

# Utjecaj zahtjeva Europske unije za trgovanje emisijama na poslovanje zračnog prijevoznika

---

**Pavlović, Marin**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:603948>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Marin Pavlović**

**UTJECAJ ZAHTJEVA EUROPSKE UNIJE ZA  
TRGOVANJE EMISIJAMA NA POSLOVANJE  
ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA**

**Diplomski rad**

**Zagreb, 2017.**

Zagreb, 24. travnja 2017.

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

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4216

Pristupnik: **Marin Pavlović (0135227202)**  
Studij: **Aeronautika**

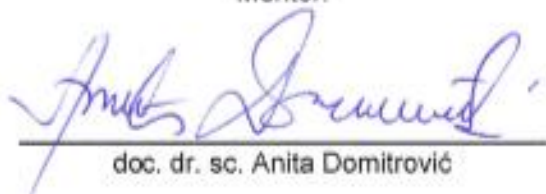
Zadatak: **Utjecaj zahtjeva Europske unije za trgovanje emisijama na poslovanje zračnog prijevoznika**

### Opis zadatka:

Analizirati emisije stakleničkih plinova u zračnom prometu. Opisati operativne mjere i programe za smanjenje emisija stakleničkih plinova kroz smanjenje potrošnje goriva. Izdvojiti program Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (EU ETS) te opisati uvođenje EU ETS programa kod zračnih prijevoznika. Analizirati utjecaja EU ETS programa na primjeru zračnog prijevoznika. Dati smjernice za postupanje zračnog prijevoznika vezano uz trgovinu emisijama.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

  
doc. dr. sc. Anita Domitrović

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**UTJECAJ ZAHTJEVA EUROPSKE UNIJE ZA  
TRGOVANJE EMISIJAMA NA POSLOVANJE  
ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA**

**INFLUENCE OF EUROPEAN UNION'S EMISSION  
TRADING SYSTEM REQUIREMENTS ON AIRLINE  
BUSINESS MANAGEMENT**

**Diplomski rad**

Mentor: Doc. dr. sc. Anita Domitrović

Student: Marin Pavlović

JMBAG: 0135227202

**Zagreb, rujan 2017.**

# **UTJECAJ ZAHTJEVA EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE EMISIJAMA NA POSLOVANJE ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA**

## **SAŽETAK**

Program Europske unije za trgovanje emisijama je prvenstveno poticaj svim operaterima, pa tako i zračnim prijevoznicima, koji podliježu EU ETS direktivi da na troškovno učinkovit način smanje ispuštanje štetnih plinova u atmosferu. Procjenjuje se da će bez politike dodatnog smanjenja emisija stakleničkih plinova u ovom stoljeću prosječna temperatura na svjetskoj razini narasti iznad dopuštenih vrijednosti gdje će posljedice globalnog zatopljenja postati nepovratne. U ovom radu opisano je štetno djelovanje stakleničkih plinova na okoliš. Također je opisan EU ETS program, kao i njegova implementacija kod zračnih prijevoznika. Rad donosi analizu utjecaja ovog programa na poslovanje jednog zračnog prijevoznika te prednosti i nedostatke programa.

**KLJUČNE RIJEČI:** EU ETS; ispušni plinovi; zaštita okoliša; zrakoplovstvo; trgovanje emisijama; globalno zatopljenje

# **INFLUENCE OF EUROPEAN UNION'S EMISSION TRADING SYSTEM REQUIREMENTS ON AIRLINE BUSINESS MANAGEMENT**

## **SUMMARY**

The European Union Emissions Trading System has been primarily developed to act as a cost-effective program for reduction of a greenhouse gas emissions. Among others, who needs to comply with the EU ETS directive, it also includes airlines. It is estimated that without further reduction of greenhouse gas emissions, average temperature in the world will increase above the acceptable limits. Thus leading to an inevitable global warming process. In the thesis are described harmful effects of greenhouse gas emissions on the environment. The thesis describes negative effects of greenhouse gases on the environment, as well as the EU ETS program. In addition to this, it shows implementation of the program within an airline. Also, the influence of this program on the operations of an airline is analyzed here, likewise the advantages and disadvantages of EU ETS program.

**KEY WORDS:** EU ETS; greenhouse gases; environmental protection; aviation; greenhouse gas emissions trading; global warming

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA U ZRAČNOM PROMETU .....	2
2.1. PRODUKTI IZGARANJA ZRAKOPLOVNIH MOTORA .....	2
2.1.1. Ugljični dioksid (CO <sub>2</sub> ) .....	4
2.1.2. Ozon (O <sub>3</sub> ) .....	5
2.1.3. Metan (CH <sub>4</sub> ) .....	6
2.1.4. Vodena para .....	6
2.1.5. Kondenzacijski tragovi (engl. <i>Contrails</i> ).....	6
2.1.6. Cirusi (engl. <i>Cirrus Clouds</i> ) .....	7
2.2. UTJECAJ NA OKOLIŠ .....	9
3. OPERATIVNE MJERE I PROGRAMI ZA SMANJENJE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA KROZ SMANJENJE POTROŠNJE GORIVA .	10
3.1. PRILAŽENJE S KONTINUIRANIM SNIŽAVANJEM (engl. <i>Continuous Descent Approach, CDA</i> ).....	10
3.2. TAKSIRANJE S POMOĆU JEDNOG MOTORA .....	11
3.3. SMANJENJE MASE ZRAKOPLOVA.....	12
3.3.1. Smanjenje mase praznog zrakoplova.....	12
3.3.2. Korištenje optimalnih rezervi goriva .....	13
3.4. OPTIMALNA POZICIJA TEŽIŠTA .....	15
3.5. KORIŠTENJE MANJIH STUPNJEVA ZAKRILACA.....	15
3.6. LET NA OPTIMALNIM VISINAMA I BRZINAMA .....	16
3.7. PROPISNO ODRŽAVANJE ZRAKOPLOVA .....	18
3.7.1. Zrakoplovna vrata .....	18
3.7.2. Upravljačke površine .....	19
3.7.3. Nepravilnosti i oštećenja površine zrakoplova .....	19
3.7.4. Točnost zrakoplovnih instrumenata .....	21

4. PROGRAM EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE EMISIJAMA STAKLENIČKIH PLINOVA (EU ETS).....	22
4.1. RAZVOJ SUSTAVA KONTROLE EMISIJA PLINOVA KROZ POVIJEST .....	22
4.2. EU ETS – OPĆENITO .....	23
4.3. EU ETS U ZRAKOPLOVSTVU .....	25
5. IMPLEMENTACIJA EU ETS PROGRAMA KOD ZRAČNIH PRIJEVOZNIKA .....	26
5.1. FAZE RAZVOJA EU ETS PROGRAMA .....	26
5.2. PRAĆENJE, IZVJEŠĆIVANJE I PROVJERA .....	27
5.3. NISKI EMITERI .....	28
6. ANALIZA UTJECAJA EU ETS PROGRAMA NA PRIMJERU ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA .....	30
6.1. FLOTA ODABRANOG ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA .....	30
6.2. UTJECAJ EU ETS PROGRAMA NA POSLOVANJE ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA .....	31
6.3. NEDOSTACI I PREDNOSTI EU ETS PROGRAMA .....	35
7. ZAKLJUČAK .....	36
LITERATURA .....	38
POPIS SLIKA .....	42
POPIS TABLICA .....	42

# 1. UVOD

Kako se zračni promet počeo naglo razvijati pedesetih godina prošlog stoljeća, tako su emisije stakleničkih plinova postajale sve veće. Prema dosadašnjim istraživanjima zrakoplovna industrija je odgovorna za otprilike 2% CO<sub>2</sub> od ukupnog ispuštenog CO<sub>2</sub> u atmosferu te 12% od CO<sub>2</sub> proizvedenog od strane cijele transportne industrije. Zračni promet je drugi po redu što se tiče potrošnje goriva nakon cestovnog prometa te kao takav ima veliku ulogu u klimatskim promjenama. Iz tog razloga se razvijaju programi za smanjenje emisija stakleničkih plinova [1].

Program Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (engl. *EU Emissions Trading System*, EU ETS) omogućuje operaterima da provedbom troškovno učinkovitih mjera smanje emisije stakleničkih plinova. Operaterima se izdavaju dozvole te se raspodjeljuju određene količine emisijskih jedinica sukladno zadanim kriterijima. Ovim programom se žele ograničiti emisije stakleničkih plinova u svrhu sprječavanja katastrofalnih klimatskih promjena [2].

Ovaj diplomski rad se bavi utjecajem EU ETS programa na poslovanje zračnog prijevoznika.

Rad se sastoji od sedam poglavlja, uključujući *Uvod* i *Zaključak*. Nakon *Uvoda* u drugom poglavlju pod nazivom *Emisije stakleničkih plinova u zračnom prometu* navode se najvažniji produkti emisija mlaznih motora te njihov utjecaj na atmosferu. U poglavlju *Operativne mjere i programi za smanjenje emisija stakleničkih plinova kroz smanjenje potrošnje goriva* navedene su neke od operativnih mjera i tehnika koje zračni prijevoznici mogu implementirati u svoje procedure u cilju optimizacije potrošnje goriva. U četvrtom poglavlju pod nazivom *Program Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (EU ETS)* opisan je EU ETS program za trgovanje stakleničkim plinovima, dok je u sljedećem, petom poglavlju, opisana i njegova implementacija u zrakoplovstvo. Šesto poglavlje donosi analizu utjecaja EU ETS programa na primjeru zračnog prijevoznika. U zadnjem, sedmom poglavlju, iznosi se zaključak cjelokupnog istraživanja.

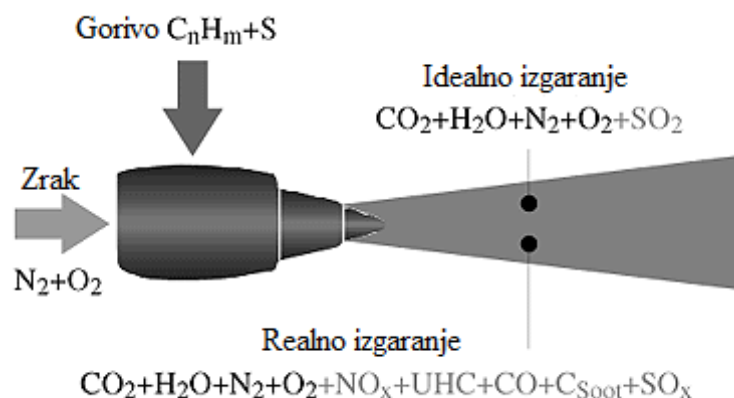


## 2. EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA U ZRAČNOM PROMETU

Naglim razvitkom zračnog prometa pedesetih godina prošlog stoljeća i emisije stakleničkih plinova postaju sve veće. Što se tiče potrošnje goriva, zračni promet zauzima drugo mjesto, odmah iza cestovnog. Gledano u postocima, zrakoplovna industrija je odgovorna za 2% ispuštenog CO<sub>2</sub> u atmosferu i 12% proizvedenog CO<sub>2</sub> u transportnoj industriji. Međutim, kako zrakoplovi lete na velikim visinama, njihove emisije imaju veći utjecaj na atmosferu. Podaci govore o velikoj ulozi zračnog prometa u klimatskim promjenama. Oni trebaju biti poticaj na daljnje aktivnosti koje će te brojke umanjiti i tako doprinijeti smanjenju emisija CO<sub>2</sub> u svijetu [1].

### 2.1. PRODUKTI IZGARANJA ZRAKOPLOVNIH MOTORA

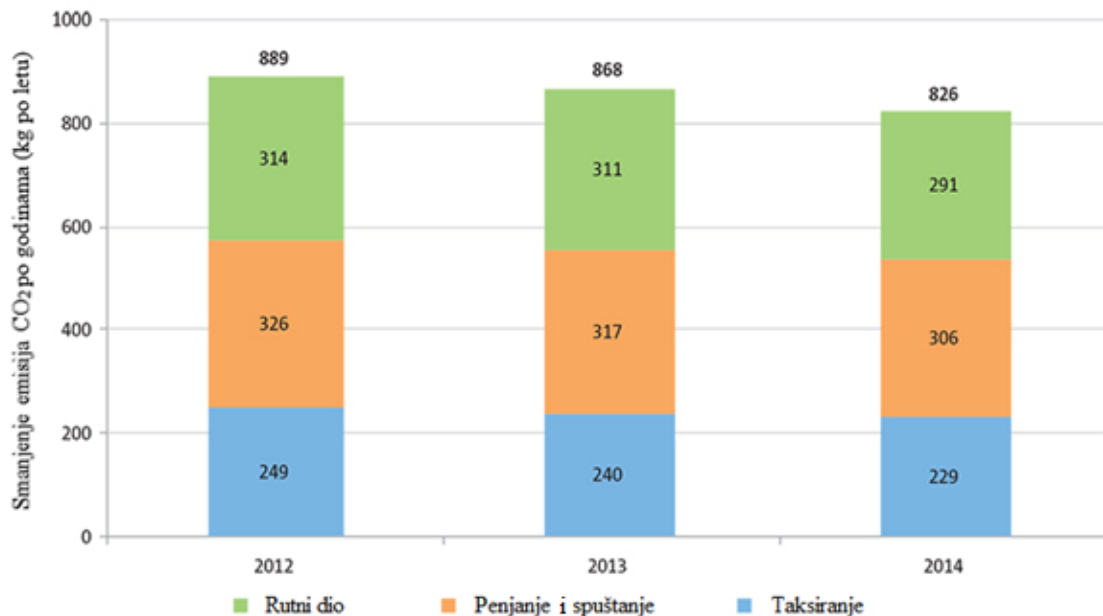
Izgaranjem goriva za mlazne motore sa zrakom, zrakoplovni motori emitiraju uglavnom ugljični dioksid CO<sub>2</sub> (oko 70%) i vodenu paru H<sub>2</sub>O (oko 29%) [3]. Međutim, tijekom procesa izgaranja u zrakoplovnom motoru dolazi i do minimalnih emisija dušičnog oksida NO, dušičnog dioksida NO<sub>2</sub> (koji se zajedno nazivaju NO<sub>x</sub>), ugljikovodika H<sub>x</sub>C<sub>y</sub>, ugljičnog monoksida i čađe. Kerozin također sadrži i sumpor koji se tijekom izgaranja goriva pretvara u sumporni oksid SO<sub>x</sub>, uglavnom u sumporni dioksid SO<sub>2</sub>, djelomice i u sumporni trioksid SO<sub>3</sub> te nakon hlađenja i miješanja s vodenom parom u sumpornu kiselinu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Na slici 1 prikazano je izgaranje goriva mlaznog motora, te razlika između idealnog i realnog izgaranja [3].



Slika 1. Izgaranje goriva mlaznog motora

Izvor: [4]

Kao što je vidljivo na prethodnoj slici, realni proces izgaranja razlikuje se od onog idealnog. Nažalost, kod realnog procesa nije moguće eliminirati sve štetne produkte izgaranja. Međutim, ulaganjem u novu tehnologiju te uvođenjem operativnih mjera i programa za smanjenje potrošnje goriva moguće je uvelike smanjiti emisije štetnih plinova. Na sljedećoj slici prikazane su emisije CO<sub>2</sub> po fazama leta kao i njihovo smanjenje po godinama [5].



Slika 2. Emisije CO<sub>2</sub> po fazama leta (smanjenje po godinama)

Izvor: [5]

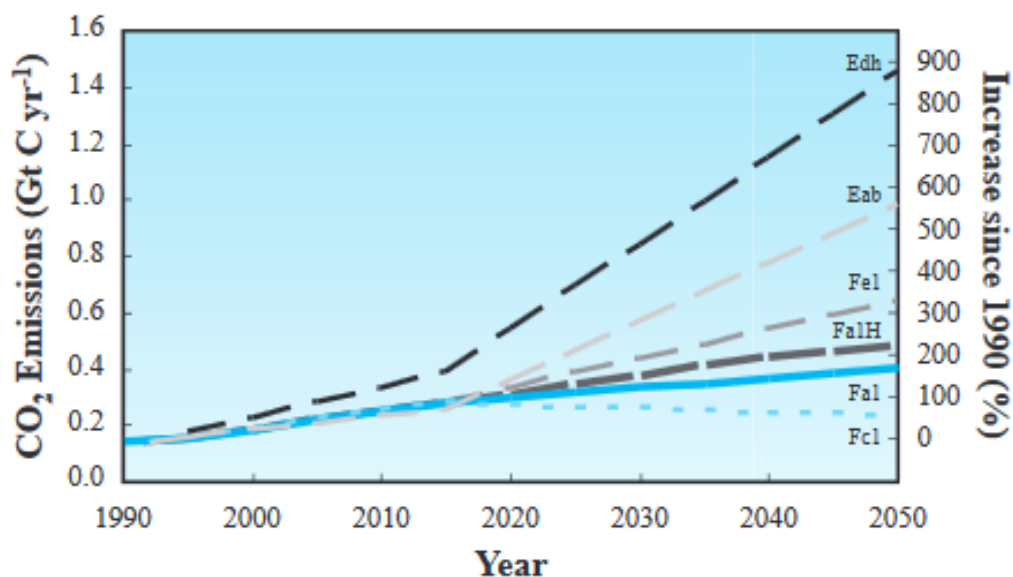
Zrakoplovstvo pridonosi s 1,6-2,2% globalnim emisijama CO<sub>2</sub>, 10-13% CO<sub>2</sub> proizvedenog od cijele transportne industrije, te 2% što se tiče svih izvora dušičnog oksida NO<sub>x</sub> [3]. Plinovi i čestice koji su posljedica zrakoplovne industrije imaju direktan i indirektan utjecaj na klimatske promjene. Izravni učinak nastaje zbog apsorpcije i raspršivanja zračenja. No mnogo je neizravnih učinaka. Oni proizlaze iz kemijskih ili fizičkih utjecaja emisija zrakoplova koji djeluju kao staklenički plinovi, te utječu na oblake i padaline, proračun energije te hidrološki ciklus na Zemlji. Plinovi i čestice ispušteni iz zrakoplovnih motora akumuliraju se u blizini ruta zrakoplova. Njihovo zadržavanje u atmosferi nije jednako te neke od emisija imaju kraće, a neke duže vrijeme zadržavanja. Tako metan nestaje iz atmosfere za otprilike 12 godina. Iako snažan staklenički plin, njegov učinak je relativno kratkotrajan. Nadalje, dušični oksid ima nešto dulji vijek trajanja te iz atmosfere nestaje za otprilike 114 godina. Vodena para se ne akumulira u atmosferi kao ostali staklenički plinovi, iz razloga što se tamo zadržava vrlo kratko, nekoliko sati ili dana, te nestaje u obliku oborina. Međutim, određivanje vijeka trajanja

ugljičnog dioksida je nešto kompleksnije. Između 65% i 80% CO<sub>2</sub> nestaje iz atmosfere u razdoblju od 20 do 200 godina. Ostatak ovog stakleničkog plina uklanja se sporijim procesima što može potrajati i nekoliko tisuća godina. Također, CO<sub>2</sub> je staklenički plin koji se jednako rasprostranjuje po cijeloj atmosferi, bez obzira na mjesto njegovog nastanka. Stoga, efekti emisija CO<sub>2</sub> iz zrakoplova ne mogu se razlikovati od iste količine CO<sub>2</sub> emitirane u isto vrijeme od strane bilo kojeg drugog izvora [3].

### 2.1.1. Ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>)

Ugljični dioksid je bezbojan, bezmirisan, neutrovan, nezapaljiv plin koji nastaje izgaranjem ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika, kao i procesom disanja ljudi i životinja. Kao što je već spomenuto u prošlom poglavlju, zrakoplovna industrija je odgovorna za otprilike 2% CO<sub>2</sub> od ukupnog ispuštenog CO<sub>2</sub> u atmosferu te 12% od CO<sub>2</sub> proizvedenog od strane cijele transportne industrije. Globalno, ljudi su odgovorni za 36 milijardi tona CO<sub>2</sub> od čega se 781 milijun odnosi na zrakoplovstvo [1].

Također se mora uzeti u obzir da se 80% CO<sub>2</sub> ispušta na letovima dužim od 1 500 kilometara za što ne postoji alternativna vrsta prijevoza. Prema dosadašnjim istraživanjima emisije CO<sub>2</sub> do 2050. godine mogle bi se povećati za čak 900% u odnosu na 1992. godinu, što je prikazano na sljedećoj slici [1].



Slika 3. Pretpostavke zrakoplovnih emisija ugljičnog dioksida do 2050. godine

Izvor: [6]

Slika prikazuje šest različitih scenarija zrakoplovnih emisija CO<sub>2</sub> do 2050. godine. Vrijednosti emisija su prikazane u *Gt C* (ili milijarda tona ugljika), što znači da je uključen samo ugljikov element molekule ugljičnog dioksida. Atomska masa ugljika je 12, dok je atomska masa CO<sub>2</sub> 44. Stoga, da bi pretvorili milijarde tona ugljika u milijarde tona ugljičnog dioksida, jednostavno pomnožimo milijarde tona ugljika s 3,67, što je količnik njihovih atomskih masa. Skala na desnoj osi prikazuje rast emisija u postotku od 1990. do 2050. godine [6].

Međutim, ulaganjem u novu tehnologiju, odnosno efikasnije motore s manjom potrošnjom goriva te učinkovitijem izgaranju goriva, kao i uvođenjem operativnih mjera i programa za smanjenje potrošnje goriva, ta brojka se planira drastično smanjiti. Cilj je do 2050. godine ostvariti smanjenje vrijednosti zrakoplovnih emisija CO<sub>2</sub> na polovinu vrijednosti koja je bila 2005. godine [1].

### **2.1.2. Ozon (O<sub>3</sub>)**

Ozon je plin jakog mirisa svjetloplave boje, te pri temperaturi od -112°C prelazi u tamnoplavu tekućinu, a pri temperaturama nižim od -193°C prelazi u čvrstu tvar tamnoljubičaste boje. U Zemljinoj je atmosferi smješten u stratosferi na visini od 20-50 km iznad površine Zemlje. Odgovoran je za upijanje određenih valnih duljina ultraljubičastog zračenja koje dolazi od Sunca [7].

Život na Zemlji bio bi nemoguć bez stratosferskog ozona smještenog u ozonskom omotaču. Koliko je njegova prisutnost poželjna u stratosferi, toliko je nepoželjna pri tlu, jer zbog velike koncentracije može postati smrtonosan. [7].

Zrakoplovne emisije NO<sub>x</sub>-a efikasnije su u stvaranju ozona u gornjoj troposferi u usporedbi na stvaranje istog, kod iste količine emisije, na površini Zemlje. Također, povećanje količine ozona u gornjoj troposferi ima veći utjecaj na promjenu zemljine radijacije nego na nižim visinama. Zbog tih povećanja predviđa se i porast ukupne količine ozona u sjevernim srednjim geografskim širinama, i to za oko 0,4 i 1,2% za razdoblje od 1992.-2050. godine. Kakogod, zrakoplovne emisije sumpora i vode u stratosferi utječu na iscrpljivanje ozona, djelomično neutralizirajući NO<sub>x</sub>. Kako se uvelike teže smanjiti emisije CO<sub>2</sub>, HC i CO, upravo se povećava ispuštanje NO<sub>x</sub>, koji je ustvari i najštetniji. Na nižim visinama on stvara ozon i smog, dok u stratosferi prouzročuje oštećenje ozonskog sloja [6].

### 2.1.3. Metan (CH<sub>4</sub>)

Metan je bezbojni plin, ugljikovodik (spojevi ugljika i vodika), kemijske formule CH<sub>4</sub>. Metan je vrlo snažan staklenički plin i u usporedbi s CO<sub>2</sub> 72 puta snažniji u razdoblju od 20 godina, dok je u razdoblju od 100 godina čak 25 puta jači. On utječe na razlaganje ozonskog omotača i treba mu 10 godina da se razloži na CO<sub>2</sub> i vodu. [8].

Pored povećanja koncentracije troposferskog ozona, zrakoplovne emisije NO<sub>x</sub>-a smanjuju koncentraciju metana, koji je također staklenički plin. To smanjenje koncentracije metana ima za posljedicu hlađenje Zemljine površine [6].

### 2.1.4. Vodena para

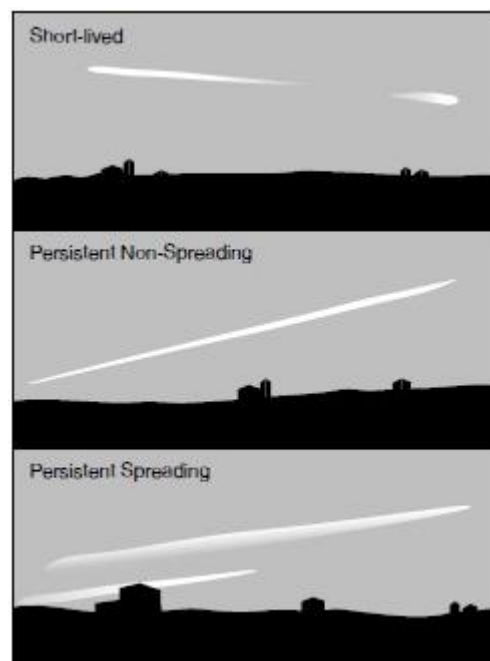
Vodena para je plinovito stanje vode, a sastoji se od slobodno lebdećih molekula vode. Nastaje isparavanjem vode ili sublimacijom leda. Pošto je lakša od zraka, stalno prisutne konvekcijske struje podižu je i stvaraju oblake. Vodena para je uz metan i ugljični dioksid jak staklenički plin. [9].

Većina zrakoplovnih emisija vodene pare puštene u troposferu u roku od 1-2 tjedna nestaje putem padalina. Manji dio ostaje u nižoj stratosferi gdje se mogu nakupiti veće koncentracije. Kako je vodena para također staklenički plin, to povećanje ima za posljedicu grijanje Zemljine površine. Međutim, taj učinak je daleko manji od učinka ostalih stakleničkih plinova ispuštenih iz zrakoplova, kao što su CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> [6].

### 2.1.5. Kondenzacijski tragovi (engl. *Contrails*)

Kondenzacijski tragovi su vidljivi tragovi kondenzirane vodene pare koji se stvaraju iza ispuha zrakoplovnog mlaznog motora. Uobičajeno nastaju pri letu aviona iznad 8 000 metara gdje je temperatura zraka ispod -40°C. Prilikom hlađenja vrućih ispušnih plinova iza zrakoplova nastaje oblak sićušnih kapljica vode. Ako je okolni zrak dovoljno hladan, trag koji ostaje iza aviona sastojat će se od sitnih kristala leda. Kondenzacijski tragovi mogu biti vidljivi nekoliko sekundi, minuta ili više sati, ovisno o atmosferskim uvjetima. Tako se kondenzacijski tragovi mogu podijeliti na kratkotrajne (engl. *Short-lived contrails*), dugotrajne koji se ne šire (engl. *Persistent (non-spreading) contrails*) te dugotrajne koji se šire (engl. *Persistent spreading contrails*) [10].

Kratkotrajni kondenzacijski tragovi izgledaju poput bijelih linija koje se nastavljaju iza zrakoplovnih motora te nestaju kroz nekoliko sekundi ili minuta. Ova vrsta kondenzacijskog traga je kratkog vijeka jer se u zraku nalazi mala količina vodene pare koja formira kondenzacijski trag. Tako se sitni kristali leda vraćaju natrag u stanje vodene pare i trag nestaje. Za razliku od kratkotrajnih, dugotrajni kondenzacijski tragovi koji se ne šire vidljivi su na nebu i po par sati. Razlog tome je velika količina vodene pare koja formira kondenzacijski trag. Međutim, postoje i dugotrajni kondenzacijski tragovi koji se šire, a izgledaju poput dugih, širokih, nepravilnih crta. Ovaj oblik ima najveći utjecaj na klimu jer obuhvaća veće područje i traje duže od obje prethodne vrste. Razlika između kondenzacijskih tragova vidljiva je na slici 2 [10].



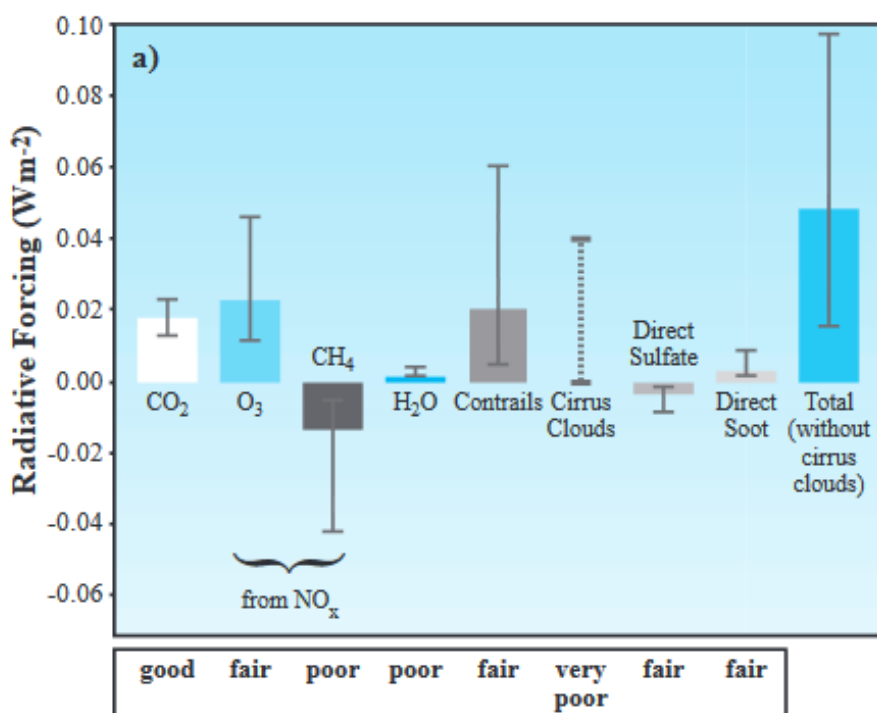
Slika 4. Vrste kondenzacijskih tragova (engl. *Contrails*)

Izvor: [11]

### 2.1.6. Cirusi (engl. *Cirrus Clouds*)

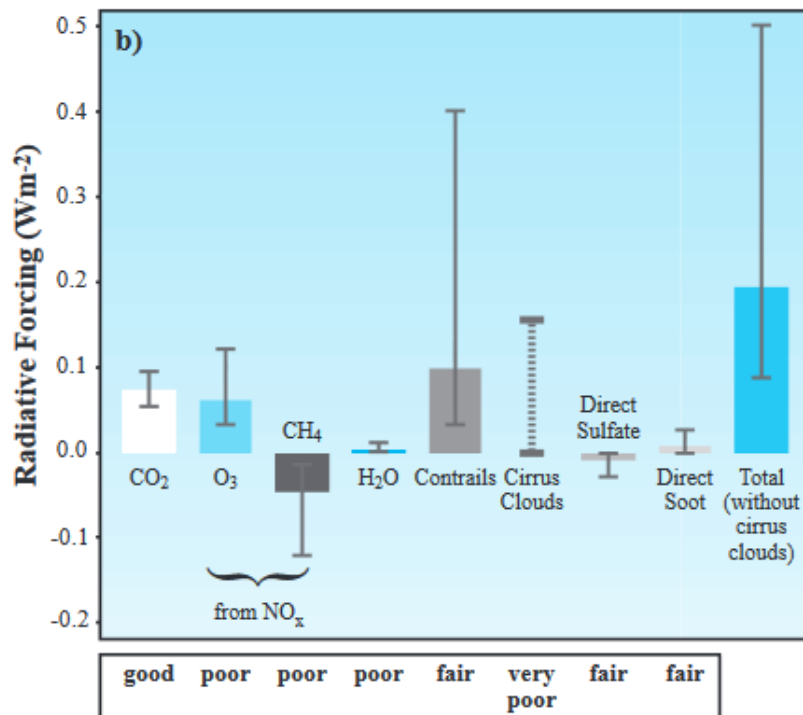
Oblaci vlaknastog ili čupavog izgleda, bijelog, često svilenkastog sjaja, nazivaju se cirusi. Nakon zalaska Sunca mijenjaju boju u narančastu, žutu, ružičastu i konačno postaju sivi, nikad ne daju oborine. Zrakoplovi koji lete na velikim visinama ostavljaju kondenzirani trag koji je ustvari vrsta cirusnih oblaka. Vodena para koju ispušta zrakoplov smrzava se u kristaliće i tako se stvaraju kondenzacijski tragovi. [12].

Na slikama 2 i 3 prikazana je posljednja procjena Međuvladinog tijela za klimatske promjene (engl. *The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) za utjecaj zračenja zrakoplovnih emisija 1992. godine te pretpostavke za 2050. godinu. Podaci za 1992. godinu pokazuju da je cjelokupna podzvučna flota zrakoplova sudjelovala s 3,5% u promjenama utjecaja zračenja od svih ljudskih aktivnosti te se procjenjuje da će njezin udio do 2050. godine biti 5%. Na osnovu toga može se zaključiti da će zrakoplovstvo biti odgovorno za porast od 0,05K u ukupnom rastu prosječne temperature na Zemlji od 0,9K koja se očekuje do 2050. godine [6].



Slika 5. Zrakoplovne emisije po komponentama za 1992. godinu

Izvor: [6]



Slika 6. Pretpostavka zrakoplovnih emisija po komponentama za 2050. godinu

Izvor: [6]

## 2.2. UTJECAJ NA OKOLIŠ

Bez politike dodatnog smanjenja emisija stakleničkih plinova procjenjuje se da bi prosječna svjetska temperatura tijekom ovoga stoljeća mogla porasti između 1,1°C i 6,4°C [13]. Staklenički plinovi zadržavaju toplinu koja se oslobađa sa Zemljine površine i sprječavaju njezino širenje u svemir te na taj način uzrokuju globalno zatopljenje. Globalno zatopljenje dovelo je i dovest će do ekstremnijih vremenskih pojava (npr. poplava, suša, obilnih kiša, toplinskih valova), šumskih požara, nedostatka vode, nestajanja ledenjaka i porasta razine mora, promjena u prostornoj raspoređenosti ili čak izumiranja biljnog i životinjskog svijeta, biljnih bolesti i pojave nametnika, nestašice hrane i pitke vode, povećane koncentracije fotokemijskog smoga koje izazivaju zdravstvene probleme te migracija ljudi koji bježe pred tim opasnostima [13].

Budući da zrakoplovstvo ima veliku ulogu u klimatskim promjenama, potrebno je ulagati u novu tehnologiju te razvijati programe u svrhu smanjenja potrošnje goriva, a samim time i emisija stakleničkih plinova. Znanstveno je dokazano da bi rizik od nepovratnih i katastrofalnih promjena uvelike porastao kada bi globalno zagrijavanje poraslo za više od 2°C iznad razina iz predindustrijskoga doba [13].



### **3. OPERATIVNE MJERE I PROGRAMI ZA SMANJENJE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA KROZ SMANJENJE POTROŠNJE GORIVA**

Da bi se smanjila potrošnja goriva zrakoplovnih motora, a time i emisije stakleničkih plinova, uvode se razne operativne mjere i programi. Oni se sastoje od niza aktivnosti koje započinju s planiranjem leta, ukrcajem putnika, prtljage, goriva te završavaju s iskrcajem istih. Dvije najznačajnije operativne mjere su prilaženje s kontinuiranim snižavanjem (engl. *Continuous Descent Approach*, CDA) te taksiranje s pomoću jednog motora. Ostali načini čijom primjenom je moguće smanjiti potrošnju goriva a detaljno su opisani u sljedećim potpoglavljima, jesu [14]:

- Smanjenje mase zrakoplova
  - Smanjenje mase praznog zrakoplova
  - Korištenje optimalnih rezerva goriva
- Optimalna pozicija težišta
- Korištenje manjih stupnjeva zakrilaca
- Let na optimalnim visinama i brzinama
- Propisno održavanje zrakoplova.

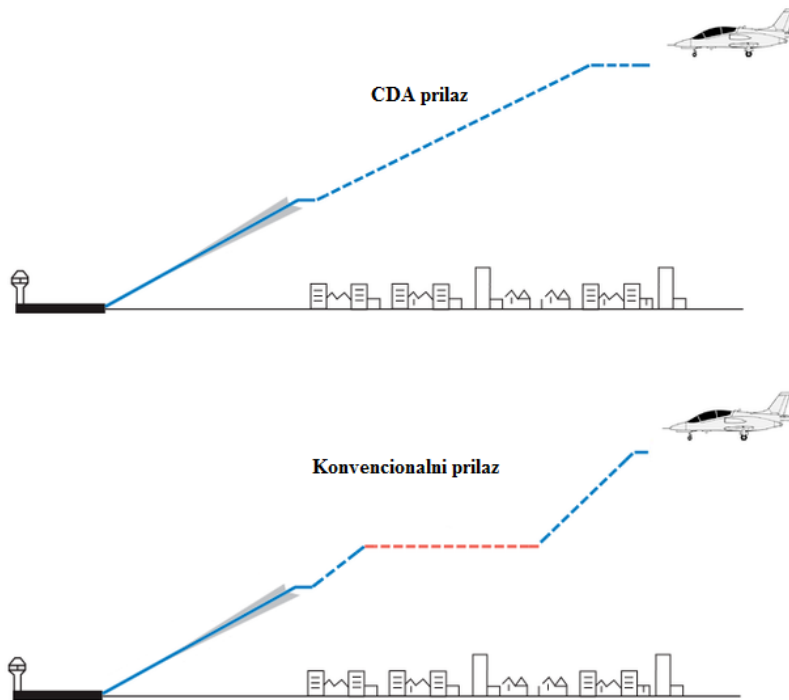
te su svi detaljnije opisani u sljedećim potpoglavljima.

#### **3.1. PRILAŽENJE S KONTINUIRANIM SNIŽAVANJEM (engl. *Continuous Descent Approach*, CDA)**

Prilaženje s kontinuiranim snižavanjem je operativna tehnika u kojoj dolazni zrakoplov započinje spuštanje s optimalne pozicije i s minimalnim potiskom te u skladu s objavljenim procedurama i instrukcijama kontrole letenja. Ta tehnika omogućuje zadržavanje zrakoplova na višim razinama leta sve do početka kontinuiranog snižavanja s krstareće visine do trenutka presijecanja linije prilaženja pod odgovarajućim kutom za završno prilaženje. Prednosti takvog načina prilaženja su smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih ispušnih plinova te razine buke [15].

Pomoću ove mjere, na području država koje su potpisnice Europske konferencije civilnog zrakoplovstva (engl. *European Civil Aviation Conference*, ECAC), godišnje se uštedi

preko 150 000 tona goriva u vrijednosti otprilike 100 milijuna eura te 500 000 tona emisija CO<sub>2</sub> [15]. Na sljedećoj slici prikazana je razlika između CDA te konvencionalnog prilaza.



Slika 7. Prilaženje s kontinuiranim snižavanjem

Izvor: [15]

### 3.2. TAKSIRANJE S POMOĆU JEDNOG MOTORA

Za vrijeme taksiranja, pogotovo na velikim i prometnim zračnim lukama, zrakoplovni motori troše puno goriva. Razlog tomu je i taj što su mlazni motori dizajnirani za let na velikim visinama te su manje učinkoviti kad je riječ o zemaljskim operacijama [16].

Potisak jednog motora je sasvim dovoljan za taksiranje, međutim, to traje nešto duže, ali se znatno može uštedjeti na gorivu. Kada zrakoplov taksira s jednim motorom prema poziciji za polijetanje, drugi se starta tek nekoliko minuta prije polijetanja, dok kod slijetanja tek kada zrakoplov napusti uzletno-sletnu stazu. Prosječno smanjenje goriva po letu je čak do 45 galona, što može biti ušteda do 137\$ [16].

### **3.3. SMANJENJE MASE ZRAKOPLOVA**

Ova optimizacija se može razmatrati na dva načina, kao smanjenje mase praznog zrakoplova te korištenje optimalnih rezervi goriva, odnosno goriva koje se ne planira potrošiti na letu.

Kada je riječ o masi praznog zrakoplova, važno je napomenuti da smanjenje mase zrakoplova radi uštede goriva ne smije utjecati na sigurnost operacija. Oprema se dijeli na sigurnosnu i komercijalnu. U sigurnosnu opremu spadaju maske za kisik, prsluci za spašavanje, pribor za prvu pomoć i slično, dok se u komercijalnu opremu ubraja oprema koja služi za poboljšanje udobnosti putnika. Količina sigurnosne opreme koja mora biti na zrakoplovu je propisana u Annex-u 6 Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (engl. *International Civil Aviation Organization*, ICAO), međutim, razlikuje se od države do države i s obzirom na područje na kojem zrakoplov operira [17].

#### **3.3.1. Smanjenje mase praznog zrakoplova**

Kao što je prethodno spomenuto, smanjenje mase zrakoplova ne smije niti u jednom trenutku narušiti sigurnost operacija. Godine 2004. Međunarodna udruga za zračni prijevoz (engl. *International Air Transport Association*, IATA) pokreće program za optimizaciju potrošnje goriva (engl. *Fuel Efficiency program*, FE program) koji nije obavezan za zračne prijevoznike, međutim, preporuča se njegova implementacija zbog velikih ušteda na gorivu, a samim time i smanjenja emisija stakleničkih plinova. Dosadašnji rezultati ovog programa su smanjenje emisija CO<sub>2</sub> za više od 15 milijina tona godišnje [18].

Neki od načina smanjenja mase praznog zrakoplova su smanjenje količine pitke vode u zrakoplovu, korištenje odvlaživača zraka, smanjenje boje na zrakoplovu, lakši kontejneri za teret, lakša sigurnosna oprema, izbacivanje drugog pomoćnog generatora (engl. *Auxiliary power unit*, APU) ukoliko postoji. Ušteda goriva na pojedinim tipovima zrakoplova s redukcijom mase od 2 250 kg prikazana je u sljedećoj tablici. Može se vidjeti da je potrošnja goriva za tip zrakoplova B737 čak 5% manja u odnosu na potrošnju prije redukcije mase zrakoplova [19].

Tablica 1. Utjecaj smanjene mase od 2 250 kg na potrošnju

Izvor: [19]

Tip zrakoplova	Ušteda goriva	
	Litre po godini po zrakoplovu	Postotak
<b>B707</b>	614 000	0.5
<b>B727</b>	422 000	2.4
<b>B737</b>	198 000	5.0
<b>B747</b>	1 310 000	0.6
<b>DC-9</b>	243000	3.5
<b>DC-10</b>	272000	0.9
<b>MD-11</b>	253000	0.8

### 3.3.2. Korištenje optimalnih rezervi goriva

U *Annex-u 6* propisane su potrebne količine goriva za let [20]. Operater zrakoplova mora proračunati potrebnu količinu iskoristivog goriva za let koje se sastoji od goriva za taksiranje (engl. *Taxi fuel*), goriva za put (engl. *Trip fuel*) te rezerve goriva u koju se ubraja gorivo za nepredviđene situacije (engl. *Contingency fuel*), alternativno gorivo (engl. *Alternate fuel*), finalna rezerva goriva (engl. *Final reserve fuel*), dodatno gorivo (engl. *Additional fuel*) te ekstra gorivo (engl. *Extra fuel*) ukoliko je to zahtjevano od strane zapovjednika zrakoplova. Gorivo za taksiranje je fiksna količina goriva potrebna za voženje od parkirne pozicije do uzletno-sletne staze. Za kalkulaciju ove količine goriva u obzir se uzimaju lokalni uvjeti na odlaznom aerodromu te potrošnja *APU-a* (*Auxiliary Power Unit*). Nadalje, *Trip fuel* je gorivo potrebno za polijetanje, penjanje, rutni dio leta, spuštanje, prilaz te slijetanje na destinacijski aerodrom. *Contingency fuel* je gorivo potrebno za nepredvidive situacije na letu do destinacije, kao što su promjene u vremenskim uvjetima, odstupanje od planirane rute, visine leta itd. Dakle, *Contingency fuel* jednak je 5% *Trip fuel-a* ili količini goriva potrebnog za 5 minuta leta na brzini čekanja (engl. *Holding speed*) na 1 500 stopa iznad destinacijskog aerodroma u standardnim uvjetima. Alternativno gorivo se planira za slučaj neuspjelog prilaza na

destinacijski aerodrom te mora biti dovoljno za proceduru neuspjelog prilaza (engl. *Missed approach procedure*) na destinacijskom aerodromu, penjanje do visine krstarenja, spuštanje, prilaz i slijetanje na alternativni aerodrom. Katkad, ovisno o destinaciji zahtijevaju se dvije alternacije te u tom slučaju alternativno gorivo mora biti dovoljno za let od destinacije do udaljenije alternacije. Finalna rezerva goriva je količina goriva potrebna za let od 45 minuta ako se radi o klipnom zrakoplovu te 30 minuta leta za mlazne zrakoplove na brzini čekanja na visini od 1 500 stopa iznad alternativnog aerodroma u standardnim uvjetima. Minimalno dodatno gorivo je količina goriva potrebna za 15 minuta leta iznad aerodroma u standardnim uvjetima. *Extra fuel* je gorivo koje se uzima po zahtjevu zapovjednika zrakoplova ukoliko smatra da će biti potrebno više goriva [21].

Tvrtka *Boeing* je izradila analizu uštede na gorivu u slučaju smanjenja rezerve goriva za 1%, što je prikazano u sljedećoj tablici. Tako npr. za tip zrakoplova B747 ušteda po godini i po zrakoplovu iznosi 35 000 galona, što nije mala količina [22].

Tablica 2. Ušteda na gorivu smanjenjem rezerve goriva

Izvor: [22]

Tip zrakoplova	Ušteda goriva (galoni po godini po zrakoplovu)
<b>B777</b>	70 000 → 90 000
<b>B767</b>	30 000 → 40 000
<b>B757</b>	25 000 → 35 000
<b>B747</b>	100 000 → 135 000
<b>B737</b>	15 000 → 25 000
<b>B727</b>	30 000 → 40 000

Također, u određenim situacijama u zrakoplov se ukrcava i gorivo potrebno za idući let, što se naziva *Fuel tankering*. *Fuel tankering* je procedura kojom se smanjuju troškovi goriva kupnjom dodatnog goriva u drugim državama gdje je gorivo jeftinije. Ako je gorivo znatno jeftinije u državi u koju zrakoplov slijeće, tamo će se u zrakoplov natankirati više goriva. Nažalost, to nije tako jednostavno. Puno stvari treba uzeti u obzir, kao što su duljina i visina leta, vremenski uvjeti, lokalne cijene goriva i slično. Također, povećanjem mase zrakoplova dodatnim gorivom, povećava se i potrošnja goriva, a samim time i emisije stakleničkih plinova, te se iz tog razloga *fuel tankering* nastoji smanjiti. No zbog velikih razlika u cijeni goriva

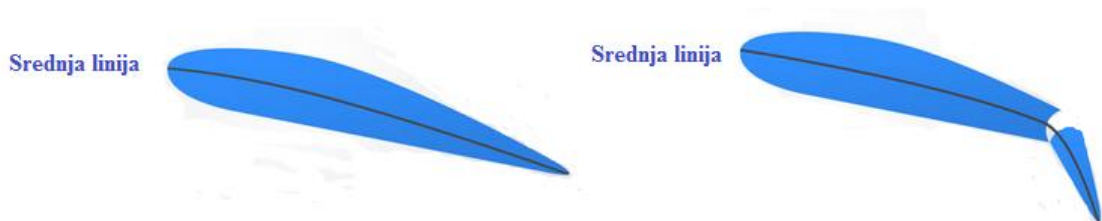
između pojedinih aerodroma taj potez je ekonomski opravdan. Npr., u nekim europskim zemljama cijene variraju čak do 15%. Iz tog razloga zrakoplovne kompanije na dnevnoj bazi provjeravaju cijene goriva na pojedinim aerodromima te izračunavaju isplativost *fuel tankering-a*. Na *fuel tankering* utječu i drugi faktori, primjerice lošija kvaliteta ili nedostatak goriva na određinom aerodromu [19].

### 3.4. OPTIMALNA POZICIJA TEŽIŠTA

Pozicija težišta uvelike utječe na aerodinamiku zrakoplova. Njegovim odmicanjem od optimalne pozicije povećava se otpor a time i potrošnja goriva. Raspon težišta je limitiran s pogleda stabilnosti. Međutim, kod ukrcaja putnika i tereta uvijek je cilj da se težište dovede u njegovu optimalnu poziciju. Ušteda goriva može biti do 0,05% za svaki postotak pomaka težišta k optimalnoj poziciji, ali to ovisi o uvjetima leta i tipu zrakoplova [19].

### 3.5. KORIŠTENJE MANJIH STUPNJEVA ZAKRILACA

Zakrilca su pomične površine na zrakoplovu koje se koriste za povećanje uzgona povećanjem zakrivljenosti, a ponekad i povećanjem površine krila. Međutim, osim povećanja uzgona, zakrilca također povećavaju i aerodinamički otpor. Smještene su na izlaznoj ivici krila bliže trupu zrakoplova, te su po konstrukciji slična konstrukciji krila (Slika 8.) [23].



Slika 8. Zakrilca

Izvor: [25]

Korištenjem većih stupnjeva zakrilaca, odnosno otklanjenjem istih prema dolje, povećava se i aerodinamički otpor zrakoplova, a tako i potrošnja goriva. Tako se npr. kod polijetanja i penjanja teži koristiti što manji mogući stupanj zakrilaca kako bi se smanjio otpor,

postigle bolje performanse u penjanju te provelo što kraće vrijeme na manjim visinama gdje je potrošnja goriva veća [23].

Tvrtka *Boeing* je provela analizu utjecaja različitih stupnjeva zakrilaca u polijetanju za određene tipove zrakoplova na potrošnju goriva, što je prikazano u sljedećoj tablici [24].

Tablica 3. Utjecaj zakrilaca na potrošnju goriva

Izvor: [24]

Tip zrakoplova	Stupanj zakrilaca	Masa zrakoplova u polijetanju (kg)	Potrošeno gorivo (kg)	Razlika u gorivu (kg)
B717-200	5	51 256	423	-
	13		431	8
	18		438	15
B737-800 Winglets	5	72 575	578	-
	10		586	8
	15		588	10
B777-200 Extended Range	5	249 476	1 635	-
	10		1 668	33
	20		1 692	57
B747-400	10	328 855	2 555	-
	20		2 618	63
B747-400 Freighter	10	358 338	2 898	-
	20		2 966	68

### 3.6. LET NA OPTIMALNIM VISINAMA I BRZINAMA

Da bi se ostvario maksimalni mogući dolet potrebno je letjeti na optimalnim visinama i brzinama za određenu masu zrakoplova. Optimalna visina leta je ona visina na kojoj određena postavka snage rezultira brzinom za maksimalni dolet. Ona nije uvijek ista te se mijenja u odnosu na atmosferske uvijete i masu zrakoplova. Veća promjena temperature značajno će promijeniti optimalnu visinu, tj. s padom temperature optimalna visina se povećava. Također, optimalna visina se povećava sa smanjenjem težine zrakoplova. Kako god, neke manje

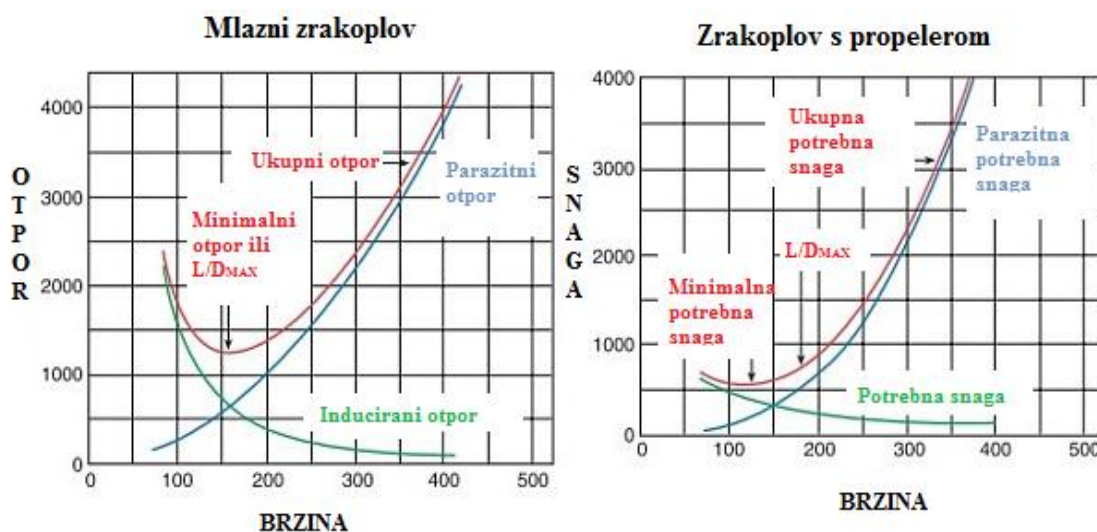
devijacije od optimalnih uvijeta ne utječu uvelike na dolet. Međutim, veće devijacije od optimalne visine imaju veći utjecaj na dolet što je prikazano u sljedećoj tablici [26].

Tablica 4. Utjecaj odstupanja od optimalne visine na dolet

Izvor: [27]

Odstupanja od optimalne visine	Fuel Mileage Penalty %	
	LRC ili Mach 0.74	Mach 0.78
2 000 stopa iznad	-1	-1
Optimalna visina	0	0
2 000 stopa ispod	-1	-2
4 000 stopa ispod	-4	-4
8 000 stopa ispod	-10	-11
12 000 stopa ispod	-15	-20

Brzina za najveći dolet jednaka je maksimalnom odnosu brzine (engl. *True Air Speed*, TAS) i otpora za mlazne motore te brzine i potrebne snage za motore s propelerima što je i prikazano na sljedećoj slici. Tom se brzinom ostvaruje maksimalni dolet. Međutim, preporučuje se korištenje malo većih brzina koje neće uvelike utjecati na dolet, ali će povećati stabilnost i omogućiti bolje sektorsko vrijeme. Uz sve navedeno treba uključiti i vjetar. Ako vjetar na optimalnoj visini nije povoljan te bi se letom na toj visini ostvario manji dolet nego na nekoj neoptimalnoj visini, uzima se visina s povoljnijim vjetrom. To se određuje pomoću tablica te se ta metoda naziva *Wind Altitude Trade* [28].



Slika 9. Brzina za najveći dolet

Izvor: [28]



## 3.7. PROPISNO ODRŽAVANJE ZRAKOPLOVA

Održavanje zrakoplova se dijeli na održavanje konstrukcije odnosno vanjskih površina zrakoplova te održavanje motora. Najveći uzrok povećanoj potrošnji goriva je loše stanje vanjskih površina zrakoplova. Preveliki razmaci između aerodinamičkih površina, loše postavljene poklopce, nepotpuno uvlačenje pokretnih površina, oštećenja te nečistoće na aerodinamičkim površinama samo su neki od uzroka povećanja otpora, a time i potrošnje goriva. U sljedećim potpoglavljima je objašnjeno kako nepropisno održavanje može utjecati na potrošnju goriva na primjeru zrakoplova A300 koji godišnje leti 3 500 sati, a duljina prosječnog sektora iznosi 1 000 nautičkih milja [19].

### 3.7.1. Zrakoplovna vrata

Posebna pozornost se mora posvetiti postavljanju i brtvljenju zrakoplovnih vrata jer nepravilno postavljena vrata ne samo da će poremetiti protok zraka, već može doći i do postupnog propuštanja zraka u kabinu. U oba slučaja dolazi do povećanja otpora čiji je utjecaj na povećanje potrošnje goriva prikazan u sljedećoj tablici [19].

Tablica 5. Utjecaj odstupanja vrata na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu)

Izvor: [19]

	<b>5 mm odstupanje (litre goriva)</b>	<b>10 mm odstupanje (litre goriva)</b>
<b>Prednja putnička vrata</b>	9 100	21 100
<b>Stražnja putnička vrata</b>	2 950	6 750
<b>Izlaz u slučaju opasnosti</b>	3 800	8 900
<b>Prednja vrata za prtljagu</b>	8 900	20 800
<b>Stražnja vrata za prtljagu</b>	4 850	11 300
<b>Vrata glavnih kotača</b>	5 200	14 000
<b>Vrata nosnog kotača</b>	8 450	1 900

Iz tablice je razvidno da nepravilno postavljena prednja putnička vrata, koja odstupaju od pravilne pozicije za samo 5 milimetara te na taj način remete struju zraka i povećavaju otpor, dovode do povećanja potrošnje goriva za 9 100 litara po zrakoplovu po godini.

### 3.7.2. Upravljačke površine

Iako je tolerancija na odstupanja kod postavljanja i namještanja upravljačkih površina manja nego za ostale komponente zrakoplova, još uvijek ima načina za poboljšanje. Stupanj točnosti postavljanja upravljačkih površina znatno utječe na cjelokupnu efikasnost zrakoplova, a tako i potrošnju goriva, što je prikazano u sljedećoj tablici [19].

Tablica 6. Utjecaj odstupanja upravljačkih površina na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu)

Izvor: [19]

Upravljačka površina	Odstupanja		
	5 mm (litre goriva)	10 mm (litre goriva)	15 mm (litre goriva)
<b>Pretkrilce</b>	12 300	28 200	40 500
<b>Zakrilce</b>	6 050	10 500	13 500
<b>Zračna kočnica</b>	14 000	32 300	50 200
<b>Krilce</b>	6 050	10 500	13 700
<b>Kormilo smjera</b>	7 450	12 900	16 00

Odstupanje zračnih kočnica za samo 5 mm od optimalne pozicije povećava potrošnju goriva za čak 14 000 litara po zrakoplovu po godini.

### 3.7.3. Nepravilnosti i oštećenja površine zrakoplova

Tijekom eksploatacije zrakoplova dolazi do raznih oštećenja, nepravilnosti te istrajalosti konstrukcije. Udari ptica, abrazija pijeskom te ostale nezgode dovode do neravnina i oštećenja na površinama zrakoplova. Te nepravilnosti remete struju zraka i dolazi do povećanja potrošnje goriva, što je prikazano u sljedeće dvije tablice [19].

Tablica 7. Utjecaj oštećenja površine zrakoplova na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu)

Izvor: [19]

	Oštećena površina	Dubina oštećenja	
		5 mm (litre goriva)	10 mm (litre goriva)
<b>Trup</b>	20 cm <sup>2</sup>	72	72
	80 cm <sup>2</sup>	274	304
<b>Krilo</b>	20 cm <sup>2</sup>	87	95
	80 cm <sup>2</sup>	372	407
<b>Rep</b>	20 cm <sup>2</sup>	46	99
	80 cm <sup>2</sup>	95	186

Oštećenje na krilu dubine svega 5 mm te površine 20 cm<sup>2</sup> ima za posljedicu povećanje potrošnje goriva za 87 litara po zrakoplovu po godini.

Tablica 8. Utjecaj neravnina od 0,3 mm na površini zrakoplova od 1 m<sup>2</sup> na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu)

Izvor: [19]

Zahvaćeno područje	Povećanje potrošnje goriva
<b>Trup</b>	3 350
<b>Gornja površina krila</b>	12 400
<b>Donja površina krila</b>	5 950
<b>Rep</b>	5 800

Neravnine od 0,3 mm te površine jednog metra kvadratnog na trupu zrakoplova povećavaju potrošnju goriva za 3 350 litara po zrakoplovu po godini. Također je vidljivo da utječu na potrošnju goriva više nego oštećenja. Razlog tomu je što se neravnine prostiru na puno većoj površini.

### **3.7.4. Točnost zrakoplovnih instrumenata**

Pogrešno kalibrirani instrumenti također dovode do povećanja potrošnje goriva. Netočne informacije očitane s instrumenata mogu imati za posljedicu da zrakoplov ne leti u optimalnim uvjetima. Tako netočnost u prikazivanju machmetra od 0,01 povećava potrošnju za 170 tona goriva, dok pogreška visinomjera od 100 stopa povećava potrošnju za otprilike 100 tona godišnje po zrakoplovu. Razlog tome je taj što ne letimo na optimalnim visinama i brzinama jer instrumenti ne pokazuju točne informacije budući da su pogrešno kalibrirani [19].

Sve operativne mjere opisane u ovom poglavlju rezultat su raznih programa koji su razvijeni s ciljem smanjenja potrošnje goriva. Jedan od tih programa je i EU ETS program Europske unije za trgovanje stakleničkim plinovima kojim se zračnim prijevoznicima dopušta točno određena količina emisija stakleničkih plinova po unaprijed određenim kriterijima [2].

## **4. PROGRAM EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE EMISIJAMA STAKLENIČKIH PLINOVA (EU ETS)**

EU ETS je program Europske unije za trgovanje emisijama stakleničkih plinova. Pomoću tog programa se gospodarskim subjektima želi omogućiti da provedbom troškovno učinkovitih mjera smanje emisije stakleničkih plinova. To se postiže izdavanjem dozvola za emisije stakleničkih plinova operaterima te raspodjelom točno određene količine emisijskih jedinica sukladno zadanim kriterijima. U nastavku rada govori se o razvoju kontrole emisija plinova kroz povijest, donošenju zakonskih regulativa i usvajanju dokumenata vezanih za smanjenje emisija plinova u zrakoplovstvu, te se detaljnije opisuje EU ETS program [2].

### **4.1. RAZVOJ SUSTAVA KONTROLE EMISIJA PLINOVA KROZ POVIJEST**

Godine 1970. u SAD-u je Američki kongres usvojio "Zakon o čistom zraku" koji je postao temelj za kontrolu emisija zrakoplovnih motora, te poticaj za donošenje zrakoplovne regulative vezane uz smanjenje emisija [29]. Iste godine u Stockholmu je održana UN konferencija o zaštiti okoliša, ustanovljen ICAO-ov akcijski program obzirom na okoliš, te je osnovana "Studijska grupa" s zadatkom da definira emisije ispušnih plinova u zrakoplovstvu. Godine 1977. kao rezultat ove radne skupine nastao je ICAO cirkular pod nazivom "*Control of the Aircraft Engine Emissions*". U njemu je propisana procedura za kontrolu produkata izgaranja turbo-mlaznih i optočno-mlaznih motora. Iste godine osnovan je Odbor za emisije zrakoplovnih motora (engl. *Committee on Aircraft Engine Emissions*, CAEE). On donosi standarde za ograničenje produkata izgaranja. Godine 1980. je predložen Annex ICAO-a. Sljedeće godine donesen je konačni dokument Svezak I i II (engl. *Volume I i II*). Svezak II sadrži odredbe koje se odnose na emisije zrakoplovnih motora. Godine 1983. na vijeću ICAO-a osnovan je Odbor za zaštitu okoliša od zrakoplovnih djelovanja. ICAO standardi nisu obvezujući za potpisnike Konvencije, ali će se regulative postrožiti kad se osjeti potreba za time i kada to bude tehnološki izvedivo i ekonomski isplativo [30]. Međunarodna udruga za zračni prijevoz IATA pomaže zrakoplovnim tvrtkama u ograničavanju utjecaja emisija plinova i buke na klimatske promjene. U svojoj strategiji oslanja se na tehnološko investiranje i unaprijeđenje, te potiče korištenje efikasnije infrastrukture. IATA je također sudjelovala u pripremama uključivanja zrakoplovne industrije u Europsku shemu trgovanja emisijama [31].

U Parizu je u prosincu 2015. godine održano 21. zasjedanje Konferencije stranaka (engl. *21st Conference of the Parties, COP 21*) Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (engl. *United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*) i 11. zasjedanje sastanka Kyotskog protokola (engl. *Conference of the Parties to the Kyoto Protocol, CMP 11*). Postignut je dogovor da će se porast prosječne svjetske temperature zadržati na razini znatno manjoj od 2°C u usporedbi s predindustrijskim razinama [32].

Sve zemlje članice trebaju svakih pet godina razmjenjivati informacije o svojim doprinosima, te financijski pomoći zemljama u razvoju kako bi se podigla svijest o klimatskim promjenama. Odbor Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo za zaštitu okoliša je 8. veljače 2016. u Montrealu donio prijedlog standarda o najvišoj dopuštenoj razini emisija CO<sub>2</sub> u zrakoplovstvu. Standard se primjenjuje na sve zrakoplove od 2020. godine i one koji su u proizvodnji, a trebaju biti gotovi do 2023. godine. Postojeći zrakoplovi se trebaju uskladiti do 2028. godine. Provedbom ovih mjera planira se smanjenje emisija CO<sub>2</sub> plinova za 650 milijuna tona do 2040. godine [32].

## **4.2. EU ETS – OPĆENITO**

Europska unija je 2003. godine donijela Direktivu 2003/87/EZ [31] za uspostavu sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Sustav trgovanja se provodi na taj način da se gospodarskim subjektima izdaju dozvole za ispuštanje točno određene količine stakleničkih plinova sukladno zadanim kriterijima. Uspostavom EU ETS-a se želi ograničiti ukupne emisije stakleničkih plinova za operatere obuhvaćene EU ETS Direktivom na troškovno učinkovit način, a s ciljem provedbe obaveza preuzetih Kyotskim protokolom. Svakom operateru postrojenja se izdaje rješenje za emitiranje točno određene količine emisija u obliku dodjele besplatne emisijske kvote [2].

Europski sustav trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova započinje 1. siječnja 2013. godine i traje do 31. prosinca 2020. godine. Taj sustav je jedinstven za sve zemlje članice, dok se prije primjenjivalo 27 različitih nacionalnih kvota. Isto tako vrijede pravila besplatne raspodjele emisijskih jedinica u cijeloj Europskoj uniji, dok se trgovanje vrši putem dražbi. U trgovanje su uključeni sljedeći sektori:

- Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) iz proizvodnje električne i toplinske energije, energetski intenzivni industrijski sektori, uključujući rafinerije nafte, čeličane te

proizvodnja željeza, aluminija, metala, cementa, vapna, stakla, keramike, celuloze, papira, kartona, kiselina i rasutih organskih kemikalija;

- Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) iz civilnog zrakoplovstva;
- Didušikov oksid (N<sub>2</sub>O) iz proizvodnje dušične kiseline, adipinske kiseline, kaprolaktama, glioksala i glioksilne kiseline;
- Perfluorokarbonati (PFC) iz proizvodnje aluminija.

Od 2005. do 2007. godine traje tzv. probno razdoblje u kojem se vrše pripreme za provedbu međunarodnog trgovanja emisijama stakleničkih plinova. Vlada Republike Hrvatske je u lipnju 2009. godine izradila Plan raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova u RH (Narodne novine 76/09) [2]. Taj plan obvezuje ukupno 81 operatera za ishođenje dozvola. U razdoblju od 2007. od 2013. godine operateri 73 postrojenja podnose zahtjev za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica sukladno Pravilniku o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima (Narodne novine 43/12). Od 2013. do 2020. godine na području Europske unije se smanjuje kvota verificiranih jedinica za 21% u odnosu na 2005. godinu [2]. Postrojenja koja ostvare smanjenje emisija ispod razine dodijeljenih jedinica mogu taj višak prodati postrojenjima koja pak prekoračuju dozvoljene kvote. Od 2013. godine postrojenja za proizvodnju električne energije dužna su kupiti sve emisijske jedinice. Industrijskim postrojenjima će se dodjeljivati besplatne emisijske jedinice u iznosu od 80% 2013. godine, pa će se postupno smanjivati dok ne dođu na 30% u 2020. godini. Postrojenja koja nisu u mogućnosti ukalkulirati troškove kupovine jedinica u cijenu proizvoda dobit će ih besplatno na temelju referentnih vrijednosti. Također, pojedini operateri mogu podnijeti zahtjev za isključenje iz sustava trgovanja emisijskim jedinicama i to ako je emisijama stakleničkih plinova manja od 25 tisuća tona ekvivalenta CO<sub>2</sub> u svakoj od tri prethodne godine, ako je nazivna ulazna toplinska snaga ispod 35 MW i ako operater provodi ekvivalentne mjere za smanjenje emisija. Te mjere provode se plaćanjem posebne godišnje naknade. Ona je 2013. godine iznosila 32,78 kn/t CO<sub>2</sub>, 2014. godine 45,40 kn/t CO<sub>2</sub>, 2015. godine 58,29 kn/t CO<sub>2</sub> te 2016. godine 39,53 kn/t CO<sub>2</sub> [34], [35], [36], [37]. Operateri postrojenja moraju podnijeti Izvješće o emisijama i Izvješće o verifikaciji u Hrvatsku agenciju za okoliš i prirodu (HAOP) do 1. ožujka tekuće godine. HAOP djeluje od 17. rujna 2015. godine, a nastala je spajanjem Agencije za zaštitu okoliša (AZO) i Državnog zavoda za zaštitu prirode (DZZP) [38]. To izvješće mora biti verificirano od strane neovisnog tijela koje ima odgovornost za rad na izvještajima u skladu s detaljnim zahtjevima koje su postavile države članice [2].

### 4.3. EU ETS U ZRAKOPLOVSTVU

U EU ETS programu sudjeluju i operateri zrakoplova. Njihova obaveza je praćenje emisija CO<sub>2</sub> i tonskih kilometara zrakoplova. Predviđeno je da se CO<sub>2</sub> emisije računaju pomoću sljedeće formule:

$$Emisije CO_2 = \text{potrošeno gorivo} \times \text{emisijski faktor}$$

gdje emisijski faktor iznosi 3,10 za goriva za klipne motore te 3,15 za goriva za mlazne motore.

Tonski kilometar je jedinica mjere koja izražava prijevoz jedne tone plaćenog tereta na udaljenosti od jednoga kilometra gdje plaćeni teret predstavlja ukupnu masu putnika, tereta i pošte za koju zračni prijevoznik dobiva naknadu. Formula za izračun tonskih kilometara prikazana je u nastavku:

$$\text{Prometni učinak [ostvareni tonski kilometri]} = \text{udaljenost [km]} \times \text{plaćeni teret [t]}$$

Od 1. veljače 2014. godine Republika Hrvatska je nadležna za administriranje nad operaterima zrakoplova za odlazne i dolazne letove iz EU. U EU ETS program u Republici Hrvatskoj uključeni su operateri zrakoplova koji obavljaju djelatnost priloga 1. Uredbe o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (Narodne novine, 69/12, 154/14) [39]. Od 5. veljače 2014. godine, Republika Hrvatska je nadležna za administriranje operatera zrakoplova CROATIA AIRLINES d.d., kao jedinog zračnog prijevoznika u Republici Hrvatskoj koji podliježe ovom programu [2].

Kao i u ostalim djelatnostima, tako se i u zrakoplovstvu prati i izvještava o emisijama stakleničkih plinova. Verificirano izvješće se predaje Agenciji za zaštitu okoliša, a oni nakon provjere cjelovitosti o tome obavještavaju Ministarstvo zaštite okoliša i prirode u roku od 15 dana od primitka tih izvještaja. Zrakoplovni operateri dobivaju jednaku količinu emisijskih jedinica po tonskim kilometrima. Godine 2012. zrakoplovnom sektoru je dodijeljeno 85% besplatnih emisijskih jedinica. Taj postotak se dalje smanjuje, tako da u periodu između 2013. i 2020. godine iznosi 82%. Za posebnu rezervu bit će izdvojeno 3%, a preostalih 15% će se kupovati na dražbi. Trenutno ovom programu podliježu svi zrakoplovni operateri za odlazne i dolazne letove iz EU. Međutim, to bi se trebalo promijeniti do 2020. godine kada će u isti program biti uključeni svi letovi koji započinju ili završavaju u Europskoj uniji [2].



## **5. IMPLEMENTACIJA EU ETS PROGRAMA KOD ZRAČNIH PRIJEVOZNIKA**

EU ETS je kamen temeljac politike Europske unije za borbu protiv klimatskih promjena i ključni alat za smanjenje emisija stakleničkih plinova. Zračni prijevoznici dobivaju ili kupuju emisije s kojima je dalje moguće trgovati ukoliko je potrebno. Svake godine kompanije predaju izvješća o količini emisijskih jedinica koja odgovara njihovim emisijama. Svim zrakoplovnim operaterima koji podliježu ovom programu do 2012. godine besplatno se dodjeljivalo 85% emisijskih jedinica, dok će za razdoblje od 2013. do 2020. godine to iznositi 82%. Preostale emisijske jedinice kupuju se na dražbi. Ukoliko se izvješća o emisijama ne predaju, ili su ista neverificirana plaćaju se penali koji iznose 100€ po jedinici. Ako kompanija smanji svoje emisije, što im je i cilj kroz ulaganja u novu tehnologiju i razvitku učinkovitijih operativnih mjera, može zadržati rezervne kvote kako bi pokrila svoje buduće potrebe ili ih prodati drugoj kompaniji koja nema dovoljno sredstava [40].

U sljedećim potpoglavljima detaljnije su opisane faze razvoja EU ETS programa kao i njegova implementacija kod zračnih prijevoznika.

### **5.1. FAZE RAZVOJA EU ETS PROGRAMA**

U prve dvije faze razvoja (2005.-2007. i 2008.-2012.) većina emisija je dodijeljena besplatno. Prva faza je ustvari tzv. probno razdoblje, tj. priprema za implementaciju programa međunarodnog trgovanja emisijama stakleničkih plinova. U siječnju 2008. godine započinje druga faza koja traje pet godina te se počinju primjenjivati zahtjevi iz Kyotskog protokola. Svaka država članica objavljuje predloženu količinu emisija u dokumentu koji se naziva Nacionalni plan dodjeljivanja (engl. *National Allocation Plan*, NAP). Tada komisija procjenjuje te prijedloge i odobrava ili izmjenjuje ukupnu količinu emisija koje treba dodijeliti, na temelju kriterija postavljenih u aneksu EU ETS direktive iz 2003. godine. Zrakoplovstvo se u cijelu priču uključuje 2012. godine [40].

Trenutno se program trgovanja emisijama stakleničkih plinova nalazi u trećoj fazi (2013.-2020.). Države članice i dalje moraju pripremati plan dodjele koji se sada naziva Nacionalne mjere provedbe (engl. *National Implementation Measures*, NIM) koji sadrži sve informacije o dodjeli emisija. Komisija je odgovorna za prihvaćanje odnosno odbijanje tog plana. Međutim, zračni prijevoznici glavninu emisija dobivaju besplatno, na temelju mjerila

(tone CO<sub>2</sub> po tonskom kilometru) određenog od strane komisije bazirano na podacima tonskih kilometara prijavljenih od strane zračnih prijevoznika. 15% emisija se dodjeljuje preko aukcija [40].

## 5.2. PRAĆENJE, IZVJEŠĆIVANJE I PROVJERA

Praćenje i izvješćivanje o emisijama stakleničkih plinova je robustan, transparentan, dosljedan i točan proces za učinkovito djelovanje sustava trgovanja emisijama EU ETS. Godišnji postupak praćenja, izvještavanja i provjere (engl. *The annual procedure of monitoring, reporting and verification*, MRV), zajedno sa svim pripadajućim procesima, poznat je kao ciklus usklađenosti s ETS-om. Operateri zrakoplova obuhvaćeni EU ETS-om moraju imati odobreni plan praćenja za praćenje i izvješćivanje o godišnjim emisijama. Svake godine operateri moraju dostaviti izvješće o emisijama najkasnije do 31. ožujka naredne godine te mora biti ovjereno od strane akreditiranog ovjeritelja. Nakon provjere, operateri moraju predati jednak broj dozvola do 30. travnja te godine. Pravila koja se odnose na ciklus usklađenosti propisuju se u dva propisa, Uredba o praćenju i izvješćivanju (engl. *Monitoring and Reporting Regulation*, MRR) i Uredba o akreditaciji i ovjeri (engl. *Accreditation and Verification Regulation*, AVR) [40].

Za promicanje administrativne učinkovitosti i usklađenog pristupa diljem zemalja, Europska komisija pruža predloške kao temelj za:

- Planove praćenja
- Godišnja izvješća emisija (uključujući tonske kilometre izvještene od strane operatera zrakoplova)
- Izvješća o ovjeravanju
- Izvješća o poboljšanju.

Također pruža smjernice i predloške za promicanje usklađenije i ekonomičnije primjene propisa u svim ETS sustavima te potporu potrebnom uzajamnom priznavanju akreditiranih provjera [40].

U Uredbi o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova [39] mogu se pronaći sve zrakoplovne aktivnosti koje podliježu provedbi EU ETS programa, a svi zračni prijevoznici koji se bave tim aktivnostima dužni su sudjelovati u EU ETS programu. Međutim,

za sada se to odnosi samo na letove na području Europske unije, ali se radi na tome da će do 2020. godine tom programu podlijevati svi letovi koji započnu ili završe u EU. Letovi koji ne podliježu EU ETS programu su sljedeći:

- Letovi koji se obavljaju isključivo radi prijevoza državnika te njihovih obitelji
- Vojni, carinski i policijski letovi
- Letovi u svrhu potrage i spašavanja, gašenja požara, humanitarne letove i letove za potrebe hitne medicinske službe
- Letovi koji se obavljaju isključivo prema vizualnim pravilima letenja
- Letove koji završavaju u zračnoj luci iz koje je predmetni zrakoplov poletio i tijekom kojih nije bilo slijetanja
- Vježbovni letovi
- Letove koji se obavljaju isključivo u svrhu znanstvenog istraživanja ili u svrhu provjere, testiranja ili certificiranja zrakoplova, opreme zrakoplova ili zemaljske opreme
- Letove zrakoplova čija je najveća certificirana uzletna masa ispod 5 700 kg
- Letove koji se obavljaju u okviru obveza javnih službi
- Letove koji bi, kad ne bi bilo ove točke, pripadali ovoj djelatnosti ako ih obavlja operater u komercijalnom zračnom prijevozu:
  - koji ostvari manje od 243 leta po razdoblju tijekom tri uzastopna četveromjesečna razdoblja, ili
  - čije ukupne godišnje emisije iz svih letova iznose manje od 10 000 tona CO<sub>2</sub> [41].

### **5.3. NISKI EMITERI**

Ako zračni prijevoznik obavi letove s ukupnom godišnjom emisijom manjom od 25 000 tona CO<sub>2</sub>, smatra se niskim emiterom. Zračni prijevoznici moraju na temelju planiranih aktivnosti i procjeni godišnjih emisija odrediti da li spadaju u niske emitere. U slučaju da spadaju, dozvoljeno im je korištenje pojednostavljene procedure za praćenje godišnjih emisija stakleničkih plinova, odnosno pojednostavljenu verziju kalkulatora za izračun emisija CO<sub>2</sub> koji je prikazan na sljedećoj slici [40].

Input parameters		Computed values		
ICAO Aircraft Type Designator	Distance (Nm)	Estimated Fuel (Kg)	Estimated CO2 (Kg)	Calculator Message
A310	1.543	17.659	55.626	Ok
A320	798	5.242	16.512	Ok
B732	1.109	8.129	25.606	Ok
C560	785	1.262	3.975	Ok
A772	458	1.225	3.859	Ok
F100	878	4.984	15.700	Ok
RJ85	987	6.186	19.486	Ok
E145	478	1.656	5.216	Ok
A319	1.145	6.796	21.407	Ok
A320	1.000	6.357	20.025	Ok
GLF6	525	2.391	7.532	Ok
EC75	500	650	2.048	Ok

Slika 10. Pojednostavljena verzija kalkulatora za izračun emisija CO<sub>2</sub>

Izvor: [40]

U prvi stupac upisuje se ICAO oznaka tipa zrakoplova, a u drugi stupac prijeđena udaljenost. Sustav zatim izbacuje u sljedećim stupcima potrebno gorivo i emisije CO<sub>2</sub> za tu udaljenost i taj tip zrakoplova. CO<sub>2</sub> emisije sustav računa na način da potrebno gorivo za datu udaljenost množi s emisijskim faktorom 3,15 za mlazne motore te emisijskim faktorom 3,10 za klipne motore. U zadnjem stupcu sustav prikazuje poruku 'Ok' ukoliko su svi podaci točno upisani te je izračun uspješan [40]. U nastavku je prikazana formula za izračun procijenjenih emisija CO<sub>2</sub>:

$$\text{Procijenjene emisije CO}_2 [t]: \text{potrošnja goriva [t]} \times \text{emisijski faktor}$$

Međutim, ova pojednostavljena procedura se odnosi samo za prijavu emisija, dok se praćenje i izvješćivanje o podacima tonskih kilometara vrši jednako kao i za ostale zračne prijevoznike [40].

## 6. ANALIZA UTJECAJA EU ETS PROGRAMA NA PRIMJERU ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

Ovo poglavlje donosi analizu utjecaja programa Europske unije za trgovanje stakleničkim plinovima na primjeru operatera zrakoplova jednog zračnog prijevoznika. Sukladno pregovaračkim stajalištima Republika Hrvatska je preuzela administriranje nad operaterima zrakoplova za odlazne i dolazne letove iz EU od 1. siječnja 2014. godine.

### 6.1. FLOTA ODABRANOG ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

Trenutna flota odabranog zračnog prijevoznika sastoji se od 12 zrakoplova: 2 zrakoplova tipa Airbus A320-200, 4 zrakoplova tipa Airbus A319-100 te 6 zrakoplova tipa Dash 8-Q400. Zrakoplovi su prikazani na sljedećoj slici, a neke od njihovih osnovnih karakteristika u sljedećoj tablici. Nadalje, naručena su još 4 nova zrakoplova tipa Airbus A320 *neo*. Dogovorena je isporuka prva dva zrakoplova ovog tipa u 2021. godini, a sljedeća dva zrakoplova bit će isporučena godinu poslije. Airbus 320 *neo* zrakoplov je najsvremenije tehnologije, koji se odlikuje smanjenom potrošnjom goriva i smanjenim emisijama štetnih plinova, kao i još većim doletom zahvaljujući učinkovitijim motorima, te velikim zakrivljenim vrhovima krila (engl. *winglets*) [42].

Tablica 9. Osnovne karakteristike zrakoplova

Izvor: [42]

Airbus A320-200				
Broj sjedala	Raspon krila	Duljinja trupa	Dopuštena masa	Prosječna potrošnja goriva
174	34.10 m	37.60 m	73500 kg	2430 kg/h
Najveća visina leta	Površina krila	Najveća brzina leta	Pogonska grupa	
11920 m	122.40 m <sup>2</sup>	834 km/h (450 kt)	2x CFM56	

Airbus A319-100				
Broj sjedala	Raspon krila	Duljinja trupa	Dopuštena masa	Prosječna potrošnja goriva
144	34.10 m	33.84 m	70000 kg	2374 kg/h
Najveća visina leta	Površina krila	Najveća brzina leta	Pogonska grupa	
11900 m	122.40 m <sup>2</sup>	834 km/h (450 kt)	2x CFM56	
Dash 8-Q400				
Broj sjedala	Raspon krila	Duljinja trupa	Dopuštena masa	Prosječna potrošnja goriva
76	28.42 m	32.83 m	29257 kg	860 kg/h
Najveća visina leta	Površina krila	Najveća brzina leta	Pogonska grupa	
7620 m	63.08 m <sup>2</sup>	667 km/h (360 kt)	2x Pratt & Whitney, PW 150A	

## 6.2. UTJECAJ EU ETS PROGRAMA NA POSLOVANJE ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

Odabrani zračni prijevoznik se u izradu programa praćenja emisija stakleničkih plinova uključio još 2009. godine kada je EU ETS program bio nešto posve novo. To je značilo da treba presložiti mnoge stvari u kompaniji i vidjeti kako se najjednostavnije prilagoditi toj, tada novoj i nepoznatoj stvari. Iako je zrakoplovstvo odgovorno za samo 2% cjelokupnih emisija stakleničkih plinova, morali su se zadovoljiti zahtjevi Europske unije. Kako Hrvatska tada još nije bila članica Europske unije, odabrani zračni prijevoznik je dodijeljen njemačkim administrativnim vlastima s obzirom da se glavnina njihovih operacija odnosi na Njemačku. Pri tome su nastojali koristiti vlastite resurse, jer bi nabava bilo kakvih vanjskih rješenja bila daleko

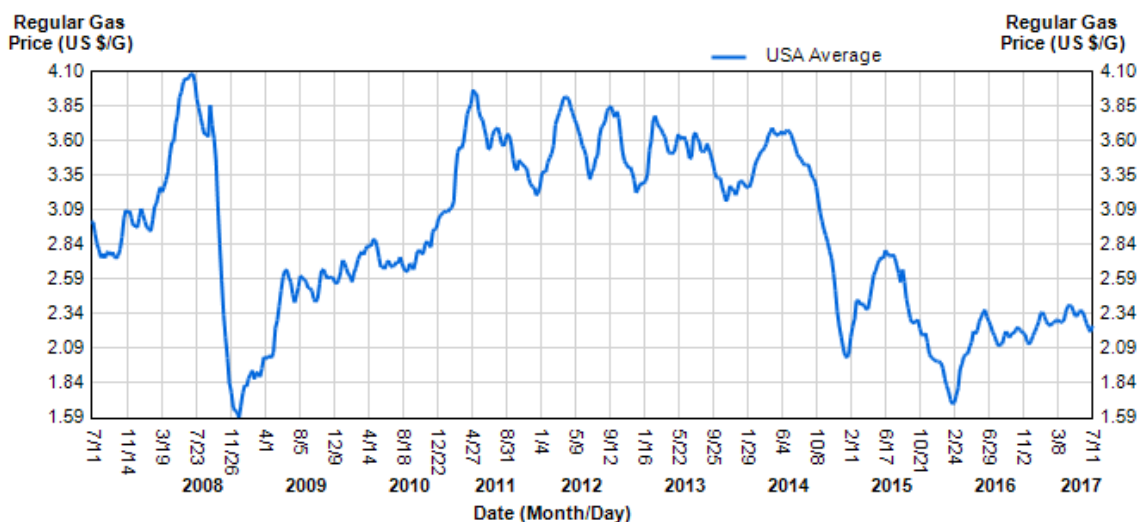
preskupa. Bili su i "*Consulting carrier*" jer su s njemačkim vlastima surađivali u izradi njihovog sustava praćenja emisija te su pokušali i uspjeti steći znanje i prenijeti ga. Nadalje, u cijelom ovom procesu se skupljaju određeni podaci koji se prate, verificiraju te predaju u izvješćima nakon čega se ulazi u proces trgovanja emisijama. Kao i svi ostali troškovi, i trgovanje emisijama sastavni je dio plana poslovanja kompanije. Samim time uvelike utječe na poslovanje kompanije s troškovne strane, a također i na profit te cijene usluga koje plaćaju korisnici. Ukratko, to je novi trošak koji kompanija mora uvesti u svoje poslovanje. Nadalje, ono što je uvijek problematično je sama priroda trgovanja emisijama, odnosno kupovanje na tržištu. Može se usporediti s trgovanjem dionicama. Cijene emisija su fleksibilne, i mijenjaju se iz godine u godinu što je prikazano na sljedećoj slici. U 2017. godini cijena jedinice je poprilično niska i iznosi oko 5€, ali po svim najavama u sljedećih desetak godina narast će i to za nekoliko puta, pa bi mogla iznositi čak oko 40€ po jedinici. Time će taj trošak postati sve značajniji i kompanije će biti primorane ulagati sve više u učinkovitost, nove tehnologije i ostalo [43].



Slika 11. Cijena po toni CO<sub>2</sub> za razdoblje od 2009. do 2017. godine

Izvor: [44]

I cijene goriva su od velike važnosti. One također fluktuiraju iz godine u godinu, što je vidljivo na sljedećoj slici. Unutar kompanije pokrenute su mnoge inicijative, koje se prvenstveno tiču uštede goriva.



Slika 12. Varijacije u cijenama goriva

Izvor:[45]

Npr. putnička sjedala zamijenjena su novim, lakšim i udobnijim sjedalima čime je masa zrakoplova smanjena za otprilike 200 kg, a broj sjedala povećava se za 12. Također, sukladno FE programu uveli su korištenje tek pola tanka vode za toalet što smanjuje masu za nekih 30 kg. Nadalje, piloti imaju mogućnost taksiranja s jednim motorom ukoliko prilike i propisi to zadovoljavaju, što je jedna od operativnih mjera smanjenja potrošnje goriva te je detaljnije opisana u trećem poglavlju. U obzir se mora uzeti da neke zračne luke zbog zagušenosti ne dozvoljavaju taksiranje s jednim motorom, kao ni takozvano prilaženje s kontinuiranim snižavanjem (engl. *Continuous Descent Approach*, CDA) [43].

Nadalje, i planiranje letenja postaje složenije, jer je nekad potrebno napraviti dodatan plan leta koji bi mogao biti povoljniji od inicijalnoga. Međutim, to ne bi trebalo biti preveliko dodatno opterećenje za prosječnog dispečera zahvaljujući vrlo dobrom sustavu planiranja zvanom LIDO (engl. *Lufthansa Dispatch Integrated Operation*) [43].

Vodeći računa o ekologiji i uštedama u kompaniji su potaknute mnoge promjene, počevši od početne svjesnosti, planiranja do stvarnih djelovanja, ne samo po pitanju goriva i emisija, već i otpada. Nadalje, odabrani zračni prijevoznik omedavno je jedna od rijetkih kompanija sa međunarodnim standardima u upravljanju zaštitom okoliša i energijom. Sve su to donekle spori procesi u koje je uloženo puno vremena i puno novca, ali u konačnici isplativi u pogledu očuvanja okoliša.



U sljedećoj tablici prikazani su procijenjeni troškovi odabranog zračnog prijevoznika što se tiče emisija stakleničkih plinova. Podaci o besplatnoj dodjeli emisijskih jedinica te podaci o verificiranim emisijama stakleničkih plinova odabranog zračnog prijevoznika uzeti su sa stranice Ministarstva zaštite okoliša, odnosno Registra unije.

Tablica 10. Procijenjeni troškovi odabranog zračnog prijevoznika što se tiče jedinica stakleničkih plinova

Izvor: [2]

EU ETS faza	Godina	Dodijeljene besplatne jedinice	Potvrđene jedinice	Razlika	Cijena jedinice (€)	Trošak (€)
2013-2020	2013	62717	124782	62065	3,97	246.398,05
2013-2020	2014	85828	150608	65326	6,11	399.141,86
2013-2020	2015	85828	154276	68448	7,28	498.301,44
2013-2020	2016	85828	162454	76626	6,07	465.119,82
2013-2020	2017	85828				
2013-2020	2018	85828				
2013-2020	2019	85828				
2013-2020	2020	85828				

Kao što se može vidjeti iz tablice, količina besplatnih jedinica je jednaka za svaku godinu kroz cijelu EU ETS fazu 2013.-2020., osim za 2013. godinu koja je još bila testna faza, te je operater morao verificirati količinu potrošenih jedinica, ali ne i podmiriti troškove. Također je vidljiv rast količine verificiranih jedinica od 2013. do 2016. godine. Međutim, trošak pada u razdoblju 2015.-2016. godina. Razlog tomu je cijena goriva koja fluktuirala iz godine u godinu.

### **6.3. NEDOSTACI I PREDNOSTI EU ETS PROGRAMA**

Na žalost, EU ETS program se za sada odnosi samo na letove unutar EU. Primjerice, ako određeni zrakoplovni prijevoznik ima rutu leta Bangkok-Frankfurt-Zagreb, ne plaća puni iznos emisija, već samo dio koji se odnosi na sektor leta unutar EU. To bi se trebalo promijeniti do 2020. godine gdje će biti uključeni svi letovi koji započinju ili završavaju u EU. Sljedeći nedostatak EU ETS programa je nedovoljan poticaj industriji za prelazak na obnovljive izvore energije, već im je jeftinije kupovati emisijske jedinice te i dalje ostati na korištenju fosilnih goriva.

Postoje i pozitivni učinci ovog programa. To je svakako poticaj, razmišljanje i donekle primoravanje na promjene koje su nužne. Program EU ETS je odgovoran za mnoge inicijative za očuvanje okoliša ne samo u EU nego i šire. Iako EU ETS program neće riješiti sve ekološke probleme na planetu, dobar je poticaj za globalno djelovanje te podizanje svijesti o očuvanju okoliša.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu analiziran je utjecaj EU ETS programa na poslovanje zračnog prijevoznika. Kroz rad su opisani ispušni plinovi iz zrakoplovnih motora te operativne mjere za smanjenje potrošnje goriva, a samim time i štetnih ispušnih plinova. Također je opisan EU ETS program kao i njegova implementacija kod zračnih prijevoznika. Na kraju rada analiziran je utjecaj ovog programa na poslovanje na primjeru jednog zračnog prijevoznika.

Prema dosadašnjim istraživanjima zrakoplovna industrija je odgovorna za otprilike 2% CO<sub>2</sub> od ukupnog ispuštenog CO<sub>2</sub> u atmosferu te 12% od CO<sub>2</sub> proizvedenog od strane cijele transportne industrije. Zračni promet je drugi po redu što se tiče potrošnje goriva nakon cestovnog prometa te kao takav ima veliku ulogu u klimatskim promjenama. Iz tog razloga se razvijaju programi za smanjenje emisija stakleničkih plinova [1].

Europska unija je 2003. donijela Direktivu 2003/87/EZ kojom se uspostavlja sustav trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Zrakoplovstvo se u ovaj program uključuje 2012. godine. EU ETS ograničava emisije stakleničkih plinova odnosno jedan dio dodjeljuje besplatno dok drugi dio naplaćuje te tako potiče zrakoplovne operatere na usavršavanje operativnih mjera za smanjenje ispušnih plinova kroz smanjenje potrošnje goriva kao i ulaganje u novu tehnologiju. Zračni operateri koji značajno smanje emisije mogu iste prodati operaterim kojima je potrebno.

Međutim, zbog naglog razvoja zračnog prometa emisije CO<sub>2</sub> i dalje su u porastu. Po statistici ICAO-a iz 2016. godine emisije CO<sub>2</sub> povećale su se za otprilike 80% između 1990. i 2014. godine, a predviđa se i daljnji porast za otprilike 45% između 2014. i 2035. godine [46].

EU ETS program je dobar poticaj, a i primoravanje na promjene koje su nužne. Program je odgovoran za mnoge inicijative za očuvanje okoliša ne samo u EU nego i šire. Iako EU ETS program neće riješiti sve ekološke probleme na planetu, dobar je poticaj za globalno djelovanje te podizanje svijesti o očuvanju okoliša. Međutim, kako EU ETS program iz faze u fazu postaje sve rigorozniji odnosno količina besplatno dodijeljenih jedinica sve manja, a troškovi zračnih operatera sve veći, oni će biti primorani sve više ulagati u razvoj alternativnih goriva. Ali, definitivno je potrebna preispitivanje odnosno reorganizacija ovog programa iz razloga što su klimatske promjene sve izraženije, a provedba EU ETS programa prespora. Navedene mjere

nije moguće provesti brzo no želimo li sačuvati klimu planeta moramo se i dalje truditi jer će u budućnosti možda biti kasno.

## LITERATURA

- [1] Air Transport Action Group [2017, lipanj]  
<http://www.atag.org/facts-and-figures.html>
- [2] EU ETS program trgovanja stakleničkim plinovima [2017, srpanj]  
<http://www.mzoip.hr/hr/klima/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova.html>
- [3] Schumann, U.: *Aircraft Emissions*, Causes and consequences of global environmental change, vol. 3, pp 178-186, 2002.
- [4] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change [2017, srpanj]  
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/index.php?idp=99>
- [5] Smanjeje emisija CO<sub>2</sub> [2017, kolovoz]  
<https://www.easa.europa.eu/eae/figures-tables/estimated-excess-co2-emissions-flight-are-decreasing-taxi-take%E2%80%91climbdescent%C2%A0and-en>
- [6] Penner, Lister, Griggs, Dokken, McFarland: *Aviation and global atmosphere*, IPCC special report, Intergovernmental Panel on Climate Change, ISBN: 92-9169-, 1999.
- [7] United States Environmental Protection Agency [2017, lipanj]  
<https://www.epa.gov/ozone-pollution/ozone-basics#what%20where%20how>
- [8] Open chemistry database, Methane [2017, lipanj]  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/methane#section=Top>
- [9] Earth observatory, NASA [2017, lipanj]  
[https://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MYDAL2\\_M\\_SKY\\_WV](https://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MYDAL2_M_SKY_WV)
- [10] National Aeronautics and Space Administration, Contrails [2017, lipanj]  
<https://science-edu.larc.nasa.gov/contrail-edu/science.php>
- [11] Vrste kondenzacijskih tragova [2017, lipanj]  
<http://flightpollutionradar.com/facts>
- [12] Cirusi, cirrus clouds [2017, lipanj]  
<http://www.srh.noaa.gov/jetstream/clouds/cloudwise/types.html>
- [13] Utjecaj na okoliš [2017, lipanj]  
[http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.4.2.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.2.html)
- [14] Operativne mjere za smanjenje potrošnje goriva [2017, srpanj]

- [https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson\\_ops.pdf](https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson_ops.pdf)
- [15] Prilaženje s kontinuiranim snižavanjem [2017, kolovoz]  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Continuous\\_Descent](https://www.skybrary.aero/index.php/Continuous_Descent)
- [16] Taksiranje s jednim motorom [2017, kolovoz]  
<http://apex.aero/wp-content/uploads/2014/11/APEX-Airline-Fuel.pdf>
- [17] Smanjenje mase zrakoplova [2017, srpanj]  
<https://www.icao.int/safety/airnavigation/OPS/CabinSafety/Pages/ICAO-Requirements-related-to-Cabin-Safety.aspx>
- [18] Fuel efficiency program [2017, kolovoz]  
<https://www.iata.org/services/consulting/Documents/cons-sfo-fuel-efficiency-program-brochure.pdf>
- [19] ICAO Circular 303-AN/176, *Operational Opportunities to Minimize Fuel Use and Reduce Emissions*, 2003.
- [20] ICAO: *Annex 6 - Operation of Aircraft*, Part II – International General Aviation – Aeroplanes, Ninth Edition, July 2016
- [21] Nordian, *Flight planning*, 2010.
- [22] Uštede na gorivu smanjenjem rezervi goriva [2017, srpanj]  
[https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson\\_ops.pdf](https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson_ops.pdf)
- [23] Zakrilca [2017, srpanj]  
<https://www.skybrary.aero/index.php/Flaps>
- [24] Utjecaj zakrilca na potrošnju goriva [2017, srpanj]  
[http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_4\\_08/pdfs/AERO\\_Q408\\_article05.pdf](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_08/pdfs/AERO_Q408_article05.pdf)
- [25] Stupnjevi zakrilca [2017, srpanj]  
<http://www.boldmethod.com/learn-to-fly/aircraft-systems/how-flaps-work/>
- [26] Optimalna visina leta [2017, srpanj]  
[https://www.skybrary.aero/index.php/High\\_Altitude\\_Flight\\_Operations](https://www.skybrary.aero/index.php/High_Altitude_Flight_Operations)
- [27] Odstupanja od optimalne visine [2017, srpanj]  
<https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP697.pdf>
- [28] Nordian, *Performance*, 2010.
- [29] Zakon o čistom zraku [2017, srpanj]

- <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>
- [30] ICAO – zaštita okoliša kroz povijest [2017, srpanj]  
[https://www.icao.int/secretariat/PostalHistory/annex\\_16\\_environmental\\_protection.htm](https://www.icao.int/secretariat/PostalHistory/annex_16_environmental_protection.htm)
- [31] IATA – smanjenje emisija stakleničkih plinova [2017, srpanj]  
<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2011-09-27-01.aspx>
- [32] Razvoj sustava kontrole emisija plinova kroz povijest [2017, lipanj]  
<http://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2015/09/18-conclusions-un-climate-change-conference-paris-2015/>
- [33] Direktiva kojom se utvrđuje shema za trgovanje kvotama emisije stakleničkih plinova [2017, kolovoz]  
[http://klima.mzoip.hr/UserDocsImages/Schema\\_trgovanja\\_29112007.pdf](http://klima.mzoip.hr/UserDocsImages/Schema_trgovanja_29112007.pdf)
- [34] Visine jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za 2013. godinu [2017, srpanj]  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_08\\_105\\_2024.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_08_105_2024.html)
- [35] Visine jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za 2014. godinu [2017, kolovoz]  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_09\\_96\\_1855.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_96_1855.html)
- [36] Visine jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za 2015. godinu [2017, kolovoz]  
[www.mzoip.hr/doc/odluka\\_o\\_visini\\_jedinicne\\_naknade\\_za\\_2015\\_godinu.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/odluka_o_visini_jedinicne_naknade_za_2015_godinu.pdf)
- [37] Visine jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za 2016. godinu [2017, kolovoz]  
[www.mzoip.hr/doc/odluka\\_o\\_visini\\_jedinicne\\_naknade\\_za\\_2016\\_godinu.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/odluka_o_visini_jedinicne_naknade_za_2016_godinu.pdf)
- [38] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu [2017, kolovoz]  
<http://www.haop.hr/>
- [39] Uredba o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova [2017, kolovoz]  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_06\\_69\\_1616.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_06_69_1616.html)
- [40] Implementacija EU ETS programa [2017, srpanj]  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_en)
- [41] Letovi koji ne podliježu EU ETS programu [2017, srpanj]

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0029&from=EN>

- [42] Flota odabrane zrakoplovne kompanije [2017, srpanj]  
<http://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Korporativne-informacije/flota>
- [43] Konzultacije s stručnjakom za održivi razvoj odabranog zračnog prijevoznika, zaključno sa srpanj 2017.
- [44] Cijena po toni CO<sub>2</sub> [2017, lipanj]  
<http://markets.businessinsider.com/commodities/co2-emissionsrechte>
- [45] Varijacije u cijenama goriva [2017, srpanj]  
[http://then.gasbuddy.com/gb\\_retail\\_price\\_chart.aspx?time=12](http://then.gasbuddy.com/gb_retail_price_chart.aspx?time=12)
- [46] European Aviation Environmental Report 2016 [2017, kolovoz]  
<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf>



## POPIS SLIKA

Slika 1. Izgaranje goriva mlaznog motora.....	2
Slika 2. Emisije CO <sub>2</sub> po fazama leta (smanjenje po godinama).....	3
Slika 3. Pretpostavke zrakoplovnih emisija ugljičnog dioksida do 2050. godine .....	4
Slika 4. Vrste kondenzacijskih tragova (engl. <i>Contrails</i> ) .....	7
Slika 5. Zrakoplovne emisije po komponentama za 1992. godinu .....	8
Slika 6. Pretpostavka zrakoplovnih emisija po komponentama za 2050. godinu .....	9
Slika 7. Prilaženje s kontinuiranim snižavanjem .....	11
Slika 8. Zakrilca .....	15
Slika 9. Brzina za najveći dolet.....	17
Slika 10. Pojednostavljena verzija kalkulatora za izračun emisija CO <sub>2</sub> .....	29
Slika 11. Cijena po toni CO <sub>2</sub> za razdoblje od 2009. do 2017. godine .....	32
Slika 12. Varijacije u cijenama goriva .....	33

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Utjecaj smanjene mase od 2 250 kg na potrošnju .....	13
Tablica 2. Ušteda na gorivu smanjenjem rezerve goriva .....	14
Tablica 3. Utjecaj zakrilaca na potrošnju goriva .....	16
Tablica 4. Utjecaj odstupanja od optimalne visine na dolet.....	17
Tablica 5. Utjecaj odstupanja vrata na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu) .....	18
Tablica 6. Utjecaj odstupanja upravljačkih površina na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu).....	19
Tablica 7. Utjecaj oštećenja površine zrakoplova na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu).....	20

Tablica 8. Utjecaj neravnina od 0,3 mm na površini zrakoplova od 1 m <sup>2</sup> na potrošnju goriva (po godini po zrakoplovu) .....	20
Tablica 9. Osnovne karakteristike zrakoplova .....	30
Tablica 10. Procijenjeni troškovi odabranog zračnog prijevoznika što se tiče jedinica stakleničkih plinova.....	34



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 **UTJECAJ ZAHTJEVA EUROPSKE UNIJE ZA TRGOVANJE  
EMISIJAMA NA POSLOVANJE ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA**  
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 13.9.2017 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Marko Pavlešić*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)