

# Europski sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova - izrada plana praćenja emisija u industrijskom postrojenju

---

**Novak, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:696839>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Ivan Novak

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
prof.dr.sc. Milan Vujanović dipl.ing.

Student:  
Ivan Novak

Zagreb, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija i uz navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru, prof.dr.sc. Milanu Vujanoviću dipl.ing. na pruženoj stručnoj pomoći, strpljenju i savjetima tijekom izrade ovog rada, čime mi je omogućeno uspješno pisanje diplomskog rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su me tokom mojeg obrazovanja podupirali i imali razumijevanje za poteškoće po putu.

*Aut inveniam viam aut faciam!*

Ivan Novak

Ovaj diplomski rad izrađen je unutar projekta Razvoj sustava za ispitivanje višefaznih strujanja i izgaranja s ciljem povećanja istraživačkih aktivnosti znanstvenog i poslovnog sektora, KK.01.1.1.04.0070., sufinanciranog od strane Europske unije, sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj, Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.–2020.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite



Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602-04/21-6/1
Ur. broj:	15-1703-21

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN NOVAK**

Mat. br.: 0069073369

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Europski sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova - izrada plana praćenja emisija u industrijskom postrojenju**

Naslov rada na engleskom jeziku: **European greenhouse gas emissions trading system - development of an emission monitoring plan in industrial plant**

Opis zadatka:

Glavni pokretač klimatskih promjena je efekt staklenika, a emisija stakleničkih plinova uslijed ljudskih aktivnosti najviše pridonosi globalnom zagrijavanju. Postoje neupitni dokazi da povećanjem koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi uzrokuje promjene u globalnoj klimi koje će imati ozbiljne ljudske, ekološke i ekonomske posljedice narednih godina. Kao jedan od načina rješavanja tog problema u Europskoj uniji je uspostava sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (EU-ETS). Republika Hrvatska postala je sastavni dio ovog sustava od 1. siječnja 2013. godine. Industrijska postrojenja u RH, sukladno pravilima EU ETS-a, dužna su uspostaviti režim praćenja emisija stakleničkih plinova i dostavljanja verificiranih izvješća nadležnom tijelu. Stoga u okviru ovog diplomskog zadatka potrebno je izraditi plan praćenja emisija stakleničkih plinova za jedno industrijsko postrojenje koji je obveznik u okviru sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Prilikom izrade plana praćenja emisija stakleničkih plinova potrebno je uzet u obzir sve relevantne propise i upute koje je izdalo Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja.

Diplomski rad treba sadržavati:

- opis postrojenja i djelatnosti koje se obavljaju u postrojenju, kao i informacije o osobama odgovornim za praćenje i izvješćivanje o emisijama stakleničkih plinova;
- opis izvora emisija koje treba pratiti za svaku djelatnost koja se obavlja u sklopu postrojenja;
- opis metodologije za praćenje emisija;
- opis aktivnosti praćenja emisija od mjerenja do izvješćivanja;
- opis aktivnosti za potrebe osiguranja i kontrole kvalitete praćenja emisija stakleničkih plinova.

U okviru zadatka dodatno je potrebno napraviti analizu potencijala smanjenja emisija stakleničkih plinova za zadano industrijsko postrojenje.

U završnom zadatku potrebno je navesti korištenu literaturu i eventualnu pomoć kod izrade zadatka.

Zadatak zadan:  
6. svibnja 2021.

Rok predaje rada:  
8. srpnja 2021.

Predviđeni datum obrane:  
12. srpnja do 16. srpnja 2021.

Zadatak zadao:  
prof. dr. sc. Milan Vušanović

Predsjednica Povjerenstva:  
prof. dr. sc. Biserka Runje

# Sadržaj

<b>POPIS KRATICA</b> .....	<b>IV</b>
<b>POPIS OZNAKA</b> .....	<b>VI</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>VII</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>IX</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>X</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KLIMATSKE PROMJENE, UZROCI I POSLJEDICE</b> .....	<b>3</b>
2.1. KLIMATSKE PROMJENE.....	4
2.2. UZROCI KLIMATSKIH PROMJENA.....	5
2.3. POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA.....	7
2.3.1. Utjecaj klime na zdravlje ljudi.....	7
2.3.2. Rizici za floru i faunu.....	8
2.3.3. Troškovi gospodarstva i društva.....	8
2.3.4. Posljedice klimatskih promjena u Europi.....	9
2.3.5. Posljedice za zemlje u razvoju.....	9
2.3.6. Posljedice klimatskih promjena na oceane.....	9
2.3.7. Prikaz klimatskih promjena.....	10
2.3.8. Odgovor na klimatske promjene.....	12
<b>3. PREGLED ZAKONA, UREDBI I SPORAZUMA U SVRHU SMANJENJA STAKLENIČKIH PLINOVA</b> .....	<b>13</b>
3.1. KLJUČNI POTPISANI SPORAZUMI.....	13
3.1.1. Bečka konvencija.....	14
3.1.2. Montraelski protokol.....	14
3.1.3. Okvirna konvencija UNFCCC-a o promjeni klime.....	14
3.1.4. Kyoto protokol.....	15
3.1.5. Pariški sporazum.....	16
3.2. NAJNOVIJE MJERE UNUTAR EU U PODRUČJU KLIMATSKIH PROMJENA.....	17
3.3. HRVATSKI ZAKONI.....	18
<b>4. SUSTAV TRGOVANJA EMISIJAMA STAKLENIČKIH PLINOVA</b> .....	<b>31</b>
4.1. EU ETS.....	33
4.2. FAZE EU ETS-A.....	35

4.2.1. Prva faza .....	35
4.2.2. Druga faza .....	36
4.2.3. Treća faza .....	37
4.2.4. Četvrta faza .....	38
4.3. UGLJIČNI OTISAK I OGRANIČENJE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA .....	39
4.4. PODJELA DOZVOLA ZA EMITIRANJE, TE BESPLATNE EMISIJSKE JEDINICE .....	41
4.5. LICITACIJA NA AUKCIJAMA, TE KUPCI I NADMETANJE .....	42
4.6. ZRAKOPLOVSTVO .....	44
4.6. UPOTREBA NOVCA ZARAĐENOG PRODAJOM DOZVOLA .....	45
4.7. CILJEVI RAZDOBLJA 2020./2030./2050. ....	45
<b>5. IZRADA PLANA PRAĆENJA EMISIJA U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU .....</b>	<b>47</b>
5.1. OPĆE POJEDINOSTI O PODUZEĆU .....	47
5.1.1. Opće informacije o industrijskom objektu .....	47
5.2. KRATAK OPIS AKTIVNOSTI INDUSTRIJSKOG OBJEKTA .....	48
5.3. OPIS INDUSTRIJSKOG OBJEKTA I DEFINICIJA POSTROJENJA .....	48
5.3.1. Shematski prikaz postrojenja .....	48
5.3.2. Identifikacija izvora emisija, jedinica postrojenja i brojila .....	50
5.4. METODOLOGIJA ZA PRAĆENJE EMISIJA .....	51
5.4.1. Razvrstavanje postrojenja .....	51
5.4.2. Izbor između proračuna i mjerenja .....	51
5.4.3. Opis metodologije za praćenje emisija .....	51
5.4.4. Prikaz izračuna emisijskog faktora .....	52
5.4.5. Proračun CO <sub>2</sub> emisija .....	54
5.5. NAČIN RAČUNANJA VARIJABLI I ODREĐIVANJE NESIGURNOSTI .....	56
5.6. ODSUPANJA I IZMJENE .....	58
5.7. SLIJED AKTIVNOSTI OD MJERENJA DO IZVJEŠĆIVANJA .....	58
5.7.1. Procedura za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja .....	58
5.7.2. Prikaz poslova za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja .....	59
5.8. OPIS POTREBNIH SREDSTVA .....	60
5.9. INTERNA VALIDACIJA .....	60
5.9.1. Aktivnost interne validacije .....	60
5.10. OSIGURANJE I KONTROLA KVALITETE .....	61
5.10.1. Procedure osiguranja kvalitete .....	61
5.10.1.1. Interne neovisne ocjene, upravljanje dokumentacijom i evidentiranje zapisa .....	61
5.10.2. OSIGURANJE KVALITETE AKTIVNOSTI KOJE OBAVLJAJU VANJSKE ORGANIZACIJE .....	62
5.11. ORGANIZACIJA PODUZEĆA .....	62
<b>6. POTENCIJAL SMANJENJA ISPUŠTANJA UGLJIČNOG DIOKSIDA U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU .....</b>	<b>64</b>



6.1. GENERATORI PARE 1 I 2 .....	64
6.2. GENERATOR PARE 3 .....	68
6.3. GENERATOR PARE 4 .....	72
6.5. KOLIČINA ISPUŠTENOG UGLJIKOVOG DIOKSIDA I POTENCIJALNO SMANJENJE .....	75
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>79</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>80</b>

**POPIS KRATICA**

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
BDP	Bruto domaći proizvod
CFC	Klorofluorougljici
CH <sub>4</sub>	Metan
CO <sub>2</sub>	Ugljični dioksid
EEX	<i>European Energy Exchange</i> – Europska burza energije
EEZ	Europska ekonomska zajednica
ETS	<i>Emissions Trading System</i> – Sustav trgovanja emisijama
EU	Europska unija
EZ	Europska zajednica
GV	Granična vrijednost
HACCP	<i>Hazard Analysis and Critical Control Point</i> – Osiguravanje zdravstveno ispravne hrane
HALAL	U skladu s islamskim prehrambenim zakonima
HCFC	Klorofluorougljikovodici
HFC	Fluorougljikovodici
HRN	Hrvatske norme
ISO	<i>International organization for standardization</i> – Međunarodna organizacija za standardizaciju
KOSHER	U skladu s židovskim prehrambenim zakonima
MSR	<i>The Market Stability Reserve</i> – Rezerve za stabilnost tržišta
N <sub>2</sub> O	Didušikov oksid
NCl <sub>3</sub>	Dušikov trifluorid
NER 300	<i>Program New Entrants' Reserve</i> – Program rezerva za nove sudionike
NN	Narodne novine
NO <sub>2</sub>	Dušikov dioksid
PFC	Perfluorougljici
PIM	Programska analiza putem kontrole pretička zraka
PPM	<i>Parts per million</i> – Dijelova na milijun

SF <sub>6</sub>	Sumporov heksafluorid
SO <sub>2</sub>	Sumporov dioksid
TV	Tolerantna vrijednost
UNFCCC	Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Opis oznake</b>
<i>Emisijski faktor</i>	tCO <sub>2</sub> /TJ	Faktor emisije
<i>GWP</i>	kg	Potencijal globalnog zagrijavanja
<i>H<sub>d</sub></i>	TJ/m <sup>3</sup>	Donja ogrjevna vrijednost
<i>m</i>	Kg	Masa
<i>Oksidacijski faktor</i>	-	Faktor oksidacije
<i>p</i>	Pa	Tlak
<i>P</i>	W	Snaga
<i>R</i>	J/molK	Univerzalna plinska konstanta
<i>t</i>	°C	Temperatura
<i>T</i>	K	Temperatura
<i>V</i>	m <sup>3</sup>	Volumen
<i>ṽ<sub>g</sub></i>	nm <sup>3</sup> /h	Volumni protok goriva
<i>V<sub>m</sub></i>	m <sup>3</sup> /kmol	Molarni volumen
<i>λ</i>	%	Pretičak zraka

## POPIS SLIKA

Slika 1. Analiza prethodnih i budućih emisija s usporedbom ciljnih vrijednosti smanjenja stakleničkih plinova [4] .....	2
Slika 2. Prosječno godišnje temperaturno odstupanje od prosječne temperature [2].	4
Slika 3. Kretanje ugljičnog dioksida (CO <sub>2</sub> emisija) tokom vremena [5].....	6
Slika 4. Pokrivenost arktičkog morskog leda dosegla je rekordno nisku razinu [13].	10
Slika 5. Gubitak ledenjaka na Novoj Gvineji [13] .....	10
Slika 6. Pad nivoa vode u argentinskoj rijeci Parana [13] .....	11
Slika 7. Suša jezera Meredith [13] .....	11
Slika 8. Sustav trgovanja emisijskim jedinicama [26] .....	32
Slika 9. Prikaz broja izdanih emisijskih jedinica [37].....	40
Slika 10. Porast štetnih emisija zrakoplovne industrije [39] .....	44
Slika 11. Shematski prikaz postrojenja s naznačenim granicama.....	49
Slika 12. Primjer izračuna emisijskog faktora za prirodni plin .....	53
Slika 13. Prikaz procedure za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja .....	58
Slika 14. Strukturna podjela organizacije.....	62
Slika 15. Shema generatora pare 1 i 2 .....	65
Slika 16. Nazivni podaci generatora pare 1 i 2 .....	65
Slika 17. Najbolja pogonska praksa generatora pare 1 i 2 .....	66
Slika 18. Podaci dobiveni detaljnim energetske pregledom za generator pare 1 i 2	66
Slika 19. Rezultati trenutačnog rada generatora pare 1 i 2 .....	67
Slika 20. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 1 i 2 .....	68
Slika 21. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generatorima pare 1 i 2 .....	68
Slika 22. Shema generatora pare 3.....	69
Slika 23. Nazivni podaci generatora pare 3.....	69
Slika 24. Najbolja pogonska praksa generatora pare 3 .....	70
Slika 25. Podaci dobiveni detaljnim energetske pregledom generatora pare 3.....	70
Slika 26. Rezultati trenutačnog rada generatora pare 3.....	71
Slika 27. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 3.....	71
Slika 28. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generator pare 3 .....	72
Slika 29. Nazivni podaci generatora pare 4.....	73

Slika 30. Najbolja pogonska praksa generatora pare 4 .....	73
Slika 31. Podaci dobiveni detaljnim energetske pregledom generatora pare 4.....	74
Slika 32. Rezultati trenutačnog rada generatora pare 4.....	74
Slika 33. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 4.....	75
Slika 34. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generator pare 4 .....	75

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Mjera efekta staklenika.....	40
Tablica 2. Opće informacije o industrijskom objektu .....	47
Tablica 3. Sustavi upravljanja u primjeni .....	48
Tablica 4. Identifikacija izvora emisija.....	50
Tablica 5. Identifikacija jedinica postrojenja .....	50
Tablica 6. Identifikacija brojila.....	50
Tablica 7. Razvrstavanje postrojenja prema kategorijama .....	51
Tablica 8. Proračun ukupnih emisija CO <sub>2</sub> .....	55
Tablica 9. Podjela izvora emisija .....	56
Tablica 10. Zahtijevana razina točnosti za izvore emisija .....	56
Tablica 11. Metoda određivanja varijabli .....	57
Tablica 12. Popis mjernih instrumenata .....	57
Tablica 13. Slijed aktivnosti prilikom dostavljanja podataka za potrošnju prirodnog plina .....	59
Tablica 14. Zadaci, područja nadležnosti i odgovornosti .....	63

## SAŽETAK

Emitiranjem stakleničkih plinova uzrokuje klimatske promjene. Zbog toga se svakodnevno u različitim dijelovima svijeta odvijaju procesi koji su neuobičajeni za to područje ili taj dio godine, dosežu se ekstremne temperature s obje strane spektra. Ovakvi događaji dovode do negativnih učinka u prirodi te isti imaju utjecaja po ljude, njihovo zdravlje i gospodarstvo. Ljudi posjeduju mehanizme potrebne za spriječiti i kontrolirati klimatske promjene, međutim ne iskorištavaju puni potencijal istih. [2] [5]

Sporazumima, zakonima, regulacijama i uredbama nastoji se prisiliti i osvijestiti opću populaciju o problematici koja nas sve treba zabrinjavati. Navedenim okvirom nastoji se ograničiti ispuštanje ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) te kroz vrijeme i razvoj tehnologije reducirati iste na nulu. Postepeno se ograničava ispuštanje stakleničkih plinova te uvode porezi na iste. Time se omogućava period prilagodbe i potiče razvoj tehnologije koja bi redukcijom ispuštanja stakleničkih plinova izbjegla plaćanje poreza te u konačnici dovela do ugljično neutralne tehnologije.

Jedan od alata kojim se nastoji ubrzati i potaknuti razvoj tehnologije, te smanjiti ispuštanje CO<sub>2</sub> emisija, je EU ETS mehanizam. Svaka faza donosi sve strože mjere te zahvaća sve više sektora koji ispuštaju CO<sub>2</sub> emisije. Novac prikupljen naplaćivanjem emisijskih dozvola financiraju se projekti za razvoj tehnologije i saniranje štete nastale emitiranjem. Ovakav mehanizam pokazao se za sada najdjelotvorniji.

Izradom plana praćenja o ispuštanju CO<sub>2</sub> emisija omogućuje se kontrola ukupnih emisija i redukcija istih. Stoga, sva poduzeća zahvaćena mjerama dužna su izraditi vlastiti plan praćenja emisija u kojima je objašnjeno koji su izvori emisija i koje su količine u pitanju. U ovom radu izrađen je primjer plana praćenja CO<sub>2</sub> emisija na jednom industrijskom postrojenju.

Analizom potencijala smanjenja emisija stakleničkih plinova nastoji se poboljšati rad postojećeg postrojenja, kako bi se kratkoročno odgodili troškovi ulaganja u nove



tehnologije i plaćanja emisijskih dozvola smanjio, a istovremeno povećala efikasnost rada postrojenja.

Ključne riječi: Klimatske promjene, ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), emisijske dozvole, EU ETS.

## **SUMMARY**

By emitting greenhouse gases, we are causing climate change. Therefore, processes that are unusual for that area or that part of the year take place every day in different parts of the world, extreme temperatures are reached on both sides of the spectrum. Such events lead to negative effects in nature, and the same events have an impact on people, their health and the economy. Humans possess the mechanisms needed to prevent and control climate change, but do not exploit its full potential. [2] [5]

Agreements, laws, regulations, and ordinances seek to coerce and make the public aware of the issue. This framework strives to limit carbon dioxide (CO<sub>2</sub> emissions) and through time and development of technology to reduce them to zero. Greenhouse gas emissions are gradually being limited, and new taxes are being introduced. This allows a period of adjustment, and encourages the development of technology, which would in turn reduce greenhouse gas emissions to avoid paying taxes, and ultimately lead to carbon-neutral technology.

One of the tools that seeks to accelerate and encourage the development of technology, to reduce CO<sub>2</sub> emissions, is the EU ETS mechanism. Each phase brings more stringent measures and affects more and more sectors that emit CO<sub>2</sub> emissions. The money raised by collecting emission permits is used to finance projects for the development of technology and repairing the damage caused by emissions. Such a mechanism has proven to be the most effective so far.

The development of a monitoring plan for CO<sub>2</sub> emissions enables control of all emissions and their reduction. Therefore, each company affected by the measures is obliged to prepare their own emission monitoring plan justifying the sources of emissions and the quantities in question. In this paper, an example was made for a certain industrial plant of plan monitoring CO<sub>2</sub> emissions.

The analysis of the potential for reducing greenhouse gas emissions seeks to improve the operation of the existing plant, in order to delay the short-term costs of an

investment in new technologies and to reduce the payment of emission permits, while increasing the efficiency of the plant.

Keywords: Climate change, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), emission permits, EU ETS.

## 1. UVOD

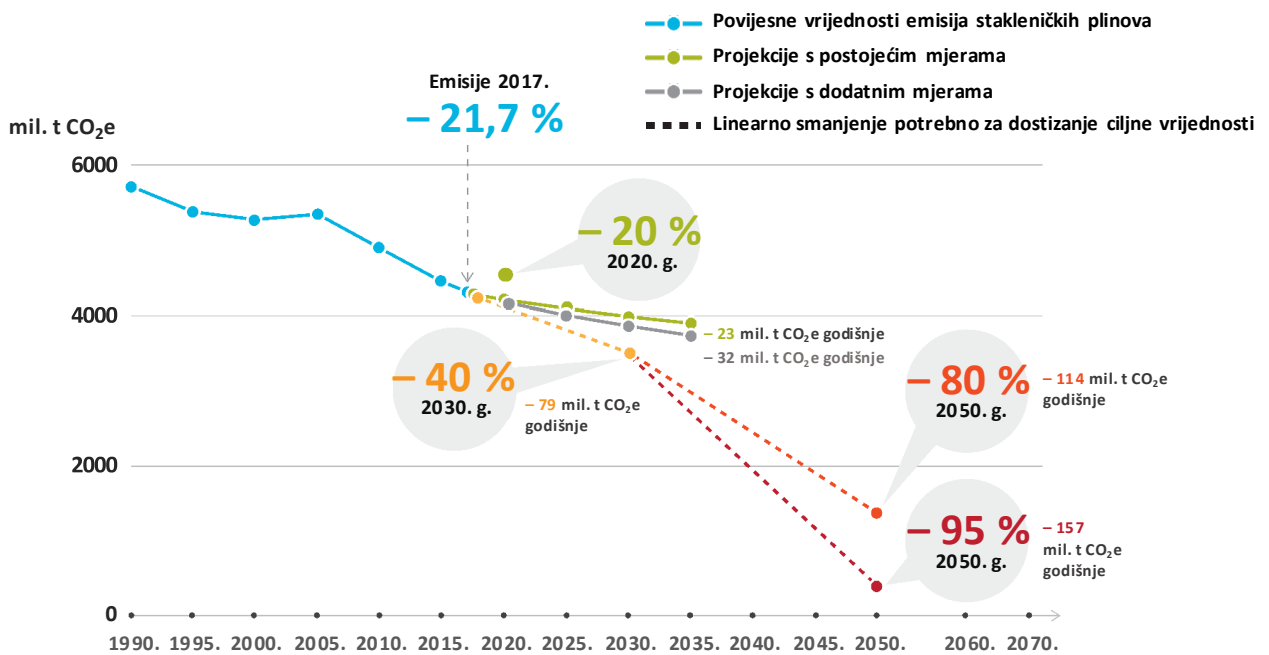
Znanstvenim otkrićima i industrijskim revolucijama omogućen je čovječanstvu nagli rast populacije i razvoj potrošačkog mentaliteta. Time je rezultirala veća potreba za energijom. Posljedično, povećanjem proizvodnje energije, koja se proizvodi izgaranjem fosilnih goriva, povećana je i količina stakleničkih plinova u atmosferi. Kao rezultat povećanja stakleničkih plinova u atmosferi uzrokovani su negativni efekti na našu okolinu. Prirodi je nanescena šteta koju još uvijek, ukoliko se djeluje na ispravan način, stiže se svesti na minimum i u nekim slučajevima istu eliminirati u potpunosti.

U svrhu osiguranja traženih rezultata potpisani su Kyoto protokol, Pariški sporazum i mnogobrojni multilateralni ugovori. Također, uvedeni su određeni zakoni i uredbe kojima se mjeri i kontrolira količina ispuštenih stakleničkih plinova. Uz to uvedeno je i oporezivanje proizvođača na način da se mjeri ili izrađuje proračun na godišnjoj razini, gdje se onda taj podnesak predaje kontrolnim institucijama te se na temelju toga vrši obračun za naplatu.

Članice Europske unije zaslužne su za otprilike 9% ukupnih emisija stakleničkih plinova, dok u njima živi 7% svjetskog stanovništva, te su odgovorne za više od 21% svjetskog bruto domaćeg proizvoda [4]. Više od tri četvrtine spomenutih emisija proizlazi iz proizvodnje, upotrebe energije i prometa [3]. Države članice Europske unije su do 2020. godine uspjele reducirati svoje stakleničke plinove i premašiti prvobitan cilj od 20%, u usporedbi na razinu iz 1990. godine [4], što se i može vidjeti na slici (Slika 1.).

Europska unija do 2030. godine nastoji za 40% smanjiti emisije ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>), povećati udio energije koja dolazi iz obnovljivih izvora energije na 32% i za 32,5% povećati efikasnost upotrebe energije. Europska unija želi biti predvodnik i primjer u svijetu, te zbog toga, njezin dugoročni cilj je do 2050. godine postići u potpunosti klimatski neutralnu Europsku uniju, odnosno gospodarstvo s nultom razinom emisije stakleničkih plinova [1].

Na slici (Slika 1.) vidljivo je prethodno kretanje stakleničkih plinova, te je predviđeno kretanje stakleničkih plinova u budućnosti. Također, vidljiv je trend u kojemu se može prepoznati pad emisija, te se iz toga može zaključiti da donesene mjere djelovanja za smanjenje istih djeluju te da su potrebni dodatni napori, odnosno dodatne mjere kako bi se postigao cilj, koji je zacrtan za 2050. godinu.



Slika 1. Analiza prethodnih i budućih emisija s usporedbom ciljnih vrijednosti smanjenja stakleničkih plinova [4]

## 2. Klimatske promjene, uzroci i posljedice

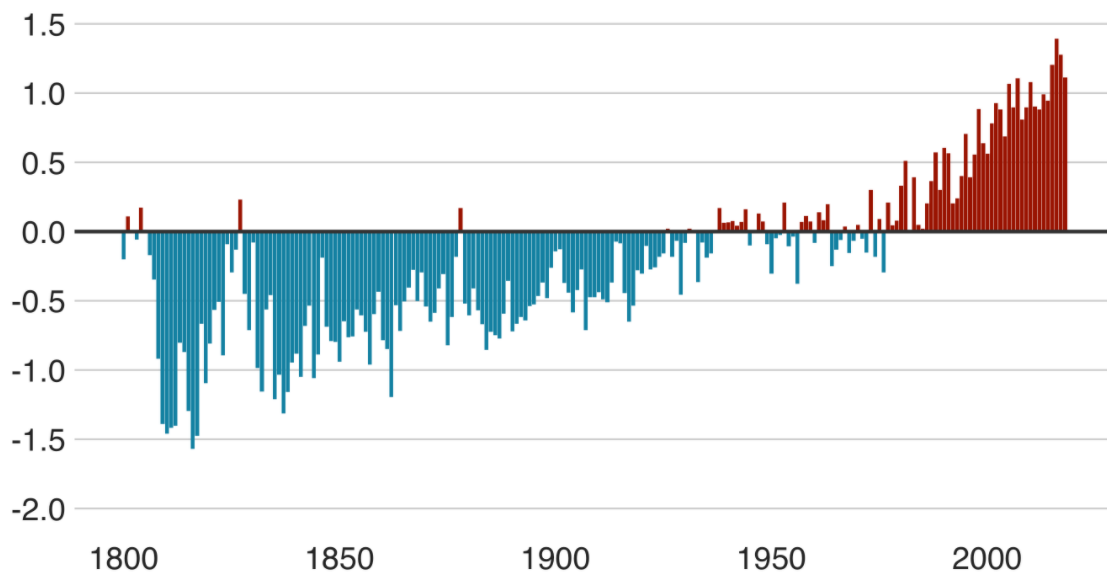
Posljedično djelovanju ljudskih aktivnosti na Zemlji krajem dvadesetog stoljeća primijećen je negativni utjecaj na okoliš. Zamijećen je značajni porast koncentracije stakleničkih plinova koji uzrokuju povećanje temperature te i time globalno zatopljenje i klimatske promjene. Staklenički plinovi koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva i koji su regulirani međunarodnim sporazumom za reduciranje emitiranja stakleničkih plinova su:

- Sumpor heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ) - Sumpor heksafluorid, fluorirani ugljikovodični spojevi i dušikov trifluorid su spojevi, odnosno plinovi posebno razvijeni za industrijsku upotrebu, koji se najčešće upotrebljavaju za rashlađivanje.
- Fluorirani ugljikovodični spojevi (HFC-i, PFC-i).
- Dušikov trifluorid ( $\text{NCl}_3$ ).
- Didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – Emitira se prilikom izgaranja fosilnih goriva, proizvodnje u kemijskoj industriji i emisije gnojiva.
- Ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) – Posljedica izgaranja fosilnih goriva, ugljena, drva, plina i tekućih goriva, te sličnih proizvoda sa sastavom ugljika.
- Metan ( $\text{CH}_4$ ) – Nastaje tokom obavljanja različitih gospodarskih djelatnosti koje uključuju proizvodnju fosilnih goriva, gospodarenjem otpada, uzgoj stoke i uzgoj raznovrsnih biljnih proizvoda.

Ovi plinovi propuštaju sunčevu energiju, upijaju i otpuštaju toplinu u atmosferu, a sprječavaju oslobađanje topline iz atmosfere. Zbog toga vremenske promjene su česte i prevrtljive, vrijeme više nije predvidljivo te danas nije neobično imati proljetne temperature, a slijedeći dan mećavu za vrijeme zimskog razdoblja. Sljedećim pojavama utvrđujemo klimatske promjene: povećanjem prosječne godišnje temperature, prevrtljivost temperature i vremena, podizanjem razine mora, nestajanje ledom pokrivenih površina, ekstremne suše ili poplave, nestašice vode i hrane, nepravilna raspodjela oborina, smanjenje ili nestajanje bioraznolikosti. Ove sve navedene pojave negativno utječu na ljudski život, te uz to imaju i značajne ekonomske posljedice.

## 2.1. Klimatske promjene

Pojam klimatskih promjena povezuje se s porastom temperature, velikim vrućinama, sušama, smanjenim prinosima u poljoprivredi i izumiranjem životinjskih vrsta. Klimatske promjene su ponajprije posljedica ljudskog djelovanja, a zatim prirodnih procesa. Krčenje prašuma i šuma te spaljivanje fosilnih goriva uzrokuje povećanje stakleničkih plinova, koji posljedično povećavaju globalnu temperaturu. Prosječna globalna temperatura tokom dvadesetog stoljeća je bila 12,7°C (površine zemlje i oceana), a danas je u prosjeku za 1,16°C veća. Rekordno topla godina bila je 2016. godine kada je prosječna temperatura zemlje bila za 1,31°C veća od prosječne temperature zemljine površine, zajedno s njezinim oceanima [2]. Prirodne fluktuacije u temperaturi postoje, međutim one nisu toliko nagle i velike, kao što možemo vidjeti na slici (Slika 2.)



Slika 2. Prosječno godišnje temperaturno odstupanje od prosječne temperature [2]

Na slici (Slika 2.) prikazan je trend kontinuiranog porasta temperature, uz to vidljivo je da se od četrnaest najtoplijih godina ikad, trinaest dogodilo u ovom stoljeću što je direktna posljedica povećanja razine stakleničkih plinova u atmosferi.

Ovakav trend ima negativni utjecaj na ljudsku okolinu te je ovim načinom otežano preživljavanje mnogim biljnim i životinjskim vrstama kojima prijete izumiranje.

## 2.2. Uzroci klimatskih promjena

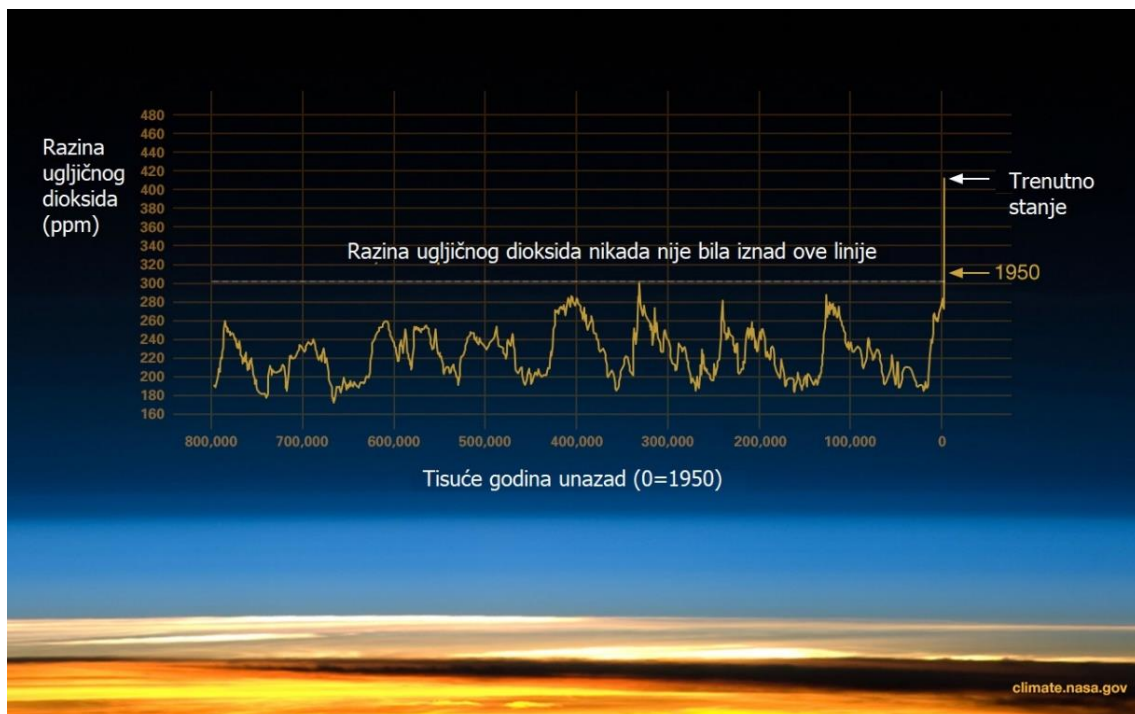
Glavni uzrok klimatskih promjena su ljudi. Točnije, procesi koje čovjek izvršava kako bi sebi olakšao i poboljšao život. Nuspojava tih procesa su staklenički plinovi. Temeljna karakteristika stakleničkih plinova je da isti onemogućavaju izlazak dugovalnog toplinskog zračenja iz atmosfere planeta. Dio njih ima nepovoljan učinak na razinu ozona u stratosferi. Daljnjim izgaranjem fosilnih goriva i povećanjem populacije njihova razina će konstantno i dodatno rasti te time uzrokovati sve veće posljedice za okoliš i same ljude.

Procesi koji se smatraju danas najvećim zagađivačima našeg zraka su [8]:

- Industrija je odgovorna za više od četvrtine emitiranog ugljičnog dioksida i drugih štetnih plinova koji nastaju pri izgaranju fosilnih goriva i pri proizvodnji sirovina zbog upotrebe određenih kemijskih spojeva koji emitiraju štetne plinove. Građevina je uključena u ovaj postotak.
- Transport je zaslužan za gotovo četvrtinu svih stakleničkih plinova koje se proizvode. To uključuje plovila, vozila, kamione, vlakove i zrakoplove.
- Proizvodnja energije spaljivanjem fosilnih goriva snosi odgovornost za 29% stakleničkih plinova iz kojih se dobiva energija u potrebnom obliku, kao što su električna energija, topla voda za grijanje i para.
- Agrikultura prilikom proizvodnje stoke, gnojiva i kultivaciji tla stvara 10% stakleničkih plinova. Uz to agrikultura krči šume kako bi se došlo do plodnog tla, te time posljedično otežava i usporava proces oporavka ozona.
- Industrijski procesi tijekom proizvodnje iz kemijskih reakcija proizvode skoro 9% stakleničkih plinova. Prilikom proizvodnje čelika, vapna, papira, celuloze, cementa, stakla, željeza i drugih metala.
- Otpad proizvodi 3% stakleničkih plinova, koji se proizvodi odlaganjem otpada na odlagalištima, kemijskim tretiranjem otpadnih voda i kompostiranjem.



Na slici (Slika 3.) vidljivo je kretanje ugljičnog dioksida kroz povijest. Može se primijetiti da razina ugljičnog dioksida kroz vrijeme, dok nije bilo ljudskog utjecaja, nije prelazila razinu od 300ppm-a. Ova granica predstavlja razinu koja se smatra prihvatljivom i ne izaziva globalno zatopljenje. Ranije navedeni procesi nisu se odvijali ili nisu imali značajnijeg utjecaja na klimu sve do 1950-ih godina, kada je ubrzani razvoj tehnologije, potrošačkog društva i populacije ljudi uzrokovao veću potrebu za sirovinama i energijom. Tada je izazvan nagli rast razine ugljičnog dioksida u zemljinoj atmosferi, a uz njega i druge popratne plinove, koji uzrokuju negativne efekte na prirodni okoliš.



Slika 3. Kretanje ugljičnog dioksida ( $CO_2$  emisija) tokom vremena [5]

Kada se preklepe slike (Slika 2. i Slika 3.) jasno je vidljivo da razina ugljičnog dioksida direktno utječe na temperaturu našeg planeta. Razina  $CO_2$  emisija se povećala za 47% od industrijske revolucije [6]. Ovo je glavni uzrok globalnog zatopljenja, te je nužno smanjiti razine, kako bi se spriječile trajne posljedice.

Kako je već ranije spomenuto u ovom radu plinovi koji se reguliraju i imaju utjecaj na klimu, te koji se trebaju smanjiti su: sumpor heksafluorid ( $SF_6$ ), fluorirani ugljikovodični

spojevi (HFC-i, PFC-i), dušikov trifluorid ( $\text{NCl}_3$ ), didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) [6].

Vodena para je također staklenički plin kao i ostali ranije navedeni, te među njima i najzastupljeniji. Ona se ponaša kao povratna informacija na klimatske promjene. Koncentracija vodene pare u zraku se povećava s povećanjem temperature. Također, ona stvara oblake i oborine, koji nam daju jedne od najvažnijih povratnih mehanizama efekta staklenika [6].

### **2.3. Posljedice klimatskih promjena**

Klimatske promjene uzrokovale su posljedice, koje su vidljive po cijelom svijetu. Globalna temperatura se povećala, a s njom i temperatura mora. Time je uzrokovano povlačenje ledenjaka i smanjenje ledom pokrivenih površina. Zbog toga je došlo do povećanja razine mora, ranijeg razbijanja leda na rijekama i jezerima, prevrtljivosti u vremenu koje gotovo svako proljeće uništi cvijet, a time i plod, zbog ranijeg buđenja flore i faune. Očekuje se da će posljedice u narednim desetljećima biti učestalije i intenzivnije.

#### **2.3.1. Utjecaj klime na zdravlje ljudi**

Promjenom klime stvara se rizik za zdravlje ljudi, te je isti utjecaj vidljiv već sada. U nekim regijama temperature su se značajno povećale. Ljudi nisu naviknuti na njih, te tokom ljeti dolazi do povećanog broja smrti uzrokovanih vrućinom, dok u drugim regijama imamo smanjen broj smrti povezanih s hladnoćom. Ovakve temperaturne promjene utječu na ljudsko tijelo i time izazivaju kardiovaskularne bolesti. Ljudi su naviknuti na „sviježi“, odnosno hladan i suh zrak. Porastom temperature zraka, kvaliteta istog se mijenja. Topliji zrak češće dovodi do razvoja respiratornih bolesti i astme. U njemu se češće nalaze alergena pelud koja izaziva iritacije u dišnom sistemu. Toplija klima potiče razvoj krpelja, buha i komaraca, koji prenose vektorske bolesti. S obzirom da klima ima utjecaj na padaline i njezinu raspodjelu, ona ima utjecaj i na zdravlje ljudi. Oborinske vode mogu zagaditi izvore vode za piće te time izazvati gastrointestinalne bolesti koji u najgorem slučaju mogu imati i posljedice na živčani

sustav čovjeka [10]. Uz sve navedeno postoje i ljudi koji pate na promjene vremena. Meteoropati osjećaju promjene u temperaturi, vlazi zraka, vjetra, atmosferskog tlaka, oborina i tako dalje.

### **2.3.2. Rizici za floru i faunu**

Klimatske promjene su se dogodile iznimno brzo. Niti životinjski, niti biljni svijet nije u stanju se tako brzo prilagođavati promjenama koje se događaju oko njih. Njihova prirodna staništa nestaju, temperature i količine padalina se mijenjaju te su zbog toga životinje prisiljene mijenjati svoja staništa. Kao i na kopnu tako i u moru nestaju staništa za biljke i životinje. Kada nestane dio „lanca“ u ekosistemu, sistem se počinje raspadati. Predviđa se, ako se nastavi kretati ovim putem i tempom, da će četvrtina svih životinjskih i biljnih vrsta izumrijeti unutar sto godina [11].

### **2.3.3. Troškovi gospodarstva i društva**

Šteta koju izazivaju klimatske promjene uzrokuju ogromne troškove gospodarstvu i društvu. Oni ovise o vremenu i prirodnim nepogodama.

Sektor koji su najosjetljiviji na te promjene u gospodarstvu su:

- Poljoprivreda ponajprije ovisi o količini padalina, koja je često prevrtljiva. Svake nekoliko godina imamo ili ekstremne suše ili poplave, koje unište cjelokupne nasade. Isto tako ovise i o vremenskim prilikama kada u rano proljeće se pojavi mraz ili tuča.
- Šumarstvo se bori s povećanim rizikom od požara, erozije tla, štetočina i suša, sve što je uzrokovano klimatskim promjenama.
- Energetika je ovisna o klimi, posebice obnovljivi izvori energije, koji ovise o količini vjetra, sunca i razinama vodostaja.
- Turizam je ugrožen zbog ekstremnih vremenskih neprilika, gdje postoji mogućnost od toplinskih udara do uragana i tsunamija. Zbog ovih razloga ljudi su skeptični putovati u neke krajeve.
- Zdravlje ljudi također utječe na ekonomiju. Kada ljudi nisu prisutni na poslu poslodavac je i dalje dužan isplaćivati plaću i pronaći zamjenskog radnika, te

uz to snositi trošak. Država mora pružiti zdravstvenu skrb koju naplaćuje od poslodavca. Poslodavac neki puta gubi i budući prihod, zbog izostanka radnika.

#### **2.3.4. Posljedice klimatskih promjena u Europi**

Europa je krenula u dobrom smjeru sprečavanja klimatskih promjena, međutim to u ovom trenutku još uvijek nije dovoljno te su potrebni dodatni naponi kako bi se izbjegle posljedice. I nadalje prijete visoke temperature i toplinski valovi u središnjoj i južnoj Europi. Na priobalnom području se očekuje 60 - 80cm povećanja razine mora [12]. Na mediteranskom području klimatski uvjeti su sve sušniji zbog porasta u temperaturi i zbog toga sve češće će dolaziti do šumskih požara i suša. Na sjeveru zbog manjka snježnog pokrivača i većih temperatura dolaziti će do većih oborina i time izazivati poplave tokom zime. To može imati utjecaja i na dotok pitke vode, koja dolazi iz Alpa, čak oko 40% [12]. Urbana područja u Europi nisu spremna i nemaju infrastrukturu za borbu protiv klimatskih promjena. U njima živi četiri od pet Europljana koji su izloženi mogućnosti od poplava, toplinskih udara i podizanju mora.

#### **2.3.5. Posljedice za zemlje u razvoju**

Zemlje trećeg svijeta i zemlje u razvoju najviše će biti pogođene klimatskim promjenama. One nisu spremne, niti imaju infrastrukturu, niti imaju resurse i najviše ovise o prirodi. Svaka promjena koja se dogodi imat će direktan utjecaj na njihovo stanovništvo, koje neće biti u stanju preživjeti. Njihove države nemaju resurse kojima bi se borile protiv klimatskih promjena.

#### **2.3.6. Posljedice klimatskih promjena na oceane**

Od početka industrijske revolucije oceani isto kao i šume apsorbiraju ispušteni ugljični dioksid. Oceani su u posljednjem desetljeću apsorbirali između 20% i 30% ukupnih emisija ugljičnog dioksida. Time je podignuta površinska kiselost mora za 30%. Ovime se smanjuje biološka raznolikost u morima te se uništavaju staništa većini organizama u oceanima, koji obitavaju uz površinu mora [5].

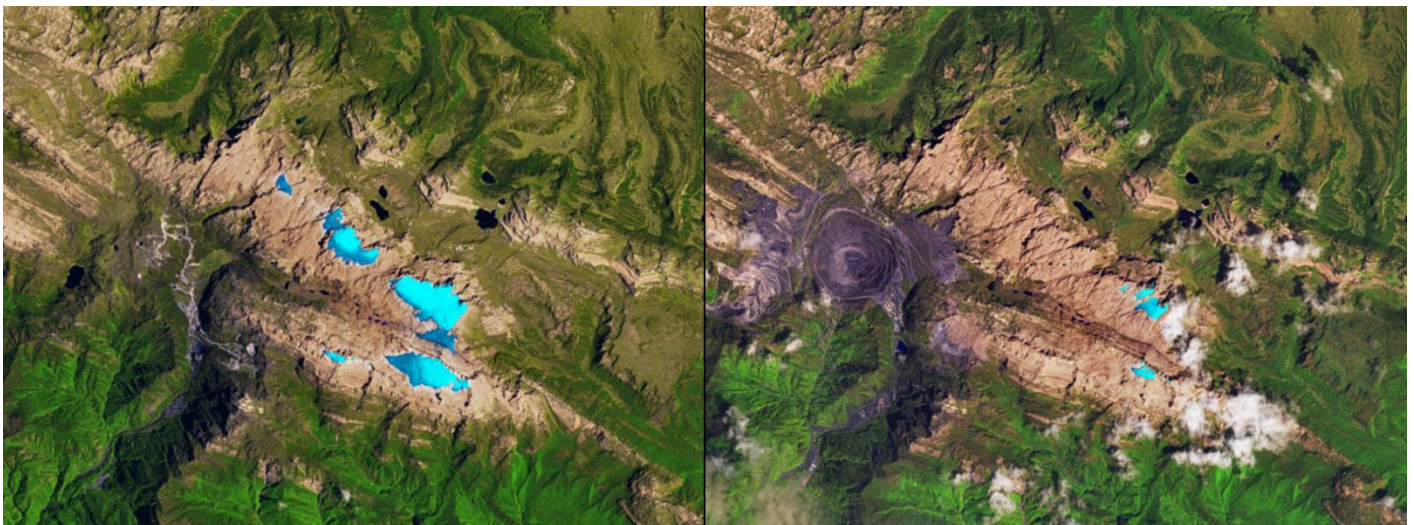
### 2.3.7. Prikaz klimatskih promjena

Arktički ocean tijekom cijele godine je prekriven ledom. Tokom godine najmanju površinu leda možemo očekivati tijekom rujna. Na slici (Slika 4.) možemo vidjeti usporedbu površina prekrivenom ledom. Lijeva strana slike je iz 1984. godine, te predstavlja prosječnu minimalnu razinu leda od 1979-2000. godine. Desna strana slike je iz 2012. godine kad je prosjek minimuma leda bio u pola manji [13].



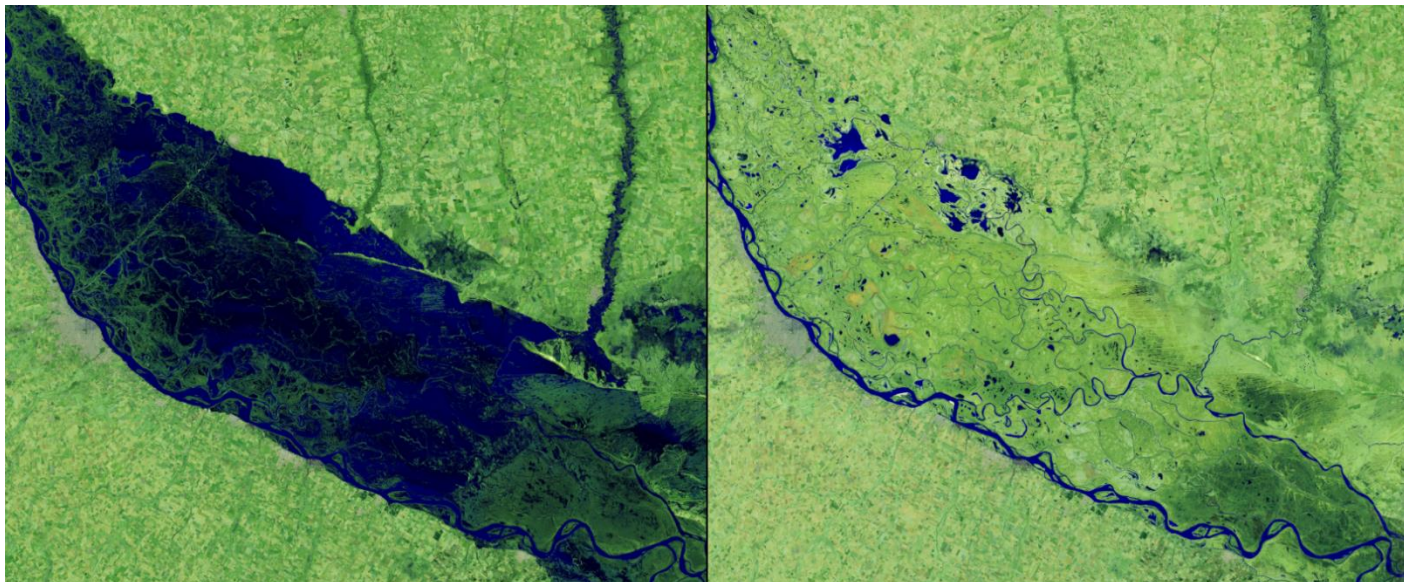
*Slika 4. Pokrivenost arktičkog morskog leda dosegla je rekordno nisku razinu [13]*

Planinski lanci u Novoj Gvineji nalaze se na ekvatorijalnom području, usprkos tome nekada su bili dovoljno hladni da su imali ledenjake na samom vrhu. Nažalost, situacija se promijenila. Na lijevoj strani slike (Slika 5.) vide se ledenjaci obojani plavom bojom, a s desne strane vidljivo je da istih više gotovo ni nema. Usporedbom slika iz 1988. godine i 2017. godine možemo vidjeti koliko se okoliš promijenio u kratkom vremenskom periodu.



*Slika 5. Gubitak ledenjaka na Novoj Gvineji [13]*

Sljedeće fotografije prikazuju ekstremnu sušu u Argentini, na dijelu rijeke Parana. Ovu neobičnu pojavu izazvale su dugotrajno visoke temperature i nedostatak padalina, odnosno suša. Na slici (Slika 6.) lažnim bojama je prikazano tlo i voda, kako bi se lakše razlikovali i naglasila razlika u vodostaju.



Slika 6. Pad nivoa vode u argentinskoj rijeci Parana [13]

Suša na jezeru Meredith trajala je više od deset godina. Rekordno nizak vodostaj jezera bio je 2013. godine. S lijeve strane slike, na slici (Slika 7.) vidljiv je vodostaj iz 2013. godine. Tada je jezero imalo dvostruko manju površinu nego ranije. Nakon obilne kiše 2017. godine jezero se polako krenulo oporavljati, te joj se površina gotovo vratila u početno stanje.



Slika 7. Suša jezera Meredith [13]

### **2.3.8. Odgovor na klimatske promjene**

Danas dati odgovor i rješenje za klimatske promjene je jedna od najkompleksnijih stvari. Kako bi se učinila promjena mora se djelovati na svim razinama. Potrebno je uključiti znanost, politiku, ekonomiju, otvoriti moralna i etička pitanja. Ovaj se problem počeo osjećati nedavno, a posljedice istog će trajati vjerojatno još par stotina godina. To znači čak i ako se trenutno prestanu emitirati staklenički plinovi, sutra i u bližoj budućnosti neće se ništa promijeniti. Buduće generacije će plaćati za ono što su njihovi prethodnici učinili. Kako bi se smanjio utjecaj klimatskih promjena u budućnosti na buduće generacije i okoliš potrebno je danas poduzeti neke mjere. Neke od mjera su:

- Korištenje energetski učinkovitih uređaja i odgovornije ponašanje prema energiji.
- Povećanje proizvodnje energije, koja proizlazi iz obnovljivih izvora, koji ne emitiraju stakleničke plinove. Investicije u razvoj takve tehnologije su i dalje premalene, te se treba što hitrije okrenuti ovakvim tehnologijama.
- Povećanje energetske učinkovitosti postojećih sustava.
- Promjena vrste goriva koje pogone naše strojeve u cilju smanjenja ispuštanja stakleničkih plinova.
- Promjene u načinu života. Koristiti javni prijevoz, upotrebljavati češće alternativne načine kretanja umjesto upotrebe automobila.
- Konzumacija proizvoda koji su proizvedeni na ekološki način i korištenje recikliranih materijala.
- Promjena prehrane, manjom konzumacijom mesa smanjujemo količinu ispuštenih stakleničkih plinova.
- Reciklaža materijala i pravilno odlaganje istog.
- Prestanak sječe šuma i sadnja novih.
- Bolja kontrola i filtracija ispušnih plinova i otpadnih voda.
- Manja upotreba kemikalija.

### **3. Pregled zakona, uredbi i sporazuma u svrhu smanjenja stakleničkih plinova**

Trenutačno najveći problem, koji izaziva brigu u svijetu je globalno zatopljenje. Ono nastaje uslijed ispuštanja stakleničkih plinova. Razna istraživanja i dokazi upućuju na potrebu za brigom o okolišu. U suprotnom uzrokuju se promjene, posljedice koje će imati ekonomski, ljudski i ekološki utjecaj. Ovi razlozi ujedinili su međunarodnu zajednicu, te je natjerali na zajedničko djelovanje. Potpisivanjem i pridržavanjem sporazuma smanjuje se utjecaj na okoliš, te dovodi do njegove stabilizacije, u konačnici se zahtjeva vraćanje u prvobitno stanje, kako bi se očuvao planet za buduće generacije.

Republika Hrvatska kao članica mnogobrojnih međunarodnih zajednica potpisala je i ispunjava sljedeće obveze: Bečka konvencija, Montrealski protokol, Konvencija UNFCCC, Odluka o mehanizmu EU-a za praćenje (1993/389/EEZ) CO<sub>2</sub>, Protokol iz Kyota, Odluka br. 280/2004/EZ o mehanizmu EU-a praćenje CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC i SF<sub>6</sub> plinova, Uredba (EZ) br. 842/2006 o fluoriranim plinovima HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, Izmjena protokola iz Kyota donesena u Dohi, Uredba (EU) br. 525/2013 o mehanizmu EU-a za praćenje CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> i NF<sub>3</sub> plinova, Uredba (EU) br. 517/2014 o fluoriranim plinovima HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, nezasićeni HCFC i ostali PFC plinovi, Pariški sporazum i Kigalijska izmjena Montraelskog protokola HFC plinova [16].

#### **3.1. Ključni potpisani sporazumi**

Na međunarodnoj razini, ne računajući na razini Europske zajednice, odnosno Europske unije, bez izmjena potpisano je pet sporazuma kojima je cilj zaustavljanje globalnog zatopljenja, zaštite zraka i ozonskog omotača. Sustavno svaki od sporazuma obuhvaćao je sve više štetnih plinova koji se ograničavaju u potrošnji i definirao pravila o praćenju istih. Prateći tehnološki i ne ograničavajući ekonomski razvoj, omogućili su razvijanje novih tehnologija koje nisu ovisne o kemikalijama i plinovima koje oštećuju ozonski sloj, efikasnijih sustava koji ispuštaju manje ugljičnog dioksida ili su ga



eliminirali i postepeno uvođenje istih kako se ne bi usporio ekonomski razvoj. Time je usporeno globalno zatopljenje i omogućeno daljnje razvijanje gospodarstva.

### **3.1.1. Bečka konvencija**

Bečka konvencija je prvi međunarodni sporazum posvećen zaštiti ozonskog omotača. Svi potpisnici ove konvencije su se obvezali da su nužne mjere za zaštitu i očuvanje ozonskog omotača, kako bi se priječile klimatske promjene i zaštitio okoliš. Ona je primarno zamišljena kao poticaj za međunarodnu suradnju pri znanstvenim istraživanjima, u praćenju i procjeni stanja ozonskog omotača. Također, praćenje utjecaja ljudskih aktivnosti na ozonski omotač, te uvođenje zakona ili administrativnih mjera, protiv aktivnosti koje bi mogle imati negativne učinke na ozonski omotač. Iznimno važan rezultat Bečke konvencije bilo je potpisivanje Montrealskog protokola, čiji je zadatak obnova ozonskog omotača, te dodatno ukidanje upotrebe štetnih kemikalija i plinova za ozonski sloj.

### **3.1.2. Montraelski protokol**

Sve države članice Ujedinjenih naroda potpisale su Montraelski protokol, te se smatra jednim od najuspješnijih multilateralnih sporazuma. Cilj Montraelskog protokola je očuvanje ozonskog omotača, putem globalnog postupnog ukidanja tvari koje oštećuju ozonski sloj. Na ovaj način se uvelike pridonijelo zaštiti ozonskog sloja i smanjenju količine štetnih plinova, koji oštećuju ozonski omotač. Pretpostavlja se da je protokol plinove CFC-a i HCFC-a do danas u razvijenim zemljama smanjio za gotovo 100% i spriječio preko 135 milijardi tona CO<sub>2</sub> emisija [15].

### **3.1.3. Okvirna konvencija UNFCCC-a o promjeni klime**

Cilj okvirne konvencije UNFCCC-a o promjeni klime je smanjenje količine stakleničkih plinova u atmosferi i spriječiti posljedice ljudskih aktivnosti na klimatski sustav, bez negativnog utjecaja na gospodarski razvoj. Razvijene zemlje preuzele su odgovornost i vodstvo u rješavanju problema klimatskih promjena. Obvezale su se baviti

tehnološkim razvojem i pitanjima ekologije, na način da se ublaže klimatske posljedice i eventualno prilagođavanje klimatskim promjenama. Također, s obavezom stabilizacije vlastitih stakleničkih plinova. Zemlje u razvoju primaju financijsku pomoć za smanjenje stakleničkih plinova, te preuzimaju tehnologiju od razvijenih zemalja.

### **3.1.4 Kyoto protokol**

Kyoto protokol, kao i ostali potpisani sporazumi ima cilj smanjiti ispuštanje stakleničkih plinova te spriječiti globalno zatopljenje. Kyoto protokol prepoznaje sposobnosti i mogućnosti razvijenih, odnosno nerazvijenih zemlji u borbi protiv klimatskih promjena. Razvijene zemlje su povijesno odgovorne za trenutne razine stakleničkih plinova, te se od njih očekuje smanjenje ispuštanja istih. Sto devedeset i dvije nacije su se obvezale u prosjeku smanjiti vlastite emisije za 5.2%, što je na globalnoj razini odgovaralo 29% u periodu od 2008. do 2012. godine [18]. Iako je protokol potpisan 1997. godine, nije do 2008. godine stupio na snagu.

Temeljni mehanizmi Kyoto protokola, koji omogućuju smanjenje stakleničkih plinova su:

- Mehanizam čistog razvoja je mehanizam koji omogućuje razvijenim zemljama da ulažu u projekte koji će reducirati proizvodnju stakleničkih plinova kod zemlji u razvoju, te na taj način steknu certificirane tokene, koji pomažu razvijenoj zemlji u postizanju ciljeva redukcije stakleničkih plinova potpisanih u Kyoto protokolu.
- Zajednička implementacija je slična mehanizmu čistog razvoja, s istim ciljem, gdje država koja ulaže u reduciranje proizvedenih emisija stječe emisijske tokene. Međutim, s razlikom da razvijene države rade na zajedničkoj implementaciji mehanizama za reduciranje emisija.
- Trgovanje emisijama je jedna od mogućnosti, gdje jedna od država supotpisnica ima „višak“ emisija, koje nisu potrošili zbog smanjenja vlastitih emisija. Tada te iste emisije smije prodati drugoj državi, koja ima manjak emisija, te na taj način i dalje može ispoštovati dogovorene uvjete Kyoto protokola.

Problem s ovim protokolom je to što manje razvijene države, poput Kine i Indije su ovisne o ugljenu i sličnim tvarima kao izvoru energije i mala je vjerojatnost da će usporiti vlastiti gospodarski rast kako bi smanjile utjecaj na globalno zatopljenje. Također, ranije navedene države, zajedno su bile odgovorne za 35% ukupno CO<sub>2</sub> emisija u 2020. godini, dok su razvijene države poput Ujedinjenog kraljevstva, Francuske i Njemačke zajedno bile odgovorne tek za 4% CO<sub>2</sub> emisija iste godine [18].

### **3.1.5. Pariški sporazum**

Pariški sporazum predstavlja ujedinjenje svijeta u borbi protiv klimatskih promjena, ovaj sporazum je potpisalo 190 država. Ovaj sporazum obuhvaća čak 97% globalnih emisija stakleničkih plinova [18]. Najveći proizvođači stakleničkih plinova su se složili smanjiti svoje emisije i kroz vrijeme postepeno dodatno reducirati iste. Ovo je prvi puta da se je velika većina svijeta dogovorila, te zatim i potpisala sporazum oko zajedničkog cilja. Cilj sporazuma je djelovanje, koje će ograničiti klimatske promjene.

Najvažnije stavke Pariškog sporazuma su:

- Solidarnost koju pružaju razvijene države, državam u razvoju. Financiraju borbu protiv globalnog zatopljenja na način da prenose tehnologije u manje razvijene države, pomažu im smanjiti emisije, te pokušavaju stvoriti otpornost ili prilagodbu na klimatske promjene.
- Ambicioznost, gdje će se planirati i davati sve viši ciljevi svakih pet godina i obavještavati o tome.
- Prije i za vrijeme trajanja Pariškog sporazuma zemlje potpisnice su dužne podnositi nacionalne planove za smanjenje emitiranja stakleničkih plinova.
- Dogovorena je transparentnost, omogućilo se nadziranje jedni drugih, te uvid u to kako koja država napreduje i provodi svoje planove smanjenja emisija.
- Dugoročni cilj je ostvariti maksimalan rast prosječne temperature u svijetu od 2°C u komparaciji s predindustrijskim razinama, te uz dodatne napore ograničiti taj broj na 1,5°C [20]
- Uz navedeni dugoročni cilj, prioritet je smanjenje CO<sub>2</sub> emisija na nulu u što kraćem periodu.

### 3.2. Najnovije mjere unutar EU u području klimatskih promjena

Europska unija provodi vlastitu politiku zaštite zraka i ozonskog omotača, bez obzira na ostatak svijeta. Ona prednjači u tehnologiji i inovativnim načinima za redukciju stakleničkih plinova. Time nastoji zaštititi zdravlje svojeg stanovništva i okoliša.

Ranije navedene uredbe i odluke za zaštitu zraka pokušavaju EU klimatski učiniti neutralnom do 2050. godine. Plan za period od 2021. do 2030. godine je smanjiti emitiranje emisija štetnih stakleničkih plinova za 55% u odnosu na osnovnu 1990. godinu.

Strategija također uključuje društvo prilagodljivo i otporno na klimatske promjene, koje je nemoguće u potpunosti izbjeći. Jedna od bitnijih uredbi je ona koja predviđa nestašice vode za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta. Ova uredba nalaže pročišćavanje komunalnih otpadnih voda do te mjere da je ona upotrebljiva za navodnjavanje, čime je omogućena veća dostupnost vode i eventualno spriječen nestanak hrane [20].

Novije uredbe dotiču se i prometa te reguliranje maksimalnih iznosa vrijednosti emisija za automobile i kombije, kako bi se postigao željeni cilj do 2030. godine. Očekuje se pad emisija između 30-40% ovisno o vrsti vozila. Također, kamioni i ostala teška vozila obavezna su smanjiti svoje emisije kroz sljedećih 5 godina za 15%, a do 2030. godine za 30%.

Sustav za trgovanje emisijama stakleničkih plinova (ETS) jedan je od alata kojim se prisiljava gospodarstvo na poduzimanje akcija za smanjenje emitiranja emisija. Njime se određuje gornja granica za pojedine industrije i poduzeća količine CO<sub>2</sub> emisija koje smiju emitirati. ETS će biti detaljnije obrađen u jednom od sljedećih poglavlja.

Raspodjela napora je napravljena na način da svaki od gospodarskih sektora preuzme na sebe odgovornost za smanjenje stakleničkih plinova, kako bi se pridonijelo bržem smanjenju stakleničkih plinova u atmosferi i obnovi ozonskog omotača. Neki od sektora

su industrija, elektrane, gospodarenje otpadom, poljoprivreda, promet, građevinarstvo i tako dalje.

Donesene su i uredbe gdje se zahtjeva od država članica da vode bolju brigu o šumama i zemljištima.

Većina stakleničkih plinova unutar EU nastaje kao rezultat proizvodnje i konzumacije energije. U središtu njezine zelene tranzicije je energetski sektor. Cilj je stvarati energiju iz obnovljivih i održivih izvora energije.

Klimatske promjene nisu prijetnja samo Europi, već i svijetu, te unatoč tome što EU provodi svoju politiku i strategiju na svjetskoj razini to nije dovoljno. EU je odgovorna samo za 8% globalnih emisija te je svake godine taj postotak sve manji. Stoga, unutarnja politika nije dovoljna. Vanjskom politikom nastoji se utjecati na druge države van unije. Klimatskom diplomacijom potiču se i promoviraju pozitivni učinci. Nastoji se osigurati i financijska sredstva koja se koriste u borbi protiv klimatskih promjena za zemlje u razvoju [21].

### **3.3. Hrvatski zakoni**

Kao članica Europske unije i Ujedinjenih naroda Republika Hrvatska ima obvezu spriječiti onečišćenje zraka, a time očuvati zdravlje ljudi i okoliša. Bez obzira na te obaveze prema međunarodnim zajednicama, Hrvatska provodi vlastitu strategiju i politiku zaštite prirodnih dobara te nastoji zaštititi okoliš unutar svog teritorija. Shodno tome donosi vlastite zakone, koji su sukladni potpisanim sporazumima, te ispunjavaju potpisane obveze. Uz sve navedeno Hrvatska nastoji prednjačiti i biti primjer u zaštiti zraka, ljudi i okoliša.

Sabor kao najviše zakonodavno tijelo Republike Hrvatske te Vlada RH kao najviše izvršno tijelo RH nizom su zakona i podzakonskih propisa nastojali dati svoj doprinos zaštiti zraka i utjecaja na klimatske promjene kojima se regulira smanjenje stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj.

Kronološki popis tih propisa je sljedeći [23]:

- Zakon o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (Narodne novine – 107/03)

Ovim Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost osnovan je Fond čija je osnovna zadaća zaštita okoliša i energetska učinkovitost. Osim navedenog, zadaća Fonda je praćenje i utjecaj na energetske učinkovitost svih dionika društva unutar RH te učinkovito poticanje korištenja obnovljivih izvora energije.

- Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknade na emisiju u okoliš oksida sumpora izraženih kao sumporov dioksid i oksida dušika izraženih kao dušikov dioksid (Narodne novine – 71/04)

Ova Uredba definira iznose jediničnih naknada, korektivnih koeficijenata i orijentacijska mjerila i kriterije utvrđivanja naknada tvrtkama koje u okoliš emitiraju sumporov dioksid (SO<sub>2</sub>) i dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>)

- Zakon o zaštiti zraka (NN 178/2004)

Ovim Zakonom o zaštiti zraka se određuju mjere, modaliteti organiziranja, provođenja i nadzora zaštite i poboljšanja kvalitete zraka, jer zrak predstavlja dio okoliša i opće je dobro, koji ima osobitu zaštitu Republike Hrvatske.

- Zakon o otpadu (Narodne novine – 178/04, 111/06, 60/08, 87/09)

Zakonom o otpadu uređen je mehanizam gospodarenja otpadom. Mehanizam regulira načela i ciljeve gospodarenja otpadom, odgovornosti i nadležnosti vezanu uz predmetno gospodarenje, princip obavljanja djelatnosti, međunarodni promet otpadom, utvrđivanje planskih dokumenata i troškova, definira se informacijski sustav, kao i davanje koncesija i nadzor nad gospodarenjem otpada.

- Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj (Narodne novine – 120/05)

Uredbom se određuje postupno umanjivanje korištenja tvari koje uništavaju ozonski sloj te se definira postupanje s tim tvarima i proizvodima koji uključuju te tvari ili su te tvari bile sirovina osnovom koje su ti proizvodi proizvedeni, kao i obrazac vidljivog obilježavanja tih proizvoda te kriteriji koje moraju ispuniti pravne i fizičke osobe za bavljenje djelatnosti održavanja, servisiranja i/ili izostavljanja iz primjene tih tvari koje štete ozonskom omotaču.

Odredbe ove Uredbe implementiraju se i na fluorirane plinove koji se rabe kao radne tvari u rashladnoj i klimatizacijskoj tehnici koje ne oštećuju ozonski omotač i doprinose globalnom zatopljenju.

- Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (Narodne novine – 130/05)

Uobličavanje ove strategije, posebno po pitanju izbora mjera za ispunjavanje osmišljenog sustava gospodarenja otpadom, proizlazi iz generalnih načela EU i pravnih odredbi sadržanih u Zakonu o otpadu, a koja su usuglašena s tim načelima. Ovom strategijom regulira se gospodarenje raznim tipovima otpada na području RH, od nastanka otpada pa do njegovog finalnog odlaganja. Osnovni cilj strategije je realizacija i kontinuirano provođenje sustava gospodarenja otpadom u cjelini. Sustav bi trebao biti utemeljen sukladno suvremenim europskim standardima i zahtjevima, a sa svrhom maksimalnog smanjenja produciranja otpada i njegovog nepovoljnog utjecaja na ljudsko zdravlje, okoliš i klimu. Gospodarenje otpadom mora biti usklađeno s načelima održivog razvoja.

- Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (Narodne novine – 133/05)

Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku propisuju se njihove granične (GV) i tolerantne (TV) vrijednosti radi izbjegavanja sprječavanja i/ili

smanjenja štetnih posljedica koje te tvari mogu imati na okoliš, ljudsko zdravlje i kvalitetu života građana.

- Uredba o ozonu u zraku (Narodne novine – 133/05)

Uredba o ozonu u zraku regulira granične vrijednosti i tolerantne vrijednosti za ozon u zraku, kao i mehanizme i vremenski period za smanjenje razine ozona u zraku.

- Uredba o kritičnim razinama onečišćujućih tvari u zraku (Narodne novine – 133/05)

Uredba o kritičnim razinama onečišćujućih tvari u zraku odnosi se na uređivanje kritičnih razina sumporovog dioksida (SO<sub>2</sub>), dušikovog oksida (NO<sub>2</sub>) i ozona u zraku. Osim toga, Uredba propisuje i osobite mjere zaštite okoliša i ljudskog zdravlja čija je primjena obvezna u slučaju pojave kritičnih razina onečišćujućih tvari u zraku.

- Pravilnik o praćenju kakvoće zraka (Narodne novine – 155/05)

Pravilnikom o praćenju kakvoće zraka uređuju se modaliteti praćenja kvalitete zraka i načini prikupljanja podataka, metode mjerenja, testiranje pouzdanosti i kvalitete mjerenja i rezultata, načini obrade i opisivanja rezultata, principi isporuke podataka za potrebe informacijskog sustava koji prati kvalitetu zraka te mehanizmi obavještanja javnosti.

- Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (Narodne novine – 01/06)

Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora regulira se mjerenje emisija tih tvari u zrak, načini prikupljanja podataka, metode mjerenja, testiranje pouzdanosti i kvalitete mjerenja i rezultata, načini obrade i opisivanja rezultata, principi isporuke podataka za potrebe informacijskog sustava koji prati kvalitetu zraka te mehanizmi obavještanja javnosti.



- Uredba o praćenju emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj (Narodne novine – 01/07)

Uredbom o praćenju emisija stakleničkih plinova u RH definira se obveza i model praćenja emisija stakleničkih plinova. To uključuje izračunavanje i izvještavanje. Izvještavanje obuhvaća rokove, obuhvat i sadržaj izvještaja sukladno preuzetim međunarodnim ugovorima. Postupak izračunavanja obuhvaća izračun antropogenih emisija iz izvora, realizaciju i dosege politike i mjera za smanjenje emisija sukladno projekcijama emisija stakleničkih plinova i preuzetim obvezama iz Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime i pratećih međunarodnih ugovora.

- Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (Narodne novine – 21/07, 150/08, 05/09-ispr.)

Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora definira stacionarne izvore, a koji mogu biti postrojenja, industrijski pogoni, građevine, uređaji i određene aktivnosti. Uredba propisuje i granične vrijednosti tih emisija iz stacionarnih izvora i njihovo dopušteno prekoračenje zadanih maksimalnih vrijednosti, ali samo za određeni vremenski period.

- Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i približim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknade na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (Narodne novine – 73/07, 48/09)

Ovom Uredbom definiraju se visine jediničnih naknada, korektivni koeficijenti i približni kriteriji i pravila za utvrđivanje naknada na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>). Ova Uredba ne odnosi se na emisije CO<sub>2</sub> koje proizlaze iz izgaranja goriva od biomase, izgaranja biorazgradivog otpada i/ili spaljivanja otpadnog mulja.

- Plan gospodarenja otpadom u republici hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015. godine (Narodne novine – 85/07, 126/10, 31/11)

Ovaj Plan predstavlja bazni dokument o gospodarenju otpadom u RH za vremenski period od 2007. do 2015. godine.

- Zakon o zaštiti okoliša (Narodne novine – 110/07)

Zakon o zaštiti okoliša regulira brojne principe zaštite okoliša i održivog razvoja, koji su od bitnog značaja poput zaštite okoliša od učinaka opterećenja, zaštite komponenti okoliša, instrumenti i subjekti zaštite okoliša, definiranje odgovornosti za prouzročenu štetu, izvori financiranja i alati opće politike zaštite okoliša. Zakon regulira i različite dokumente za održivi razvoj i zaštitu okoliša, nadzor stanja u okolišu i model praćenja stanja u okolišu, pravo sudjelovanja javnosti u pitanjima zaštite okoliša, osiguravanje prava na pristup informacijama o okolišu i pravosuđu, informacijski sustav te upravni i inspekcijski nadzor.

- Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2011. godine (Narodne novine – 61/08)

Osnova za izradu ovog Plana je Zakon o zaštiti zraka. Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2011. godine je izvedbeni dokument Strategije zaštite zraka kao sastavnog dijela Strategije zaštite okoliša.

- Uredbu o određivanju područja i naseljenih područja prema kategorijama kakvoće zraka (Narodne novine – 68/08)

Kakvoća zraka određuje se prema razinama onečišćenosti zraka, ocijenjenima analizom i modeliranjem postojećih podataka za definirane onečišćujuće tvari. Ova Uredba temeljem utvrđenih kategorija kakvoće određuje područja i naseljena područja u Republici Hrvatskoj prema tim kategorijama kvalitete zraka.

- Uredba o emisijskim kvotama za određene onečišćujuće tvari u Republici Hrvatskoj (Narodne novine – 141/08)

Uredba o emisijskim kvotama za određene onečišćujuće tvari u RH definira tvari koje onečišćuju okoliš i kvote vezane uz zadane vremenske periode, kao i modalitete izrade proračuna emisija na godišnjoj razini. Te emisijske kvote zadane su radi ograničavanja emisija onečišćujućih tvari na području RH u svrhu zaštite okoliša, kvalitete zraka i ljudskog zdravlja od prekomjernog zakiseljavanja koje čini rizik nepovoljnog djelovanja.

- Uredba o provedbi fleksibilnih mehanizama Kyotskog protokola (Narodne novine – 142/08)

Uredba o provedbi fleksibilnih mehanizama Kyotskog protokola regulira povjerenstava koje ocjenjuju projektne aktivnosti (programe) odnosno njihov sastav, regulira sustav izvještavanja o provedbi i modalitete provedbe prilagođenih sustava Kyotskog protokola, a koji obuhvaćaju međunarodno trgovanje emisijama stakleničkih plinova, projektne aktivnosti mehanizma čistog razvoja i projektne aktivnosti mehanizma zajedničkih projekata na teritoriju i izvan teritorija RH.

- Uredba o emisijskim kvotama stakleničkih plinova i načinu trgovanja emisijskim jedinicama (Narodne novine –142/08, 113/10)

Ova Uredba regulira modalitete izdavanja i izmjene dozvola za emisije stakleničkih plinova, a koje dozvole se odnose na postojeća i nova postrojenja. Uredba regulira i modalitete i načela raspodjele emisijskih kvota i njihov Plan raspodjele, uporabu jedinica sustava čistog razvoja i zajedničkih projekata, regulira obveze operatera postrojenja koje emitira stakleničke plinove, definira modalitete praćenja emisija i njihovo izvještavanje, određuje kriterije praćenja i provjere podataka za izvještaje o emisijama i osiguranja kvalitete podataka, definira principe raspolaganja emisijskim jedinicama i njihovom pričuvom, precizira način rada i naplate troškova Registra,

regulira pristup informacijama i način sudjelovanja javnosti te oblik izvještavanja Europskoj komisiji.

- Plan raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj (Narodne novine – 76/09)

Plan raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova u RH temelji se na osnovu Zakona o zaštiti zraka kojim su propisani osnovni elementi Plana raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova. Plan raspodjele sadrži vid uporabe instrumenata Kyotskog protokola, kumulativni iznos emisijskih jedinica unutar zadanog vremenskog okvira koji je dodijeljen državi, prikaz djelatnosti koje ispuštaju stakleničke plinove, pokazatelje o prethodnim emisijama stakleničkih plinova, emisijske kvote koje se dodjeljuju postrojenjima na godišnjoj razini, vremenski okvir dodjele emisijskih jedinica za postrojenja i model dodjele tih jedinica operaterima postrojenja, pretpostavku budućih emisija stakleničkih plinova te za nova postrojenja utvrđuje pričuve emisijskih jedinica.

- Zakon o zaštiti zraka (Narodne novine – 130/11)

Zakon o zaštiti zraka regulira odgovornost i ingerenciju za zaštitu zraka, ozonskog sloja, prilagodbu i ublažavanje klimatskih promjena, nadzor i procjenu kvalitete zraka, regulira odredbe za suzbijanje i redukciju onečišćavanja zraka, definira tvari koje oštećuju ozonski sloj i fluorirane stakleničke plinove, regulira nadgledanje emisije stakleničkih plinova te definira odredbe za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama, regulira kontrolu kvalitete zraka i emisija u zrak te njihovu objavu i razmjenu podataka, planske dokumente, informacijski sustav i financiranje zaštite zraka i ozonskog omotača te upravni i inspekcijski nadzor.

- Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica (NN 43/2012)

Pravilnik regulira modalitete besplatne dodjele emisijskih jedinica, mehanizme i vremenske okvire dostave podataka o djelatnostima, oblike provjere ispravnosti

podataka o djelatnostima i pregled sektora ili podsektora koji su podložni potencijalnom riziku od premještanja emisija stakleničkih plinova u treće zemlje.

- Uredba o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (NN 69/2012)

Ova Uredba regulira modalitete trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova, definira djelatnosti i stakleničke plinove za koje se predviđa mjera ishođenja dozvole za emisije stakleničkih plinova, definira zrakoplovne djelatnosti za koje se predviđa mjera praćenja emisija, definira modele i kriterije za isključivanje malih postrojenja i postrojenja koja su okončala svoj rad, regulira norme za ostvarivanje ekvivalentnog doprinosa umanjenju emisija, definira instrumente čistog razvoja i zajedničkih projekata, regulira dužnosti operatera postrojenja i operatera zrakoplova te oblike evidencije i izvještavanja o emisijama i tonskim kilometrima, određuje mjere praćenja i provjere ispravnosti podataka iz izvještaja o emisijama te njihove provjere kvalitete, regulira modele raspolaganja emisijskim jedinicama i njihovom pričuvom, regulira pristup informacija aspekt sudjelovanja javnosti te mehanizam dostave podataka nadležnim tijelima EU.

- Odluka o dražbovatelju za obavljanje poslova dražbe emisijskih jedinica i izboru dražbenog sustava (NN 124/2012)

Ova odluka propisuje dražbovatelja koji u ime Republike Hrvatske obavlja poslove dražbe emisijskih jedinica stakleničkih plinova u okviru sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova EU prema posebnom propisu, a to ovom odlukom imenovano Ministarstvo financija RH.

- Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 129/2012)

Ovaj Pravilnik regulira nadgledanje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (u prvom, povremenom i kontinuiranom mjerenju), i to reguliranjem volumena

i varijanti mjerenja te određivanjem referentne metode, definiranjem modela verifikacije ispravnosti i baždarenja mjernih instrumenata, načinom verifikacije ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje, definiranjem analitičkih metoda ispitivanja kvalitete i vrednovanja rezultata mjerenja i reguliranjem oblika dostave podataka za potrebe informacijskog sustava i redovitog informiranja javnosti o evidentiranim emisijama.

- Uredba o dražbi emisijskih jedinica stakleničkih plinova (NN 19/2013)

Ova Uredba o dražbi emisijskih jedinica stakleničkih plinova regulira oblike provođenja dražbi za emisijske jedinice stakleničkih plinova, regulira kriterije za pristup dražbi, definira obveze nadležnih tijela i dražbovatelja a radi provedbe propisa Europske unije kojima je uređena dražba emisijskih jedinica stakleničkih plinova.

- Odluka o visini jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za operatere postrojenja isključenih iz sustava trgovanja emisijskim jedinicama za 2013. godinu (NN 105/2014)

Ovom odlukom utvrđuje se trošak jedinične pristojbe za operatere postrojenja isključenih iz sustava trgovanja emisijskim jedinicama na emisije stakleničkih plinova za 2013. godinu.

- Odluka o donošenju Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2014. do 2016. godine (NN 140/2014)

Ovom odlukom donosi se predmetni Plan i određuju se Ministarstvo zaštite okoliša i prirode i Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost za provedbu Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u RH od 2014.-2016. Plan predviđa uporabu prikupljenih financijskih sredstava od prodaje emisijskih jedinica.

- Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova, NN 154/2014, (2913), uredba, 24.12.2014.

Uredba donosi samo ispravak članka 2. Uredbe o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (NN broj 69/2012).

- Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima i o praćenju, izvješćivanju i verifikaciji izvješća o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja i zrakoplova u razdoblju koje započinje 1. siječnja 2013. godine (NN 70/2015)

Pravilnik regulira dostavu, obradu i provjeru ispravnosti izvješća i podataka o djelatnostima predviđenim za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica, definira oblike zadovoljavanja obaveza nadležnih tijela u cilju provedbe niza Odluka Komisije EU o utvrđivanju prijelaznih propisa EU radi usuglašene dodjele besplatnih emisijskih jedinica sektorima i podsektorima za koje se smatra da su izloženi znatnom riziku od istjecanja ugljika.

- Odluka o visini jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za operatere postrojenja isključenih iz sustava trgovanja emisijskim jedinicama za 2014. godinu, NN 96/2015, (1855), odluka, 9.9.2015.

Ovom Odlukom utvrđen je iznos od 45,40 kn/t CO<sub>2e</sub> jedinične naknade na emisije stakleničkih plinova za operatere postrojenja isključenih iz sustava trgovanja emisijskim jedinicama za 2014. godinu, a koja naknada je određena u skladu s prosječnom tržišnom cijenom emisijskih jedinica u 2014. godini.

- Odluka o donošenju Izmjena i dopuna Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2014. do 2016. godine, NN 12/2017, (298), odluka, 8.2.2017.

Ovom Odlukom donijete su izmjene i dopune korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u RH osnovom ranije donesenog Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2014. do 2016. godine (NN 140/2014)

- Odluka o donošenju Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj do 2020. godine, NN 19/2018, (395), odluka, 28.2.2018

Ovom Odlukom donijet je Plan korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj do 2020. godine, a koju Odluku su u obvezi provesti Ministarstvo zaštite okoliša i energetike i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

- Odluka o donošenju Izmjena i dopuna Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj do 2020. godine, NN 84/2019, (1722), odluka, 6.9.2019

Ovom Odlukom izmijenjene su pojedine odredbe Plana korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj do 2020. godine (NN 19/2018)

- Uredba o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (NN 89/2020)

Ova Uredba regulira modalitete trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Uredba definira djelatnosti za koje se predviđa mjera ishođenja dozvole za emisije stakleničkih plinova i stakleničke plinove, utvrđuje zrakoplovne djelatnosti i plinove za koje se definira mjera praćenja emisija, regulira različite obveze operatera postrojenja i zrakoplova, njihov način praćenja, izvještavanja i verifikaciji podataka o emisijama i tonskim kilometrima iz postrojenja i zrakoplova za pojedina zadana razdoblja, uređuje oblike obrazaca plana praćenja, provjeru cjelovitosti izvješća i mjerila za isključivanje



pojedinih postrojenja, razdoblja trgovanja i način uporabe besplatnih emisijskih jedinica i njihove pričuve te konačno regulira pristup informacijama i oblike dostave podataka nadležnim tijelima EU.

- Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima i o praćenju, izvješćivanju i verifikaciji izvješća o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja i zrakoplova (NN 89/2020)

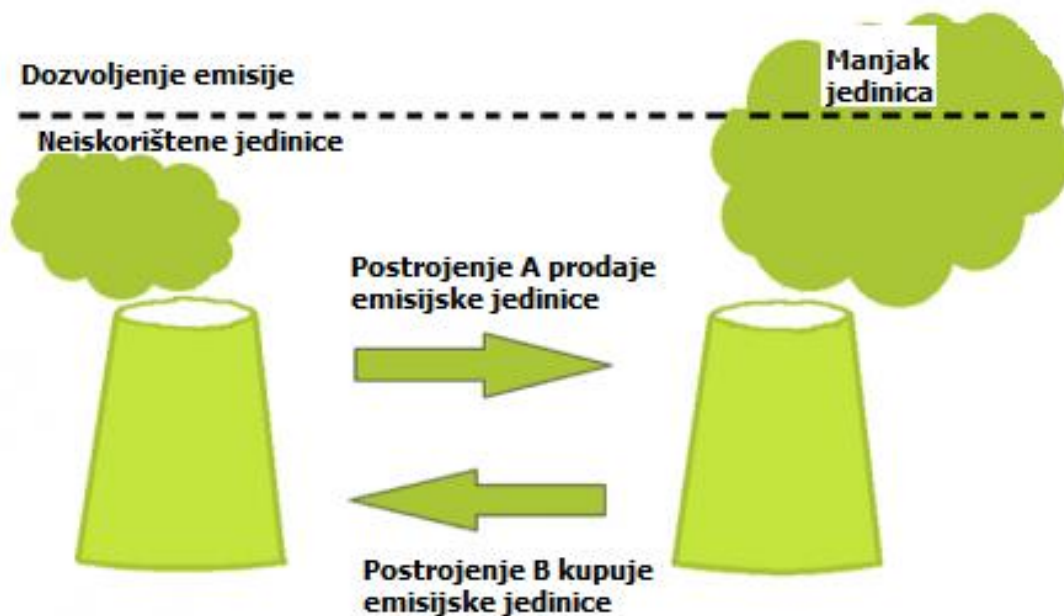
Ovaj Pravilnik regulira oblike dostave, obrade i provjeru ispravnosti izvještaja i podataka za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica temeljem različitih odluka Komisije EU. To se odnosi na oblike realizacije zadataka nadležnih tijela, način dostave zahtjeva za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica uz koje moraju biti priloženi pripadajući prilozi na zadanim obrascima i uputama za izradu plana za metodologiju praćenja i provjeru ispravnosti izvješća o odgovarajućim podacima za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica.

## 4. Sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova

Jedan od mehanizama između mnogih za regulaciju i redukciju stakleničkih plinova je sustav trgovanja emisijama. Ovakav sustav trgovanja emisijama vuče svoje korijene od 1992. godine kada je potpisana Okvirna konvencija UNFCCC-a o promjeni klime. Naime, tada se 180 zemalja složilo oko potrebe za reguliranjem stakleničkih plinova, kako bi se spriječila opasna razina globalnog zatopljenja, koja bi izazvala ozbiljne klimatske promjene i posljedice na ljude i okoliš. Međutim, sam sustav trgovanja emisijama proizašao je iz Kyoto protokola, gdje je osmišljen mehanizam *engl. „cap and trade“*. Navedeni mehanizam, ograničava ispuštanje emisija („*cap*“), te omogućuje državama ili poduzećima međusobno trgovanje dodijeljenim količinama emisija („*trade*“).

Svaka država ovisno dogovoru, odnosno potpisanom sporazumu mora smanjiti vlastite emisije kroz neki period. Stoga, svake godine država, to jest vladina agencija ograničava količine emisija koje će ispustiti. Prema tome prodaje ili dodjeljuje se poduzećima, odnosno postrojenjima zahvaćenim sporazumom trgovine emisija neke količine emisija, koje mogu iskoristiti. Shodno tome, vodi se registar emisijskih dozvola, koji vodi evidenciju svih vlasnika i količina emisija. Svrha ovakve vrste registra je ponajprije transparentnost i postizanje apsolutne kvote. U registru emisijskih dozvola dokumentiraju se promjene vlasništva, prijenosa vlasništva, verifikacija vlasništva i količina i tako dalje. Vlasnik emisijskih jedinica ne mora biti nužno pravna osoba, već može biti i fizička. Također, vlasnici emisijskih jedinica mogu biti i udruge, odnosno organizacije koje ne proizvode štetne stakleničke plinove. Udruge koje se bave očuvanjem okoliša mogu uklanjati dostupne jedinice na tržištu kako bi pridonijele očuvanju okoliša i podigle cijenu emisija dostupnih na tržištu. Slično tome, korporacije koje žele ostvariti porezne olakšice mogu postati vlasnicima istih. Doniranjem emisijskih dozvola neprofitabilnim i ekološkim udrugama ostvaruju to pravo. Određena suma emisijskih jedinica ne može se nadmašiti. Suma emisijskih jedinica koje su prodane ili dodijeljene ne može nadmašiti ukupne količine jedinica zahvaćene sustavom trgovanja. U protivnom poduzeća koja na kraju godine ne zadovolje postavljene uvjete imaju dvije mogućnosti [24].

Prva mogućnost je ostvarivanje nadoknade kupnjom emisijskih jedinica na tržištu od poduzeća koja su ostvarila viškove tokom godine. Druga mogućnost, u koliko nije moguće ostvariti prvu je plaćanje novčane kazne, zbog nepoštivanja ograničenja dodijeljenih ili kupljenih emisijskih jedinica.



Slika 8. Sustav trgovanja emisijskim jedinicama [26]

Na slici (Slika 8.) prikazana pojednostavljena shema trgovanja emisijskim jedinicama. Postrojenje B na kraju obračunskog razdoblja je stvorilo višak emisija, te kako bi pokrilo nedostatak, okreće se postrojenju A koje je na kraju razdoblja imalo niže emisije od dozvoljenog. Stoga, posjeduje višak emisijskih jedinica koje prodaje postrojenju B. Time su emisije zadržane na dogovorenoj razini [26].

Ovakav princip smanjenja proizvodnje stakleničkih plinova dovodi do jedne od dvije stvari. Prva je ulaganje u nove tehnologije, koje će povećati efikasnost, a samim time i uzrokovati smanjenje zagađenja te time stvoriti višak emisijskih jedinica koji se može prodati ili kupiti manjak na početku razdoblja, a time se postiže ušteda. Drugi način je postepeno smanjenje obujma proizvodnje, iz godine u godinu, ovisno o broju dodijeljenih jedinica te u konačnici gašenje proizvodnje. Svakom od proizvođača preostaje izabrati ono što mu je najisplativije, a prekoračenje dozvoljenih normi uzrokovat će rigorozne kazne od strane vladinih agencija.

#### 4.1. EU ETS

Početak 2000. godine predstavljene su prve zamisli za formiranje EU ETS-a, te u sklopu iste zamisli napisan je dokument za trgovinu emisijama stakleničkim plinova unutar Europske unije. Tek nakon tri godine, 2003. godine izglasana je direktiva 2003/87/EZ prema kojoj se u EU formira sustav za trgovanje emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Unutar istog mehanizma gospodarskim subjektima se pruža prilika da implementiraju troškovno učinkovite mjere, kojima će postići određenu redukciju stakleničkih plinova. Ostvarivanje redukcije postignuto je ograničavanjem izdanih dozvola, odnosno emisijskih jedinica. Na temelju ograničene ponude, to jest *engl. „cap and trade“* mehanizma omogućuje se stvaranje tržišta za trgovanje dozvolama za emisijske jedinice.

Mehanizam EU ETS startao je s radom 2005. godine, u kojem su tada učestvovala sve članice, kojih je tada bilo petnaest. Danas u sustavu trgovanja sudjeluje preko trideset članica i ovaj sustav pokriva oko 40% emitiranih emisija stakleničkih plinova Europske unije [24].

EU ETS podijeljen je u četiri faze. Prva faza je bila zamišljena kao testna faza, ona je prethodila obvezujućem razdoblju Kyoto protokola, te je trajala relativno kratko, tri godine. Prilikom prve faze, bilo je „dječjih bolesti“, zbog neiskustva i nepoznavanja točnih podataka o emisijama na godišnjoj razini. Stoga je dodijeljeno višak emisijskih dozvola no što je to bilo potrebno. Kao posljedica, pojavom viška na tržištu cijena emisijskih dozvola u tom periodu je spala na nulu, dakle ponuda je bila veća od potražnje. Druga faza započela je početkom obvezujućeg perioda u Kyoto protokolu. Također, kao i prva, druga faza je imala određene probleme. Gospodarska kriza koja je zahvatila svijet u 2008. godini dovela je do manjka potražnje, te samim time do manje gospodarske aktivnosti. Ovo je uzrokovalo ponovni suficit na tržištu emisijskih dozvola, gdje je njezina cijena bila relativno niska. Početkom drugog, sljedećeg razdoblja u protokolu započela je i treća faza EU ETS-a.

Mnogobrojnim izmjenama u način trgovanja i reguliranju količina dozvola na tržištu postignuto je ulaganje u nove tehnologije, koje smanjuju količinu ispuštenih štetnih plinova i redukcija stakleničkih plinova. U četvrtoj fazi očekuje se najveći iskorak u redukciji stakleničkih plinova, smanjenju od 43% u komparaciji s koncentracijama iz 2005. godine [30].

Plinove koje obuhvaća ovaj mehanizam su ugljikov (IV) oksid ( $\text{CO}_2$ ), dušikov (II) oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), hidrofluorouglikove (HFC), perfluorouglikove (PFC), nitrogen trifluorid ( $\text{NF}_3$ ) i sumporov heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ). Oni zajedno čine ugljikov otisak, te su to plinovi također zahvaćeni Kyoto protokolom. Oni proizlaze iz pogona koji se bave proizvodnjom topline i energije, aluminijske, kiselinske, zrakoplovne industrije, te također iz energetski intenzivne industrije koja se bavi proizvodnjom cementa, stakla, vapna, papira, celuloze, željeza i drugih metala.

Sve industrije koje se bave proizvodnjom spomenutog dužne su sudjelovati u EU ETS mehanizmu. Međutim postoje izuzetci, ovisno o količini ili snazi pojedinog postrojenja. Tim putem pojedine vlade su u mogućnosti izuzeti postrojenja u pitanju, ali tada su potrebni nameti ili mjere u drugom obliku koji će dovesti do redukcije štetnih plinova iz spomenutih pogona.

EU ETS mehanizam omogućuje:

- Ograničavanje ispuštenih štetnih plinova, putem ograničavanja izdanih dozvola za emitiranje štetnih plinova, što nam također omogućuje i trgovinu emisijskim jedinicama, odnosno dozvolama.
- Efikasnost provedbe postavljenih mjera, putem kontrole ispuštanja štetnih plinova.
- Osigurava prihod vladama, koji se može koristiti za razvoj tehnologije, koja će nam osigurati ugljičnu neutralnost. Polovicu spomenutog prihoda nužno je isključivo ulagati u mjere koje će potaknuti rješavanje klimatskih promjena.
- Troškovnu učinkovitost, odnosno slobodna trgovina emisijskim jedinicama. Svako postrojenje slobodno bira najisplativiji način zadovoljavanja propisa, bilo to kupnjom dozvola, ulaganjem u novu tehnologiju ili smanjenjem proizvodnje.

## 4.2. Faze EU ETS-a

### 4.2.1. Prva faza

Prva faza EU ETS-a odvijala se između siječnja 2005. godine i prosinca 2007. godine, njezino ukupno trajanje bilo je tri godine. Ova faza EU ETS-a prethodila je obaveznom razdoblju Kyoto protokola, koja je služila kao testna faza, zbog nedostatka podataka prema kojim bi se odredila potrebna količina dozvola emisijskih jedinica. Oslanjanje na povijesne podatke nije bilo moguće, zbog već spomenutih razloga, te su zbog toga kao osnova su uzeta prognozirana i razne studije. Uz to nije postojala infrastruktura uz pomoć koje bi se pratile, izvještavale i provjeravale emisije štetnih plinova iz postrojenja.

Unutar prve faze dozvole za emisijske jedinice dodjeljivale su se bez naknade, besplatno. Dodijeljenih dozvola na tržištu je bilo previše, ishod toga je bio veći broj dozvola za emitiranje štetnih plinova, no što je registriranih emisija postrojenja. Zbog na kraju pri kraju prvog razdoblja cijena emisijske jedinice pala je na nulu. Ovo je bio čisti podbačaj u očima kritičara. Također uz to, ukupne ispuštene emisije za prvo razdoblje su povećane za 1.9%. Promatrači, odnosno kritičari su optužili vlasti da su zloupotrebljavali položaje, pod pritiskom industrije, te su tražili stroži režim u narednim fazama [26].

Bitne značajke i uspjesi prve faze su:

- Novčane kazne za prekoračenje dozvoljenih emisija su iznosile 40€ po 1t emitiranog CO<sub>2</sub>.
- Pokrivene su CO<sub>2</sub> emisije samo iz industrija koje su proizvodile energiju, te energetske intenzivne industrije.
- Dozvole za emitiranje štetnih plinova su dane besplatno.
- Izgrađena je mreža za trgovanje dozvolama diljem čitave EU.
- Definirana je cijena CO<sub>2</sub> po 1t.
- Stvorena je infrastruktura koja je u stanju pratiti potrebe tržišta, te ga kontrolirati po pitanju praćenja, izvještavanja i provjere količine emisijskih jedinica.

#### **4.2.2. Druga faza**

Druga faza EU ETS-a započela je kada i prvo obavezno razdoblje Kyoto protokola, 2008. godine. Njezino trajanje od pet godina, završilo je 2012. godine. U tom periodu prema Kyoto protokolu bilo je nužno ostvariti redukciju stakleničkih plinova. Nacionalni planovi država članica predviđali su za drugu fazu u prosjeku redukciju od 7% u komparaciji s koncentracijama iz 2005. godine. Oslanjajući se na stvarne podatke iz prvog razdoblja, Europska komisija je reducirala iznos ukupnih emisijskih jedinica za 6,5% u usporedbi s 2005. godinom te je time pokušala postići manjak na tržištu dozvola kako bi se dodatno potaknuo razvoj tehnologije koja bi smanjila emitiranje štetnih plinova.

Dodatni napor, planiranje i redukcija emisijskih jedinica nisu doprinijele ni blizu kao gospodarska kriza koja je zahvatila svijet 2008. godine. Naime, kriza je dovela do manje potražnje, time i manje gospodarske aktivnosti na tržištu. Dodijeljene jedinice proizvodnim pogonima nisu bile više potrebne, te je nastao suficit na tržištu. Gospodarska kriza strmoglavila je cijenu emisijskih jedinica s 22 €/tCO<sub>2</sub> u 2008. godini na čak 2 €/tCO<sub>2</sub> u 2013. godini [26].

Bitne značajke i uspjesi druge faze su:

- Zrakoplovni promet je uključen u mehanizam EU ETS-a, od 2012. godine.
- Ukinuti su nacionalni registri za dozvole emitiranja, te je uveden registar unije.
- Prekoračenje emisija se kažnjava s povećanom kaznom od 100 €/t CO<sub>2</sub>.
- Dodijeljene dozvole za emitiranje, koje su besplatne, su smanjene na 90%.
- Nove članice su dodane u mehanizam EU ETS-a.
- Manji je broj izdanih dozvola u odnosu na period 2005. godine za 6,5%.
- U sustav trgovanja, odnosno štetne plinove koju se uračunavaju pri proizvodnji dodani su dušikovi oksidi.
- Određene zemlje su održale aukcije.
- Poduzećima su imala mogućnost kupovine međunarodnih jedinica u od 1,4 milijarde tona CO<sub>2</sub> emisija.

### **4.2.3. Treća faza**

Treća faza EU ETS-a, odnosno drugo obavezno razdoblje Kyoto protokola trajalo je osam godina, između 2013. i 2020. godine. Republika Hrvatska priključila se EU ETS-u 1. siječnja 2013. godine, te je postala dio treće faze. U ovoj fazi najznačajnija promjena koja se dogodila u komparaciji na inicijalne dvije faze je povećanje faktora linearnog smanjenja na 1,74% godišnje, kako bi se zajamčilo postizanje obvezane redukcije od 20% u odnosu na 1990. godinu. Također, uvedene su strože mjere za proizvođače električne energije koji neće više primati besplatne dozvole, osim u slučaju da država članica ima nacionalni BDP ispod 60% prosjeka EU. Nacionalni alokacijski planovi se više ne izrađuju, na razini država članica, već je na razini Europske unije, koja određuje prava na količine emisijskih jedinica, broj dozvola. Podjela emisijskih jedinica se dijeli na način da se 88% podijeli direktno članicama, ovisno o njihovim emisijama iz 2005. godine, 10% se dijeli između najsiromašnijih članica, te preostalih 2% kao Kyoto bonus.

Investirani su resursi kako bi se omogućilo lakše trgovanje dozvolama, povećala efikasnost, brzina i usklađenost EU ETS-a. Prva i druga faza su okarakterizirane kao faze gdje su se dozvole dodjeljivale besplatno, te vrlo rijetko se njima trgovalo na dražbama. U trećoj fazi se trgovalo s 40% jedinica na dražbama, te je taj broj pri kraju razdoblja povećan na 57%. Potaknuti uspjehom i zacrtanim ciljem EU planira nastaviti s ETS mehanizmom i nakon završetka obaveznog razdoblja u formi četvrte faze [32].

Bitne značajke i uspjesi treće faze su:

- Uvođenje kontrole nad novim sektorima koji emitiraju štetne plinove te su također dodani novi plinovi koji se prate unutar mehanizma ETS.
- Prijelaz s dodjela besplatnih dozvola na aukcije.
- Ukinuti su nacionalni alokacijski planovi te je uveden jedinstven za sve članice na razini Europske unije.
- U program NER 300, koji financira projekte s niskom razinom ugljika, uložena su značajna sredstva u želji da se potakne razvoj tehnologije obnovljive energije, hvatanja i skladištenja ugljika.



#### 4.2.4. Četvrta faza

Četvrta faza započela je u siječnju 2021. godine, te će trajati sve do prosinca 2030. godine. U ovoj fazi očekuje se redukcija emisija za 43% u usporedbi s razinom u 2005. godini. Kako bi se osigurao ovaj cilj faktor linearnog smanjenja, odnosno ukupan broj emisijskih jedinica će se na godišnjoj razini smanjivati za 2,2%, dok je u proteklom razdoblju, odnosno trećoj fazi bio 1,74% [34].

Usprkos smanjenju dozvola emisijskih jedinica, Europska unija i dalje želi zadržati gospodarski rast i konkurentnost na tržištu. Stoga, EU stimulira investicije i inovacije za modernizaciju koje koriste tehnologiju s nultom ili niskom razinom emisije ugljika. Na taj način EU potiče otvaranje novih radnih mjesta za rast i razvoj, te istovremeno održava mjere za konkurentnost tržišta [33].

Institucije koji podržavaju ove ideje su:

- Fond za inovacije, koji financira demonstracije i probijanje inovativnih proizvoda na tržište. Iznos kojim financira inovacije je jednak tržišnoj vrijednosti 450 milijuna emisijskih dozvola.
- Fond za modernizaciju podupire modernizaciju energetskog sektora, povećanje energetske efikasnost, ubrzanje i olakšavanje prijelaza na nove tehnologije u državama ovisnim o ugljiku, odnosno deset članica s najnižim prihodom.

Kako bi se osigurali sektori koji su u riziku od preseljenja proizvodnje izvan EU-a, uvedene su mjere koje ih štite. Točnije, navedenim sektorima će se dodijeliti besplatne dozvole. Za sektore koji su manje ugroženi očekuje se postepeno ukidanje besplatnih emisijskih jedinica s maksimalnih 30% na 0% do 2030. godine.

Ojačanje tržišta EU ETS-a:

- MSR (*engl. The Market Stability Reserve*) je mehanizam koji osigurava da na tržištu ne postoji višak, suficit emisijskih jedinica, kao što se je znalo događati u prethodim fazama. Također, služi kako bi se kontrolirala cijena emisijskih jedinica, uklanjanjem viška s tržišta.

- Količina dozvola koja se nalazi u rezervama će se udvostručiti s 12% na 24% u razdoblju od 2019. do 2023. godine, te će stopa od 12% biti vraćena tek 2024. godine.
- Kako bi se poboljšalo funkcioniranje EU ETS-a, dugoročna mjera, koja bi trebala biti usvojena tokom 2021. godine, a trebala bi vrijediti od 2023. godine pa nadalje. Ona ograničava čuvanje rezervi dozvola na volumen prošlogodišnje dražbe, sve više od toga postaje bezvrijedno.

Osim što se želi postići redukcija emisija stakleničkih plinova za 43% u usporedbi s 2005. godinom ključni ciljevi ove faze su također i:

- Povećanje energetske učinkovitosti za minimalno 32,5%.
- Obnovljivi izvori energije trebaju činiti minimalno 32% tržišta.
- Koncentracije stakleničkih plinova u komparaciji s razinama iz 1990. godine nužno je smanjiti za minimalno 40%.

### **4.3. Ugljični otisak i ograničenje emisija stakleničkih plinova**

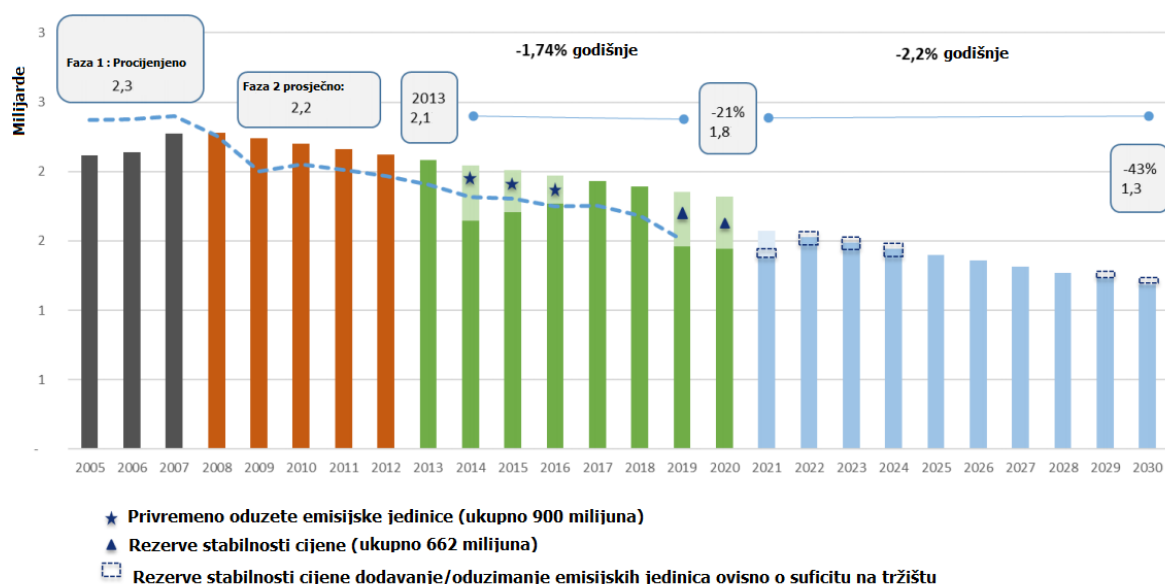
Ugljični otisak je izraz, koji se koristi kad se izražava suma svih stakleničkih plinova koje izaziva neki proizvod, postrojenje, poduzeće, događaj ili osoba. Najčešći staklenički plin je vodena para, a nakon njega ugljični dioksid. Prema Kyoto protokolu osim vodene pare ( $H_2O$ ) i ugljikovog dioksida ( $CO_2$ ) preostali staklenički plinovi su: dušikov (II) oksid ( $N_2O$ ), metan ( $CH_4$ ), hidrofluorogljik (HFC), perfluorogljik (PFC), nitrogen trifluorid ( $NF_3$ ) i sumporov heksafluorid ( $SF_6$ ). Oni zajedno čine ugljični otisak. Prilikom izračuna mjere efekta staklenika, utjecaja navedenih plinova na okoliš bilo je otežano izražavati svaki od plinova posebno. Stoga je uvedena jedinstvena jedinica  $CO_{2e}$  koja izražava mjeru efekta staklenika, te pokriva sve plinove. Učinak ostalih stakleničkih plinova mjeri se kvantitativno uz pomoć ugljikovog (IV) oksida, koji na služi kao mjera efekta staklenika. Dakle, ostali plinovi izražavaju se kao ekvivalenti ugljikovog dioksida. Pri izračuni na primjer efekta staklenika 1kg metana ( $CH_4$ ), mogli bi ga izraziti kao 25kg  $CO_{2e}$ . ( $1kg CH_4 * 25 = 25kg CO_{2e}$ ). Isto vrijedi i za ostale plinove.

Tablica 1. Mjera efekta staklenika

Staklenički plinovi	Mjera efekta staklenika (GWP)
Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	1
Metan (CH <sub>4</sub> )	25
Didušik oksid (N <sub>2</sub> O)	298
Hidrofluorouglik (HFCs)	124-14800
Perfluorouglik (PFCs)	7390-12200
Sumporov heksafluorid (SF <sub>6</sub> )	22800
Nitrogen trifluorid (NF <sub>3</sub> )	17200

Ograničenje emisija stakleničkih plinova, ugljičnog otiska ograničava se pomoću uvođenja apsolutne kvote, odnosno limita emisija stakleničkih plinova [36].

Apsolutna kvota je ograničena količina stakleničkih plinova, koji su zahvaćeni sustavom trgovanja, te njegova količina se ne smije prekoračiti, u svrhu ostvarivanja redukcije štetnih plinova. Broj ispuštenih kilograma plinova pri izračunu mora udovoljavati broju izdanih dozvola za emitiranje istih.



Slika 9. Prikaz broja izdanih emisijskih jedinica [37]

Ograničenje emisija stakleničkih plinova u prve dvije faze radio se prema nacionalnim planovima te se je na taj način dodjeljivao broj emisijskih jedinica, dozvola. On je bio izražen uz pomoć jedinice CO<sub>2e</sub>, koja služi za izračun mjere efekta staklenika. Međutim, u trećoj fazi nacionalni planovi su se prestali izrađivati i EU je započela izradu plana na razini EU, članica ETS-a. To je učinjeno kako bi se osigurala potrebna redukcija stakleničkih plinova. Također, linearni faktor smanjenja dozvola je postrožen s 1,74% u prve dvije faze na 2,2%. Ograničenje se za prvu fazu odnosilo na predviđanja i provedene studije, te je zbog toga bilo dodijeljeno višak dozvola, što je u kasnijim fazama ispravljeno, jer su korišteni povijesni podaci o emisijskim plinovima [37].

Na slici (Slika 9.) vidi se broj izdanih emisijskih jedinica te potreba za njima. U određenim periodima, kada postoji suficit na tržištu, jedinice se stavljaju u rezervu kako bi se zadržala cijena te se iste te jedinice koriste za vrijeme deficita jedinica na tržištu. Također, vidljiva je i plava linija, koja nam ukazuje na godišnju redukciju izdanih emisijskih jedinica, linearnom stopom, u visini ovisno o fazi.

#### **4.4. Podjela dozvola za emitiranje, te besplatne emisijske jedinice**

Podjela dozvola za emitiranje zahvaćeno EU ETS-om provodi se putem besplatne dodjele ili aukcija. Nacionalni alokacijski planovi su bili izrađeni prije svake faze, te nakon toga su prolazili kontrolu kod europske komisije. Oni su trebali sadržavati detaljne planove kako će se dodjeljivati emisijske jedinice, kome i pod kojim uvjetima, te kako će se iz godine u godinu reducirati broj izdanih dozvola da bi se postigao cilj redukcije stakleničkih plinova. Najvažniji uvjet bio je da su nacionalni planovi u skladu s ciljevima i obavezama Kyoto protokola za redukciju stakleničkih plinova. Ukoliko je došlo do prigovora od strane komisije, prigovor se uobičajeno odnosio na smanjenje nacionalnih ograničenja. Jedanput, kada bi nacionalni alokacijski plan bio verificiran, njegova promjena nije više bila dozvoljena. Ukoliko bi europska komisija zahtijevala promjene nacionalnih alokacijskih planova, uglavnom se to odnosilo na:

- Količinu emisijskih dozvola, koje su nadmašivale predviđane emisije, da bi one bile u skladu Kyoto protokolom.

- Ekscesivna podjela emisijskih jedinica, koje bi imale kontra efekt na Kyoto protokol.
- Nova podjela, već podijeljenih emisijskih jedinica, istim postrojenjima, koje participiraju u mehanizmu.

U prvoj fazi, testnoj, sve emisijske jedinice su podijeljene besplatno. U drugoj fazi velika većina jedinica je podijeljena besplatno, oko 90%. Tek u trećoj fazi pokrenuto je značajnije trgovanje emisijskim jedinicama te je količina besplatno dodijeljenih emisijskih jedinica kroz ovaj period spao s 60% na 43% do kraja perioda. U četvrtoj fazi ograničena je dodjela besplatnih jedinica na sektore koji su ugroženi, te na države i određene sektore za članice čiji nacionalni BDP ispod 60%, prosjeka EU.

Prilikom odabira postrojenja, kojima će se dodijeliti besplatne emisijske dozvole koristi se metoda *engl. benchmark*, odnosno referentnih vrijednosti uz pomoć se dodjeljuju dozvole. Njezina osnova je efikasnost proizvodnje. Dakle, referentna vrijednost ispuštenih stakleničkih plinova u komparaciji na proizvodnu aktivnost. Navedena referentna vrijednost upotrebljava se kako bi se odredila količina dozvola koja će biti dodijeljena pojedinom postrojenju unutar određenog sektora. U prijevodu, postrojenjima s malom efikasnošću proizvodnje, koja emitiraju višak nepotrebnih stakleničkih plinova tijekom proizvodnje, dodjeljuje se manji broj emisijskih jedinica u nadi da će se time stimulirati njihovo ulaganje u novu učinkovitiju tehnologiju. Dok s druge strane, visoko efikasna postrojenja su nagrađena za s većim brojem besplatnih emisijskih jedinica.

#### **4.5. Licitacija na aukcijama, te kupci i nadmetanje**

Aukcije su standardni dio EU ETS-a. One su uređene uz pomoć Uredbe o dražbama emisijskih jedinica stakleničkih plinova. Ovom uredbom su propisani načini provedbe aukcije te ona obuhvaća sve čimbenike, kako bi se omogućio nepristran i zakonit način provedbe istih. Propisane su smjernice unutar uredbe, koje omogućuju jednostavnost, jednakost i efikasnost dražbi.

Postoji više aukcijski platformi unutar EU ETS-a, ovisno o tome da li je namijenjena da djeluje kao zajednička ili zasebna aukcijska platforma. Trenutno vlastite platforme imaju Njemačka, UK i Poljska. Najveća i najbitnija zajednička platforma je EEX, odnosno *engl. European Energy Exchange*. Ona se nalazi u Njemačkoj, te služi ostalim članicama kao platforma za trgovanje emisijskim jedinicama.

Koncept održavanja aukcije je iznimno jednostavan. Sastoji se od jednog kruga, s zatvorenim ponudom, koja sadrži količinu emisijskih jedinica i cijenu. Trajanje aukcije je minimalno dva sata, te tijekom kojih se ponuda može izmjenjivati, radi nadmetanja ili je čak povući. Nakon što je proteklo vrijeme nadmetanja, unutar sustava objavljuje se cijena. Sve ponude u kojima su ponuđene veće od navedene cijene, koju definira prodavatelj, kao najnižu koju je voljan prihvatiti, se sortiraju silazno od najviše prema najnižoj, dok se ponude s identičnim iznosom nasumično sortiraju. Ponude se prihvaćaju od najviše prema najnižoj.

U slučaju da sva količina emisijskih jedinica nije prodana, aukcija se automatski ukida, te odgađa. Ovakvi incidenti su mogući u dva slučaja. Prvi, kada je finalna cijena manja od postavljene cijene aukcijskih rezervi ili drugi slučaj kada je količina za koju se licitira manja od ponuđene količine. Cijena dozvola definira se neposredno prije aukcije, na temelju tržišne cijene i za vrijeme zatvaranja aukcije, uz pomoć nadzornika aukcije. Nadzornik aukcije može biti privatno ili javno tijelo, međutim mora biti priznat s gledišta platforme. Ukoliko ne dođe do prodaje istih, emisijske jedinice se jednolično raspoređuju u sljedeće već zakazane aukcije.

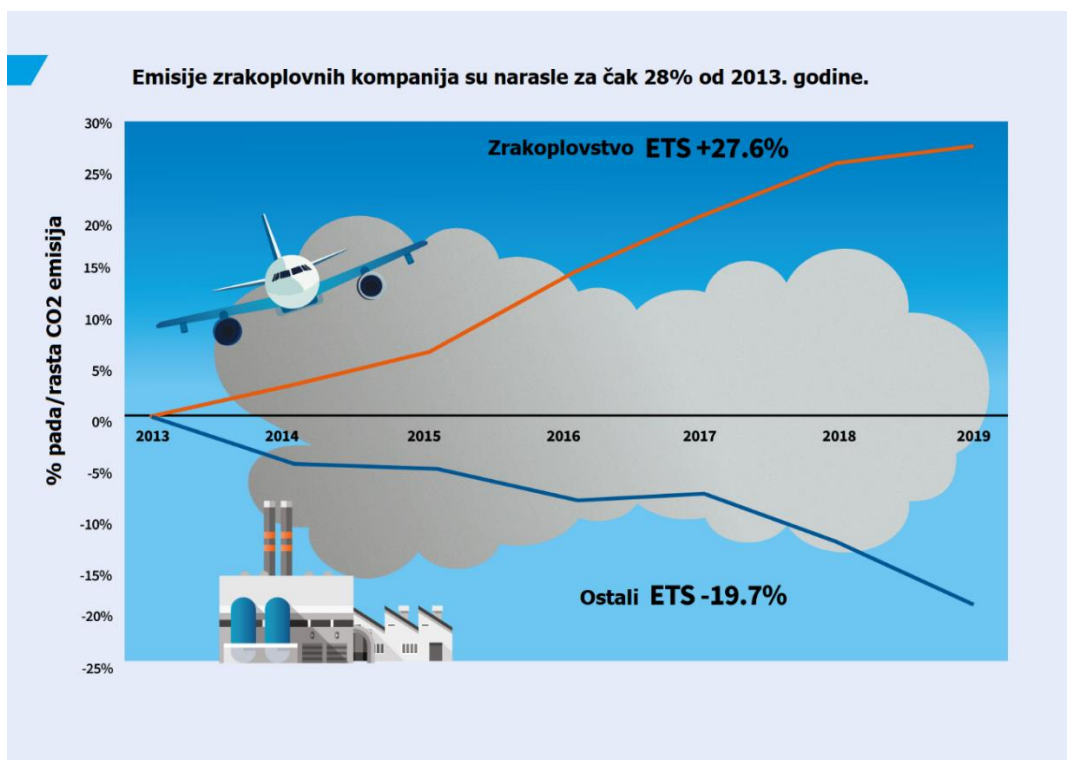
Kupci koji se nadmeću za emisijske dozvole imaju jednak tretman, bez obzira na potrebnu količinu. Svima je omogućen pristup nadmetanju kroz online platforme, putem agenta za trgovanje ili posrednika. Kupci dozvola mogu biti investicijske grupe, kreditne institucije, neprofitabilne organizacije, operator ili vlasnik postrojenja, povezana poduzeća, te određena državna tijela [38].

## 4.6. Zrakoplovstvo

Zrakoplovstvo je uključeno u mehanizam EU ETS-a tek u posljednjoj godini druge faze, 2012. godine. Zrakoplovna industrija unutar Hrvatske je uključena kao i Hrvatska tek od 2013. godine. Navedeni mehanizam isključivo se odnosi na letove između država članica mehanizma, zbog mnogobrojnih prigovora stranih (van EU) kompanija, te njihovih država. Dodavanjem zrakoplovstva u mehanizam, bilo je nužno odvojiti dio dozvola za zrakoplovstvo, s čime je dodatno smanjen broj dozvola za druge sektore.

Slično kao i kod drugih sektora, kao referentnu vrijednost uzeti su povijesni podaci iz perioda 2004. do 2006. godine za određivanje potrebnog broja dozvola. Za treću fazu EU ETS-a izračunat je prosjek povijenih razdoblja, te je uzeto 95% navedene vrijednosti kao cilj za redukciju u navedenoj fazi.

Emisijske jedinice za zrakoplovnu industriju su većinom besplatne 82%, putem aukcija se prodaje dodatnih 15%, a 3% dozvola služi kao rezerva za ekspanziju prometa ili nove sudionike na tržištu.



Slika 10. Porast štetnih emisija zrakoplovne industrije [39]

Problem s zrakoplovnom industrijom je u tome što su tehnološka napredovanja iznimno spora i skupa, a količina prometa konstantno raste. Zbog toga nema pravog načina za redukciju stakleničkih plinova u ovom sektoru. Kao što možemo vidjeti na slici 10., gdje ukupne emisije kontinuirano padaju, te prate zacrtanu putanju, dok zrakoplovna industrija raste. Za primjer, nisko budžetna aviokompanija Ryanair je među deset najvećih zagađivača u EU. Uz to u aviokompanije su u pri vrhu kao najveći zagađivači u čak četrnaest članica [39].

#### **4.6. Upotreba novca zarađenog prodajom dozvola**

Prihod koji je stvoren prodajom emisijskih dozvola koristi se kako bi se financirali projekti koji razvijaju tehnologiju bez ili s niskim razinama emitiranja stakleničkih plinova. Cilj je financirati borbu protiv klimatskih promjena kroz projekte poput energetske ili klimatske fonda. U cilju promoviranja novih tehnologija u pomoći probijanja iste na tržište financira se fond za modernizaciju. Fond za inovacije bavi se financiranjem razvoja tehnologije koja omogućuje tehnološki napredak u redukciji stakleničkih plinova. Financira se i program zvan NER 300 koji financira projekte s tehnologijom za obnovljivu energiju, hvatanja i skladištenja ugljika [41].

#### **4.7. Ciljevi razdoblja 2020./2030./2050.**

Kako bi se ograničile klimatske promjene, povećala energetska učinkovitost i smanjilo emitiranje stakleničkih plinova EU, stvoreni su strateški planovi za određene periode [40].

Ključni ciljevi za 2020. godinu su bili:

- Povećanje energetske učinkovitosti za 20%.
- Udio obnovljivih izvora energije trebaju činiti barem 20%.
- Redukcija stakleničkih plinova za 20%.

Ključni ciljevi za 2030. godinu su:

- Povećanje energetske učinkovitosti za minimalno 32,5%.



- Obnovljivi izvori energije trebaju činiti minimalno 32% tržišta.
- Razine stakleničkih plinova u usporedbi s razinama iz 1990. godine nužno je smanjiti za minimalno 40%.

Ključni ciljevi za 2050. godinu su:

- Gospodarstvo s nultom razinom emisije stakleničkih plinova.
- Dugoročni cilj je ostvariti maksimalan rast prosječne temperature u svijetu od 2°C u komparaciji s predindustrijskim razinama, te uz dodatne napore ograničiti taj broj na 1,5°C.

## 5. Izrada plana praćenja emisija u industrijskom postrojenju

### 5.1. Opće pojedinosti o poduzeću

VAOK Tvornica hrane d.o.o. je hrvatsko poduzeće sa sjedištem i proizvodnjom u Zagrebu, koje se bavi preradom i proizvodnjom hrane [42].

#### 5.1.1. Opće informacije o industrijskom objektu

Tablica 2. Opće informacije o industrijskom objektu

Naziv industrijskog objekta	VAOK Tvornica hrane
Fizička adresa: ulica i broj Poštanski broj Mjesto Poštanska adresa Poštanski broj Mjesto Broj telefona Broj telefaksa	VAOK Tvornica hrane d.o.o., Radnička cesta 117 10 000 Zagreb Radnička cesta 117 10 000 Zagreb +385(0)1 2423-513 +385(0)1 2423-514
Osoba za kontakt Ime Naziv radnog mjesta Broj telefona Adresa elektronske pošte	Ivan Novak Voditelj zaštite okoliša +385(0)1 2423-516 in@vaok.hr
Zamjenik osobe za kontakt Ime Naziv radnog mjesta Broj telefona Adresa elektronske pošte	Vito Inok Tehnički direktor +385(0)1 2423-515 vi@vaok.hr
Posjednik dozvole	VAOK Tvornica hrane d.o.o.
Vlasnik industrijskog objekta	VAOK Tvornica hrane d.o.o.
Matična tvrtka	-
Lokalno nadležno tijelo	Nadležni ured u Gradu Zagrebu
Osoba za kontakt pri lokalnom nadležnom tijelu Ime Naziv radnog mjesta Broj telefona Adresa elektronske pošte	Ivan Šarić Pročelnik +385(0)1 2323-015 is.procelnik@zagreb.hr

Tablica 3. Sustavi upravljanja u primjeni

Sustav upravljanja	Opis	Status
Kvaliteta	ISO 9001	U primjeni
	HACCP	U primjeni
	HALAL	U primjeni
	KOSHER	U primjeni
Zaštita okoliša	ISO 14001	Nije u primjeni
	...	

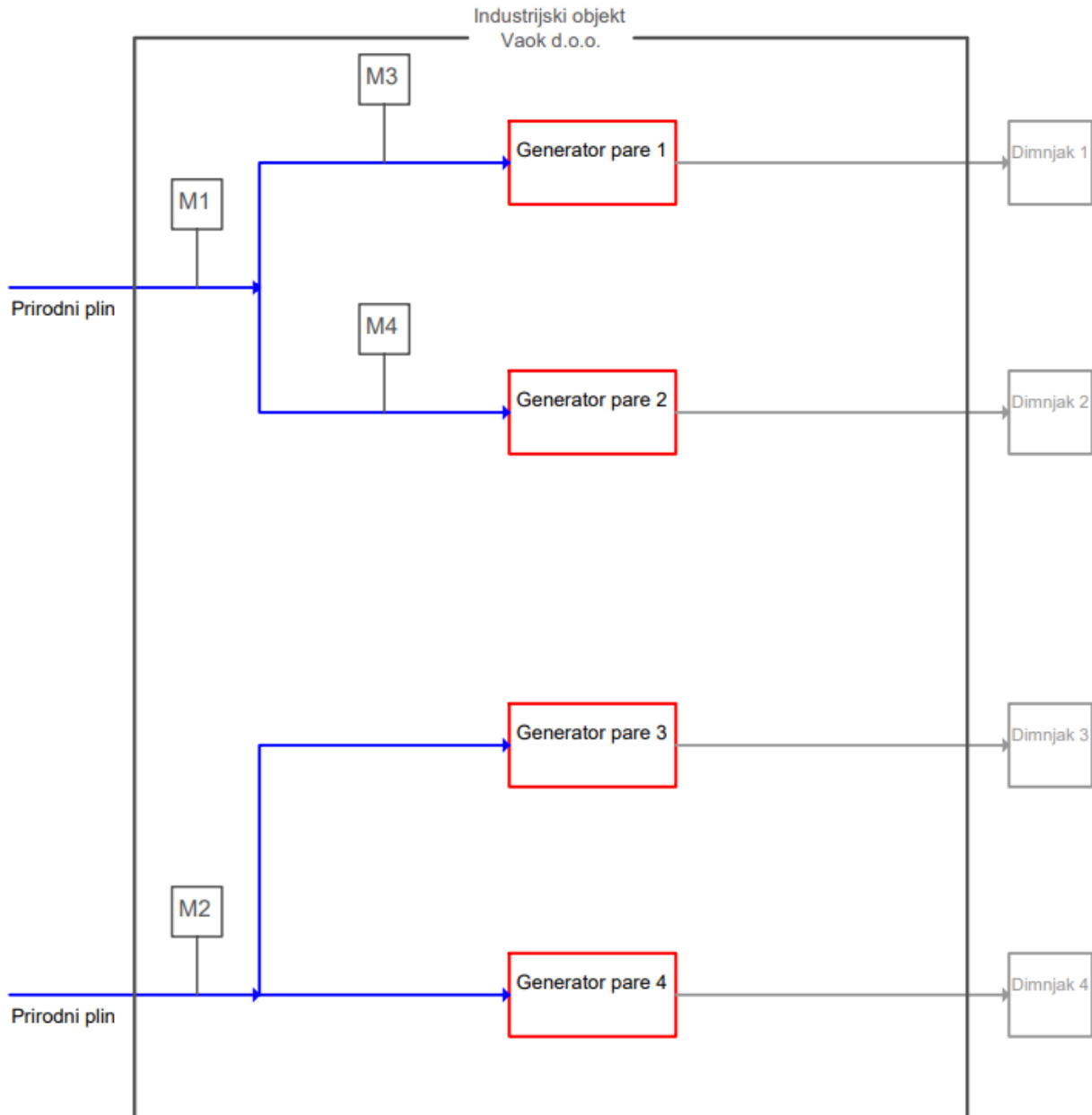
## 5.2. Kratak opis aktivnosti industrijskog objekta

Primarne djelatnosti ovog industrijskog objekta su prerada i proizvodnja hrane, odnosno mesa. Prilikom prerade i proizvodnje hrane, te ostalih proizvodnih procesa upotrebljava se para i toplina. Također, dobivena toplina koristi se za grijanje postrojenja u hladnijem periodu godine, a para iz generatora pare upotrebljava se za proizvodnju električne energije, koja se onda upotrebljava isključivo za vlastite potrebe. Unutar industrijskog objekta, u kotlovnici su smještena četiri generatora pare. Prirodni plin se koristi kao gorivo, koje pogoni generatore pare, a ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) dobiven proizvodnim procesom se emitira kroz četiri dimnjaka generatora pare. Snage generatora pare redom iznos 29MW, 29MW, 9MW, 12MW. Ukupni kapacitet kotlova iznosi zbroj 79MW.

## 5.3. Opis industrijskog objekta i definicija postrojenja

### 5.3.1. Shematski prikaz postrojenja

Generatori pare 1 i 2 dostavljaju potrebnu toplinu i paru za termičku obradu hrane, te proizvodnju struje. Nazivni kapacitet oba generatora pare iznosi 29MW, te time ispunjavaju većinu potreba navedenog industrijskog objekta. Generatori pare 3 i 4 upotrebljavaju se prilikom pripreme hrane za termičku obradu, završnu obradu i povremeno grijanje postrojenja. Nazivna snaga navedenih generatora pare iznosi 9MW i 12MW.



Slika 11. Shematski prikaz postrojenja s naznačenim granicama

Gorivo, koje se koristi za sve generatore pare je prirodni plin. On se dostavlja putem distribucijske mreže na koju se priključeno navedeno postrojenje. Podaci o potrošnji, kao i o sastavu plina dostavljaju se svakih petnaest dana. Dimni plinovi svakog od generatora pare odvede se zasebnim dimnjacima. Ovo industrijsko postrojenje sudjeluje u trgovanju emisijskim jedinicama.

### 5.3.2. Identifikacija izvora emisija, jedinica postrojenja i brojila

Niže su dane tablice s specifikacijama potrebnim za identifikaciju izvora emisija, jedinica postrojenja i brojila. Između niže danih tablica i shematskog prikaza postrojenja prikazanog ranije na slici (Slika 11.) ostvarena je korelacija.

Tablica 4. Identifikacija izvora emisija

Naziv izvora emisija	Identifikacija	Porijeklo	Oznaka	Godišnje emisije CO <sub>2</sub> iz postrojenja [tona i %] godišnje		
				2018.	2019.	2020.
Nazivi za izvore emisija korišteni u industrijskom objektu	Prirodni plin	Plinovod d.d.	PP1	42.201,87 (100%)	38.954,45 (100%)	40.185,66 (100%)
Ukupno				42.201,87 (100%)	38.954,45 (100%)	40.185,66 (100%)

U tablici (Tablica 4.) je iznesena prosječna godišnja emisija stakleničkih plinova tokom perioda od 2018. do 2020. godine.

Tablica 5. Identifikacija jedinica postrojenja

Naziv jedinice postrojenja	Identifikacija	Oznaka	Kapacitet izgaranja [MW]	Kapacitet proizvodnje [tona/dan]	U sustavu praćenja [da/ne]
Generator pare 1	Generator pare	GP1	29	-	Da
Generator pare 2	Generator pare	GP2	29	-	Da
Generator pare 3	Generator pare	GP3	9	-	Da
Generator pare 4	Generator pare	GP4	12	-	Da

Tablica 6. Identifikacija brojila

Naziv brojila	Identifikacija	Oznaka
Plinomjer s turbinom	Plinomjer	M1
Plinomjer s turbinom	Plinomjer	M2
Plinomjer s turbinom	Plinomjer	M3
Plinomjer s turbinom	Plinomjer	M4

## 5.4. Metodologija za praćenje emisija

### 5.4.1. Razvrstavanje postrojenja

Prema navedenim uvjetima razvrstavanje postrojenja se vrši na kategorije A,B ili C. Ovisno o ukupnim godišnjim emisijama stakleničkih plinova.

Tablica 7. Razvrstavanje postrojenja prema kategorijama

Kategorija	Opis
Kategorija A	postrojenja s ukupnom godišnjom emisijom $\leq 50$ kilotona CO <sub>2</sub>
Kategorija B	postrojenja s ukupnom godišnjom emisijom $>50$ kilotona i $\leq 500$ kilotona CO <sub>2</sub>
Kategorija C	postrojenja s ukupnom godišnjom emisijom $> 500$ kilotona CO <sub>2</sub>

Postrojenje VAOK Tvornica hrane d.o.o., kao što je vidljivo iz tablice (Tablica 4.) pripada u kategoriju A. U prosjeku godišnje za period između 2018. i 2020. godine ispušta oko 40 kilotona CO<sub>2</sub> emisija, što je manje od 50 kilotona CO<sub>2</sub> emisija.

### 5.4.2. Izbor između proračuna i mjerenja

Moguće je izabrati između proračuna i mjerenja CO<sub>2</sub> emisija. VAOK Tvornica hrane d.o.o. će na osnovu proračuna utvrđivati količinu emitiranih stakleničkih plinova.

### 5.4.3. Opis metodologije za praćenje emisija

Jednostavni industrijski objekti, kao što je VAOK Tvornica hrane d.o.o., računaju emitirane emisije štetnih plinova prema izvoru emisije prirodnog plina. Naime, navedeni industrijski objekti zahvaćeni sustavom praćenja emisija stakleničkih plinova, koji upotrebljavaju samo prirodni plin, okarakteriziraju se kao jednostavni industrijski objekti. Potrošnja, odnosno količina dostavljenog prirodnog plina utvrđuje se uz pomoć faktura dostavljenih od strane dobavljača plina Plinovod d.d., koji je naveden u tablici (Tablica 3.), te se one zatim zbrajaju kako bi se izračunala ukupna suma potrošenog prirodnog plina.

#### 5.4.4 Prikaz izračuna emisijskog faktora

Na sljedećoj slici prikazan je proračun emisijskog faktora za prirodni plin. On se računa uz pomoć dane tablice od strane ministarstva, koja se nalazi u programu Excel.

Tablica unutar programa se popunjava uz pomoć dobivenih podataka od strane dobavljača prirodnog plina, koji dostavlja laboratorijsku analizu sastava plina.

Laboratorijska analiza sastava plina sastoji se od donje ogrjevne vrijednosti, gustoće plina i sastava plina u postocima, uz to dobavljač doprema podatke i o potrošnji prirodnog plina.

Postotak ugljika u prirodnom plinu računa se iz sastava ostalih kemijskih spojeva kao što su metan ( $\text{CH}_4$ ), etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), pentan ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i dušika ( $\text{N}_2$ ) u prirodnom plinu.

Izračun emisijskog faktora vrši se pri standardnim uvjetima, a standardni uvjeti su:

- tlak  $p = 101\,325\text{ Pa}$
- temperatura  $t = 15^\circ\text{C}$ .

Molarni volumen računa se prema formuli:

$$V_m = R \times T / p \quad (1)$$

Gdje je:

$V_m$	$\text{m}^3/\text{kmol}$	Molarni volumen
$R$	$\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$	Univerzalna plinska konstanta
$T$	K	Apsolutna temperatura
$p$	Pa	Apsolutni tlak

Predodan je primjer za prvu fakturu u siječnju. Dobivene podatke s fakture unose se u tablicu, te na temelju istih podataka dobiva se emisijski faktor.

## PRORAČUN EMISIJSKOG FAKTORA ZA PLIN

Udio ugljika u prirodnom plinu (kg C/m<sup>3</sup> PP) izračunava se iz udjela CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>12</sub>, CO<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> u prirodnom plinu. Mjerenja se provode pri standardnim uvjetima (1013,25 mbar, 15 °C) pa se molarni volumen izračunava prema izrazu:  $V = R \cdot T / p$

uvjeti: 101325 Pa  
15 °C (288,15 K)  
 $V = R \cdot T / p$  23,64 m<sup>3</sup>/kmol molarni volumen  
Hd 34,550 MJ/m<sup>3</sup> donja ogrjevna vrijednost za standardne uvjete očitana s laboratorijske analize (fakture)  
vrijedi i u slučaju volumnih i u slučaju masenih udjela

Zadani volumni udjeli: (u zelena polja potrebno je upisati vrijednosti iz laboratorijske analize)											
spoj	vol. %	x (vol. udio)	M kg/kmol	Ro kg/m <sup>3</sup>	w kg spoja/kg PP	w(C), kg C/kg spoja	kg C/kg PP	kg C/m <sup>3</sup> PP	Pretvorbeni faktor	EF (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> PP)	EF (t CO <sub>2</sub> /TJ)
CH <sub>4</sub> (C <sub>1</sub> )	95,07	0,9507	16,0426	0,6785	0,9101	0,7480	0,6807	0,4825			
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (C <sub>2</sub> )	3,11	0,0311	30,0694	1,2718	0,0558	0,7982	0,0445	0,0316			
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (C <sub>3</sub> )	0,17	0,0017	44,0962	1,8650	0,0045	0,8164	0,0037	0,0026			
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (i-C <sub>4</sub> + n-C <sub>4</sub> )	0,04	0,0004	58,1230	2,4583	0,0014	0,8258	0,0011	0,0008			
C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> (i-C <sub>3</sub> + n-C <sub>3</sub> )	0,03	0,0003	72,1498	3,0516	0,0013	0,8316	0,0011	0,0008			
CO <sub>2</sub>	0,06	0,0006	44,0090	1,8614	0,0016	0,2727	0,0004	0,0003			
N <sub>2</sub>	1,52	0,0152	28,0140	1,1848	0,0254	0,0000	0,0000	0,0000			
suma	100,00			0,7088	1,0000			0,5186	3,664	1,900	55,0

EMISIJSKI FAKTOR: 55,0 t CO<sub>2</sub>/TJ

gustoća plina 0,7103 kg/m<sup>3</sup> gustoća plina za standardne uvjete očitana s laboratorijske analize

Zadani maseni udjeli: (u zelena polja potrebno je upisati vrijednosti iz laboratorijske analize)												
spoj	mas %	w (maseni udio)	M kg/kmol	V spoja m <sup>3</sup>	x (vol. udio)	Ro kg/m <sup>3</sup>	w(C), kg C/kg spoja	kg C/kg PP	kg C/m <sup>3</sup> PP	Pretvorbeni faktor	EF (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> PP)	EF (t CO <sub>2</sub> /TJ)
CH <sub>4</sub> (C <sub>1</sub> )	91,03	0,9103	16,0426	1,3416	0,9507	0,6785	0,7480	0,6809	0,4825			
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (C <sub>2</sub> )	5,58	0,0558	30,0694	0,0439	0,0311	1,2718	0,7982	0,0445	0,0316			
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (C <sub>3</sub> )	0,45	0,0045	44,0962	0,0024	0,0017	1,8650	0,8164	0,0037	0,0026			
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (i-C <sub>4</sub> + n-C <sub>4</sub> )	0,15	0,0015	58,1230	0,0006	0,0004	2,4583	0,8258	0,0012	0,0009			
C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> (i-C <sub>3</sub> + n-C <sub>3</sub> )	0,07	0,0007	72,1498	0,0002	0,0002	3,0516	0,8316	0,0006	0,0004			
CO <sub>2</sub>	0,16	0,0016	44,0090	0,0009	0,0006	1,8614	0,2727	0,0004	0,0003			
N <sub>2</sub>	2,56	0,0256	28,0140	0,0216	0,0153	1,1848	0,0000	0,0000	0,0000			
suma	100,00			1,4112	1,0000	0,7086			0,5183	3,664	1,899	55,0

EMISIJSKI FAKTOR: 55,0 t CO<sub>2</sub>/TJ

Slika 12. Primjer izračuna emisijskog faktora za prirodni plin



### 5.4.5. Proračun CO<sub>2</sub> emisija

Proračun CO<sub>2</sub> emisija, „podatak o djelatnosti“ temelji se na potrošni izvora emisija prirodnog plina. Dakle, emisije nastale izgaranjem su povezane s potrošnjom goriva.

Proračun CO<sub>2</sub> emisija, koje nastaju izgaranjem goriva, računaju se umnoškom potrošene količine goriva, emisijski faktor, oksidacijskim faktorom (ovisi o vrsti goriva) i donje ogrjevne moći.

Izračun CO<sub>2</sub> emisija koje nastaju sagorijevanjem prirodnog plina:

$$\begin{aligned}
 &CO_2 \text{ (prirodni plin)} \\
 &= \text{faktor oksidacije} \times \text{potrošnja} \times \text{emisijski faktor} \\
 &\times \text{donja ogrjevna moć} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Gdje je:

CO <sub>2</sub> (prirodni plin):	tona	emisije od izgaranja
Faktor oksidacije:	-	maksimalna vrijednost (1,00)*
Potrošnja:	m <sup>3</sup>	iščitano s fakture
Emisijski faktor:	tona CO <sub>2</sub> /TJ	za prirodni plin, iščitan s fakture (proračun na temelju kromatografske analize)
Donja ogrjevna moć:	TJ/m <sup>3</sup>	za prirodni plin, iščitan s fakture.

\*Radi onemogućavanja mogućnosti podcjenjivanja emisije, faktora oksidacije izračunava se s maksimalnom mogućom vrijednosti, zbog nemogućnosti mjerenja.

Primjer izračuna CO<sub>2</sub> emisija koje nastaju sagorijevanjem prirodnog plina (za prvi dio siječnja 2020. godine):

Potrošnja	1050275,00	m <sup>3</sup>
Donja ogrjevna moć	34,55*10 <sup>-6</sup>	TJ/m <sup>3</sup>
Emisijski faktor	55,00	tona CO <sub>2</sub> /TJ
Oksidacijski faktor	1,0	-
CO <sub>2</sub> (prirodni plin)	1995,785069	tona

$$CO_2 \text{ (prirodni plin)} = 1050275 \times 34,55 \times 10^{-6} \times 55 \times 1 = 1995,79 \text{ tona } CO_2 \quad (3)$$

Proračun ukupnih emisija CO<sub>2</sub>, na temelju dvije fakture mjesečno, prema iznad navedenoj formuli 2.

Tablica 8. Proračun ukupnih emisija CO<sub>2</sub>

FAKTURA	POTROŠNJA	Donja ogrjevna moć	Emisijski faktor	CO <sub>2</sub> (prirodni plin)
Za razdoblje	m <sup>3</sup>	TJ/m <sup>3</sup>	Tona CO <sub>2</sub> /TJ	Tona
Siječanj-1	1050275	34,55*10 <sup>-6</sup>	55,00	1995,785069
Siječanj-2	1145810	34,91*10 <sup>-6</sup>	54,2	2167,748885
Veljača-1	1429182	34,04*10 <sup>-6</sup>	54,7	2661,454719
Veljača-2	1177759	34,38*10 <sup>-6</sup>	54,97	2225,738142
Ožujak-1	1051266	34,08*10 <sup>-6</sup>	56,2	2013,717695
Ožujak-2	1090529	35,19*10 <sup>-6</sup>	54	2072,257892
Travanj-1	751950	34,18*10 <sup>-6</sup>	56,3	1447,131607
Travanj-2	881458	35,26*10 <sup>-6</sup>	54,6	1696,997897
Svibanj-1	1111780	34,52*10 <sup>-6</sup>	55,5	2130,015633
Svibanj-2	993945	34,40*10 <sup>-6</sup>	55,8	1907,957261
Lipanj-1	993160	35,19*10 <sup>-6</sup>	54,5	1904,708612
Lipanj-2	1028805	34,36*10 <sup>-6</sup>	56,1	1983,203341
Srpanj-1	762055	35,26*10 <sup>-6</sup>	54,9	1475,183158
Srpanj-2	625995	34,67*10 <sup>-6</sup>	55,5	1204,484259
Kolovoz-1	100105	35,30*10 <sup>-6</sup>	55	194,3589955
Kolovoz-2	129440	34,72*10 <sup>-6</sup>	56	251,6599725
Rujan-1	234265	35,57*10 <sup>-6</sup>	54,5	454,1954509
Rujan-2	476390	34,70*10 <sup>-6</sup>	54,9	907,4956833
Listopad-1	844555	35,02*10 <sup>-6</sup>	56	1656,142637
Listopad-2	891110	35,21*10 <sup>-6</sup>	54,4	1707,036867
Studenj-1	994665	35,13*10 <sup>-6</sup>	54,8	1914,781737
Studenj-2	1010555	34,53*10 <sup>-6</sup>	56,4	1968,043446

Prosinac-1	1096560	$35,58 \cdot 10^{-6}$	54,2	2114,921409
Prosinac-2	1100595	$34,57 \cdot 10^{-6}$	56	2130,637247
Ukupne emisije CO <sub>2</sub>			tona CO <sub>2</sub>	40.185,66

Nakon što se izračuna emisija za svaki mjesec u godini (dvije fakture mjesečno, dvadeset i četiri fakture ukupno), nužno je napraviti sumu svih faktura, kako bi se mogla izračunati ukupna suma emisija CO<sub>2</sub>. Također, ukoliko imamo i druge izvore emisija i njih je nužno pridodati ovdje, međutim kao što je već ranije objašnjeno, u navedenom postrojenju se samo upotrebljava prirodni plin.

$$\begin{aligned}
 CO_2 \text{ (prirodni plin, godišnja suma)} &= 1995,79 + 2167,75 + \\
 &2661,45 + 2225,74 + 2013,72 + 2072,26 + 1447,13 + 1696,99 + \\
 &2130,02 + 1907,96 + 1904,71 + 1983,20 + 1475,18 + 1204,48 + \quad (4) \\
 &194,36 + 251,66 + 454,20 + 907,5 + 1656,14 + 1707,04 + 1914,78 + \\
 &1968,04 + 2114,92 + 2130,64 = 40.185,66 \text{ tona } CO_2
 \end{aligned}$$

## 5.5. Način računanja varijabli i određivanje nesigurnosti

Tablica 9. Podjela izvora emisija

Izvor emisija	Emisija*	Kategorija izvora
Prirodni plin	40.447,33 (100%)	Veliki izvor emisija

\*Navedena emisija je prosjek perioda između 2018. i 2020. godine.

Kao što je već ranije spomenuto iz tablice (Tablica 9.) vidljivo je da postrojenje VAOK Tvornica hrane d.o.o. pripada u kategoriju A, ukupne godišnje emisije iznose manje od 50 kilotona CO<sub>2</sub>.

Tablica 10. Zahtijevana razina točnosti za izvore emisija

Izvor emisija	Varijabla	Zahtijevana razina točnosti	
		Razina	Vrijednost
Prirodni plin	Potrošnja prirodnog plina	4	± 1,5%
	Donja ogrjevna moć	3	Izmjerena donja ogrjevna moć

	Emisijski faktor	3	Proračun na temelju kromatografske analize
	Oksidacijski faktor	3	Maksimalna vrijednost (1,00)*

\*Radi onemogućavanja mogućnosti podcjenjivanja emisije, faktora oksidacije, izračunava se s maksimalnom mogućom vrijednosti, zbog nemogućnosti mjerenja.

Radi ispunjavanja zahtjeva točnosti, niže u tablici (Tablica 11.) prikazane su metode određivanja varijabli, koje su korištene pri izračunu emisija CO<sub>2</sub>.

Tablica 11. Metoda određivanja varijabli

Izvor emisije	Varijabla	Jedinica	Metoda određivanja	Fiksna vrijednost
Prirodni plin	Potrošnja prirodnog plina	m <sup>3</sup>	Faktura dobavljača	-
	Donja ogrjevna moć	TJ/m <sup>3</sup>	Faktura dobavljača	-
	Emisijski faktor	tona CO <sub>2</sub> /TJ	Faktura dobavljača	-
	Oksidacijski faktor	-	Maksimalna vrijednost	1,0

U sljedećoj tablici (Tablica 12.) prikazani su mjerni instrumenti.

Tablica 12. Popis mjernih instrumenata

Mjerni instrument	Vrsta	Tehnički opis	Lokacija	Napomena
Plinomjer s turbinom	Mjerilo protoka	-	VAOK	Godišnje umjeravanje
Plinomjer s turbinom	Mjerilo protoka	-	VAOK	Godišnje umjeravanje
Plinomjer s turbinom	Mjerilo protoka	-	VAOK	Godišnje umjeravanje
Plinomjer s turbinom	Mjerilo protoka	-	VAOK	Godišnje umjeravanje

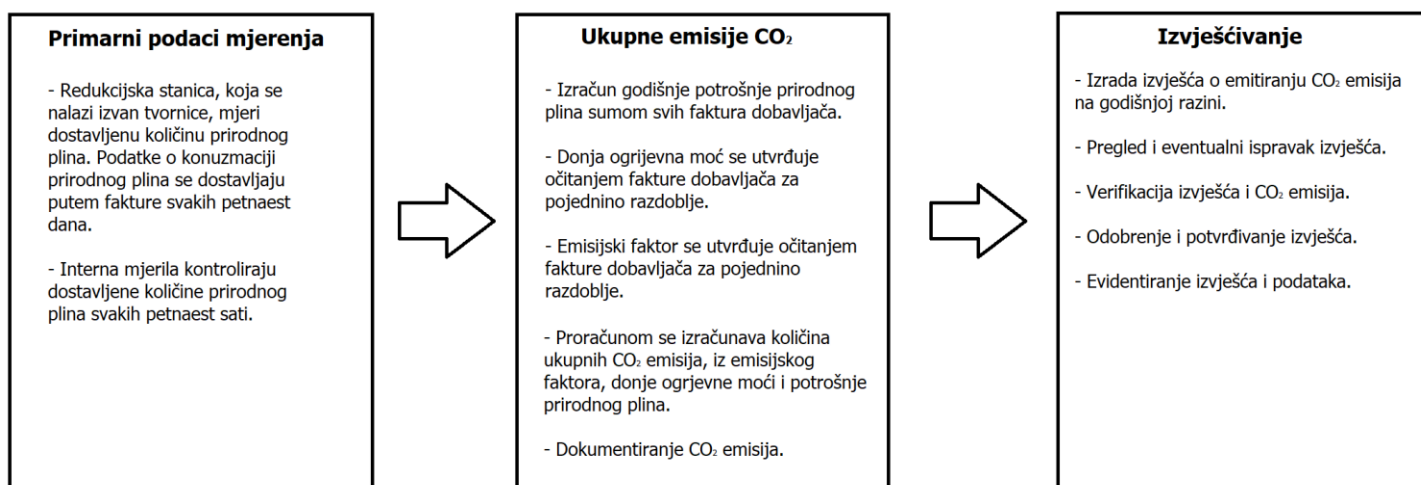
Prirodni plin se doprema od strane nezavisnog dobavljača, te on na mjesečnoj bazi dostavlja dvije fakture, svakih petnaest dana. Iz faktura se preuzimaju vrijednosti o donjoj ogrjevnoj moći i o potrošnji. Zbog navedenog razloga nesigurnost o potrošnji ili donjoj ogrjevnoj mogu se obrazložiti.

## 5.6. Odstupanja i izmjene

Odstupanja u izvještaju o praćenju emisija stakleničkih plinova ne postoje u komparaciji s uvjetovanom strukturom plana praćenja. Također, izmjene ne postoje s obzirom da je ovo prvi puta da se izvještaj predaje na kontrolu za 2020. godinu.

## 5.7. Slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja

### 5.7.1. Procedura za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja



Slika 13. Prikaz procedure za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja

Postupak određivanja ispuštene količine stakleničkih plinova se može definirati na više načina. Stoga, je potrebna propisana procedura za postrojenje, koja će prikazivati procese, odnosno postupak određivanja. Postupak koji VAOK Tvornica hrane d.o.o. primjenjuje je očitavanje dostavljene količine prirodnog plina s fakture dobivene od strane dobavljača, te kontrolira istu uz pomoć internih mjerila. Interna mjerila se, kao što je već navedeno, jednom godišnje provjeravaju, te se utvrđuje njihova točnost. Ovim postupkom možemo biti sigurni pri utvrđivanju utrošenih količina prirodnog plina.

### 5.7.2 Prikaz poslova za slijed aktivnosti od mjerenja do izvješćivanja

S obzirom da se izračun emisija stakleničkih plinova vrši na temelju faktura, koje obračunava dobavljač prirodnog plina, nema potrebe za provedbom primarnih mjerenja u svrhu izračuna istih.

U poglavlju 5.4.4. Proračun CO<sub>2</sub> emisija, definirana je formula prema kojoj se računaju CO<sub>2</sub> emisije za prirodni plin:

$$\begin{aligned}
 CO_2 (\text{prirodni plin}_{\text{polumjesečno}}) &= \text{faktor oksidacije} \times \text{potrošnja}_{\text{polumjesečno}} \\
 &\times \text{emisijski faktor}_{\text{polumjesečno}} \\
 &\times \text{donja ogrjevna moć}_{\text{polumjesečno}}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Također, u istom poglavlju 5.4.4. Proračun CO<sub>2</sub> emisija, objašnjeno je da svaka od faktura predstavlja dio mjeseca, odnosno da se obračun vrši dva puta mjesečno, to jest polumjesečno. To znači da imamo dvadeset i četiri fakture godišnje. Suma svih faktura čini godišnju potrošnju prirodnog plina, za koji treba izračunati ukupnu ispuštenu količinu CO<sub>2</sub> emisija. Shodno tome formula za ukupne CO<sub>2</sub> emisije iznosi:

$$CO_2 (\text{prirodni plin}_{\text{godišnje}}) = \sum_{n=1}^{24} CO_2 (\text{prirodni plin}_{\text{polumjesečno}}) \tag{6}$$

U tablici (Tablica 8.) prikazan je izračun CO<sub>2</sub> emisija na polumjesečnoj bazi, za svaku od faktura, te je na dnu tablice napravljena suma svih faktura, odnosno CO<sub>2</sub> emisija.

Tablica 13. Slijed aktivnosti prilikom dostavljanja podataka za potrošnju prirodnog plina

Aktivnost	Tko dostavlja podatke i kako	Vremensko razdoblje za koje se podaci dostavljaju	Porijeklo podataka - očitavanje
Količina prirodnog plina	Rukovoditelj postrojenja	Polumjesečno	Faktura dobavljača - računovodstvo

Dokumentiranje potrošenog prirodnog plina bilježi se na procesnom računalu. Uz to računovodstvo pohranjuje dostavljene fakture o potrošnji prirodnog plina, te se stvaraju kopije istih, koje se zatim pohranjuju u registar s ostatkom dokumentacije, koji je vezan za praćenje emisija stakleničkih plinova.

## **5.8. Opis potrebnih sredstva**

Sredstva potrebna za izvršavanje dužnosti određivanja i evidentiranja CO<sub>2</sub> emisija su:

- Mjerni instrumenti, koji su navedeni i opisani u ranijim poglavljima.
- Baza podataka, koja se nalazi na procesnom računalu i serveru.
- Sustavi, koji pohranjuju podatke u bazu, te ih obrađuju na procesnom računalu.
- Razni pomoćni alati, koji se upotrebljavaju u svrhu određivanja i evidentiranja CO<sub>2</sub> emisija.

Procesno računalo nalazi se na lokaciji VAOK Tvornica hrane d.o.o., te njime upravljaju isključivo ovlaštene osobe. Navedeni podaci su u svakom trenutku dostupni ovlaštenim osobama. Podaci koji su pohranjeni na računalu su zaštićeni, te se za iste stvara sigurnosna kopija, koja se upotrebljava u slučaju kvara računala. Isti ti podaci se čuvaju jednako dugo propisanom zakonskom roku u fizičkom i digitalnom obliku.

## **5.9. Interna validacija**

### ***5.9.1. Aktivnost interne validacije***

Ovo poglavlje se fokusira na umjeravanje i održavanje opreme za mjerenje i periodičku uspostavu pojedinih kriterija kod utvrđivanja emisija. Kriteriji se implementiraju na vlastitoj mjernoj opremi, te kada postrojenje određuje faktore i parametre s kojima vrši izračun. Cilj ovog poglavlja je minimizirati rizik pojave grešaka u izvješću.

VAOK Tvornica hrane d.o.o. ne upotrebljava vlastitu opremu kako bi izračunala CO<sub>2</sub> emisije, niti određuje faktore i parametre s kojima vrši izračun. Stoga, izračun se vrši na temelju faktura dostavljenih od dobavljača prirodnog plina.

## **5.10. Osiguranje i kontrola kvalitete**

### **5.10.1. Procedure osiguranja kvalitete**

#### **5.10.1.1. Interne neovisne ocjene, upravljanje dokumentacijom i evidentiranje zapisa**

Svi sustavi upravljanja, odnosno procedure i prikazi poslova, navedeni u ranijim poglavljima, provode se prema neovisnoj ocjeni u skladu s zahtjevima sustava ISO9001, HALAL, HACCP, KOSHER i drugi.

Prilikom prve izrade izvještaja nužna je kontrola, odnosno neovisna ocjena istog. Svaki sljedeći put kontrola se vrši unutar perioda od tri godine. Prilikom kontrole ukoliko su otkriveni nedostaci, oni se otklanjaju unutar perioda od šest mjeseci.

Organizacija ili osoba zadužena za provedbu neovisne ocjene, izrađuje vlastiti izvještaj, koji obuhvaća planirane popravne radnje, ako su potrebne i zaključak. Isto izvješće se dokumentira i pohranjuje, kao i izvršene popravne radnje na za to predviđenom računalu u VAOK Tvornica hrane d.o.o. Kao što je već spomenuto ranije, sva dokumentacija povezana s izvještavanjem o stakleničkim plinovima se pohranjuje u digitalnom i fizičkom obliku na prijavljenoj adresi tvornice. Digitalna dokumentacija pohranjena je na procesnom računalu, zajedno s sigurnosnom kopijom. Dokumentacija u fizičkom obliku je pohranjena u registar namijenjen za praćenje emisija stakleničkih plinova. Ovim putem dokumentacija je u svakom trenutku raspoloživa svim ovlaštenim osobama. Isti ti podaci se čuvaju jednako dugo propisanom zakonskom roku u fizičkom i digitalnom obliku. Po isteku roka, više ne važeća dokumentacija se uklanja, radi osiguranja neispravne upotrebe.

Vodi se zasebna evidencija zapisa o kvaliteti i operacijama koje se provode. Kod evidencije zapisa o kvaliteti svi zapisi moraju sadržavati naziv, lokaciju, sigurnosnu kopiju i osobu koja je rukovoditelj zapisa. Pri evidenciji zapisa potrebno je voditi brigu



o planovima neovisne ocjene i izvješće o neovisnoj ocjeni. Uz to potrebno je čuvati zapise minimalni propisani zakonski rok.

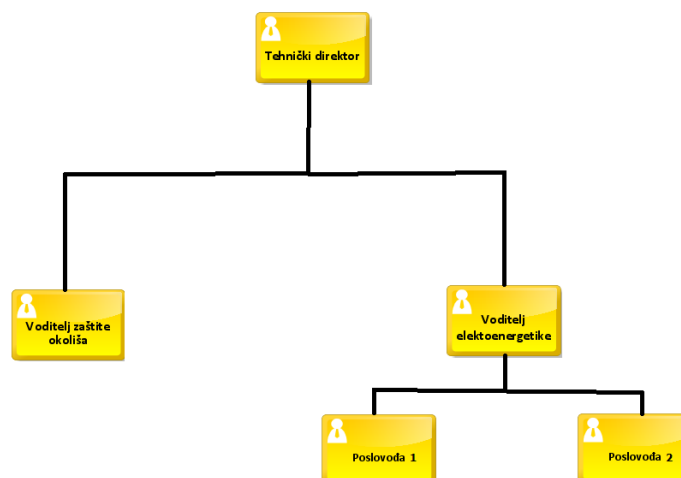
Evidencija operativnih zapisa mora sadržavati naziv, lokaciju, sigurnosnu kopiju i osobu koja je rukovoditelj zapisa, međutim uz te zahtjeve još i referencu na proceduru, koja se evidentira i prikaz poslova na koji se zapis odnosi. Evidencija operativnih zapisa obuhvaća izvješće o emisijama, zahtjev za izdavanje dozvole, plan praćenja, operativne podatke, proračun, rezultate praćenja emisija, pojašnjenje metodologije praćenja emisija, dnevnik izvanrednih radnji koje su imale utjecaja na praćenje emisija i tako dalje.

### 5.10.2. Osiguranje kvalitete aktivnosti koje obavljaju vanjske organizacije

Prilikom dostave fakture za isporučeni prirodni plin od strane dobavljača, dobavljač prilaže i analizu prirodnog plina, koja udovoljava normama HRN ISO 6976-1999 i HRN ISO 6974-5-2001.

### 5.11. Organizacija poduzeća

Na slici (Slika 14.) niže nalazi se strukturna podjela dijela organizacije unutar poduzeća VAOK Tvornica hrane d.o.o., koja je zadužena za provedbu i nadzor plana praćenja emisija.



Slika 14. Strukturna podjela organizacije

U sljedećoj tablici (Tablica 14.) nalazi se podjela zadatka, područja nadležnosti i odgovornosti za izvršenje plana praćenja emisija.

Tablica 14. Zadaci, područja nadležnosti i odgovornosti

Zadatak / radno mjesto I = izvršava O = odgovoran N = nadležan	Tehnički direktor	Voditelj zaštite okoliša	Voditelj elektroenergetike
Izrada Plana praćenja	N	O	I
Mjerenje		O	I
Evidencija mjerenja		O	I
Pregled mjerenja		O	I
Zamjenske vrijednosti za mjerenje		O	I
Ispravci mjerenja		O	I
Bilježenje praćenja / ispravak mjerenja		I	O
Određivanje emisija		I	O
Određivanje potrošnje / količine proizvodnje		I	O
Bilježenje emisija / potrošnje / količine proizvodnje		I	O
Pregled emisija / potrošnje / količine proizvodnje		I	O
Ispravci emisija / potrošnje / količine proizvodnje		I	O
Bilježenje praćenja / ispravak		I	O

## **6. Potencijal smanjenja ispuštanja ugljičnog dioksida u industrijskom postrojenju**

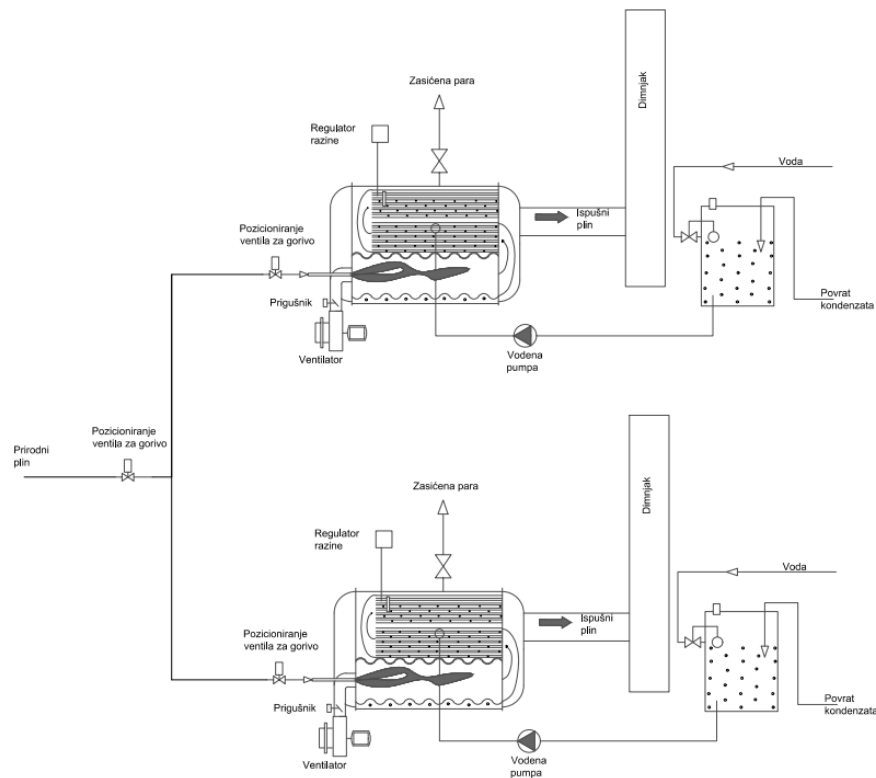
Neprekidno osvještavanje utjecaja na okoliš i konstantno pooštavanje zakona i regulacija prisiljavaju proizvođače na kontinuirano poboljšavanje vlastitog pogona, ukoliko smanjenje obujma proizvodnje ili zatvaranje pogona nisu opcije. Stoga, preostaju dvije opcije. Prva je ulaganje u nove tehnologije koje će osigurati smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova, međutim ta opcija je u startu skuplja, ovisno o poduzeću dugoročno možda i isplativija. Druga opcija je pokušaj optimizacije trenutne tehnologije u vidu poboljšanja efikasnosti rada, te s time i smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova, ali kao dugoročno rješenje ova opcija je upitna, zbog konstantnog pooštavanja mjera, te samim time i cijene ispuštanja stakleničkih plinova. Svako poduzeće stvara vlastite planove i računa što i kako im je najisplativije, dugoročno i kratkoročno.

S iznesenom problematikom za postojeće poduzeće VAOK Tvornica hrane d.o.o. provest će se programska analiza utjecaja pretička zraka na efikasnost generatora pare i količinu ispuštenog ugljičnog dioksida. Cilj je povećati efikasnost generatora pare prilagođavanjem pretička zraka radi poboljšanja procesa izgaranja, čime se postigne veća efikasnost rada generatora pare, smanjenje potrošnje goriva i smanjenje ispuštenog ugljičnog dioksida.

### **6.1. Generatori pare 1 i 2**

Prema preporučenim pogonskim parametrima od strane proizvođača generatora pare, koji se nalaze na nazivnoj pločici, proračunava se uz pomoć programa najbolja pogonska praksa, ali tek nakon što su uneseni podaci o gorivu, odnosno prirodnom plinu, koji su očitani s danih faktura od strane dobavljača. U većini slučajeva u praksi, ovi uvjeti rada ne mogu se postići, odnosno oni ne odgovaraju stvarnim uvjetima rada generatora pare, zbog raznih gubitaka u sustavu.

Shema generatora pare 1 i 2 je identična, kao i njihove tehničke karakteristike.



Slika 15. Shema generatora pare 1 i 2

Prema sljedećim parametrima:

- Potrošnja prirodnog plina: 2100 nm<sup>3</sup>/h.
- Radni tlak: 40 bar.
- Udio kisika u izlaznim plinovima: 3%.
- Temperatura napojne vode: 75 °C.
- Temperatura izlaznih plinova: 190 °C.

Name Plate Data (ultimate data)	
Rated Fuel Consumption, [nm <sup>3</sup> /h] =	2100
Working Pressure (abs), [bar] =	40
Flue Gas Oxygen Content, [%] =	3
Feed Water Temperature, [oC] =	75
Flue Gas Temperature, [oC] =	190
Boiler Water Conductivity, [μS/cm] =	2500
Feed Water Conductivity [μS/cm] =	100
Make-Up Water Temperature [oC] =	25
Combustion Air Temperature [oC] =	35

Slika 16. Nazivni podaci generatora pare 1 i 2

Best Practice Operation	
Saturated Steam Production, [t/h] =	25,55
q2 [%] =	22,87
q3 [%] =	0,00
q5 [%] =	0,34
q7 [%] =	1,75
Boiler Efficiency, [%] =	75,04
Excess Air, [-] =	1,1495
Fuel Energy, QF, [kW] =	23485,0
Useful Heat Energy, Q1, [kW] =	17622,1
Fuel Mass Flow Rate, MFkg, [kg/h] =	1459,5
Wet Flue Gasses Flow Rate, mwFG, [kg/h] =	30280,4

Slika 17. Najbolja pogonska praksa generatora pare 1 i 2

Na slici (Slika 17.) dobiveni su rezultati programske analize za najbolju pogonsku praksu. Ovo nije stvarno stanje promatranih generatora pare, jer su uneseni podaci s nazivne pločice, te se ovi podaci mogu koristiti samo kao referenca pri uspoređivanju stvarnih uvjeta rada. Ove podatke treba koristiti za nove kotlove ili za kotlove neposredno nakon čišćenja i potrebno je njima težiti. Na taj se način omogućava rad kotla na način koji je zamišljen i kojim iskorištavamo njegov pun potencijal.

Unošenjem podataka u program, a koji su dobiveni detaljnim energetske pregledom, izračunava se stvarno stanje promatranih kotlova. Uz pomoć tih podataka može se proanalizirati stanje kotla te simulirati drugačije parametre i na taj način pokušati povećati efikasnost generatora pare. Isto tako može se i procijeniti isplativost mjera poboljšanja efikasnosti i njezinih učinka na promatrane generatore pare.

<b>Fuel Flow Rate</b> Fuel Flow Rate, MF, [nm <sup>3</sup> /h] = 2069,37224	<b>Boiler Water</b> Pressure, pBW, [bar] = 40 Boiler Water Conductivity, [μS/cm] = 3500
<b>Combustion Air</b> Temperature, tA, [°C] = 35 Relative Humidity, RHA, [-] = 74 Pressure, pA, [bar] = 1	<b>Make-Up Water</b> Temperature, tMU [°C] = 25
<b>Flue Gas</b> Flue gas temperature, tFG, [°C] = 201 Flue gas pressure, pFG, [bar] = 1 Oxygen content, O <sub>2</sub> , [%] = 6 Carbon monoxide content, CO, [ppm] = 11	<b>Feed Water</b> Feed water temperature, tFW, [°C] = 75 Feed Water Conductivity, ECMU [μS/cm] = 200
	<b>Condensate Return</b> Condensate return temperature, tCR, [°C] = 83

Slika 18. Podaci dobiveni detaljnim energetske pregledom za generator pare 1 i 2

Dobivene rezultate možemo vidjeti na slici (Slika 19.) Možemo primijetiti da se dio parametara s nazivne pločice poštuju te da se ostvaruje dobar dio potencijala generatora pare. Efikasnost generatora pare iznosi 72,76%, uz potencijal za povećanje, koji treba istražiti u sljedećim koracima. Veliku većinu gubitaka u generatorima pare čini toplina izgubljena kroz dimne plinove. Temperatura izlaznih dimnih plinova je previsoka i količina kisika koja se nalazi u njima također je nezadovoljavajuća. Zbog toga velike količine topline su nam protraćene, te je nužno smanjiti emitiranu količinu topline koja se ispušta. Na taj način se povećava efikasnost promatranih generatora pare, smanjuje se potrošnja goriva i količina emitiranog ugljičnog dioksida.

<b>Main Data</b>		<b>Flue Gas</b>	
Fuel Consumption, MFuel, [nm <sup>3</sup> /h] =	2069,37	Excess Air, Lambda, [-] =	1,3587
Heat Input, QF, [kW] =	23142,5	CO <sub>2</sub> (vol.), vCO <sub>2</sub> [%] =	8,42
Heat Output Q1, [kW] =	16837,9	SO <sub>2</sub> (vol.), vSO <sub>2</sub> [%] =	0,0
Saturated Steam Production, MS, [t/h] =	24,418	N <sub>2</sub> (vol.), vN <sub>2</sub> [%] =	85,579
<b>Flow Rates</b>		Dry Flue Gases Flow Rate, mdFG [kg/h] =	31260,0
Make-up Water Flow Rate, mMU [t/h] =	3,57	Wet Flue Gases Flow Rate, mwFG [kg/h] =	35312,4
Feed Water Flow Rate, mFW [t/h] =	25,9	Volume Flow Rate of Flue Gas, vFG [m <sup>3</sup> /h] =	50517,5
Returned Condensate Flow Rate, mCR [t/h] =	22,33	Density of Wet Flue Gas, roFG [kg/kgwFG] =	0,6990
Percentage of Condensate Return, RC [%] =	86,2	Specific Heat of Flue Gas, cpFG [kJ/kg K] =	1,0135
Blow-Down Water Flow Rate, mBD [t/h] =	1,480	Absolute Humidity of Flue Gas, xFG [-] =	0,1296
<b>Losses</b>		Enthalpy of Wet Flue Gas, hFG [kJ/kg] =	577,17
FLUE GAS LOSS, Q <sub>2</sub> , [kW] =	2819,3	Air to Fuel ratio, A [-] =	22,9355
INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, Q <sub>3</sub> , [kW] =	1,3	kmol of Dry Flue Gas per kg of Fuel, B [kmol/kgF] =	0,7346
RADIATION LOSS, Q <sub>5</sub> , [kW] =	78,4	<b>Enthalpies</b>	
BLOW DOWN LOSS, Q <sub>7</sub> , [kW] =	387,0	Enthalpy of Water, hw,BW, [kJ/kg] =	1046,8
TOTAL HEAT LOSSES, QTot, [kW] =	3225,8	Enthalpy of Saturated Steam, hs,BW [kJ/kg] =	2798,2
<b>Efficiency</b>		Enthalpy, hMU [kJ/kg] =	105,3
FLUE GAS LOSS, q <sub>2</sub> , [%] =	25,21	Enthalpy, hFW [kJ/kg] =	315,8
INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, q <sub>3</sub> , [%] =	0,01	<b>Combustion Air</b>	
RADIATION LOSS, q <sub>5</sub> , [%] =	0,35	Enthalpy, hA [kJ/kg] =	104,4
BLOW DOWN LOSS, q <sub>7</sub> , [%] =	1,67	Absolute Humidity, xA [-] =	0,02700
<b>BOILER EFFICIENCY, etaB, [%] =</b>	<b>72,76</b>	<b>Emission</b>	
		Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	3914,17
		Carbon, C [kg/h] =	1067,50

Slika 19. Rezultati trenutačnog rada generatora pare 1 i 2

U sljedećem koraku uz pomoć programske analize primjenjuje se mjera PIM 1. Ova mjera izmjenjuje količinu kisika u dimnim plinovima, odnosno izmjenjuje pretičak zraka, te na taj način imamo bolje izgaranje prirodnog plina u sustavu. Iz prethodno dobivenih podataka detaljnim energetske pregledom uočene su nepotrebno velike količine kisika. Smanjenjem količine istog očekuje se povećanje efikasnosti, smanjenje potrošnje goriva i dimnih plinova. Regulacijom kisika smanjujemo razinu sa 6% na 1%, te uz njega i razinu ugljičnog monoksida.

Current Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 0
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =		6
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =		11
New Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 1
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =		1
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =		1

Slika 20. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 1 i 2

Izmjenom ovih podataka postizemo željene rezultate. Reducirana je količina topline koja se ispušta putem dimnih plinova, povećana je efikasnost generatora pare s 72,76% na 75,03%, što je povećanje za 2,27% te je smanjena potrošnja goriva za 3,02%, te posljedično time i količina ugljičnog dioksida u dimnim plinovima.

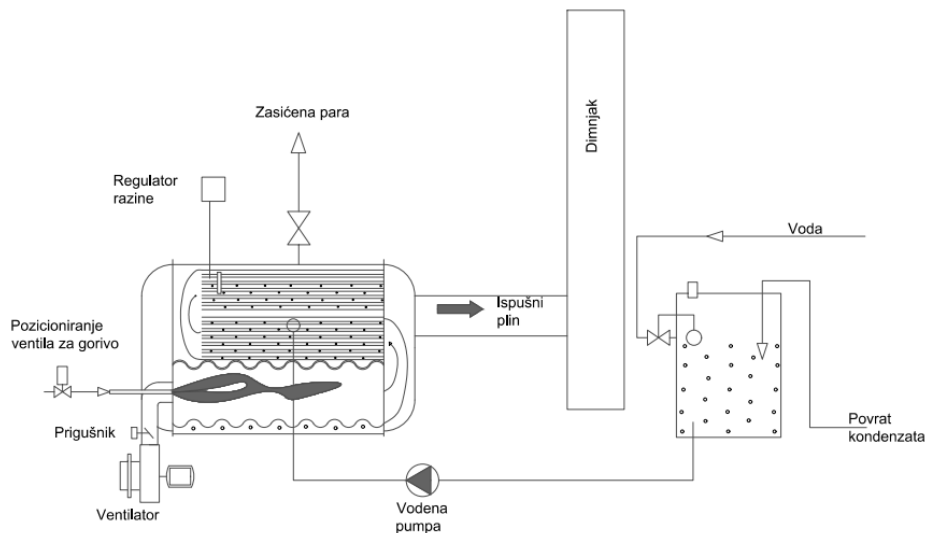
Boiler Efficiency		
	PIM 0	PIM 1
q <sub>2</sub> [%] =	25,21	22,88
q <sub>3</sub> [%] =	0,01	0,00
q <sub>5</sub> [%] =	0,35	0,37
q <sub>7</sub> [%] =	1,67	1,72
Efficiency [%] =	72,76	75,03
Excess Air, Lambda, [-] =	1,3587	1,0449
Fuel Saving		
	PIM 0	PIM 1
Fuel Consumption, mF, [nm <sup>3</sup> /h] =	2069,4	2006,8
Fuel Saving, FS, [%] =		-3,02
Emission		
	PIM 0	PIM 1
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	3914,17	3795,89
Carbon, C [kg/h] =	1067,50	1035,24

Slika 21. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generatorima pare 1 i 2

## 6.2. Generator pare 3

Shema generatora pare 3 je slična generatorima pare 1 i 2, međutim tehničke karakteristike im su različite. Radi se o slabijem generatoru pare koji obavlja manji obujam posla. U program se unose podaci zadani od strane proizvođača. Na temelju

tih podataka program izračunava najbolju pogonsku praksu, uz navedene parametre o gorivu. Kao što je već navedeno u ovom radu, ovi uvjeti rada ne mogu se postići, odnosno, oni ne odgovaraju stvarnim uvjetima rada generatora pare, zbog raznih gubitaka u sustavu.



Slika 22. Shema generatora pare 3

Parametri najbolje pogonske prakse:

- Potrošnja prirodnog plina: 750 nm<sup>3</sup>/h.
- Radni tlak: 10 bar.
- Udio kisika u izlaznim plinovima: 2%.
- Temperatura napojne vode: 75 °C.
- Temperatura izlaznih plinova: 185 °C.

Name Plate Data (ultimate data)	
Rated Fuel Consumption, [nm <sup>3</sup> /h] =	750
Working Pressure (abs), [bar] =	10
Flue Gas Oxygen Content, [%] =	2
Feed Water Temperature, [°C] =	75
Flue Gas Temperature, [°C] =	185
Boiler Water Conductivity, [μS/cm] =	2500
Feed Water Conductivity [μS/cm] =	100
Make-Up Water Temperature [°C] =	25
Combustion Air Temperature [°C] =	35

Slika 23. Nazivni podaci generatora pare 3



Najbolju pogonsku praksu za generator pare 3 možemo vidjeti na slici (Slika 24.) Podatke s nazivne pločice nije moguće postići čak ni u najboljoj pogonskoj praksi, zbog gubitaka koji se odvijaju u sustavu, međutim dane podatke treba upotrebljavati pri stavljanju generatora pare u pogon ili neposredno nakon čišćenja istog.

Podatke koje smo prikupili tokom detaljne energetske analize unosimo u program nakon što se izračuna najbolju pogonska praksa. Prilikom analiziranja podataka prikupljenih detaljnom energetskom analizom stječe se stvarna slika generatora pare.

Best Practice Operation	
Saturated Steam Production, [t/h] =	9,27
q2 [%] =	22,21
q3 [%] =	0,00
q5 [%] =	0,52
q7 [%] =	1,67
Boiler Efficiency, [%] =	75,60
Excess Air, [-] =	1,0945
Fuel Energy, QF, [kW] =	8387,5
Useful Heat Energy, Q1, [kW] =	6340,9
Fuel Mass Flow Rate, MFkg, [kg/h] =	521,3
Wet Flue Gasses Flow Rate, mwFG, [kg/h] =	10321,5
Emission	
Carbon Dioxide, CO2 [kg/h] =	1418,61
Carbon, C [kg/h] =	386,89

Slika 24. Najbolja pogonska praksa generatora pare 3

Uz pomoć analize može se simulirati rad kotla na različite načine i odlučiti se za najpovoljniji rad kotla.

<b>Fuel Flow Rate</b> Fuel Flow Rate, MF, [nm <sup>3</sup> /h] = 716,7616383	<b>Boiler Water</b> Pressure, pBW, [bar] = 10 Boiler Water Conductivity, [μS/cm] = 2500
<b>Combustion Air</b> Temperature, tA, [oC] = 35 Relative Humidity, RHA, [-] = 74 Pressure, pA, [bar] = 1	<b>Make-Up Water</b> Temperature, tMU [oC] = 25
<b>Flue Gas</b> Flue gas temperature, tFG, [oC] = 195 Flue gas pressure, pFG, [bar] = 1 Oxygen content, O2, [%] = 5 Carbon monoxide content, CO, [ppm] = 15	<b>Feed Water</b> Feed water temperature, tFW, [oC] = 77 Feed Water Conductivity, ECMU [μS/cm] = 100
	<b>Condensate Return</b> Condensate return temperature, tCR, [oC] = 85

Slika 25. Podaci dobiveni detaljnim energetskim pregledom generatora pare 3

Rezultate rada generatora pare 3 možemo vidjeti na slici (Slika 26.) Pregledom rezultata uočavamo da pretičak zraka generatora pare 3 nije zadovoljavajući, zbog prevelike količine kisika koja se nalazi u dimnim plinovima. Ova pojava nam označava nepotpuno izgaranje, bespotrebnu potrošnju goriva i dodatno zagađenje okoliša. Kako bi povećali efikasnost treba korigirati količinu kisika u dimnim plinovima kasnije u ovom postupku. Trenutačna efikasnost je 74,37%. Količina proizvedene pare iznosi 8,745 t/h. Količina ugljičnog dioksida koja se svakog sata proizvede je 1355,74 kg/h.

Main Data		Flue Gas	
Fuel Consumption, MFuel, [nm <sup>3</sup> /h] =	716,76	Excess Air, Lambda, [-] =	1,2803
Heat Input, QF, [kW] =	8015,8	CO <sub>2</sub> (vol.), vCO <sub>2</sub> [%] =	8,981
Heat Output Q1, [kW] =	5961,3	SO <sub>2</sub> (vol.), vSO <sub>2</sub> [%] =	0,0
Saturated Steam Production, MS, [t/h] =	8,745	N <sub>2</sub> (vol.), vN <sub>2</sub> [%] =	86,017
Flow Rates		Dry Flue Gases Flow Rate, mdFG [kg/h] =	10167,7
Make-up Water Flow Rate, mMU [t/h] =	1,21	Wet Flue Gases Flow Rate, mwFG [kg/h] =	11553,5
Feed Water Flow Rate, mFW [t/h] =	9,11	Volume Flow Rate of Flue Gas, vFG [m <sup>3</sup> /h] =	16347,4
Returned Condensate Flow Rate, mCR [t/h] =	7,9	Density of Wet Flue Gas, roFG [kg/kgwFG] =	0,7067
Percentage of Condensate Return, RC [%] =	86,7	Specific Heat of Flue Gas, cpFG [kJ/kg K] =	1,0129
Bolw-Down Water Flow Rate, mBD [t/h] =	0,364	Absolute Humidity of Flue Gas, xFG [-] =	0,1363
Losses		Enthalpy of Wet Flue Gas, hFG [kJ/kg] =	588,58
FLUE GAS LOSS, Q2, [kW] =	2710,1	Air to Fuel ratio, A [-] =	21,6113
INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, Q3, [kW] =	0,6	kmol of Dry Flue Gas per kg of Fuel, B [kmol/kgF] =	0,6887
RADIATION LOSS, Q5, [kW] =	42,0	Enthalpies	
BLOW DOWN LOSS, Q7, [kW] =	66,9	Enthalpy of Water, hw,BW, [kJ/kg] =	766,2
TOTAL HEAT LOSSES, QTot, [kW] =	2780,9	Enthalpy of Saturated Steam, hs,BW [kJ/kg] =	2778,1
Efficiency		Enthalpy, hMU [kJ/kg] =	105,3
FLUE GAS LOSS, q2, [%] =	24,23	Enthalpy, hFW [kJ/kg] =	324,2
INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, q3, [%] =	0,01	Combustion Air	
RADIATION LOSS, q5, [%] =	0,56	Enthalpy, hA [kJ/kg] =	104,4
BLOW DOWN LOSS, q7, [%] =	0,83	Absolute Humidity, xA [-] =	0,02700
<b>BOILER EFFICIENCY, etaB, [%] =</b>	<b>74,37</b>	Emission	
		Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	1355,74
		Carbon, C [kg/h] =	369,75

Slika 26. Rezultati trenutačnog rada generatora pare 3

Izmjenom količine kisika i ugljičnog monoksida u dimnim plinovima povećavamo efikasnost generatora, te smanjujemo količinu potrošenog goriva i ispuštenog ugljičnog dioksida.

Current Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 0
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =	5	
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =	15	
New Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 1
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =	2	
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =	3	

Slika 27. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 3

Rezultati djelovanja izmjene parametara su vidljivi na slici (Slika 28.) gdje je jasno povećanje efikasnosti u visini od 1,31%, smanjenje potrošnje goriva za 1,73% i time smanjeno zagađenje okoliša ugljičnim dioksidom. Ovi postoci na godišnjoj razini predstavljaju značajne uštede u potrošnji goriva i očuvanju našeg okoliša.

Boiler Efficiency		
	PIM 0	PIM 1
q2 [%] =	24,23	22,91
q3 [%] =	0,01	0,00
q5 [%] =	0,56	0,57
q7 [%] =	0,83	0,85
Efficiency[%] =	74,37	75,68
Excess Air, Lambda, [-] =	1,2803	1,0945

Fuel Saving		
	PIM 0	PIM 1
Fuel Consumption, mF, [nm <sup>3</sup> /h] =	716,8	704,3
Fuel Saving, FS, [%] =		-1,73

Emission		
	PIM 0	PIM 1
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	1355,74	1332,23
Carbon, C [kg/h] =	369,75	363,34

Slika 28. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generator pare 3

### 6.3. Generator pare 4

Generator pare 4 ima identičnu shemu kao i generator pare 3, te je shemu moguće vidjeti na slici Slika 22. Generator pare 4 koristi iste glavne parametre rada osim kapaciteta suhozasićene pare, koja je u ovom slučaju veća od generatora pare 3. Kako bi program mogao izračunati najbolju pogonsku praksu, potrebno je upisati podatke zadane od strane proizvođača generatora pare.

Parametri najbolje pogonske prakse:

- Potrošnja prirodnog plina: 970 nm<sup>3</sup>/h.
- Radni tlak: 10 bar.
- Udio kisika u izlaznim plinovima: 2%.
- Temperatura napojne vode: 75 °C.
- Temperatura izlaznih plinova: 188 °C.

Name Plate Data (ultimate data)	
Rated Fuel Consumption, [nm <sup>3</sup> /h] =	970
Working Pressure (abs), [bar] =	10
Flue Gas Oxygen Content, [%] =	2
Feed Water Temperature, [oC] =	75
Flue Gas Temperature, [oC] =	188
Boiler Water Conductivity, [ $\mu$ S/cm] =	2500
Feed Water Conductivity [ $\mu$ S/cm] =	100
Make-Up Water Temperature [oC] =	25
Combustion Air Temperature [oC] =	35

Slika 29. Nazivni podaci generatora pare 4

Nakon što su uneseni podaci s nazivne pločice program nam izračunava najbolju pogonsku praksu. Rezultate iste možemo vidjeti na slici (Slika 30.) Efikasnost generatora pare pri najboljoj pogonskoj praksi iznosi 75,48%, a količina suhozasićene pare 11,97 t/h. Kako bi postigli ove rezultate ili im se maksimalno približili potrebno je redovito održavati i čistiti kotao.

Best Practice Operation	
Saturated Steam Production, [t/h] =	11,97
q2 [%] =	22,38
q3 [%] =	0,00
q5 [%] =	0,47
q7 [%] =	1,67
Boiler Efficiency, [%] =	75,48
Excess Air, [-] =	1,0945
Fuel Energy, QF, [kW] =	10847,8
Useful Heat Energy, Q1, [kW] =	8188,3
Fuel Mass Flow Rate, MFkg, [kg/h] =	674,2
Wet Flue Gasses Flow Rate, mwFG, [kg/h] =	13349,1

Emission	
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	1834,73
Carbon, C [kg/h] =	500,38

Slika 30. Najbolja pogonska praksa generatora pare 4

U sljedećem koraku unose se podaci koje smo prikupili prilikom detaljne energetske analize. Program nakon toga nam izračunava radne uvjete u kojem generator pare radi.

<b>Fuel Flow Rate</b> Fuel Flow Rate, MF, [nm <sup>3</sup> /h] = 935,7721402	<b>Boiler Water</b> Pressure, pBW, [bar] = 10 Boiler Water Conductivity, [μS/cm] = 1000
<b>Combustion Air</b> Temperature, tA, [°C] = 35 Relative Humidity, RHA, [-] = 74 Pressure, pA, [bar] = 1	<b>Make-Up Water</b> Temperature, tMU [°C] = 25
<b>Flue Gas</b> Flue gas temperature, tFG, [°C] = 198 Flue gas pressure, pFG, [bar] = 1 Oxygen content, O <sub>2</sub> , [%] = 8 Carbon monoxide content, CO, [ppm] = 20	<b>Feed Water</b> Feed water temperature, tFW, [°C] = 75 Feed Water Conductivity, ECMU [μS/cm] = 50
	<b>Condensate Return</b> Condensate return temperature, tCR, [°C] = 80

Slika 31. Podaci dobiveni detaljnim energetske pregledom generatora pare 4

Parametre prema kojima generator pare 4 radi možemo vidjeti na slici (Slika 32.) Efikasnost generatora nije zadovoljavajuća, odstupanje između najbolje pogonske prakse i podataka dobivenih detaljnom energetske analizom je iznimno velika. Uzročnik tome je iznimno loš pretičak zraka koji upuhuje previše zraka u sustav, te time onemogućuje potpuno izgaranje. Korekcijom pretička zraka ovaj problem bi se trebao otkloniti. Efikasnost generatora pare u ovim uvjetima iznosi 72,06%, a količina ugljikovog dioksida koju proizvede iznosi 1769,99 kg/h.

<b>Main Data</b> Fuel Consumption, MFuel, [nm <sup>3</sup> /h] = 935,77 Heat Input, QF, [kW] = 10465,1 Heat Output Q1, [kW] = 7541,2 Saturated Steam Production, MS, [t/h] = 11,026	<b>Flue Gas</b> Excess Air, Lambda, [-] = 1,5519 CO <sub>2</sub> (vol.), vCO <sub>2</sub> [%] = 7,297 SO <sub>2</sub> (vol.), vSO <sub>2</sub> [%] = 0,0 N <sub>2</sub> (vol.), vN <sub>2</sub> [%] = 84,701 Dry Flue Gases Flow Rate, mdFG [kg/h] = 16255,6 Wet Flue Gases Flow Rate, mwFG [kg/h] = 18145,3 Volume Flow Rate of Flue Gas, vFG [m <sup>3</sup> /h] = 25703,4 Density of Wet Flue Gas, rhoFG [kg/kgwFG] = 0,7060 Specific Heat of Flue Gas, cpFG [kJ/kg K] = 1,0130 Absolute Humidity of Flue Gas, xFG [-] = 0,1163 Enthalpy of Wet Flue Gas, hFG [kJ/kg] = 534,80 Air to Fuel ratio, A [-] = 26,1952 kmol of Dry Flue Gas per kg of Fuel, B [kmol/kgF] = 0,8477
<b>Flow Rates</b> Make-up Water Flow Rate, mMU [t/h] = 1,06 Feed Water Flow Rate, mFW [t/h] = 11,61 Returned Condensate Flow Rate, mCR [t/h] = 10,55 Percentage of Condensate Return, RC [%] = 90,9 Blow-Down Water Flow Rate, mBD [t/h] = 0,580	<b>Enthalpies</b> Enthalpy of Water, hw,BW, [kJ/kg] = 766,2 Enthalpy of Saturated Steam, hs,BW [kJ/kg] = 2778,1 Enthalpy, hMU [kJ/kg] = 105,3 Enthalpy, hFW [kJ/kg] = 315,8
<b>Losses</b> FLUE GAS LOSS, Q2, [kW] = 2953,1 INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, Q3, [kW] = 1,2 RADIATION LOSS, Q5, [kW] = 48,4 BLOW DOWN LOSS, Q7, [kW] = 106,5 TOTAL HEAT LOSSES, QTot, [kW] = 3066,0	<b>Combustion Air</b> Enthalpy, hA [kJ/kg] = 104,4 Absolute Humidity, xA [-] = 0,02700
<b>Efficiency</b> FLUE GAS LOSS, q2, [%] = 26,41 INCOMPLETE COMBUSTION LOSS, q3, [%] = 0,01 RADIATION LOSS, q5, [%] = 0,50 BLOW DOWN LOSS, q7, [%] = 1,02 <b>BOILER EFFICIENCY, etaB, [%] = 72,06</b>	<b>Emission</b> Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] = 1769,99 Carbon, C [kg/h] = 482,73

Slika 32. Rezultati trenutnog rada generatora pare 4

Promjenom lambde u generatoru pare direktno utječemo na promjenu udjela kisika i ugljičnog monoksida u dimnim plinovima. Posljedično smanjenjem lambde smanjuje se i udio kisika u dimnim plinovima i time povećava efikasnost.

Current Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 0
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =	8	
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =	20	
New Oxygen and Carbon Monoxide Content		PIM 1
Oxygen content (by volume), O <sub>2</sub> [%] =	1	
Carbon monoxide content (by volume), CO [ppm] =	2	

Slika 33. Izmjena razine kisika i ugljičnog monoksida kod generatora pare 4

Kao rezultat izmjene lambde povećana je efikasnost generatora pare na 75,68%. Uz povećanje efikasnosti smanjena je potrošnja goriva za 4,78%, te time je smanjena količina ugljičnog dioksida za 84,66 kg/h. Ovime je smanjena proizvodna cijena pare.

Boiler Efficiency		
	PIM 0	PIM 1
q <sub>2</sub> [%] =	26,41	22,72
q <sub>3</sub> [%] =	0,01	0,00
q <sub>5</sub> [%] =	0,50	0,53
q <sub>7</sub> [%] =	1,02	1,07
Efficiency [%] =	72,06	75,68
Excess Air, Lambda, [-] =	1,5519	1,0449
Fuel Saving		
	PIM 0	PIM 1
Fuel Consumption, mF, [nm <sup>3</sup> /h] =	935,8	891,0
Fuel Saving, FS, [%] =		-4,78
Emission		
	PIM 0	PIM 1
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub> [kg/h] =	1769,99	1685,33
Carbon, C [kg/h] =	482,73	459,64

Slika 34. Rezultat primjene mjere PIM 1 na generator pare 4

## 6.5. Količina ispuštenog ugljikovog dioksida i potencijalno smanjenje

Uz pomoć podataka o količini kisika u ispušnim plinovima generatorima pare može se prilagođavati pretičak zraka na način da se postiže potpunije izgaranje. Time smanjujemo potrošnju goriva i količinu ugljičnog dioksida.

Usporedbom podataka prije korekcije pretička zraka i nakon može se izračunati koju količinu ugljičnog dioksida smo smanjili.

Generatori pare 1 i 2 prije primjene mjere PIM 1 ispuštali su svakog sata 3914,17 kg/h pojedinačno. Što je na godišnjoj razini jednako:

$$CO_{2\text{godišnje}} = \frac{3914,17 * 4224}{1000} = 16533,454 \text{ t/godišnje} \quad (7)$$

Nakon što je izvršena prilagodba pretička zraka, količinu CO<sub>2</sub> emisija smo smanjili na 3795,89 kg/h godišnje emisije i iznosi:

$$CO_{2\text{godišnje}} = \frac{3795,89 * 4224}{1000} = 16033,839 \text{ t/godišnje} \quad (8)$$

Godišnje je smanjena količina ispuštenog ugljičnog dioksida za:

$$CO_{2\text{godišnje}} = 1653,454 - 16033,839 = 499,615 \text{ t/godišnje} \quad (9)$$

Generator pare 3 prije promjene pretička zraka svakog sata je proizvodio 1355,74 kg/h ugljičnog dioksida, što je na godišnjoj razini iznosilo:

$$CO_{2\text{godišnje}} = \frac{1355,74 * 2112}{1000} = 2863,323 \text{ t/godišnje} \quad (10)$$

Nakon što je povećana efikasnost generatora pare 3 i smanjena potrošnja goriva za 1,31%, tada je proizvodnja CO<sub>2</sub> emisija promijenjena na 1332,23 kg/h.

$$CO_{2\text{godišnje}} = \frac{1332,23 * 2112}{1000} = 2813,67 \text{ t/godišnje} \quad (11)$$

Godišnje je smanjena količina ispuštenog ugljičnog dioksida za:

$$CO_{2godišnje} = 2863,323 - 2813,67 = 49,653 \text{ t/godišnje} \quad (12)$$

Generator pare 4 pri neučinkovitom režimu rada svakog sata je ispuštao 1769,99 kg/h ugljičnog dioksida. Kada se izračuna količina ispuštenog ugljičnog dioksida na godišnjoj razini, ona iznosi:

$$CO_{2godišnje} = \frac{1769,99 * 2112}{1000} = 3738,22 \text{ t/godišnje} \quad (13)$$

Kada je promijenjen režim rada povećala se efikasnost generatora pare 4 za 3,62% od tada generator pare ispušta 1685,33 kg/h ugljik (IV) oksida svakog sata.

$$CO_{2godišnje} = \frac{1685,33 * 2112}{1000} = 3559,42 \text{ t/godišnje} \quad (14)$$

Godišnje smanjenje ugljičnog dioksida iznosi:

$$CO_{2godišnje} = 3738,22 - 3559,42 = 178,8 \text{ t/godišnje} \quad (15)$$

Ukupno smanjenje ugljičnog dioksida koje je postignuto povećanjem efikasnosti generatora pare i smanjenjem potrošnje goriva, godišnje iznosi:

$$CO_{2godišnje} = 2 \times 499,615 + 49,653 + 178,8 = 1227,683 \text{ t/godišnje} \quad (16)$$



Ukupna količina ugljičnog dioksida prije prilagodbe pretička zraka iznosila je:

$$\begin{aligned} CO_{2\text{godišnje}} &= 2 \times 16533,454 + 2863,323 + 3738,22 \\ &= 39.668,451 \text{ t/godišnje} \end{aligned} \quad (17)$$

Ova količina CO<sub>2</sub> emisija se razlikuje od količine izračunate u izvješću, zbog korištenja manje preciznih podataka i računanja s većim faktorom sigurnosti. Iznos CO<sub>2</sub> emisija izračunat izvješćem iznosi 40.185,658 t/godišnje te razlika između brojeva iznosi 1,3%.

Nakon uvedenog novog režima rada i povećanja efikasnosti rada postrojenja CO<sub>2</sub> emisije iznose:

$$\begin{aligned} CO_{2\text{godišnje}} &= 2 \times 16033,839 + 2813,67 + 3559,42 \\ &= 38.440,768 \text{ t/godišnje} \end{aligned} \quad (18)$$

Ovim mjerama uspjeli smo postići ukupno smanjenje CO<sub>2</sub> emisija za:

$$CO_{2\text{godišnje}} = \frac{1227,683}{39668,451} = 3,095\% \quad (19)$$

Ovim proračunom prikazano je da je moguće postići određena poboljšanja unutar postojećih postrojenja uz manja ulaganja, odnosno bolju brigu o procesu izgaranja, držanjem preporuka proizvođača generatora pare i održavanjem istih.

## 7. Zaključak

U okviru ovog diplomskog rada na temelju spomenutog izrađen je plan praćenja CO<sub>2</sub> emisija. Praćene su sve zakonske regulative kako bi plan praćenja i postrojenje bilo u skladu s zakonima, te samim time istome bilo omogućeno sudjelovanje u mehanizmu EU ETS-a. Također, izrađena je analiza, kojom se procjenjuje potencijal smanjenja emisija stakleničkih plinova. Time se stvara mogućnost kratkoročne odgode investiranja u nove tehnologije i smanjenje potrebe za emisijskim dozvolama, koristeći postojeće postrojenje, pritom ostvarujući uštedu.

Europska unija jedina je zajednica država koja aktivno potiče kontrolu i redukciju emitiranja CO<sub>2</sub> emisija, koja doista teži ugljičnoj neutralnosti, te gospodarstvenicima pomaže pri razvoju tehnologije za budućnost. Ostatak razvijenog svijeta svjesno zaostaje za EU te bi trebali upotrijebiti model Europske unije kao primjer za vlastitu provedbu u očuvanju okoliša. Zemlje u razvoju trebale bi preuzimati tehnologiju od razvijenih država te čuvati prirodna bogatstva koje njihove države posjeduju, a ne stvarati kratkoročno pozitivno gospodarsko okruženje zagađivanjem okoliša.

Neophodno je pomoći gospodarstvenicima koji emitiraju CO<sub>2</sub> emisije da prijeđu na tehnologije koje su ugljični neutralne ili efikasnije od postojećih, kako bi se što prije smanjio pritisak na ekosustav. Stoga, potrebno je razvijati tehnologiju koja će omogućiti „čistu“ proizvodnju i sufinancirati razvoj iste. Po završetku razvoja tehnologije potrebno je osigurati dovoljno pristupačne cijene kako bi se potaknula zamjena tehnologije.

Primarna briga i politika koja se treba provoditi zaštita je i osiguranje okoliša za buduće generacije. Prijeko potrebno je uključiti što više država u mehanizme slične EU ETS-u, kako bi se zajedničkim djelovanjem postigao cilj očuvanja okoliša za budućnost.

## LITERATURA

- [1] Climate strategies & targets:  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_en), Pristupljeno: 1.2.2021.
- [2] Global Climate Report - March 2020:  
[https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202003#:~:text=Averaged%20as%20a%20whole%2C%20the,C%20\(2.36%C2%B0F\).](https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202003#:~:text=Averaged%20as%20a%20whole%2C%20the,C%20(2.36%C2%B0F).), Pristupljeno: 15.2.2021.
- [3] Klimatska akcija:  
[http://knjiznica.sabor.hr/pdf/E\\_publicacije/Klimatska\\_akcija.pdf](http://knjiznica.sabor.hr/pdf/E_publicacije/Klimatska_akcija.pdf), Pristupljeno: 15.03.2021.
- [4] Emisije stakleničkih plinova u EU-u: dostavljaju se odgovarajući podatci, ali potreban je bolji uvid u buduća smanjenja:  
[https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR19\\_18/SR\\_Greenhouse\\_gas\\_emissions\\_HR.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR19_18/SR_Greenhouse_gas_emissions_HR.pdf), Pristupljeno: 15.03.2021.
- [5] Climate Change: How Do We Know?:  
<https://climate.nasa.gov/evidence/>, Pristupljeno: 17.03.2021.
- [6] The Causes of Climate Change: <https://climate.nasa.gov/causes/>, Pristupljeno: 17.03.2021.
- [7] The Effects of Climate Change: <https://climate.nasa.gov/effects/>, Pristupljeno: 17.03.2021.
- [8] 4.1 How are emissions of greenhouse gases by the EU evolving?:  
<https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-4a.html#:~:text=In%202017%2C%20the%20energy%20producing,1990%20to%2023.8%20%25%20in%202017>, Pristupljeno: 17.03.2021.
- [9] Posljedice klimatskih promjena:  
[https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_hr](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_hr), Pristupljeno: 18.03.2021.
- [10] Climate Impacts on Human Health:  
<https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health.html>, Pristupljeno: 18.03.2021.

- [11] Plants, Animals, and Ecosystems:  
<https://archive.epa.gov/climatechange/kids/impacts/effects/ecosystems.html#:~:text=Climate%20change%20also%20alters%20the,migrating%20at%20different%20times%2C%20too>, Pristupljeno: 18.03.2021.
- [12] How will we be affected?:  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how\\_en#:~:text=Climate%20change%20is%20likely%20to,become%20more%20frequent%20across%20Europe](https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how_en#:~:text=Climate%20change%20is%20likely%20to,become%20more%20frequent%20across%20Europe), Pristupljeno: 18.03.2021.
- [13] Images of change: <https://climate.nasa.gov/>, Pristupljeno: 18.03.2021.
- [14] Vujanović, Predavanja iz kolegija Industrijska energetika. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2021.
- [15] Ozone layer depletion: Montreal Protocol:  
<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/corporate/international-affairs/partnerships-organizations/ozone-layer-depletion-montreal-convention.html>, Pristupljeno: 19.05.2021.
- [16] Emisije stakleničkih plinova u EU-u: dostavljaju se odgovarajući podatci, ali potreban je bolji uvid u buduća smanjenja:  
<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/greenhouse-gas-emissions-18-2019/hr/#chapter5>, Pristupljeno: 17.05.2021.
- [17] What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?:  
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>, Pristupljeno: 18.05.2021.
- [18] What is the Kyoto Protocol?: <https://earth.org/the-kyoto-protocol/>, Pristupljeno: 18.05.2021.
- [19] Kyoto protokol: <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu1065/djelokrug-4925/klima/zastita-klime/kyotski-protokol/1883>, Pristupljeno: 20.05.2021.
- [20] Pariški sporazum o klimatskim promjenama:  
<https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/>, Pristupljeno: 20.05.2021.
- [21] Najnovije mjere politika EU-a u području klimatskih promjena:  
<https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/eu-climate-action/>, Pristupljeno: 20.05.2021.

- [22] Klimatski ciljevi i vanjska politika EU-a:  
<https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/climate-external-policy/>, Pristupljeno: 20.05.2021.
- [23] Narodne novine tražilica: <https://narodne-novine.nn.hr/search.aspx>, Pristupljeno: 20.05.2021.
- [24] EU Emissions Trading System (EU ETS):  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en), Pristupljeno: 01.06.2021.
- [25] Sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova:  
<https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug-4925/klima/sustav-trgovanja-emisijama-staklenickih-plinova/1890>, Pristupljeno: 01.06.2021.
- [26] Phases 1 and 2 (2005-2012):  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/pre2013\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/pre2013_en), Pristupljeno: 05.06.2021.
- [27] The EU Emissions Trading System: An Introduction:  
[https://climatepolicyinfohub.eu/eu-emissions-trading-system-introduction#footnote6\\_rj2wz64](https://climatepolicyinfohub.eu/eu-emissions-trading-system-introduction#footnote6_rj2wz64), Pristupljeno: 06.06.2021.
- [28] Europski sustav trgovine emisijskim dozvolama:  
<https://hrcak.srce.hr/239675>, Pristupljeno: 06.06.2021.
- [29] EU Emission Trading System: <https://fsr.eui.eu/eu-emission-trading-system-eu-ets/>, Pristupljeno: 10.06.2021.
- [30] European Union Emission Trading Scheme:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Union\\_Emission\\_Trading\\_Scheme#cite\\_note-53](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Union_Emission_Trading_Scheme#cite_note-53), Pristupljeno: 12.06.2021.
- [31] Modelling Emission Allowance Prices:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/85140453.pdf>, Pristupljeno: 15.06.2021.
- [32] PHASE III: <https://redshawadvisors.com/learn-carbon/eu-ets/eu-ets-phase-iii/>, Pristupljeno: 16.06.2021.
- [33] Revision for phase 4 (2021-2030):  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision_en), Pristupljeno: 16.06.2021.
- [34] Start of phase 4 of the EU ETS in 2021: adoption of the cap and start of the auctions: [https://ec.europa.eu/clima/news/start-phase-4-eu-ets-2021-adoption-cap-and-start-auctions\\_en](https://ec.europa.eu/clima/news/start-phase-4-eu-ets-2021-adoption-cap-and-start-auctions_en), Pristupljeno: 16.06.2021.

- [35] Calculate Your Carbon Footprint: <https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/>, Pristupljeno:16.06.2021.
- [36] Greenhouse Gases, CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>e, and Carbon: What Do All These Terms Mean?: <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>, Pristupljeno: 16.06.2021.
- [37] Report on the functioning of the European carbon market: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/news/docs/com\\_2020\\_740\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/news/docs/com_2020_740_en.pdf), Pristupljeno: 16.06.2021.
- [38] Auctioning: [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/auctioning\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/auctioning_en), Pristupljeno: 16.06.2021.
- [39] STATE OF THE AVIATION ETS: <https://www.transportenvironment.org/state-aviation-ets>, Pristupljeno: 16.06.2021.
- [40] Najnovije mjere politika EU-a u području klimatskih promjena: <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/eu-climate-action/>, Pristupljeno: 17.06.2021.
- [41] NER 300 programme: [https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ner300_en), Pristupljeno: 17.06.2021.
- [42] Godišnje izvješće o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora na teritoriju Republike Hrvatske u 2019. godini: <http://iszz.azo.hr/stacion/datoteka?id=42>, Pristupljeno: 29.06.2021.
- [43] Vujanović, Predavanja iz kolegija Industrijska energetika. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2021.
- [44] Primjena tehnologije zavarivanja u izradi kotlovskih postrojenja: <https://pdfslide.net/documents/primjena-tehnologije-zavarivanja-u-izradi-kotlovskih-postrojenja.html>, Pristupljeno: 29.06.2021.
- [45] Morvaj, Gvozdenc, Tomšić, Sustavno gospodarenje energijom i upravljanje utjecajima na okoliš u industriji: Energetika marketing d.o.o., 2016.