Energetski i okolišni aspekti ETS sustava u prehrambenoj industriji

Kovačić, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:195711

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Maja Kovačić

ENERGETSKI I OKOLIŠNI ASPEKTI ETS SUSTAVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

ENERGY AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE ETS SYSTEM IN THE FOOD INDUSTRY

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada: Prof. dr. sc. Veljko Filipan

Članovi ispitnog povjerenstva:

Prof. dr. sc. Veljko Filipan

Izv. prof. dr.sc. Igor Sutlović

Izv. prof. dr. sc. Vladimir Dananić

Zagreb, rujan 2015.

Zahvaljujem svom mentoru, prof.dr.sc. Veljku Filipanu na savjetima tijekom izrade rada i na svemu što sam do sada od njega naučila.

Zahvaljujem prof.dr.sc. Feliciti Briški na savjetima tijekom izrade ovog rada.

Veliko hvala(!) mojem tati Ivici i mag. ing. strojarstva Kristianu Štefanecu jer bez njih ovaj rad ne bi bio moguć.

Hvala mojoj mami Mirjani na moralnoj i podršci svake vrste tijekom mog preddiplomskog studija.

Sažetak

U ovom je radu opisan sustav trgovanja emisijskim jedinicama Europske Unije (EU ETS) i specifične značajke koje se odnose na postrojenja prehrambene industrije koja sudjeluju u sustavu trgovanja.

Opisane su osnovne značajke i mogućnosti primjene šumske biomase kao zamjene za prirodni plin u proizvodnji procesne topline u postrojenjima prehrambene industrije. Opisane su glavni utjecaji izgaranja šumske biomase na okoliš.

Analizirane su novčane uštede za tipično postrojenje prehrambene industrije srednje veličine ukupne instalirane toplinske snage 24 MW, koje nastaju u slučaju zamjene prirodnog plina šumskom biomasom zbog smanjenja emisijskih jedinica. Analizirana su uštede za dva scenarija predviđanja cijena emisijskih jedinica na EU ETS (Niži i Viši scenarij). Analiza je izrađena na temelju drvne sječke gornje ogrjevne vrijednosti 12,2 MJ/kg, udjela vlage 30% i udjela pepela od 1,0% . Analizirani su glavni troškovi koji uključuju troškove ulaganja u kotlove za izgaranje šumske biomase.

Analizirani su i neki manji troškovi poput troškova odlaganja pepela.

Ključne riječi:

Trgovanje emisijskim jedinicama, EU ETS, smanjenje emisija CO_2, prehrambena industrija, emisije stakleničkih plinova iz prehrambene industrije, šumska biomasa, utjecaj izgaranja šumske biomase na okoliš

Summary

This paper describes European Union Emission Trading Scheme (EU ETS) with specific characteristics of food processing industries participating in it.

Key characteristics and possibilities of substituting natural gas with wood biomass in food manufacturing industries process heat production are discussed. Main environmental effects of burning wood biomass are described.

Savings for a typical medium sized food manufacturing plant with 24 MW thermal power are analysed. Those savings occur when substituting natural gas with wood biomass because of emission units decrease. Savings for two future emission price scenarios were analysed (Lower and Higher). Analysis was based on wood chips with 12,2 MJ/kg lower heating value, 30 % moisture content and 1,0% ash content. Main investment costs for biomass boilers were analysed.

Some lower expentitures like the cost of ash disposal were taken into account.

Key words:

Emissions trading, EU ETS, CO_2 emission reduction, food manufacturing industry, GHG emissions from the food industry, wood biomass, environmental effects of burning wood biomass

SADRŽAJ

1. Uvod.....1
2. Povijesni okvir 2
2.1. Konferencija o okolišu i razvoju.....3
2.2. Okvirna konvencija ujedinjenih naroda o promjeni klime.....3
2.3. Kyotski protokol.....4
2.3.1. Ciljevi Kyotskog protokola.....5
2.3.2. Fleksibilni mehanizmi Kyotskog protokola 5

3. Međunarodno trgovanje emisijskim jedinicama u Europskoj Uniji.....7
3.1.Kako EU ETS funkcionira?.....8
3.2.Razdoblja trgovanja.....9
3.3.Obveznici i stakleнički plinovi koje pokriva EU ETS.....10
3.4.Raspodjela dozvola za emisije i izrada nacionalnih planova raspodjele.....11
3.5. Metodologija dodjele.....13
3.6. Praćenje, izvješćivaje i verifikacija.....16
3.7. Cijena emisijskih jedinica na EU ETS.....19

4. Prehrambena industrija pod Europskom shemom trgovanja emisijskim jedinicama.....21
4.1.Predmet i značaj prehrambene industrije.....21
4.2.Emisije stakleničkih plinova iz prehrambene industrije.....22
4.3.Primjena drvne biomase u prehrambenoj industriji.....22
4.3.1. Što je to biomasa?.....24
4.3.2. Proizvodni oblici šumske biomase.....25
4.3.3. Energetske značajke šumske biomase.....26
4.3.4. Osnovne smjernice za izvođenje postrojenja na šumsku biomasu.....27
4.3.5. Emisije pri izgaranju šumske biomase.....29
4.3.6. Ostali utjecaji šumske biomase na okoliša.....31

5. Analiza troškova i ušteda uslijed zamjene preorodnog plina šumskom biomasom u postrojenju prehrambene industrije industrije..... 33
5.1.Opis aktivnosti industrijskog postrojenja.....33
5.2.Model i proračun troškova emisija CO_2 pri izgaranju prirodnog plina i šumske biomase.....33
5.3.Analiza troškova šumske biomase i troška odlaganja pepela 36
6. Zaključak 41
7. Literatura 43
8. Životopis 44

1. Uvod

Osnovana sumnja da su upravo čovjekove aktivnosti uzrok promjeni klime dovodi do osnutka brojnih organizacija na međunarodnom planu, koje su problematizirale pitanje okoliša. Od prvih ozbiljnih rasprava na globalnoj razini o okolišnim temama 70-ih godina prošlog stoljeća, rezultat kojih su bile pravno neobvezujući dokumenti, pa do uspostave Europskog sustava trgovanja emisijskim jedinicama (eng., *European Union Emission Trading Sheme*, EU ETS), proći će još tri desetljeća.

EU ETS ima izvore u Kyotskom protokolu i jedna je od ključnim alata u ostvarivanju Kyoto ciljeva. Obvezan je za sudionike što povećava vjerojatnost za njegivu uspješnu implementaciju. Ograničaba emisije na nacionalnoj, međunarodnoj razini i na razini postrojenja sudionika u sustavu trgovanja. Predstavlja tržini mehanizam pa osim što predviđa kazne za ne izvršavanje obveza, omogućava i izvor zarade za sudionike.

Budući da obuhvaća sva postrojenja s ukupnom instaliranom snagom >20MW, u EU ETS su uključeni i srednja i veća postrojenja prehrambene industrije. Iako je prehrambena industrija slabije energetski intenzivna i ima manji udio u emisijama stakleničkih plinova u odnosu na ostatak proizvođačkog sektor, njezino sudjelovanje na EU ETS-u je značajno. Utjecaj EU ETS-a na prehrambenu industriju ponajprije se očituje u vidu promjene energenata za proizvodnju toplinske energije za proizvodne procese, budući da preko 99% svih emisija stakleničkih plinova u prehrambenoj industriji potječe od izgaranja goriva.

U radu je prikazana analiza budućih troškova zbog emisija većih od dozvoljenih tipičnog postrojenja prehrambene industrije srednje veličine koje toplinsku energiju proizvodi izgaranjem prirodnog plina. Budući da je povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskoj bilanci jedna od strateških ciljeva sve većeg broja zemalja, u radu je odabrana drvna biomasa kao alternativa prirodnom plinu, te su analizirani posljedice njezine primjene na sudjelovanje postrojenja na EU ETS-u, ali su prikazani i drugi učinci koje primjena biomase ima na okoliš, a izvan su razmatranja EU ETS-a.

U radu su opisane metodologije i pravila sudjelovanja na EU ETS-u koja vrijede za postrojenja prehrambene industrije. Analizirani su budući troškovi postrojenja do kraja 4. razdoblja trgovanja 2027. godine ako nastavi koristiti prirodni plin u energetske svrhe, te mogućnosti ušteda ako prijeđe na korištenje biomase. Napravljena je gruba procjena troškova glavnih ulaganja u nove kotlove na drvnu biomasu i prikazana isplativost tih ulaganja.

2. Povijesni okvir

Ozbiljnih razmatranja o pitanjima okoliša na globalnoj razini nije bilo sve do 1972. godine kada je u Stockholmu održana konferencija Ujedinjenih Naroda (eng. *United Nations*, UN) pod radnim nazivom „Čovjek i biosfera „. Glavni zaključak ove konferencije jest da okoliš postaje jedno od primarnih političkih pitanja. Međunarodna klimatska politika počinje se sustavno voditi i pratiti 1979. Održavanjem Prve svjetske konferencije o klimi u Ženevi, kada je usvojen Svjetski klimatski program (eng. *World Climatic Programme* , WCP). 1988. godine osnovano je Međuvladino tijelo za klimatske promjene (eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPPCC). Znanstvenici i stručnjaci ovog tijela istražuju klimatske promjene, procjenjuju njihove posljedice, te imaju ovlast donošenja preporuka političkih strategija koje se odnose na klimatske promjene. Na Drugoj svjetskoj konferenciji o klimi u Ženevi 1990. godine već postoji širi znanstveni koncenzus da su klimatske promjene uzrokovane otpuštanjem stakleničkih plinova u atmosferu, te su glavne „misli vodilje“ konferencije nužnost smanjenja količina otpuštenih plinova – napose ugljikovog dioksida, metana, fluoriranih ugljikovodičnih spojeva i dušikovih oksida. No, zahtjev IPCCC-a o smanjenju otpuštanja navedenih onečišćivača nije naišao na širu podršku država sudionika. Naime, situacija gdje države oklijevaju preuzeti ugovorne obveze koje zahtijevaju promjenu njihovog ponašanja, uključujući i odustanak od ekonomski profitabilnijeg načina poslovanja, vrlo je učestala na području zaštite i očuvanja okoliša. Stoga se u narednom razdoblju postavilo pitanje smisla donošenja pravila koja su u svojoj osnovi neobvezujuća, kao ona donesena na Konferenciji UN-a o okolišu i razvoju održana 1992. godine u Rio de Janeiru.

2.1. Konferencija o okolišu i razvoju

1992. godine u Rio de Janeiru održana je Konferencija o okolišu i razvoju koja je istaknula nužnost da se u razvoj svih država inkorporira koncept tzv. *održivog razvoja*, koji postaje glavni pojam i ideja novog pristupa zaštiti i očuvanja okoliša. Na konferenciji su otvorene na potpisivanje i dvije konvencije: Konvencija o biološkoj raznolikosti i Okvirna konvencija UN-a o promjeni klime. Poruke iz Rija su neupitne, no njezini dokumenti ne daju konačan odgovor na pitanje koja konkretna ponašanja i djelovanja države trebaju provesti kako bi izbalansirale interese okoliša i razvoja. Dokument usvojen u Riju, Deklaracija o okolišu i razvoju (dvadeset i sedam načela) prema kojoj su osnovna načela očuvanja i zaštite okoliša: *načelo prevencije, načelo opreza, načelo „onečišćivač plaća“ i načelo zajedničke, no diferencirane odgovornosti*. Dokumenti koji su usvojeni nisu bili pravno obvezujući.

2.2. Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime

Na globalnom planu, pitanje klimatskih primjena rješava se Okvirnom konvencijom Ujedinjenih naroda o promjeni klime (eng, *The United Nations Framework Convention on Climate Change* , UNFCCC ili FCCC, u daljnjem tekstu: Konvencija). Konvencija je usvojena u New Yorku 1992. godine, a stupila na snagu dvije godine kasnije, 1994. godine. Danas broji 192 stranke potpisnice od čega je samo SAD nije ujedno i ratificirala. Republika

Hrvatska postaje stranka Konvencije 1996. godine, donošenjem Zakona o njezinu potvrđivanju u Hrvatskom Saboru, a na snagu je stupila iste godine. Temeljna misao Konvencije jest „... postignuti stabilizaciju koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sistem. Ta razina se treba ostvariti u dovoljno dugom vremenskom okviru da se omogući ekosustavu da se prilagodi na klimatske promjene, da se ne ugrozi proizvodnja hrane i da se omogući nastavak ekonomskog razvoja na održiv način.“ [1]

2.3. Kyotski protokol

Uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih Naroda o promjeni klime,Kyotski protokol je dodatak međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama, potpisan s ciljem smanjivanja emisija stakleničkih plinova na globalnoj razini. Nastao je kao rezultat je teških pregovora i pokušaja svjetskih vlada da se dogovore o smanjenju emisija stakleničih plinova. Otvoren za potpisivanje bio je u japanskom gradu Kyotu, a do sada ga je potpisalo 191 država i vladinih organizacija. Kyotski protokol prihvaćen je na Trećoj konferenciji stranaka UNFCCC u Kyotu 11. prosinca 1997. godine. Stupio je na snagu u veljači 2005. godine.

Protokol postavlja obvezujuće ciljeve za smanjenje emisija šest stakleničkih plinova : ugljikovog dioksida (CO2), metana (CH4), didušikova oksida (N2O), fluoriranih ugljikovodika (spojevi HFC), perfluorougljika (spojevi PFC) i sumporovog heksafluorida (SF6). Protokolom, industrijalizirane države svijeta za cilj postavljaju smanjenje emisije za ukupno 5 % u petogodišnjem razdoblju od 2008. do 2012. godine, u odnosu na baznu 1990. godinu. No, ciljevi pojedinih država nisu isti. Naime, Deklaracija iz Rija ističe (prethodno spomenuto) *načelo zajedničke, no diferencirane odgovornosti* država. U skladu s tim načelom udio u dezintegraciji okoliša razvijenih zemalja i onih u razvoju razlikuje se za svaku pojedinu državu. Time se uvažila činjenica da su za današnje visoke koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi odgovorne uglavnom razvijene države svijeta, zbog posljedica njihove industrijske aktivnosti u posljednje stoljeće i pol. Ta činjenica trebala bi se odraziti i u obvezama svake od tih kategorija država. Ciljevi za pojedine države razlikuju se u rasponu od 8% smanjenja do 10% povećanja emisija u odnosu na baznu godinu.

Od razvijenih država svijeta, Protokolu nije pristupilo nekoliko država, uključujući i SAD, zastupajući pretpostavku da je cilj smanjenja emisija moguće ostvariti bez postavljanja obvezatnih brojčanih ciljeva za pojedine države, već razvojem uz prijenos tehnologija. [2]

Republika Hrvatska potpisala je Kyotski protokol 11. ožujka 1999. godine kako 78. potpisnica, ali ga je ratificirala tek 2007. godine zbog dugotrajnih pregovora oko bazne godine.

2.3.1. Ciljevi Kyotskog protokola

Prema obvezama unutar Kyotskog protokola, zemlje potpisnice se grupiraju unutar tri skupine: države Priloga I, države Priloga II, i države koje nisu u Prilogu I. Države Priloga I čine industrijski razvijene države koje su članice OECD-a (eng. *The Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD) i zemlje u tranziciji koje uključuju i Republiku Hrvatsku. Države Priloga II su države su države OECD-a iz Priloga I, ali bez država u tranziciji. Države koje nisu u Prilogu I čine zemlje u razvoju. Države potpisnice Protokola obvezale su se da će u razdoblju od 2008. do 2012. godine smanjiti svoje emisije stakleničkih plinova na 5 % ispod razine emisije referentne 1990. kao bazne godine (definirano Prilogom B Protokola). Pojedinim državama Priloga I određene su različite kvote smanjenja emisija stakleničkih plinova. To ovisi o njezinom ekonomskom razvoju i razini emisije stakleničkih plinova. Države Priloga I imaju i pravo na određenu fleksibilnost u odabiru bazne godine. Tu pogodnost su, odabirom one godine u kojoj su emisije bile najviše, kao bazne godine umjesto 1990., odabrale primjerice: Slovenija (1986.), Mađarska (prosjek 1985.-1987.), Poljska (1988.) itd. Za zemlje u razvoju nije propisano ograničenje emisija.

Protokol sadrži odredbe, načine i postupke za ostvarivanje propisanih smanjenja emisija, opis proračuna, način priopćavanja emisija, te načine procjene ostvarenja propisanih ciljeva. Protokol polazi od činjenice da je s gledišta globalnog zatopljenja nebitna sama geografska lokacija emisije stakleničkog plina, kao ni lokacija smanjenja emisije pa se emisije najprije smanjuju na mjestu minimalnih troškova, a ujedno dolazi do prijenosa tehnologija i financijskih sredstava u zemlje u tranziciji i razvoju gdje je primjena mjera najjeftinija. Od država Priloga II očekuje se da namaknu financijska sredstva kako bi omogućili zemljama u razvoju da provode projekte smanjenja emisije stakleničkih plinova. Osim toga, te bi države trebale promovirati „environmetally friendly“ tehnologije u zemljama u tranziciji i onima u razvoju.

Države potpisnice Protokola bi obveze smanjenja emisija trebale nastojati postići prije svega kroz domaće mjere. Zbog lakšeg ispunjenja obveza, Kyotski protokol nudi i dodatne tržišne mehanizme.

2.3.2. Fleksibilni mehanizmi Kyotskog protokola

Države Priloga I su se ratifikacijom Kyoto protokola obvezale smanjiti svoje emisije za određeni postotak u odnosu na baznu godinu, provedbom „domaćih“ mjera i, dodatno, putem tzv. *fleksibilnih mehanizama*. Oni predstavljaju tržišne mjere za smanjenje emisija stakleničkih plinova koje bi trebale olakšati državama potpisnicama da ispune svoje obveze prema Protokolu, a u skladu su s prevagom tržišnog gospodarstva u svijetu. Zadaća tih mehanizama jest da, ukoliko je provođenje smanjenja teško ili preskupo u zadanom roku u matičnoj državi, država to smanjenje može provesti u nekoj drugoj državi. Na taj je način zadovoljen uvjet smanjenja emisija na globalnoj razini i to tamo gdje je smanjenje najjeftinije.

Mehanizam zajedničke provedbe (eng. *Joint Implementation*, JI), definiran člankom 6 Protokola, vrijedi između dviju stranaka Priloga I Konvencije (države Priloga B Protokola) i omogućuje im da se udruže i realizacijom zajedničkog projekta zadovolje obveze koje proistječu iz Protokola, odnosno postizanju cilja o smanjenju emisija iz izvora ili uklanjanju putem ponora. Tim mehanizmom jedna razvijena država (npr. Njemačka) smanjuje emisije u drugoj razvijenoj državi (npr. Francuskoj) ili državi u tranziciji Priloga I (npr. Hrvatskoj). Razvijenija država ulaže financijska sredstva za smanjenje emisija u državi domaćinu, jer joj je to jeftinije nego da smanji emisije u vlastititoj zemlji ili da kupuje emisijske dozvole. Država domaćin dobiva korist od stranih ulaganja i novih tehnologija. Zemlja ulagač dobiva određeni broj potvrda o tzv. Jedinicama smanjenja emisije (eng. *Emission Reduction Units*, ERU) iz projekta smanjenja u odnosu na emisije koje bi bile ispuštene da taj projekt nije realiziran. ERU ostvarene putem JI projekata se dodaju dozvolama za emitiranje zemlji ulagaču, a odbijaju od količina dopuštenih emisija dodijeljenih zemlji domaćinu (Čl. 3, točka 10 i 11 Protokola).

Mehanizam čistog razvoja (eng. Clean Development Mechanism, CDM) omogućuje da se razvijena zemlja iz Priloga I Konvencije udruži s jednom ili nekoliko nerazvijenih zemalja u razvoju, tj. sadržavama koje nisu u Prilogu I Konvencije. Takvim projektima razvijene zemlje zarađuju jedinice tzv. Ovjerenog smanjenja emisija (eng. *Certified Emission Reduction*, CER) koje odgovaraju jednoj toni ugljikovog dioksida (ekvivalent tone CO2, u daljnjem tekstu tCO2-eq) koje se mogu uračunati ostvarivanja Kyoto ciljeva. Ovaj mehanizam potiče održivi razvoj i smanjenje emisija dok razvijenim zemljama omogućuje fleksibilan način za smanjenje i ograničenje emisija. CER se dodaju na dozvole zemlje ulagača (Čl.3, točka 12 Protokola).

Međunarodno trgovanje emisijskim jedinicama (eng. *Emission Trading Scheme*, ETS) predstavlja tržišni mehanizam koji emisije stakleničkih plinova pretvara u robu kojom se trguje na tržištu. Ciljevi smanjenja ili ograničena emisija, koje su prihvatile države potpisnice Protokola, izraženi su kao dopuštena razina smanenja odnosno kako Jedinice dodijeljenog iznosa (eng. *Assigned Amount Units*, AAU) u petogodišnjem razdoblju. ETS omogućava zemljama koje su smanjile emisije u odnosu na Kyoto cilj da višak dodijeljenih jedinica ili sačuvaju (za neko naredno razdoblje) ili prodaju zemljama čije emisije premašuju ciljeve. Tržišta emisijskim jedinicama mogu se osnovati na nacionalnoj ili međunarodnoj razini kao instrumenti borbe protiv klimatskih promjena. Putem tih instrumenata, vlade država postavljaju obveze s obzirom na smanjenje emisija uključenih stranaka. Međunarodni sustav trgovanja emisijskim jedinicama u Europskoj Uniji (eng. *European Union Emissions Trading Scheme*, EU ETS) najveći je takav sustav u svijetu.

Neposredno nakon donošenja Kyoto protokola Eropska Komisija je 1998. prvi put objavila ideju o uspostavi i primjeni trgovine emisijama na području Europske Unije (EU). Prva detaljnija rasprava o tome započela je u ožujku 2000. g. nakon što je Komisija izdala *Green Paper on Greenhouse Gas Emissions Trading* u kojem je predložena uspostava i detaljno objašnjen sustav trgovine emisijama. Nakon toga, trgovina emisija je bila redovito uključena u *European Climate Change Programm*, kao jedan od ključnih načina postizanja sniženja emisija zadanih Kyoto protokolom.

U listopadu 2003. g. (13. 10. 2003.) Europska komisija je objavila Europsku direktivu o osnivanju EU tržišta emisijama stakleničkih plinova, poznatiju pod imenom *European Union Emission Trading Scheme* (2003/87/EC, EU ETS). Tržište emisijama u Europskoj uniji je službeno započelo s radom 1. siječnja 2005. g., iako je putem tzv. «dogovora unaprijed» (*forward settlement*) tržište počelo raditi već 2003. g. Prva transakcija, koja se smatra početkom rada EU ETS se dogodila se u veljači 2003. g. putem «dogovora unaprijed» između naftne kompanije RD Shell i nizozemske energetske kompanije Nuon. [3]

3. Međunarodno trgovanje emisijskim jedinicama u Europskoj Uniji

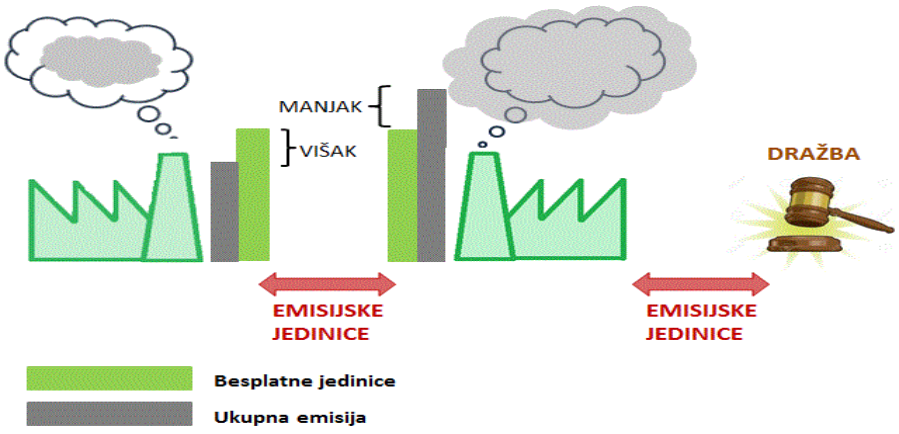
EU ETS je prvi i najveći sustav trgovanja emisijama u svijetu, pod ravnanjem Kyoto protokola,a predstavlja najobuhvatniju i najznačajniju mjeru kojom EU najstoji postići ciljeve preuzete potpisivanjem Kyoto protokola. Iako se izraz *trgovanje emisijama* uvriježio u praksi, zapravo se ne trguje emisijama, već *dozvolama* za emisiju. Dozvola za emisiju jednako je dozvoli za emitiranje jedne tone CO2 ekvivalenta, odnosno tCO2-eq. EU ETS uključuje više od 11 000 energetskih i industrijskih objekata i postrojenja u 28 država članica EU uključujući Island, Lihtenštajn i Norvešku, te zračni promet unutar i između većine od tih država, a pokriva oko 45% ukupnih emisija EU.

EU ETS uspostavljen je uvođenjem Direktive 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (tzv. ETS direktiva), a službeno započeo 1. siječnja 2005. godine. Direktivom 2004/101/EC (tzv. Linking direktiva), uspostavljena je veza između EU ETS-a i projekata provedenih u okviru fleksibilnih mehanizama Protokola (JI i CDM). Od 2012. godine u sustav trgovanja emisijskim jedinicama EU uključen je i zrakoplovni promet (Direktivom 2008/101/EC). Značajna promjena i poboljšanje sustava uvedeno je 2013. godine, kada je na temelju Direktive 2009/29/EC uvedena obveza kupovanja emisijskih jedinica putem dražbi. Već u 2013. godini, termoelektrane su trebale kupovati cjelokupan iznos emisijskih jedinica na dražbi ili na tržištu. Ostala postrojenja obuhvaćena EU ETS sustavom trebale su kupiti 20% kvote, dok su ostalih 80% dobili besplatno. Taj postotak se sustavno povećava svake naredne godine, rezultirajući stopostotnim otkupom kvote u 2027. godini. Novost uvedena 2013. godine bilo je i uključenje didušikovog oksida (N2O) i perfluorougljika (PFC) u EU ETS.

3.1. Kako EU ETS funcionira ?

Načelo na kojem se zasniva funkcioniranje EU ETS-a je tzv. *„cap and trade"* načelo (u slobodnom prijevodu: „kapa i trgovina"). Načelo se sastoji u tome da se na ukupnu emisiju stakleničkih plinova svih sudionika sustava trgovanja na godišnjoj razini stavi ograničenje ili „kapa" (eng. *cap*). Zakonodavna tijela EU ETS-a uspostavila su dozvole (eng. *allowances*) koje u suštini predstavljaju prava na emitiranje količine stakleničkog plina koja ima jednak potencijal globalnog zatopljenja (eng. *Global Warming Potential*, GWP) kao i jedna tona ugljikovog dioksida. Jedna dozvola dopušta tvrtki vlasniku te dozvole da ispušta jednu tonu ugljikovog dioksida ili ekvivalentne količine didušikovog oksida ili perfluorougljikovih spojeva. Razina ograničenja (kapa) određuje ukupan broj dozvola koje postoje u cijelom sustavu trgovanja. Svakoj je državi članici EU dodijeljen određen broj dozvola. Unutar pojedine države, putem Planova raspodjele dozvola za emitiranje (eng. *National Allocation Plan*, NAP) vrši se raspodjela dozvola pojedinim postrojenjima (tvrtkama). Emisijske dozvole su valuta sustava trgovanja, a činjenica da je njihov broj ograničen im daje tržišnu vrijednost. Osnovni mehanizam o kojem ovisi cijena dozvole je *zakon ponude i potražnje,* jednako kao i za bilo koju robu ili uslugu na tržištu dobara. Ukupna gornja granica emisijskih dozvola na razini čitave EU će se smanjivati za 1,74% godišnje u usporedbi s prosječnom godišnjom količinom emisijskih jedinica koje su izdale države članice u 2. Razdoblju trgovanja: kao polazište, uzet će se središnje razdoblje između 2008. i 2012. godine (npr. 2010. godina) počevši od 2013. godine. Na taj se način tvrtke učesnici sustava trgovanja mogu polako i postepeno prilagoditi sve ambicioznijim zahtjevima za smanjenje emisija. Cilj je do 2020. godine smanjiti emisije iz EU ETS sustava za 21% u odnosu na 2005. godinu.

Tvrtka učesnik u sustavu trgovanja može dozvole dobiti na nekoliko načina. Određeni broj dozvola tvrtka može dobiti besplatno od državne vlade. Broj besplatnih dozvola predstavlja dozvoljenu razinu emisije za obvezujuće razdoblje, koje je u slučaju EU ETS jedna godina. Ukoliko tvrtka obveznik ima stvarne emisije više od dozvoljenih, tj. broj dodijeljenih dozvola je manji od broja potrebnih da se u cijelosti pokriju ukupne emisije, može manjak dozvola kupiti na tržištu.



Slika 1. Prikaz funkcioniranja sustava trgovanja emisijskim jedinicama

Primjer takve tvrtke (tvrtka A) prikazan je na Slici 1. Tvrtka A dozvole može kupiti od neke druge tvrke koja je smanjila svoje emisije pa prodaje višak dozvola (tvrtka B) ili na dražbi. Fleksibilnost ovog sustava omogućuje joj da odabere najisplativije rješenje problema svojih emisija. Glavne mogućnosti su: primjena mjera i zahvata na vlastitom postrojenju (u smislu smanjenja vlastitih emisija), kupnja manjka dozvola na tržištu ili kombinacija navedenih mjera.

Dozvole za emitiranje kojima se trguje na EU ETS su tzv. *European Union Allowances* (EUA). EUA se besplatno izdaju potrojenjima za obvezujuće razdoblje od jedne godine, a postrojenje na kraju obvezujućeg razdoblja mora vratiti nadležnom tijelu broj EUA koji odgovara njihovim stvarnim emisijama u proteklom razdoblju. Postrojenja unutar država članica EU mogu međusobno razmjenjivati EUA dozvole na tržištu. Osim s EUA, na EU ETS je, predhodno spomenutom *Linking direktivom*, odobreno trgovanje određenom količinom dozvola za emitiranje koje proizlaze iz JI i CDM projekata, ERU i CER dozvolama. Trgovina s CER je bila dozvoljena već u prvom razdoblju trgovanja (2005.-2007.) dok je trgovina s ERU započela u drugom razdoblju s početkom 2008.

3.2. Razdoblja trgovanja emisijskim dozvolama

Provedba trgovine emisijama na EU ETS zamišljena je u vremenskim razdobljima (tzv. *fazama)*. Pri tome su iskustva iz prethodnog razdoblja prenose u vidu reformi u sljedeće razdoblje. Prvo razdoblje trgovanja počinje 2005. godine, u njemu sudjeluje 25 država tadašnjih članica EU i proširuje se na 27 članica s priključenjem Bugarske i Rumunjske Europskoj Uniji. To je bio probni period „učenja“ i prilagodbe novoj shemi trgovine u kojoj se odvijala samo trgovina ugljičnog dioksida. Drugo razdoblje trgovanja u trajanju od 2008. - 2012. godine i poklapa se s petogodišnjim obvezujućim razdobljem Kyoto protokola. Uvode se znakovite promjene u odnosu na prvo razdoblje. Broj izdanih dozvola smanjen je za 6,5%, no gospodarska kriza koja je zahvatila svijet u tom razdoblju rezultirala je smanjenjem emisije zbog smanjenja gospodarskih aktivnosti sudionika EU ETS-a., čime je smanjena potražnja za dozvolama. To je dovelo do viška dozvola na tržištu, što je utjecalo na njihovu relativno nisku cijenu. 2013. godine započelo treće razdoblje trgovanja koje će trajati do 2020. godine. Uvedene su još veće reforme sustava trgovanja. Najveća je promjena uspostava ograničenja (kape) na razini čitave EU koje se linearno smanjuje stopom od 1,74% godišnje te prelazak na kupovanje dozvola na dražbama umjesto besplatne raspodjele. Četvrto razdoblje trgovanja trajat će od 2021. do 2027. godine.

U Tablici 1. navedene su glavne značajke pojedinih razdoblja trgovanja i razlike među njima, s naglaskom na razlike 3. razdoblja u odnosu na 1. i 2. razdoblje trgovanja. Vidljivo je da se sustav stalno proširuje i poboljšava. Pravna osnova za promjene uvedene u 3. razdoblju je revidirana Direktiva 2003/87/EZ (objavljena 5. lipnja 2009. godine) prema kojoj bi „dražba bila osnovno načelo dodjele budući da je najjednostavnija i općenito se smatra ekonomski najisplativijim sustavom“. Sukladno revidiranoj Direktivi, besplatne jedinice se ne

dodjeljuju proizvođačima električne energije, izuzev za proizvodnju električne energije iz otpadnih plinova. Isto tako, dodjela besplatnih jedinica će se vršiti za postrojenja za hvatanje, cjevovodima za distribuciju, ili subjektima za skladištenje ugljičnog dioksida. Za druge emisije, primjenjuje se prijelazna dodjela besplatnih emisijskih jedinica. [4]

Tablica 1. Glavne značajke i razlike između 1., 2. i 3. razdoblja trgovanja na EU ETS-u

Ključne značajke	Države sudionici	Ukupno ograničenje emisija EU ("kapa")	Jedinice kojima se trguje	Dodjela besplatnih jedinica	Dodjela jedinica putem DRAŽBI
1. razdoblje (2005.-2007.)	EU 27	2058 milijuna tCO2	EUA	Industrija + proizvodnja električne energije	Dobrovoljna Ograničena (<5%)
2. razdoblje (2008.-2012.)	EU 27 + Norveška, Island, Lihtenštajn	1859 milijuna tCO2	EUA, ERU, CER nisu dostupne za trgovanje: jedinice smanjenja ishođene iz projekata pošumljavanja i gradnje velikih hidroelektrana		
3.razdoblje (2013.-2020.)	EU 28 (Hrvatska od 1.1.2013.) + Norveška, Island, Lihtenštajn	2084 milijuna tCO2 (s trendom linearnog smanjenja od 38 milijuna tCO2/god)	EUA, ERU, CER (samo iz najnerazvijenijih zemalja) nisu dostupne za trgovanje: jedinice smanjenja ishođene iz projekata pošumljavanja, gradnje velikih hidroelektrana, smanjenja HFC i N2O	Prijelazna* dodjela za industriju i emisije vezane za toplinu (ne za električnu energiju**)	Obvezna Dražbe značajnih razmjera

*pojam „prijelazna“ znači da dodjela besplatnih emisijskih jedinica u početku iznosi 80 % količine u referentnom razdoblju (2008.-2012.) i svake se godine smanjuje za jednaku količinu sve do završene besplatne dodjele od 30 % u 2020. godini, s ciljem postizanja 0 % (odnosno, bez dodjele besplatnih emisijskih jedinica) u 2027. godini.

**Revidirana Direktiva članak 10a(3)

3.3. Obveznici i stakleнički plinovi koje pokriva EU ETS

Količina emisija stakleničkih plinova koje obuhvaća EU ETS se neprestano širi od početka 1. razdoblja trgovanja. Razlog tome je sve veće geografsko područja, odnosno broja zemalja koje sustav uključuje, zatim sve veći broj djelatnosti te vrste stakleničkih plinova koje su uključene. Na početku 3. razdoblja trgovanja, EU ETS je pokrivao oko polovine svih emisija EU. Iako EU ETS ima potencijal obuhvatiti mnoge gospodarske sektore i stakleničke plinove, usmjeren je na one emisije koje se mogu mjeriti, prijavljivati i potvrđivati (verificirati) s visokom razinom točnosti. Države članice EU mogu uključivati i neke dodatne sektore i emisije plinova osim onih koji su pravno obvezujući, ako to odobri Europska Komisija. Također mogu i isključivati neka postrojenja s malim emisijama, ako je primjenom fiskalnih i drugih mjera moguće smanjiti njihove emisije za ekvivalentu količinu kao da sudjeluju u sustavu trgovanja emisijama. Postrojenja s malim emisijama smatraju se

ona čija je emisija manja od 25 ktCO2e godišnje. Tablica 2. prikazuje djelatnosti i stakleničke plinove iz pojedinih djelatnosti te vremenski slijed njihovog uključenja u EU ETS s obzirom na razdoblja trgovanja. Djelatnosti pod EU ETS-om definirane su Prilogom A Kyoto Protokola.

Tablica 2. Djelatnosti i stakleнički plinovi obuhvaćeni EU ETS-om

Pod EU ETS-om	**1. razdoblje**	**2. razdoblje**	**3. razdoblje**
DJELATNOSTI	Prozvodnja energije i energenata (električna, toplinska), objekti instalirane snage ≥ 20 MW, rafinerije nafte, proizvodnja koksa, čelika, željeza, cementa, cementnog klinkera, stakla, vapna, keramike, papira, celuloze.	Isti kao i u 1. razdoblju + zračni promet (od 1.1.2012.)	Isti kao i u 1. razdoblju + petrokemijska industrija, proizvodnja aluminija, amonijaka, nitratne, adipinske, glioksilna kiselina
STAKLENIČKI PLINOVI	CO2	CO2 N2O- dobrovoljno	CO2, N2O PFC iz proizvodnje aluminija

3.4. Raspodjela dozvola za emisije i izrada nacionalnih planova raspodjele dozvola

Raspodjelu dozvola za emitiranje kojima se trguje na EU ETS, na razini EU vrši Europska Komisija, a unutar pojedine države članice EU to čine vlade država ili vladina tijela (najčešće ministarstva zaštite okoliša u suradnji s ministarstvom gospodarstva) koja raspodjeljuju EUA jedinice na postrojenja (kompanije). Raspodjela EUA unutar države temelji se na 12 kriterija propisanih Direktivom EC2003c (Prilog III Direktive 2003/87/EC) u sklopu Nacionalnih planova raspodjele dozvola za emitiranje (eng. *National Allocation Plan*, NAP). Članice EU obvezne su izrađivati NAP za svako razdoblje trgovanja. Neki od kriterija za izradu NAP su sljedeći:

- Kompatibilnost s Kyoto protokolom i nacionalnim programom smanjenja emsija pojedine članice EU
- NAP mora biti u skladu s predviđenim emisijama, tj. ne smije biti izdan preveliki broj EUA
- NAP mora biti u skladu s potencijalnim aktivnostima smanjenja emisija
- NAP ne smije favorizirati ili diskriminirati neko od postrojenja (kompanija)

Za svako razdoblje trgovanja, izrađeni NAP se predaje EU Komisiji na reviziju 18 mjeseci prije početka razdoblja trgovanja. U NAP-u su, osim dozvola za emitiranje, navedene

i metode raspodjele dozvola, postupci dodjeljivanja istih za emitiranje novim postrojenjima koja u vrijeme donošenja NAP još nisu bila u funkciji, zatim postupci u slučaju zatvaranja postrojenja, pravila pohranjivanja dozvola u banku (tzv. *banking)* te vrsta dozvola za emitiranje (EUA, CER, ERU). Direktivom EC2003c propisana je minimalna besplatna raspodjela EUA od 95% za prvu fazu EU ETS i 90% za drugu fazu trgovanja na EU ETS. Prilikom izrade NAP1 (NAP za prvu fazu trgovine na EU ETS) samo su četiri EU zemlje iskoristile mogućnost prodaje dijela EUA na javnoj dražbi. To su Danska (5%), Mađarska (2,5%), Litva (1,5%) i Irska (0,75%). Ni jednim od predloženih NAP2 nije iskorištena mogućnost 10%- tne prodaje EUA na javnoj dražbi. U 1. i 2. razdoblju trgovanja većina besplatnih jedinica dodjeljene su se postrojenjima na temelju povijesnih emisija (tzv. metoda *grandfatheringa*). Time su velikim emiterima dodjeljene velike količine emisijskih dozvola, što je izazvalo kritike metode dodjele. Također, u 1. razdoblju trgovanja putem NAP1 dodijeljene su prevelike količine dozvola u odnosu na potvrđene emisije potrojenja u 2005. godini. Tablica 3. prikazuje stvarne potvrđene emisije nekoliko članica EU i njima dodijeljene količine besplatnih emisijkih jedinica putem NAP1. Brojčane vrijednosti jasno ukazuju na višak dodijeljenih besplatnih jedinica. Razlozi tome su prekrako vrijeme u kojem su NAP1 trebali biti izrađeni, netočni podaci o povijesnim emisijama te preoptimistična predviđanja o kretanju emisija i industrijskom i općenito gospodarskom rastu zemalja sljedećih 10-ak godina. Naime, kompanije prije sudjelovanje na EU ETS-u nisu bile obvezne pratiti svoje emisije pa su podatke o svojim prošlim emisijama kreirale na temelju podataka iz Nacionalnih izvješća za UNFCCC, koji se se uglavnom temeljili na izračunavanju emisija na temelju uporabe pogonskog goriva. Iako se znalo da podjela emisijskih dozvola temeljem te metode i nije najrealnija, u to je vrijeme takva podjela bila jedina moguća. Jedina zemlja koja nije imala problema oko prikupljanja podataka o svojim prošlim emisijama CO2 bila je Danska u kojoj je u to vrijeme već postojao sustav trgovine emisijama CO2. Za razliku od 1. razdoblja EU ETS-a, NAP2 su kreirani na temelju točnijih i standardiziranijih podataka.

Tablica 3. Odnos besplatnih dozvola dodjeljenih putem NAP1 i potvrđenih emisija u 2005. godini nekih članica EU [14]

EU članica	Belgija	Francuska	Njemačka	Letonija	Nizozemska	Slovačka	UK
Dozvole dodijeljene putem NAP1	62,08	156,5	499	12,3	95,3	30,5	245,3
Potvrđene emisije postrojenja 2005. g	55,58*	131,3	474	6,6	80,35**	25,2	242,4***

* uključujući postrojenja koja su se zatvorila 2005. g.

** potvrđene emisije za 2005. g. nisu uključivale postrojenja koja su se zatvorila 2005. g., koja će se promatrati u razdoblju 2008. – 2012. g., a koja iznose 6 milijuna tona.

*** potvrđene emisije za 2005. g. nisu uključivale postrojenja koja su se zatvorila 2005. g., koja će se promatrati u razdoblju 2008. – 2012. g., a koja iznose 30 milijuna tona.

U 3. razdoblju trgovanja besplatna raspodjela dozvola provodi se na razini proizvodne učinkovitosti postrojenja (tzv. metoda *benchmarkinga*). Na taj način visoko učinkovita postrojenja (koja imaju relativno male emisije u odnosu na količinu proizvoda) dobivaju

većinu dozvola besplatno. Veći teret snose neučinkovita postrojenja koja će dobivati sve manje i manje besplatnih jedinica, što bi ih u trebalo motivirati na djelovanje u smislu smanjenja svojih emisija. Raspodjela besplatnih jedinica vrši se prema usklađenim provedbenim mjerama na razini čitave EU sukladno članku 10a. EU ETS direktive (eng, *Transitional Community-wide and fully harmonised Implementing Measures pursuant to Article 10a(1) of the EU ETS Directive*, CIM). Države članice i dalje moraju pripremati nacionalne planove, tzv. Nacionalne provedbene mjere (eng. *National Implementation Measures*, NIM). NIM sadržava: popis svih postrojenja obveznika EU ETS direktive (i onih prihvatljivih za besplatnu dodjelu i onih neprihvatljivih poput proizvođača električne energije, na teritoriju države koja sastavlja NIM), preliminarni broj godišnjih emisijskih jedinica besplatno dodijeljenih podpostrojenjima te preliminarnu ukupnu godišnju količinu besplatnih jedinica po postrojenju (kao zbroj po potpostrojenjima). NIM sastavlja nadležno ministarstvo države na temelju podataka poslanih od strane operaterao djelatnosti postrojenja obuhvaćenih EU ETS direktivom. Postrojenje je stacionirana tehnička jedinica u kojoj se odvija jedna ili više djelatnosti obuhvaćenih Prilogom I. EU-ETS direktive, kao i svaka druga izravno povezana djelatnost koja ima tehničku vezanost s djelatnostima koje se odvijaju u industrijskom objektu a koja može imati učinak na emisije i onečišćenje. Popostrojenje podrazumijeva sve ulaze, izlazne učinke i pripadajuće emisije koje se odnose na točno određeni režim dodjele. [5]

3.5. Metodologija dodjele

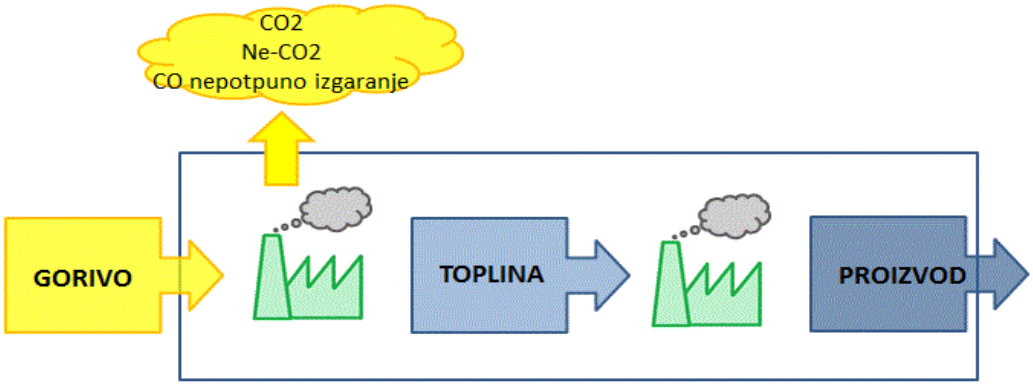
U svrhu dostave podataka o djelatnostima nadležnom ministarstvu, operater postrojenja dijeli svako postrojenje, koje ispunjava uvjete za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica, na jedno ili više podpostrojenja koja u najvećoj mogućoj mjeri odgovaraju fizičkim dijelovima postrojenja, i to :

- podpostrojenja s referentnom vrijednosti za proizvod (tCO2/t proizvoda)- dodjela besplatnih jedinica se temelji na proizvodnji određenog prozvoda
- podpostrojenja s referentnom vrijednosti za toplinu (tCO2/TJ potrošene topline)- dodjela se temelji na količini potrošene mjerljive topline
- podpostrojenje s referentnom vrijednosti za gorivo (tCO2/TJ potrošenog goriva)- dodjela se temelji na količini potrošenog goriva
- podpostrojenje s procesnim emisijama- dodjela iznosi 97% povijesnih emisija

Operater je svaka osoba koja upravlja postrojenjem ili ga kontrolira, ili gdje je to nacionalnim propisima predviđeno, kojoj je dodijeljena moć ekonomskog odlučivanja o tehničkom funkcioniranju postrojenja.

Mjerljiva toplina predstavlja netto protok topline koja se prenosi odredivim cjevovodima ili kanalima pomoću medija kao što su para, vrući zrak, voda, ulje, tekući metali i soli, za koju je postavljen ili bi mogao biti postavljen mjerač topline (uređaj za mjerenje i bilježenje količine proizvedene topline na temelju volumnih protoka i temperatura).

Gore navedena podjela uzima u obzir činjenicu da se svako industrijsko postrojenje može prikazati općim prikazom kao na Slici 2. Industrijski postupci proizvodnje imaju gorivo i/ili toplinu kao ulaz, a proizvod i/ili toplinu kao izlazni učinak.



Slika 2. Opći prikaz industrijskog proizvodnog procesa

Operater je dužan dostaviti podatke o povijesnoj razini djelatnosti svih podpostrojenja te postrojenja u cjelini za referentno razdoblje (npr. 2005.-2007. ili 2008.-2012.), pri čemu operater bira kao referentno ono razdoblje u kojem je razina djelatnosti bila viša). Povijesna razina djelatnosti za svako podpostrojenje, određuje se prema metodologiji određenoj CIM-om. Primjerice, povijesna razina djelatnosti vezana uz proizvod se, kod svakog proizvoda za koji je određena referentna vrijednost, odnosi na medijan povijesne godišnje vrijednosti proizvodnje toga proizvoda u postrojenju tijekom referentnog razdoblja. Ministarstvo zatim, na temelju dostavljenih podataka o djelatnostima i verificiranih od strane ovlaštenog verifikatora, izračunava preliminarni broj besplatnih emisijskih jedinica svakom postrojenju za svaku godinu trgovanja od 2013. do 2010. godine. Primjerica, preliminarni broj besplatnih jedinica za podpostrojenje s referentnom vrijednosti za proizvod za pojedinu godinu dobiva se množenjem referentne vrijednosti za proizvod s relevantnom povijesnom razinom djelatnosti vezanom uz proizvod. Ministarstvo sastavlja NIM i šalje ga Europskoj Komisiji koja određuje konačni broj besplatnih jedinica koje će biti dodijeljene postrojenjima (a koji se može razlikovati od preliminarnog).

Besplatna dodjela emisijskih jedinica na EU ETS vrši se na temelju tzv. *ex-ante* referentnih vrijednosti (eng, *benchmark*) To znači da su referentne vrijednosti i razina raspodjele određeni prije razdoblja trgovanja i tijekom razdoblja i za pojedina postrojenje ostaju nepromijenjeni (osim u slučaju promjene kapaciteta postrojenja). To pruža određenu sigurnost da besplatnom dodjelom neće biti manipulirani od strane izvanjskih faktora tijekom cijelog razdoblja trgovanja. Referentna vrijednost za proizvod definira se kao prosjek od 10% najučinkovitijih postrojenja koja ispuštaju stakleničke plinove, u smislu tona CO2 ispuštenog po toni proizvoda (tCO2/t proizvoda) na razini EU tijekom 2007. i 2008. godine (postrojenja su u tom razdoblju dobrovoljno prikupljala podatke o svojim emisijama u svrhu određivanja referentnih vrijednosti). Referentne vrijednosti za proizvod nisu razvrstane prema tehnologiji, mješavini goriva, veličini, starosti, klimatskim okolnostima ili kakvoći sirovina koje se tiču postrojenja koja proizvode određeni proizvod. Komisija se posavjetovala s relevantnim dionicima, uključujući predmetne sektore, pri utvrđivanju popisa proizvoda za koje treba primijeniti referentne vrijednosti. Popis proizvoda za koje treba primijeniti referentne vrijednosti, nalazi se u Prilogu I. CIM-a, sadržava 52 proizvoda iz 21 sektora i (prema procjeni) pokriva oko 80 % besplatne dodjele. Ako nije navedeno drukčije, sve se referentne vrijednosti za proizvod odnose na 1 tonu proizvoda izraženu kao (netto) utrživa proizvodnja i 100 % čistu tvar. Popis također sadržava i definicije granica sustava te definicije proizvoda. Poželjno je da se u što većoj mogućoj mjeri koriste referentne vrijednosti za proizvod. Tamo gdje to nije primjenjivo, koriste se nadomjesni pristupi prikazani Tablicom 4. koji se uzimaju na razmatranje redom kojim su navedeni u Tablici 4.

Tablica 4. Obilježja metodologija besplatnih dodjela emisijskih jedinica

Metodologija	Vrijednost	Uvjeti	Relevantne emisije
Referentna vrijednost za proizvod	Prilog I. CIM-a tCO2/t proizvoda	Referentna vrijednost za proizvod- dostupna	Emisije unutar granica sustava vezane za proizvod kako je navedeno u Prilogu I. CIM-a
Referentna vrijednost za toplinu	**62,3** tCO2/TJ	Referentna vrijednost za proizvod- nije dostupna Toplina je mjerljiva	Emisije utrošene mjerljive topline; nisu pokrivene referentnom vrijednošću za proizvod
Referentna vrijednost za gorivo	**56,1** tCO2/t goriva	Referentna vrijednost za proizvod- nije dostupna Toplina nije mjerljiva Gorivo je sagorjelo	Emisije koje potječu iz sagorijevanja goriva; nisu pokrivene referentnom vrijednošću za proizvod ili toplinu
Pristup vezan uz procesne emisije	97% povijesnih emisija (tCO2)	Referentna vrijednost za proizvod- nije dostupna Toplina nije mjerljiva Emisije ne proizlaze iz sagorijevanja goriva Emisije su „procesne emisije“	Sve emisije postrojenja koje nisu obuhvaćene prethodnim pristupima, izuzev neprihvatljivih emisija

Na temelju podataka iz NIM-a Europska Komisija određuje ukupnu godišnju količinu besplatnih jedinica za dodjelu postrojenjima na način da preliminarnu količina jedinica umanjuje faktorima korekcije. Ukupna se količina besplatno dodjeljenih jedinica računa prema sljedećoj formuli:

$$\textit{Ukupna količina besplatnih emisijskih jedinica} = \textit{Referentna vrijednost} \; X \; \textit{Razina povijesne aktivnosti} \; X \; \textit{Faktor izloženosti istjecanju ugljika} \; X \; \textit{Međusektorski faktor korekcije ILI Linearni faktor redukcije} \quad (1.)$$

Tablica 5. Pregled faktora izloženosti istjecanju ugljika i linearnog faktora smanjenja

Godina	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
Faktor izloženosti za značajan rizik istjecanja ugljika	1	1	1	1	1	1	1	1
Faktor izloženosti za manje značajan rizik	0,8000	0,7286	0,6571	0,5857	0,5143	0,4429	0,3714	0,3000
Linerani faktor smanjenja	1	0,9427	0,9652	0,9478	0,9304	0,9230	0,8956	0,8782

Ako ministarstvo, na temelju dokaza koje je operater tog postrojenja dostavio, utvrdi da potrošač mjerljive topline pripada sektoru ili podsektoru koji je izložen značajnom riziku od izmještanja emisija stakleničkih plinova u treće zemlje, tada faktor izloženosti za sve godine za to postrojenje iznosi 1,00. To znači da će ta postrojenja dobivati besplatne jedinice u 100% iznosu u odnosu na relevantnu referentnu vrijednost do 2020. Komisija je sastavila popis sektora i podsektora za koje se smatra da su izloženi značajnom riziku istjecanja ugljika. Za sve ostale koji nisu na tom popisu vrijedi faktor izloženosti koji se smanjuje svake godine kako je prikazano Tablicom 5. Međusektorski faktor korekcije primjenjuje se, ukoliko je potrebno, na sva postrojenja koja nisu prepoznata kao „proizvođači električne energije". Njegova je svrha osigurati da ukupna količina emisijskih jedinica za besplatnu dodjelu ne prelazi maksimalnu količinu za dodjelu sukladno članku 10a. stavku 5. revidirane EU ETS direktive. Potrebu i vrijednost međusektorskog faktora korekcije određuje Komisija po primitku svih nacionalnih provedbenih mjera, a njegova vrijednost treba biti podjednaka za sva postrojenja, a može se razlikovati za pojedine godine tijekom 3. razdoblja trgovanja. Linearni faktor redukcije sukladno članku 9 EU ETS direktive odnosi se na postrojenje za proizvodnju električne energije koje proizvodi toplinu, a iznosi 1,74% za svaku godinu 3. razdoblja trgovanja počevši od 2014. godine. [6]

3.6.Praćenje, izvješćivanje i verifikacija

Ključnu ulogu u vjerodostojnosti svakog sustava trgovanja emisijama pa tako i EU ETS-a imaju praćenje, izvješćivanje i verifikacija emisija (eng. *Monitoring, Reporting and Verification*, MRV). Cjelovit, dosljedan, precizan i transparentan sustav MRV-a osiguarava da operateri ispunjavaju svoje obveze predaje dovoljne količine emisijskih jedinica te stvara povjerenje u trgovanje emisijama.

EU ETS Direktiva osigurava čvrstu osnovu za dobar MRV sustav putem članak 14. I 15. U vezi s Prilozima IV. i V. Na temelju članka 14. Komisija je izradila Uredbu o praćenju i izvješćivanju (UPI) koja je na snazi od 1. siječnja 2013. godine. Praćenje i izvješćivanje glavne su odgovornosti koje snosi operater postrojenja koji je ujedno odgovoran i za angažiranje verifikatora te osiguravanje svih relevantnih informacija za verifikatora. Z akrajnji rezulat odogovorno je Nadležno tijelo koje odobrava planove praćenja tezaprima i provjerava izvješća o emisijama. Operater osigurava da je metodologija praćenja dokumentirana putem tzv. Plana praćenja postrojenja. Temeljna načela kojih se operateri moraju pridržavati pri ispunjavanju svojih obveza su:

- Potpunost: potpunost izvora emisija i izvora toka nalazi se u samoj srži načela praćenja EU ETS-a. Operater mora izložiti potpunu metodologiju praćenja svih emisija iz proizvodnih procesa i emisija zbog izgaranja iz svih izvora emisija i izvora toka.
- Dosljednost i usporedivost: vremenski nizovi podataka moraju biti dosljedni tijekom godina. Zabranjene su proizvoljne promjene metodologije praćenja.
- Transparentnost: svako prikupljanje podataka, objedinjavanje i izračun se moraju provesti na transparentan način te moraju biti transparentno dokumentirani.
- Točnost: operateri trebaju voditi računa o točnosti podataka, tj. da nema sustavnih ni svjesnih pogrešaka.
- Cjelovitost metodologije: Podacima se mora dati vjerodostojan i uravnotežen prikaz emisija iz postrojenja
- Kontinuirano poboljšavanje: od operatera se zahtijeva da dostavlja redovita izvješća o mogućnostima za poboljšanje te da reagira na preporuke verifikatora.

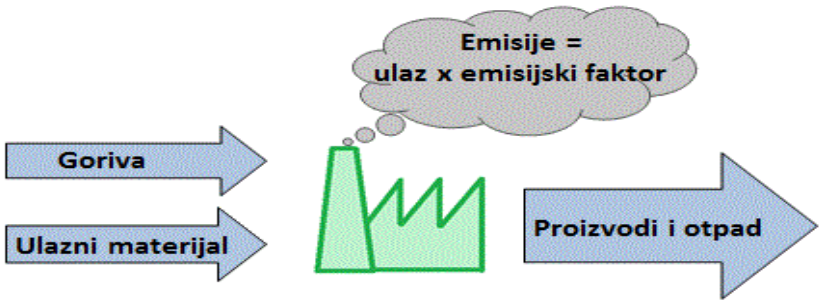
Na raspolaganju su sljedeće metodologije praćenja emisija iz postrojenja:

1. Pristupi temeljeni na izračunu:
   a. Standardna metodologija (razlikuje emisija uslijed izgaranja i emisije iz proizvodnih procesa)
   b. Bilanca mase

2. Pristupi temeljeni na mjerenju
3. Metodologija koja se ne temelji na razinama (tzv. „nadomjesna metodologija“)
4. Kombinacija više pristupa

Pristupi temeljeni na izračunu također iziskuju mjerenja koja se obično odnose na parametre kao što je potrošnja goriva, iz kojih se mogu izračunati emisije, dok pristup na temelju mjerenja uvijek podrazumijeva mjerenje samih stakleničkih plinova.

Kod standardne metodologije koriste se sljedeće formule za izračun emisije CO2. Emisije N_2O se obično određuju primjenom pristupa na temelju mjerenja, dok se za emisije PFC-a primjenjuju posebni uvjeti.



Slika 3. Aktivnosti postrojenja kod standardne metodologije

1. Emisije uslijed izgaranja - prema sljedećoj formuli:

Emisije = ***Podatak o djelatnosti*** ***X*** ***Emisijski faktor*** ***X*** ***Oksidacijski faktor*** (2.)
[tCO_2] [TJ ili Nm^3] [tCO2/TJ ili tCO2/Nm^3] [nema dimenzije]

Podatak o djelatnosti goriva (uključujući i slučaj kada se goriva koriste kao ulazni materijal procesa) mora biti izražen kao neto kalorična vrijednost:

$$\underset{[TJ \text{ ili } Nm^3]}{\textit{Podatak o djelatnost}} = \underset{[t \text{ ili } Nm^3]}{\textit{Količina goriva}} \; X \; \underset{[TJ/t \text{ ili } TJ/Nm^3]}{\textit{Neto kalorična vrijednost}} \qquad (3.)$$

Oksidacijski faktor koristi se za korekciju emisijskih vrijednosti u slučaju nepotpunog izgaranja goriva.

Kod biomase, emisijski se faktor određuje putem preliminarnog emisijskog faktora i udjela biomase u gorivu:

$$\textit{Emisijski faktor} = \textit{Preliminarni emisijski faktor} \; x \; \textit{Udio biomase} \qquad (4.)$$

Preliminarni emisijski faktor je „procijenjeni ukupni faktor emisije miješanog goriva ili materijala na temelju ukupnog sadržaja ugljika koji se sastoji od udjela biomase i fosilnog udjela prije nego se pomnoži s fosilnim udjelom kako bi se dobio emisijski faktor“ (sukladno članku 3. Stavka 35.)

1. Emisije iz proizvodnih procesa računaju se na sljedeći način:

$$\underset{[t\ CO_2]}{\textit{Emisije}} = \underset{[t \text{ ili } Nm^3]}{\textit{Podatak o djelatnosti}} \; x \; \underset{[t\ CO_2/t \text{ ili } t\ CO_2/Nm^3]}{\textit{Emisijski faktor}} \; x \; \underset{[bez\ dimenzije]}{\textit{Konverzijski faktor}} \qquad (5.)$$

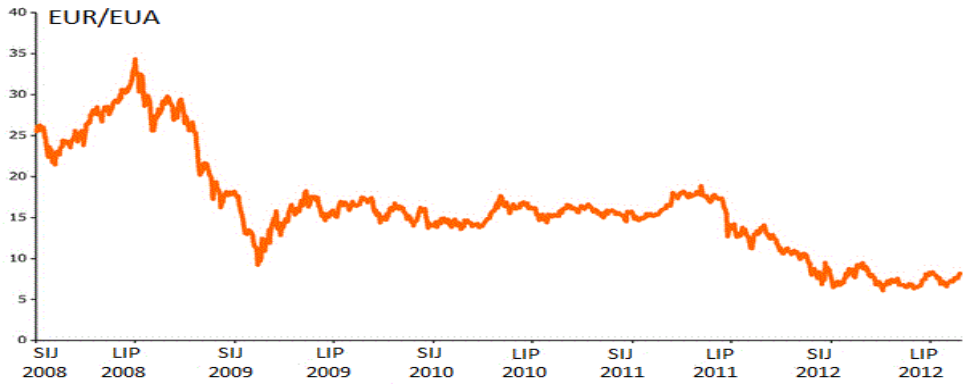
Podatak o djelatnosti može se odnositi na ulazni materijal ili izlazni rezultat procesa. Konverzijski faktor koristi se za korekciju emisijskih vrijednosti u slučaju nepotpunih kemijskih reakcija (s konverzijom limitirajućeg reaktanta manjom od 1).

Kod pristupa koji se temelje na mjerenju predmet mjerenja se staklenički plinovi u ispušnim plinovima postrojenja. U postrojenjima s više emisijskih točaka (dimnjaka) to je teško, a čak nemoguće u slučajevima kada se moraju uzeti u obzir fugitivne emisije.

Prednost ovog pristupa je neovisnost o rezultata o broju različitih korištenih goriva i materijala te neovisnost o stehiometrijskim odnosima (zato se emisije N_2O i moraju pratiti na ovaj način). U slučaju biomase, propisano je da se svaka biomasa odredi pristupom koji se temelji izračunu te se oduzme od ukupne emisije utvrđene mjerenjem, s obzirom na to da sadašnjom opremom nije moguće kontinuirano i dovoljno pouzdano mjeriti udio biomase u ispuštenom CO_2. Za primjenu sustava kontinuiranog mjerenja emisija potrebno je mjerenje koncentracije emisije stakleničkih plinova i volumni protok plina na mjestu mjerenja. Iz podataka dobivenih mjerenjem (prosječne satne koncentracije i prosječnog satnog protoka) prvo treba odrediti emisije za svaki sat mjerenja, a zatim zbrojiti sve satne vrijednosti pojedina izvještajne godine za izračun ukupne emisije na točki emisije.[7]

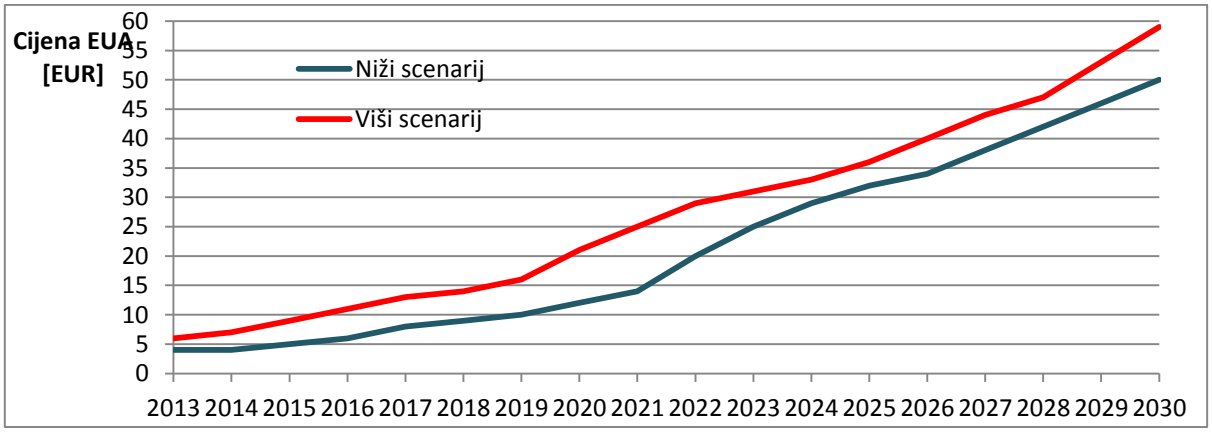
3.7. Cijena emisijskih jedinica na EU ETS

Na cijenu emisijskih jedinica, osim ponude i potražnje na tržištu, utječu i promjena međunarodne i domaće zakonske regulative, cijena energenata, domaći i međunarodni politički rizici i nestabilnosti, gospodarski razvitak država uključenih u sustav trgovanja, ustrojstvo sustava za praćenje emisija kompanija, ukupna količina jedinica dostupnih na tržistu i mnogi drugi, održivost i širi socijalni utjecaji te mnogi drugi. Cijena EUA jedinica se do sada kretala u prosjeku od 5-30 €/EUA. Najviši iznos od 35 €/EUA zabilježen je u lipnju 2008. godine, dok je najniži iznosio samo 0,13 €/EUA u lipnju 2007. godine. Slika 4. prikazuje padajući trend kretanja cijena EUA jedinice u 2. razdoblju trgovanja, s 25 €/EUA početkom 2008. na prosječnih 7 €/EUA pri kraju 2012. godine. Cijene u 2015. kretale su se od 7,55 €/EUA (15. siječnja) do 8,10 €/EUA (4. rujna).



Slika 4. Trend kretanja cijena EUA od 2008.-2012. godine [19]

Predviđanja budućih kretanja cijene EUA (i drugih jedinica kojima se trguje na EU ETS) od ključnog su interesa sudionika sustava trgovanja. U ovom radu korištena su predviđanja cijena EUA jedinice u razdoblju do 2030. godine tvrtke koja se bavi analizom tržišta emisijskih jedinica, Thomson Reuters Point Carbon, objavljena na uvid javnosti od strane Europske Komisije na službenim mrežnim stranicama Komisije 2014. godine[20]. Od tri objavljena scenarija, u radu su za potrebe proračuna korištena dva, u radu nazvana Niži scenarij i Viši scenarij.



Slika 5. Projekcije budućih kretanja cijena EUA do 2030. godine

Pretpostavke na kojima se temelje oba scnarija su smanjenje ukupne količine emisija (kape) sa godišnjom stopom od 2,2% od 2021. godine kako bi se postiglo smanjenje emisije stakleničkih plinova za 40 % u odnosu na 2005., udio obnovljivih izvora energije od 27% u ukupnoj energetskoj potrošnji, te pretpostavljeni ukupni rast bruto domaćeg proizvoda svih država koje sudionika EU ETS-a od 1,7% godišnje u razdoblju od 2015.-2020. i 1,9% godišnje u razdoblju od 2021.-2030. Viši scenarij uključuje i trajno poništenje 900 milijuna emisijskih dozvola u 2021. godini (kako bi se postigla smanjena ponuda na tržištu i povećala potražnja). Niži scenarij uključuje trajno poništenje 900 milijuna emisijskih dozvola, ali s ranijim početkom u 2017. godini, zatim smanjenje količina dozvola za trgovanje na dražbama za 15%, te stavljanje 50 milijuna dozvola godišnje u pričuvu radi postizanja stabilnosti tržišta. Prikazani scenariji ne predstavljaju službeno stajalište tvrke Point Carbon, već predstavljaju neke od mogućih ishoda izračunatih prema teoretskom modelu s promjenjivim parametrima. Predviđanja cijena su stoga strogo indikativna. Niži scenarij predviđa 5€/EUA u 2015., 12 €/EUA u 2020., i 50 €/EUA u 2030. godini. Viši scenarij predviđa 8 €/EUA u 2015., 21 €/EUA u 2020., i vrtoglavih 59 €/EUA u 2030. godini. S obzirom na stvarna kretanja cijene EUA u 2015., vidimo da Viši scenarij za sad relativno točno predviđa cijenu EUA (prosječno 8 €/EUA).

4. Prehrambena industrija pod Europskom shemom trgovanja emisijskim jedinicama

4.1. Predmet i značaj prehrambene industrije

Prehrambena industrija uključuje preradu biljnih, životinjskih i mineralnih sirovina radi zadovoljavanja prehrambenih potreba ljudi, pri čemu se dio proizvoda koristi kao sirovina za daljnju proizvodnju. Grane prehrambene industrije klasificiraju se prema velikom broju kriterija. Prema kriteriju istorodnosti osnovne sirovine proizvoda, grane prehrambene industrije dijele se na one koje prerađuju sirovine životinjskog podrijetla (npr.mesni i mliječni proizvodi), biljnog podrijetla (npr. jestiva ulja, šećer, brašno, fermentirana alkoholna pića), te grane koje prerađuju nepoljoprivredne sirovine (npr. sol, mineralna voda). Prema drugom kriteriju proizvodi se dijele se na one koji su predmet rada (npr. brašno, šećer) i one koji se koriste za neposrednu osobnu potrošnju (npr. mliječna čokolada). Treći kriterij grupira proizvode s obzirom na stupanj obrade prije neposredne potrošnje.[10]

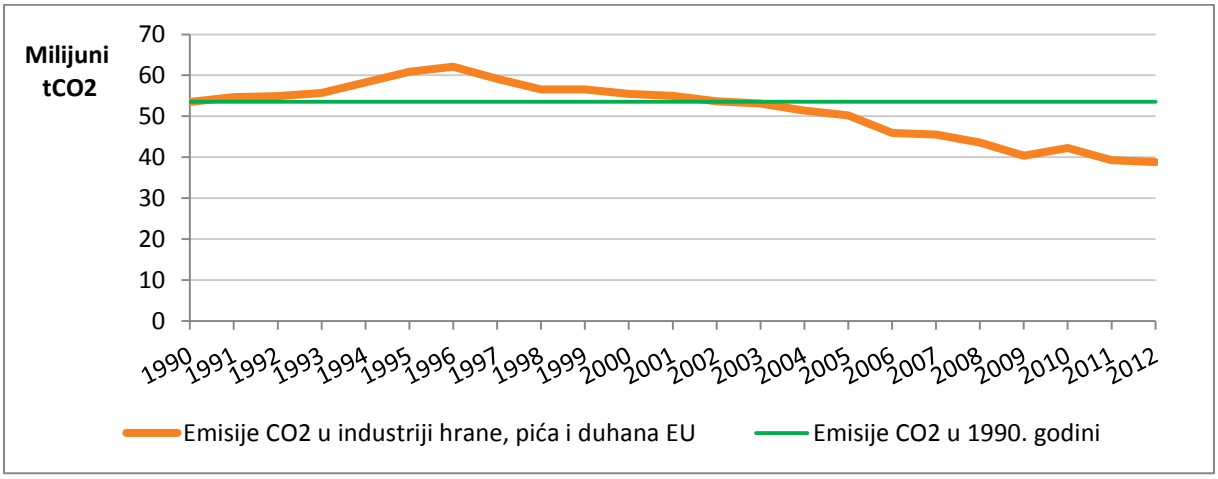
U Europskoj Uniji, prehrambena industrija je druga po redu nakon metalne industrije s udjelom od 14,6% u proizvođačkom sektoru, s ostvarenim prihodom od oko 1000 milijardi € u 2013. godni, a zapošljava oko 4,8 milijuna ljudi. 99% prehrambenih poduzeća EU su mala ili srednja poduzeća. Prehrambena industrija je jedna od najznačajnijih sastavnica ukupne industrije u Republici Hrvatskoj. Mala poduzeća dominiraju s 82%, srednja čine oko 10%, a velika između 7-8%. Od preko 3 000 registriranih tvrtki u Hrvatskoj, samo njih 10 (0,33%) su obveznici EU ETS-a (od 1.1.2013.) U Tablici 6. navedena su postrojenja prehrambene industrije obveznici EU ETS-a od 1.1.2013 godine, te procijenjene preliminarne količine besplatnih emisijskih jedinicau 100%-tnom iznosu putem Plana raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj objavljenog 2009. godine (NN 76/09). Kriterij prema kojem postrojenje postaje obveznik EU ETS-a, a koji vrijedi za prehrambenu industriju, je da sadrži objekte za proizvodnju toplinske ili električne i toplinske energije ukupne instalirane snage > 20 MW. Staklenički plin koji nastaje prilikom sagorijevanja goriva za potrebe dobivanja energije, a obuhvaćen EU ETS-om je, naravno ugljikov dioksid (CO_2).

Tablica 6. Popis postrojenja prehrambene industrije obveznika EU ETS-a od 1.1.2013. godine i dodijeljene količine besplatnih emisijskih jedinica

Naziv postrojenja	Osnovna djelatnost	Dodijeljena godišnja kvota u tCO2
Gavrilović d.o.o.	mesna idustrija	-
VIRO Tvornica šećera d.d.	šećerana	69 989
Danica d.o.o.	mesna industrija	8 397
Podravka d.d.	prehrambena industrija	7 232
Sladorana d.d.	prehrambena industrija	74 515
Karlovačka pivovara d.d.	industrija pića	8 644
Tvornica šećera Osijek d.o.o.	prehrambena industrija	94 028
Badel d.d.	industrija pića	3 983
Sojara d.d.	prehrambena industrija	15 985
PIK Vrbovec	mesna industrija	8 264

4.2. Emisije stakleničkih plinova u prehrambenoj industriji

Emisije stakleničkih plinova u prehrambenoj industriji najvećim su dijelom (> 99%) povezane s potrošnjom energije i mogu se podijeliti na izravne (kao posljedica izgaranja krutih, tekućih i plinovitih goriva) i neizravne (kao posljedica kupljene električne energije).



Slika 6. Emisije CO_2 u industriji hrane, pića i duhana država EU

Slika 6. prikazuje emisije CO2 iz industrije hrane, pića i duhana u razdoblju od 1990. do 2012. godine. Vidljivo je stalni trend smanjenja nakon 1996. godine. U 2012. godini, ukupna količina emitiranog CO2 bila je 27% manja od količine emitirane u 1990. godini i 11% manja u odnosu na 2008. godinu. Gospodarska aktivnost bilježi stalni rast pa takav trend razdružuje gospodarski rast i emisije stakleničkih plinova u prehrambenoj industriji. Ukupna dostvarena dobit na razini EU u 2013. godini iznosila je 1 048 milijardi € s prosječnom stopom rasta od 3.1% u odnosu na 2011. godinu. Također postoji trend smanjenja udjela u ukupnim emisijama CO_2 na razini EU koje prehrambena industrija zauzima. Iz Tablice 5. vidljivo je koliko je mali taj udio.

Tablica 7. Udio emisija CO2 prehrambene industrije u ukupnim emisijama država članica EU u razdoblju od 2020.-2012. godine

Godina	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Udio u ukupnim emisijama CO2 država EU [%]	1,28	1,24	1,2	1,18	1,07	1,08	1,06	1,07	1,08	1,04	1,04

Emisije ugljikovog dioksida obuhvaćene EU ETS-om u prehrambenoj industriji potječu iz procesa sagorijevanja goriva za dobivanja procesne topline (ili proizvodnje procesne topline i električne energije u slučaju kogeneracijskih postrojenja). Proizvedena procesna toplina se predaje procesnoj vreloj vodi i/ili procesnoj pari koje se koriste u procesima kao što su grijanje, kuhanje, blanširanje, toplinska sterilizacija i pasterizacija, isparavanje, sušenje u procesima prerade i dorade sirovina prilikom proizvodnje prehrambenih proizvoda. Procesna toplina koristi se i za procese čišćenja i pranja sirovina, kao i pogona i opreme, te za grijanje pogona i zgrada. Procesna vrela voda i procesna para proizvode se u vrelovodnim i parnim kotlovima, a goriva koja se pri tom koriste mogu biti raznolika s obzirom na komercijalno dostupne tehnologije industrijskih kotlova. Uglavnom se koriste derivati nafte, prirodni plin i biomasa te njihove kombinacije.

U novije vrijeme je postalo uobičajeno da se prehrambena industrija promatra unutar tzv. *životnog ciklusa (lanca) hrane (*eng. *Food Chain)*, koji uključuje sljedeće stadije: poljoprivrednu i/ili stočarsku proizvodnju, transport, industrijsku preradu, pakiranje, distribuciju, uporabu od strane potrošača te odlaganje otpada. Prehrambena industrija izravno je povezana sa svim stadijima životnog ciklusa hrane te ima utjecaj na njih. Primjerice, prehrambena industrija otkupljuje oko 70% poljoprivrednih proizvoda EU. Glavni stakleнički plin vezan uz stočarsku proizvodnju je metan (CH_4) koji je produkt probave stoke. U poljoprivrednoj proizvodnji je to didušikov oksid (N_2O) koji potječe od upotrebe umjetnih gnojiva na bazi dušika. Mnoga istraživanja sugeriraju da biljke ne apsorbiraju ni polovicu od količine dušika koji im je dostupan primjenom gnojiva. Ostatak dospijeva u tlo i površinske vode u obliku nitrata ili u atmosferu kao N_2O. Što se tiče udjela u emisijama stakleničkih plinova koji zauzima industrijska prerada hrane u ukupnim emisijama na razini čitavog životnog ciklusa hrane, podaci za Ujedinjeno Kraljevstvo iz 2005. ukazuju na 49% emisija iz poljoporivrede i stočarstva, 18% iz neposredne potrošnje (koja uključuje kuhanje,

rashlađivanje i zamrzavanje, pranje posuđa itd.), te 11% iz industrijske proizvodnje. Još jednu važnu skupinu stakleničkih plinova čine fluorirani ugljikovodici (HFC-i), rashladni mediji u rashladnim uređajima i uređajima za zamrzavanja kakvi se koriste za čuvanje hrane uzduž čitavog lanca hrane, od industrijskih, kućnih uređaja do onih u restoranima i prodavaonicama. On čine svega 0,2% u ukupnim emisijama prehrambene industrije EU.[11]

4.2. Primjena drvne biomase u postrojenju prehrambene industrije pod EU ETS-om

4.2.1. Što je to biomasa ?

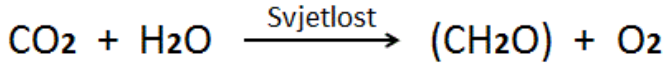
Biomasa je određena kao „biorazgradivi dio proizvoda, ostataka i otpadaka od poljoprivrede (uključivo s biljnim i životinjskim tvarima), šumarstva i drvne industrije, kao i biorazgradivi dijelovi komunalnog i industrijskog otpada čije je energetsko korištenje dopušteno“ (članak 3. Zakona o energiji, NN 68/2001, 177/2004, 76/2007, 152/2008, 127/2010). Riječ je, dkle o gorivu uglavnom prirodnog porijekla koje je u cijelosti obnovljivo jer se, nakon što se potroši, nadoknađuje uglavnom prirodnom procesima.

Podjela biomase vrši se s obzirom na dva kriterija

1. prema porijeklu:
    a) šumska ili drvna biomasa:
        - ostaci i otpaci iz šumarstva i drvnoprerađivačke industrije
        - proizvodi ciljanog uzgoja (brzorastuće drveće, tzv. *energetski nasadi*)
    b) Nedrvna biomasa:
        - proizvodi ciljanog uzgoja (brzorastuće alge i trave)
        - ostaci i otpaci iz poljoprivrede
    c) biomasa životinjskog porijekla:
        - životinjski otpad i ostaci
2. prema konačnom pojavnom obliku:
    - kruta biomasa
    - bioplinovi
    - kapljevita biogoriva (biodizel, bioetanol)

Mogućnosti za energetsko iskorištavanje biomase su brojne. U okviru ovog rada, pozornost je posvećena industrijskoj primjeni. U prehrambenoj industriji, biomasa se koristi za proizvodnju topline i sve ćešće i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima. Danas je sve veće korištenje biomase aktualno kao zamjena za fosilna goriva, gdje god je to moguće. Naime, biomasa se smatra neutralnom u odnosu na ugljični dioksid, jer se taj isti CO_2 koji nastaje njezinim izgaranjem koristi za rast i razvoj drugih biljaka. Time je cjelokupna emisija CO_2 koje nastaje izgaranjem biomase uključena u zatvoreni ciklus CO_2 na Zemlji.

Biomasa u najužem smislu podrazumijeva organske spojeve koji nastaju u biljkama procesom fotosinteze. Energija biomase je zapravo energija Sunčeva zračenja koja je pretvorena u kemijsku energiju sadržanu u biljkama. Proces fotosinteze, koji je složen i sastoji se od više reakcija, pojednostavljeno je prizakan sljedećim izrazom:



Slika 7. Pojednostavljeni prikaz procesa fotosinteze

4.2.2. Proizvodni oblici šumske biomase

Šumska ili drvna biomasa je oblik biomase koji se najčešće energetski iskorištava. Dobiva se iz prirodnih ili novopodignutih (tzv. *plantažnih*) šuma, odnosno energetskih nasada. Dakle, potječe iz šumarstva ili drvnoprerađivačke industrije (drvo, kora, granje, korjenje drveća ili drvenastih grmova, brzorastuće drveće). Šumska se biomasa danas pojevljuje i iskorištava u četiri osnovna uporabna oblika: cjepanice, sječka, briketi i peleti. Suvremena su ložišta posebno geometrijski prilagođena uporabi točno određenog oblika. Za industrijsku su uporabu (u ložištima za kotlove s toplinskim učinom većim od 50 kW pa sve do više MW) posebno pogodni sječka i peleti.

Sječka su komadići drvne biomase raznih oblika i dimenzija. Nastaju sječenjem i usitnjavanjem drvne sirovine kao što su granje, kora i drugi ostaci u šumarstvu i drvnoprerađivačkoj industriji, pri čemu se koriste sjeckalice. Najčešće se koristi u ložištima s toplinskim učinom do više MW. Duljina komadića sječke iznosi 1-10 cm. Kategorija tzv. fine sječke ima promjer do 3 cm, srednja sječka do 5 cm i krupna sječka do 10 cm. Za primjenu sječke u ložištima važno je da ima što manji udio vlage i da komadići budu što ravnomjernijih dimanzija jer se jedino tako može osugurati djelovanje autimatiziranih ložišta bez pojave smetnji. Nakon kupnje i dobave potrebno je njezino sušenje u trajanju od nekoliko tjedana, budući da kupovna sječka ima udio vlage oko 40%, a sušenejm se postiže optimalnih 20%.Na sirovini za proizvodnju sječke ne smije biti ostataka boje i sličnih kemijskih tvari. Ako je taj uvjet zadovoljen, ostvaruje se izgaranje bez pojave štetnih emisija i s udjelom pepela manjim od 0,5%.

Peleti su geometrijski pravilni komadići prešane usitnjene drvne sirovine. U pravilu su valjkastog oblika ili poput tableta. Proizvode se prešanjem piljevine i strugotina osušenog drveta velike ogrjevne vrijednosti (poput hrasta, bukve, topole i jasena) pod tlakom od 1000 bar. Pri tome se od 6 – 8 m^3 sirovine dobiva 1m^3 peleta. Koriste se u ložištima kotlova s toplinskim učinom do 50 kW za centralno grijanje i pripremu potrošne tople vode u obiteljskim kućama, stambenim i poslovnim zgradama, pa sve do kotlova industrijskih energana i termoenergetskih postrojenja. Duljina peleta obično iznosi 5 – 45 mm, a promjer 10 – 12 mm za sustave grijanja većih objekata i za energetska postrojenja. Gustoća obično iznosi više od 650 kg/m^3. Pri proizvodnji peleta drvnoj sirovini se dodaju prirodna vezivna sredstva ako što je kukuruzni škrob koji olakšava proces prešanja i vezivanja drvnih čestica , a li i poboljšava uporabne i energetske značajke gotovog proizvoda. Udio vezivnih sredstava ne

smije biti veći od 2%. Osnovne prednosti primjene peleta su velika ogrjevna vrijednost, te njihov oblik i dimenzije zahvaljujući kojima se razmjerno lako prevoze i skladište te posve automatizirano prenose do ložišta čime se omogućava jednaka udobnost primjene kako i kod, primjerice plina.

4.2.3. Energetske značajke šumske biomase

Najvažnija energetska značajka šumske ili drvne biomase je ogrjevna vrijednost, koja se obično iskazuje kao donja ogrjevna vrijednost (H_d, MJ/kg). To je ona količina topline koja nastaje potpunim izgaranjem jedinične količine nekog goriva, pri čemu se dimni plinovi ohlade a temeratutu 25 °C, a vlaga u njima ostaje u parnom stanju pa toplina kondenzacije vodene pare ostaje neiskorištena. Najveći utjecaj na ogrjevnu vrijsdnost šumske biomase imaju udio vlage , kemijski sastav, gustoća i zdravost drva. Pri tome je važna i vrsta drva,tj. ubraja li se drvo u listače ili četinjače, odnosno meko ili tvrdo drvo. Tablica 8. navodi karakteristike najčešćih oblika šumske biomase. Ogrjevna vrijednost drva se smanjuje s povećanjem vlage u drvu. Tijekom sušenja, smanjenje od 10% u vlažnosti uzrokuje povećanje od otprilike 2,16 MJ/kg u energetskoj vrijednosti. Kemijski sastav podrazumijeva udio određenih osnovnih gradivnih tvari u drvum a ponajviše osnovnih elemenata: ugljika, vodika, kisika, sumpora i vode, dok se udjeli dušika, fosfora i raznih alkalijskih i drugih metala mogu zanemariti. Gustoća drva je također važan čimbenik njegove ogrjevne vrijednosti, pri čemu treba uzeti u obzir i sadržaj vlage u drvu.

Tablica 8. Udjeli vlage, donja ogrjevna vrijednost i gustoća najčešćih oblika šumske biomase

Oblik biomase	Udio vlage U, %	Donja ogrjevna vrijednost , MJ/kg	Gustoća, kg/m3
peleti	10	16,4	600
prosušena sječka od tvrdog drva	30	12,2	320
sječka od tvrdog drva	50	8,0	450
prosušena sječka od mekog drva	30	12,2	250
sječka od mekog drva	50	8,0	350

Za iskazivanje ogrjevne vrijednosti drva mogu se koristiti jedinice mase (kg) ili pak volumena (m^3), odnosno jednince iz šumarstva kao što su prostorni ili nasipni metar. Prostorni metar je jedinica koja označava volumen prostora u koji se smješta šumska biomasa razmjerno pravilnog oblika (komadi drva, cjepanice, briketi). Nasipni metar je jedinica koja označava volumen prostora u koji se smješta rasuta šumska biomasa, odnosno drvna sirovina (piljevina, sječka, peleti).

Šumska ili drvna biomasa pogodna je kao energent za dobivanje toplinske energije u kotlovima velikih učina za potrebe tehnoloških procesa. U prehrambenoj industriji posebno je zanimljiva gdje se ogromne količine topline upotrebljavaju za, primjerice procese kuhanja sirovina u području temperatura od 120 do 180 °C, za sušenje od 120 do 220 °C te grijanje od 80 do 120 °C. S obzirom na veličinu, koriste se veliki kotlovi s učinom od 100 kW - 10 MW, a s obzirom na način punjenja, to su sustavi s automatskim punjenjem (za pelete, sječku). U posljednjih desetak godina, provedena su brojna poboljšanja kotlova na biomasu, ponajviše s ciljem povećanja učinkovitosti i smanjenja štetnih emisija čvrstih čestica i ugljikovog monoksida (CO). Tako su razvijene nove konstrukcije komora izgaranja, sustava za dovod zraka i regulacije. Kogeneracijska postrojenja na biomasu su danas najčešća mogućnost iskorištavanja šumske biomase kao goriva za istovremenu proizvodnju toplinske i električne energije, mogućnost koja ima primjenu i u prehrambenoj industriji. Omjer proizvodnje toplinske i električne energije najčešće iznosi 2:1, što znači da se od ukupne raspoložive energije 2/3 pretvara u toplinsku, a 1/3 u električnu energiju. Toplinska i električna energija iz biomase se često proizvode i suspaljivanjem, pri čemu biomasa može izgarati posebno ili u istom ložištu s različitim fosilnim gorivima.

4.2.4. Osnovne smjernice za izvođenje postrojenja na šumsku biomasu

Pri izvođenju, odnosno projektiranju, gradnji i pogonu velikih energetskih postrojenja koja kao gorive koriste šumsku biomasu, u obzir valja uzeti brojne čimbenike, najvažniji su:

- tehnički - ciljevi projekta, tehničke značajke i izvedba postrojenja, pridobivanje i opskrba biomasom
- ekonomski – novčana ulaganja, ekonomičnost pogona, mogućnosti dobivanja poticaja
- pravni – ishođenje dozvola i odobrenja, ugovaranje opskrbe biomasom, isporuke energije

Velika energetska postrojenja na šumsku biomasu se, bez obzira na namjenu (proizvodnja samo toplinske i/ili električne energije) sastoje od tri osnovna dijela: kotao, skladište šumske biomase i sustav za dovođenje biomase do ložišta. Kotao je središnji dio energetskog postrojenja u kojem se izgaranjem goriva proizvodi toplinska energija koja se koristi za zagrijavanje ogrjevnog medija (vode) i/ili proizvodnju pare. Pri dimenzioniranju kotla treba uzeti u obzir vrijeme rada pod punim opterećenjem (najmanje 2000 h godišnje) i udio u pokrivanju potreba za toplinom (najmanje 70%). Pri tome se ukupne potrebe za toplinom nikada ne pokrivaju iz jednog kotla, već treba ugraditi još jedan kotao s manjim toplinskim učinom kao pričuvni. Skladište služi za privremenu pohranu šumske biomase i mora omogućava njezino automatsko dovođenej do ložišta. Volumen skladšta treba biti vrlo velik da bi zadovoljio opskrbu ložišta dulje vrijeme (npr. tijekom cijele sezone). Skladište se najčešće izvodi u zatvorenim prostorima (silosima, bunkerima) jer mora održavati vlagu biomase u određenim granicama (do 35%). Sustav za dovođenje goriva do ložišta u cijelosti

mora omogućiti automatiazciju njegova rada. Izvodi se ovisno o vrsti šumske biomase koja se koristi kao gorivo.

Za dimenzioniranje velikog energetkog postrojenja na šumsku biomasu važan je toplinski učin kotla i volumen skladišta za biomasu. Toplinski učin kotla odabire se na temelju postreba za toplinom tehnološkog procesa. Volumen skladišta za biomasu određuje se na temelju toplinskog učina postrojenja pri čemu se u obzir uzima vrijeme njegova rada pri punom opterećenju, a dobiva se preračunavanjem vrijednosti potrebnog volumena šumske biomase koji se uglavnom izražava u nasipnim metrima.

Osiguranje opskrbe potrebnim količinama šumske biomase u određenom razdoblju osnovni je čimbenik pouzdanog i sigurnog rada postrojenja. Šumska biomasa može potjecati od više izvora: šumarstva (privatnih i državnih šuma, odnosno tvrtki za gospodarenje šumama), drvnoprerađivačke industrije, veleprodaje i maloprodaje drvom i drvnim proizvodima, tvrtki koje se bave oporabom otpada, energetskih nasada i dr.

Tablica 9. Najčešće izvedbe kotlova za velika energetska postrojenja na šumsku biomasu i njihove glavne značajke

Izvedba ložišta kotla	Izvedba sustava za dovođenje goriva do ložišta	Vrsta šumske biomase	Raspon toplinskog učina
S izgaranjem na rešetki	mehanički	sječka	>200 kW
s izravnim loženjem	pneumatski	piljevina	> 200 kW
S izgaranjem u vrtložnom fluidiziranom sloju	mehanički	sječka	> 10 MW

Pri odabiru odgovarajućeg rješenja, osim tehničkih u obzir treba uzeti i ekonomske čimbenike i razmotriti koji se troškovi i prihodi mogu očekivati. Troškovi projektiranja, izvedbe i pogona velikih energetskih postrojenja na biomasu su razmjerno visoki i uobičajeno uključuju:

a) troškove ulaganja – troškovi ulaganja u opremu, projektiranja i izvođenja radova, ishođenja dozvola i odobrenja, troškovi poreza i dr.
b) pogonski troškovi – troškovi goriva, osoblja, održavanja, servisa, remonta, osiguranja, zbrinjavanja pepela i dr.

Tablica 10. sadrži usporedbu ukupnih troškova ulaganja te troškova pogona i održavanja kotlova za velika energetska postrojenja na šumsku biomasu s ložištem s izgaranjem goriva na rešetki i s izgaranjem u fluidiziranom sloju. Također je dan raspon stupnja djelovanja pojedine izvedbe kotla s obzirom na način izgaranja u ložištu.

Tablica 10. Usporedba nekih značajki i troškova ulaganja, pogona i održavanja kotlova za velika energetska postrojenja na šumsku biomasu s obzirom na način izgaranja u ložištu

Značajke	Način izgaranja	
	Na rešetki	U fluidiziranom sloju
Stupanj djelovanja kotla, %	65 - 85	65 - 85
Ukupni troškovi ulaganja u postrojenje, EUR/kW	1970 - 2370	2170 - 2760
Troškovi pogona i održavanja, EUR/MWh	11,8 - 15,8	12,6 - 17,4

U prihode koje postrojenje prehrambene industrije obveznik EU ETS-a može ostvariti prelaskom na šumsku biomasu kao energent za pokrivanje vlastitih potreba za procesnom toplinom, svakako se ubrajaju oni od prodaje viška emisijskih dozvola.

4.2.5. Emisije pri izgaranju šumske biomase

Strogo promatrajući, šumska biomasa se s obzirom na emisije pri izgaranju od fosilnih goriva ne razlikuje mnogo jer u oba slučaja nastaju velike količine ugljičnog dioksida i brojnih drugih štetnih tvari. Svojevrstan *ponor* CO_2 predstavlja preostalo i novozasađeno drveće koje ga troši za svoj rast i razvoj , što je i razlog zašto se energetsko iskorištavanje šumske biomase smatra CO_2 – neutralnim. Može se stoga reći da se primjenom šumske biomase umjesto fosilnih goriva ugljik zpravo vraća na zemlju, a ne odlazi u atmosferu gdje kao CO_2 pojačava prirodni efekt staklenika. CO_2 - neutralnost šumske biomase vrijedi samo uz pretpostavku ponovnog uzgoja iste količine drva koja je iskorištena za njeno pridobivanje. U obzir treba uzeti i činjenicu da zrele šume koje se više ne sijeku ne pridonose vezivanju CO_2 iz atmosfere jer nakon određene zrelosti drvo veže otprilike isto toliko ugljika koliko ga ispušta tijekom procesa fotorespracije i oksidacije mrtve organske tvari.

Emisije koje nastaju izgaranjem šumske ili drvne biomase mogu se podijeliti u dvije skupine:

- emisije pri potpunom izgaranju
- emisije pri nepotpunom izgaranju

Emisije pri potpunom izgaranju šumske mase uglavnom obuhvaćaju ugljični doksid, dušične okside, sumporne okside, klorovodike i čestice.

Ugljični dioksid nastaje kao posljedica izgaranja organskih spojeva i glavni je produkt izgaranja. Njegova se emisija u pravilu ne može smanjiti bez obzira na toplinksi učin ložišta ili način odvijanja procesa. No, s obzirom da se iskorištavanje biomase smatra CO_2 - neutralnim, to njezina glavna prednost u odnosu na fosilna goriva. Dušični oksidi (NOx) najvećim dijelom nastaju kao posljedica izgaranja dušika iz goriva i manjim dijelom iz zraka

za izgaranje (tzv. termički NOx). U njih se ubrajaju dušikov oksid (NO) kojise kasnije u atmosferi pretvara u dušikov dioksid (NO_2) i didušikov oksid (N_2O). Štetnost N_2O očituje se u činjenici što je on staklenički plin koji doprinosi pojačavanju učinka staklenika s mnogo većom vrijednošću potencijala globalnog zagrijavanja od CO_2, te štetno djeluje na ozon u atmosferi. Štetnost NO_x očituje se ponajviše u utjecaju na nastajanje troposferskog ozona koji štetno djeluje na zdravlje ljudi i drugih organizama. Glavna mjera za smanjenje NOx je sniženje temperature u ložištu, tj. smanjene toplinskog opterećenja. Sumporni oksidi (SOx) nastaju kao posljedica izgaranja raznih sumpornih spojeva koji su redovito prisutni u šumskoj biomasi. Tu se ubrajaju sumporni dioksid (SO_2), koji čini čak 95% emisija SOx spojeva, i sumporni trioksid (SO_3). Štetnost SOx spojeva očituje se u nepovoljnom djelovanju na zdravlje ljudi i drugih organizama te u nastajanju kiselih kiša. Dio sumpornih spojeva nalazi se i u pepelu kao čvrsti produkti izgaranja. Klorovodici nastaju kao posljedica izgaranja raznih klornih spojeva kojih u šumskoj biomasi ima vrlo malo pa su i njihove emisije vrlo male. Ponekad se klorni spojevi mogu naći u pepelu kao čvrsti produkti izgaranja (soli natrijevog i kalijevog klorida).

Čestice koje nastaju kao posljedica potpunog izgaranja šumske biomase su leteći pepeo i aerosoli ili tzv. inhalabilne čestice. Leteći pepeo čine čestice veće od 1 mm i one su najopasnije za ljudsko zdravlje jer za njih ne postoji donja granica ispod koje nemaju štetno djelovanje. Aerosole čine čestice manje od 1 mm, a sadržavaju lakohlapljive elemente i teške metale kao npr. olovo, kadmij, živu, arsen, krom koji u šumsku biomasu dospijevaju ili onečišćenjem pri procesima njezine prerade, prijevoza, skladištenja. Otrovni su i teratogeni za ljudi i druge organizme te povećavaju rizik od oštećivanja ložišta. Zboh niskog tališta spojeva koji sadrže teške metale dolazi do stvaranja naslaga u ložištima što povećava mogućnost od korozije. Filtriranje dimnih plinova je glavna mjera koja se provodi za smanjenje emisije čestica kod ložišta većeg učina.

Emisije uslijed nepotpunog izgaranja šumske biomase u glavnom obuhvaćaju: ugljični monoksid, čestice, dioksine i furane te razne plinova poput metana, amonijaka, hlapljivih organskih spojevai dr. Budući da je ugljični monoksid (CO) je glavni produkt nepotpunog izgaranja organskih spojeva iz goriva, vrijednosti emisije CO je i pokazatelj kvalitete procesa izgaranja. Najčešće nastaje kao posljedica nedostatne količine kisika u ložištu zbog premalog pretička zraka i/ili nedovoljnog miješanja goriva i zraka za izgaranje, zatim preniskih temperatura izgaranja i prekratkog zadržavanja gorive smjese u ložištu. U glavne mjere smanjenja emisija CO spadaju postupci za povećanje količine zraka u svim dijelovima ložišta, ostvarivanje viših temperatura izgaranja i duljeg zadržavanja gorive smjese u ložištu. Čestice koje nastaju prilikom neporpunog izgaranja šumske biomase su čađa, čisti ugljik te kondenzirani teži ugljikovodici u kapljevitom stanju (katrani). Dioksini i furani nastaju ako posljedica izgaranja na temperaturama u ložištu između 180 i 500 °C ako je udio klorovih spojeva u sastavu biomase veći. Radi se o polikloriranim dioksinima (PCDD) i dibenzofuranima (PCDF) koji su toksični za ljude i sve žive organizme. Otpadna biomasa kao što je staro pokućstvo i željeznički pragovi može sadržavati veće količine raznih klorovih spojeva koji su u nju dospjeli pri izradi tih drvnih proizvoda. Njihove emisije iz „čiste“ neotpadne šumske biomase su vrlo male i ispod graničnih vrijednosti opsanosti za ljudsko

zdravlje. Glavne mjere za smanjenje emisije dioksina i furana su različiti postupci pročišćivanja dimnih plinova.

Granične vrijednosti emisija štetnih tvari u atmosferu koje nastaju izgaranjem bilo kojeg goriva pa i šumske biomase u Republici Hrvatskoj su određene Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/2012). Za srednja ložišta na biomasu s učinom 1 – 50 MW, granične vrijednosti emisija prikazane su Tablicom

Tablica 11. Granične vrijednosti emisija nastalih izgaranjem biomase iz srednjih ložišta

Emisije i parametri	Granične vrijednosti emisija i parametara
CO	500 mg/m^3
NO_x (izraženo NO_2)	500 mg/m^3 (300 mg/m^3 pri vrtložnom izgaranju)
SO_x (izraženo kao SO_2)	2 000 mg/m^3
krute čestice	159 mg/m^3
volumni udio kisika	11%

4.5.6. Ostali utjecaji primjene šumske biomase na okoliš

U ostale važne utjecaje energetskog iskorištavanja šumske ili drvne biomase na okoliš ubrajaju se utjecaji na tlo, zbrinjavanje pepela nastalog izgaranjem te emisije pri pridobivanju, prijevozu i skladištenju biomase.

Pepeo nastao izgaranjem biomase odlaže se na posebnim deponijima ili se primjenjuje kao gnojivo u poljoprivrednoj proizvodnji ili šumarstvu. Prosječni troškovi zbrinjavanja pepela iz šumske biomase iznose 200 – 500 €/t pepela. Sastav pepela ovisi o vrsti sirovine za šumsku biomasu koja je korištena kao gorivo. Pri korištenju pepela kao gnojiva treba uzeti u obzir od koje je sirovine sastojala šumska biomasa korištena kao gorivo, jer će o tome ovisiti udio hranjivih tvari u pepelu. Pepeo od otpadne šumske biomase ne smije se korisititi kao gnojivo zbog povećanog udjela štetnih tvari. Leteći pepeo iz filtara se zbrinjava kao opasna tvar kao analiza njegova sastava pokaže da u njemu ima opasnih tvari. U suprotnom se može pomiješati s pepelom iz ložišta i tako zbrinuti.

Utjecaji na to podrazumijavaju eroziju tla zbog sječe stabala, odnošenje hranjivih tvari iz ekosustava i ukljananja drvnih ostataka koji bi inače kao hranjive tvari dospjeli u tlo. Sve ti utjecaji mogu se značajno smanjiti planskim iskorištavanjem šumske biomase kao goriva. To prije svega podrazumijeva nadomještanje posječenih stabala novima.

U svim koracima procesa energetskog iskorištavanja šumske biomase od uzgoja, prerade, obrade do prijevoza, rukovanja i skladištenja, nastaju emisije koje u pravili potječu od izgaranja fosilnih goriva za pogon raznih strojeva, prijevoznih sredstava i uređaja. Pri tome se poglavito misli na emisije CO_2 jer one imaju značajan utjecaj na CO_2 – neutralnost cijelog tog procesa, a time i na CO_2 - neutralnost šumske biomase kao goriva. [12]

5. Analiza glavnih troškova i ušteda uslijed zamjene prirodnog plina drvnom biomasom u postrojenju prehrambene industrije

5.1. Opis aktivnosti industrijskog postrojenja

Proračun je izveden za tipično postrojenje prehrambene industrije srednje veličine koje proizvodi široku paletu proizvoda za neposrednu potrošnju i proizvoda koje je potrebno termički obraditi prije korištenja. Glavne skupine sirovina koje koristi u proizvodnji su meso, voće, povrće i žitarice. U proizvodnim procesima koristi paru i vrelu vodu koje se proizvode pomoću dva kotla, snaga 8 i 16 MW. Ukupna instalirana snaga za proizvodnju toplinske energije iznosi 24 MW čime je industrijski objekt uključen u trgovanje emisijskim jedinicama. U ljetnim mjecesima u pogonu je kotao manje snage, a u zimskima veće. Gorivo za kotlove je prirodni plin koji se doprema iz distribucijske mreže. Prosječne godišnje potrebe za procesnom toplinom iznose 50 000 MWh. U proizvodnji nastaje CO_2 koji se ispušta u atmosferu kroz dimnjak kotlovnice. Pretpostavlja se da su povijesne emisije postrojenja iznosile 12 000 tCO_2 u 2013., 11 000 tCO_2 u 2014. te 10 000 tCO_2 u 2015. godini, nakon čega se pretpostavlja stalni iznos emisija od 10 000 tCO_2 u svim narednim razdobljima. Pretpostavka je da je trend smanjenja uzrokovan poboljšanjima u energetskoj učinkovitosti postrojenja. Na temelju prosječnih emisija u referentnom razdoblju od 2008.-2012. godine, postrojenju je dodijeljena preliminarna količina besplatnih emisijskih jedinica od 10 875 tCO_2 u 2012. godini u 100%-tnom iznosu.

5.2. Model i proračun troškova emisija CO_2 pri izgaranju prirodnog plina i drvne biomase

Proračun troškova koje postrojenje može snositi zbog emisija CO_2 proveden je za 3. razdoblje (2013.-2020.) i 4. razdoblje (2021.-2027.) trgovanja emisijskim jedinicama. Model proračuna uključuje sljedeće:

- Godinu emitiranja
- Godišnju količinu emitiranog CO_2 iz postrojenja od 2013. do 2027. godine, [tCO_2]
- Broj dodijeljenih besplatnih jedinica, [tCO_2]
- Udio besplatnih jedinica, [%]
- 1. scenarij kretanja cijena EUA jedinica od 2013.-2027. (tzv. Niži scenarij), [EUR]
- 2. scenarij kretanja cijena EUA jedinica od 2013.-2027. (tzv. Viši scenarij), [EUR]
- Proračun ukupnih troškova emisija CO_2 u odnosu na Niži scenarij, [EUR]
- Proračun ukupnih troškova emisija CO_2 u odnosu na Viši scenarij, [EUR]

S početkom 3. razdoblja trgovanja u 2013. godini količina besplatnih jedinica mora iznositi 80%, a u 2020. godini 30% od preliminarnog iznosa. To se postiže linearnim smanjenjem udjela besplatnih jedinica u svakoj narednoj godini za 7% u odnosu na prethodnu

godinu počevši računanje od 2013. godine. Količina besplatnih jedinica na kraju 4. razdoblja trgovanja u 2027. godini mora iznositi 0 tCO_2. To se postiže linearnim smanjenjem udjela besplatnih jedinica u svakoj narednoj godini za prosječno 4,3 % u odnosu na prethodnu godinu počevši računanje od 2020. godine.

Proračun troškova emisija CO_2 u jednoj godini provodi se prema sljedećoj formuli:

$$Trošak = (Količina\ emisije\ CO2 - Broj\ besplatnih\ jedinica) * Cijena\ EUA \qquad (6.)$$

Primjer proračuna za 2013. godinu:

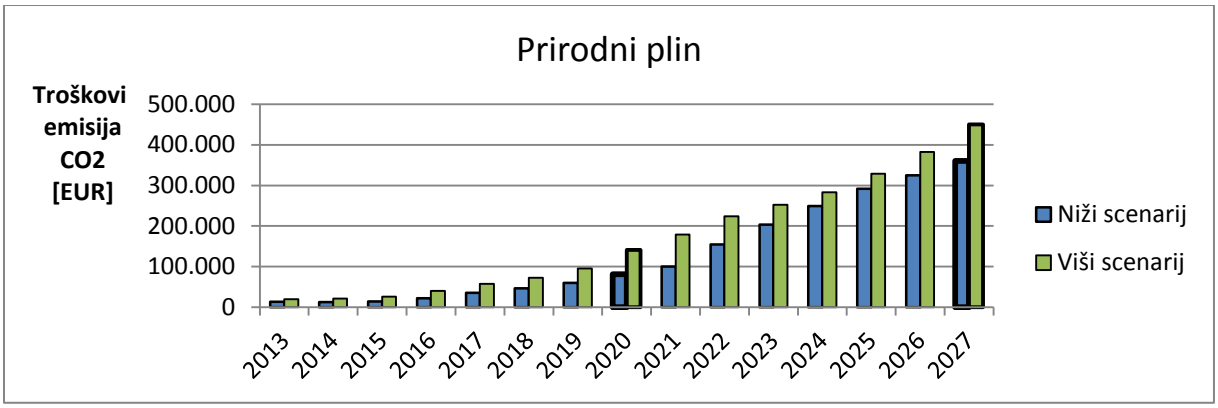
$$Trošak = (12000\ tCO2 - 8700\ tCO2) * 4\ EUR = 13\ 200\ EUR$$

Tablica 12. prikazuje količine emitiranog CO_2 iz postrojenja u razdoblju od 2013. do 2027. godine, količinu besplatnih emisijskih jedinica dodijeljenih postrojenju u tom razdoblju te rezultate proračuna troškova emisijskih jedinica koje će postrojenje morati snositi u €, prema prethodno navedenom modelu za bitne godine s početka i kraja svakog razdoblja trgovanja i za oba navedena scenarija cijena EUA.

Tablica12. Proračun troškova emisija CO_2 uslijed izgaranja prirodnog plina u razdoblju od 2013.-2027. prema Nižem i Višem scenariju kretanja cijena

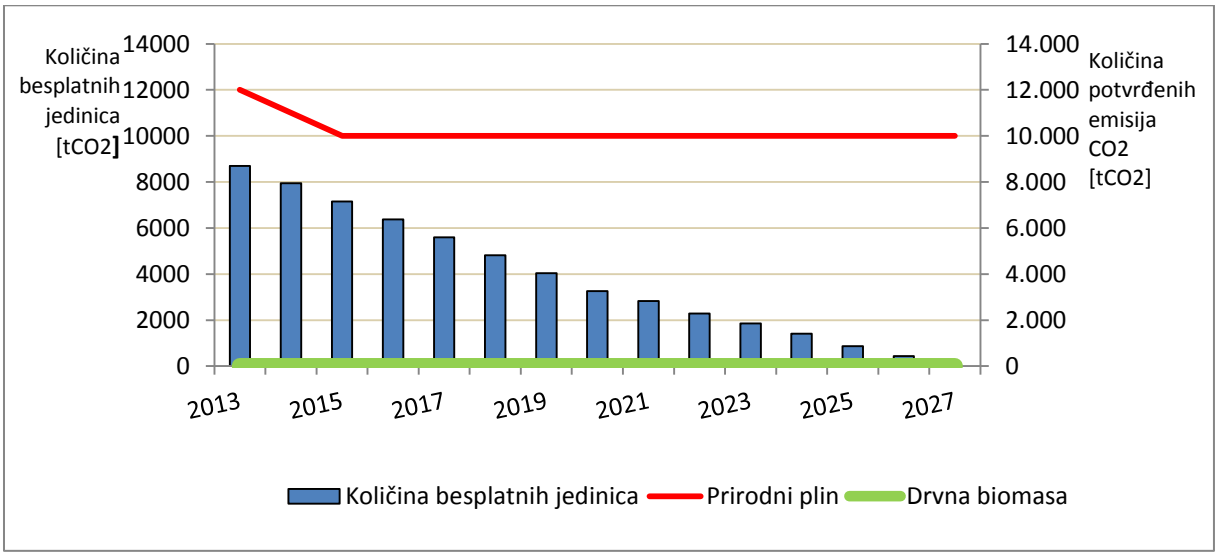
Razdoblje trgovanja		2013.- 2020.					2021.- 2030.		
Godina emitiranja	[-]	2013	2014	2015	2016	2020	2021	2022	2027
Količina emitiranog CO2	[tCO2]	12000	11000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Broj besplatnih jedinica	[tona]	8700	7939	7146	6369	3262	2828	2284	0
Udio besplatnih jedinica	[%]	80%	73%	66%	59%	30%	25,7%	21,4%	0,0%
Niži scenarij cijene	[EUR]	4	4	5	6	12	14	20	36
Trošak	[EUR]	13200	12245	14270	21784	80854	100415	154325	360000
Viši scenarij cijene	[EUR]	6	7	9	11	21	25	29	45
Trošak	[EUR]	19800	21429	25685	39938	141495	179313	223771	450000

Iz Tablice 12. je vidljivo da već se scenariji razlikuju već u prvoj godini 3. razdoblja trgovanja. Viši scenarij predviđa 50% veće troškove emisija od Nižeg. Na početku 4. razdoblja trgovanja Viši scenarij predviđa 78% veće troškove emisija od Nižeg scenarija, da bi razlika troškova 2027. godine iznosila svega 25%. Slika 7. prikazuje trendove kretanja troškova emisija CO2 pri izgaranje prirodnog plina u postrojenju prema oba scenarija od 2013. do 2027. godine.



Slika 8. Trendovi troškova emisija CO_2 pri izgaranju prirodnog plina u 3. i 4. razdoblju trgovanja

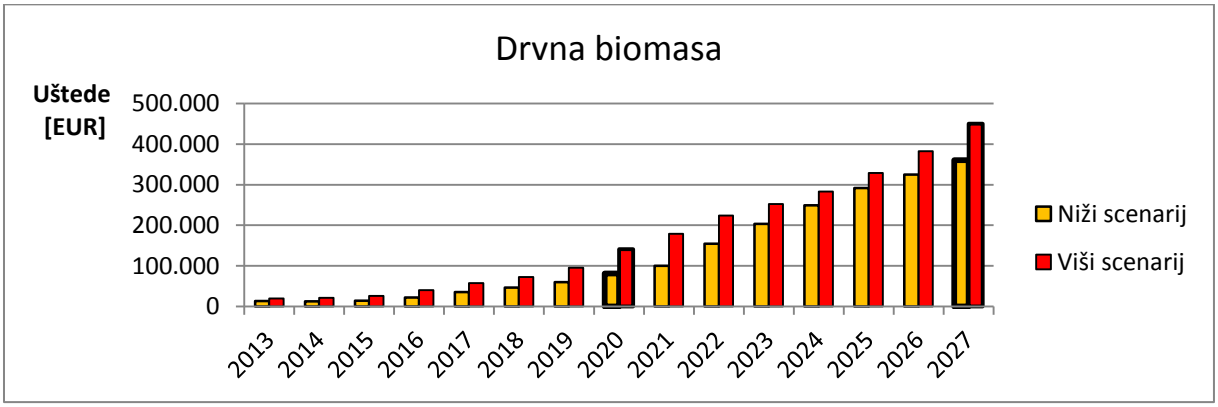
Slika 8. prikazuje trend linearnog smanjenja besplatnih emisijskih jedinica do nultog iznosa u 2017. godini te količinu prijavljenih i potvrđenih emisijskih jedinica iz postrojenja. Vidljiv je linearni trend povećanja manjka emisijskih jedinica u slučaju prirodnog plina te linearni trend smanjenja ušteda zbog viška emisijskih jedinica u slučaju drvne biomase.



Slika 9. Količine besplatnih emisijskih jedinica i količine emitiranog CO_2 uslijed izgaranja prirodnog plina i drvne biomase

Slika 9. prikazuje količine ušteda u € koje je moguće ostvariti izgaranjem biomase u postrojenju do kraja 4. Razdoblja trgovanja. Također su uspoređene uštede prem aNižem i Višem scenariju kretanja cijena EUA. Vidljivo je da je cjelokupni iznos troška emisijskih jedinica u slučaju izgaranja prirodnog plina, jednak cjelokupnom iznosu ušteda zbog viška

emisijkih jedinica u slučaju izgaranja biomase u postrojenju. Višak emisijskih jedinica predstavlja izvor prihoda za postrojenje čija visina ovisi o promjenjivim uvjetima na tržištu .



Slika 10. Trendovi ušteda uslijed izgaranja drvne biomase u 3. i 4. razdoblju trgovanja

5.3. Troškovi ulaganja u parne kotlove na drvnu biomasu

Postrojenje procesnu toplinu proizvodi u dva kotla nazivne snage 8 MW i 16 MW. Izračunati su troškovi ulaganja u dva nova kotla istih nazivnih snaga koji kao gorivo koriste drvnu biomasu. Prema [13] mogu se procijeniti troškovi ulaganja u kunama s obzirom na tehnologiju izgaranja u ložištu kotla i toplinski učin kotla. Procjena je napravljena za dvije tehnologije: kotao s ložištem s mehaničkom rešetkom i kotao s izgaranjem u stabilnom fluidiziranom sloju. Rezultati procjene preračunati u troškove u € navedeni su u Tablici 13. Za proračun je korišten srednji tečaj € dana 1.9.2015. u iznosu od 7,50 Kn/€.

Tablica 13. Troškovi ulaganja za parni kotao toplinskog učina od 8 MW i 16 MW

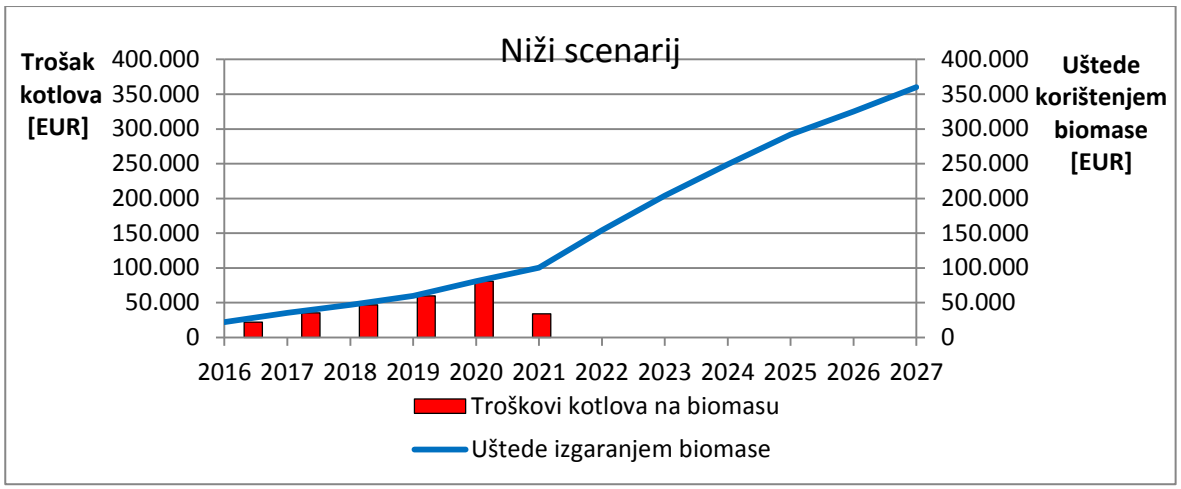
Vrsta ložišta	**Troškovi ulaganja**			
	8 MW		16 MW	
	HRK	EUR	HRK	EUR
S mehaničkom rešetkom	1.714.000	228.533	2.333.300	311.107
S fluidiziranim slojem	1.523.800	203.173	1.952.400	260.320

Za proračun je odabrana tehnologija izgaranja goriva u fluidiziranom sloju, pa prema Tablici, ukupan procijenjeni trošak ulaganja u dva kotla za postrojenje ukupnog toplinskog učina od 24 MW iznosi 463 493 €.

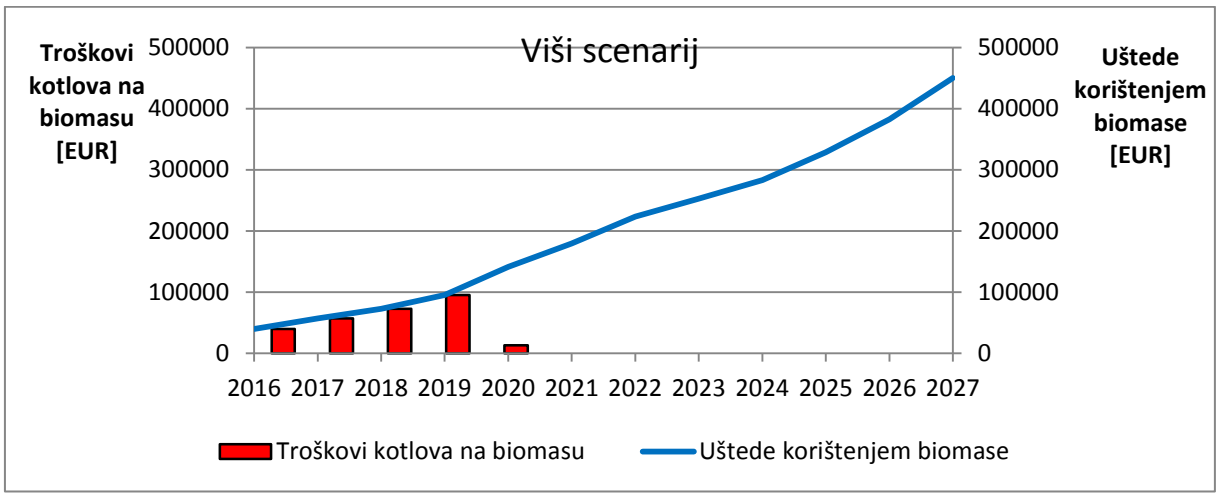
Sukladno Planu korištenja financijskih sredstava dobivenih od prodaje emisijskih jedinica putem dražbi u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2014. do 2016. godine, Vlada Republike Hrvatske potiče primjenu biomase kao goriva za izgaranje u industrijskim

postrojenjima sufinanciranjem u iznosu od 40% od cijene kotla na biomasu.Uzimajući to u obzir, troškovi ulaganja u nove kotlove na drvnu biomasu smanjuju se s 463 493na 278 096 €.

Ako usporedimo uštede koje su postignute viškom emisijskih jedinica uslijed korištanja drvne biomase i troškove ulaganja novih kotlova na biomasu, vidimo da se ulaganja mogu isplatiti već u prvih 5-6 godina nakon instalacije kotlova. Također je vidljivo da se u Nižem scenariju troškovi ulaganja mogu u potpunosti podmiriti uštedama na emisijskim jedinicama u 2021. godini. U višem scenariju, troškovi ulaganja se mogu podmiriti gotovo u potpunosti već u 2019., samo tri godine nakon puštanja kotlova u pogon.



Slika 11. Usporedba godišnjih troškova novih kotlova i ušteda uslijed korištenja drvne biomase za Niži scenarij



Slika 11. Usporedba godišnjih troškova novih kotlova i ušteda uslijed korištenja drvne biomase za Viši scenarij

5.4. Analiza troška drvne biomase i troška odlaganja pepela

Za izračun godišnjeg troška drvne biomase potrebno je izračunati količinu drvne biomase koje je potrebna za pokrivanje potreba postrojenje za toplinskom energijom. Godišnja proizvodnja toplinske energije postrojenja računa se na temelju količina emitiranog CO_2 i emisijskog faktora prirodnog plina prema sljedećoj formuli. Emisijski faktor prirodnog plina iznosi 56,10 tCO_2/TJ toplinske energije, odnosno 0,202 $kgCO_2/kWh$ prema Nacionalnom inventaru stakleničkih plinova (NIR-2014).

$$Količina\ topline, MWh = \frac{Emisija\ kg\ C02}{Emisijski\ faktor\ kg\frac{CO2}{kWh} * 1000} \quad (7.)$$

Primjer proračuna za 2016. godinu:

$$Količina\ topline = \frac{10\ 000\ 000\ kg\ CO2}{0{,}202\ kg\frac{CO2}{kWh} * 1000} = 49\ 505\ \ MWh$$

Pretpostavka je da će postrojenje koristiti prosušenu sječku od tvrdog drva udjela vlage od 30% i donje ogrjevne vrijednosti 12,2 MJ/kg, odnosno 3,4 kWh/kg. Pretpostavlja se da novi kotlovi na drvnu biomasu rade sa stupnjem iskorištenja η od 80% i da će biti pušteni u pogon 2016. godine. Količina drvne sječke koja je potrebna da zadovolji godišnje potrebe postrojenja za toplinskom energijom koju je proizvodilo izgaranjem prirodnog plina računa se prema sljedećoj formuli:

$$Količina\ sječke, t = \frac{Količina\ topline\ MWh}{Donja\ ogrjevna\ vrijednost\frac{MWh}{kg} * \eta} \quad (8.)$$

Primjer proračuna za 2016. godinu:

$$Količina\ sječke = \frac{49\ 505\ MWh}{0{,}0034\frac{MWh}{kg} * 0{,}8} = 18200368\ kg = 18200{,}3\ t$$

Trošak drvne sječke na godišnjoj razini izračunat je uz pretpostavku da prosječna cijena drvne sječke udjela vlage 30 – 35 % iznosi 40 €/t, s uključenim utovarom za kamionski prijevoz i cijenom transporta za korisnika (postrojenje) na razdaljinu do 50 km. Trošak je izačunat prema sljedećoj formuli:

$$Cijena\ sječke, EUR = (Količina\ sječke\ t * cijena\ EUR/t) \quad (9.)$$

Primjer proračuna za 2016. godinu

$$Cijena\ sječke = (18200{,}3\ t * 40\ EUR/t) = 728\ 014\ EUR$$

S obzirom na pretpostavku da je u svim godinama do kraja 4. razdoblja trgovanja 2027. godine količina emisija CO2 iz postrojenja bila ista, bila je ista i proizvedena količina topline, a s tim u vezi i godišnja količina potrebne drvne sječke. Ukupni troškovi drvne sječke u svim godinama iznose 728 014 €/godišnje

Prosječni troškovi odlaganja pepela iznose 300 – 500 €/t. Za analizu troškova odlaganja pepela na godišnjoj razini, potrebno je izračunati ukupnu količinu pepela koja nastaje izgaranjem godišnje količine korištene drvne sječke. Udio pepela se izražava kao % po suhoj osnovi drvne biomase. Uobičajene vrijednosti udjela pepela u drvnoj sječci na tržištu iznose od 0,7% do 10%. Pretpostavka uzeta u obzir pri izračunu je da korištena drvna sječka (udjela vlage od 30%) ima udio pepela od 1,0% po suhoj tvari. Količina pepela koja nastaje izgaranjem godišnje količine korištene drvne sječke računa se prema sljedećoj formuli:

$$Količina\ pepela, t = Udio\ pepela * (Masa\ sječke, t - 0{,}3 * Masa\ sječke, t) \quad (10.)$$

Primjer izračuna za 2016. godinu:

$$Količina\ pepela = 0{,}01(18200{,}3\ t - 0{,}3 * 18200{,}3\ t) = 127\ t$$

Ukupni godišnji trošak odlaganja pepela se, uz pretpostavku da trošak odlaganja po toni pepela iznosi 300 €/t, računa prema sljedećoj formuli:

$$Trošak\ odlaganja, EUR = (Količina\ pepela, t * 300\ EUR/t) \quad (11.)$$

Primjer izračuna za 2016. godinu:

$$Trošak\ odlaganja = (127\ t * 300 EUR/t) = 38\ 100\ EUR$$

S obzirom da je u cijelom razdoblju do 2027. godine godišnja količina korištene drvne sječke bila ista, ista je i godišnja količina nastalog pepela, a time i godišnji trošak odlaganja pepela u svim godinama do 2027. Navedeno vrijedi uz pretpostavku stalne cijene drvne sječke i troška odlaganja pepela. Rezultati prethodnih proračuna pregledno su navedeni u Tablici 14. Izračunate godišnje količine vrijede za sve godine oba razdoblja trgovanja emisijskim jedinicama.

Tablica 14. Godišnji troškovi korištene drvne sječke i troškovi odlaganja pepela

Proizvedena toplina, MWh/god	Količina drvne sječke, t/god	Trošak sječke, EUR/god	Količina pepela, t/god	Trošak odlaganja pepela, EUR/god
49.505	18.200	728.014	127,00	38.100

S obzirom na prosječnu cijenu prirodnog plina za industriju od 300 kn/MWh i drvne sječke (vlage 30 – 35%) od prosječnih 160 kn/MWh, jasno je koji je energent trenutno skuplji. Iako pepeo predstavlja dodatni pritisak na okoliš koji nije postojao u postrojenju koje je trošilo prirodi plin, trošak od otprilike 8 000 € za njegovo odlaganja nije problematičan ako se usporedi s visinom ostalih troškova.

6. Zaključak

Tema ovog rada bila je prikazati specifičnosti EU ETS-a u prehrambenoj industriji. One se prvenstveno odnose na odabir energenta za dobivanje procesne topline budući da su izvor preko 99% emisija upravo procesi izgaranja goriva.

Analiza troškova provedena je za tipično postrojenje prehrambene industrije srednje veličine koje kao energent koristi prirodni plin. Prikazan je i proveden model proračuna troškova emisijskih jedinica u 3. i 4. razdoblju trgovanja emisijskim jedinicama. Iako su od svih fosilnih goriva emisije CO_2 najmanje za prirodni plin, analiza manjka emisijskih dozvola za promatrano postrojenje je pokazala da su te emisije značajan izvor troškova unutar EU ETS-a i potrebno je provesti mjere za njihovo smanjenje (uz predložene scenarije cijena EUA jedinica do 2027. godine za (Niži i Viši scenarij). Oba scenarija predviđaju drastičan rast cijena EUA do kraja 4. razdoblja trgovanja. Uz takve projekcije troškova uslijed izgaranja prirodnog plina, mora se uzeti u obzir mjera smanjenja emisija kao što je promjena energenta.

Kao mjera smanjenja odabrana je drvna biomasa zbog svojeg velikog potencijala i zbog činjenice da se smatra neutralnom u odnosu na CO_2 pa je njezin emisijski faktor jednak nuli prilikom prijave emisijskih jedinica iz postrojenja. Time postrojenje koje je zamijenilo prirodni plin sa biomasom uštedilo cjelokupni iznos troškova emisija uslijed izgaranja prirodnog plina. Proračun troškova drvne biomase i troškova odlaganja pepela napravljen je na temelju drvne sječke donje ogrjevne vrijednosti 12,2 MJ/kg, udjela vlage 30% i udjela pepela od 1,0%.

Provedena je procjena troškova ulaganja u kotlove s izgaranjem u fluidiziranom sloju pri čemu se pokazalo da se samo na ostvarenim uštedama na emisijama prirodnog plina može ostvariti povrat investicija kotlove unutar 6-7 godina.

Uspoređeni su troškovi cijene prirodnog plina i drvne sječke. Drvna sječka je trenutno jeftiniji energent od prirodnog plina.

Opisani su i potencijalni utjecaji na okoliš koje ima izgaranje drvne biomase. U odnosu na izgaranje prirodnog plina, pritisak na okoliš je značajniji s obzirom da je drvna biomasa kruto gorivo. No, uz dobro razvijene standardne tehnologije uklanjanja štetnih plinova i lebdećeg pepela iz dimnih plinova, taj se utjecaj svodi unutar granica onoga što je propisano dopuštenim graničnim emisijama u zrak.

Napravljen je i analiza troška odlaganja pepela iz ložišta, s obzirom da je to dodatni pritisak na okoliš (tlo i zrak) koji nije bio prisutan pri izgaranju prirodnog plina. Pokazalo se da su ti troškovi mali i podnošljivi na godišnjoj razini.

7. Literatura

1. Članak 2. Okvirne konvencije UN-a o promjeni klime, NN broj 2/96

2. O. Lončarić-Horvat, L. Cvitanović, I. Gliha, T. Josipović, D. Medvedović, J. Omejec i M. Seršić, *Pravo okoliša*, treće izdanje, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja i Organizator, Zagreb, 2003., str. 79.-81.

3. Kosor Maja, Kyotski protokol s posebnim osvrtom na pregovore Republike Hrvatske o „baznoj godini", 2012., http://hrcak.srce.hr/98186 (dana 26.5.2015)

4. Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima, NN broj 43/12

5. Hrnčević, Lidia, Analiza utjecaja prvedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke, doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2008.

6. Upute br. 1 za usklađenu metodologiju dodjele besplatnih emisijskih jedinica za razdoblje EU ETS-a nakon 2012. godine http://www.mzoip.hr/doc/opce_upute_za_metodologiju_dodjele.pdf (dana 1.5.2015.)

7. Pravilnik o praćenju, izvješćivanju i verifikaciji izvješća o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja i zrakoplova (NN 77/13)

8. http://vertis.com (dana 4.9.2015.)

9. http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0094/thomson_reuters_point_carbon_en.pdf (21.5.2105.)

10. Lovrić, Tomislav, Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inžinjerstva, Hinus, Zagreb, 2003., str. 14-18

11. Data trends of the European Food and Drink Industry: Http://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications_documents/Data__Trends_of_the_European_Food_and_Drink_Industry_2013-2014.pdf (dana 1.4.2015.)

12. Labudović, Boris i dr.,Osnove primjene biomase, Energetika marketing, d.o.o., Zagreb, veljača, 2012.

13. Labudović, Boris i dr., Obnovljivi izvori energije, Energetika marketing d.o.o., Zagreb, 2005, str. 557

8. Životopis

Maja Kovačić rođena je 3.6.1983. godine u Koprivnici.

1997. godine završila je Osnovnu školu Antuna Nemčića Gostovinskog u Koprivnici nakon čega pohađa Gimnaziju Fran Galović u Koprivnici

2011. godine upisuje Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, preddiplomski studij kemijsko inženjerstvo.