [23].

Republika Hrvatska ratificirala je Kyotski protokol donošenjem Zakona o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, kojega je Hrvatski sabor donio na sjednici 27. travnja 2007. godine. Na taj način je ispunila i jedan od uvjeta pristupa Hrvatske EU. Iako ga je potpisala 11. ožujka 1999. godine kao 78. potpisnica, Hrvatska je cijeli proces ratifikacije razvlačila zbog pregovora oko bazne 1990. godine. Zahtjevala je da se poveća koncentracija emisije plinova za baznu godinu u odnosu na koju će biti obvezna smanjiti emisiju plinova za 5%, obzirom da je Hrvatska tad zbog posebnih uvjeta u razdoblju osamostaljenja, nerazvijene industrije i ovisnosti o uvozu energije, imala niske emisije stakleničkih plinova. Prema mišljenju hrvatskih stručnjaka, primjena protokola bez povećanja emisija u baznoj godini dovela bi do ozbiljnog ugrožavanja gospodarskog rasta Hrvatske, [22].

Temeljem članka 3 Kyotskog protokola zemlje trebaju osigurati da se njihove ukupne emisije stakleničkih plinova smanje za prosječno 5% ispod razina iz 1990. godine, u prvom obvezujućem razdoblju od 2008. do 2012. godine. U tablici 1 navedeni su postotci potrebnih smanjenja emisija u odnosu na baznu godinu za razvijene, dolje navedene zemlje.

Tablica 1. Postotci potrebnih smanjenja emisija u odnosu na baznu godinu za razvijene zemlje

DRŽAVA	CILJ
EU-15*, Bugarska, Češka, Estonija, Latvija, Lihtenštajn, Litva, Monako, Rumunjska, Slovačka, Slovenija, Švicarska	-8%
SAD	-7%
Kanada, Mađarska, Japan, Poljska	-6%
Hrvatska	-5%
Novi Zeland, Ruska Federacija, Ukrajina	0
Norveška	+1%
Australija	+8%

Izvor: [24]

*EU-15 uključuje sljedeće zemlje: Belgija, Danska, Njemačka, Grčka, Španjolska, Francuska, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Austrija, Portugal, Finska, Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo.

Kyotski protokol uveo je tri mehanizma za podršku inicijativama pokrenutima na državnoj razini:

1. Združena implementacija (engl. *Joint Implementation*) – omogućuje industrijski razvijenim zemljama (npr. Njemačka i Francuska) da surađuju na postizanju ciljanoga smanjenja emisija;
2. Mehanizam čistog razvoja (engl. *Clean Development Mechanism*) – omogućuje industrijaliziranim zemljama ulaganje u projekte koji smanjuju emisije u zemljama u razvoju. Zemlje koje ulažu u takve projekte ostvaruju prava na korištenje ovjerenih smanjenja emisija pribavljenih takvim projektnim aktivnostima (engl. *Certified Emission Reduction (CER) credits*). Mehanizam potiče održivi razvoj i smanjenje emisija, a industrijaliziranim zemljama pruža određenu fleksibilnost u ispunjavanju ciljeva smanjenja ili ograničavanja emisija;
3. Trgovanje emisijama (engl. *International Emission Trading*) - omogućuje industrijaliziranoj zemlji da otkupi drugoj zemlji viškove prava stečenih temeljem smanjenja vlastitih emisija s obzirom na prag na koji se obvezala, [22].

Drugo obvezujuće razdoblje Kyotskog protokola započelo je 1. siječnja 2013. i završava 2020. godine, kad započinje obveza prema novom međunarodnom sporazumu, Pariškom sporazumu, kako se opisuje u nastavku rada. Ovo drugo obvezujuće razdoblje obuhvaćeno je Izmjenom iz Dohe koje se odnosi na niz izmjena i dopuna Kyotskog protokola. Prema njemu su se 38 razvijenih zemalja sudionica, uključujući EU, obvezale na smanjenje emisija za najmanje 18% (npr. EU se obvezala smanjiti emisije za 20%) ispod razina iz 1990. godine, [20].

Glavni nedostatak Kyotskog protokola jest to da samo razvijene zemlje imaju obvezu smanjenja emisija. Budući da SAD nikada nije potpisao Kyotski protokol, da se Kanada povukla prije isteka prvog obvezujućeg razdoblja, a da Rusija, Japan i Novi Zeland ne sudjeluju u drugom obvezujućem razdoblju, taj se protokol sada primjenjuje samo na otprilike 14% emisija na globalnoj razini. No, važno je spomenuti da je više od 70 zemalja u razvoju i razvijenih zemalja preuzelo niz neobvezujućih obveza kako bi smanjile ili ograničile svoje emisije stakleničkih plinova, [20].

4.1.3 Pariški sporazum

Novi najvažniji globalni, pravno obvezujući, sporazum o klimatskim promjenama postignut je u Parizu 12. prosinca 2015. godine, na 21. zasjedanju Konferencije stranaka UNFCCC i 11. zasjedanju sastanka stranaka Kyotskog protokola. Pariški sporazum stupio je na snagu 4. studenog 2016. godine, odnosno trideset dana nakon što su zadovoljeni uvjeti – ratifikacija sporazuma od strane barem 55 zemalja odgovornih za najmanje 55% globalnih emisija stakleničkih plinova. Sve zemlje EU ratificirale su sporazum 5. listopada 2016. godine, što je zapravo omogućilo tadašnje stupanje sporazuma na snagu. Pariški sporazum obuhvaća razdoblje od 2020. godine pa nadalje.

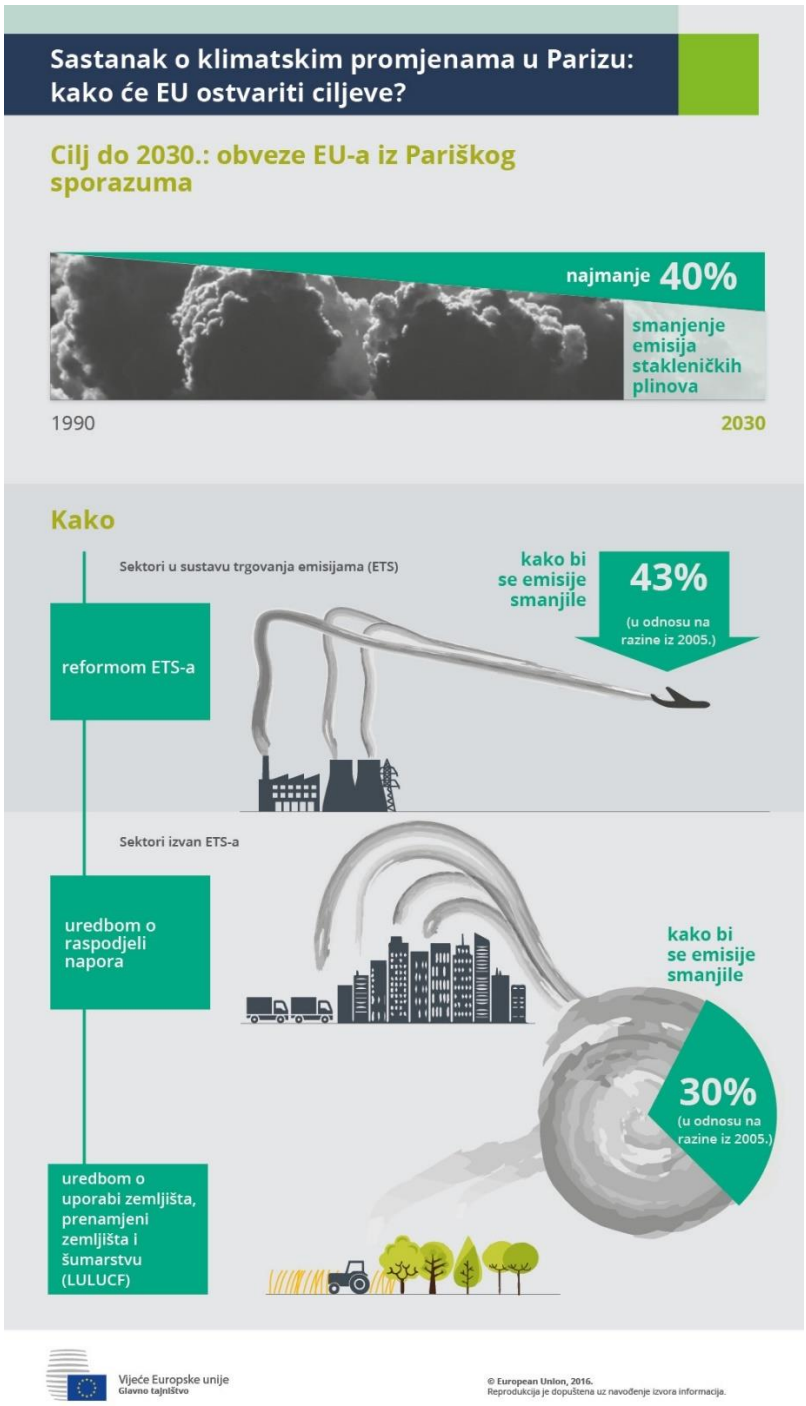
Glavni cilj novog Pariškog sporazuma jest zadržavanje porasta globalne prosječne temperature na razini koja je znatno niža od 2°C u usporedbi s predindustrijskim razinama. Također je prepoznata potreba za ulaganje napora u ograničavanje povišenja temperature na 1,5°C, jer se smatra da bi se time znatno smanjili rizici i utjecaji klimatskih promjena. Kako bi to bilo moguće, potrebno je što prije postići najvišu razinu globalnih emisija stakleničkih plinova, a zatim ostvariti brzo smanjenje emisija pomoću najbolje dostupnih znanstvenih

metoda, provedenih istraživanja te razvijenih tehnologija. Pritom treba uzeti u obzir da će za postizanje potrebnih maksimalnih emisija zemljama u razvoju trebati više vremena, [25].

Vlade uključenih zemalja su se složile da će svakih pet godina obavještavati o svojim doprinosima za postavljanje ambicioznijih ciljeva. Također su se obvezale na transparentnost, tj. međusobno izvještavanje te izvještavanje javnosti o napretku provedbe svojih ciljeva, [26].

Obzirom da je pri savladavanju klimatskih promjena ključna suradnja na međunarodnoj razini, EU je preuzela vrlo važnu ulogu tijekom pregovora i provedbe međunarodnih sporazuma. Odlučila je povećati svoj doprinos međunarodnom financiranju borbe protiv klimatskih promjena kako bi se zemljama u razvoju pomoglo da smanje emisije i postanu otpornije na učinke klimatskih promjena. Doprinos je utvrđen za industrijalizirane zemlje do 2020. i iznosi 100 milijardi američkih dolara godišnje, a kasnije, do 2025. stranke UNFCCC utvrdit će novi kolektivni cilj, [26].

EU se obvezala smanjiti emisije stakleničkih plinova za najmanje 40% do 2030., u usporedbi s razinama iz 1990. godine, a na slici 5 je prikazan plan EU za ostvarenje postavljenog cilja. Sektori uključeni u EU ETS, pomoću reformiranog sustava, imaju obvezu smanjenja emisija za 43% u odnosu na razine emisija iz 2005. godine. Više o reformi EU ETS-a pisano je u sljedećem potpoglavlju. Oni sektori izvan EU ETS-a, s pomoću uredbe o raspodjeli napora i uredbe o uporabi zemljišta, prenamjeni zemljišta i šumarstvu, trebaju smanjiti emisije za 30% u odnosu na razine iz 2005. godine, [27].



Slika 5. Plan EU za ostvarenje postavljenog cilja prema obvezama iz Pariškog sporazuma, [27]

4.2 Općenito o EU ETS-u

EU ETS temeljen je na Direktivi 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 13. listopada 2003. godine, kojom se utvrđuje shema za trgovanje emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Program djeluje na principu „*cap and trade*“, odnosno ograničavanju ukupne količine stakleničkih plinova koju mogu ispustiti energetski intenzivna industrija (uključujući rafinerije nafte, proizvodnju željeza, aluminija, metala…), proizvođači električne i toplinske energije te zračni prijevoznici, a poduzeća mogu dobiti ili kupiti pojedinačne jedinice s kojima mogu međusobno trgovati po potrebi. EU ETS obvezuje 31 zemlju Europskog gospodarskog prostora (engl. *European Economic Area,* EEA), odnosno svih 28 zemalja EU plus 3 zemlje Europske slobodne trgovinske zone (engl. *European Free Trade Association,* EFTA) - Island, Lihtenštajn i Norvešku. Njime je obuhvaćeno 45% emisija stakleničkih plinova u EU, a ograničava emisije iz gotovo 11000 elektrana i proizvodnih postrojenja te više od 500 operatora zrakoplova koji lete između zračnih luka unutar područja EEA, [28].

Svake godine emiteri moraju predati svoje emisijske jedinice[2] iz prethodne godine. Emisijske jedinice ograničene su na količinu ili tzv. kvotu koju određuje EU. Kvota je apsolutna količina stakleničkih plinova koju tijela obuhvaćena sustavom mogu ispustiti kako bi se osiguralo postizanje cilja smanjenja emisija. Ona mora odgovarati broju emisijskih jedinica puštenih u optjecaj tijekom razdoblja trgovanja. Kvota emisijskih jedinica se svake godine smanjuje linearnim faktorom smanjenja od 1,74% godišnje prosječne ukupne količine emisijskih jedinica izdanih svake godine u razdoblju od 2008. do 2012. godine, a predviđen je i porast linearnog faktora smanjenja na 2,2% godišnje u četvrtoj fazi trgovanja. Time se jamči da broj emisijskih jedinica koje emiteri mogu koristiti bude 21% niži 2020., odnosno 43% niži 2030., u odnosu na 2005. godinu, [29].

Kako se kvota emisijskih jedinica progresivno smanjuje, njihove cijene rastu. To posljedično emiterima daje poticaj za smanjenje količine emisija na troškovno učinkovit način i pokretanje inovacija usmjerenih na smanjenje emisija stakleničkih plinova. Kao što je već spomenuto, EU ETS programom omogućeno je trgovanje emisijama. To znači da oni emiteri,

[2] Pravo na emisiju jedne tone ekvivalenta ugljikovog dioksida tijekom određenog razdoblja. Tona ekvivalenta ugljikovog dioksida znači jedna metrička tona ugljikovog dioksida (CO_2) ili količina bilo kojeg stakleničkoga plina s jednakim potencijalom globalnog zatopljenja. [30]

koji nemaju dovoljno emisijskih jedinica za nadoknadu emisija iz prethodne godine, mogu kupiti jedinice na dražbi ili od drugih poduzeća koja imaju višak.

4.3 Faze razvoja EU ETS-a

EU ETS pokrenut je 1. siječnja 2005. godine i njegov razvoj podijeljen je u četiri faze, koje su u nastavku rada objašnjene. EU ETS trenutno se nalazi u trećoj fazi, koja je počela 2013. te će završiti 2020. godine.

4.3.1 Prva faza (2005.-2007.)

Prva faza uključuje trogodišnju fazu ispitivanja, koja je trajala od 2005. do 2007. godine. Predstavljala je period prilagodbe za drugu fazu, kad bi EU ETS trebao početi učinkovito djelovati kako bi pomogao EU u ispunjavanju svojih ciljeva prema Kyotskom protokolu. U prvoj fazi obuhvaćene su samo emisije CO_2 iz proizvođača električne energije i energetski intenzivnih industrija. Gotovo sve jedinice besplatno su dodijeljene poduzećima, a kazna za prekomjerne emisije za koje nisu pravodobno predane emisijske jedinice iznosila je 40 eura po toni CO_2. Prva faza uspješno je završena uspostavljanjem cijene ugljika, slobodne trgovine emisijskim jedinicama diljem EU te infrastrukture potrebne za praćenje, izvještavanje i verifikaciju emisija iz pokrivenih poduzeća. Zbog nedostatka pouzdanih podataka o emisijama, prva faza je postavljena na temelju procjena, a kao rezultat toga ukupni iznos izdanih emisijskih jedinica premašio je količinu emisija puštenih u optjecaj, odnosno ponuda je znatno premašila potražnju. Također, izdane jedinice u prvoj fazi nisu se mogle zabraniti za uporabu u drugoj fazi, što je u konačnici prouzročilo problem u 2007. godini kad je cijena emisijske jedinice pala na nulu, [28].

4.3.2 Druga faza (2008.-2012.)

Druga faza započela je 2008. i završila je 2012. godine te se podudarala s prvim obvezujućem razdobljem Kyotskog protokola kojim su zemlje obuhvaćene EU ETS-om morale ispuniti konkretne ciljeve za smanjenje emisija. Ujedno je i faza u kojoj je zračni sektor uveden

u EU ETS. U ovoj fazi pridružile su se tri nove zemlje - Island, Lihtenštajn i Norveška. Udio besplatno dodijeljenih jedinica blago je pao na oko 90%, a kazna za prekomjerne emisije za koje nisu pravodobno predane emisijske jedinice povećana je na 100 eura po toni CO_2. Budući da su u ovoj fazi dostupni stvarni podaci o emisijama, dobiveni na temelju verificiranih godišnjih podataka o emisijama iz prve faze, kvota emisijskih jedinica je smanjena za 6,5% u odnosu na 2005. godinu. Međutim, ekonomska kriza iz 2008. godine doprinijela je neočekivanom smanjenju emisija i značajno smanjila potražnju za emisijskim jedinicama. To je dovelo do pada cijene ugljika i nastanka velikog viška emisijskih jedinica u sustavu, [28].

4.3.3 Treća faza (2013.-2020.)

Pravila u prve dvije faze EU ETS-a bitno su se razlikovala od pravila iz tekuće treće faze. Glavna značajka treće faze jest da se počinje primjenjivati jedinstvena dodijeljena kvota na emisije stakleničkih plinova na razini cijele EU, čime se zamjenjuje prethodni sustav 27 nacionalnih kvota. Zadana metoda dodjele emisijskih jedinica je putem dražbi, umjesto dotadašnjih besplatnih raspodjela. Za postrojenja kojima se emisijske jedinice i dalje dodjeljuju besplatno, usklađena su pravila na razini EU. Kao velika promjena ističe se i uključenje većeg broja sektora i plinova. Nadalje, kako bi se otklonila neuravnoteženost ponude i potražnje emisijskih jedinica, nastalih uslijed ekonomske krize, 2015. godine uspostavljena je rezerva za stabilnost tržišta[3] (engl. *Market Stability Reserve,* MSR), koja je operativna od 2019. godine, [28], [29].

4.3.4 Četvrta faza (2021.-2030.)

Zakonodavni okvir EU ETS-a za njegovu sljedeću, četvrtu, fazu, koja treba početi 2021. godine, revidiran je početkom 2018. godine. Cilj revidirane Direktive jest potaknuti ostvarivanje trostrukog cilja smanjenja emisija stakleničkih plinova za 43% za sektore obuhvaćene ETS-om EU-a do 2030. godine, očuvanja konkurentnosti industrije te poticanja modernizacije i inovacija za niske emisije ugljika nizom međusobno povezanih mjera. Kako bi se omogućilo ubrzanje smanjenja emisija stakleničkih plinova za 43% do 2030., u odnosu na

[3] Mehanizam uspostavljen za smanjenje prekomjerne nabave emisijskih jedinica i poboljšanje otpornosti EU ETS-a na buduće neočekivane događaje i pritiske.

razine iz 2005. u sektorima obuhvaćenima ETS-om EU-a, od 2021. faktor linearnog smanjenja povećati će se na 2,2%, u usporedbi s trenutačnim faktorom od 1,74%. Predviđeno je i da se na emisijske jedinice za zrakoplovstvo primjenjuje navedeni faktor linearnog smanjenja od 2,2%. Ono podrazumijeva stabilno smanjivanje od približno 48 milijuna emisijskih jedinica godišnje u odnosu na trenutačnih 38 milijuna. Reformiranim EU ETS-om pitanje viška i dalje će se rješavati jačanjem rezerve za stabilnost tržišta, [29].

4.4 Implementacija EU ETS-a u zrakoplovstvo

U 2008. godini EU je odlučila uključiti zrakoplovne aktivnosti u EU ETS program. Emisije iz zrakoplovstva stoga podliježu ciljevima EU za smanjenje emisije stakleničkih plinova od 20% za 2020. godinu i 40% za 2030. godinu. Zrakoplovstvo je uvedeno u EU ETS od 1. siječnja 2012. godine. Operatori zrakoplova obvezni su pratiti, izvještavati i verificirati emisije, a potom predati emisijske jedinice koje pokrivaju emisije svih njihovih letova, uključenih u EU ETS, koji su obavljeni u određenoj godini. Od 1. siječnja 2014. Hrvatska je u potpunosti uključena u zrakoplovni dio sustava EU ETS, dok su se između 1. srpnja 2013., kada je Hrvatska pristupila Europskoj uniji, i 31. prosinca 2013., primjenjivale samo obveze izvještavanja.

4.4.1 Razvoj implementacije EU ETS-a u zračni sektor

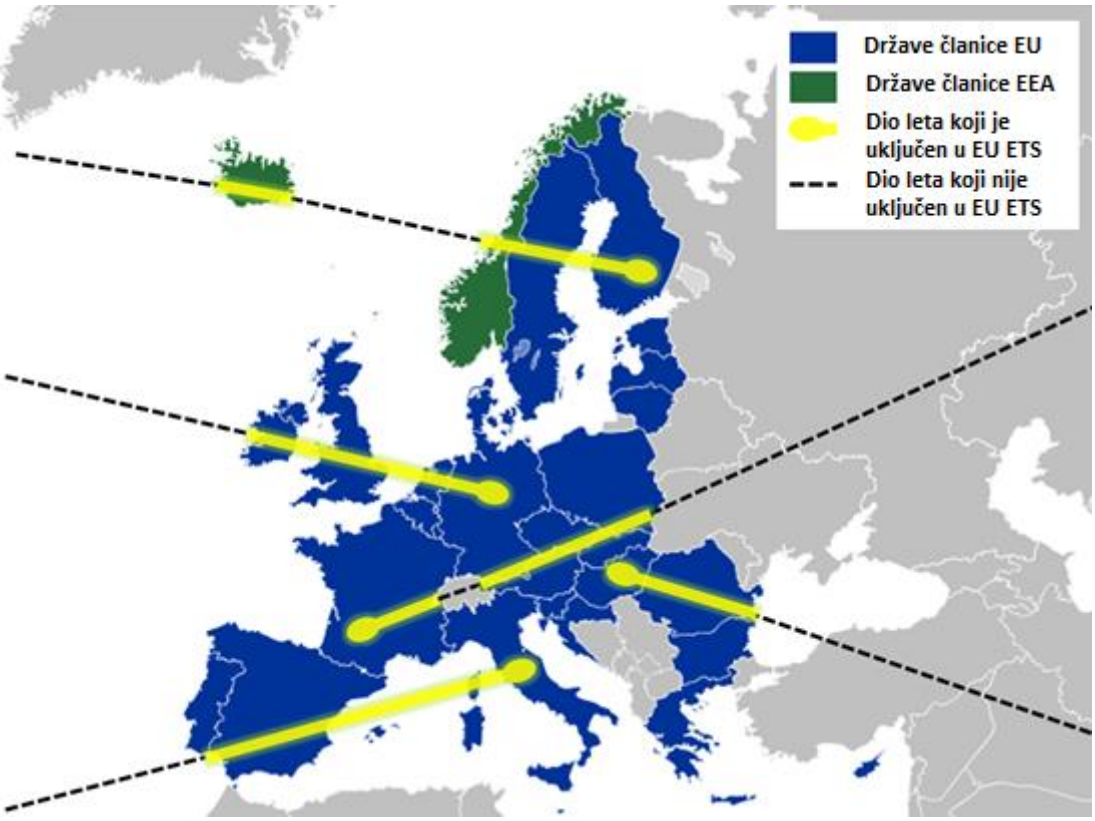
Iako zračni prijevoznici počinju sudjelovati u EU ETS 2012. godine, opsežne pripreme za sudjelovanje obavljene su već 2009. godine. Sustavno praćenje goriva i emisija CO_2 te tonskih kilometara započelo je 2010. godine. Vremenski slijed uvođenja EU ETS-a:

- Do 26. svibnja 2009. : informativni primjeri Planova za praćenje emisija;
- Sredina lipnja 2009. : publikacija primjera Planova za praćenje emisija s pratećim smjernicama;
- 31. kolovoz 2009. : krajnji rok za podnošenje Planova za praćenje emisija;
- 1. siječnja 2010. : početak praćenja emisija u skladu s prijavljenim i odobrenim Planom;
- listopad - prosinac 2010. : rješavanje poteškoća koje su se pojavile tijekom godine kada je sustav počeo funkcionirati kako bi izvješća o emisijama CO_2 i podaci o tonskim kilometrima bili što točniji;
- 31. ožujka 2011. : zadnji rok za podnošenje izvješća (emisija CO_2 i tonski kilometri);

- 31. ožujka svake godine : zadnji rok za podnošenje izvješća;
- Do 30. travnja 2013. : prva predaja emisijskih jedinica temeljena na emisijama u 2012. godini, [2], [17].

4.4.2 Izvorno zakonodavstvo – puno područje primjene

Direktiva 2003/87/EZ izmijenjena je 2008. godine Direktivom 2008/101/EZ Europskog parlamenta i Vijeća radi uključivanja zrakoplovnih djelatnosti u EU ETS. Dodatak I Direktive definira opseg zrakoplovnih aktivnosti uključenih u EU ETS. Direktiva zahtijeva da se obuhvate svi letovi zrakoplova koji polijeću i/ili slijeću sa zračnih luka unutar područja EEA (28 država članica EU i države EFTA: Norveška, Island i Lihtenštajn). Operatori zrakoplova koji obavljaju takve zrakoplovne aktivnosti dužni su sudjelovati u EU ETS-u, bez obzira je li njihovo sjedište u EU ili EFTA ili u zemlji gdje im je izdata operativna dozvola. Na slici 6 su prikazane proporcije letova prema trećim zemljama (iz područja EEA) i iz trećih zemalja (prema području EEA). Slika se odnosi na izvorno zakonodavstvo, odnosno na tzv. puno područje primjene (engl. *full scope*).



Slika 6. Proporcije letova uključenih u EU ETS pod izvornim zakonodavstvom, [31]

4.4.3 Promjena zakonodavstva – smanjeno područje primjene

Nakon značajne pobune stranih, osobito američkih prijevoznika protiv njihova uključivanja u EU ETS, u 2012. godini došlo je do odluke *„stop the clock“* o njihovom isključenju iz obveza EU ETS-a. Potom je ono produženo do 2016. godine kako bi se ICAO-u dalo na vremenu te olakšalo pregovaranje o rješavanju emisija međunarodnih letova. Na taj način je EU pružila potporu ICAO-u za razvoj globalne tržišno utemeljene mjere.

U listopadu 2016. godine Skupština ICAO-a prihvatila je Rezoluciju o uvođenju sustava za neutralizaciju i smanjenje emisija ugljika za međunarodno zrakoplovstvo (CORSIA), koja se treba početi primjenjivati od 2021. godine. CORSIA je zamišljena kao sustav za neutralizaciju emisija ugljika radi stabilizacije emisija iz međunarodnog zračnog prometa na razine iz 2020. godine, a više o tome je pisano u sljedećem potpoglavlju. Nakon postignutog sporazuma i do primjene CORSIA-e, područje primjene za zrakoplovne aktivnosti unutar EEA produženo je 2017. godine do kraja 2023. godine. Nakon toga će, ako ne bude proveden postupak preispitivanja CORSIA-e, biti vraćeno na prvotno puno područje primjene.

U skladu s time, Direktiva 2003/87/EZ izmijenjena je 2014. godine Uredbom (EU) 421/2014, a potom 2017. godine i Uredbom (EU) 2017/2392, kako bi se produžilo područje primjene za zrakoplovstvo unutar EEA do 2023. godine.

4.4.4 Kvota emisijskih jedinica za zračni promet

Emisijske jedinice dodjeljuju se na temelju izračunate referentne vrijednosti, povezane s efikasnosti operatora zrakoplova u prijevozu putnika i tereta na određenoj udaljenosti. Besplatne emisijske jedinice dodjeljuju se oko 500 operatora zrakoplova koji su se prijavili za besplatnu dodjelu tako što su poslali podatke o verificiranim tonskim kilometrima za 2010. godinu. Referentna vrijednost osigurava da se održava ukupna količina dodijeljenih emisijskih jedinica i da svi operatori zrakoplova dobivaju jednaku količinu emisijskih jedinica po tonskim kilometrima. Administrativne države članice nadziru besplatnu dodjelu emisijskih jedinica operatorima zrakoplova za koje su odgovorni. Besplatno dodijeljene emisijske jedinice određene su množenjem referentne vrijednosti s verificiranim podacima o tonskim

kilometrima za 2010. godinu za svakog operatora zrakoplova koji ispunjava uvjete i koji je podnio zahtjev za besplatnu dodjelu.

Kvotu emisijskih jedinica je odredila Europska komisija. Za 2012. godinu ona iznosi 97% zrakoplovnih povijesnih emisija od 2004. do 2006. godine, odnosno 3% je niža od prosječne godišnje razine emisija u 2004., 2005. i 2006. godini. Za treću fazu EU ETS-a (2013.-2020.), godišnja kvota dodijeljenih emisijskih jedinica za zračni promet je izvorno bila 210 349 264 emisijskih jedinica te iznosi 95% emisija od 2004. do 2006. godine. Ovo razdoblje je uzeto kao referenca jer je tada zabilježen početak znatnog porasta zračnog prometa. Navedena kvota je 1. siječnja 2014. uvećana za dodatnih 116524 emisijskih jedinica za zračni promet radi prilagodbe pristupanju Hrvatske u EU ETS. Te su emisijske jedinice raspoređene na sljedeći način: [29]

- 82% emisijskih jedinica se besplatno dodijeljuje operatorima zrakoplova;
- 15% emisijskih jedinica se kupuje putem dražbi;
- 3% emisijskih jedinica za specijalnu rezervu za dodjelu novodolazećim operatorima zrakoplova te operatorima zrakoplova u razvoju.

Međutim, stvarno dodijeljene emisijske jedinice do kraja 2023. godine su znatno manje od navedenih, obzirom da se treba uzeti u obzir i privremeno smanjeno područje primjene EU ETS-a. To znači da je bilo potrebno promijeniti referentne vrijednosti za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica operatorima zrakoplova. Prema tome, kako se EU ETS primijenjuje za letove samo unutar država EEA, referentne vrijednosti treba temeljiti na broju besplatnih emisijskih jedinica na razini EEA. One se izračunavaju tako da se broj emisijskih jedinica na razini EEA u razdoblju trgovanja od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. i razdoblju trgovanja od 1. siječnja 2013. do 31. prosinca 2020. podijele sa svotom iznosa iz podataka o tonskim kilometrima. Referentna vrijednost koja se koristi za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica operaterima zrakoplova za razdoblje od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. iznosi 0,000679695907431681 emisijskih jedinica po tonskom kilometru. Za razdoblje od 1. siječnja 2013. do 31. prosinca 2020. iznosi 0,00513749531377628 emisijskih jedinica po tonskom kilometru, što odgovara 0,000642186914222035 emisijskih jedinica po tonskom kilometru godišnje, [33].

4.4.5 Izuzeća od primjene EU ETS-a

Osim letova između onih zračnih luka koje se ne nalaze u državama članicama EEA, sljedeći tipovi letova izuzeti su iz EU ETS-a:

- letovi u službenoj misiji; vladajućih kraljevskih obitelji i njihovih članova uže obitelji, predsjednika/poglavara država, članova vlada i ministara vlade;
- vojni letovi vojnih zrakoplova;
- letovi koji se odnose na potragu i spašavanje, vatrogasni letovi, humanitarni letovi i letovi medicinske službe;
- letovi se obavljaju isključivo prema vizualnim pravilima leta (engl. *Visual Flight Rules,* VFR);
- kružni letovi (odlazak i dolazak na istu zračnu luku bez slijetanja u međuvremenu);
- školski letovi;
- letovi koji se obavljaju isključivo u svrhu znanstvenog istraživanja;
- letovi koji se obavljaju u okviru obveza javnih službi, [34].

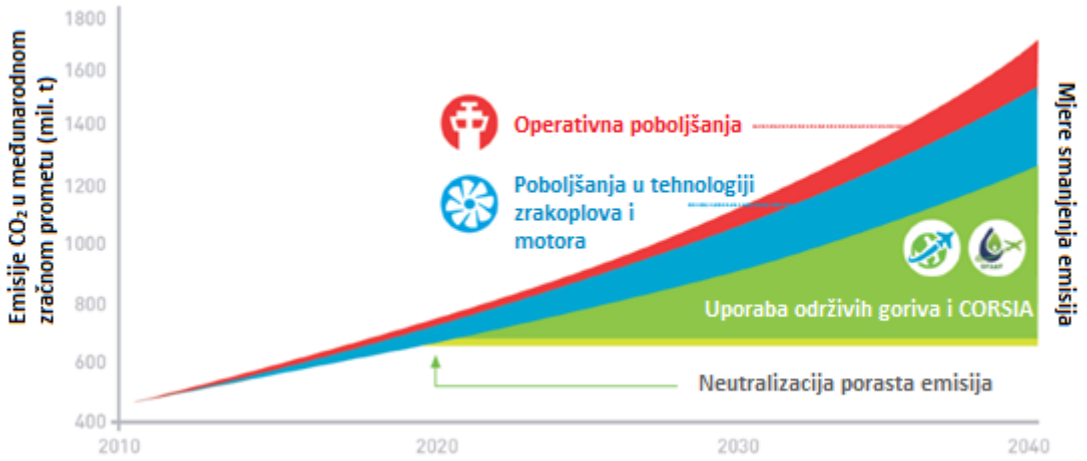
Nadalje, letovi zrakoplovima s certificiranom maksimalnom masom polijetanja (engl. *Maximum Take-Off Mass,* MTOM) manjom od 5700 kg nisu uključeni u EU ETS. To znači da operatori zrakoplova koji ne koriste teže zrakoplove nemaju obaveze prema EU ETS-u. Također, vrlo mali nekomercijalni operatori zrakoplova, odnosno operatori zrakoplova koji emitiraju manje od 1000 tona CO_2 godišnje izuzeti su iz EU ETS-a do 31. prosinca 2030. godine, [34].

Definirano je i izuzeće vezano za komercijalne zračne prijevoznike[4]. Ukoliko posluju s manje od 243 leta po razdoblju tijekom tri uzastopna četveromjesečna razdoblja ili su njihove emisije manje od 10000 tona CO_2 godišnje, izuzeti iz EU ETS-a, [34].

[4] Operator zrakoplova koji za određenu naknadu pruža usluge zračnog prijevoza redovitim ili izvanrednim prometom za prijevoz putnika, tereta i pošte.

4.5 CORSIA

CORSIA (engl. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) je globalna tržišno utemeljena mjera, razvijena od strane ICAO-a te se odnosi isključivo na regulaciju emisija CO_2 uzrokovanih međunarodnim letovima. Regulacija emisija iz domaćeg prometa pod nadležnosti su UNFCCC i obuhvaćene su već spomenutim Pariškim sporazumom. Dva glavna cilja CORSIA-e su prestanak rasta emisija, odnosno stabilizacija CO_2 od 2020. te poboljšanje u učinkovitosti potrošnje goriva od 2% godišnje do 2050. godine. To se nastoji postići provođenjem raznih mjera, poput poboljšanja u operativnom sektoru i upravljanju zračnim prometom, boljom zrakoplovnom tehnologijom i obnovama flote zračnih prijevoznika, uporabom održivih goriva te CORSIA-om, što je također prikazano slikom 7.



Slika 7. Doprinos mjera za smanjenje emisija ugljičnog dioksida u međunarodnom zračnom prometu, [35]

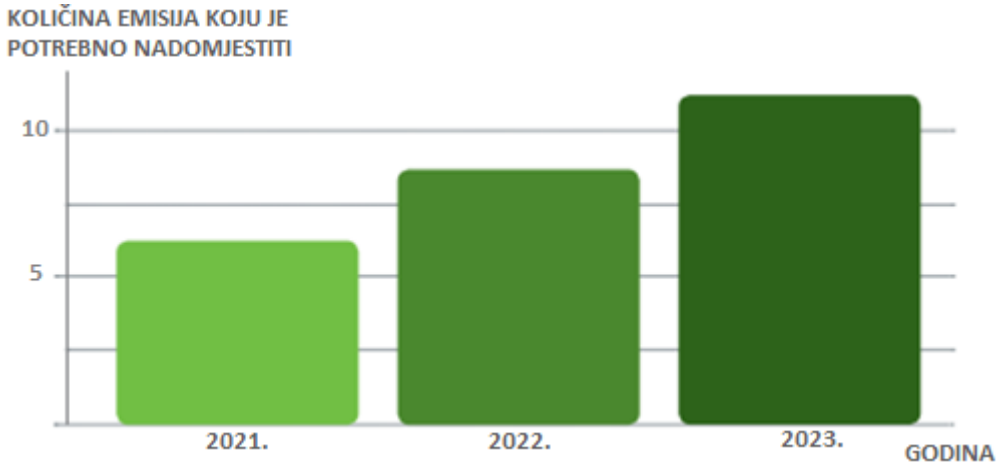
Implementacija CORSIA-e se odvija u tri faze; u dvije početne faze (pilot faza od 2021. do 2023. i prva faza od 2024. do 2026. godine) te u drugoj fazi (od 2027. do 2035. godine). Tijekom početnih faza, CORSIA će se primjenjivati samo na međunarodne letove između država koje su dobrovoljno sudjelovale. No, u drugoj fazi, koja započinje 2027. godine, sudjelovanje je obavezno te pokriva sve međunarodne letove, uključujući i one koji započinju ili završavaju u državama koje se nisu dobrovoljno uključile u početnim fazama. Još točnije, uključene su sve države s individualnim udjelom u aktivnostima međunarodnog zračnog prometa (iskazanima u ostvarenim tonskim kilometrima) u 2018. godini većim od 0,5% ili čiji

kumulativni udio na popisu država, od najvećeg do najmanjeg udjela prema ostvarenim tonskim kilometrima, dostigne 90% ukupnih aktivnosti. Manje razvijene države i male otočne države u razvoju su izuzete osim ako same dobrovoljno ne odluče sudjelovati, [36].

Prosječna razina emisija CO_2 iz međunarodnih letova koji su obuhvaćeni CORSIA shemom između 2019. i 2020. godine predstavlja osnovu ili tzv. „bazu“ za neutraliziranje ugljika od 2020. godine nadalje jer se prema njoj uspoređuju emisije u narednim godinama. Ako su u bilo kojoj godini, počevši od 2021., emisije CO_2 veće od prosječnih baznih emisija iz 2019. i 2020., tu razliku je potrebno nadomjestiti, prema sljedećim koracima: [37]

1. Država izračunava količinu koju je potrebno nadomjestiti i koja će biti dodijeljena određenom zračnom prijevozniku (slika 8).

Količina koju je potrebno nadomjestiti (engl. *CO_2 Offset Requirements*) umnožak je godišnjih emisija operatora zrakoplova i faktora povećanja (engl. *Growth Factor*). U danoj godini, počevši od 2021., faktor povećanja je postotno povećanje u količini emisija u odnosu na prosječnu razinu emisija iz 2019. i 2020. godine te ga izdaje ICAO. Faktor povećanja mijenja se svake godine, uzimajući u obzir porast emisija unutar zračnog sektora i individualnih emisija operatora zrakoplova.

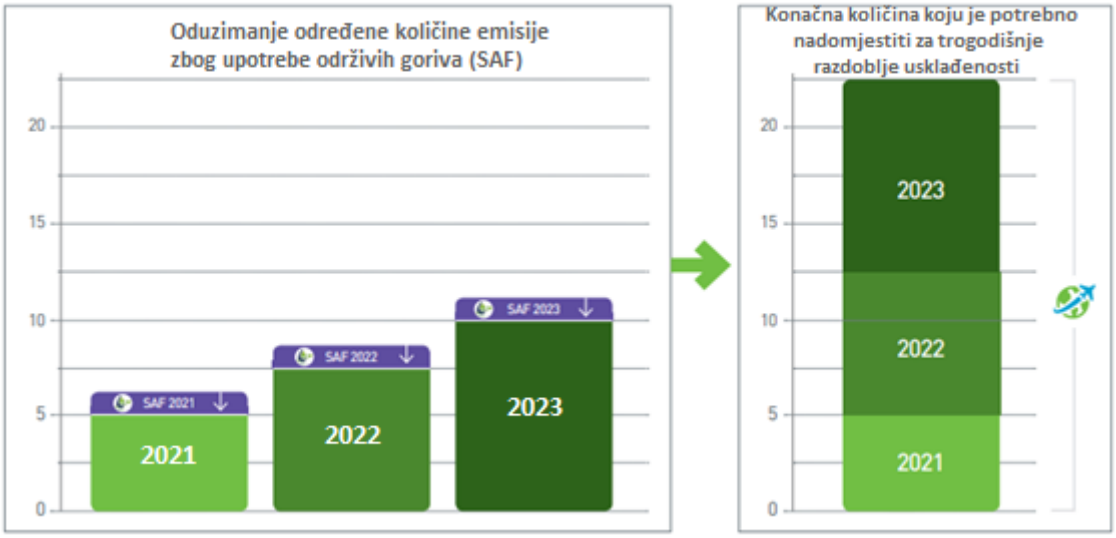


Slika 8. Primjer - količina emisija koju je potrebno nadomjestiti tijekom godina primjene CORSIA-e

Izvor: [37]

2. Operator zrakoplova izvještava o korištenju održivih zrakoplovnih goriva za razdoblje od 3 godine.

3. Država oduzima određenu količinu emisija zbog upotrebe održivih goriva (engl. *Sustainable aviation fuel*, SAF) i obavještava operatora zrakoplova o konačnoj količini koju treba nadomjestiti za trogodišnje razdoblje usklađenosti (slika 9).



Slika 9. Primjer - izračun konačne količine koju je potrebno nadomjestiti za trogodišnje razdoblje usklađenosti, [37]

4. Prijevoznik kupuje i poništava određenu količinu emisijskih jedinica jednaku onoj proračunatoj za nadomjestak u tom razdoblju (slika 10).
    a) Stvaranje: Projekti smanjenja emisija stvaraju emisijske jedinice;
    b) Kupnja: Emisijske jedinice kupuju se na tržištima ugljika, gdje je jedna emisijska jedinica jednaka jednoj toni CO_2;
    c) Poništavanje: Operatori zrakoplova poništavaju CORSIA „prihvatljive“ emisijske jedinice. Poništavanje se obavlja putem programa unutar kojeg operatori moraju biti registrirani: „*CORSIA Eligible Emissions Unit Program*“.

    Poništavanje emisijskih jedinica omogućuje njihovo trajno uklanjanje, čime se osigurava da je uporaba emisijskih jedinica jednokratna, odnosno da se te emisijske jedinice neće više puta iskoristiti;
    d) Objavljivanje: Operatori unutar programa zatraže da je informacija o poništavanju emisijskih jedinica vidljiva na javnoj stranici registra.

Slika 10. Proces stvaranja, kupnje, poništavanja i objavljivanja emisijskih jedinica

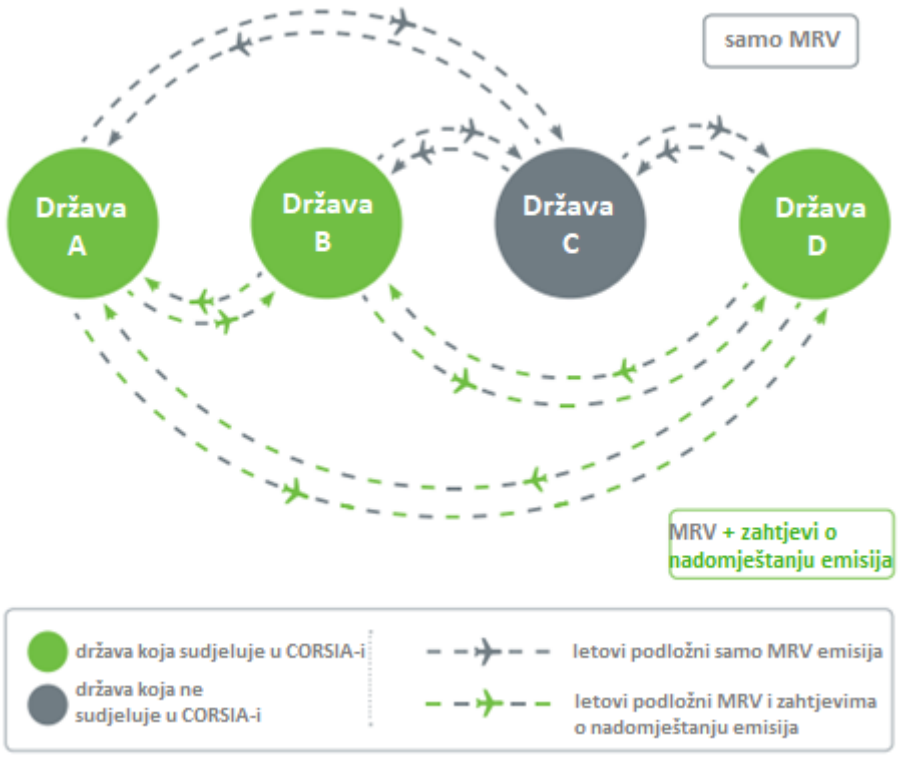
Izvor: [37]

5. Operator zrakoplova šalje državi izvješće o količini poništenih emisijskih jedinica, zatim država provjerava to izvješće i informacije šalje u ICAO.

Države članice ICAO-a i operatori zrakoplova koji sudjeluju u međunarodnom zračnom prometu obvezni su pratiti, izvještavati i verificirati emisije CO_2 svih međunarodnih letova tijekom cijele godine. Godišnje obveze izvještavanja o emisijama CO_2 operatora zrakoplova započele su već 1. siječnja 2019. godine.

Na slici 11 prikazane su obveze država koje sudjeluju (označene zelenom bojom) i onih država koje ne sudjeluju (označene sivom bojom) u CORSIA-i. Letovi koji polijeću iz države uključenu u CORSIA i slijeću u državu uključenu u CORSIA, bit će podložni praćenju,

izvještavanju i verifikaciji emisija (MRV) te zahtjevima o nadomještanju emisija (engl. *Offsetting Requirements*). No, letovi koji polijeću iz države uključenu u CORSIA i slijeću u državu koja ne sudjeluje u CORSIA, i obrnuto, bit će podložni samo MRV emisija, [35], [36].



Slika 11. Obveze država koje sudjeluju i koje ne sudjeluju u CORSIA-i, [36]

5. METODOLOGIJA PROCESA PRAĆENJA EMISIJA U POSLOVANJU ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

U ovom poglavlju objašnjen je godišnji proces praćenja, izvještavanja i verifikacije emisija (engl. *Monitoring, reporting and verification,* MRV), prema smjernicima iz priručnika temeljenog na Uredbi o praćenju i izvještavanju (engl. *Monitoring and Reporting Regulation,* MRR). Navedene su uloge i odgovornosti svih uključenih sudionika, pri čemu se svakako važnost pridonosi operatoru zrakoplova. Opisana je metodologija izračuna emisija CO_2 potrebna za izradu godišnjeg izvješća o emisijama. Također je objašnjen izračun tonskih kilometara prema kojem je operator zrakoplova izrađivao izvješća prije početka uključivanja u EU ETS, obzirom da je na temelju tih podataka ostvario mogućnost za dobivanje besplatnih emisijskih jedinica. Objašnjen je Plan praćenja, njegova važnost i sadržaj te njegovi popratni dokumenti. Poglavlje završava s posljednjim korakom u godišnjem ciklusu usklađenosti s EU ETS-om, odnosno trgovanjem i predajom emisijskih jedinica.

5.1 Općenito o sustavu praćenja, izvještavanja i verifikacije

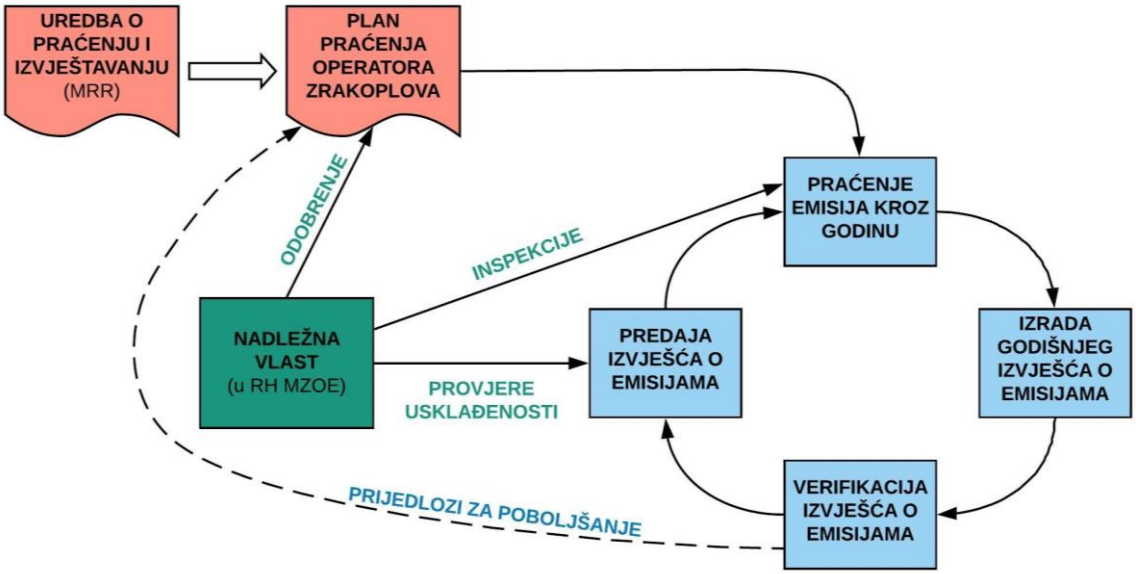
Sustav praćenja, izvještavanja i verifikacije emisija ima ključnu ulogu u EU ETS-u. U EU ETS je uključena skupina sudionika koji zajednički doprinose pri postizanju zadanog cilja smanjenja utjecaja stakleničkih plinova na okoliš. S druge strane, EU ETS je omogućio razvitak tržišta na kojem sudionici trebaju znati monetarnu vrijednosti dodijeljenih emisijskih jedinica, s kojima trguju i koje moraju predati. To zahtjeva određenu razinu pravednosti koja se omogućava isključivo dobro organiziranim sustavom praćenja, izvještavanja i verifikacije emisija (u nastavku MRV). Prema tome, MRV mora biti kompletan, dosljedan, točan i transparentan jer se jedino na takav način može osigurati da svi sudionici ispunjavaju svoje obveze predaje emisijskih jedinica, [34].

U skladu s Direktivom 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, Komisija je odredila Uredbu o praćenju i izvještavanju (MRR). Zajedno s novom Uredbom za verifikaciju i akreditaciju verifikatora (engl. *Regulation for verification and accreditation of verifiers*), MRR je zamijenio poznate Smjernice za praćenje i izvještavanje (engl. *Monitoring and Reporting*

Guidelines, MRG) te se primjenjuje za emisije od 1. siječnja 2013., odnosno od trećeg razdoblja trgovanja nadalje. Na temelju MRR-a izrađene su detaljne upute, popraćene svim potrebnim informacijama, kako bi se omogućila usklađena provedba obveza u svim državama članicama i visoka razina točnosti prilikom procesa praćenja i izvještavanja emisija.

5.2 Ciklus usklađenosti s EU ETS-om

Godišnji proces praćenja, izvještavanja, verifikacije i predaje emisija operatora zrakoplova te postupak nadležne vlasti za prihvaćanje izvještaja o emisijama često se naziva ciklus usklađenosti. Na slici 12 prikazani su glavni elementi pojednostavljenog ciklusa usklađenosti, što znači da u njemu nije uključen proces dodjele emisijskih jedinica, kao i proces predaje i trgovanja emisijskim jedinicama.



Slika 12. Glavni elementi ciklusa usklađenosti

Izvor: [34]

Na desnoj strani slike nalazi se „glavni ciklus“. Operator zrakoplova prati emisije tijekom cijele godine. Nakon završetka kalendarske godine, tj. u roku od tri mjeseca, on mora pripremiti godišnje izvješće o emisijama (engl. *Annual Emissions Report,* AER), zatražiti

verifikaciju i predati verificirano izvješće nadležnoj vlasti. Zatim se praćenje nastavlja bez prekidanja, kao što je prikazano na slici sve do kraja godine, kad zapravo započinje novi ciklus.

Operator zrakoplova obvezan je osigurati da je metodologija praćenja emisija dokumentirana u pisanom obliku i da se ne može proizvoljno mijenjati. Ova pisana metodologija naziva se Plan praćenja. Iako je Plan praćenja vrlo specifičan za pojedinog operatora zrakoplova, on mora slijediti zahtjeve MRR i važećeg zakonodavstva koje vrijedi za cijelu EU. Također, od operatora zrakoplova se zahtjeva da kontinuirano nastoji poboljšati metodologiju praćenja.

Slika pokazuje i neke ključne odgovornosti nadležne vlasti. Nadležna vlast, u RH Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, mora nadzirati provedbu obveza operatora zrakoplova. Kao prvi korak, nadležna vlast mora provjeriti Plan praćenja, koji je razvio operator zrakoplova, te utvrditi odgovara li plan zahtjevima MRR. Važno je napomenuti da svaki Plan praćenja mora biti odobren od strane nadležne vlasti minimalno 3 mjeseca prije početka njegove primjene. Nadalje, nadležna vlast je po potrebi odgovorna za provođenje provjera godišnjih izvještaja o emisijama. To uključuje nasumične i nenajavljene provjere (engl. *spot checks*) za već verificirana izvješća, ali i unakrsne provjere s podacima unesenima u verificiranu tablicu emisija u sustavu Registra te provjeravanje je li predana odgovarajuća količina emisijskih jedinica, [34].

5.3 Pregled izvještajnog razdoblja

Ciklus usklađenosti s EU ETS-om temelji se na zahtjevu da je izvještajno razdoblje uvijek jedna kalendarska godina tijekom koje se emisije moraju pratiti i prijaviti. Uobičajena vremenska crta godišnjeg ciklusa usklađenosti s EU ETS-om u N godini prikazana je tablicom 2.

Tablica 2. Vremenska crta godišnjeg ciklusa usklađenosti s EU ETS-om u N godini

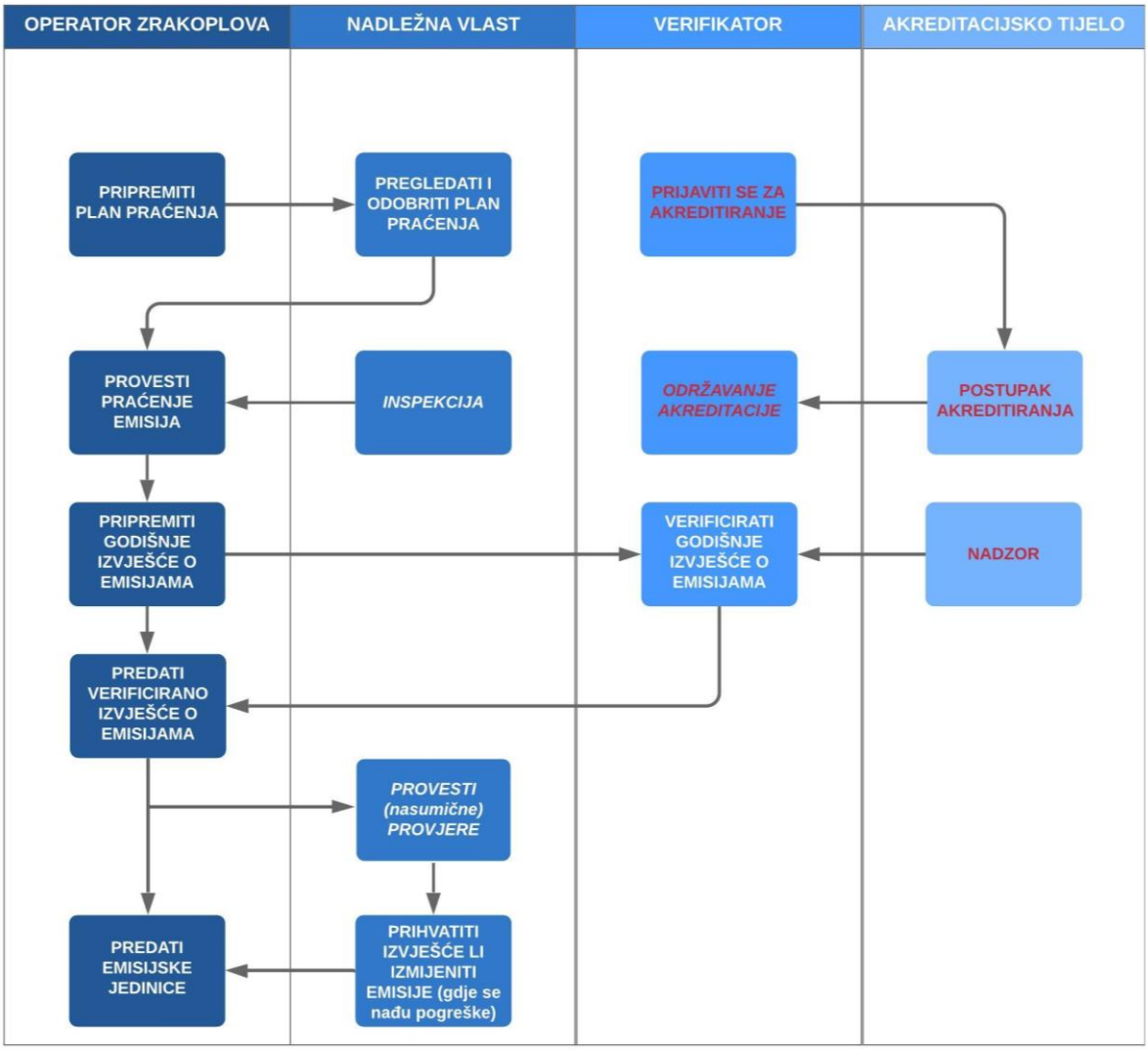
KADA?	TKO?	ŠTO?
1. siječnja N		**Početak razdoblja praćenja emisija**
Do 28. veljače N	Nadležna vlast	Dodjela besplatnih emisijskih jedinica (ako je primjenjivo) na račun operatora zrakoplova u Registru
31. prosinac N		**Završetak razdoblja praćenja emisija**
Prije 1. veljače N+1	Europska komisija	Ažuriranje i objavljivanje popisa operatora zrakoplova, specificirajući državu nadležnu za administratiranje za svakog operatora zrakoplova
Do 31. ožujka N+1	Verifikator	Završetak verifikacije i izdavanje izvješća o verifikaciji operatoru zrakoplova
Do 31. ožujka N+1	Operator zrakoplova	Predaja verificiranog godišnjeg izvješća o emisijama
Do 31. ožujka N+1	Operator zrakoplova/Verifikator	Unošenje verificirane brojke emisija u provjerenu tablicu emisija od Registra
Ožujak – Travanj N+1	Nadležna vlast	Redovna provjera predanog godišnjeg izvještaja o emisijama
Do 30. travnja N+1	Operator zrakoplova	Predaja emisijskih jedinica (iznos koji odgovara verificiranim godišnjim emisijama) u sustavu Registra
Do 30. travnja N+1	Operator zrakoplova	Predaja izvješća o mogućim poboljšanjima Plana praćenja (ako je potrebno)
Nema specificiranog roka	Nadležna vlast	Provođenje daljnjih provjera predanih godišnjih izvještaja o emisijama (ako se to smatra potrebnim ili ako to zahtjeva nacionalno zakonodavstvo); zahtijevanje promjene podataka o emisijama i predaja dodatnih emisijskih jedinica, ako je potrebno

Izvor: [34]

Treba spomenuti i da se tijekom izvještajnog razdoblja primjenjuju daljnji zahtjevi koji ovdje nisu navedeni. Konkretni primjer jest da operator zrakoplova treba, kad je to relevantno, ažurirati Plan praćenja, a nadležna vlast ga po potrebi mora pregledati i odobriti.

5.4 Uloge i odgovornosti

Različite odgovornosti operatora zrakoplova, verifikatora i nadležne vlasti prikazane su slikom 13, uzimajući u obzir prethodno spomenute aktivnosti. U svrhu cjelovitosti, uključuje se i akreditacijsko tijelo koje obavlja postupak akreditacije, odnosno potvrđuje da je verifikator stručno i tehnički osposobljen za rad u skladu s međunarodno prihvaćenim pravilima.



Slika 13. Pregled odgovornosti glavnih sudionika u EU ETS-u

Izvor: [34]

Praćenje i izvještavanje emisija glavna je odgovornost operatora zrakoplova. On je također odgovoran za angažiranje verifikatora i pružanje svih relevantnih informacija verifikatoru. Verifikator predstavlja kompetentno, ovlašteno tijelo ili osobu koja ima odgovornost za rad na izvještajima u procesu verifikacije, u skladu s detaljnim zahtjevima Direktive 2003/87/EZ. Verifikator mora biti u potpunosti neovisan od operatera, što znači da verifikator ne smije biti operator, vlasnik operatora ili u vlasništvu operatora. On je odgovoran da emisije u izvještaju nisu pogrešno prikazane i da izvješće o emisijama ne sadrži propuste ili pogreške, [39].

Nadležna vlast odobrava Planove praćenja te zaprima i provjerava izvješća o emisijama. Također može izvršiti ispravke verificiranog broja emisijskih jedinica tamo gdje se otkriju pogreške. Nadležna vlast ima kontrolu nad konačnim rezultatom, tj. donosi zaključnu odluku o prezentiranim podacima. Nadalje, verifikator je pod nadzorom akreditacijskog tijela. Na temelju Uredbe o akreditaciji i verifikaciji, države članice moraju pratiti i rad svojih nacionalnih akreditacijskih tijela. Na taj način se omogućava održavanje integriteta i visoka razina kontrole u MRV sustavu.

5.5 Metodologija izračuna tonskih kilometara i praćenja emisija CO_2

Kako bi se osigurala veća preciznost podataka i omogućila unakrsna provjera, u skladu s regulativom, izrađuju se dva tipa izvješća:

1. Izvješće o emisijama CO_2 i
2. Izvješće o ostvarenim tonskim kilometrima (engl. *Revenue tonne-kilometre,* RTK), [17].

U nastavku rada, opisana je metodologija izračuna ostvarenih tonskih kilometara i praćenja emisija CO_2, koje se provodi za svaki pojedinačni let u godini. Konačno, na temelju podataka dobivenih tim pristupima, operator zrakoplova izrađuje izvješće u koje unosi podatke za letove čije su aktivnosti uključene u EU ETS sustav.

5.5.1 Metodologija izračuna tonskih kilometara

U MRR-u je navedeno da je praćenje podataka o tonskim kilometrima dobrovoljno. No ukoliko operator podnese zahtjev za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica, on je obvezan priložiti verificirano izvješće o prijeđenim tonskim kilometrima. Tonski kilometri izračunavaju se za svaki let pokriven EU ETS-om koristeći sljedeću jednadžbu:

$$\boxed{Tonski\ kilometri = Udaljenost * Plaćeni\ teret}$$

$$\boxed{[t * km = km * t]}$$

Ostvareni tonski kilometri mjera su prometnog učinka i dobivaju se umnoškom broja tona plaćenog tereta (engl. *payload*) koji je prevezen na određenoj dionici leta i broja kilometara koje je zrakoplov preletio za toj dionici. Tonski kilometar (tkm) prema definiciji znači tona plaćenog tereta prevezenog na udaljenosti od jednog kilometra.

Udaljenost potrebna za izračunavanje tonskih kilometara (engl. *distance,* D) je izražena u kilometrima (km) te se izračunava pomoću sljedeće formule:

$$\boxed{D = GCD + 95\ km}$$

Udaljenost između parova gradova, tj. aerodroma polaska i dolaska računa se upotrebom GCD (engl. *Great Circle Distance*[5]) kojoj se dodaje fiksna vrijednost od 95 km. Važno je napomenuti da se GCD izračunava na razini zemlje, a ne na razini leta. Zemljopisna širina i dužina referentnih točaka aerodroma (engl. *Aerodrome Reference Points,* ARP) uzimaju se ili iz podataka o lokaciji aerodroma objavljenih u Zborniku zrakoplovnih informacija (engl. *Aeronautical Information Publications,* AIP) ili iz izvora koji koriste AIP podatke. Također se mogu koristiti udaljenosti koje izračunava softver, pod uvjetom da se metodologija izračuna temelji na gore navedenoj formuli, AIP podacima i zahtjevima WGS 84, [34].

Plaćeni teret uključuje ukupnu masu tereta, pošte, putnika i predane prtljage koji su bili u zrakoplovu tijekom razmatranoga leta, a izražava se u tonama. Operator zrakoplova određuje masu plaćenog tereta na temelju stvarne ili standardne mase sadržane u

[5] Velika kružna udaljenost - najkraća udaljenost između bilo koje dvije točke na površini Zemlje, pri čemu se uzima u obzir zakrivljenost.

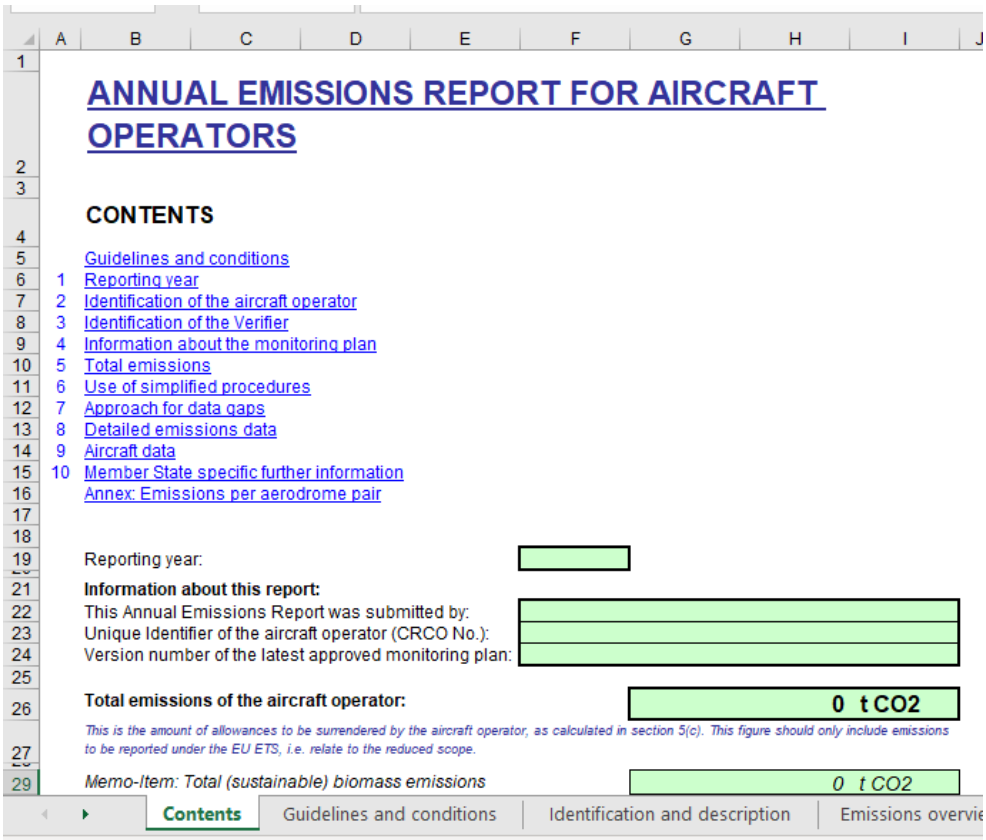
dokumentaciji ukrcane mase i uravnoteživanja zrakoplova (engl. *Mass and Balance Document*) za sve relevantne letove. Također, isključivo za određivanje mase putnika i njihove predane prtljage postoji i mogućnost upotrebe standardne mase putnika s prtljagom 100 kg. Bitno je napomenuti da se odabrani način primjenjuje na sve letove u godinama praćenja, odnosno da operator zrakoplova mora dosljedno koristiti odabrane izračune, [34].

5.5.2 Metodologija praćenja emisija CO_2

Podaci koji su sadržani u izvješćima o emisijama CO_2 su potrošeno gorivo, izraženo u kilogramima i tonama, te emisije CO_2 izražene u kilogramima i tonama. Dodatno, treba se omogućiti selektiranje ovih podataka na sljedeće načine:

- prema tipu zrakoplova u floti;
- po registraciji zrakoplova;
- vlastiti ili unajmljeni zrakoplov;
- letovi u pojedine zemlje, članice EU;
- letovi koji su uključeni u EU ETS i oni koji to nisu;
- domaći i međunarodni letovi;
- po parovima gradova;
- po broju leta;
- letovi koji su izuzeti (školski letovi i dr.);
- potrošnja goriva/emisije po letu po registraciji/tipu zrakoplova;
- broj letova;
- blok vrijeme;
- vrijeme leta, [17].

Na slici 14 se nalazi elektronička izrada godišnjeg izvješća o emisijama, pomoću Excel tablice u koju se unose svi bitni podaci.



ANNUAL EMISSIONS REPORT FOR AIRCRAFT OPERATORS

CONTENTS

Guidelines and conditions
1 Reporting year
2 Identification of the aircraft operator
3 Identification of the Verifier
4 Information about the monitoring plan
5 Total emissions
6 Use of simplified procedures
7 Approach for data gaps
8 Detailed emissions data
9 Aircraft data
10 Member State specific further information
Annex: Emissions per aerodrome pair

Reporting year:

Information about this report:

This Annual Emissions Report was submitted by:

Unique Identifier of the aircraft operator (CRCO No.):

Version number of the latest approved monitoring plan:

Total emissions of the aircraft operator: 0 t CO2

This is the amount of allowances to be surrendered by the aircraft operator, as calculated in section 5(c). This figure should only include emissions to be reported under the EU ETS, i.e. relate to the reduced scope.

Memo-Item: Total (sustainable) biomass emissions 0 t CO2

Contents | Guidelines and conditions | Identification and description | Emissions overvie

Slika 14. Excel tablica koja služi za izradu godišnjeg izvješća o emisijama

Operatori zrakoplova određuju emisije CO_2 primjenom sljedeće formule, prema podacima o potrošenom gorivu, koji se zatim množi s emisijskim faktorom:

$$\boxed{Emisije \ = \ Potrošeno\ gorivo \ * \ Emisijski\ faktor}$$

$$\boxed{t\ CO_2 = t\ goriva * \frac{t\ CO_2}{t\ goriva}}$$

Za potrebe jednostavnijeg izvještavanja, sve potrošnje goriva iste vrste goriva mogu se zbrojiti.

Zračni sektor koristi samo nekoliko standardiziranih vrsta goriva. Pogonsko gorivo za zrakoplovne klipne motore je avionski benzin (engl. *Aviation Gasoline,* AVGAS), no ono nije relevantno za ovaj diplomski rad. Po definiciji mlazna goriva su složene otopine tekućih ugljikovodika naftnog porijekla i dodataka koji se koriste kao pogonsko gorivo za pogon mlaznih motora na zrakoplovima (JET A1 ili A, JET B), [2]. U tablici 3 su navedena najčešće korištena goriva te njima pridružene vrijednosti emisijskog faktora.

Tablica 3. Emisijski faktori za najčešće korištena goriva

GORIVO	EMISIJSKI FAKTOR (t CO_2/t goriva)
AVGAS	3,10
Jet B	3,10
Jet A1 ili Jet A	**3,15**

Izvor: [41]

JET A1 (*Aviation Turbine Fuel*, AVTUR) je gorivo petrolejskog tipa koje je najviše u uporabi te je propisano našim standardom gdje se vodi pod nazivom „gorivo a za mlazne motore GM-1“. JET A je vrlo slično gorivu JET A1, no ima višu točku zamrzavanja od -40°C (JET A1 ima točku zamrzavanja od najviše -47°C) te je uglavnom dostupno u SAD-u. JET B (*Aviation Turbine Gasoline*, AVTAG) ima nisku točku zapaljivosti od -20°C te se iz sigurnosnih razloga se ne koristi u civilnom zrakoplovstvu. Obzirom da odabrani zračni prijevoznik koristi gorivo JET A1, za njegove potrebe praćenja, odnosno izračuna emisija CO_2 koristi se vrijednost emisijskog faktora 3,15. Tražene informacije - sadržaj ugljika/emisijski faktor i neto kalorijska vrijednost - također se mogu uzeti i iz računa koju je dostavio dobavljač goriva, pod uvjetom da su one dobivene na temelju međunarodno prihvaćenih standarda, [2], [34].

Omogućena su dva različita pristupa, odnosno metode (A i B) za utvrđivanje količine potrošenog goriva na razmatranom letu koji je pokriven EU ETS-om (u nastavku: let N). U nastavku rada dane su formule za metodu A, a zatim metodu B.

<u>Formula za Metodu A:</u>

$$\boxed{F_{N,A} = T_N - T_{N+1} + U_{N+1}}$$

Tablica 4. Objašnjenje varijabli u formuli za Metodu A

Varijabla/ Kratica	Objašnjenje	Mjerna jedinica
$F_{N,A}$	gorivo potrošeno za razmatrani let (= let N), određeno metodom A	t
T_N	količina goriva koja se nalazi u spremnicima nakon završetka punjenja zrakoplova gorivom (engl. *fuel uplift, U*) za let N	t
T_{N+1}	količina goriva koja se nalazi u spremnicima zrakoplova nakon završetka punjenja zrakoplova gorivom (engl. *fuel uplift, U*) za sljedeći let (= let N + 1)	t
U_{N+1}	količina goriva kojom se puni zrakoplov (engl. *fuel uplift, U*) za let N + 1	t

Formula za Metodu B:

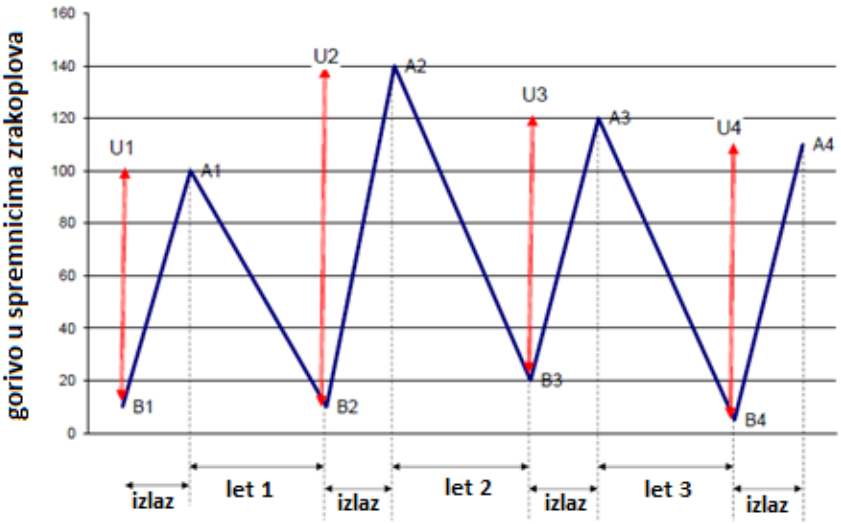
$$F_{N,B} = R_{N-1} - R_N + U_N$$

Tablica 5. Objašnjenje varijabli u formuli za Metodu B

Varijabla/ Kratica	Objašnjenje	Mjerna jedinica
$F_{N,B}$	gorivo potrošeno za razmatrani let (= let N) određeno metodom B	t
R_{N-1}	količina goriva koja preostaje u spremnicima zrakoplova na kraju prethodnog leta (= let N - 1), tj. kad se motor ugasi, prije leta N	t
R_N	količina goriva koja ostaje u spremnicima zrakoplova na kraju leta N, tj. kad se motor ugasi	t
U_N	količina goriva kojom se puni zrakoplov za let N (engl. *fuel uplift, U*)	t

Važno je napomenuti da je potrošnja goriva pomoćne pogonske jedinice (engl. *Auxiliary Power Unit,* APU), ako postoji, uključena u obje metode praćenja.

Za dodjeljivanje leta određenoj izvještajnoj godini, uvijek se koristi lokalno vrijeme polaska zrakoplova. Kako bi se osigurala cjelovitost podataka te izbjegla dvostruka brojanja i propusti prilikom prikupljanja relevantnih, prethodno navedenih podataka, važno je dosljedno koristiti za svaki zrakoplov samo jednu, odabranu metodu (A ili B). Razlika između metode A i B najbolje se može objasniti sljedećim primjerom prikazanim na slici 15 koja pokazuje da metoda A ima različite krajnje i polazne točke za praćenje potrošnje goriva u usporedbi s metodom B.



Slika 15. Usporedba dviju metoda praćenja potrošnje goriva operatora zrakoplova, [34]

Na slici su prikazane promjene razine goriva u spremnicima zrakoplova i naglašava se koja mjerenja moraju biti izvršena za izračunavanje potrošnje goriva metodom A ili B. Mjerenja „A“ se poduzimaju nakon punjenja zrakoplova gorivom, dok se mjerenja „B“ obavljaju na kraju prethodnog leta, kad se motor ugasi (engl. *block on*). U ovom primjeru potrošnja goriva u skladu s metodom A, odnosno metodom B, izračunava se na sljedeći način:

Tablica 6. Izračun potrošnje goriva za Metodu A i Metodu B

	Metoda A	**Metoda B**
Potrošnja goriva leta 1	A1 – A2 + U2	B1 + U1 – B2
Potrošnja goriva leta 2	A2 – A3 + U3	B2 + U2 – B3
Potrošnja goriva leta 3	A3 – A4 + U4	B3 + U3 – B4

Izvor: [34]

Prilikom praćenja potrošnje goriva na letu, podaci s prethodnog leta i sljedećih letova moraju biti dostupni i uzeti u obzir, čak i ako se radi o letovima koji nisu uključeni u EU ETS.

Ako je količina goriva kojom se puni zrakoplov ili količina goriva preostala u spremnicima utvrđena u jedinicama volumena (litra, US galon ili m3), ove vrijednosti moraju se preračunati u masene vrijednosti (kg) pomoću stvarnih vrijednosti gustoće. Mogućnosti za određivanje gustoće goriva su sljedeće:

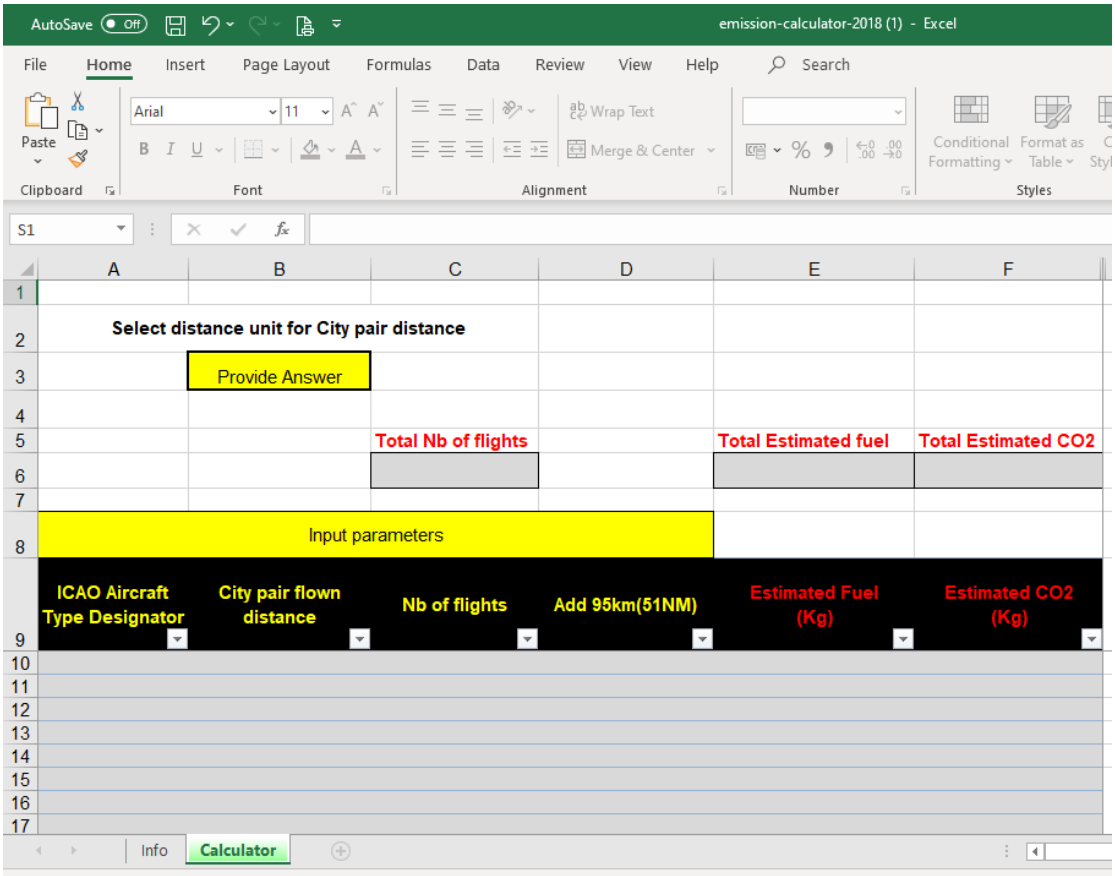
- stvarna gustoća goriva u spremnicima očitana pomoću ugrađenih mjernih sustava;
- stvarna gustoća goriva kojom se puni zrakoplov, koja je evidentirana na računu goriva ili dostavnici od dobavljača;
- ukoliko ništa od navedenog nije dostupno, koristi se standardna gustoća goriva od 0,8 kg/l. [34]

5.5.3 Niski emiteri i SET (*Small Emitter Tool*)

Svi operatori zrakoplova, čije se aktivnosti ne nalaze na popisu izuzeća koji su navedeni u prethodnom poglavlju, uključeni su u EU ETS, što znači da moraju pratiti, izvještavati i verificirati emisije te predati emisijske jedinice. No, ukoliko operator zrakoplova obavlja, unutar punog područja primjene, manje od 243 leta po razdoblju tijekom tri uzastopna

četveromjesečna razdoblja (siječanj – travanj, svibanj – kolovoz, rujan – prosinac) ili su njihove emisije manje od 25000 tona CO_2 godišnje, može se smatrati niskim emiterom, [34].

Niski emiteri imaju mogućnost koristiti pojednostavljeni pristup izračun emisija CO_2 pomoću EUROCONTROL-ovog alata ili kalkulatora - *Small Emitter Tool* (SET). SET je zapravo jednostavna tablica u Excelu koja omogućava korisniku unos podataka o letu i zrakoplovu (udaljenost i tip zrakoplova), a zatim izračunava potrošeno gorivo za svaki uneseni let. Množenjem te vrijednosti i emisijskog faktora dobiva se količina emisija CO_2. Kalkulator je prikazan na slici 16.



Slika 16. EUROCONTROL-ov kalkulator za niske emitere ("*Small Emitter Tool*"), [41]

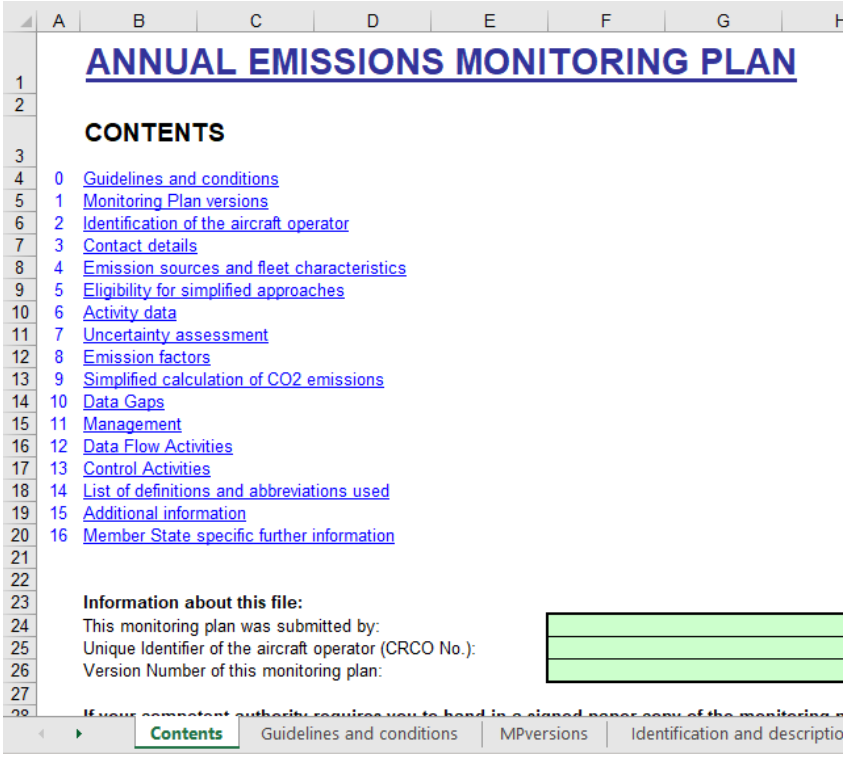
Ako operator zrakoplova koji se smatra niskim emiterom jer emitira manje od 25000 t CO_2 godišnje odluči izraditi godišnje izvješće o emisijama koristeći SET, njegove predane emisije smatrat će se verificiranim emisijama. Također, ako na isti način operator zrakoplova koji emitira manje od 3000 tona CO_2 godišnje, unutar smanjenog područja primjene EU ETS-a, koristi SET, njegove emisije smatrat će se verificiranim emisijama, [34].

5.6 Plan praćenja emisija

Odobreni Plan praćenja smatra se upravnim postupkom te najvažnijim dokumentom za svakog operatora zrakoplova koji sudjeluje u EU ETS-u. Plan praćenja trebao bi osigurati da operator zrakoplova kontinuirano provodi aktivnosti praćenja. On treba biti pažljivo izrađen, pregledan i jednostavan jer:

- ukratko reflektira interne priručnike (procese i radne upute), koji trebaju omogućiti osoblju lako snalaženje i slijeđenje uputa;
- treba omogućiti nadležnoj vlasti brzo razumijevanje aktivnosti praćenja emisija operatora zrakoplova;
- verifikatoru služi kao „vodič“ za procjenu izvješća o emisijama operatora zrakoplova.

U tipičnom Planu praćenja operatora zrakoplova opisane su aktivnosti prikupljanja podataka (izmjereni podaci, računi, zapisnici o letu), izračuni i formule koje se koriste, kontrolne aktivnosti (npr. princip „četiri oka“ za prikupljanje podataka), aktivnosti arhiviranja podataka (uključujući zaštitu od manipulacije) te aktivnosti redovite identifikacije mogućnosti poboljšanja i slično. Plan praćenja nalazi se na slici 17.



Slika 17. Sadržaj Plana praćenja

5.6.1 Ažuriranje i poboljšanje plana praćenja

Kako bi se spriječile nepotpunosti ili proizvoljne promjene od strane operatora zrakoplova, potrebno je odobrenje nadležne vlasti. Međutim, u aktivnostima praćenja uvijek postoje elementi koji su od manje važnosti ili koji se po potrebi mogu često mijenjati. Takve se aktivnosti stavljaju u pisane postupke i ne smatraju se dijelom Plana praćenja. Prema tome, Plan praćenja se dopunjuje pisanim postupcima koje operator zrakoplova uspostavlja, dokumentira, provodi i održava za aktivnosti u okviru Plana praćenja. Pisani postupci se u Planu praćenja spominju i ukratko opisuju na način da nadležna vlast može razumijeti sadržaj postupka i pretpostaviti da operator zrakoplova održava i provodi dokumentiranje postupaka i aktivnosti. To operatoru zrakoplova daje fleksibilnost donošenja izmjena i dopuna u postupcima kad god je to potrebno, bez potrebe za ažuriranjem Plana praćenja, sve dok sadržaj postupka ostane unutar ograničenja njegovog opisa utvrđenog u Planu praćenja.

Budući da operateri zrakoplova obično prolaze kroz tehničke promjene (ne samo u pogledu svoje flote) tijekom godina, Planovi praćenja moraju se u određenoj mjeri smatrati „živim“ dokumentima. Kako bi se smanjilo administrativno opterećenje, operatori zrakoplova trebaju paziti koji elementi moraju biti utvrđeni u samom Planu praćenja, a šta se može pokriti pisanim postupcima koji dopunjuju Plan praćenja.

Ukoliko se pri provođenju aktivnosti operatora zrakoplova dogodi važna promjena vezana za praćenje emisija, Plan se mora ažurirati. Promjene se klasificiraju kao značajne i neznačajne. Značajne promjene u Planovima praćenja uključuju:

1. u Planu praćenja emisija CO_2: promjena vrijednosti emisijskog faktora, promjena metode izračuna potrošenog goriva, uvođenje novih vrsta goriva, promjene u statusu operatora zrakoplova kao niskog emitera i sl.;
2. u Planu praćenja podataka u tonskim kilometrima: promjena između nekomercijalnog i komercijalnog statusa usluge zračnog prijevoza i promjena predmeta usluge zračnog prijevoza (pri čemu su predmet putnici, teret ili pošta), [34].

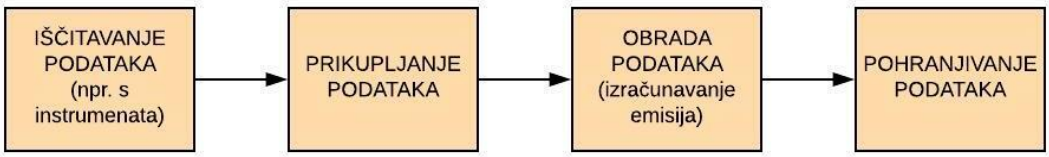
U slučaju značajnih promjena Plana praćenja, operator zrakoplova treba čim prije obavijestiti nadležnu vlast o ažuriranju, koja prvo procijenjuje je li promjena doista značajna,

a zatim provodi svoj uobičajeni postupak odobravanja Planova praćenja. Ako ne postoji veliki utjecaj predložene promjene Plana praćenja na cjelokupnu metodologiju praćenja ili ako je rizik za pogrešku neznatan, operator zrakoplova može pretpostaviti da je promjena neznačajna. U slučaju sumnje pretpostavlja se da je riječ o značajnoj promjeni, a konačnu odluku donosi nadležna vlast. Za neznačajne promjene nije potrebno odobrenje, već se sve promjene prikupljaju i predaju nadležnoj vlasti jednom godišnje, [34].

Nadalje, MRR zahtijeva od operatora zrakoplova da redovito i samoinicijativno istražuje mogućnosti za poboljšanje metodologije praćenja emisija. Također operator zrakoplov mora uzeti u obzir i preporuke uključene u izvješćima o verifikaciji. Nakon primitka nalaza o mogućim poboljšanjima, operator zrakoplova treba poslati izvješće o predloženim poboljšanjima nadležnoj vlasti na odobrenje, ažurirati Pan praćenja po potrebi, a zatim pravovremeno provoditi predložena poboljšanja.

5.6.2 Aktivnosti protoka podataka i sustav kontrole

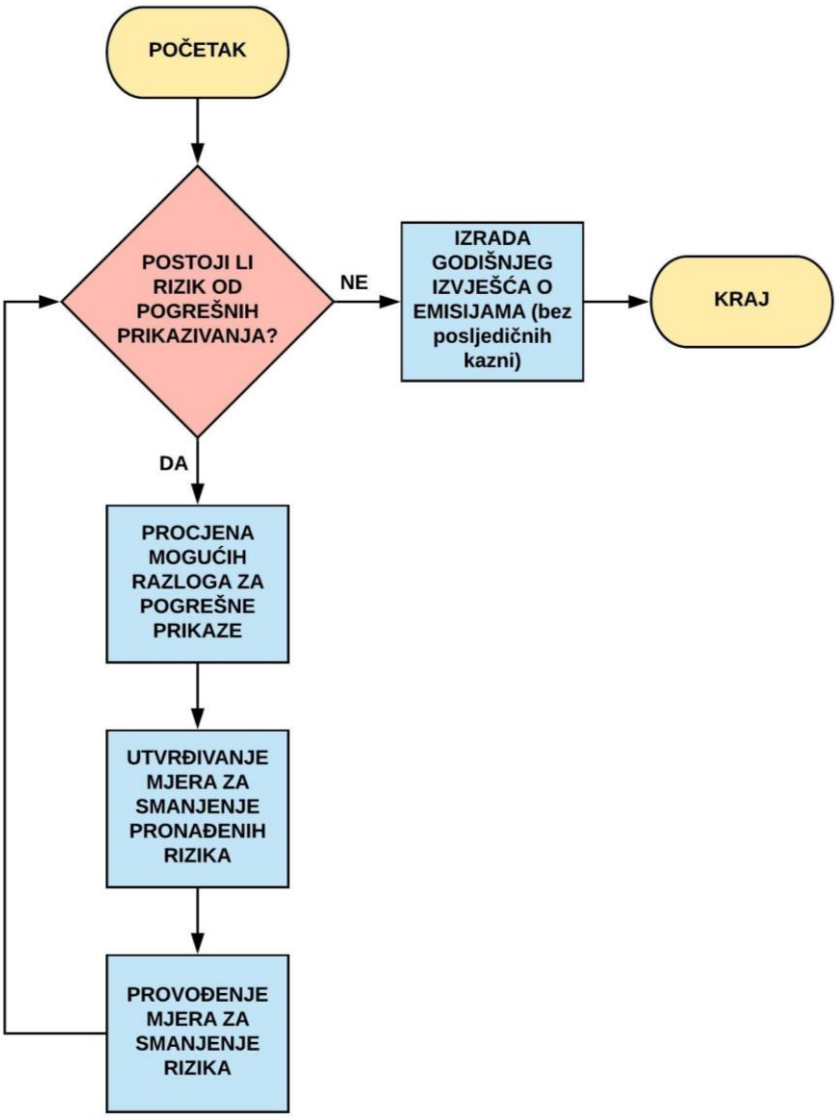
Vrlo je važno osigurati da su u Planu praćenja navedene tzv. aktivnosti protoka podataka, čiji je primjer prikazan na slici 18.



Slika 18. Primjer aktivnosti protoka podataka

Operator zrakoplova mora definirati upute za osobe ovlaštene za preuzimanje i daljnje prosljeđivanje i obrađivanje relevantnih podataka te na taj način osigurati da se cijeli proces obavlja na kontrolirani način. No, budući da su u proces praćenja emisija uključena ljudska bića i različiti sustavi informatičke tehnologije, mogu se očekivati pogreške. MRR zahtijeva od operatora zrakoplova da uspostavi učinkovit sustav kontrole koji se sastoji se od procjene rizika i kontrolnih aktivnosti, odnosno mjera za ublažavanje utvrđenih rizika. Rizik je parametar koji uzima u obzir vjerojatnost nastanka incidenta i njegov učinak. Konkretno, u praćenju

emisija rizik se odnosi na vjerojatnost nastanka propusta ili krivih vrijednosti i njegov utjecaj na konačni broj godišnjih emisijskih jedinica operatora zrakoplova. Na slici 19 je prikazan pojednostavljen dijagram toka sustava kontrole.



Slika 19. Dijagram toka sustava kontrole

Prilikom izvršavanja procjene rizika, operator zrakoplova analizira za svaku točku u protoku podataka potrebnih za praćenje emisija, postoji li rizik za netočna prikazivanja. Ukoliko postoji, procjenjuje moguće razloge za pogrešne prikaze (npr. kašnjenje pri slanju dokumentacije iz jednog odjela u drugi, pogreške prilikom unošenja podataka u tablice) te utvrđuje koje bi mjere mogle smanjiti pronađene rizike (npr. slanje podataka elektroničkim putem, traženje duplikata ili nedostataka podataka u proračunskim tablicama, kontrolne

provjere od strane neovisne osobe - princip „četiri oka"). Provode se mjere utvrđene za smanjenje rizika. U konačnici, ponovno se vrši procjena rizika, sve dok operator zrakoplova ne smatra da su preostali rizici vrlo niski. Operator zrakoplova trebao bi biti oprezan prilikom mjerenja i izračuna emisija te bi trebao nastojati izraditi izvješća o emisijama bez pogrešaka koje bi mogle uzrokovati plaćanje penala.

Kontrolne aktivnosti navode se u Planu praćenja, a utvrđene su u pisanim postupcima. Rezultati procjene rizika dostavljaju se kao prateća dokumentacija nadležnoj vlasti kad operator zrakoplova zatraži odobrenje Plana praćenja.

5.6.3 Procjena nesigurnosti

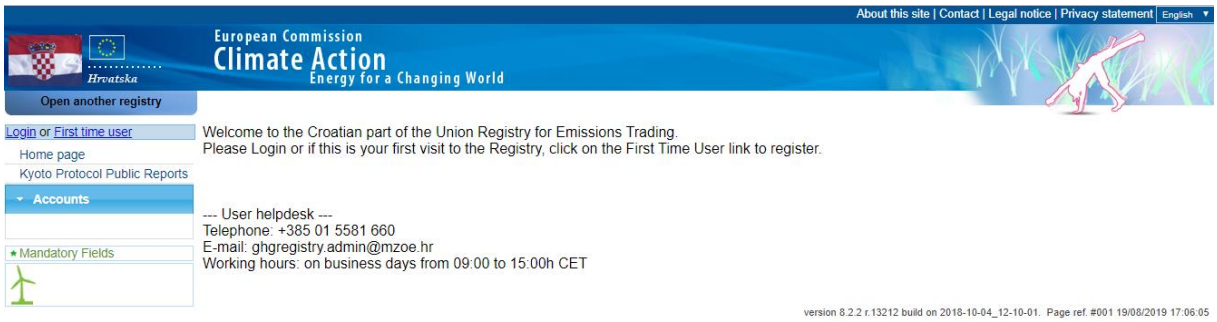
Razine kvalitete podataka o potrošnji goriva izražene su korištenjem tzv. najveće dopuštene nesigurnosti tijekom izvještajnog razdoblja te ona iznosi ±5%. Kad operator zrakoplova predaje novi ili ažurirani Plan praćenja, dužan je dokazati usklađenost metodologije praćenja s tim razinama nesigurnosti. Operator zrakoplova provodi, a zatim predaje procjenu nesigurnosti kao prateći dokument Plana praćenja. Postoje sljedeći zahtjevi za operatore zrakoplova: [34]

1. Operator zrakoplova mora identificirati izvore nesigurnosti i njima pridružene razine nesigurnosti. Operator zrakoplova mora uzeti u obzir te podatke prilikom odabira metodologije praćenja;
2. Ako operator zrakoplova utvrdi količinu goriva s kojom se puni zrakoplov samo pomoću izračuna za gorivo od strane dobavljača (kao što je dokumentirano u dostavnicama ili računima goriva za svaki let), od njega se neće tražiti daljnji dokaz o pridruženoj razini nesigurnosti;
3. Ako se za mjerenje količine goriva s kojom se puni zrakoplov ili količine goriva koje se nalazi u spremnicima koriste sustavi na zrakoplovima, trebaju se osigurati sljedeći dokazi za razinu nesigurnosti koja je povezana s mjerenjima goriva:
    - specifikacije proizvođača zrakoplova s kojima se određuje razina nesigurnosti u zrakoplovnim sustavima za mjerenje goriva i
    - dokaz o obavljanju rutinskih provjera rada sustava za mjerenje goriva;

4. nesigurnosti za sve ostale komponente u metodologiji praćenja mogu se temeljiti na konzervativnoj stručnoj procjeni uzimajući u obzir predviđeni broj letova u izvještajnom razdoblju.

5.7 Trgovanje emisijama

Kako bi ciklus usklađenosti s EU ETS-om bio u potpunosti zaokružen, potrebno je spomenuti posljednji, no vrlo važan korak u godišnjoj obvezi prema EU ETS-u – predaja i trgovanje emisijama. Za potrebe predaje emisijskih jedinica i trgovine emisijama, svaki operator uključen u EU ETS mora imati otvoreni račun u Registru unije. Registar unije je standardizirana središnja baza podataka Europske komisije u kojoj se bilježi vlasništvo nad emisijskim jedinicama. Također ima ključnu važnost za zaštitu cjelovitosti EU ETS sustava jer se pomoću njega prate sve transakcije emisijskih jedinica te omogućuje objavljivanje bitnih informacija sudionicima na tržištu. Upravljanje i održavanje Registra unije u nadležnosti su Komisije, a nacionalni administratori Registra (u RH Ministarstvo zaštite okoliša i energetike) u svakoj od 31 zemlje sudionice i dalje služe kao kontaktno mjesto za predstavnike više od 15000 računa (poduzeća ili fizičkih osoba). Na slici 20 prikazano je web sučelje Registra unije za operatore unutar Republike Hrvatske, [30], [42].

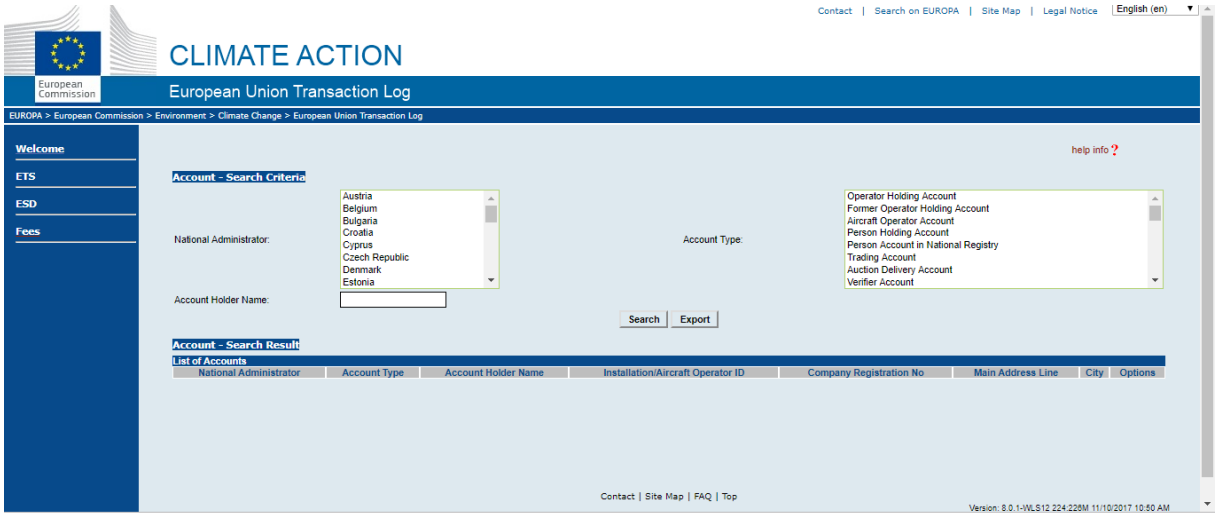


Slika 20. Web sučelje Registra unije za operatore unutar RH, [42]

Na temelju podataka iz verificiranih izvješća o godišnjim emisijama, operator zrakoplova s računa u Registru unije predaje točan broj emisijskih jedinica koji odgovara njegovim emisijama najkasnije do 30. travnja tekuće godine za proteklu kalendarsku godinu. Ukoliko te emisije premašuju količinu besplatno dodijeljenih emisijskih jedinica, operator zrakoplova mora kupiti dodatne jedinice od ovlaštenog trgovca (brokera/tradera). Broker je

licencirana osoba koja djeluje kao posrednik u transakcijama s imovinom, u ovom slučaju emisijskim jedinicama, između kupaca - operatora zrakoplova i prodavača - države. Vrijedi napomenuti da je operator zrakoplova u mogućnosti tijekom cijele godine kupiti dodatne emisijske jedinice. To je osobito važno jer su emisijske jedinice zapravo roba, a svojstvo robe jest konstantna varijacija u cijenama, koja je određena odnosom ponuda-potražnja. Stoga, operatoru zrakoplova je u interesu pravovremeno procijeniti količinu potrebnih jedinica te ih kupiti po povoljnijoj cijeni.

U Dnevniku transakcija Europske unije (engl. *European Union Transaction Log,* EUTL), automatski se provjeravaju, bilježe i odobravaju sve transakcije među računima. Na taj način se osigurava da su svi prijenosi u skladu s pravilima EU ETS-a, [43]. Web sučelje dnevnika transakcija Europske unije prikazano je slikom 21.



Slika 21. Web sučelje dnevnika transakcija Europske unije, [42]

Podaci zabilježeni u Registru unije i Dnevniku transakcija Europske unije važan su izvor podataka za različite vrste izvješćivanja u okviru ETS-a, poput izračuna pokazatelja viška rezerve za stabilnost tržišta i izvješća koja sastavlja Europska agencija za okoliš (engl. *European Environment Agency,* EEA). Dnevnik transakcija Europske unije osigurava i transparentnost EU ETS-a jer se u njemu objavljuju podaci o pravima na dodjelu emisijskih jedinica te o usklađenosti operatora s odredbama EU ETS-a, [29].

6. ANALIZA I USPOREDBA PODATAKA O EMISIJAMA TIJEKOM GODINA PRIMJENE EU ETS-A

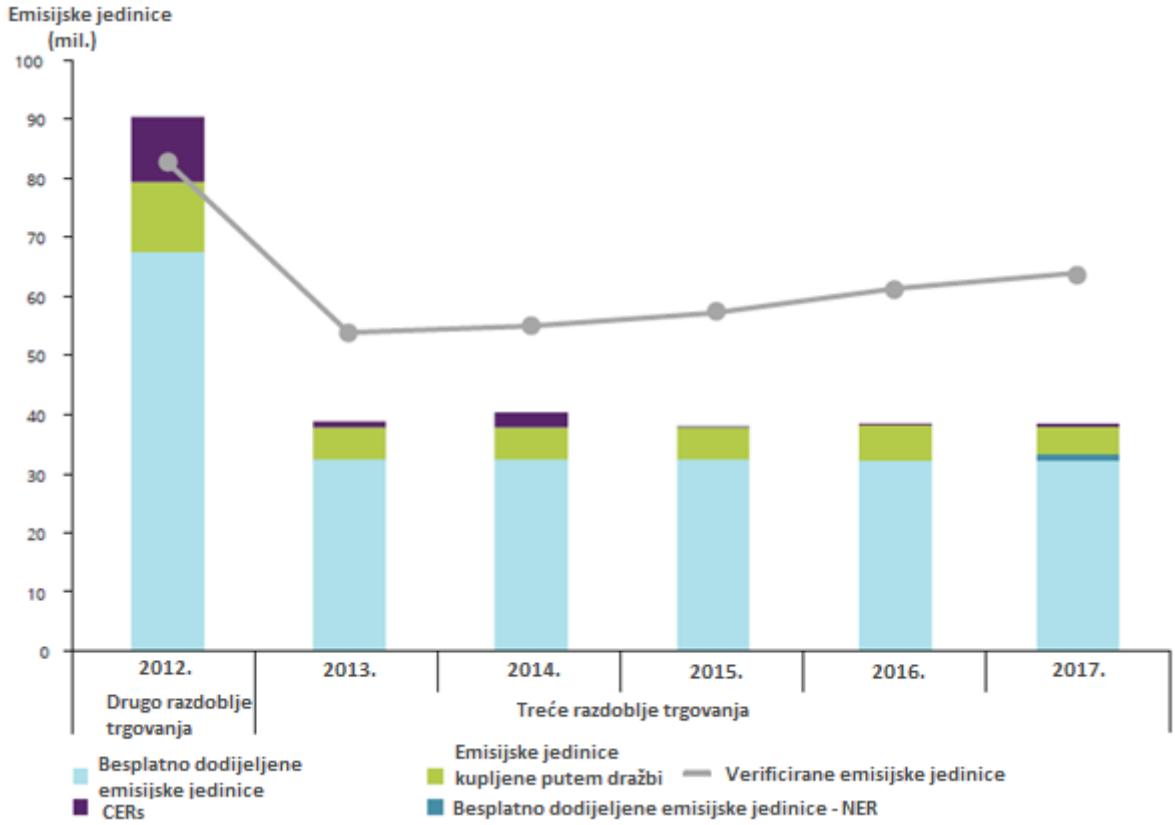
Ovo poglavlje donosi analizu podataka kako bi se zaključilo kakav je utjecaj imalo uvođenje EU ETS-a na količinu emisija u zračnom prometu tijekom razmatranih godina. U prvom potpoglavlju navedene su besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor, a u drugom potpoglavlju navedeni su podaci o emisijama najvećih emitera, odnosno zračnih prijevoznika na razini Europske unije. U trećem potpoglavlju analizirani su podaci o emisijama odabranog zračnog prijevoznika. Osim podataka o verificiranim emisijskim jedinicama, bilo je potrebno uzeti u obzir ostale važne indikatore, a više o tome pisano je u nastavku poglavlja.

6.1 Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor

Tijekom faze trgovanja od 2013. do 2017. godine, ukupne verificirane emisije CO_2 iz zrakoplovnih aktivnosti obuhvaćenih EU ETS-om, povećale su se od 53,5 milijuna tona u 2013. do 64,3 milijuna tona u 2017. godini. To ukazuje na prosječno povećanje emisija CO_2 od 4,7% godišnje, što je također prikazano slikom 22. Od 2013. godine, uz smanjeno područje primjene EU ETS-a, količina izdanih emisijskih jedinica za zračni promet (engl. *EU Aviation Allowances,* EUAAs) iznosi oko 37,5 milijuna godišnje. Oko 15% ovih jedinica može biti kupljeno putem dražbi, dok se 85% dodijeljuje besplatno, [3].

Godine 2017., besplatno je dodijeljeno 33,1 milijuna emisijskih jedinica. Tim brojem obuhvaćeno je 32 milijuna besplatno dodijeljenih emisijskih jedinica te 1,1 milijun (što odgovara 3% od 33,1 milijuna) besplatnih emisijskih jedinica dodijeljenih iz posebne rezerve za nove sudionike i brzorastuće operatore (engl. *New Entrant Reserve*, NER). Dodjele emisijskih jedinica iz posebne rezerve udvostručene su u razdoblju od 2017. do 2020. godine jer se odnose na ukupno razdoblje od 2013. do 2020. godine, [29].

Operatori zrakoplova mogu koristiti i međunarodne kredite (engl. *International Credits Exchanged,* CERs) za maksimalno 15% njihovih verificiranih emisija u 2012. godini. No, od 2013. godine, operatori zrakoplova imaju pravo koristiti CERs do najviše 1,5% svojih verificiranih emisija tijekom trenutne faze, [3].



Slika 22. Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor, [43]

Podaci prikazani na slici 22 navedeni su točnim iznosima u tablici 7. Podaci su izraženi u milijunima emisijskih jedinica te je također određena godišnja promjena verificiranih emisija od početka trećeg razdoblja trgovanja.

Tablica 7. Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor

GODINA	BESPLATNO DODIJELJENE EMISIJSKE JEDINICE (mil.)	BESPLATNO DODIJELJENE EMISIJSKE JEDINICE IZ POSEBNE REZERVE	VERIFICIRANE EMISIJE (mil.)	PROMJENA VERIFICIRANIH EMISIJA S OBZIROM NA GODINU X-1
2013.	32,5	0	53,5	-
2014.	32,4	0	54,8	+2,5%
2015.	32,2	0	57,1	+4,1%
2016.	32	0	61,5	+7,6%
2017.	32	1,1	64,2	+4,5%

Izvor: [29]

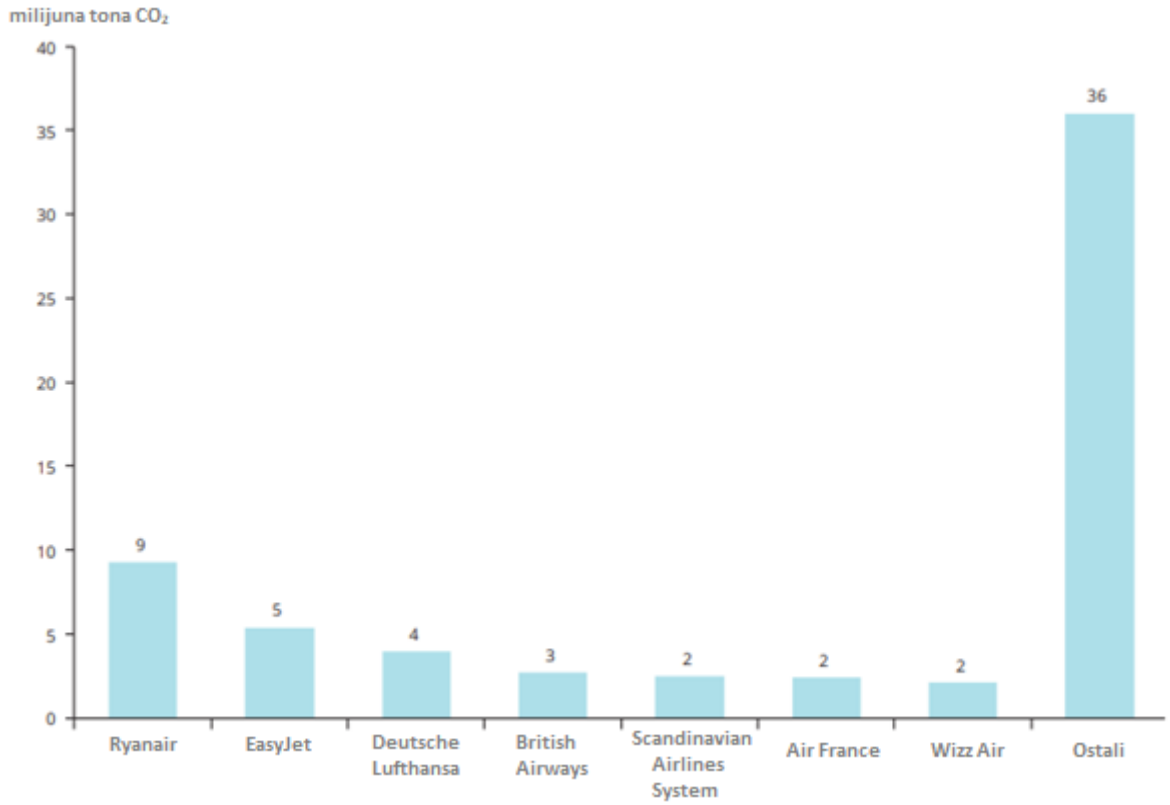
Za emisije CO_2 koje premašuju kvotu emisija za zračni promet, operatori zrakoplova moraju kupiti dodatne emisijske jedinice. Otkupnina emisijskih jedinica od strane zračnog sektora povećala se od 14,9 milijuna u 2013. do 26,8 milijuna u 2017. godini. Bitno je napomenuti da operatori zrakoplova mogu kupovati emisijske jedinice za zračni promet i jedinice iz stacionarnih postrojenja, no stacionarna postrojenja ne smiju koristiti i kupovati emisijske jedinice za zračni promet, [3].

Dražbe emisijskih jedinica za zračni promet nisu održane 2013. godine, kao rezultat promjene uključenih aktivnosti u EU ETS na samo one unutar EEA. Kad se dražba održala 2014. godine, cijena emisijskih jedinica za zračni promet (EUAA) je pratila cijenu emisijskih jedinica za stacionarna postrojenja (EUA) te je dosegnula najvišu razinu od oko 8 eura krajem 2015. godine. Međutim, cijena emisijskih jedinica za zračni promet je naglo pala početkom 2016. godine te je iznosila oko 4 eura po emisijskoj jedinici, a zatim se ustabilila na oko 5 eura krajem godine. Usporedba cijena EUA i EUAA te njihove promjene tijekom godina prikazane su na slici 23. Također se na slici može vidjeti konstantan porast cijene emisijskih jedinica od 2017. godine, što je rezultiralo reformom EU ETS-a. U 2018. godini je dosegnula visoku razinu od 20 eura po jedinici, a značajan porast se očekuje i dalje, [43].

Slika 23. Usporedba cijena emisijskih jedinica za zračni promet (EUA) i za stacionarna postrojenja (EUAA), [43]

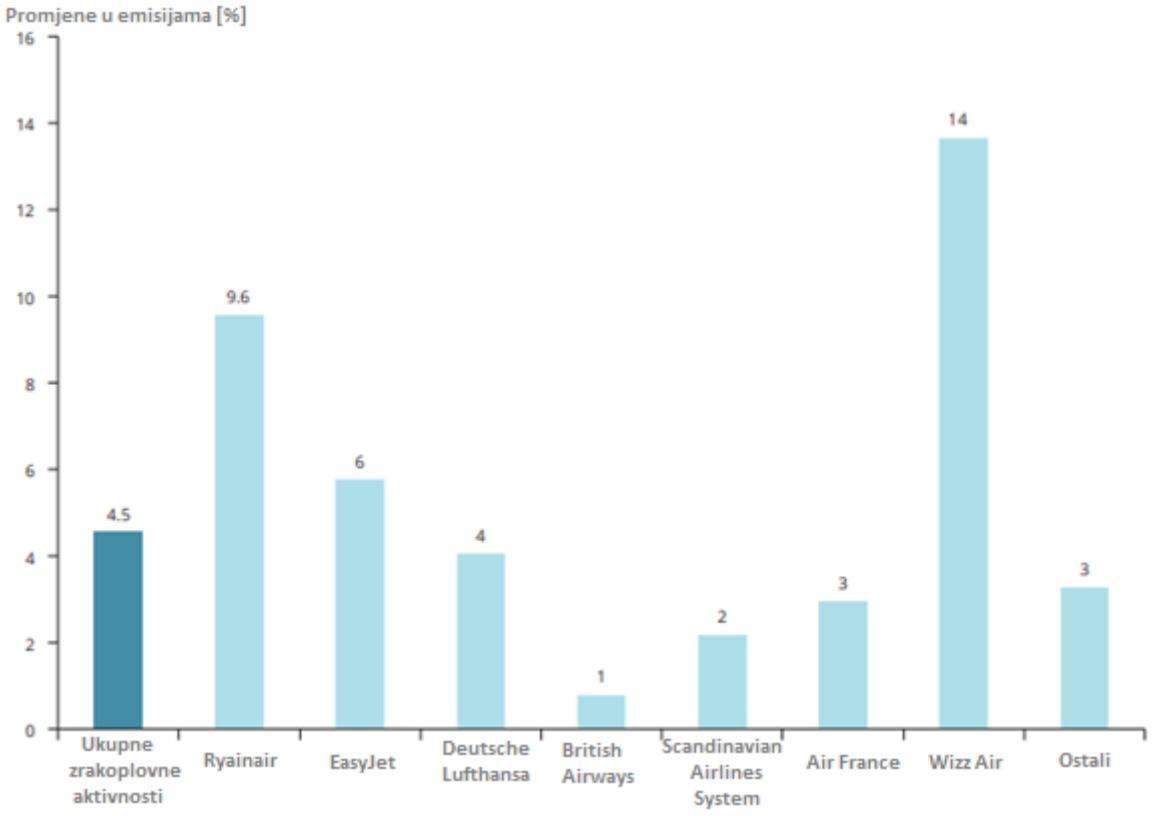
6.2 Podaci o emisijama zračnih prijevoznika na razini EU

U 2017. godini, zrakoplovne aktivnosti uključene u EU ETS proizvele su 64,2 milijuna tona CO_2, što predstavlja porast od 4,5% u odnosu na prethodnu godinu (61,5 milijuna tona CO_2). Za 44% tih emisija odgovorno je sedam najvećih zračnih prijevoznika, a njihov udio prikazan je slikom 24.



Slika 24. Emisije zračnih prijevoznika u 2017. godini, [43]

Ryanair i *EasyJet*, inače vrlo uspješni niskotarifni prijevoznici, dva su najveća emitera u 2017. godini. *Ryanair* je odgovoran za najveći udio emisija od oko 9 milijuna tona CO_2, što predstavlja povećanje od 9,6%, a *EasyJet* za oko 5 milijuna tona CO_2 emisija, što također pokazuje povećanje od 5,8%, u odnosu na emisije u 2016. godini. Na slici 25 su prikazane promjene u emisijama u odnosu na 2016. godinu. Promjene su izražene u postotcima i odnose se na sedam najvećih europskih emitera, [43].



Slika 25. Promjene u emisijama zračnih prijevoznika u 2017. u odnosu na 2016. godinu, [43]

Nadalje, u tablici 8 prikazani su podaci o verificiranim emisijama CO_2 za 14 najvećih emitera u zračnom sektoru, za period od 2012. do 2017. godine. Prema tim podacima, gotovo svi zračni prijevoznici tijekom tog perioda zabilježili su porast emisija. Tamo gdje su vidljiva smanjenja, zračni prijevoznici pripisuju boljim operativnim mogućnostima, obnovama flote i mjerama učinkovitog trošenja goriva.

Tablica 8. Količina verificiranih emisija zračnih prijevoznika od 2012. do 2017. godine

VERIFICIRANE EMISIJE (milijuna tona CO_2)						
	2012.	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**
Ukupne zrakoplovne aktivnosti	84,0	53,5	54,8	57,1	61,5	64,2
Ryanair	7,5	6,6	6,6	7,4	8,4	9,2
EasyJet	4,6	4,3	4,4	4,7	5,1	5,4
Lufthansa	4,9	4,4	4,0	3,8	3,8	4,0
British Airways	2,5	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7
Scandinavian Airlines System	3,6	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5
Air France	3,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,4
Wizz Air	1,1	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1
Vueling Airlines	1,3	1,3	1,6	1,8	2,0	2,0
KLM (Koninklijke Luchtvaart Maatschappij)	1,9	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8
Alitalia	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
Norwegian Air International	0	0	0	0,1	1,0	1,3
Eurowings	0	0	0	0,1	0,5	1,3
Norwegian Air Shuttle ASA	1,7	1,8	2,1	2,0	1,4	1,2
TAP (Transportes Aéreos Portugueses)	1,3	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2

Izvor: [43]

Navedeno povećanje emisija kod razmatranih zračnih prijevoznika dobro reflektira povećanje broja letova iz godine u godinu, uzrokovani potražnjom za istima. Tako su dva najveća emitera zabilježila porast broja putnika; *Ryanair* za 13% (120 milijuna putnika u 2018.), a *Easyjet* za 9,6% (81,6 milijuna putnika u 2018.). Mađarski niskotarifni prijevoznik *Wizz Air*, prema gore prikazanim podacima, zabilježio je najbrži porast emisija u trećem razdoblju trgovanja. Njegove emisije 2012. godine iznose 1,1 milijuna tona CO_2, a 2017. dosegnule su čak 2,1 milijuna tona CO_2, što odgovara povećanju emisija za velikih 90%. No, njegovo

povećanje emisija također se povezuje s povećanim brojem putnika; 2014. godine broj prevezenih putnika iznosi 13,9 milijuna, a 2017. godine 23,8 milijuna putnika, a taj broj svake godine je sve veći obzirom da je *Wizz Air* sve popularniji među putnicima. Neki zračni prijevoznici uspjeli su tijekom istog razdoblja zadržati emisije približno konstantnima ili su ih povećavali u puno manjoj mjeri (npr. za 5% *British Airways*). Primjerice, *Air France* je 2016. godine zabilježio smanjenje emisija, što je ostvario pomoću metoda učinkovitijeg trošenja goriva te obnovom flote. Jedini zračni prijevoznik na popisu koji je konstantno smanjivao emisije CO_2 je *Alitalia*. No, također je jedini zračni prijevoznik koji ima zabilježen pad u broju prevezenih putnika za oko 2 do 3%.

6.3 Podaci o emisijama odabranog zračnog prijevoznika

Odabrani zračni prijevoznik je jedini zračni prijevoznik u Republici Hrvatskoj koji je prema pravilima regulative obvezan pratiti i izvještavati o emisijama CO_2 te predati količinu emisijskih jedinica koja odgovara emisijama uzrokovanih njegovim letovima, najkasnije do 30. travnja tekuće godine za proteklu kalendarsku godinu.

Obzirom da u vrijeme uključivanja odabranog zračnog prijevoznika u EU ETS sustav, Hrvatska nije bila članica Europske Unije, on je dodijeljen administrativnoj vlasti one države članice prema kojoj je obavljao najveći broj letova. Ta država je Njemačka, stoga je od 2010. godine, kad se odabrani zračni prijevoznik uključio u EU ETS sustav, nadležna vlast za administriranje bila DEHSt (njem. *Deutsche Emissionshandelsstelle*). Važno je spomenuti i da je odabrani zračni prijevoznik bio i tzv. *„Consulting Carrier“* jer je prilikom surađivanja s DEHSt u izradi njihovog sustava praćenja emisija, stekao znanje koje je dalje uspio prenijeti. Nakon ulaska Republike Hrvatske u EU, a točnije od 1. siječnja 2014. godine, RH je preuzela administriranje nad operacijama odabranog zračnog prijevoznika, [44].

Također, odabrani zračni prijevoznik opredijelio se upravljati ciljevima i rizicima svoga poslovanja uzimajući u obzir skrb o okolišu, kao i poboljšanje energetske učinkovitosti. U tu svrhu 2016. godine implementiran je sustav upravljanja zaštitom okoliša prema normi ISO 14001 te sustav upravljanja energijom prema normi ISO 50001.

Od 2018. godine odabrani zračni prijevoznik sudionik je švicarskog sustava trgovanja emisijama, a od 1. siječnja 2019. godine dobrovoljno sudjeluje u CORSIA-i. Pritom je trebao prilagoditi postojeći sustav EU ETS-a kako bi se proširio na veći broj letova. Primjenom ove regulative svi su letovi odabranog zračnog prijevoznika u nekom od sustava mjerenja i trgovanja emisijskim dozvolama CO_2 (EU ETS, CORSIA, Swiss ETS). Novi kompanijski sustav praćenja, izvještavanja i trgovanja emisijama nazvan je EOS (engl. *Emissions Offseting System*), [45].

6.3.1 Flota odabranog zračnog prijevoznika

Flota odabranog zračnog prijevoznika se trenutno sastoji od dva Airbusa A320-200, četiri Airbusa A319-100 i šest zrakoplova Dash 8-Q400, a u planu je nabavka četiri nova i naprednija zrakoplova tipa A320neo, koji bi trebali biti isporučeni tijekom 2021. i 2022. godine. Najvažnije karakteriste zrakoplova u floti odabranog zračnog prijevoznika su napisane u tablici 9.

Tablica 9. Flota odabranog zračnog prijevoznika

	Airbus A320-200	**Airbus A319-100**	**Dash 8-Q400**
Broj sjedala	174	144	76
Raspon krila	34,10 m	34,10 m	28,42 m
Duljina trupa	37,60 m	33,84 m	32,83 m
Dopuštena masa	73500 kg	70000 kg	29257 kg
Najveća visina leta	11920 m	11900 m	7620 m
Površina krila	122,40 m^2	122,40 m^2	63,08 m^2
Najveća letna brzina	834 km/h (450 KTS)	834 km/h (450 KTS)	667 km/h (360 KTS)
Pogonska grupa	2 x CFM56	2 x CFM56	2 x Pratt & Whitney, PW 150A

Izvor: [45]

Zbog povećanog opsega letenja tijekom sezone od svibnja do listopada, od 2017. godine unajmljuju se dva zrakoplova CRJ 1000 s raspoloživih 100 putničkih sjedala. U skladu s razvojnim planovima, zrakoplovi takvog kapaciteta uvedeni su u flotu kao dodatak postojećoj floti Airbusa i Dasha te su treći tip zrakoplova u floti, [45].

6.3.2 Podaci o dodijeljenim i verificiranim emisijskim jedinicama

U tablici 10 su prikazane besplatno dodijeljene emisijske jedinice i verificirane emisijske jedinice za radoblje od 2013. do 2018. godine. Podaci za 2019. godinu bit će dostupni sljedeće godine, obzirom da se u tekućoj izvještava o prethodnoj kalendarskoj godini.

Tablica 10. Podaci o besplatno dodijeljenim i verificiranim emisijskim jedinicama odabranog zračnog prijevoznika

GODINA	BESPLATNO DODIJELJENE EMISIJSKE JEDINICE	VERIFICIRANE EMISIJSKE JEDINICE	PROMJENA VERIFICIRANIH EMISIJA S OBZIROM NA GODINU X - 1
2013.	61717	124782	-
2014.	85828	150608	+ 25826 (+20,7%)
2015.	85828	154276	+ 3668 (+2,44%)
2016.	85828	162454	+ 8178 (+5,3%)
2017.	85828	171297	+ 8843 (+5,44%)
2018.	85828	174695	+ 3398 (+1,98%)

Izvor: [46]

Količina besplatnih emisijskih jedinica koje su dodijeljene odabranom zračnom prijevozniku prve godine, 2013., iznosile su 62717, a od 2014. do 2020. godine su iste i iznose 85828. Ulaskom u četvrtu fazu EU ETS-a, linearni faktor smanjenja od 2,2% primijenjivat će se i na zračni sektor, što znači da će 2021. besplatno dodijeljene emisijske jedinice iznositi 82940, 2022. godine 81115 itd.

Prema podacima koje se nalaze u tablici, evidentan je porast emisija u proteklih par godina primjene EU ETS-a. To se može objasniti s vrlo važnim faktorom, a to je potražnja za putovanjem, koja je također potaknula odabranog zračnog prijevoznika na širenje mreže odredišta. Stoga, kako bi se u potpunosti vidio utjecaj EU ETS-a, važno je odabrati prikladan indikator koji se najčešće koristi u zrakoplovnoj industriji za prikaz navedenih podataka - količina emisija CO_2 po ostvarenom putničkom kilometru (engl. *Revenue Passenger Kilometer*, RPK).

6.3.3 Količina emisija CO_2 po ostvarenom putničkom kilometru

U tablici 11 prikazane su emisije CO_2, unutar Republike Hrvatske i na međunarodnim letovima, po ostvarenom putničkom kilometru (RPK) za sve tipove zrakoplova u floti. Obzirom da se ukupne emisije odabranog zračnog prijevoznika, kao i cijeli EU ETS sustav, odnose i na unajmljene zrakoplove, podaci su prikazani i za zrakoplove CRJ 1000 za 2017. i 2018. godinu.

Tablica 11. Količina emisija ugljičnog dioksida po ostvarenom putničkom kilometru

EMISIJE CO_2	Mjerna jedinica	2018.	2017.	2016.	2015.	Indeks 2018./2017.	Indeks 2018./2015.
A320/A319							
Količina emisija CO_2 unutar RH po RPK	kg	0,179	0,173	0,189	0,188	103	95
Količina emisija CO_2 na međunarodnim letovima po RPK	kg	0,114	0,112	0,119	0,119	102	95
Dash Q400							
Količina emisija CO_2 unutar RH po RPK	kg	0,167	0,168	0,173	0,175	99	95
Količina emisija CO_2 na međunarodnim letovima po RPK	kg	0,126	0,125	0,131	0,131	100	96
CRJ 1000							
Količina emisija CO_2 unutar RH po RPK	kg	0,168	0,148	-	-	113	-
Količina emisija CO_2 na međunarodnim letovima po RPK	kg	0,120	0,113	-	-	106	-

Izvor: [45]

U promatranju emisija CO_2 po RPK vidljivo je poboljšanje u odnosu na 2015. godinu, odnosno smanjenje emisija po RPK od 5%, što je posljedica bolje popunjenosti putničke kabine u zrakoplovima te uspješno provedenih mjera uštede goriva na zrakoplovima. No, prema indeksu 2018./2017., indikator emisije CO_2 po RPK za svaki pojedini tip zrakoplova nažalost bilježe stagnaciju (Dash Q400) ili čak rast od 2 do 3% (A320/A319), što ukazuje na pad trenda održivog razvoja i potrebu za razvojem akcijskih planova koji bi indikator vratio u zadane parametre, [45].

Odabrani zračni prijevoznik najčešće koristi zrakoplove tipa A320/A319 za međunarodne letove trajanja između 60 i 120 minuta, dok zrakoplove tipa Dash Q400 koristi

za domaće letove trajanja do 60 minuta. Iz podataka prikazanih u tablici može se primjetiti da je flota vrlo dobro iskorištena i isplanirana. Prema tim podacima, zrakoplovi tipa A320/A319 su učinkovitiji na međunarodnim letovima od zrakoplova tipa Dash Q400 jer je količina emisija CO_2 po RPK, kod A320/A319 manja nego na letovima od Dasha Q400. Isto tako, podaci za zrakoplov tipa Dash Q400 pokazuju da su oni učinkovitiji na domaćim letovima od zrakoplova tipa A320/A319 jer je količina emisija CO_2 po RPK, kod Dasha Q400 manja nego na letovima od A320/A319.

6.3.4 Troškovi kupnje emisijskih jedinica

U EU ETS-u je vrlo važan i proces trgovanja emisijama. Verificirane emisijske jedinice jednake su ukupnom broju emisija koje su nastale kao rezultat aktivnosti zračnog prijevoznika. Obzirom da su one značajno veće od besplatno dodijeljenih emisijskih jedinica, odabrani zračni prijevoznik dužan je platiti prekoračenja. Uzevši u obzir da se predaja emisijskih jedinica obavlja najkasnije do 30. travnja tekuće godine za proteklu kalendarsku godinu, razmatrane su cijene emisijskih jedinica za datum 01. travanj jer je točan datum kupnje emisijskih jedinica nedostupan. Odabrani datum primijenit će se u analizi cijena emisijskih jedinica za sve razmatrane godine. Procijenjeni troškovi kupnje dodatnih emisijskih jedinica prikazani su tablicom 12.

Tablica 12. Procijenjeni troškovi kupnje dodatnih emisijskih jedinica

GODINA	BESPLATNO DODIJELJENE EMISIJSKE JEDINICE	VERIFICIRANE EMISIJSKE JEDINICE	RAZLIKA	CIJENA EMISIJSKE JEDINICE (€)	UKUPNI TROŠKOVI (€)
2013.	61717	124782	63065	≈ 4,40	≈ 277486
2014.	85828	150608	64780	≈ 6	≈ 388680
2015.	85828	154276	68448	≈ 7,14	≈ 488719
2016.	85828	162454	76626	≈ 6	≈ 459756
2017.	85828	171297	85469	≈ 13	≈ 1 111097
2018.	85828	174695	88867	≈ 21	≈ 1 866207

Cijene emisijskih jedinica značajno variraju na dnevnoj bazi, a osobito iz godine u godinu. Tako je u početku cijena po emisijskoj jedinici bila otprilike 4 eura, a sad se popela do velikih 20ak eura. Navedene fluktuacije iziskuju vrlo dobro planiranje trenutka kupnje dodatnih emisijskih jedinica.

Posljedično su ukupni troškovi, povezani s kupovinom dodatnih emisijskih jedinica, značajno porasli. To je svakako potaknulo zračnog prijevoznika na razvitak mjera za učinkovito trošenje goriva (engl. *Fuel Efficiency*) i samim time smanjenje emisija CO_2.

6.3.5 Mjere učinkovitog trošenja goriva

Neke od mjera koje je odabrani zračni prijevoznik uveo u proteklih par godina su sljedeće:

1. Upravljanje masom (engl. *Weight Management*) zrakoplova:
    - Promjenom putničke kabine na Airbusovoj floti povećao se broj raspoloživih sjedala sa 132 na 144 (Airbus A319) te sa 162 na 174 (Airbus A320), pri čemu se smanjila masa zrakoplova za oko 200 kg, smanjila količina emisija CO_2 po putniku te povećala udobnost.
    - Uporabom EFB (engl. *Electronic Flight Bag*) uređaja smanjila se potreba za nošenjem 35 kg dokumentacija na zrakoplovu.
    - Masa putnog časopisa Croatia smanjena je, čime se štedi na masi, a posljedično i na potrošnji goriva i CO_2.
2. Upravljanje potrošnjom vode (engl. *Water Management*): na Airbusovim zrakoplovima propisano je nošenje tek 50% vode za toalet, čime se smanjuju emisije CO_2 za 40 tona godišnje po zrakoplovu.
3. Modernizacija flote: Prosječna starost flote odabranog zračnog prijevoznika je 14,6 godina, a poznato je da stariji zrakoplovi troše više goriva. Stoga, odabrani zračni prijevoznik teži uvođenju novih zrakoplova u flotu, što iz financijskih, a što iz ekoloških razloga. Zrakoplovi tipa A320neo (engl. *new engine option*) model isporučiti će se od 2021. godine nadalje. Airbus kroz svoju dokumentaciju govori o uštedi goriva od minimalno 15%, što odgovara godišnjem smanjenju emisija od 3600 t CO_2 po zrakoplovu te povećanom dometu leta za oko 500 nautičkih milja (926 km).

4. Propisivanje preporuka, tzv. „*Green procedures*“, u operativni priručnik zračnog prijevoznika vezan za letačke operacije za obje flote:
    - Samo nužno korištenje pomoćne jedinice napajanja (APU) koje služe za pokretanje i održavanje elektroničkih sustava u zrakoplovu, klimatizacijskog sustava i sl. dok je zrakoplov na zemlji s ugašenim motorima;
    - Uvođenje taksiranja s jednim motorom, tzv. „*single engine taxiing“* za obje flote – na zrakoplovima tipa Dash8 Q400 floti se ono primjenjuje u 60% slučajeva na onim zračnim lukama na kojima je to moguće, čime se smanjuje potrošnja goriva i trošenje motora. Potencijal uštede iznosi oko 20 tona goriva i 70 tona CO_2 godišnje.
    - Izvođenje završnog prilaza do točke dodira s manjim stupnjem otklanjanja zakrilaca, tzv. „*Reduced flap landing*“.
5. Iskorištavanje potencijala u suradnji sa zračnim lukama i kontrolama leta, gdje je moguće, primjerice omogućavanje direktnog rutiranja i prilaženja s neprekinutim snižavanjem (engl. *Continuous Descent Approach,* CDA);
6. Analize i modifikacije ruta: Uporaba naprednih sustava za planiranje letova LIDO (engl. *Lufthansa Dispatch Integrated Operation*) s čime se osigurava optimizacija letova u pogledu potrošnje goriva, [44], [45].

7. ZAKLJUČAK

Zrakoplovstvo je uključeno u sustav trgovanja emisijama, EU ETS, od 2012. godine, a obzirom da je ugljični dioksid (CO_2) globalno rasprostranjeni te najznačajniji antropogeni staklenički plin, prioritetno je uvedeno praćenje i izvještavanje o emisijama CO_2. Svake godine zračni prijevoznici obvezni su predati emisijske jedinice koje pokrivaju emisije svih njihovih letova uključenih u EU ETS. Ukoliko dođe do prekoračenja emisija, kao što to uobičajeno i je slučaj, zračni prijevoznici dužni su kupiti dodatne emisijske jedinice jer su u protivnom penalizirani velikim svotama. Na taj način se zračne prijevoznike potiče na smanjenje emisija uzrokovanih njihovim letovima.

Na prvu pomisao EU ETS-a mnogi zaključe da će on omogućiti konačno smanjenje emisija uzrokovanih zrakoplovnim aktivnostima. No, detaljnijom analizom podataka o emisijama najvećih europskih emitera, uključujući i odabranog zračnog prijevoznika, dolazimo do zaključka da se emisije CO_2 u proteklih par godina nisu smanjile nego povećale. Razlog tomu jest značajno povećanje potražnje. Broj letova koje zračni prijevoznici obavljaju je svake godine sve veći jer putnici žele sve više putovati zrakoplovima, obzirom da je to najbrži oblik prijevoza od točke A do točke B. Zbog toga, zračni prijevoznici kupuju mnogobrojne emisijske jedinice koje su dostupne na tržištu ugljika. Obzirom da je kvota emisijskih jedinica određena za sva industrijska postrojenja, može se reći da je smanjenje emisija uspješnije u onim sektorima u kojima je to jednostavnije i brže. Drugim riječima, zračni prijevoznici kupuju emisijske jedinice koje su dostupne na tržištu jer su stacionarna postrojenja smanjila emisije. To je u jednu ruku i stacionarnim postrojenjima isplativo jer oni imaju manje troškove obzirom da većini nisu omogućene besplatne jedinice nego sve moraju kupovati, a u drugu ruku omogućava zračnim prijevoznicima da osiguraju dovoljan broj letova koji je u skladu s potražnjom za istima.

Veća potražnja uzrokuje veće emisije, što znači da EU ETS nije niti vjerojatno neće smanjiti emisije u zračnom sektoru. No, to ne znači da EU ETS nije uspješan. Usporedbom porasta emisija i drugih indikatora (broja putnika i/ili putničkih kilometara), vidljiv je napredak kod većine zračnih prijevoznika – porast emisija CO_2 je manji od porasta broja putnika i putničkih kilometara. To je uglavnom omogućeno mjerama učinkovitog trošenja goriva, tehnološkom razvoju, poboljšanjima u korištenju zračnog prostora i slično. Sve navedeno pokazuje da je EU ETS podignuo razinu ekološke osviještenosti i potaknuo sve dionike u

zrakoplovnoj industriji na razmišljanje i otkrivanje novih načina i mjera smanjenja emisija CO_2, kako iz ekoloških tako i iz financijskih razloga. Također je primorao zračne prijevoznike na promjene u flotama. No nažalost, nakon što iskoriste sve aktualne mogućnosti (primjerice česta obnova flote u većini slučajeva nije moguća), zračni prijevoznici dolaze do „zida“, odnosno manjka načina za smanjenje emisija. Ono što će omogućiti smanjenje negativnog utjecaja emisija jest korištenje održivih goriva, međutim oni također predstavljaju izazov u primjeni, osobito u Hrvatskoj, zbog vrlo visoke cijene i nemogućnosti nabave na tržištu u većim količinama. Dodatno pitanje je i kako će se primjena istih odraziti na cijene putničkih karata koje će se u tom slučaju svakako povećati.

Odabrani zračni prijevoznik podržava sve mjere koje daju doprinos smanjenju emisija CO_2 te utjecaja klimatskih promjena. Uključen je u EU ETS sustav te dobrovoljno sudjeluje u novoj globalnoj tržišno utemeljenoj mjeri CORSIA-i. No, istodobno podupire rast i razvoj zrakoplovne industrije. To je vidljivo iz povećanja broja operacija iz godine u godinu, povećanju mreža odredišta i većem broju prevezenih putnika.

Predviđeni porast broja letova u narednim godinama je pomalo zastrašujući. Preostaje vidjeti kakav će utjecaj EU ETS imati u budućnosti obzirom da će je sustav iz faze u fazu sve rigorozniji. U četvrtoj fazi, odnosno od 2021. godine besplatno dodijeljene emisijske jedinice za zračni sektor biti će u manjim količinama te će se postepeno smanjivati. Također, cijene dodatnih emisijskih jedinica su u konstantnom porastu. Ne smije se zaboraviti na novu globalnu mjeru CORSIA u koju će biti uključeni svi međunarodni letovi zračnih prijevoznika. Sve navedeno predstavlja značajne troškove zračnim prijevoznicima koji se trude učinkovito nositi s trenutnim i budućim izazovima. No, sve se to čini u korist klime na planetu Zemlji koja je vrlo važna po pitanju kvalitete života.

LITERATURA

[1] *Reducing emissions from aviation.* Preuzeto sa:

https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[2] Ernest Bazijanac, prof. dr. sc., Anita Domitrović, izv. prof. dr. sc.; Emisije zrakoplovnih motora, Autorizirana predavanja i dodaci, Fakultet prometnih znanosti, 2016./2017.

[3] *European Aviation Environmental Report 2019.* Preuzeto sa:

https://www.eurocontrol.int/publication/european-aviation-environmental-report-2019 [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[4] *Radiative Forcing*. Preuzeto sa:

https://www.co2offsetresearch.org/aviation/RF.html [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[5] Staklenički plinovi: uzroci, izvori i učinci na okoliš. Preuzeto sa:

https://www.znanost.com/staklenicki-plinovi-uzroci-izvori-i-ucinci-na-okolis/

[Pristupljeno: lipanj 2019.]

[6] *Aviation and the Global Atmosphere; „What are the Current and Future Impacts of Subsonic Aviation on Radiative Forcing and UV Radiation?“.* Preuzeto sa:

http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/006.htm#spmfig2a [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[7] *Atmospheric greenhouse gas concentrations.* Preuzeto sa:

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[8] *Impact of Increasing CO2 Emissions on Environment*. Preuzeto sa:

https://www.scienceabc.com/social-science/greenhouse-gas-co2-emmission-effect-environment.html [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[9] *Carbon Dioxide*. Preuzeto sa:

https://toxtown.nlm.nih.gov/chemicals-and-contaminants/carbon-dioxide

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[10] *Direct GHG Emissions from Aviation: CO_2 and Water Vapor.* Preuzeto sa:

https://www.co2offsetresearch.org/aviation/DirectEmissions.html

[Pristupljeno: lipanj 2019.]

[11] *Intergovernmental Panel on Climate Change Report*. Preuzeto sa:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-ts-1.pdf

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[12] *Understanding Global Warming Potentials*. Preuzeto sa:

https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials

[Pristupljeno: lipanj 2019.]

[13] *ICAO Annex 16: Environmental Protection, Volume II -- Aircraft Engine Emissions.*

Preuzeto sa: https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/004/icao.annex.16.v2.2008.pdf

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[14] *European Aviation Environmental Report 2016.* Preuzeto sa:

https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[15] *IATA - Climate Change - Three targets and four pillars.* Preuzeto sa:

https://www.iata.org/policy/environment/Pages/climate-change.aspx

[Pristupljeno: srpanj 2019.]

[16] *IATA - Carbon offsetting for international aviation*. Preuzeto sa:

https://www.iata.org/policy/environment/Documents/paper-offsetting-for-aviation.pdf

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[17] Irena Petrin, dipl. ing., Dino Kučić, dipl. ing., mr. sc. Dario Fakleš; „Implementacija normative trgovanja emisijama stakleničkih plinova u komercijalnom zrakoplovstvu“. Preuzeto sa: https://bib.irb.hr › datoteka › 534662.Petrin-rad.doc [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[18] *EUROCONTROL - Environment.* Preuzeto sa: https://www.eurocontrol.int/environment

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[19] *Status of Ratification of the Convention.* Preuzeto sa: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/status-of-ratification/status-of-ratification-of-the-convention [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[20] Međunarodni sporazumi o klimatskoj politici. Preuzeto sa:

https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/ [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[21] *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Preuzeto sa: https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[22] Željko Dominis, dipl. ing, „Posljedica stupanja na snagu Protokola iz Kyota“, NAŠE MORE : znanstveni časopis za more i pomorstvo, Vol. 53 No. 3-4, 2006. Preuzeto sa: https://hrcak.srce.hr/8099 [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[23] Maja Kosor, dipl. iur, „Kyotski protokol s posebnim osvrtom na pregovore Republike Hrvatske o „baznoj“ godini“, Pravnik : časopis za pravna i društvena pitanja, Vol. 46 No. 92, 2012. Preuzeto sa: https://hrcak.srce.hr/98186 [Pristupljeno: lipanj 2019.]

[24] *Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention on Climate Change*. Preuzeto sa: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[25] Službeni list Europske unije - PARIŠKI SPORAZUM. Preuzeto sa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:22016A1019(01) [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[26] Pariški sporazum o klimatskim promjenama. Preuzeto sa:

https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/timeline/

[Pristupljeno: srpanj 2019.]

[27] Infografika – Klimatske promjene: kako će EU ostvariti ciljeve? Preuzeto sa:

https://www.consilium.europa.eu/hr/infographics/paris-agreement-tools-info/
[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[28] *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Preuzeto sa:

https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[29] IZVJEŠĆE KOMISIJE EUROPSKOM PARLAMENTU I VIJEĆU - Izvješće o funkcioniranju europskog tržišta ugljika. Preuzeto sa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0842&from=GA [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[30] *DIRECTIVE 2003/87/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*. Preuzeto sa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32003L0087

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[31] *Commission proposal for European Regional Airspace Approach for the EU Emission Trading for Aviation - Frequently asked questions.* Preuzeto sa: https://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-905_en.htm [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[32] *Aviation in the ETS*. Preuzeto sa: https://www.transportenvironment.org/what-we-do/aviation/aviation-ets [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[33] SLUŽBENI LIST EUROPSKE UNIJE. ODLUKA KOMISIJE od 26. rujna 2011. o referentnim vrijednostima za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica stakleničkih plinova operaterima zrakoplova u skladu s člankom 3.e Direktive 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća. Preuzeto sa:

https://eur-lex.europa.eu/legal content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0638&from=SL
[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[34] *Guidance Document - The Monitoring and Reporting Regulation – General guidance for Aircraft Operators.* Preuzeto sa:

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/monitoring/docs/gd2_guidance_aircraft_en.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[35] CORSIA. Preuzeto sa: http://stillwaterassociates.com/wp-content/uploads/2019/02/Picture1.png [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[36] *ICAO - What is CORSIA and how does it work?* Preuzeto sa:

https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/A39_CORSIA_FAQ2.aspx
[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[37] *CORSIA OFFSETTING REQUIREMENT STEPS*. Preuzeto sa:

https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/CorsiaLeaflet-05_Web.pdf
[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[38] *ICAO CORSIA Brochure*. Preuzeto sa: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/CorsiaBrochure_8Panels-ENG-Web.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[39] Ministarstvo zaštite okoliša i energentike - Verifikacija izvješća o emisijama stakleničkih plinova. Preuzeto sa: https://mzoe.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug-4925/klima/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova/verifikacija-izvjesca-o-emisijama-staklenickih-plinova/1896 [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[40] COMMISSION REGULATION (EU) No 601/2012 of 21 June 2012 on the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. Preuzeto sa:

https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:181:0030:0104:EN:PDF
[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[41] *EUROCONTROL - Small emitters tool (SET) – 2018 Emissions calculator*. Preuzeto sa:

https://www.eurocontrol.int/publication/small-emitters-tool-set-2018

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[42] Registar unije. Preuzeto sa: http://www.haop.hr/hr/baze-i-portali/registar-unije-hrvatski-dio [Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[43] Trends and projections in the EU ETS in 2018 Report. Preuzeto sa: https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-the

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[44] Konzultacije sa specijalistom za održivi razvoj: Dino Kučić, dipl. ing., srpanj i kolovoz 2019.

[45] Croatia Airlines - Izvješća o poslovanju - Nefinancijska izvješća. Preuzeto sa: https://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Financijske-informacije/Izvjesca-o-poslovanju

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

[46] *EU Emissions Trading System (ETS) data viewer.* Preuzeto sa: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1

[Pristupljeno: kolovoz 2019.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Emisije iz tipičnog dvomotornog mlaznog zrakoplova tijekom 1-satnog leta sa 150 putnika 4
Slika 2. Utjecaj zračenja od zrakoplovnih emisija - 1992. godina, [6].....5
Slika 3. Utjecaj zračenja od zrakoplovnih emisija - pretpostavljeni scenarij za 2050. godinu, [6] 6
Slika 4. Ciklus polijetanja i slijetanja (engl. Landing and Take Off).....12
Slika 5. Plan EU za ostvarenje postavljenog cilja prema obvezama iz Pariškog sporazuma, [27] 21
Slika 6. Proporcije letova uključenih u EU ETS pod izvornim zakonodavstvom, [31] 26
Slika 7. Doprinos mjera za smanjenje emisija ugljičnog dioksida u međunarodnom zračnom prometu, [35].....30
Slika 8. Primjer - količina emisija koju je potrebno nadomjestiti tijekom godina primjene CORSIA-e..31
Slika 9. Primjer - izračun konačne količine koju je potrebno nadomjestiti za trogodišnje razdoblje usklađenosti, [37] 32
Slika 10. Proces stvaranja, kupnje, poništavanja i objavljivanja emisijskih jedinica 33
Slika 11. Obveze država koje sudjeluju i koje ne sudjeluju u CORSIA-i, [36].....34
Slika 12. Glavni elementi ciklusa usklađenosti.....36
Slika 13. Pregled odgovornosti glavnih sudionika u EU ETS-u 39
Slika 14. Excel tablica koja služi za izradu godišnjeg izvješća o emisijama 43
Slika 15. Usporedba dviju metoda praćenja potrošnje goriva operatora zrakoplova, [34] 45
Slika 16. EUROCONTROL-ov kalkulator za niske emitere ("Small Emitter Tool"), [41].....47
Slika 17. Sadržaj Plana praćenja 48
Slika 18. Primjer aktivnosti protoka podataka 50
Slika 19. Dijagram toka sustava kontrole.....51
Slika 20. Web sučelje Registra unije za operatore unutar RH, [42].....53
Slika 21. Web sučelje dnevnika transakcija Europske unije, [42].....54
Slika 22. Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor, [43] 56
Slika 23. Usporedba cijena emisijskih jedinica za zračni promet (EUA) i za stacionarna postrojenja (EUAA), [43].....58
Slika 24. Emisije zračnih prijevoznika u 2017. godini, [43] 59
Slika 25. Promjene u emisijama zračnih prijevoznika u 2017. u odnosu na 2016. godinu, [43] 60

POPIS TABLICA

Tablica 1. Postotci potrebnih smanjenja emisija u odnosu na baznu godinu za razvijene zemlje 18
Tablica 2. Vremenska crta godišnjeg ciklusa usklađenosti s EU ETS-om u N godini.....38
Tablica 3. Emisijski faktori za najčešće korištena goriva.....44
Tablica 4. Objašnjenje varijabli u formuli za Metodu A 44
Tablica 5. Objašnjenje varijabli u formuli za Metodu B 45
Tablica 6. Izračun potrošnje goriva za Metodu A i Metodu B 46
Tablica 7. Besplatno dodijeljene i verificirane emisijske jedinice za zračni sektor 57
Tablica 8. Količina verificiranih emisija zračnih prijevoznika od 2012. do 2017. godine 61
Tablica 9. Flota odabranog zračnog prijevoznika 63
Tablica 10. Podaci o besplatno dodijeljenim i verificiranim emisijskim jedinicama odabranog zračnog prijevoznika 64
Tablica 11. Količina emisija ugljičnog dioksida po ostvarenom putničkom kilometru 66
Tablica 12. Procijenjeni troškovi kupnje dodatnih emisijskih jedinica 67

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Sustav praćenja emisija stakleničkih plinova kod zračnog prijevoznika** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 11.09.2019

Renata Špoljar
(potpis)