Metodologija izračuna emisije ugljičnog dioksida

Tumara, Dražen

Master's thesis / Diplomski 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:149:694099

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 DIPLOMSKI STUDIJ

Dražen Tumara

Metodologija izračuna emisije ugljikovog dioksida

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: dr.sc. Igor Sutlović, izvanredni profesor

Članovi ispitnog povjerenstva: dr.sc. Igor Sutlović, izvanredni profesor
dr.sc. Veljko Filipan, profesor
dr.sc. Vladimir Dananić, izvanredni profesor

Zagreb, rujan 2015.

Zahvale

Iskreno se zahvaljujem svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Igoru Sutloviću, na poticanju te usmjeravanju tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se užoj i široj obitelji na pomoći raznih oblika tijekom studiranja,

Također, zahvaljujem se svim prijateljima koji su mi pomogli tijekom studiranja, osobito Ivi.

SAŽETAK

U radu je dan pregled zakonodavnog okvira vezanog uz problem klimatskih promjena, posebno onog dijela koji je bitan za razvoj metodologije izračuna emisija ugljikovog dioksida.

Definirana je uloga metodologija izračuna emisija ugljikovog dioksida u smanjenju ukupnih emisija u sklopu Kyoto protokola. Jedna od obveza članica potpisnica Kyoto protokola je uspostavljanje Nacionalnog inventara stakleničkih plinova. Radi se o godišnjem proračunu emisija stakleničkih plinova na definiranom području. Naveden je princip izračuna emisija ugljikovog dioksida prema uputama Međunarodnog tijela za klimatske promjene *(Intergovernmental Panel on Climate Change,* IPCC*)* iz 2006. godine. U proračun ulaze emisije koje su posljedice antropogenih aktivnosti, a nisu predmet Montrealskog protokola o tvarima koji oštećuju ozonski sloj. To su: ugljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_20), fluorirani ugljikovodični spojevi (HFC-i, PFC-i), sumporov heksafluorid (SF_6) te indirektni staklenički plinovi: ugljikov monoksid (CO), dušikovi oksidi (NO_X), nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMVOC) i sumporov dioksid (SO_2).

Metodologijom su obrađena područja energetike, industrijskih procesa, korištenja otapala, poljoprivrede, korištenja zemljišta i promjena u korištenju zemljišta, šumarstva te gospodarenja otpadom. Detaljnije je obrađena metodologija proračuna emisija ugljikova dioksida za područje energetike na primjeru Republike Hrvatske. Napravljena je analiza kretanja emisija ugljikovog dioksida na području energetike s obzirom na najvažnije društvene i gospodarske parametre. Analiza obuhvaća kretanja u prošlosti, ali i procjenu emisija ugljikovog dioksida u bliskoj budućnosti.

Ključne riječi: Kyoto protokol, staklenički plinovi, metodologija izračuna emisija ugljikova dioksida, energetika, rafinerija

SUMMARY

This paper contains an overview of legislative framework related to the problem of climate change, especially the segment important for development of methodology of carbon dioxide emissions calculation.

The role of methodology of carbon dioxide emissions calculation in reduction of total emissions as part of the Kyoto Protocol is also defined. One of the responsibilities of the Kyoto Protocol parties is to establish national greenhouse gas inventories which consist of annual calculations of carbon dioxide emissions on a defined area. The principle of carbon dioxide emissions calculation is listed according to the instructions of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) from 2006. The calculation encompasses those emissions which are consequences of anthropogenic activities and are not subject of The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Those substances are: carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), hydrofluorocarbons and perfluorocarbons (HFCs and PFCs), sulphur hexafluoride (SF_6) and indirect greenhouse gases: carbon monoxide (CO), nitrous oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) and sulphur dioxide (SO_2).

The methodology covers areas of energetics and industrial processes, use of solvents, agriculture, land use, land-use changes, forestry, and waste management. The methodology of carbon dioxide emissions calculation in the field of energetics in Croatia is elaborated in detail. The analysis of movement of carbon dioxide emissions in the field of energetics considering the main social and economic parameters has been made. The analysis includes movements in the past, as well as estimates of carbon dioxide emissions in the near future.

Keywords: Kyoto Protocol, greenhouse gasses, methodology of carbon dioxide emissions calculation, energetics, refinery

SADRŽAJ

1. Uvod 1

2. Problem klimatskih promjena 2

3. Protokol iz Kyota 4

3.1. Povijesni kontekst nastanka Protokola iz Kyota 4

3.2. Odredbe i instrumenti Protokola iz Kyota 6

3.2.1. Obveze smanjenja emisije 6

3.2.2. Političke mjere za smanjenje emisije 7

3.2.3. Nacionalni sustavi inventure stakleničkih plinova 7

3.2.4. Obveze izvještavanja i nacionalnih priopćenja 8

3.2.5. Provjera i provedba preuzetih obveza 8

3.2.6. Nacionalni registri 8

3.2.7. Fleksibilni mehanizmi 9

3.2.8. Potpora državama u razvoju 10

3.3. Mjerne jedinice u okviru Protokola iz Kyota 11

3.4. Provedba Protokola iz Kyota u Europskoj Uniji 14

3.5. Protokol iz Kyota u Republici Hrvatskoj 16

4. Metodologija izračuna emisije ugljikovog dioksida 20

4.1. Opća jednadžba za procjenu emisije stakleničkih plinova 21

4.2. Smjernice Međuvladinog tijela za klimatske promjene 21

4.2.1. Opće smjernice i izvješća 22

4.2.2. Energetika 23

4.2.3. Industrijski procesi i upotreba proizvoda 25

4.2.4. Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta 26

4.2.5. Otpad 27

5. Sektor Energetike u Republici Hrvatskoj 29

5.1. Trendovi emisija stakleničkih plinova iz sektora Energetike na području RH 33

5.2. Rafinerije u Republici Hrvatskoj 37
6. Emisije stakleničkih plinova iz rafinerija Republike Hrvatske 40
6.1. Razine izračuna prema IPCC-u 40
6.1.1. Prva razina izračuna (Tier 1) 41
6.1.2. Druga razina izračuna (Tier 2) 43
6.1.3. Treća razina izračuna (Tier 3) 46
6.2. Ovisnost emisija stakleničkih plinova o gospodarskoj situaciji 49
6.3. Scenarij emisija ugljikova dioksida (2010.-2035.) 58
7. Zaključak 62
8. Literatura: 63
9. Dodatak 66
9.1. Popis slika 66
9.2. Popis dijagrama 67
9.3. Popis tablica 68
9.4. Popis skraćenica 70
9.5. Životopis 72

1. Uvod

S obzirom na stalni porast ukupne emisije stakleničkih plinova utemeljene su brojne organizacije čiji su glavni ciljevi smanjenje količina emisija te ublažavanje sve većeg utjecaja stakleničkih plinova na klimu.

Glavnu ulogu u praćenju i spriječavanju daljnjeg razvoja negativnih klimatskih promjena ima Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC). Glavnu stečevinu organizacije predstavljaju Protokol iz Kyota te razvoj metodologije za izračun emisija stakleničkih plinova. Poznavanje količina emisija stakleničkih plinova je temelj za definiranje i implementaciju odgovarajućih mjera za njihovo smanjenje.

Svrha ovog diplomskog rada je prikaz zakonodavnog okvira utvrđenog Protokolom iz Kyota te definiranje njegove važnosti kroz primjenu na nacionalnoj razini. Opisana je metodologija za izračun emisije stakleničkih plinova te je primijenjena za izračun emisija ugljikova dioksida nastalih u rafinerijama na područja Republike Hrvatske za vremensko razdoblje između 1990. i 2011. godine. Količine emisija stakleničkih plinova iz rafinerija procijenjeni su za vremensko razdoblje između 2001. i 2011. godine na temelju Kaya izraza koji povezuje društvene i gospodarske parametre s emisijama stakleničkih plinova. Na temelju trendova kretanja vrijednosti društvenih i gospodarskih parametara napravljena je projekcija emisija ugljikova dioksida iz rafinerija do 2035. godine s polaznim stanjem iz 2010. godine.

2. Problem klimatskih promjena

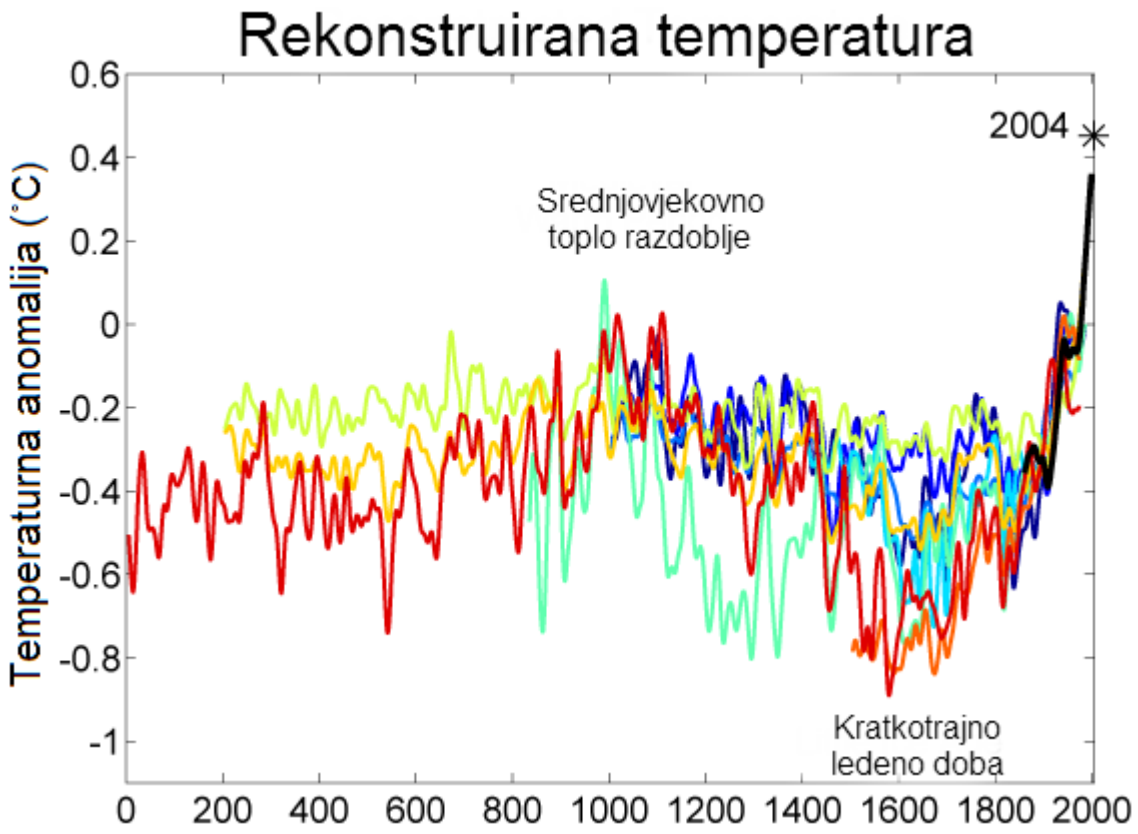
U posljednjih nekoliko desetljeća sve su raširenији pojmovi klimatske promjene i globalno zatopljenje. Klimatske promjene na Zemlji mogu biti uzrokovane prirodnim procesima koji se odvijaju unutar same Zemlje, ali i djelovanjem vanjskih utjecaja, kao što je Sunčevo zračenje. Poznato je da je tijekom svoje geološke prošlosti na Zemlji više puta dolazilo do izmjene hladnijih i toplijih razdoblja na globalnoj razini. U to vrijeme ljudski utjecaj na te promjene nije bio moguć, dakle, do klimatskih promjena je došlo iz nekih drugih razloga. No, za recentne klimatske promjene se sve više spominje antropogeni utjecaj.

S obzirom na sve veće dokaze klimatskih promjena u svijetu, 1988. godine su Svjetska meteorološka organizacija (*World Meteorogical Organization*, WMO) te Program za zaštitu okoliša Ujedinjenih naroda (*United Nations Environment Programme*, UNEP) osnovali Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) s ciljem da postane vodeće međunarodno tijelo za procjenu klimatskih promjena.

Tijekom godina u okviru Međunarodnog tijela za klimatske promjene provedena su brojna istraživanja koja su uključivala modele mogućih budućih klimatskih promjena. Prema rezultatima istraživanja, Sunčeva aktivnost nije relevantna u toj mjeri da bi je se moglo označiti kao glavnog krivca za globalni porast temperature u zadnjih 50 godina. Istraživanja vezana za geološku prošlost Zemlje ukazuju na to da je odgovornost Sunčeve te vulkanske aktivnosti za oko 50 % temperaturnih fluktuacija za vremensko razdoblje prije polovice dvadesetog stoljeća, a nakon toga je njihov utjecaj gotovo neznatan. U studiji *Climate Change: The Scientific Basis*, Međuvladinog tijela za klimatske promjene iz 2001. godine uspoređeni su utjecaj povećanja koncentracije stakleničkih plinova i utjecaji Sunčeve te vulkanske aktivnosti na klimatske promjene. Prema dobivenim rezultatima za vremensko razdoblje između 1750. godine i 2000. godine utjecaj povećanja koncentracije stakleničkih plinova na klimatske promjene je 8 puta veći nego utjecaj Sunčeve i vulkanske aktivnosti. Postoje i istraživanja koja govore o većem značaju Sunčeve aktivnosti, rezultati jednog od njih govore da je Sunce odgovorno za 16-36 % povećanja temperature na globalnoj razini (Sttot et al., 2003).

Mjerenje temperature na Zemlji pomoću instrumenata započinje 1860. godine, a od 1979. godine se provodi satelitsko mjerenje temperature. Rezultati mjerenja prema izvještaju Međuvladinog tijela za klimatske promjene iz 2013. godine, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, svjedoče o prosječnom porastu temperature u razdoblju između 1880.

i 2012. godine u iznosu od 0, 85 ˚C, a ovisno o lokaciji mjerenja, između 0,65 ˚C i 1,06 ˚C. Radi se o značajnom porastu temperature kada se u obzir uzme kretanje temperature na sjevernoj hemisferi u posljednjih 2000 godina (Dijagram 1). Na Dijagramu 1 se mogu vidjeti rekonstruirane temperature za razdoblje kada nije bilo mjerenja te temperature za period mjerenja (crna linija). Također, može se usporediti izmjerena temperatura zraka posljednjih desetljeća s temperaturom koja je rekonstruirana za srednjovjekovno toplo razdoblje te razdoblje malog ledenog doba između 1550. i 1880. godine.



Dijagram 1. Prikaz kretanja temperature u zadnjih 2000 godina (National Centers on Environmental Information, 2010.)

3. Protokol iz Kyota

Protokol iz Kyota prihvaćen je 11. prosinca 1997. godine u gradu Kyotu u Japanu tijekom Treće konvencije stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime, a stupio je na snagu 16. veljače 2005. godine nakon što je ratificiran od strane 55 država koje čine najmanje 55 % zagađivača.

Sastoji se od 28 članaka, definira odredbe, načine i postupke u svrhu ostvarenja propisanih smanjenja emisija, metodologiju izračuna i metode prikazivanja emisija te način praćenja ostvarenja zadanih ciljeva.

3.1. Povijesni kontekst nastanka Protokola iz Kyota

Nakon osnivanja Međuvladinog tijela za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), 1988. godine, Ujedinjeni narodi su nastavili s naporima u svrhu zaštite svjetske klime.

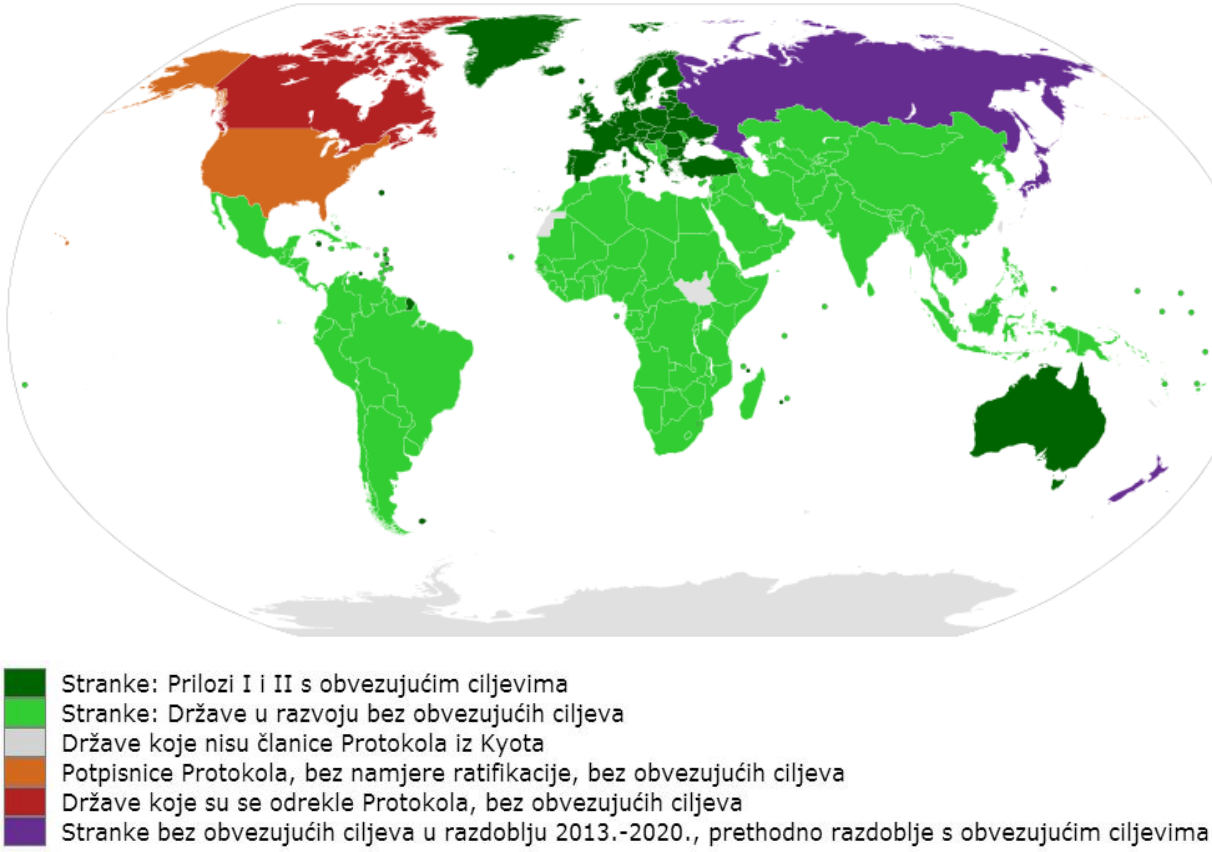
U lipnju 1992. godine održana je prva konferencija Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju, Samit o Zemlji (*Earth Summit*) u Rio de Janeiru. U sklopu konferencije usvojena je Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC).

Prema Članku 2 navedene konvencije (United Nations, 1992), zajednički cilj potpisnica konvencije je ostvarenje stabilizacije koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi na razini koja isključuje bilo kakvu opasnu interferenciju čovjekova djelovanja na klimatski sustav. Tu razinu treba ostvariti u vremenu koje će biti dostatno da bi se prirodnim putem mogli prilagoditi klimatskim promjenama uz jamstvo da proizvodnja hrane neće biti ugrožena te da se gospodarski razvoj može nastaviti održivom dinamikom.

Konvencija je ratificirana od strane gotovo svih zemalja svijeta. Prema odredbama koje se odnose na pojedine države potpisnice, definirano je 3 skupine država (stranaka):

- Prilog I (Annex I),
- Prilog II (Annex II),
- Stranke izvan priloga I (non-Annex I).

Slika 1 prikazuje kartu država Zemlje prema razini sudjelovanja u Protokolu iz Kyota za vremensko razdoblje između 2013. i 2020. godine.



Slika 1. Karta država sudionica Protokola iz Kyota (vremensko razdoblje 2013.-2020.) (Romeiro, 2014)

Prilog I obuhvaća 41 stranku: sve europske države, Rusku Federacija i Bjelorusiju te izvaneuropske države, članice Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (*Organisation for Economic Cooperation and Development*, OECD) koju čine Sjedinjene Američke Države, Kanada, Australija, Novi Zeland te Japan. Stranke navedene u Prilogu I dužne su provoditi politiku i mjere protiv klimatskih promjena s ciljem smanjenja vlastitih emisija stakleničkih plinova kao primjer ostalim strankama.

Prilog II obuhvaća stranke iz Priloga I, bez država tranzicijskog gospodarstva (economies *in transition*) koje obuhvaćaju 14 država istočne Europe iz bivšeg komunističkog bloka, Lihtenštajna i Monaka. Njihove obveze su osiguravanje dodatnih financijskih sredstava u korist država u razvoju kako bi im se omogućilo smanjenje emisija i pomoglo u prilagodbi na posljedice klimatskih promjena te poduzimanje inicijativa s ciljem promicanja razvoja i transfera ekološki održivih tehnologija prema državama u razvoju i prema državama tranzicijskog gospodarstva.

Stranke izvan Priloga 1 su države potpisnice Konvencije koje nisu obuhvaćene Prilogom 1. Radi se o državama u razvoju, kao i o državama s rastućom industrijalizacijom poput Kine, Indije, Brazila i Južnoafričke Republike (Pianni et al., 2010).

Najviše upravno tijelo UNFCCC-a je Konferencija stranaka (*Conference of the Parties*, COP) čija se konvencija održava jednom godišnje kako bi se razmotrilo provođenje odredbi Konvencije te donijele nove odluke u skladu s rezultatima praćenja klimatskih promjena. Kako je članicama Konvencije postalo jasno da su odredbe Konvencije u velikoj mjeri deklarativne naravi, utvrđena je potreba za definiranjem preciznijih i konkretnijih odredbi koje će naći svoju primjenu u praksi.

Na jednoj od godišnjih kovencija Konferencije stranaka (COP3), održanoj 1997. godine u Kyotu, u Japanu, definiran je Protokol iz Kyota. Protokol iz Kyota predstavlja temelj za niz provedbenih pravila koji će se poslije donijeti u sklopu konvencija Konferencije stranaka:

- Marakeški sporazumi (COP7, 2001.),
- Montrealska konferencija (COP11, 2005.),
- Nairobijska konferencija (COP12, 2006.),
- Balijska konferencija (COP13, 2007.).

3.2. Odredbe i instrumenti Protokola iz Kyota

Općenito, zaključci doneseni u okviru Protokola iz Kyota mogu se podijeliti na obveze smanjena emisije, političke mjere za smanjenje emisije, nacionalne sustave inventure stakleničkih plinova, obveze izvještavanja i nacionalnih priopćenja, provjere i provedbe preuzetih obveza, nacionalne registre, fleksibilne mehanizme i potpore državama u razvoju (Pianni et al., 2010). U nastavku je dan pregled važnijih zaključaka Protokola.

3.2.1. Obveze smanjenja emisije

Članak 3.1. Protokola iz Kyota jasno definira obveze ograničenja emisije stakleničkih plinova za stranke Priloga 1 Konvencije UNFCCC-a. Industrijski razvijene države i države tranzicijskog gospodarstva moraju ostvariti ukupno smanjenje emisije od 2008. do 2012. godine za najmanje 5 % u odnosu na razinu iz 1990. godine. Plinovi koji su obuhvaćeni Protokolom

su: ugljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_2O), fluorirani ugljikovodični spojevi (HFC-i), perfluorirani ugljikovodici (PFC-i) i sumporov heksafluorid (SF_6).

Obveze smanjenja emisija su za pojedine zemlje potpisnice drugačije, ovisno o stupnju razvoja, pri čemu je veće opterećenje stavljeno na razvijenije zemlje po principu „zajedničke, ali odvojene odgovornosti (*common but differentiated responsibilities*). Prema tome, obveze se kreću od smanjenja emisija od 8 % do dopuštenog povećanja emisija od 10 %.

Za provjeru ispunjenja obveza, definirano je razdoblje ispunjena (*commitment period*). Prvo razdoblje se odnosi na vremenski period između 2008. i 2012. godine, a drugo između 2013. i 2020. godine.

3.2.2. Političke mjere za smanjenje emisije

Pri potpisivanju Protokola iz Kyota 1997. godine, očekivano je da će zemlje potpisnice same prionuti definiranju politike te provođenju definiranih mjera koje će težiti smanjenju emisije stakleničkih plinova s ispunjenjem zadanih ciljeva do 2010. godine. No, do toga nije došlo u velikoj većini slučajeva. Do smanjenja emisije stakleničkih plinova kod pojedinih stranaka poput Velike Britanije je došlo zbog nekih drugih razloga, nevezano za Protokol iz Kyota.

Prema Članku 10 stranke su obvezne da formuliraju, provode, objavljuju i redovito moderniziraju nacionalne i regionalne programe s mjerama pogodnim za ublažavanje klimatskih promjena i olakšavanje prilagodbe njihovim učincima. To se pogotovo odnosi na sektore energetike, prometa i industrije te poljoprivredu, šumarstvo i upravljanje otpadom.

3.2.3. Nacionalni sustavi inventure stakleničkih plinova

Člankom 5 Protokola iz Kyota utvrđuje se da stranke iz Priloga I moraju uspostaviti nacionalni sustav procjene antropogenih emisija iz izvora kao apsorpciju ugljika iz atmosfere u biosferu svih stakleničkih plinova koji nisu obuhvaćeni Montrealskim protokolom. Radi se o sustavu koji uključuje sve zakonske, institucionalne i organizacijske mjere potrebne za uspostavu nacionalnih inventara emisije stakleničkih plinova. Inventar emisije stakleničkih

plinova je procjena emisija u svakoj pojedinoj zemlji za svaku godinu. Kontrolu inventara provode tijela postavljena od strane UNFCCC-a. Pri procjeni se koriste metodologija izračuna emisija prema IPCC-u, o čemu će biti rečeno više u nastavku rada.

3.2.4. Obveze izvještavanja i nacionalnih priopćenja

Članci 3, 5 i 7 Protokola iz Kyota zahtijevaju od svake pojedine stranke pripremu periodičnih priopćenja-nacionalna priopćenja (*national communications*) koja sadrže informacije i analize emisija te opis nacionalne politike vezane uz klimatske promjene. Od stranaka iz Priloga I zahtijeva se detaljno opisivanje politike i provedbenih mjera, opis pomoći državama izvan Priloga I te godišnja izvješća o stupnju ispunjenja preuzetih obveza. Stranke izvan Priloga I moraju napraviti izvještaj o vrstama izvora emisija stakleničkih plinova te o stanju gospodarstva.

3.2.5. Provjera i provedba preuzetih obveza

Članak 8 Protokola propisuje formiranje posebnih revizijskih skupina čiji je zadatak kontroliranje nacionalnih inventura stakleničkih plinova i izvješća. Revizijske skupine nakon pregleda dobivenih dokumenata objavljuju sažetke (*compilation and synthesis reports*) nacionalnih priopćenja. Problematika provođenja mjera u svrhu smanjenja emisija stakleničkih emisija, a time i provedbe Protokola iz Kyota u praksi, očituje se na konkretnom primjeru nedostatka učinkovitih sankcija u slučaju neispunjenja preuzetih obveza. Problem leži u tome što je sudjelovanje, odnosno potpisivanje Protokola iz Kyota na dobrovoljnoj bazi, bez ikakvih sredstava prisile.

3.2.6. Nacionalni registri

Člancima 3.10 – 3.13 uveden je sustav dozvola (kvota, prava) emisije (*Emission Allowance*) ili jedinica emisije (*Emission unit*). Na taj se način vrši provjera ispunjenja preuzetih obveza. Prema tome, stranke iz Priloga I Konvencije UNFCCC-a preuzimaju

određenu dodijeljenu količinu jedinica emisije (*Assigned Amount Units, AAU)*. Stranke imaju mogućnost same raspolagati i preraspodijeliti dodijeljene jedinice emisije, s tim da moraju kreirati bazu podataka nazvanu nacionalni registar (*national registry*). U slučaju kada stranka ostvari svoje ciljeve smanjenja, odnosno, kada je količina emisije stakleničkih plinova manja od maksimalne dopuštene, tada nema problema. No, u slučaju kada su stvarne emisije stranke veće od dodijeljene količine, tada se primjenjuju fleksibilni mehanizmi.

3.2.7. Fleksibilni mehanizmi

Postoje tri fleksibilna mehanizma koji su definirani kako bi se strankama iz Priloga I omogućilo jednostavnije ispunjenje vlastitih obveza. Dijele se na Mehanizam zajedničke provedbe (*Joint Implementation Mechanism*, JIM), Mehanizam čistog razvoja (*Clean Development Mechanism*, CDM) i Mehanizam trgovanja kvotama emisije (*Emission Trading*, ET). Mehanizam zajedničke provedbe i Mehanizam trgovanja kvotama emisije vrijede između dviju stranki iz Priloga I, a Mehanizam čistog razvoja vrijedi za bilo koju stranku iz Priloga I i bilo koju stranku koja ne pripada Prilogu I Konvencije (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2015). Mehanizmi omogućuju veću učinkovitost smanjenja emisija s obzirom na uložena sredstva jer je uobičajena praksa industrijaliziranih zemalja da ulažu u smanjenje emisija u manje razvijenim zemljama pri čemu za isti iznos smanjenja emisija moraju uložiti manja financijska sredstva nego za isti iznos smanjenja emisija u vlastitom dvorištu. Na taj se način oslobađaju od vlastitih nacionalnih obveza, što dovodi do problema jer zemlje koje su najrazvijenije, a ujedno imaju i najveće emisije stakleničkih plinova, ne smanjuju svoje emisije.

Mehanizam zajedničke provedbe omogućuje industrijski razvijenim zemljama da surađuju na postizanju ciljanoga smanjenja emisija na način kojim će kompenzirati potraživanja i dugovanja (Dominis, 2006). Odnosi se na stranke koje pripadaju Prilogu I koje imaju kvanticifiranu obvezu smanjenja emisije. Mehanizam pruža mogućnost suradnje s ciljem smanjenja emisija, tako da neka stranka iz Priloga I može provoditi projekt smanjenja emisije na teritoriju neke druge države iz Priloga I. Na taj način se dopušta državama koje financiraju projekt, ograničavanje emisija preko zarađenih jedinica smanjena emisije (*Emission Reduction Units*, ERU) koje se mogu koristiti pri izvršenju cilja smanjenja emisija prema obvezama Kyoto protokola, a države domaćini imaju koristi od novih ulaganja, novih tehnologija te smanjenih količina emisija.

Mehanizam čistog razvoja omogućuje tijelima državne uprave i privatnim organizacijama u industrijaliziranim zemljama primjenu projekata za smanjenje emisija u zemljama u razvoju, radi postizanja utvrđenih ciljeva u svezi s tim smanjenjem; oni koji ulažu u takve projekte ostvaruju prava u obliku ovjerenih smanjenja emisija (*Certified Emision Reduction*, CER) (Dominis, 2006). Sličan je Mehanizmu zajedničke provedbe, razlikuje su u tome što je definiran za suradnju između stranke koja je unutar Priloga I i stranke koja je izvan Priloga I, dok je Mehanizam zajedničke provedbe definiran za suradnju dvije stranke koje se nalaze unutar Priloga I.

Mehanizam trgovine kvotama emisije omogućuje industrijaliziranoj zemlji prodaju drugoj državi viškova kvota stečenih na temelju smanjenja vlastitih emisija s obzirom na preuzete obveze smanjenja emisije (Dominis, 2006). Kupovanje kvota je moguće samo između stranaka unutar Priloga I. Na taj način države koje imaju manju emisiju stakleničkih plinova u odnosu na količinu koja im je odobrena, mogu prodati višak jedinica emisije drugim strankama koje vlastiti odobreni iznos premašuju. Problem predstavlja to što gotovo sve države iz Priloga I premašuju vlastite odobrene ciljne vrijednosti emisije.

3.2.8. Potpora državama u razvoju

Jedna od obveza stranaka potpisnica Protokola iz Kyota je potpora državama u razvoju. U okviru Marakeških sporazuma navedeni su primjeri kako se može pružiti potpora državama u razvoju na način da se smanji njihova emisija:

- Ukidanje poticaja za tehnologije koje su štetne za okoliš,
- Razvoj tehnologija za apsorpciju i geološko pohranjivanje ugljika,
- Razvoj naprednih tehnoogija uporabe fosilnih goriva te uporabe fosilnih u neenergetske svrhe,
- Poboljšanje energetske učinkovitosti,
- Pomoć državama u razvoju radi diverzifikacije njihova gospodarstva u slučaju kada se njihovo gospodarstvo većinom temelji na proizvodnji i trgovini fosilnim gorivima.

Veliki problem što se tiče navedenih primjera je to što su deklarativne prirode. Ne postoji odgovarajući sustav kontrole te se sve svodi na dobru volju stranaka potpisnica Protokola (Pianni et al., 2010).

3.3. Mjerne jedinice u okviru Protokola iz Kyota

Pri uporabi fleksibilnih mehanizama, prema Protokolu iz Kyota postoji nekoliko različitih jedinica koje se međusobno razlikuju po svojim svojstvima:

- Jedinice dodijeljenog iznosa (*Assigned Amount Unit*, AAU) odgovaraju dodijeljenoj količini emisije svake države i najvažnije su jedinice za dokazivanje i provjeru ciljeva preuzetih prema Protokolu iz Kyota,
- Jedinice ovjerenih smanjenja emisija (*Certified Emission Units*, CER) se koriste kod projekata mehanizama čistog razvoja, a izdaju se od strane Tajništva Konvencije UNFCCC-a nakon provjere rezultata projekata mehanizama čistog razvoja,
- Jedinice smanjenja emisije (*Emission Reduction Units*, ERU) se koriste u sklopu mehanizama zajedničke provedbe, a njih izdaje stranka domaćin u svrhu smanjenja emisija i dodatka na kvotu stranke koja je financirala provedbu projekta,
- Jedinice uklanjanja (*Removal Unit*, RMU) predstavljaju kredite generirane kroz uporabu zemljišta i prenamjene uporabe zemljišta te šumske djelatnosti, koriste se u sklopu projekata koji se temelje na apsorpciji CO_2,
- Empirijske jedinice (*European Union Allowance*, EUA) koriste se za razmjenu kvota emisija između članica Europske Unije.

Sve jedinice se prikazuju u tonama ekvivalenta ugljikova dioksida tijekom određenog razdoblja (Stefanović, 2014).

Kako svaki stakleнički plin ima drugačiji doprinos na globalno zatopljenje, u svrhu lakšeg mjerenja utjecaja emisija i trgovine emisijama, Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*International Panel on Climate Change*, IPCC) je 1990. godine u uporabu uvelo pojam Potencijal globalnog zatopljenja ili stakleнički potencijal (*Global Warming Potential*, GWP). Potencijal globalnog zatopljenja pokazuje koliko određena količina emisije pojedinog stakleničkog plina doprinosi globalnom zatopljenju. To je relativna veličina dodijeljena svakom stakleničkom plinu, a opisuje njegov utjecaj na klimatske promjene u odnosu na istu količinu

ugljikovog dioksida. Ugljikov dioksid je postavljen kao referentni plin i njegova vrijednost GWP-a dogovorno iznosi 1. Prema IPCC-u, GWP je definiran kao omjer učinkovitosti apsorbiranja Sunčevog infracrvenog zračenja jednog kilograma određenog stakleničkog plina u točno određenom vremenskom razdoblju i učinkovitosti apsorbiranja Sunčevog infracrvenog zračenja jednog kilograma referentnog plina u tom istom vremenskom razdoblju (Hrnčević, 2008).

Potencijal globalnog zatopljenja, GWP se računa prema izrazu 1 (IPCC, 1990):

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x * [x(t)]dt}{\int_0^{TH} a_r * [r(t)]dt}, \quad (1)$$

Pri čemu je:

TH- vremensko razdoblje u kojem se promatra doprinos (utjecaj) pojedinog stakleničkog plina na globalno zatopljenje,

a_x- učinkovitost apsorpcije Sunčevog infracrvenog zračenja zbog jediničnog povećanja količine tvari (stakleničkog plina) za koju se GWP izračunava,

[x(t)]- promjena količine tvari (stakleničkog plina) za koju se GWP izračunava u ovisnosti o vremenu,

a_r- učinkovitost apsorpcije Sunčevog infracrvenog zračenja jedinične količine referentnog plina (CO_2),

[r(t)]- promjena količine referentnog stakleničkog plina (CO_2).

Prema formuli, Potencijal globalnog zatopljenja, GWP ovisi o nekoliko čimbenika. Jedan od važnijih čimbenika je vremensko razdoblje unutar kojeg se procjenjuje doprinos plina globalnom zatopljenju. Uobičajena vremenska razdoblja za koja se računa GWP je 20, 100 i 500 godina. Prilikom prikazivanja vrijednosti GWP-a, potrebno je navesti za koje je vremensko razdoblje određen. Razlog tome je što plinovi imaju relativno kratak životni vijek u atmosferi, te je njihov doprinos globalnom zatopljenju u dužem vremenskom razdoblju poput 500 godina, gotovo nezamjetan. U kraćem vremenskom razmaku, npr. 20 godina, njihov doprinos globalnom zatopljenju, odnosno GWP vrijednost je veća.

Ako usporedimo metan, CH_4 i sumporov heksafluorid, SF_6 može se vidjeti značaj vremenskog razdoblja pri određivanju Potencijala globalnog zatopljenja. GWP metana u razdoblju od 20 godina iznosi 86, a GWP sumporovog heksafluorida iznosi 16 300, dok za razdoblje od 100 godina GWP metana iznosi 25, a sumporovog heksafluorida 22 800.

Tablica 1 prikazuje Potencijale globalnog zatopljenja pojedinih plinova koji su određeni za vremensko razdoblje od 100 godina (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

Plin	Potencijal globalnog zatopljenja
Ugljikov dioksid (CO_2)	1
Metan (CH_4)	25
Didušikov oksid (N_2O)	298
HFC-23	14.800
HFC-32	675
HFC-125	3.500
HFC-134a	1.430
HFC-143a	4.470
HFC-152a	124
HFC-227ea	3.220
HFC-236fa	9.810
CF_4	7.390
C_3F_8	8.830
C_2F_6	12.200
SF_6	22.800

Tablica 1. Potencijal globalnog zatopljenja plinova (GWP-100) čije se emisije računaju u okviru Protokola iz Kyota

Drugi bitan čimbenik pri određivanju Potencijala globalnog zatopljenja je apsorpcija Sunčevog infracrvenog zračenja od strane pojedinog stakleničkog plina. Količina infracrvenog zračenja koju apsorbira pojedini staklenički plin nije konstantna, linearno ovisi o koncentraciji stakleničkog plina u atmosferi, te pri računanju GWP-a za određeno vremensko razdoblje, treba uzeti u obzir kretanje koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi unutar tog razdoblja.

S obzirom da se vrijednosti GWP-a mijenjaju s vremenom, kao i doprinos pojedinog stakleničkog plina te da procjena utjecaja plinova na globalno zatopljenje nije jednoznačna, vrijednosti GWP-a se uglavnom koriste za usporedbu utjecaja različitih stakleničkih plinova u odnosu na ugljikov dioksid. Kao opće sredstvo usporedbe odabran je Potencijal globalnog zatopljenja izračunat za razdoblje od 100 godina, GWP-100.

U okviru Protokola iz Kyota, pri pisanju inventura i provjera, kao jedinica mjere za količinu emisije, koristi se tona ugljikova dioksida, [tCO_2]. S obzirom na veliku količinu

emisija, radi brže kontrole i lakše usporedbe emisija, kao jedinica mjere se koristi milijun tona CO_2, [$MtCO_2$]. U svrhu jednostavnijeg izračunavanja i priopćavanja emisija ostalih stakleničkih plinova, kao jedinica mjere je definiran CO_2 ekvivalent, CO_2e. CO_2 ekvivalent je jednak umnošku koičine plina, jedinice mase i vrijednosti GWP-100 određenog stakleničkog plina (izraz 2).

$$CO_2e = količina\ stakleničkog\ plina * GWP - 100 \quad (2)$$

Jedna tona CO_2 ekvivalenta (t CO_2) predstavlja jedinicu mjere emisije bilo kojeg stakleničkog plina (Pianni et al., 2010).

3.4. Provedba Protokola iz Kyota u Europskoj Uniji

Protokol iz Kyota je ratificiran od strane tadašnjih 15 članica Europske unije, tzv. EU(15) 31. svibnja 2002. godine. Na taj se način Europska unija obvezala smanjiti ukupne emisije stakleničkih plinova za 8 % prema *bubble* sustavu sniženja emisija. Sustav omogućuje članicama EU da zajednički prihvate određenu razinu sniženja, koje mogu međusobno raspodijeliti prema dogovoru. U svrhu smanjenja emisija EU je poduzela više aktivnosti. Osim primjene fleksibilnih mehanizama od kojih je najviše zaživio sustav trgovine emisijama, poduzete su brojne mjere na nacionalnim razinama kako bi se što kvalitetnije doskočilo klimatskim promjenama.

Energetika predstavlja jedno od ključnih područja u okviru politike Europske unije. Današnja službena energetska politika je donesena 27. listopada 2005. godine u Londonu, Velika Britanija. Kao što je bila jedan od najvećih, ako ne i najveći zagovornik Protokola iz Kyota, tako i u pogledu energetske politike, Europska unija želi biti svjetski lider i primjer u borbi protiv klimatskih promjena. U tu svrhu su predložene točke europskog akcijskog plana za energetsku sigurnost i solidarnost:

- Izgradnja infrastrukture i diversifikacija dobave energije,
- Vanjski energetski odnosi,
- Stvaranje rezervi nafte i plina i mehanizmi odgovora na krizna stanja,
- Energetska učinkovitost,
- Optimizacija uporabe domaćih resursa unutar EU.

Krajem 2008. godine usvojen je energetsko-klimatski paket koji uključuje niz odluka, zakonskih obveza i direktiva, poznatih kao "Ciljevi 20-20-20". Na taj način su donesene jasne i precizne mjere s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova i posredno, očuvanja planeta. Ciljevi predstavljaju smanjenje emisija država članica za 20 % u odnosu na količinu emisija stakleničkih plinova iz 1990. godine, povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 20 % te povećanje energetske učinkovitosti za 20 % do 2020. godine. U svrhu ispunjenja zadanih ciljeva, doneseni su brojni zakonski okviri koji se fokusiraju na:

- Ukupno povećanje obnovljivih izvora energije u energetskom sektoru do 2020. godine za 20 % pri čemu nemaju sve članice EU obvezu povećanja u istom postotku, 30 % smanjenja ako zemlje u razvoju prihvate obveze s obzirom na svoje mogućnosti,
- Hvatanje emisija ugljikovog dioksida te spremanje u podzemne formacije,
- Određivanje dopuštenih emisija ugljikovog dioksida za sektore na koje se sustav trgovine emisijama ne odnosi (kućanstva, poljoprivreda, gospodarenje otpadom, transport bez zrakoplovstva),
- Reforma sustava trgovanja emisijama.

Između ostalog, pokrenut je i plan razvoja energetskih tehnologija (*European Strategic Energy Technology Plan*), na temelju kojeg će se razvijati tehnologije u području upotrebe obnovljivih izvora energije, energetske učinkovitosti, nuklearne energije, ekološki prihvatljive upotrebe ugljena, sekvestracije ugljika i dr.

Također, pokrenut je razvoj Afričko-europskog partnerstva (*Africa-Europe Energy Partnership*), kojim bi se državama iz Afrike omogućio olakšani pristup ekološko prihvatljivim i energetski učinkovitim tehnologijama.

Nakon uspostave Protokola iz Kyota, nastala je potreba za razvijanjem sustava trgovine emisijama unutar Europske unije. Službeno, tržište emisijama (*Emission Trading Scheme*, ETS) je s radom u Europskoj uniji počelo 1. siječnja 2005. godine.

No, pomoću sustava "dogovora unaprijed" (*Forward Settlement*), tržište je neslužbeno počeli raditi tijekom 2003. godine. Nakon omogućavanja pretvorbe empirijskih jedinica pretvorbe emisija (*European Union Allowance,* EUA) u jedinice dodijeljenog iznosa (*Assigned Amount Units,* AAU) tržište je zaživjelo i izvan granica EU kako bi se ispunile obveze propisane Protokolom iz Kyota.

Kako bi se ispunio cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova, izvori emisija su podijeljeni u dvije cjeline. Prva cjelina se odnosi na velike izvore emisija stakleničkih plinova koji su obveznici sustava trgovanja emisijskim jedinicama (EU-ETS), a druga cjelina (Ne-ETS) obuhvaća manje izvore emisija koji su podijeljeni po sektorima energetike, prometa, industrijskih procesa, poljoprivrede i gospodarenja otpadom (Stefanović, 2014). Cilj smanjenja emisija za ETS cjelinu iznosi 21 % u odnosu na emisije iz 2005. godinu, a za Ne-ETS sektore 10 % u odnosu na emisije iz 2005. godine.

Danas, sustav trgovanja emisijama predstavlja jedan od ključnih mehanizama Protokola iz Kyota u smanjenju emisija stakleničkih plinova.

3.5. Protokol iz Kyota u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska je potpisala Protokol iz Kyota 11. ožujka 1999. godine kao 78. potpisnica. Protokol je ratificiran u Hrvatskom saboru 27. travnja 2007. godine (NN 05/07). Proces ratifikacije je potrajao zbog zahtjeva koji je uputila Republika Hrvatska Tajništvu Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) kojim se traži promjena bazne godine na temelju koje se računa razina dopuštenih emisija stakleničkih plinova. Za baznu godinu je prihvaćena 1990. godina i prema emisijama iz te godine je određen ciljani iznos emisija za 2012. godinu. Na temelju bazne godine se vrše izračuni o dopuštenim količinama emisije i o razini obveze smanjenja emisije koju svaka zemlja mora preuzeti na sebe. Prema prvotnom načinu izračuna referentnih razina emisija, Hrvatska bi vrlo brzo premašila razinu dopuštenih emisija što bi pogubno utjecalo na društveno-gospodarski razvoj. Na 11. zasjedanju Konferencije Stranaka (COP11) u Montrealu, Republici Hrvatskoj je dopušten drugačiji način izračuna emisija. Dopuštena je određena fleksibilnost pri izračunu referentnih emisija stakleničkih plinova iz energetskih izvora, prometa i poljoprivrednih aktivnosti. Na taj način omogućene su veće referentne razine emisija stakleničkih plinova što se opravdava ratnim stanjem u Hrvatskoj početkom devedesetih godina pri čemu je došlo do zaustavljanja rada mnogih industrijskih pogona i znatno manje potrošnje električne energije.

U svrhu zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj je donesen veliki broj zakona i propisa od kojih su među najbitnijima:

- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, NN 78/15) – krovni zakon kojim se određuju opća pitanja zaštite okoliša u RH,
- Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, NN 47/14) – definira načine praćenja i utvrđivanja kakvoće zraka, emisija i izvora emisija, mjere za spriječavanje i smanjivanje onečišćenja, administrativni nadzor, inspekciju i kaznene propise,
- Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 130/11) – propisuje granične vrijednosti emisija ovisno o snazi i vrsti postrojenja,
- Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknade na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (NN 73/07),
- Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša (NN 110/07),
- Pravilnik o načinu i rokovima obračunavanja i plaćanja naknade na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (77/07),
- Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 80/13, 153/13) – propisuje obvezu procjene utjecaja na okoliš različitih zahvata,
- Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj i fluoriranim stakleničkim plinovima (NN 130/11, NN 47/14) – regulira proizvodnju, upotrebu i zbrinjavanje tvari koje oštećuju ozonski sloj,
- Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 130/11),
- Uredba o praćenju emisija stakleničkih plinova, politike i mjera za njihovo smanjenje u Republici Hrvatskoj (NN 130/11) – propisuje obvezu i način praćenja emisija stakleničkih plinova u RH te metodologiju i/ili izvještavanje (Hrnčević, 2008).

Potpisivanjem Protokola iz Kyota, Republika Hrvatska je preuzela obveze stranke iz Priloga I Konvencije koje su već objašnjene u poglavlju 3.2. Odredbama Članaka 4 i 12 Konvencije, Hrvatska je obvezna izraditi godišnji izračun emisija stakleničkih plinova (*National Inventory Report*, NIR) te periodičko nacionalno izvješće o promjeni klime, kojim se

izvješćuje o provedbi obveza iz Konvencije. U tu svrhu, Hrvatska je u svoj pravni sustav ugradila i obveze izvještavanja o provedbi politike i mjera za smanjenje emisija i projekcijama emisija koje se periodički dostavlja nadležnim tijelima.

Izračun emisija stakleničkih plinova je ključni dio Kyoto Protokola (kreiranje Nacionalnog sustava praćenja emisija stakleničkih plinova prema Članku 5, Stavku 1 (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2007) kojeg je Hrvatska ratificirala 2007. godine. Od siječnja 2007. g. izračun emisija stakleničkih plinova u RH regulira se Uredbom o praćenju emisije stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj (NN 1/07). Izračun se izrađuje prema smjernicama Tajništva Konvencije, a njime se izračunavaju emisije CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, CO, NO_x, SO_2, NMVOC i čvrstih čestica. Prilikom izračuna emisija navedenih izravnih i neizravnih stakleničkih plinova koristi se metodologija Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC) definirana u priručnicima *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 1996. godine i *IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 2006. godine Pri tome se emisije nekih stakleničkih plinova (npr. CO_2) izračunavaju primjenom specifičnih nacionalnih emisijskih faktora, na način da se određene gospodarske aktivnosti pomnože s odgovarajućim emisijskim faktorom, dok se druge (npr. NO_x, SO_2, čvrste čestice) izračunavaju primjenom programskog paketa AE-DEM (*Air Emission- Data Exchange Module*) ili EMEP/CORINAIR metodologije (Hrnčević, 2007).

Za potrebe izračuna nacionalnih emisija onečišćujućih tvari u Republici Hrvatskoj izvori/ ponori emisija su podijeljeni u šest sektora (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013):

I. Energetika,

II. Industrijski procesi,

III. Uporaba otapala i ostalih proizvoda,

IV. Poljoprivreda,

V. Korištenje zemljišta, promjene korištenja zemljišta i šumarstvo,

VI. Otpad.

Za praćenje, izračun i izvještavanje o emisijama stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj je zaduženo Ministarstvo zaštite okoliša i prirode te Agencija za zaštitu okoliša. Agencija za zaštitu okoliša naručila je izradu izvješća o inventaru stakleničkih plinova od tvrtke EKONERG-Institut za energetiku i zaštitu okoliša. Izvori podataka koji se koriste pri izradi

izvješća su državne institucije poput ministarstava, zavoda za statistiku, instituta, ali i individualni stacionarni izvori emisija.

Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska je preuzela zakonodavstvo Europske unije, tako i zakonodavstvo vezano uz Protokol iz Kyota što je objašnjeno u poglavlju 3.4.

4. Metodologija izračuna emisije ugljikovog dioksida

Plan smanjenja „efekta staklenika“ na klimatske promjene zahtijeva utvrđivanje mjera potrebnih za smanjenje emisija ugljikovog dioksida i drugih stakleničkih plinova. Kako bi te mjere bile učinkovite, potrebno ih je definirati s obzirom na realno stanje emisija. Iz toga razloga ključno je poznavanje količina emisija ugljikovog dioksida i ostalih stakleničkih plinova. Općenito, do vrijednosti neke veličine najjednostavnije je doći mjerenjem. No, u ovom slučaju mjerenjem se ne može obuhvatiti široki raspon izvora emisija. Problem ne predstavljaju sustavi s velikom koncentracijom emisija poput termoelektrana, već sustavi s manjom koncentracijom kao što su automobilski motori, farme, kućanstva i velika količina drugih izvora. Stoga se emisije ne mjere, nego se računaju pomoću različitih fizičkih varijabli koje je moguće izmjeriti i dovesti u vezu s emisijama. Pri tome se dopušta određena pogreška u izračunima koja je razvojem metodologije izračuna sve manja i manja.

Kao referentni parametar koji se koristi pri izračunima, služi aktivnost. Ako su poznati tip i veličina referentnog uzorka, količina stakleničkog plina se dobije iz određenog kemijskog ili empirijskog odnosa. Empirijski odnosi su propisani smjernicama Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC) za procjenu emisije stakleničkih plinova, objavljenima 1996. i 2006. godine. U različitim sektorima, aktivnost ima različita svojstva. U elektranama na fosilna goriva, aktivnost predstavlja količinu upotrijebljenog goriva. U poljoprivredi se aktivnost odnosi na veličinu pojedinog zemljišta te tip obrade toga zemljišta. Na taj način pojam aktivnost poprima različita svojstva ovisno o području na koje se izračun odnosi. Glavna karakteristika ove metodologije je da se kvantifikacija emisija stakleničkih plinova ne provodi izravno na mjestu emisije, već na temelju izračuna koji uključuje poznate podatke procesa (Pianni et al., 2010).

Prednost navedenog načina procjene emisije stakleničkih plinova očituje se u eliminaciji dodatnih troškova za implementaciju mjernih instrumenata potrebnih za mjerenje emisija te postojanje evidencije referentnih parametara.

4.1. Opća jednadžba za procjenu emisije stakleničkih plinova

Za procjenu emisije stakleničkih plinova koristi se opća jednadžba koja služi kao osnova za definiranje svih jednadžbi uključenih u računanje emisija iz različitih izvora. Prema općoj jednadžbi, emisija stakleničkih plinova je jednaka umnošku kvantificirane aktivnosti s odgovarajućim koeficijentom emisije i odgovarajućim koeficijentom konverzije čija je vrijednost manja ili jednaka jedan (izraz 3).

$$Emisija\ stakleničkih\ plinova = aktivnost * koeficijent\ emisije * koeficijent\ konverzije \quad (3)$$

Podaci o aktivnosti ovise o procesu, a opisani su višekratnikom jedinice količine. Koeficijenti emisije ovise o plinu o kojemu je riječ te o vrsti aktivnosti. U biti, radi se o poveznici između aktivnosti i emisije pojedinog stakleničkog plina. Koeficijenti emisija se određuju na temelju procesnih karakteristika, mogu biti kemijski definirani pomoću bilance tvari, ali i pomoću empirijskih zapažanja pri čemu može doći do značajnih granica nesigurnosti.

Koeficijenti konverzije označavaju proporcionalni dio aktivnosti koji stvarno dovodi do stvaranja stakleničkog plina. Do potrebe za korištenjem koeficijenta konverzije dolazi u slučaju kada kvantificirana aktivnost ne sudjeluje cijelim svojim iznosom u procesu, te dio aktivnosti ostane neiskorišten. Najjednostavniji primjer tome je nepotpuno izgaranje (Pianni et al., 2010).

Upute za procjenu koeficijenata emisije i koeficijenata konverzije, a time i za količinu emisija stakleničkih plinova sadržane su u smjernicama Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC).

4.2. Smjernice Međuvladinog tijela za klimatske promjene

Temelj uputa za procjenu emisija stakleničkih plinova čine *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 1996. godine i *IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 2006. godine. Objavljene su da predstavljaju referentan dokument za izradu nacionalnih inventara stakleničkih plinova koji je obvezatan za sve

potpisnice Protokola iz Kyota, pa tako i za Hrvatsku. Osim prvotne svrhe, sve više se koriste i kod procjene emisija na razini pojedinih postrojenja i projekata, pogotovo smjernice iz 2006. godine. U njima su sadržane sve smjernice i metodologije izračuna emisija za sve sektore u okviru Protokola iz Kyota te propisani svi koeficijenti emisije i konverzije.

U Smjernicama se pod različitim razinama (*Tier*) podrazumijevaju različite razine točnosti kod izračuna ili mjerenja emisija stakleničkih plinova u funkciji kvalitete podataka i parametara koji se mogu upotrijebiti: podaci o aktivnosti, koeficijenti emisije i konverzije ili oksidacije (Pianni et al., 2010). S obzirom na sve veći razvoj sustava trgovine kvotama emisija i sve veći ekonomski značaj koji višak emisija stakleničkih plinova predstavljaju, porasla je potreba za što većom preciznošću izračunavanja količine emisija stakleničkih plinova. Zbog toga je porasla važnost metodologija za jamstvo kvalitete (*Quality Assurance*, QA) i za kontrolu kvalitete (*Quality Control*, QC). U svrhu vjerodostojnosti izračuna emisija, od strane IPCC-a je objavljen vodič *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* ili *Good Practice Guidance*, GPG koji je u skladu s objavljenim Smjernicama IPCC-a te ih upotpunjuje s jamstvom kvalitete.

Novije smjernice iz 2006. godine su podijeljene u pet svezaka:

- Svezak 1. : Opće smjernice i izvješća (General Guidance and Reporting)
- Svezak 2. : Energetika (Energy)
- Svezak 3. : Industrijski procesi i upotreba proizvoda (Industrial Processes and Product Use)
- Svezak 4. : Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta (Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU))
- Svezak 5. : Otpad (Waste)

4.2.1. Opće smjernice i izvješća

U prvom svesku Smjernica iz 2006. godine se nalaze opće informacije o smjernicama. Navedeni su koncepti po kojima su Smjernice napravljene te upute o izradi nacionalnih inventara stakleničkih plinova. Ukupni izvori emisija su podijeljeni na sektore, a sektori na podsektore, odnosno, kategorije. Dan je popis stakleničkih plinova koji se uzimaju u obzir pri

izračunima, uvjeti u kojima pojedini stakleнički plinovi nastaju te je objašnjen izračun emisija putem faktora emisije (*Emission Factors*, EF). Navedene su upute za prikupljanje podataka o emisijama na nacionalnoj razini. Posebno su naglašeni slučajevi u kojima se radi o indirektnim izvorima stakleničkih plinova te su navedeni postupci izračuna za svaki slučaj. Kvaliteta izračuna je definirana na tri različite razine (*Tier*) koje se međusobno razlikuju na temelju stupnja metodološke složenosti izračuna, a time i na temelju točnosti. Razina 1 (*Tier* 1) se odnosi na osnovne metode izračuna, razina 2 (*Tier* 2) na metodu izračuna srednjeg stupnja složenosti, dok je razina 3 (*Tier 3*), razina najvećeg stupnja složenosti izračuna koja zahtijeva precizniju i veću količinu podataka, ali je time i najtočnija.

4.2.2. Energetika

Sektor Energetike dijeli se na podsektore prema propisaoj IPCC metodologiji za izradu Nacionalnih inventara emisije *Revised 1996 IPCC Guidelines* i *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Podsektori su:

- Energetska postrojenja,
- Energetika u industriji s uključenim graditeljstvom,
- Kućanstva, usluge, poljoprivreda i šumarstvo,
- Promet.

Sektor Energetike pokriva aktivnosti koje se odnose na izgaranje goriva u stacionarnim i mobilnim izvorima, fugitivne izvore emisija iz goriva te neenergetsku potrošnju goriva. Sektor Energetike predstavlja glavni izvor emisije stakleničkih plinova uzrokovanih ljudskom djelatnošću. Najvažniji stakleнički plinovi koji nastaju u sektoru Energetike su ugljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4) i didušikov oksid (N_2O). Indirektni stakleнički plinovi koji nastaju u sektoru Energetike su dušikovi oksidi (NO_x), ugljikov monoksid (CO) i ne-metanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS). Oni imaju značajan utjecaj na stvaranje i razgradnju ozona. U metodologiji IPCC-a se radi izračun i za sumporov dioksid (SO_2) jer kao prethodnik sulfata i aerosola negativno utječe na stakleнički efekt jer se u procesu nastanka aerosola oduzima toplina iz atmosfere.

Tijekom potpunog izgaranja, ugljik sadržan u gorivu oksidira i prelazi u ugljikov dioksid, a tijekom nepotpunog izgaranja osim ugljikova dioksida nastaju i male količine metana, ugljikova monoksida i ne-metanskih hlapljivih organskih spojeva. Ugljikov dioksid predstavlja najvažniji stakleнički plin koji nastaje tijekom izgaranja goriva. Emisija CO_2 ovisi o kvaliteti i tipu goriva koje izgara. Emisije su različite prilikom izgaranja ugljena, nešto manje prilikom izgaranja tekućih derivata nafte, a najmanja prilikom izgaranja prirodnog plina. Omjer specifičnih emisija prilikom izgaranja fosilnih goriva iznosi 1:0,75:0,55 (ugljen:tekuća goriva:plin) (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2010).

Osim prilikom izgaranja, emisije stakleničkih plinova nastaju tijekom proizvodnje, prerade, skladištenja, transporta i distribucije fosilnih goriva. Tako nastale emisije se nazivaju fugitivne, a uključuju emisije metana (CH_4), ugljikovog monoksida (CO), dušikovih oksida (NO_x i ne-metanskih hlapljivih organskih spojeva (NMHOS).

Neenergetsku potrošnju goriva obuhvaćaju aktivnosti u kojima se gorivo koristi kao ulazna sirovina kao što je u kemijskoj industriji (prirodni plin za proizvodnju amonijaka, proizvodnja parafina, voskova, etana...), građevinskoj industriji (proizvodnja bitumena) i ostalim aktivnostima poput proizvodnje maziva te motornih i industrijskih ulja. Ovo područje obuhvaća i emisije u slučaju kad je dio ugljika zadržan u proizvodu, a dio se oksidira u ugljikov dioksid i odlazi u atmosferu ili u slučaju kad je sav ugljik zadržan u proizvodu (bitumen).

Temelj za izračun emisija stakleničkih plinova iz sektora Energetika čini nacionalna energetska bilanca. Radi se o podacima o proizvodnji, uvozu, izvozu, saldu skladišta i potrošnji svakog pojedinog goriva.

Pri izračunu se mogu koristiti dva različita pristupa: referentni i sektorski. Sektorske emisije se računaju na temelju potrošnje goriva iz nacionalne energetske bilance, gdje su potrošnja i nabava goriva dane na dovoljno detaljnoj razini da je moguće izračunavanje emisija po sektorima i podsektorima. U referentnom pristupu ulazni podaci su proizvodnja, uvoz, izvoz, međunarodni bunkeri i saldo skladišta za primarna i sekundarna goriva (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013).

U podsektoru Kućanstva, usluge, poljoprivreda i šumarstvo se promatraju emisije iz poljoprivrede i šumarstva koje se posljedica izravne potrošnje fosilnih goriva, dok se ostale emisije iz tih područja promatraju u okviru sektora Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta koje je objašnjeno u poglavlju 4.2.4.

Izgaranjem biomase i goriva proizvedenog od biomase (ogrjevno drvo i gorivi otpaci, biodizel, bioplin) također dolazi do emisije stakleničkih plinova. No, prema preporukama IPCC-a te emisije ne ulaze u izračun ukupne nacionalne emisije jer su emisije ugljikova dioksida prethodno apsorbirane tijekom rasta i razvoja biomase. Ponori ili emisije ugljikova dioksida uslijed promjene u biomasi šume računaju se u okviru sektora Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta koje je objašnjeno u poglavlju 4.2.4.

Detaljniji opis metodologije izračuna emisije stakleničkih plinova iz sektora Energetike bit će objašnjen u poglavlju 6 na primjeru energetskog sektora Republike Hrvatske.

4.2.3. Industrijski procesi i upotreba proizvoda

Tijekom različitih neenergetskih industrijskih procesa dolazi do emisije stakleničkih plinova tijekom konverzije ulazne/ulaznih tvari u finalni produkt/produkte. Staklenički plinovi koji nastaju u tim procesima su nusprodukti, a najčešće se radi o ugljikovu dioksidu (CO_2), didušikovu oksidu (N_2O) i metanu (CH_4).

Znatne emisije ugljikova dioksida nastaju pri proizvodnji cementa, vapna, amonijaka te pri uporabi vapnenca i dehidratizirane sode u industrijskim pogonima. Emisije didušikovog oksida nastaju pri proizvodnji dušične kiseline, a emisije metana pri proizvodnji kemijskih spojeva poput etilena. Do emisije dolazi i potrošnjom fluorougljikovodika (HFC-a) i perfluorougljikovodika (PFC-a) koje se koriste kao zamjenski plinovi, plinovima koji su se nalazili u sustavima za hlađenje i klimatiziranje, potiskivanje pjene, aparatima za gašenje požara i spojevima u obliku aerosola, a utjecali su negativno na ozonski omotač. Do emisije sumporovog heksafluorida (SF_6) može doći tijekom ispitivanja i rukovanja s visoko-naponskim prekidačima i postrojenjima u kojima se koristi kao izolacijski plin. Ugljikov monoksid (CO), dušikovi oksidi (NO_x), sumporov dioksid (SO_2) i ne-metanski hlapivi organski spojevi (NHMOS) mogu nastati u nekim industrijskim petrokemijskim procesima.

Pri izračunu emisija za ovaj sektor, koristi se metodologija propisana u Opća metodologija korištena pri izračunu emisija iz industrijskih procesa. Preporučena metodologija je propisana u Smjernicama IPCC-a, pri čemu se ukupne emisije stakleničkih plinova dobiju množenjem godišnje proizvedene ili potrošene količine proizvoda s odgovarajućim faktorima emisije po jedinici proizvodnje ili potrošnje. Za sve značajne aktivnosti unutar sektora, propisani su faktori emisija u okviru *IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse*

Inventories i *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.*

U sektoru uporabe otapala u izračune emisija uključene su emisije ugljikova dioksida (CO_2), didušikovog oksida (N_2O) i ne-metanskih hlapivih organskih spojeva (NHMOS). Pri uporabi otapala dolazi do emisije ne-metanskih hlapivih organskih spojeva, NHMOS. Do emisije NHMOS dolazi i upotrebom boja i lakova, pri odmašćivanju i suhom čišćenju, pri proizvodnji i procesiranju kemijskih proizvoda, u tiskarskoj industriji, primjeni ljepila, primjeni otapala u kućanstvima i u svim drugim aktivnostima u kojima dolazi do primjene otapala (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013). Pri oksidaciji NHMOS u atmosferi dolazi do emisije ugljikovog dioksida (CO_2). Emisija CO_2 nije direktna, već se izračunava pomoću unaprijed definiranih faktora konverzije.

4.2.4. Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta

U četvrtom svesku Smjernica obrađeni su sektori poljoprivrede, šumarstva i ostalog korištenja zemljišta (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, AFOLU). Ovi sektori su obrađeni na drugačiji način u odnosu na ostale sektore s obzirom na to da su tlo i vegetacija izvori emisija, ali mogu poslužiti i kao ponori ugljika iz atmosfere. Pojam „ponor ugljika“ se odnosi na sve procese ili područja pomoću kojih se može ukloniti ugljik iz atmosfere. Iz tog se razloga pri računanju emisija i upijanja stakleničkih plinova koristi drugačija metodologija. Aktivnosti koje uključuju razmjenu i skladištenje ugljika u okviru poljoprivrede, šumarstva i ostalog korištenja zemljišta poznate su pod zajedničkom skraćenicom LULUCF (*Land Use, Land Use-Change and Forestry*).

Radi bolje organizacije i točnijeg izračuna, emisije iz sektora poljoprivrede su podijeljene na sljedeće izvore emisija:

- Stoka – crijevna fermentacija za koju je karakteristična emisija metana (CH_4),
- Gospodarenje stajskim gnojem za koje je karakteristična emisija metana (CH_4) i didušikovog oksida (N_2O),
- Poljoprivredna tla za koje je karakteristična emisija didušikovog oksida (N_2O).

Najzastupljeniji staklenički plinovi koji nastaju kao rezultat poljoprivredne aktivnosti su metan (CH_4) i didušikov oksid (N_2O). Izvori emisija stakleničkih plinova koji su nastali kao rezultat poljoprivredne aktivnosti mogu se računati i za emisije nastale spaljivanjem poljoprivrednih ostataka, kao i za emisije iz ekosustava poput savana ili rižinih polja, ali prvo je u Republici Hrvatskoj zabranjeno, a drugo nije zastupljeno.

Prema IPCC metodologiji opisanoj u Vodiču za dobru praksu u iskorištenju zemljišta, prenamjeni korištenja zemljišta i šumarstvu (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG-LULUCF), kategorije za izvještavanje stakleničkih plinova su:

- Šumsko zemljište,
- Zemljište pod usjevima,
- Travnjaci,
- Močvarno zemljište,
- Naselja,
- Ostalo zemljište.

Ovisno o kategoriji, može doći do emisije stakleničkih plinova, ali i do ponora ugljika.

4.2.5. Otpad

Zadnji svezak Smjernica obrađuje temu otpada. Propisuje obveznu metodologiju pri izračunu emisija ugljikova dioksida (CO_2), metana (CH_4) i didušikovog oksida (N_2O) koji nastaju pri aktivnostima gospodarenja otpada. Aktivnosti koje rezultiraju najvećim emisijama su odlaganje i obrada krutog komunalnog otpada, upravljanje otpadnim vodama te spaljivanje otpada.

Emisije koje se obrađuju metodologijom uključuju emisije CH_4 koje nastaju pri odlaganju i obradi krutog i komunalnog otpada, deponiranju otpadnih voda kućanstava i uslužnog sektora u septičke jame, emisije N_2O koje nastaju iz ljudskog sekreta te emisije CO_2 nastale spaljivanjem otpada bez energetske oporabe.

Stupanj poklapanja izračunate vrijednosti emisija unutar sektora otpada pomoću Smjernica sa stvarnim vrijednostima emisija, uvelike ovisi o poznavanju nacionalnih podataka o nastajanju, količini i sastavu otpada te sustavu gospodarenja otpadom. Ključ kvalitetnog i pouzdanog izračuna čine dostupnost i pouzdanost podataka.

Smjernice donose pregled djelatnosti u kojima nastaje otpad i sastav otpada za sve vrste otpada koje svojom količinom i emisijama najviše utječu na ukupne emisije iz sektora otpada. Prema porijeklu, emisije iz otpada su u Smjernicama podijeljene na emisije iz krutog komunalnog otpada, emisije nastale tijekom upravljanja otpadnim vodama te emisije nastale spaljivanjem otpada. Za svaku vrstu otpada definirane su jednadžbe koje se koriste pri izračunu emisija iz pojedine vrste otpada.

Temelj metodologije izračuna emisije metana iz odlagališta krutog komunalnog otpada čini kinetički model raspadanja prvog reda (IPCC Tier 2, *First Order Decay model, Revised 1996 IPCC Guidelines*) pri čemu se koriste procijenjeni podaci o proizvedenoj godišnjoj količini krutog otpada po stanovniku te procjeni udjela tog otpada koji je odlagan na odlagališta. Smjernice se odnose i na klasifikaciju odlagališta krutog komunalnog otpada, metodologiju određivanja sastava otpada te modifikaciju baza Registra onečišćavanja okoliša i Katastra odlagališta. Registar onečišćavanja okoliša predstavlja skup podataka o izvorima, vrsti, količini, načinu i mjestu ispuštanja, prijenosa i odlaganja onečišćujućih tvari i otpada u okoliš. Katastar odlagališta se odnosi na različite podatke o odlagalištima otpada.

U obradi otpadnih voda se najčešće koriste aerobni biološki procesi. Kod odlaganja manjeg dijela otpadnih voda kućanstava i uslužnih djelatnosti često dolazi do emisija CH_4 zbog anaerobne obrade bez spaljivanja CH_4. Emisije CH_4 iz navedenih izvora izračunavaju se prema IPCC Tier 1 metodologiji u okviru *Revised 1996 IPCC Guidelines*.

Indirektna emisija N_2O se, prema Smjernicama, računa množenjem prosječnog godišnjeg unosa proteina po stanovniku, preporučene vrijednosti udjela dušika u proteinima (0,16 prema *Revised 1996 IPCC Guidelines*), broja stanovnika i preporučene vrijednosti faktora emisije (0,01 kg N_2O-N/kg N u sekretu prema *Revised 1996 IPCC Guidelines*).

Tijekom spaljivanja otpada dolazi do emisije CO_2, CH_4 i N_2O. U sektoru otpada se prikazuju samo emisije CO_2 koje su nastale spaljivanjem ugljika u otpadu (plastika, tekstil, guma, otapala, otpadno ulje i sl.) bez energetske oporabe. U slučaju spaljivanja s energetskom oporabom emisije ugljika, prema *Revised 1996 IPCC Guidelines*, ulaze u emisije sektora Energetike koji je obrađen u Svesku 2.

5. Sektor Energetike u Republici Hrvatskoj

Prema IPCC-u sektor Energetike je najvažniji sektor jer pridonosi ukupnoj nacionalnoj emisiji stakleničkih plinova sa 73,3 % ukupne nacionalne emisije stakleničkih plinova, prikazane kao ekvivalenti emisije CO_2 (CO_2e).

Izvori iz kojih se proizvodi primarna energija u Republici Hrvatskoj su ogrjevno drvo, sirova nafta, prirodni plin, obnovljivi izvori energije i vodna snaga. Kako se je s proizvodnjom ugljena na teritoriju Republike Hrvatske prestalo 2000. godine, ugljen se ne ubraja u izvore za proizvodnju energije. U Tablici 2 je prikazan trend proizvodnje primarne energije u razdoblju od 1990. do 2011. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) u energetskim jedinicama (petajoule, PJ).

PJ	1990.	1995.	2000.	2005.	2008.	2009.	2010.	2011.
Ugljen i koks	4,21	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ogrjevno drvo	22,68	13,52	15,64	14,77	16,58	17,97	19,96	26,74
Sirova nafta	104,54	62,81	51,35	40,11	35,42	33,07	30,69	28,37
Prirodni plin	74,27	69,12	59,4	79,76	94,05	93,50	93,88	85,02
Vodne snage	38,55	51,75	56,93	62,40	50,19	65,77	79,71	42,59
Toplina	-	-	-	0,61	1,25	1,48	1,71	1,73
Obnovljivi izvori	0,00	0,00	0,00	0,20	1,03	1,34	2,63	2,97
Ukupno	**244,25**	**199,16**	**183,32**	**197,24**	**197,28**	**211,64**	**228,57**	**187,42**

Tablica 2. Prikaz trenda proizvodnje primarne energije od 1990.-2011. (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013)

Prema Tablici 2 može se vidjeti da ukupna proizvodnja primarne energije iz 1990. godine iznosi 244,25 PJ, a 2011. godine 187,42 PJ što je pad veći od 23 %. No, pozitivan je rast proizvodnje primarne energije iz obnovljivih izvora energije. Ako se gleda udio pojedinog izvora za proizvodnju primarne energije, zabilježen je veliki pad udjela sirove nafte s oko 42 % 1990. godine na oko 15 % 2011. godine.

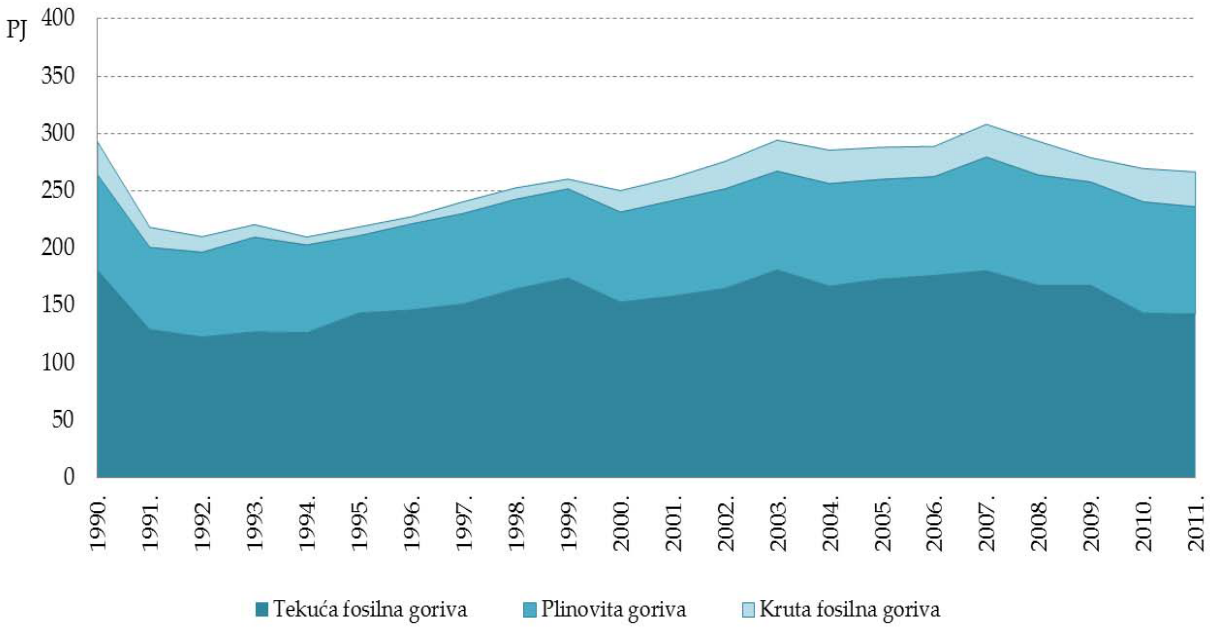
Tablica 3 prikazuje kolika je ukupna potrošnja energije na području Republike Hrvatske te kolika je razlika između količine energije koja je proizvedena na teritoriju RH i količine energije koja se potroši na tom istom teritoriju što je prikazano na Tablici 2.

PJ	1990.	1995.	2000.	2005.	2008.	2009.	2010.	2011.
Ugljen i koks	34,07	7,42	17,15	32,95	34,65	24,66	30,92	31,66
Ogrjevno drvo	22,68	13,52	15,64	14,77	13,38	14,42	16,05	19,23
Tekuća goriva	192,6	146,03	160,52	181,88	180,15	178,04	152,54	149,16
Prirodni plin	98,22	82,77	94,98	101,06	110,22	102,15	111,37	108,6
Vodne snage	38,55	51,75	56,93	62,4	50,19	65,77	79,71	42,59
Električna energija	25,42	12,59	14,4	18,41	23,68	20,46	17,15	27,71
Toplina	-	-	-	0,61	1,25	1,48	1,71	1,73
Obnovljivi izvori	0	0	0	0,2	0,97	1,43	2,24	2,97
Ukupno	**411,54**	**314,08**	**359,62**	**411,67**	**413,24**	**406,92**	**411,69**	**383,65**

Tablica 3. Prikaz trenda potrošnje energije od 1990.-2011. (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013)

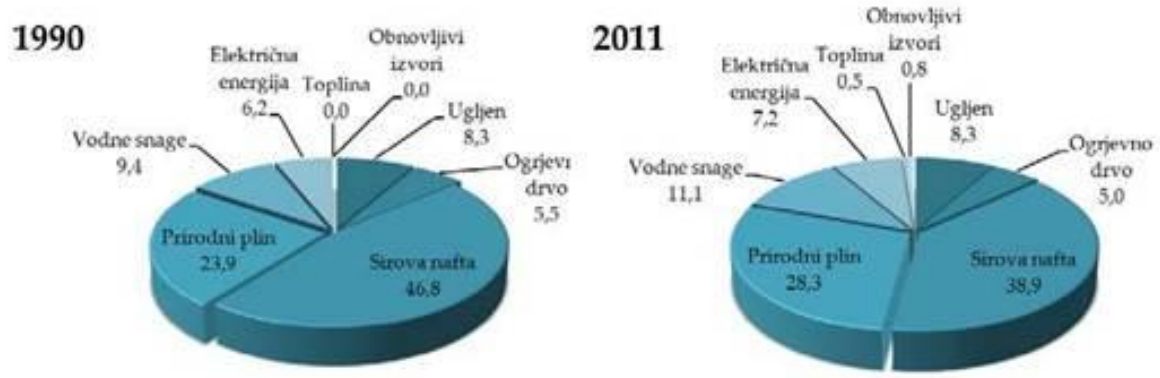
Ukupna potrošnja energije se dobije zbrajanjem proizvedene primarne energije i ukupnog uvoza svih primarnih i svih transformiranih oblika energije te oduzimanjem svih oblika energije koje su sudjelovale u izvozu. Na temelju ovih podataka moguće je vidjeti koliko energetski sektor Republike Hrvatske ovisi o energiji koja nije proizvedena na vlastitom tlu, odnosno, koliko ovisi o uvozu. Od 1990. do 2011. godine, opskrbljenost energijom iz vlastite proizvodnje je u RH pala s oko 60 % na manje od 50 %. Prema podacima iz 2006. godine, za potrebe opskrbljenosti energijom se uvozi 100 % ugljena, 75 % nafte, 40 % prirodnog plina i 15 do 25 % električne energije (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2006).

Prema Dijagramu 2, vidljivo je da su tekuća fosilna goriva u potrošnji najzastupljenija (od 50 do 65 %), prirodni plin s oko 30 %, a udio krutih goriva se kreće između 3 i 11 %. Pad potrošnje svih goriva je zabilježen tijekom Domovinskog rata kao i tijekom gospodarske krize 2008. godine. Tijekom Domovinskog rata došlo je do većeg pada potrošnje svih vrsta goriva do 1994. godine, dok je tijekom gospodarske krize pad potrošnje znatno manji, a prema Dijagramu 2 je već oko 2010. godine došlo do stagnacije pada potrošnje.



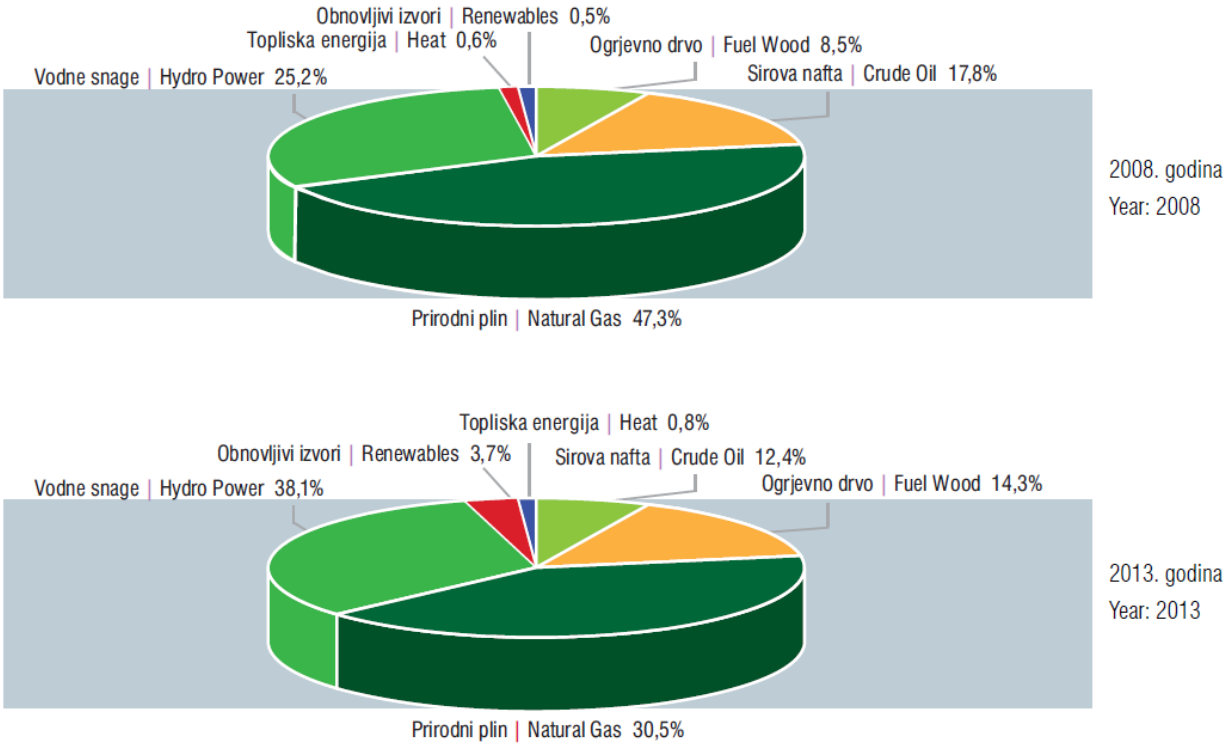
Dijagram 2. Prikaz strukture potrošnje energenata (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013)

Na Dijagramu 3 se nalazi usporedba potrošnje pojedinih oblika energija za 1990. godinu i 2011. godinu. Prema prikazanom, vidljivo je kako sirova nafta i prirodni plin imaju najveći udio, ali s blagim trendom smanjenja udjela u potrošnji.



Dijagram 3. Usporedba potrošnje pojedinih oblika energije između 1990. i 2011. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013)

Na razini šestogodišnjeg razdoblja, od 2008. do 2013. godine, proizvodnja primarne energije je rasla s godišnjom stopom od 0,8 %. Rast je ostvaren pri proizvodnji svih primarnih oblika energije, osim u proizvodnji sirove nafte i prirodnog plina. Udjeli pojedinih oblika energije u ukupnoj proizvodnji primarne energije prikazani su na Dijagramu 4 (Ministarstvo gospodarstva, 2013).



Dijagram 4. Usporedba udjela pojedinih oblika energije u ukupnoj proizvodnji primarne energije u RH 1998. i 2013. godine (Ministarstvo gospodarstva, 2013)

Prema najnovijim podacima, ukupna proizvodnja primarne energije u 2013. godini je porasla za 17 % u odnosu na 2012. godinu. Proizvodnja svih primarnih oblika energije je povećana, osim prirodnog plina, čija je proizvodnja pala za 8,8 %. Veliki porast proizvodnje energije je zabilježen na području vodnih snaga (73,6 %) zbog povoljnih hidroloških prilika i obnovljih izvora energije (36,1%).

Ukupna potrošnja energije predstavlja cjelokupnu potrošnju energije koja zadovoljava sve potrebe u energetskom sustavu. Obuhvaća ukupnu neposrednu potrošnju energije, neenergetsku potrošnju energije, potrošnju energije za pogon energetskih postrojenja, gubitke energije u energetskim transformacijama, gubitke energije u transportu te gubitke energije u razdiobi energije.

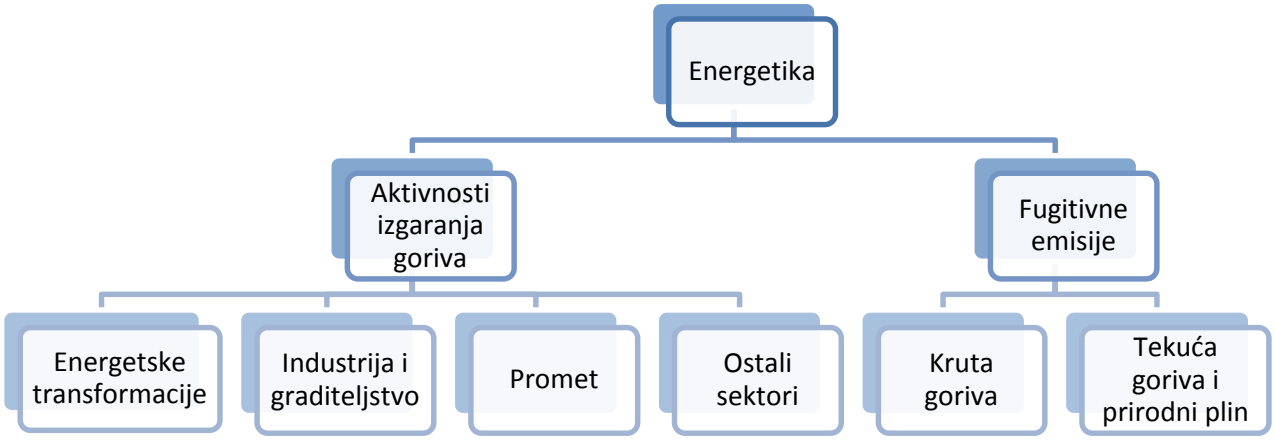
Struktura ukupne potrošnje energije u Republici Hrvatskoj za šestogodišnje razdoblje od 2008. do 2013. godine prikazana je u Tablici 4. U tom razdoblju je vidljiv pad potrošnje energije energije s prosječnom godišnjom stopom od 1,7 %, i to najviše zahvaljujući padu potrošnje energije za pogon energetskih postrojenja, neenergetskoj potrošnji i neposrednoj potrošnji energije. Pad ukupne potrošnje energije između 2008. i 2012. godine iznosio je 49, 36 PJ što je pad od 11,90 %, a između 2008. i 2013. godine 34,39 PJ što je pad od 8,29 % (Ministarstvo gospodarstva, 2013). Navedeno kretanje potrošnje energije može se objasniti gospodarskom krizom koja je zahvatila Republiku Hrvatsku 2008. godine. Do početka blagog oporavljanja gospodarstva došlo je tek tijekom 2013. godine.

	2008.	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2013./12.**	**2008./13.**
	PJ						**%**	
Ukupna potrošnja energije	414,90	408,37	411,73	383,59	365,54	380,51	4,1	-1,7
Gubici transformacija	72,43	75,84	79,84	57,35	59,14	80,26	35,7	2,1
Pogonska potrošnja	26,38	31,59	30,24	32,03	26,57	24,33	-8,4	-1,6
Gubici transporta i distribucije	9,43	10,29	10,88	10,14	10,00	9,76	-2,3	0,7
Neenergetska potrošnja	29,89	25,19	24,97	24,94	22,31	22,52	0,9	-5,5
Neposredna potrošnja energije	276,77	165,46	265,79	259,13	247,53	243,64	-1,6	-2,5
Industrija	61,17	51,14	50,30	46,96	41,56	40,92	-1,5	-7,7
Promet	90,47	89,84	86,80	85,39	84,02	85,41	1,7	-1,1
Opća potrošnja	125,12	124,48	128,7	126,78	121,95	117,3	-3,8	-1,3

Tablica 4. Struktura ukupne potrošnje energije u RH za šestogodišnje razdoblje od 2008. do 2013. (Ministarstvo gospodarstva, 2013).

5.1. Trendovi emisija stakleničkih plinova iz sektora Energetike na području RH

Opća podjela energetskog sektora na podsektore pri izračunu emisija stakleničkih plinova objašnjena je u poglavlju 4.2.2., a na Dijagramu 5 je prikazana podjela na kategorije unutar sektora prema načinu nastanka emisija stakleničkih plinova.



Dijagram 5. Prikaz podjele kategorija unutar sektora Energetike

Prema podacima iz Izvješća o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje između 1990. i 2011. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013), najveći dio emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora nastaje kao posljedica izgaranja goriva u energetskim postrojenjima (30,3% u 2011.), zatim u podsektoru promet (28,4% u 2011.) te u malim stacionarnim ložištima koja se koriste u uslužnom sektoru, kućanstvima te podsektoru poljoprivreda/šumarstvo/ribarenje (16,4% u 2011.). Podsektor industrija i graditeljstvo doprinose ukupnoj emisiji sektora Energetika sa 15%, dok fugitivne emisije doprinose sa oko 10%. Najveći udio u ukupnoj emisiji CO_2e ima CO_2 s udjelom od 91 do 93%, zatim slijedi CH_4 s udjelom od 6 do 9%, dok udio N_2O iznosi manje od 1%.

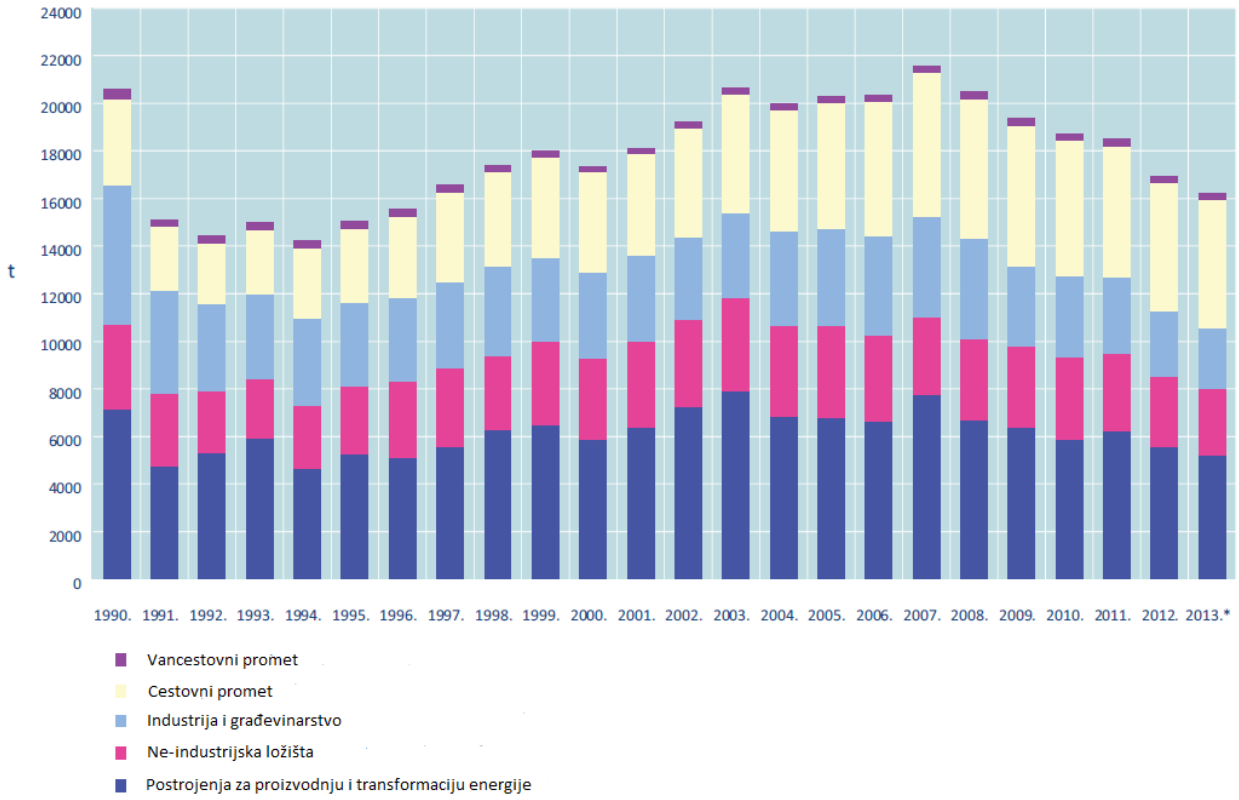
Tablica 5 prikazuje doprinos pojedinih podsektora i kategorija unutar podsektora ukupnim emisijama stakleničkih plinova za 2011. godinu u sektoru Energetike.

Kategorije	Gg			Ukupno	
	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2 eq	%
ENERGETIKA	19.051,98	74,43	0,32	20.715,35	100,00
A. Aktivnosti izgaranja goriva	18.474,82	6,45	0,32	18.710,40	90,32
1. Energetske transformacije	6.252,91	0,22	0,06	6.275,44	30,29
a) Proizvodnja el. energije i topline	4.202,70	0,15	0,04	4.219,27	20,37
b) Rafinerije	1.753,58	0,01	0,01	1.759,26	8,49
c) Proizvodnja krutih goriva i ostala energetska	296,64	0,01	0,00	296,91	1,43
2. Industrija i graditeljstvo	3.139,07	0,29	0,03	3.153,34	15,22
3. Promet	5.826,11	0,66	0,16	5.888,70	28,43
a) Zračni promet	89,88	0,00	0,00	89,91	0,43
b) Cestovni promet	5.537,15	0,65	0,16	5.598,91	27,03
c) Željeznički promet	82,68	0,01	0,00	83,01	0,40
d) Pomorski i riječni promet	116,40	0,01	0,00	116,87	0,56
4. Ostali sektori	3.256,73	5,28	0,08	3.393,01	16,38
5. Ostalo	-	-	-	-	-
B. Fugitivne emisije	577,16	67,98	0,00	2.004,86	9,69
1. Kruta goriva	-	-	-	-	-
2. Tekuća goriva i prirodni plin	577,16	67,98	0,00	2.004,86	9,68

Tablica 5. Prikaz doprinosa pojedinih podsektora ukupnim emisijama stakleničkih plinova (izraženo kao CO2e) (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013)

Preliminarni podaci izračuna emisije stakleničkih plinova za 2013. godinu pokazuju da je ukupna emisija stakleničkih plinova izraženih kao ekvivalenata ugljikova dioksida (CO_2e) iznosila 16,2 milijuna tona. Ako se usporedi s 2012. godinom, tada se radi o 4 % nižoj vrijednosti, a u usporedbi s emisijom stakleničkih plinova iz 1990. godine, emisije stakleničkih plinova su manje za 21 %. U razdoblju između 2008. i 2013. godine zabilježen je godišnji pad emisija od 4,6 % koji se objašnjava primjenom mjera energetske učinkovitosti, sve većim korištenjem energije iz obnovljivih izvora energije, ali i ekonomskom krizom koja je prouzročila pad gospodarskih aktivnosti.

Prema pojedinim izvorima emisija, najviše su zastupljeni nepokretni energetski izvori s 65 % emisija (32 % iz postrojenja za proizvodnju i transformaciju energije, 17 % iz neindustrijskih ložišta, 16 % iz industrije i građevinarstva). Cestovni promet je sudjelovao u emisijama s 33 %, a vancestovni (željeznički, pomorski i riječni promet) s 2 % ukupnih emisija stakleničkih plinova. Značajna je i emisija iz proizvodnih procesa bez izgaranja goriva (cementare), iz sektora pridobivanja i distribucije fosilnih goriva (izdvajanje CO_2 iz prirodnog plina – CPS Molve) i iz ostalih neenergetskih izvora što ovisno o godini može zbrojeno dosezati i do 14 % ukupnih emisija stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske. Na Dijagramu 4 je prikazan trend emisija stakleničkih plinova izraženih kao tone ekvivalenata ugljikova dioksida (CO_2e) za razdoblje između 1990. i 2013. godine po kategorijama (Ministarstvo gospodarstva, 2013).



Dijagram 6. Trend emisija ugljikova dioksida uslijed izgaranja goriva (Ministarstvo gospodarstva, 2013)

5.2. Rafinerije u Republici Hrvatskoj

U sklopu energetski najintenzivnijeg podsektora Energetske transformacije nalaze se i rafinerije. U Republici Hrvatskoj postoje dvije rafinerije nafte, u Rijeci (Slika 2) i Sisku (Slika 3), a maziva se proizvode u Zagrebu. Sirova nafta se crpi s 33 naftna polja, a plinski kondenzat iz 8 naftno-kondenzatnih polja što zadovoljava oko 35 % ukupnih nacionalnih potreba.



Slika 2. Rafinerija nafte Rijeka (Perinić, 2015)



Slika 3. Rafinerija nafte Sisak (Reberšak, 2012)

Tablica 6 prikazuje proizvodne kapacitete hrvatskih rafinerija koje se nalaze u vlasništvu tvrtke INA, u sklopu grupacije MOL (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013).

INSTALIRANI KAPACITETI PRERADE	
(1000 t/godišnje)	
Rafinerija nafte Rijeka (Urinj)	
atmosferska destilacija	5.000
reformiranje	730
katalitičko krekiranje u fluidiziranom sloju (FCC)	1.000
visbreaking	600
izomerizacija	250
hidrodesulforizacija (HDS)	1.040
blago hidrokrekiranje (MHC)	560
hidrokrekiranje	2.600
Rafinerija nafte Sisak	
atmosferska destilacija	4.000
reformiranje	680
katalitičko krekiranje u fluidiziranom sloju (FCC)	470
koking	270
vakuum destilacija	850
bitumen	350
Maziva Zagreb	
maziva	60

Tablica 6. Proizvodni kapaciteti hrvatskih rafinerija

Prema podacima o ukupnoj proizvodnji rafinerijskih proizvoda (Tablica 7) u razdoblju od 2008. do 2013. godine, najviše se proizvode loživo ulje, dizelsko gorivo i motorni benzin. Općenito, ukupna proizvodnja rafinerijskih proizvoda je smanjena za oko 25 % što se može objasniti gospodarskom krizom koja je rezultirala smanjenom potrošnjom i smanjenom potražnjom, a u skladu s tim smanjena je i proizvodnja. U tom razdoblju zapažen je znatan pad u proizvodnji gotovo svih rafinerijskih proizvoda (Ministarstvo gospodarstva, 2013).

Rafinerijski proizvodi	**Ukupna proizvodnja (1000 tona)**					
	2008.	**2009.**	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**
Ukapljeni plin	254,3	295,4	245,7	214,4	238,7	209,1
Motorni benzin	1.000,9	1.206,7	1.093,8	871,1	990,4	928,3
Petrolej i MG	97,1	93,7	94,6	117,2	97,1	108,6
Dizelsko gorivo	1.047,2	1.220,2	1079	933,8	1.132,8	1.072,4
Ekstralako loživo ulje	349,6	268,4	227,7	196,9	153,5	169,4
Loživo ulje	1.128,6	1.065,9	868,2	731,4	562,5	514,3
Primarni benzin	129	138,3	66,2	90,1	59	30,4
Bitumen	169,1	107,1	66,5	49,5	25,6	36
Rafinerijski plin	154,5	200,2	161,5	267,1	293,8	175,4
Ostali derivati	173	235,4	328,4	119,6	151,8	113,1
Ukupno	4.503,3	4.831,3	4.231,6	3.591,1	3.705,2	3.357

Tablica 7. Ukupna proizvodnja hrvatskih rafinerija u razdoblju 2008.-2013. godina

Izgaranje goriva u rafinerijama se odvija na dva načina: za potrebe grijanja i/ili kogeneraciju te za vlastitu potrošnju za proizvodni proces.

6. Emisije stakleničkih plinova iz rafinerija Republike Hrvatske

U ovom poglavlju će biti objašnjena metodologija izračuna emisija stakleničkih plinova koji nastaju tijekom potrošnje goriva za rafinacijske postupke. Metodologija izračuna se temelji na smjernicama Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC), odnosno prema *Revised 1996 IPCC Guidelines* i *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories.* Općenito, temelj za izračun ukupnih emisija stakleničkih plinova za pojedinu kategoriju čine podaci o ukupnoj potrošnji energije, odnosno goriva za proizvodnju energije. Podaci o rafinerijama u Republici Hrvatskoj korišteni pri ovom izračunu su prikupljeni iz Izvješća o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske iz 2010. i 2013. godine te iz godišnjeg energetskog pregleda Energija u Hrvatskoj 2013. Tablica 8 prikazuje potrošnju različitih vrsta goriva u rafinerijama na području Republike Hrvatske za razdoblje između 1990. i 2011. godine.

	Potrošnja goriva (TJ)									
Vrsta goriva	**1990.**	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**
Loživo ulje	227,2	199,5	193,4	254	249,9	288	194,2	252,7	244,3	196,3
Ukapljeni naftni plin	0	0	0	9,5	9,7	10,9	0	0	0	0
Koks	0	0	0	70,7	61,9	67,8	57,9	71,9	55,9	43,9
Rafinerijski plin	58,4	27,7	40,7	241,1	210,4	217,4	154,5	200,2	161,5	267,1
Prirodni plin	7,3	7,1	0,2	1,2	0,4	18,9	86,7	30,4	16,6	82,4
Ukupno	292,9	234,3	234,3	576,5	532,3	603	493,3	555,2	478,3	589,7

Tablica 8. Potrošnja goriva u rafinerijama RH

6.1. Razine izračuna prema IPCC-u

Najnovije smjernice *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* razlikuju tri različite razine izračuna emisija stakleničkih plinova koje se međusobno razlikuju prema stupnju kvalitete prikupljanja podataka koji se koriste pri izračunu te prema stupnju složenosti izračuna.

6.1.1. Prva razina izračuna (Tier 1)

Prva razina izračuna temelji se na poznavanju količine potrošenog goriva i zadanog emisijskog faktora. Radi se o najjednostavnijem i najopćenitijem izračunu emisija stakleničkih plinova. Uključuje najmanje faktora i najneprecizniji je. Koristi se u slučaju kada prikupljanje podataka nije dovoljno detaljno za točnije razine izračuna. Izraz za izračun emisije stakleničkih plinova za prvu razinu glasi (izraz 4):

$$Emisija_{\ Staklenički\ plin} = Potrošnja_{Gorivo} * Emisijski\ faktor_{Staklenički\ plin,Gorivo}, \quad (4)$$

pri čemu je je:

$Emisija_{Staklenički\ plin}$ – ukupna emisija ugljikova dioksida u tonama (t CO_2),

$Potrošnja_{Gorivo}$ – količina potrošene energije (TJ),

$Emisijski\ faktor_{Staklenički\ plin,\ Gorivo}$ – zadani faktor emisije koji ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži i faktor oksidacije ugljika za koji se na prvoj razini izračuna pretpostavlja da iznosi 1 (t CO_2/TJ)

Tablica 9 prikazuje potrošnju različitih vrsta goriva u rafinerijma za razdoblje između 2005. i 2011. godine te zadane emisijske faktore koji se koriste za izračun emisija na prvoj razini. Emisijski faktori su definirani u *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories.*

	Potrošnja goriva (TJ)										**Faktor emisije**
Vrsta goriva	**1990.**	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	
Loživo ulje	9.131	8.017	7.772	10.208	10.043	11.574	7.804	10.156	9.818	7.889	77,4
Ukapljeni naftni plin	0	0	0	449	458	515	0	0	0	0	63,1
Koks	0	0	0	2.191	1.918	2.101	1.794	2.228	1.732	1.360	97,5
Rafinerijski plin	2.812	1.333	1.959	11.609	10.130	10.467	7.439	9.639	7.776	12.860	57,6
Prirodni plin	248	241	6	40	13	642	2.947	1.033	564	2.801	56,1

Tablica 9. Prikaz potrošnje različitih vrsta goriva (TJ) i njihovih emisijskih faktora (t CO_2/TJ)

U slučaju kada imamo podatke o količini potrošnje goriva u jedinicama mase, tada potrošnju goriva možemo odrediti tako da pomnožimo količinu potrošnje u jedinicama mase sa srednjom ogrijevnom moći goriva (H) koja se obično nalazi u TJ/t ili TJ/10^3 m^3, prema izrazu 5:

$$Potrošnja_{gorivo}(TJ) = Potrošnja_{gorivo}(t\ ili\ m^3) * H_{gorivo}(\frac{TJ}{t}\ ili \frac{TJ}{10^3\ m^3}), \quad (5)$$

Primjer izračuna emisije ugljikova dioksida (CO_2):

Loživo ulje

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = Potrošnja_{Loživo\ ulje} * Emisijski\ faktor_{Ugljikov\ dioksid,Loživo\ ulje}$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 9131{,}2\ TJ\ * 77{,}400\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 706754{,}88\ t\ CO_2$$

Prirodni plin

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = Potrošnja_{Prirodni\ plin} * Emisijski\ faktor_{Ugljikov\ dioksid,Prirodni\ plin}$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 248{,}2TJ\ * 56{,}100\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 13924{,}02\ t\ CO_2$$

Tablica 10 prikazuje dobivene emisije ugljikova dioksida na pravoj razini izračuna za razdoblje između 2005. i 2011. godine.

Vrsta goriva	Emisije ugljikova dioksida (t CO_2)									
	1990.	1995.	2000.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
Loživo ulje	706.754	620.585	601.607	790.122	777.366	895.881	604.099	786.074	759.944	610.631
Ukapljeni naftni plin	0	0	0	28.357	28.956	32.540	0	0	0	0
Koks	0	0	0	213.690	187.092	204.925	175.002	217.317	168.957	132.687
Rafinerijski plin	161.971	76.826	112.878	668.678	583.534	602.945	42.8497	555.241	447.909	740.787
Prirodni plin	13.924	13.542	381	2.288	762	36.049	165.371	57.984	31.662	157.169

Tablica 10. Emisije ugljikova dioksida prema prvoj razini izračuna (Tier 1)

6.1.2. Druga razina izračuna (Tier 2)

Druga razina izračuna temelji se na poznavanju količine potrošenog goriva i emisijskog faktora karakterističnog za određenu državu. Izraz je sličan izrazu tijekom računanja emisija na prvoj razini izračuna, ali umjesto općeg emisijskog faktora, koristi se emisijski faktor koji je određen za konkretnu državu. Pri određivanju emisijskog faktora može se u obzir uzeti sadržaj ugljika u pojedinim gorivima, dio ugljika koji oksidira pri izgaranju ili tehnologija izgaranja. Također, mogu se tijekom vremena mijenjati. Opći emisijski faktori zadani u Smjernicama IPCC-a se ne razlikuju drastično od emisijskih faktora izračunatih za pojedine države. No, s obzirom na velike količine potrošenog goriva, mogu činiti znatnu razliku pri konačnom izračunu emisija stakleničkih plinova. To je posebno bitno u sustavu trgovanja emisijama. Definiranjem emisijskih faktora za svaku pojedinu državu se povećava preciznost izračuna ukupnih količina emisija jer opći emisijski faktori mogu, ali i ne moraju biti slični pojedinim emisijskim faktorima.

Emisijski faktori za Republiku Hrvatsku definiraju se prema izrazu 6:

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = CEF * O_C * \frac{44}{12}, \quad (6)$$

pri čemu je:

CEF – emisijski faktor ugljika (t C/TJ),

O_C – frakcija ugljika koji oksidira,

$\frac{44}{12}$ – stehiometrijski odnos ugljikova dioksida (CO_2) i ugljika (C).

Primjer izračuna emisijskog faktora za Republiku Hrvatsku:

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = 21{,}1\ t\ C/TJ * 0{,}99 * \frac{44}{12}$$

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = 76{,}593\ t\ CO_2/TJ$$

Tablica 11 prikazuje potrošnju goriva u terajoulima te izračunate faktore emisije za pojedina goriva koja se koriste u rafinerijama u Republici Hrvatskoj.

Vrsta goriva	**Potrošnja goriva (TJ)**										**Faktor emisije**
	1990.	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**	
Loživo ulje	9.131	8.017	7.772	10.208	10.043	11.574	7.804	10.156	9.818	7.889	76,593
Ukapljeni naftni plin	0	0	0	449	458	515	0	0	0	0	62,436
Koks	0	0	0	2.191	1.918	2.101	1.794	2.228	1.732	1.360	99,825
Rafinerijski plin	2.812	1.333	1.959	11.609	10.130	10.467	7.439	9.639	7.776	12.860	57,066
Prirodni plin	248	241	6	40	13	642	2.947	1.033	564	2.801	55,820

Tablica 11. Prikaz potrošnje različitih vrsta goriva (TJ) i njihovih emisijskih faktora izračunatih za Republiku Hrvatsku (t CO_2/TJ)

Emisije stakleničkih plinova se prema drugoj razini izračuna dobivaju prema izrazu 7:

$$Emisija_{\ Stakleni\check{c}ki\ plin} = Potro\check{s}nja_{Gorivo} * Emisijski\ faktor(spec.)_{\ Stakleni\check{c}ki\ plin,Gorivo} \quad (7)$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = Potrošnja_{Loživo\ ulje} * Emisijski\ faktor(spec.)_{Ugljikov\ dioksid,Loživo\ ulje}$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 9131{,}2\ TJ * 76{,}593\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{\ Ugljikov\ dioksid} = 699386{,}00\ t\ CO_2$$

Pri čemu je:

$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\ plin}$ – ukupna emisija ugljikova dioksida u tonama (t CO_2),

$Potrošnja_{Gorivo}$ – količina potrošene energije (TJ),

$Emisijski\ faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\ plin,\ Gorivo}$ – zadani faktor emisije koji se računa posebno i specifičan je za svaku državu te se mijenja tijekom vremena. Ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži faktor oksidacije ugljika koji je drugačiji za različite vrste goriva, emisijski faktor ugljika (CEF) koji je drugačije za različite vrste goriva te stehiometrijski odnos ugljikova dioksida i ugljika (t CO_2/TJ).

Na Tablici 12 se nalaze izračunate vrijednosti emisije ugljikova dioksida na temelju druge razine izračuna u kojoj su korišteni emisijski faktori izračunati za Republiku Hrvatsku.

Vrsta goriva	**Emisije ugljikova dioksida (t CO_2)**									
	1990.	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**
Loživo ulje	699.386	614.115	595.334	769.261	769.261	886.541	597.800	777.878	752.020	604.265
Ukapljeni naftni plin	0	0	0	28.651	28.651	32.198	0	0	0	0
Koks	0	0	0	191.554	191.554	209.812	179.175	222.499	172.986	135.851
Rafinerijski plin	160.469	761.14	111.832	578.124	578.124	597.355	424.525	550.093	443.756	733.920
Prirodni plin	13.854	13.474	379	759	759	35.869	164.546	57.695	31.504	156.385

Tablica 12. Emisije ugljikova dioksida prema drugoj razini izračuna (Tier 2)

6.1.3. Treća razina izračuna (Tier 3)

Kod prve dvije razine izračuna se koriste srednje vrijednosti emisijskih faktora koje ovise o stakleničkom plinu i vrsti goriva koje se koristi. Prema tom izračunu se dobiju srednje vrijednosti emisija stakleničkih plinova. U stvarnosti, emisije stakleničkih plinova ovise o vrsti goriva koje se koriste, tehnologiji izgaranja, uvjetima u kojima se izgaranje odvija, tehnologiji kontrole izgaranja, kvaliteti održavanja i starosti opreme koja se koristi za izgaranje

Izraz 8 koji uključuje sve te varijable glasi:

$$Emisija_{\,Stakleni\check{c}ki\ plin,Gorivo,Tehnologija} = Potro\check{s}nja_{Gorivo,Tehnologija} * Emisijski\ faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\ plin,Gorivo,Tehnologija}, \quad (8)$$

Pri čemu je:

$Emisija_{\text{Staklenički plin, Gorivo, Tehnologija}}$ – ukupna emisija ugljikova dioksida u tonama ovisno o tipu goriva i tehnologiji koji se koriste (t CO_2),

$Potrošnja_{\text{Gorivo, Tehnologija}}$ – količina potrošene energije ovisno o tipu tehnologije (TJ),

Emisijski faktor(spec.)$_{\text{Staklenički plin, Gorivo}}$ – zadani faktor emisije koji se računa posebno i specifičan je za svaku državu te se mijenja tijekom vremena. Ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži faktor oksidacije ugljika koji je drugačiji za različite vrste goriva, emisijski faktor ugljika (CEF) koji je drugačiji za različite vrste goriva te stehiometrijski odnos ugljikova dioksida i ugljika. Osim navedenog, u obzir se uzima i tehnologija izgaranja, kontrola izgaranja, kvaliteta održavanja i starost opreme u kojoj se izgaranje odvija (t CO_2/TJ).

Za treću razinu izračuna emisija stakleničkih plinova potrebni su detaljni podaci o:

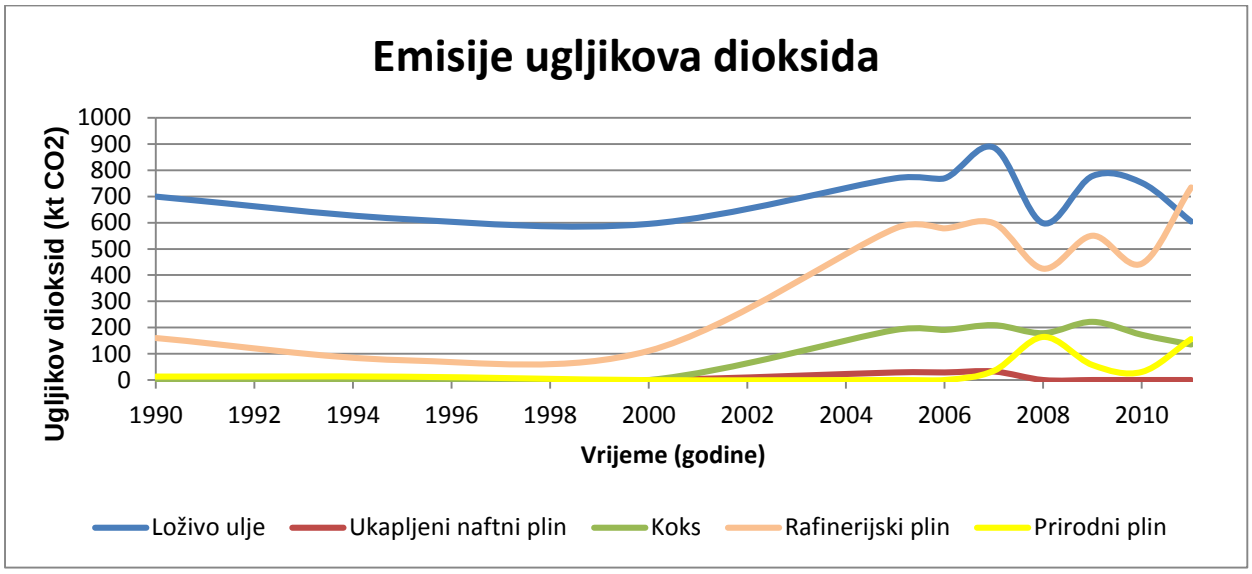
- potrošnji pojedinih tipova goriva ovisno o tipu tehnologije izgaranja (vrsta goriva, tehnologija izgaranja, uvjeti izgaranja, kontrola izgaranja, kvaliteta održavanja i starost opreme),
- specifični emisijski faktori za svaku tehnologiju (vrsta goriva, tehnologija izgaranja, uvjeti izgaranja, kontrola izgaranja, kvaliteta održavanja i starost opreme),
- a ponekad i podaci o preciznosti mjerenja na razini pojedinog pogona.

Treća razina izračuna (Tier 3) za procjenu količina emisija stakleničkih plinova se vrlo rijetko izvodi zbog velike količine podataka koje je potrebno uključiti u izračun. U Izvješćima o inventaru stakleničkih plinova najčešće se rade izračuni na prvoj i drugoj razini. No, treća razina izračuna se sve više koristi na razini pojedinih pogona jer se na taj način dobivaju najprecizniji podaci o količinama emisija stakleničkih plinova. To je osobito bitno u sustavu trgovanja emisijama koje se sve više razvija unutar Europske unije, a i šire. Precizno poznavanje vlastitih količina emisija stakleničkih plinova može često dovesti i do znatnih financijskih ušteda u okviru navedenog sustava.

Kako ne postoji dovoljan obujam podataka sa zadovoljavajućom razinom preciznosti za rafinerije u Republici Hrvatskoj, nije provedena treća razina izračuna.

Ovaj princip izračuna koristi se i za ostale stakleničke plinove. Računanje emisija ostalih stakleničkih plinova razlikuje se po tome što svaki staklenički plin ima svoj emisijski faktor koji je zadan od strane IPCC-a ili ga se računa pojedinačno za svaku zemlju potpisnicu, ovisno o razini izračuna.

Dijagram 7 prikazuje raspodjelu emisija ugljikovog dioksida prema pojedinim gorivima koji se koriste u rafinerijama na području Republike Hrvatske.



Dijagram 7. Raspodjela emisija ugljikovog dioksida prema gorivima

Prema Dijagramu 7, vidljivo je da prema količini emisija prednjače loživo ulje i rafinerijski plin, dok su emisije ugljikovog dioksida uzrokovane izgaranjem koksa, prirodnog

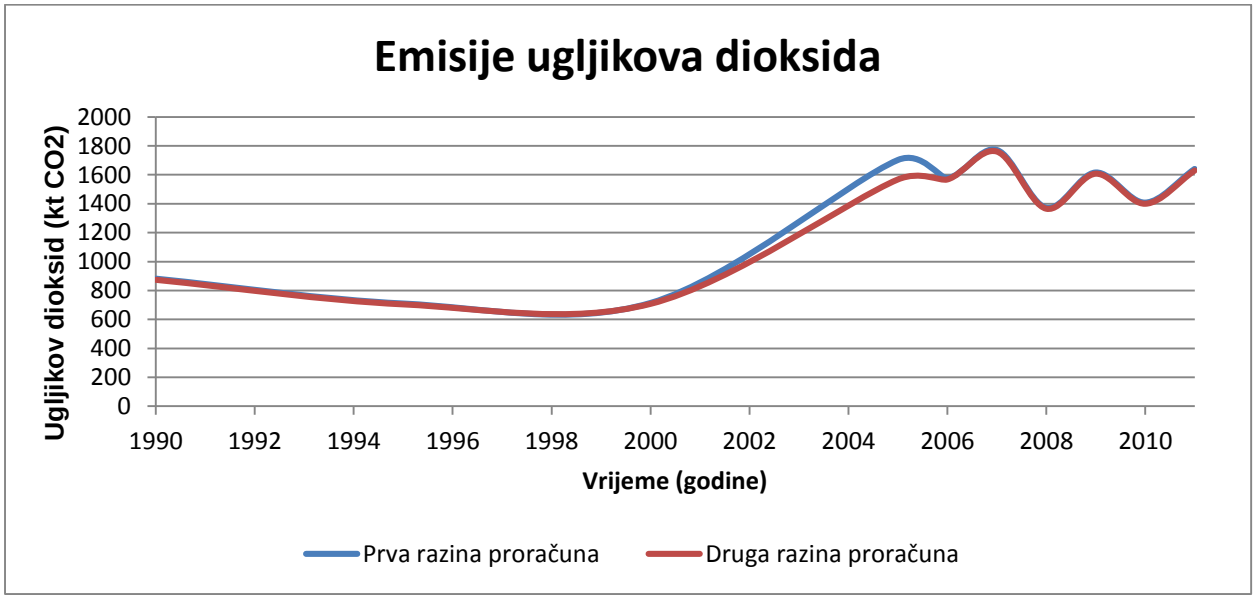
plina i ukapljenog naftnog plina znatno manje s obzirom da se koriste u puno manjoj količini (koks), a i emisijski faktori su im manji (prirodni plin).

Na Tablici 13 nalaze se izračunate vrijednosti emisija ugljikovog dioksida (kt CO_2) na temelju dvije razine izračuna između 1990. i 2011. godine. Izračun je nastao na temelju smjernica Međuvladinog tijela za klimatske promjene.

	1990.	1995.	2000.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
Prva razina izračuna	882	710	714	1.703	1.577	1.772	1.372	1.616	1.408	1.641
Druga razina izračuna	873	703	707	1.568	1.568	1.761	1.366	1.608	1.400	1.630

Tablica 13. Izračunate vrijednosti emisija ugljikova dioksida na temelju dvije razine izračuna

Usporedbom vrijednosti emisija ugljikovog dioksida dobivenih na dva različita načina vidljivo je da se dobivene vrijednosti međusobno razlikuju. Vrijednosti dobivene drugom razinom izračuna, koja je preciznija, su manje od vrijednosti emisija dobivenih na temelju izračuna prve razine. Na prvi pogled, vrijednosti se ne razlikuju previše, no kako se radi o prilično velikim vrijednostima emisija, njihov značaj se otkriva u okviru sustava trgovine emisijama. Na taj način i metodologija izračuna emisija zauzima bitnu ulogu. Grafički prikaz usporedbe dobivenih rezultata prema izračunima temeljenima na dvije razine točnosti prikazan je na Dijagramu 8.



Dijagram 8. Usporedba emisija ugljikova dioksida (kt CO_2) između dvije razine izračuna

Prema drugoj razini izračuna, emisije ugljikovog dioksida u razdoblju između 2005. i 2011. godine iznose 189 152 t CO_2 manje nego prema prvoj razini izračuna. S obzirom da je Republika Hrvatska od 1. siječnja 2013. godine uključena u Međunarodni sustav za trgovanje emisijama stakleničkih plinova u Europskoj uniji (European Union Emission Trading Scheme, EU ETS), ima mogućnost prodaje viška kvota emisija stakleničkih plinova na tržištu. Cijena jedne tone CO_2e na dan 29. srpanj 2015. na europskoj burzi energije (European Energy Exchange, EEX) iznosi 8,04 eura. Kada bi se po toj cijeni prodala razlika emisija dobivenih pomoću prve i druge razine izračuna emisija stakleničkih plinova, zaradilo bi se više od milijun i pol eura. Osim u pogledu smanjenja štetnih posljedica klimatskih promjena, uloga metodologije izračuna emisija se očituje i u pravilnijem i pravednijem raspologanju što se tiče dodjele kvota emisija i trgovine kvotama emisija, a time postaje značajna i ekonomska uloga metodologije.

6.2. Ovisnost emisija stakleničkih plinova o gospodarskoj situaciji

Mnogi znanstvenici su u prošlosti pokušavali dovesti u vezu emisije stakleničkih plinova te društvene parametre poput gospodarskog razvoja i broja stanovnika. Njihovo dovođenje u vezu bi omogućilo jednostavnije praćenje količina emisija stakleničkih plinova te razvoj metoda za njihovu kontrolu, odnosno, smanjenje. Definirani su različiti izrazi, ali izraz koji je najviše prihvaćen je Kaya izraz kojeg je definirao japanski znanstvenik Yoichi Kaya. Izraz je predstavljen u knjizi *Environment, Energy, and Economy: Strategies for Sustainability* (Kaya i Yokoburi, 1997) koja je nastala kao rezultat Konferencije o okolišu, energiji i gospodarskom razvoju održane 1993. godine u Tokiju.

Kaya izraz se najčešće koristi pri procjeni scenarija budućih emisija stakleničkih plinova. Predstavlja temelj za izradu Specijalnih izvješća o Scenarijima (IPCC Special Report on Emissions Scenarios, SRES). Prema izrazu 9, ukupna emisija stakleničkih plinova jednaka je:

$$CO_2 = P * \frac{BDP}{P} * \frac{E}{BDP} * \frac{EM}{E}, \quad (9)$$

pri čemu je:

CO_2- ukupna emisija ugljikova dioksida (kt),

P- broj stanovnika (milijun),

BDP/P- bruto domaći proizvod po stanovniku (kn ili EUR),

E/BDP- energetski intenzitet gospodarstva (TJ/kn),

EM/E- intenzitet ugljikova dioksida (kg/TJ).

Parametar BDP/P se izračunava tako da se ukupni bruto domaći proizvod u određenoj godini podijeli s brojem stanovnika određene države u toj istoj godini. Predstavlja pokazatelj razvijenosti pojedine države.

Parametar E/BDP predstavlja količinu energije koju je potrebno iskoristiti da bi se dobila jedna kuna BDP-a (PJ/kn).

Parametar EM/E predstavlja količinu ugljikova dioksida (CO_2) koja se ispušta u atmosferu u svrhu dobivanja određene količine energije. U ovom slučaju se intenzitet ugljika iskazuje u tonama (t), a količina energije u terajoulima (TJ).

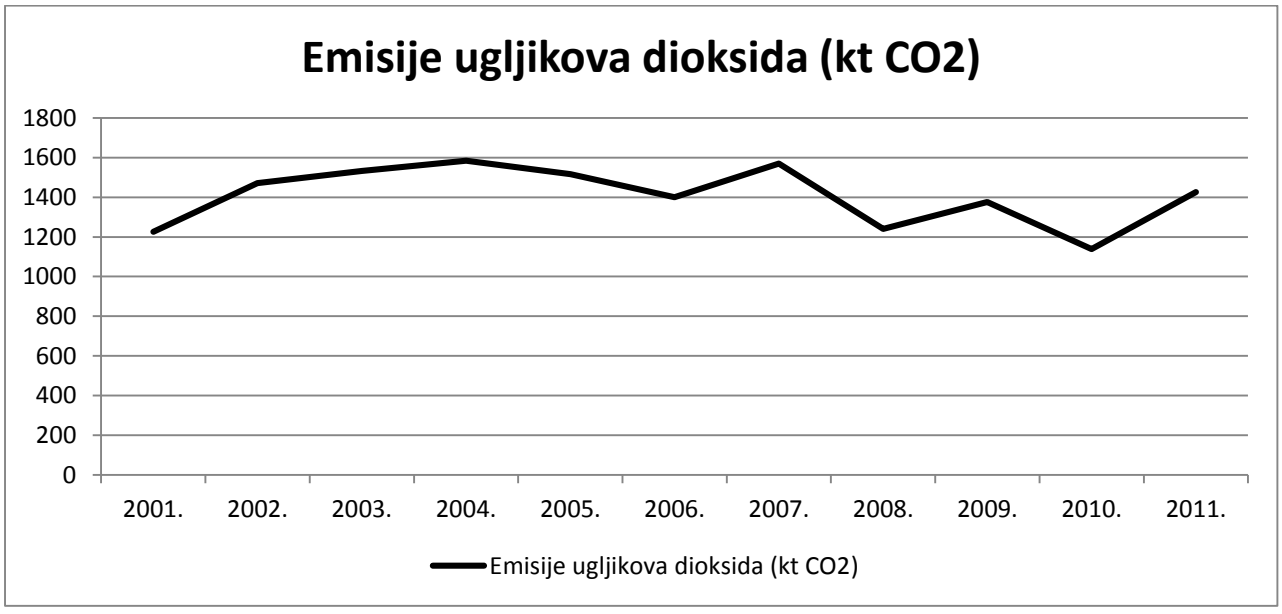
U sljedećem izračunu će se na temelju društvenih parametara i podataka o utrošenoj energiji u rafinerijama pomoću Kaya izraza odrediti emisije stakleničkih plinova, odnosno ugljikova dioksida iz rafinerija na području Republike Hrvatske za razdoblje između 2001. i 2011. godine.

Podaci o bruto domaćem proizvodu i broju stanovnika u Republici Hrvatskoj su preuzeti iz publikacije Hrvatske narodne banke, Osnovne informacije o Hrvatskoj – Ekonomski indikatori (HNB, 2015). Podaci o utrošenoj energiji u rafinerijama preuzeti su iz Izvješća o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje između 1990. i 2011. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013).

U Tablici 14 se nalaze podaci o BDP-u, broju stanovnika, energetskom intenzitetu, intenzitetu ugljika i izračunate emisije ugljikova dioksida u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2001. do 2011. godine. Grafički prikaz vrijednosti se nalazi na Dijagramu 9.

	2001.	**2002.**	**2003.**	**2004.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**
BDP [mil.kn]	190.796	208.223	228.923	247.428	266.652	291.044	318.308	343.412	328.672	323.807	332.587
P [mil.]	4,44	4,44	4,44	4,439	4,422	4,44	4,436	4,434	4,429	4,418	4,28
BDP/P	42.972	46.897	51.559	55.739	60.301	65.550	71.755	77.449	74.209	73.292	77.707
E [TJ]	19.750	22.838	23.775	25.530	24.449	22.565	25.302	19.986	23.058	19.891	24.912
E/BDP	0,104	0,110	0,104	0,103	0,092	0,078	0,079	0,058	0,070	0,061	0,075
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,6	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4
CO_2 [kt]	1.225,5	1.471,6	1.532,0	1.584,2	1.517,1	1.400,2	1.570,0	1.240,2	1.375,7	1.139,3	1.426,9

Tablica 14. Prikaz vrijednosti za razdoblje od 2001. do 2011. godine



Dijagram 9. Prikaz emisije ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine za rafinerije u Republici Hrvatskoj

Primjer izračuna emisija pomoću Kaya izraza:

$$CO_2 = P * \frac{BDP}{P} * \frac{E}{BDP} * \frac{EM}{E},$$

$$CO_2 = 4{,}44\ mil * \frac{190\ 796\ mil.kn}{4{,}44\ mil.} * \frac{19\ 750{,}2\ TJ}{190\ 796\ mil.kn} * \frac{2{,}6}{4{,}19*10^{-5}TJ},$$

$$CO_2 = 4{,}44\ mil * 42\ 972{,}07 * 0{,}104 * \frac{2{,}6}{4{,}19*10^{-5}TJ},$$

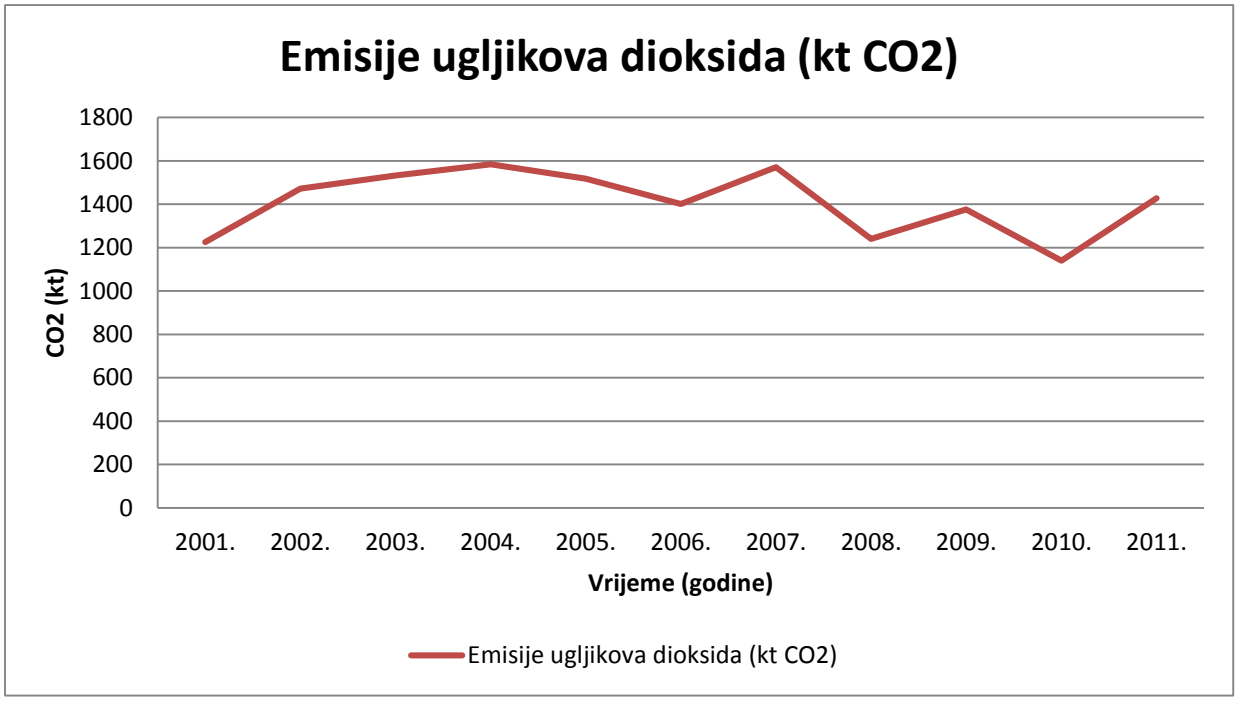
$$CO_2 = 1225{,}552\ kt\ CO_2$$

U sljedećem izračunima će se mijenjanjem vrijednosti parametara iz Kaya izraza kreirati četiri scenarija u kojim će jedan od parametara (bruto domaći proizvod (BDP), broj stanovnika (P) energija utrošena u rafinerijama RH (E) te intenzitet ugljika) biti konstantan, a ostali će se mijenjati sukladno stvarnim vrijednostima. Pri izračunu su za konstantne parametre korištene vrijednosti s početka razdoblja, za 2001. godinu. Na ovaj način je određen utjecaj pojedinih parametara na ukupne emisije ugljikova dioksida. U nastavku poglavlja nalazi se i grafička usporedba količina emisija ugljikova dioksida pojedinih scenarija s vrijednostima emisija koje su određene na temelju realnih parametara, a nalaze se u Tablici 14.

U prvom scenariju su svi parametri ostali jednaki realnim vrijednostima, samo je bruto domaći proizvod (BDP) ostao na razini iz 2001. godine i iznosi 190,796 milijardi kuna. Rezultati izračuna prvog scenarija su vidljivi u Tablici 15 i Dijagramu 10.

	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
BDP [mil.kn]	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796	190.796
P [mil.]	4,44	4,44	4,44	4,439	4,422	4,44	4,436	4,434	4,429	4,418	4,28
BDP/P	42.972	42.972	42.972	42.981	43.146	42.972	43.010	43.030	43.078	43.186	44.578
E [TJ]	19.750	22.838	23.775	25.530	24.449	22.565	25.302	19.986	23.058	19.891	24.912
E/BDP	0,104	0,120	0,125	0,134	0,128	0,118	0,133	0,105	0,121	0,104	0,131
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,6	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4
CO_2 [kt]	1.225,	1.471,6	1.532,0	1.584,2	1.517,1	1.400,2	1.570,0	1.240,2	1.375,7	1.139,3	1.426,9

Tablica 15. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom bruto domaćem dohotku (BDP)

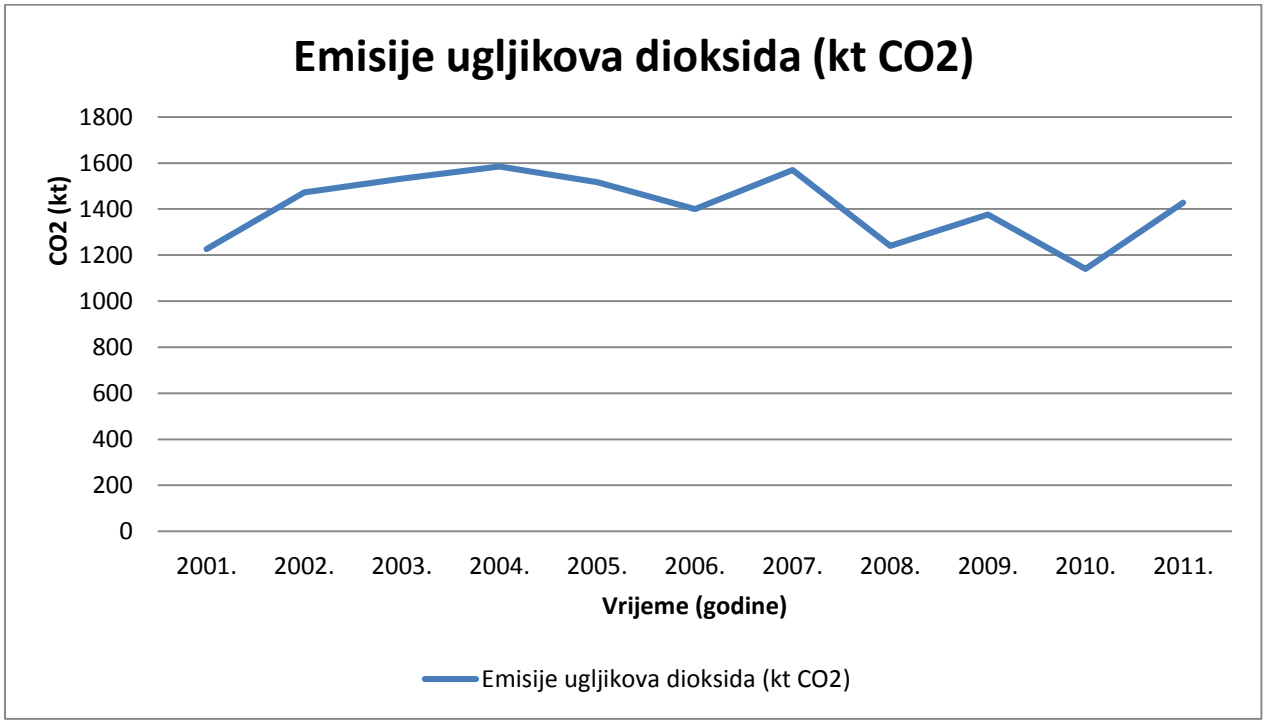


Dijagram 10. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom bruto domaćem proizvodu (BDP)

Drugi scenarij uključuje konstantan broj stanovnika, prema vrijednostima iz 2001.godine iznosi 4,44 milijuna, dok se ostali parametri mijenjaju prema stvarnim realnim vrijednostima. Rezultati dobiveni u izračunu su prikazani u Tablici 16 te na Dijagramu 11.

	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
BDP [mil.kn]	190.796	208.223	228.923	247.428	266.652	291.044	318.308	343.412	328.672	323.807	332.587
P [mil.]	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44
BDP/P	42.972	42.972	42.972	42.981	43.146	42.972	43.010	43.030	43.078	43.186	44.578
E [TJ]	19.750	22.838	23.775	25.530	24.449	22.565	25.302	19.986	23.058	19.891	24.912
E/BDP	0,104	0,120	0,125	0,134	0,128	0,118	0,133	0,105	0,121	0,104	0,131
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,6	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4
CO_2 [kt]	1.225,5	1.471,6	1.532,0	1.584,2	1.517,1	1.400,2	1.570,0	1.240,2	1.375,7	1.139,3	1.426,9

Tablica 16. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom broju stanovnika (P)

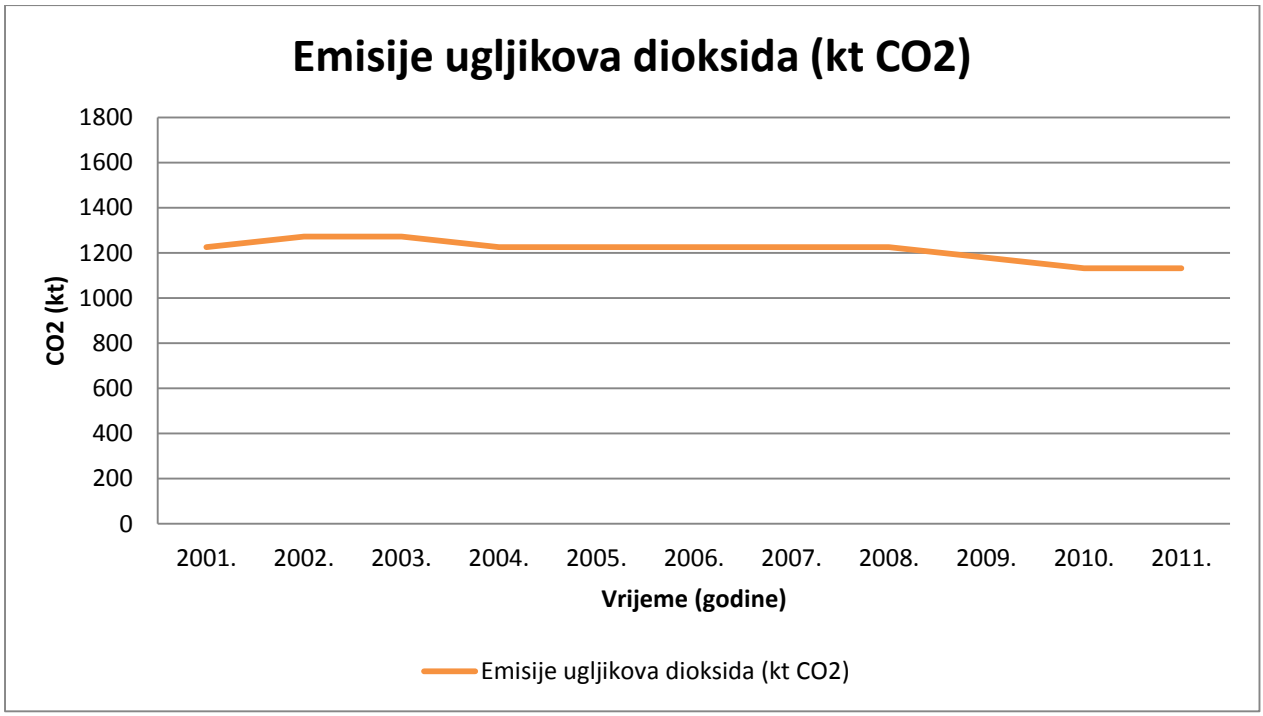


Dijagram 11. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom broju stanovnika (P)

Treći scenarij predstavlja slučaj u kojemu je ukupna potrošnja energije u rafinerijama ista tijekom svih godina, a jednaka je iznosu iz 2001. godine, iznosi 19750, 2 TJ. Ostali parametri Kaya izraza su jednaki realnim vrijednostima za razdoblje između 2001. i 2011. godine. U Tablici 17 te na Dijagramu 12 mogu se vidjeti emisije ugljikovog dioksida za promatrano razdoblje.

	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
BDP [mil.kn]	190.796	208.223	228.923	247.428	266.652	291.044	318.308	343.412	328.672	323.807	332.587
P [mil.]	4,44	4,44	4,44	4,439	4,422	4,44	4,436	4,434	4,429	4,418	4,28
BDP/P	42.972	46.897	51.559	55.739	60.301	65.550	71.755	77.449	74.209	73.292	77.707
E [TJ]	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750
E/BDP	0,104	0,095	0,086	0,080	0,074	0,068	0,062	0,058	0,060	0,061	0,059
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,6	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4
CO_2 [kt]	1.225,5	1.272,6	1.272,6	1.225,5	1.225,5	1.225,5	1.225,5	1.225,5	1.178,4	1.131,2	1.131,2

Tablica 17. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnoj energiji utrošenoj u rafinerijama (E)

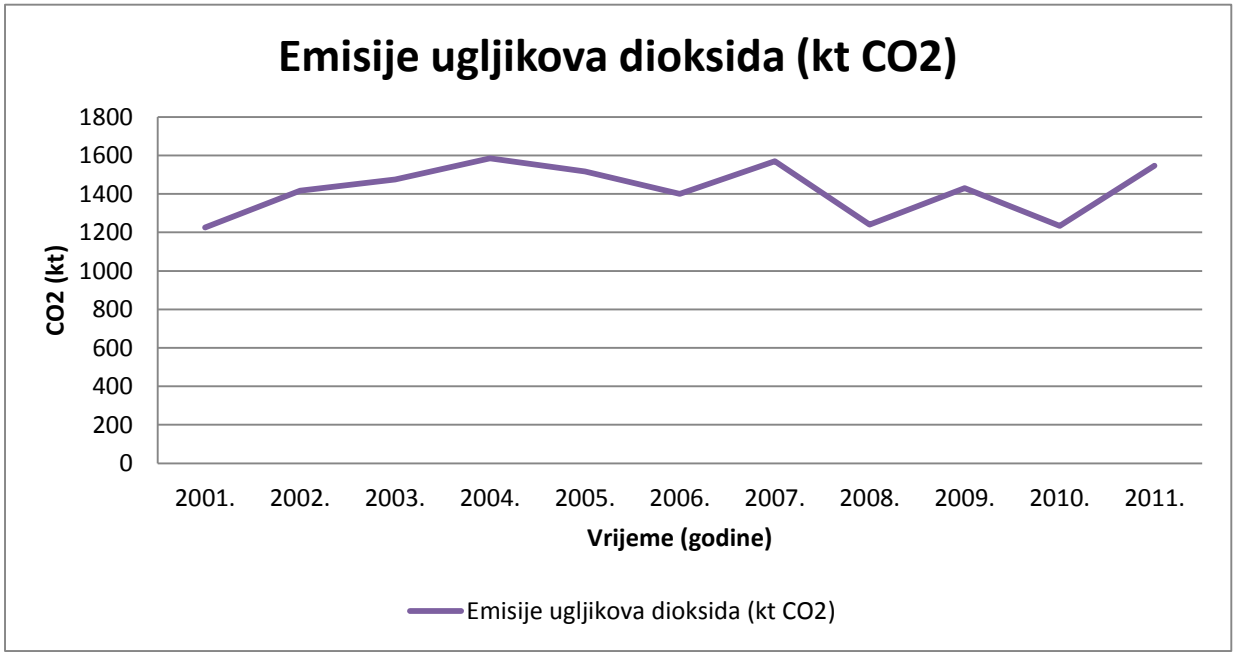


Dijagram 12. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnoj potrošnji energije u rafinerijama (E)

Četvrti scenarij prikazuje slučaj u kojem je intenzitet ugljika konstantan, a kao referentna vrijednost je uzeta ona iz 2001. godine koja iznosi 2,6. Ostali parametri Kaya izraza su jednaki realnim vrijednostima. Rezultati izračuna se nalaze u Tablici 18 i Dijagramu 13.

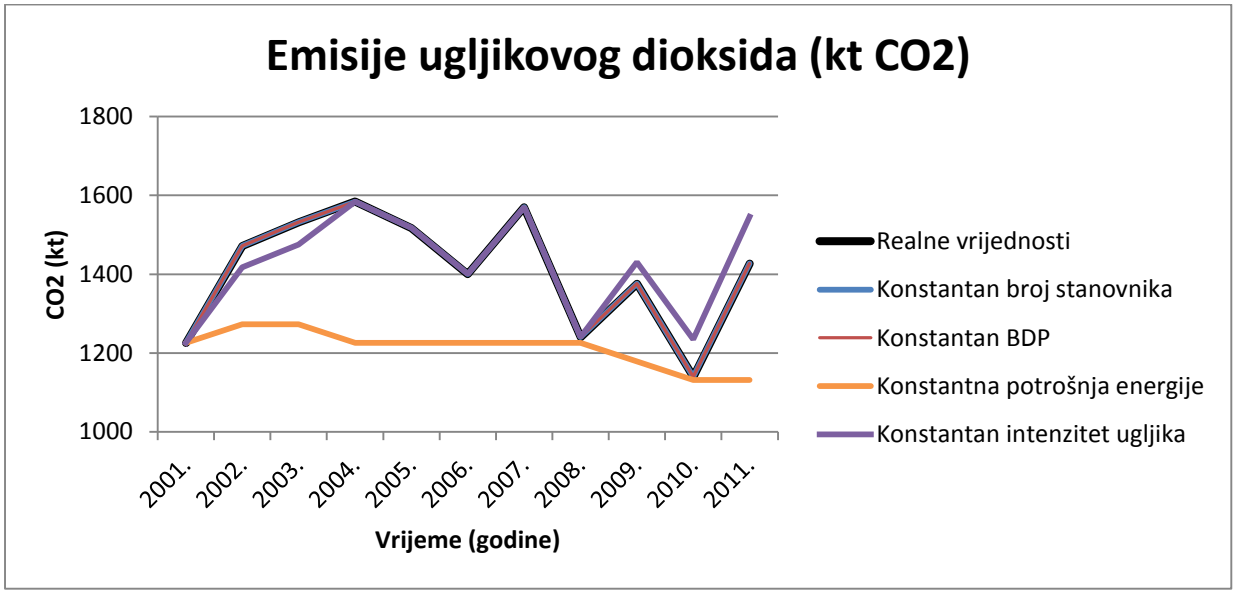
	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
BDP [mil.kn]	190.796	208.223	228.923	247.428	266.652	291.044	318.308	343.412	328.672	323.807	332.587
P [mil.]	4,44	4,44	4,44	4,439	4,422	4,44	4,436	4,434	4,429	4,418	4,28
BDP/P	42.972	46.897	51.559	55.739	60.301	65.550	71.755	77.449	74.209	73.292	77.707
E [TJ]	19.750	22.838	23.775	25.530	24.449	22.565	25.302	19.986	23.058	19.891	24.912
E/BDP	0,104	0,110	0,104	0,103	0,092	0,078	0,079	0,058	0,070	0,061	0,075
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
CO_2 [kt]	1.225,5	1.417,1	1.475,3	1.584,2	1.517,1	1.400,2	1.570,0	1.240,2	1.430,8	1.234,3	1.545,8

Tablica 18. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom intenzitetu ugljika



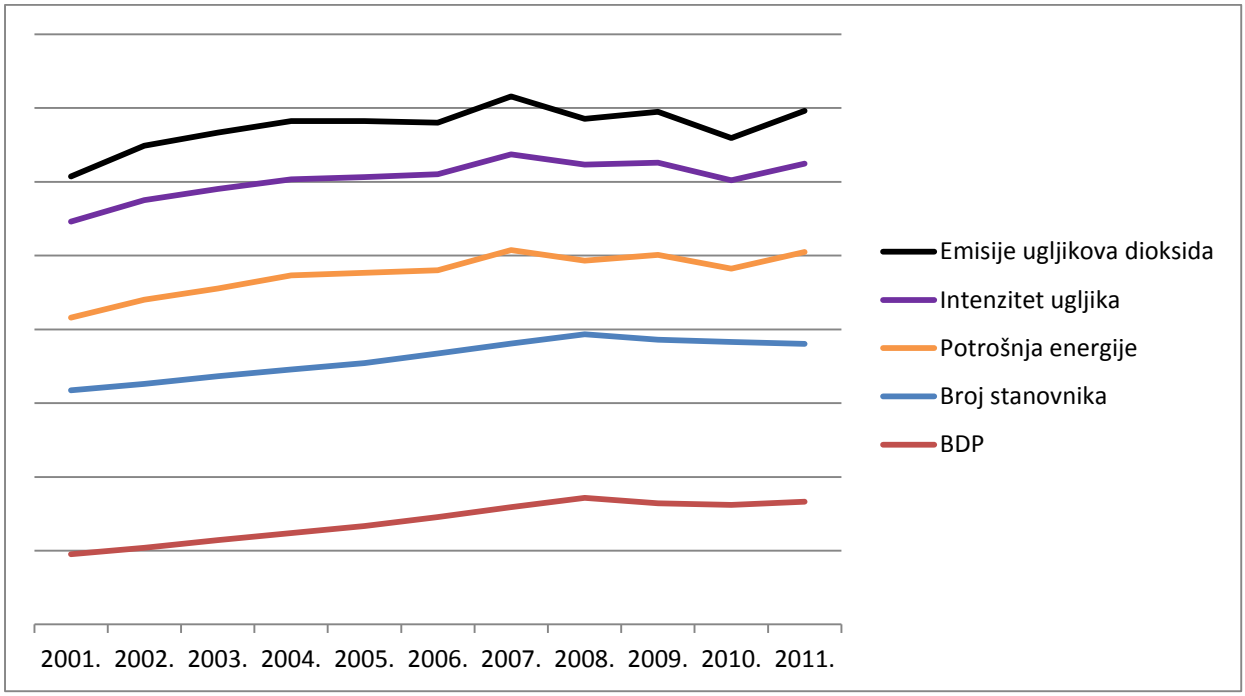
Dijagram 13. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom intenzitetu ugljika

Dijagram 14 prikazuje četiri scenarija emisija ugljikova dioksida u kojima su pojedine vrijednosti parametara konstantne (broj stanovnika, BDP, potrošnja energije u rafinerijama i intenzitet ugljika) te scenarij koji odgovara realnim vrijednostima parametara u tom razdoblju (crna boja). Prema prikazanom, može se zaključiti kako na količine emisija ugljikova dioksida prema Kaya izrazu, najmanje utječu promjene broja stanovnika i promjene BDP-a. Nešto veći utjecaj na ukupnu emisiju ugljikova dioksida ima promjena intenziteta ugljika, a najvažnijim čimbenikom pri određivanju emisija ugljikova dioksida iz rafinerija pokazale su se promjene u količini potrošene energije. Takvi rezultati su bili očekivani s obzirom da izgaranjem goriva potrebnog za proizvodnju energije za rad rafinerija nastaje najviše emisija ugljikova dioksida i promjenom količine potrošenog goriva dolazi i do promjena količine emitiranog ugljikova dioksida.



Dijagram 14. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida

Dijagram 15 prikazuje kretanje vrijednosti BDP-a, broja stanovnika, potrošnje energije u rafinerijama, intenziteta ugljika te rezultirajuće emisije ugljikova dioksida u Republici Hrvatskoj za vremensko razdoblje između 2001. i 2011. godine. Dijagram je kreiran tako da pokazuje ovisnost kretanja emisija ugljikovog dioksida o pojedinim parametrima Kaya izraza. Vidljivo je da ukupne emisije ugljikova dioksida najviše ovise o intenzitetu ugljika i količini potrošene energije, dok je stupanj ovisnosti količine emisija o broju stanovnika i BDP-u, znatno manji.



Dijagram 15. Povezanost kretanja vrijednosti parametara Kaya izraza s kretanjem vrijednosti količina emisija ugljikova dioksida

6.3. Scenarij emisija ugljikova dioksida (2010.-2035.)

Sljedeći izračuni se odnose na projekciju emisije ugljikova dioksida uzrokovane potrošnjom fosilnih goriva u rafinerijskim postrojenjima u budućnosti na području Republike Hrvatske. Projekcije sežu do 2035. godine s korakom od pet godina. Izrada projekcija je temeljena na Uputama za izradu nacionalnog izvješća stranaka Priloga 1 Konvencije. Pri izradi projekcija uzeti su u obzir prijašnji trendovi, sadašnje stanje i projekcije trendova parametara koji su ključni za izračun emisija ugljikova dioksida. Pri tome, veliki problem predstavljaju pretpostavke oko kretanja vrijednosti parametara u budućnosti. S obzirom na ratno razdoblje, tranziciju prema tržišnom gospodarstvu te gospodarsku krizu s početkom 2008. godine, vrlo je zahtjevno i nezahvalno na temelju povijesnih podataka utvrđivati korelacijske odnose i predviđati kretanje vrijednosti parametara u sljedećih nekoliko desetljeća.

Parametri uključeni u izradu projekcije su broj stanovnika (P), bruto domaći dohodak (BDP), energetski intenzitet gospodarstva (E/BDP) te intenzitet ugljikova dioksida (EM/E), a izračun je proveden prema prethodno objašnjenom Kaya izrazu.

Razdoblje obuhvaćeno projekcijom je između 2010. i 2035. godine. Prema trenutnom kretanju broja stanovnika, na području Republike Hrvatske se očekuje nastavak pada broja stanovnika za razdoblje koje se obrađuje u projekciji. Za to vrijeme se očekuje smanjeni fertilitet, prosječna migracija te nastavak trenda starenja stanovništva. Na početku promatranog razdoblja očekuje se pad bruto domaćeg dohotka, ali se nakon 2015. godine očekuje spori rast s maksimalnom godišnjom stopom rasta od 1,9 % (Agencija za zaštitu okoliša, 2015). Takva kretanja bruto domaćeg dohotka su posljedica smanjene gospodarske aktivnosti do čijeg bi rasta trebalo doći nakon 2015. godine. Ako se primjene mjere koje su preuzete od strane Republike Hrvatske potpisivanjem Protokola iz Kyota, očekuje se pad intenziteta ugljika za 30 % u odnosu na vrijednost intenziteta ugljika iz 2005. godine koji je iznosio 2,6 kg/kgoe. S obzirom na predviđen porast energetske učinkovitosti te provođenje mjera za poticanje korištenja obnovljivih izvora energije, predviđa se pad potrošnje energije proizvedene u rafinerijama. Prema Nacionalnom akcijskom planu za obnovljive izvore energije očekuje se udio od 20 % energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije. U razdoblju nakon 2020. godine predviđeno je poticanje korištenja obnovljivih izvora energije istog intenziteta kao i prije toga razdoblja. Mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti uključuju:

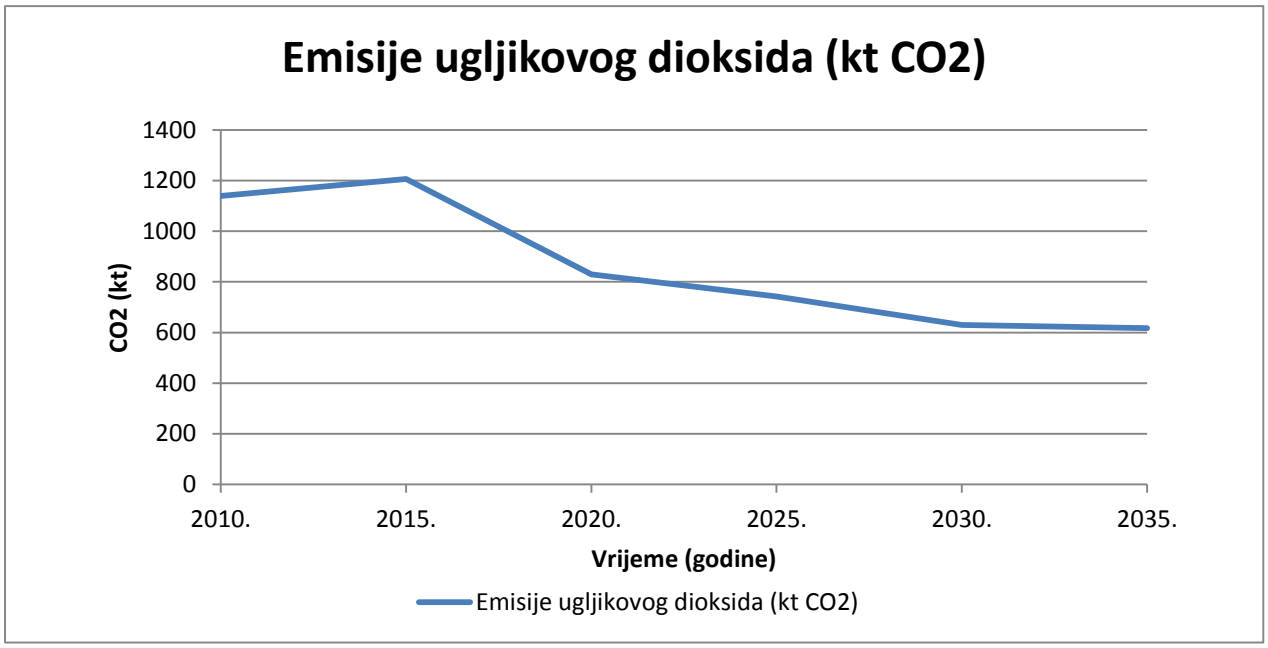
- poticanje korištenja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti sredstvima Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU),
- poticanje korištenja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti sredstvima Hrvatske banke za obnovu i razvitak (HBOR),
- projekte energetske učinkovitosti s otplatom kroz uštede (ESCO model),
- energetske preglede u industriji,
- označavanje energetske učinkovitosti kućanskih uređaja,
- mjerenje i informativni obračun potrošnje energije,
- smanjenje gubitaka u prijenosu i distribuciji energije,
- povećanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu te kućanstvima.

Obzirom da će nakon 2020. godine porasti gospodarska aktivnost, a time i potražnja za energijom, očekuje se slabije smanjenje emisija ugljikova dioksida s obzirom na razdoblje između 2015. i 2020. godine. Navedena predviđena kretanja parametara uzrokuju i pad emisija ugljikovog dioksida koje nastaju izgaranjem goriva u rafinerijama (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2011).

S obzirom na navedene trendove kretanja vrijednosti parametara koji se koriste pri izračunu emisija ugljikovog dioksida prema Kaya izrazu, napravljena je projekcija za vremensko razdoblje od 2010. do 2035. godine (Tablica 19 i Dijagram 16).

	2010.	2015.	2020.	2025.	2030.	2035.
BDP [mil.kn]	323.807	333.252	338.906	338.906	338.241	338.241
P [mil.]	4,418	4,245	4,199	4,145	4,087	4,024
BDP/P	73.292,67	78.504,59	80.711,12	81.762,61	82.760,22	84.055,91
E [TJ]	19.891,90	22994,39	19317,64	18300,92	17588,53	17250,29
E/BDP	0,061	0,069	0,057	0,054	0,052	0,051
Intenzitet ugljika [kg/kgoe]	2,4	2,2	1,8	1,7	1,5	1,5
CO_2 [kt]	1139,3	1207,3	829,8	742,5	629,6	617,5

Tablica 19. Predviđene vrijednosti za razdoblje između 2010. i 2035. godine



Dijagram 16. Prikaz projekcije emisija ugljikova dioksida (2010.-2035.)

Prema projekcijama na Dijagramu 16 se vidi da će do 2035. godine doći do smanjenja emisija ugljikova dioksida iz rafinerija od otprilike 50 % s obzirom na količinu emisija iz 2015. godine. S obzirom na iznos smanjenja, može se reći kako je ova projekcija poprilično optimistična te bi za njezino ostvarenje bila potrebna pravovremena implementacija svih navedenih mjera za smanjenje emisija ugljikovog dioksida. Takvo smanjenje bi odgovaralo zahtjevima postavljenim od strane Protokola iz Kyota. Uzimajući u obzir trenutnu brzinu implementacije mjera za smanjenje emisija ugljikovog dioksida, takav scenarij smanjenja je pod upitnikom.

7. Zaključak

Ubrzani porast ukupne emisije stakleničkih plinova u posljednjih nekoliko desetljeća dovelo je do potrebe za osnivanjem brojnih organizacija čiji je glavni cilj smanjenje količina emisija, ali i ublažavanje sve većeg utjecaja stakleničkih plinova na klimu. Njihovim djelovanjem definirana je pravna regulativa na globalnoj razini sa zadatkom smanjenja količina emisija stakleničkih plinova. Glavnim problemom označeno je izgaranje velikih količina fosilnih goriva koja uzrokuju emisiju najvećih količina stakleničkih plinova. Većina rješenja uključuju postupan prijelaz i povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije.

Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) predstavlja krovnu organizaciju čiji je osnovni cilj praćenje i spriječavanje daljnjeg razvijanja klimatskih promjena te smanjenje postojećih posljedica na Zemlji. Glavnu stečevinu organizacije predstavljaju Protokol iz Kyota te razvoj metodologije za izračun emisija stakleničkih plinova. Poznavanje količina emisija stakleničkih plinova je temelj za definiranje i implementaciju odgovarajućih mjera za njihovo smanjenje. U većini slučajeva, veliki problem kod procjene količina emisija stakleničkih plinova predstavlja nemogućnost izravnog mjerenja emisija pri njihovom izlasku u atmosferu. Iz tog se razloga emisije ne mjere, već se izračunavaju. Glavne smjernice za izračun količina emisija stakleničkih plinova izdane su od strane Međuvladinog tijela za klimatske promjene 1996. i 2006. godine. Obuhvaćaju sve sektore unutar Protokola iz Kyota, metodologiju za izračun emisija te konverzijske i emisijske faktore. Njima su definirane tri različite razine izračuna emisija stakleničkih plinova koje se međusobno razlikuju prema obujmu i stupnju kvalitete prikupljenih podataka koji se koriste u izračunu te stupnju složenosti izračuna. S ekonomske strane, poznavanje točnijih količina emisija stakleničkih plinova omogućuje pravilniju i pravedniju raspodjelu kvota emisija, kao i bolji položaj u sustavu trgovanja kvotama emisija.

8. Literatura:

1. Agencija za zaštitu okoliša, *Izvješće o projekcijama emisija stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske-dopuna*, Zagreb, 2015.
2. Dominis, Ž., *Posljedice stupanja na Snagu Protokola iz Kyota*, Naše more, **53(3-4)** (2006) 125-139.
3. European Environmental Agency, *Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe 2006*, EEA Report No 9, Luksemburg, 2006.
4. Hrnčević, L., *Analiza utjecaja provedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke*, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2008.
5. Hrvatska narodna banka, *Osnovne informacije o Hrvatskoj-Ekonomski indikatori*, Zagreb, 2015.
6. Hrvatski sabor, *Kyotski protokol uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime*, Narodne novine **05** (2007)
7. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press, Velika Britanija, 1990.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge, Cambridge University Press, Velika Britanija, 2001.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, IPCC Fifth Assessment Report, Velika Britanija, 2013.
10. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, GPG-LULUCF) http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html (pristup 13.srpnja 2015.)
11. IPCC/UNEP/WMO, *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories*, Japan, 1996.
12. IPCC/UNEP/WMO, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*, Japan, 2006.
13. Kaya, Y., Yokoburi, K., *Environment, energy, and economy : strategies for sustainability*. United Nations Univ. Press, Tokyo, 1997.
14. Ministarstvo gospodarstva, *Energija u Hrvatskoj 2013-Godišnji energetski pregled*, Zagreb, 2013.

15. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, *Izvješće o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2011. (NIR 2013*).

http://www.azo.hr/Izvjesca27 (pristup 13. srpnja 2015.)

16. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, *Fleksibini mehanizmi*

http://klima.mzoip.hr/default.aspx?id=60 (pristup 25. lipnja .2015.)

17. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Tehno-ekonomske smjernice za izradu sektorskih programa za smanjivanje emisija stakleničkih plinova-Energetika*. Nacrt. Zagreb, 2006.

18. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Prijedlog Nacionalne strategije za provedbu Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) i Kyotskog protokola u Republici Hrvatskoj s planom djelovanja, Zagreb*, 2007.

19. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Izvješće o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2008. (NIR 2010)*,

http://www.azo.hr/Izvjesca27 (pristup 14. srpnja 2015.)

20. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Izvješće o projekcijama emisija stakleničkih plinova, Zagreb, 2011.

21. National Centers on Environmental Information, *State of Climate*, Sjedinjene Američke Države, 2010.

22. Perinić, I., *Modernizacij*a *Rafinerije nafte Rijeka*, Samostalni sindikat energetike, kemije i nemetala Hrvatske

http://www.ekn.hr/hrvatski/clanak_4/modernizacija-rafinerije-nafte-rijeka_58/ (pristup 28. kolovoza 2015.)

23. Piani, G., Višković, A., Saftić, B. *Protokol iz Kyota*, Zagreb, 2010.

24. Reberšak, N., Rafinerija nafte Sisak, Novi list

http://www.novilist.hr/Vijesti/Hrvatska/Kako-nas-desetljecima-stalno-truju-10-crnih-tocaka-ekoloskog-zlocina (pristup 28. kolovoza 2015.)

25. Romeiro, V., *National Policy on Climate Change and Carbon Capture and Storage in Brasil*, Sveučilište Sao Paulo, Brazil, 2014.

26. Stefanović, M., *Sustav trgovine emisijama ugljičnog dioksida*, Diplomski rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2014.

27. Stott, P. A., Jones, G. S., Mitchell, J., F., B., *Do Models Underestimate the Solar Contribution to Recent Climate Change?*, Hodley Centre for Climate Prediction and Research, Velika Britanija, 2003.

28. United Nations, *UN Framework Convention on Climate Change*, Rio de Janeiro, 1992.

29. Upute za izradu nacionalnog izvješća stranaka Priloga I Konvencije (FCCC/CP/1999/7, Dio II), 1999.

9. Dodatak

9.1. Popis slika

Slika 1. Karta država sudionica Protokola iz Kyota (vremensko razdoblje 2013.-2020.) (Romeiro, 2014) 5

Slika 2. Rafinerija nafte Rijeka (Perinić, 2015) 37

Slika 3. Rafinerija nafte Sisak (Reberšak, 2012) 37

9.2. Popis dijagrama

Dijagram 1. Prikaz kretanja temperature u zadnjih 2000 godina (National Centers on Environmental Information, 2010.) 3

Dijagram 2. Prikaz strukture potrošnje energenata (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) 31

Dijagram 3. Usporedba potrošnje pojedinih oblika energije između 1990. i 2011. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) 31

Dijagram 4. Usporedba udjela pojedinih oblika energije u ukupnoj proizvodnji primarne energije u RH 1998. i 2013. godine (Ministarstvo gospodarstva, 2013) 32

Dijagram 5. Prikaz podjele kategorija unutar sektora Energetike 34

Dijagram 6. Trend emisija ugljikova dioksida uslijed izgaranja goriva (Ministarstvo gospodarstva, 2013) 36

Dijagram 7. Raspodjela emisija ugljikovog dioksida prema gorivima 47

Dijagram 8. Usporedba emisija ugljikova dioksida (kt CO_2) između dvije razine izračuna.... 48

Dijagram 9. Prikaz emisije ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine za rafinerije u Republici Hrvatskoj 51

Dijagram 10. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom bruto domaćem proizvodu (BDP) 53

Dijagram 11. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom broju stanovnika (P) 54

Dijagram 12. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnoj potrošnji energije u rafinerijama (E) 55

Dijagram 13. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida u razdoblju od 2001. do 2011. godine pri konstantnom intenzitetu ugljika 56

Dijagram 14. Prikaz vrijednosti emisija ugljikovog dioksida 57

Dijagram 15. Povezanost kretanja vrijednosti parametara Kaya izraza s kretanjem vrijednosti količina emisija ugljikova dioksida 58

Dijagram 16. Prikaz projekcije emisija ugljikova dioksida (2010.-2035.) 60

9.3. Popis tablica

Tablica 1. Potencijal globalnog zatopljenja plinova (GWP-100) čije se emisije računaju u okviru Protokola iz Kyota 13

Tablica 2. Prikaz trenda proizvodnje primarne energije od 1990.-2011. (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) 29

Tablica 3. Prikaz trenda potrošnje energije od 1990.-2011. (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) 30

Tablica 4. Struktura ukupne potrošnje energije u RH za šestogodišnje razdoblje od 2008. do 2013. (Ministarstvo gospodarstva, 2013). 33

Tablica 5. Prikaz doprinosa pojedinih podsektora ukupnim emisijama stakleničkih plinova (izraženo kao CO2e) (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013) 35

Tablica 6. Proizvodni kapaciteti hrvatskih rafinerija 38

Tablica 7. Ukupna proizvodnja hrvatskih rafinerija u razdoblju 2008.-2013. godina 39

Tablica 8. Potrošnja goriva u rafinerijama RH 40

Tablica 9. Prikaz potrošnje različitih vrsta goriva (TJ) i njihovih emisijskih faktora (t CO_2/TJ) 41

Tablica 10. Emisije ugljikova dioksida prema prvoj razini izračuna (Tier 1) 43

Tablica 11. Prikaz potrošnje različitih vrsta goriva (TJ) i njihovih emisijskih faktora izračunatih za Republiku Hrvatsku (t CO_2/TJ) 44

Tablica 12. Emisije ugljikova dioksida prema drugoj razini izračuna (Tier 2) 45

Tablica 13. Izračunate vrijednosti emisija ugljikova dioksida na temelju dvije razine izračuna 48

Tablica 14. Prikaz vrijednosti za razdoblje od 2001. do 2011. godine 51

Tablica 15. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom bruto domaćem dohotku (BDP) . 53

Tablica 16. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom broju stanovnika (P) 54

Tablica 17. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnoj energiji utrošenoj u rafinerijama (E) 55

Tablica 18. Izračunate vrijednosti emisija pri konstantnom intenzitetu ugljika 56

Tablica 19. Predviđene vrijednosti za razdoblje između 2010. i 2035. godine..... 60

9.4. Popis skraćenica

AAU - *Assigned Amount Units* – Jedinice dodijeljenog iznosa emisija

AE-DEM - Air Emission- Data Exchange Module – Emisije u zrak – Modul za razmjenu podataka

AFOLU - Agriculture, Forestry and Other Land Use - Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta

CEF – Carbon Emission Factor – Emisijski faktor ugljika

CER - Certified Emision Reduction - Jedinice ovjerenih smanjenja emisija

CDM - Clean Development Mechanism - Mehanizam čistog razvoja

COP - *Conference of the Parties* – Konferencija stranaka

CORINAIR – Core Inventory Air Emissions – Osnove izračuna emisija u zrak

EF – Emission Factors – Emisijski faktori

EKONERG – Institute for Energetics and Protection of Environment – Institut za energetiku i zaštitu okoliša

EMEP – European Monitoring and Evaluation Programme – Europski program praćenja i procjene onečišćujućih tvari

ERU - Emission Reduction Units - Jedinice smanjenja emisije

ESCO – Energy Service Company – Energetska tvrtka

ET - Emission Trading - Mehanizam trgovanja kvotama emisije

ETS - Emission Trading Scheme – Sustav trgovanja emisijama

EU ETS – European Union Emission Trading Scheme – Sustav trgovanja emisijama Europske Unije

EUA - European Union Allowance - Empirijske jedinice emisija

FZOEU - Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost

GPG – Good Practice Guidance – Vodič dobre prakse

GWP - Global Warming Potential – Potencijal globalnog zatopljenja

HBOR - Hrvatska banka za obnovu i razvitak

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* - Međuvladino tijelo za klimatske promjene

JIM - Joint Implementation Mechanism – Mehanizam zajedničke provedbe

LULUCF - Land Use, Land Use-Change and Forestry – Korištenje zemljišta, promjene namjene zemljišta i šumarstvo

NIR – National Inventory Report – Nacionalni inventar stakleničkih plinova

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development - Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj

QA - Quality Assurance – Jamstvo kvalitete

QC - Quality Control – Kontrola kvalitete

RMU - Removal Unit - Jedinice uklanjanja emisija

SRES - Special Report on Emission Scenarios – Specijalna izvješća o scenarijima

UNEP - *United Nations Environment Programme* – Program za zaštitu ooliša Ujedinjenih naroda

UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change* - Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama

WMO - *World Meteorogical Organization* – Svjetska meteorološka organizacija

9.5. Životopis

OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: Dražen Tumara

Datum rođenja: 3.10.1990.

Mjesto rođenja: Bjelovar

Adresa: Domankuš 4, 43212 Rovišće

Telefon: 095/516 49 03

E-mail adresa: **dtumara990@gmail.com**

ŠKOLOVANJE:

2015: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Program: Financial Literacy in Practice - FLiP

2014-: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Diplomski studij: Hidrogeologija i inženjerska geologija

2013-2015: Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu,

Diplomski studij: Ekoinženjerstvo

2011-2014: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Preddiplomski studij: Geološko inženjerstvo

2009-2013: Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

Preddiplomski studij: Prehrambena tehnologija

2005-2009: Gimnazija Bjelovar

Srednja škola: Opća gimnazija

ZNANJA I VJEŠTINE

Strani jezici: engleski jezik (položena B2 razina), njemački jezik (položena B2 razina)

Rad na računalu: MS Office, Resist, IPI2win, Scientist, AutoCAD, SuperPro Designer, LogPlot7

Vozačka dozvola B kategorije