

Sadržaj:

1. Uvod	3
2. Opći dio	5
2.1. Pregled relevantne politike i zakonodavstva vezanog uz šećernu industriju i klimatske promjene	5
2.1.1. Međunarodni ugovor	5
2.1.2. Hrvatsko nacionalno zakonodavstvo vezano za klimatske promjene	6
2.1.3. Zakonodavstvo Europske unije	7
2.2. Sustav trgovanja emisijskim jedinicama	8
2.3. Aukcije u trećem razdoblju trgovanja	9
2.4. Referentne vrijednosti	10
2.5. Naknada za emisiju u okoliš Registar onečišćenja u okoliš (ROO)	11
2.6. Proizvodnja šećera u Hrvatskoj	11
2.6.1. Općenito o šećeru i šećernoj industriji	11
2.6.2. Održivi razvoj i šećerna industrija	12
3. Materijali i metode	14
3.1. Primijenjena metodologija proračuna emisija stakleničkih plinova	14
3.1.1. Proračun emisija CO ₂	17
3.1.2. Trošak smanjenja emisije	18
3.1.3. Ušteda ili trošak prelaska na zamjensko gorivo	19
3.1.4. Smanjenje emisije	21
4. Rezultati	23
4.1. Pokazatelji proizvodnje šećerne industrije u Republici Hrvatskoj	23
4.2. Potrošnja goriva i električne energije	26
4.3. Emisije stakleničkih plinova iz tvornica šećera	35
4.4. Analiza tehničko-tehnoloških mjera za smanjenje emisija stakleničkih plinova	49

4.4.1. Mjere za smanjenje emisija CO ₂	49
4.5. Učinci provedbe mjera smanjenja emisija CO ₂	49
4.5.1. Smanjenje emisija CO ₂ u Osijeku	51
4.5.2. Smanjenje emisija CO ₂ u Županji	60
4.5.3. Smanjenje emisija CO ₂ u Viro	64
5. Rasprava	68
6. Zaključci	71
7. Literatura	72
8. Prilozi	74
8.1. Popis tablica	74
8.2. Popis slika	76
8.3. Popis kratica	78
8.4. Popis formula	79
9. Životopis	80

1. Uvod

Već više dva desetljeća znanstvenici upozoravaju na opasnosti promjene klime i potrebu efikasnog djelovanja u smanjenju emisije stakleničkih plinova. Globalno zagrijavanje i promjena klime uzrokovani emisijom stakleničkih plinova predstavljaju jedan od najozbiljnijih problema s kojom se čovječanstvo danas mora suočiti. Hrvatska je također ranjiva na promjenu klime te ima interesa biti aktivna u globalnim naporima za sprečavanje promjene klime. Temeljna globalna zadaća je smanjiti emisije, a da se ujedno ne ugrozi gospodarski razvoj, konkurentnost tvrtki, individualni standard i zaposlenost.

Svim šećeranama u zemljama članicama Europske Unije pa time i Hrvatskoj zadana je obaveza ograničenja emisije ugljikovog dioksida (CO₂). Obaveza ograničenja emisija ima izravan utjecaj na financijsko poslovanje šećerana, budući da emisije CO₂ imaju cijenu i njima se trguje slobodno kao i svakom drugom robom na tržištu.

U proizvodnji šećera otprilike 80% ukupnih emisija dolazi iz izgaranja te ukoliko tvornica već koristi gorivo sa smanjenim sadržajem ugljika, znači da je ograničenje smanjenja emisije ograničeno samom prirodom procesa.

Ovim radom želja mi je bila kvantificirati moguće procjene tvornice šećera u Hrvatskoj da uvođenjem i primjenom tehničko- tehnoloških mjera ostvare smanjenje emisija stakleničkih plinova CO₂ koji nastaje u postrojenju pri izgaranju goriva. Smanjenjem emisija CO₂ tvornica je bliže ispunjenju obveza koje proizlaze iz sudjelovanja u Sustavu trgovanja emisijama (*eng. Emission Trading System - ETS*) na način da će kupovati manju količinu emisijskih jedinica kako bi nadoknadila razliku između dodijeljenih i stvarnih emisija. Ukoliko tvornica postigne značajnije smanjenje emisija, višak emisijskih jedinica moći će prodavati na tržištu drugim tvornicama također obveznicima ETSa i ostvarivati dodatnu zaradu.

Podaci u ovom radu prikupljeni su od tri tvornice šećera u Republici Hrvatskoj: Viro tvornica šećera d.d. (u daljnjem tekstu: Viro), Sladorana d.d. (u daljnjem tekstu: Županja) i Tvornica Šećera Osijek d.o.o. (u daljnjem tekstu: Osijek). Analiza i svi rezultati odnose se na tvornice u sastavu navedenih tvrtki. Svi pokazatelji proizvodnje su prikazani agregirano osim emisija CO₂. Analiza obuhvaća podatke za razdoblje od 2005. do 2011. godine jer su za to razdoblje navedene tvornice bile obavezne dostaviti podatke nadležnom tijelu za poslove zaštite okoliša kako bi im se

na razini Europske Unije odredila količina emisijskih jedinica koje će predstavljati godišnje dozvoljene emisijske kvote. Te kvote svaka tvornica dobiva besplatno, a razliku emisija do stvarne emisije morati će kupovati unutar ETSa.

2. Opći dio

2.1. Pregled relevantne politike i zakonodavstva vezanog uz šećernu industriju i klimatske promjene

Republika Hrvatska ratificirala je Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (*eng. United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*) (u daljnjem tekstu: Konvencija) 1996. godine i time preuzela dio odgovornost kao članica Priloga I Konvencije te se obavezala zadržati svoje emisije stakleničkih plinova na razini bazne 1990. godine. [1].

Republika Hrvatska potpisala je Kyoto protokol 1999. godine, koji je stupio na snagu 16. veljače 2005, a ratificiran je u travnju 2007. godine. Protokolom, Hrvatska ima obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova za pet posto u razdoblju od 2008. do 2012. godine, u odnosu na emisiju u baznoj 1990. godini. Cilj smanjenja emisije stakleničkih plinova za Republiku Hrvatsku je stvar politike kako će se taj cilj ostvariti te to postaje kolektivna obveza svih izvora emisije u državi koji se ne prenosi linearno na sve sektore i subjekte gospodarstva.

Dodijeljeni iznos za stranku protokola računa se kao postotak peterostruke emisije bazne godine što za Hrvatsku iznosi 148.778,50 Gg CO₂- eq. Što bi na godišnjoj razini prosječno ograničenje iznosilo 29.755,70 Gg CO₂- eq [2].

2.1.1. Međunarodni ugovori

Odluka o proglašenju Zakona o potvrđivanju Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN-MU 02/06) ima za cilj postignuti stabilizaciju koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sistem. Ta razina treba se ostvariti u vremenskom okviru dovoljno dugom da omogući eko sustavu da se prilagodi na klimatske promjene, da se ne ugrozi proizvodnja hrane i da se omogući nastavak ekonomskog razvoja na održiv način [1].

Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN-MU 05/07) utvrdio je smanjenje emisije za Republiku Hrvatsku za 5% u odnosu na baznu godinu u razdoblju od 2008 do 2012. godine. Emisija se utvrđuje standardiziranim proračunom emisija šest stakleničkih plinova: ugljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), didušikov oksid (N₂O), klorofluorouglikovodike (HFC-i, PFC-i) i sumporov heksafluorid (SF₆). Glavni ponori emisije su porast zalihe

ugljika u biomasi šuma, poljoprivrednih usjeva i tla, te uslijed promjena u korištenju zemljišta. Kyotski protokol gleda smanjenje emisije s globalnog stajališta, gdje je svejedno gdje je došlo do emisije, odnosno gdje je emisija smanjena te uspostavlja sustav koji omogućava smanjenje emisije uz minimalne troškove, a ujedno dolazi do transfera tehnologija i financijskih sredstava u nerazvijene države gdje je primjena mjera najjeftinija. Zbog toga Kyoto protokol pruža mogućnost korištenja fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola, a to su: Mehanizam zajedničke provedbe (*eng. Joint Implementation- JI*), Meganizam čistog razvoja (*eng. Clean Development Mechanism- CDM*) i Sustav trgovanja emisijama (*eng. Emission Trading System- ETS*). Fleksibilni mehanizmi su inovativni instrumenti za učinkovitiju provedbu smanjenja emisije stakleničkih plinova u svijetu. Primjena tih mehanizama omogućuje strankama Kyoto protokola da do određene razine zadovolje vlastitu obvezu prema Kyoto protokolu na način da iskoriste potencijal smanjenja emisije stakleničkih plinova u drugim zemljama po nižem trošku do domaćih mjera za smanjenje emisije. Korištenje fleksibilnih mehanizama proizlazi iz logike da su klimatske promjene globalni problem i da s tog stanovišta nije važno gdje na svijetu je ostvareno smanjenje emisije.

JI i CDM se razlikuju po tome što podrazumijevaju provedbu projekata u zemljama s različitim obvezama prema Kyoto protokolu, što uzrokuje različite zahtjeve za tijek i organizacijsku strukturu projekata. JI su projekti namijenjeni za provedbu u razvijenim zemljama i u zemljama stranaka Priloga I Konvencije te uključuju najmanje dvije zemlje koje imaju kvantificiranu obvezu smanjenja emisije prema Kyoto protokolu. S druge strane, CDM projekti su namijenjeni za provedbu u zemljama u razvoju koje nisu navedene u Prilogu I Konvencije i nemaju kvantificiranu obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova. ETS je glavna, najučinkovitija i najsnažnija mjera koju je EU provela sa svrhom zadovoljavanja obveze prema Kyoto protokolu u kojem država nastoji smanjiti emisije delegirajući odgovornosti na gospodarske objekte.

2.1.2. Hrvatsko nacionalno zakonodavstvo vezano za klimatske promjene

Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07) je krovni dokument kojime se uređuju opća pitanja zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj, što uključuje ciljeve, načela i načine provedbe kao i odgovornosti za onečišćivanje okoliša. Ovaj zakon propisuje izradu dokumenta zaštite okoliša i podzakonskih propisa po pojedinim područjima utjecaja.

Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11) određuje sustav mjera, način organiziranja, provođenja i nadzora zaštite i poboljšanja kakvoće zraka. Njime se propisuje: uspostava mehanizama i instrumenata za sprečavanje i smanjivanje onečišćenja koja utječu na klimatske promjene, uključujući dozvolu za emisije stakleničkih plinova i zajednička ulaganja u mjere smanjivanja emisija stakleničkih plinova.

Uredba o praćenju emisija stakleničkih plinova, politike i mjera za njihovo smanjenje u Republici Hrvatskoj (NN 87/12) propisuje obveze i način praćenja emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj što obuhvaća izračun i izvješćivanje o svim antropogenim emisijama iz izvora i ponorima stakleničkih plinova, provedbi i postignućima politike i mjera za smanjenje emisija i povećanje odliva s ciljem ispunjenja obveza prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime i projekcijama emisija stakleničkih plinova.

Uredba o načinu trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (NN 69/12) uređuje način izdavanja i izmjene dozvole za emisije stakleničkih plinova za postrojenja, obveze operatera postrojenja koji svojom djelatnošću može prouzročiti emisije stakleničkih plinova, način praćenja i izvješćivanja o emisijama, način rada registra emisija stakleničkih plinova, pristup informacijama i način izvješćivanja prema Europskoj komisiji.

Uredba o provedbi fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola (NN 142/08) propisuje način postupka primjene fleksibilnih mehanizama Kyoto protokola, način ocjenjivanja projektnih programa te način izvješćivanja o njihovoj provedbi.

2.1.3. Zakonodavstvo Europske unije

U kontekstu pridruživanja Europskoj Uniji (EU), Republika Hrvatska obavezna je implementirati cjelokupno zakonodavstvo EU, odnosno uskladiti hrvatske propise s pravnom stečevinom EU. Republika Hrvatska preuzela je obveze sadržane u direktivama i propisala ih je svojim nacionalnim zakonodavstvom. Pritom je slobodna u izboru načina na koji će prenijeti njihov sadržaj u nacionalne propise. Obaveze sadržane u Uredbama EU direktno vrijede u Republici Hrvatskoj od ulaska u EU.

Republika Hrvatska se u ETS priključila šest mjeseci prije ulaska u EU pa je bila obvezna za to razdoblje prenijeti uredbe EU vezane na ETS što je napravljeno Pravilnikom o načinu korištenja Registra Europske Unije za prijelazno razdoblje od šest mjeseci do ulaska u EU.

Direktiva 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća utvrđuje shemu za trgovanje emisijskim jedinicama stakleničkih plinova unutar Zajednice i izmjenjuje i dopunjuje Direktivu Vijeća 96/61/EZ. Direktiva uređuje svrhu ETSa odnosno postizanje smanjenje emisija stakleničkih plinova na ekonomičniji način.

Direktiva 2004/101/EZ Europskog parlamenta i Vijeća dopunjuje i izmjenjuje Direktivu 2003/87/EZ kojom se utvrđuje shema za trgovanje emisijskim jedinicama stakleničkih plinova unutar Zajednice, obzirom na projektne mehanizme Kyoto protokola. Direktiva uređuje mogućnost korištenja emisijskih jedinica stečenih projektnim aktivnostima u svrhu ispunjenja obveze u EU ETSu, osim u slučaju projektnih aktivnosti ostvarenih na području korištenja tla, promjene korištenja tla i šumarstva.

Direktiva 2008/101/EZ Europskog parlamenta i Vijeća izmjenjuje i dopunjuje Direktivu 2003/87/EZ kako bi se zrakoplovne aktivnosti uključile u sustav trgovanja emisijama stakleničkih plinova unutar Zajednice.

Direktiva 2009/29/EZ Europskog parlamenta i Vijeća izmjenjuje i dopunjuje Direktivu 2003/87/EZ kako bi se unaprijedio i proširio EU ETS.

2.2. Sustav trgovanja emisijskim jedinicama

Svrha i cilj trgovanja emisijama stakleničkih plinova u nekoj zemlji usko je povezana s obvezom smanjenja emisije te zemlje, odnosno s izvršenjem obveza prema Kyoto protokolu. ETS je u EU započeo 2005 na principu „cap and trade“. Pod „cap“ se podrazumijeva ograničenje na ukupni iznos stakleničkih plinova koji je emitiran iz postrojenja, koji je obveznik ETS. Unutar emisijskog ograničenja, obveznici sustava primaju dodijeljene emisijske jedinice koje mogu prodavati ili kupovati od onih kojima treba. Ograničena ukupna količina emisijskih jedinica osigurava da one imaju vrijednost. Na kraju svake godine svako postrojenje je obavezno predati količinu emisijskih jedinica kako bi pokrili svoje stvarne emisije. Ukoliko obveznik ETS smanji emisije tada svoje jedinice može prodati postrojenju koji nema dovoljno emisijskih jedinica za pokrivanje stvarnih emisija ili ih može iskoristiti za vlastite buduće potrebe.

Od 1.1.2005. do 31.12.2007. godine trajalo je prvo razdoblje trgovanja (probno razdoblje) čija je svrha bila priprema za mehanizam međunarodnog trgovanja emisijama stakleničkih plinova u skladu s Kyoto protokolom. U siječnju 2008. godine

počelo je drugo razdoblje trgovanja koje je trajalo do 31.12.2012. godine. Treće razdoblje počelo je u siječnju 2013. i trajat će do 2020. godine.

Koncept ETSa je učinkovita optimizacija troškova smanjenja emisija. Količina ukupnih dodijeljenih emisijskih jedinica će se tijekom vremena smanjivati pa će do 2020. biti dodijeljeno 21% manje emisijskih jedinica nego 2005. godine [3].

ETS je obavezan u svim članicama EU i danas je implementiran u 31 državi (28 članica EU, Island, Lihtenštajn i Norveška). Ono obuhvaća elektrane, tvornice s izgaranjem, rafinerije, željezare, cementare, vapnare i šire. Od 2012. godine u ETS su uključeni i zrakoplovni operatori te je od 2013. godine sustav proširen na petrokemijsku industriju, proizvodnju amonijaka i aluminij. Također su uključeni i drugi plinovi, a sve u cilju jačanja ETS u trećem razdoblju trgovanja od 2013. do 2020. godine.

EU je u ETS uvela novčanu vrijednost na emisijske jedinice CO₂ i pokazala da je moguće trgovati emisijama stakleničkih plinova te da su postrojenja smanjila emisije kao što je i predviđeno. Za treće razdoblje trgovanja uvedene su promjene u aukciji emisijskih jedinica kako bi se još više povećala efikasnost sustava.

2.3. Aukcije u trećem razdoblju trgovanja

U prvom i drugom razdoblju trgovanja samo se mali dio emisijskih jedinica mogao kupiti na aukcijama, najveći dio jedinica dobivao se besplatno. U trećem razdoblju trgovanja očekuje se da će se polovina jedinica kupovati na aukcijama. To je transparentan način da svi sudionici ETSa kupuju jedinice po tržišnoj cijeni.

Od 2013. godine dogovorena su nova pravila u ETSu da aukcija bude pravilo za dodjelu emisijskih jedinica. Elektrane neće dobivati besplatne jedinice već će ih morati kupovati na aukcijama. Sektori i podsektori izloženi značajnom istjecanju ugljika (*eng. Carbonleakage - CL*) dobit će besplatno emisijske jedinice na osnovi referentnih vrijednosti (*eng. Benchmark - BM*), dok će ostali dobivati besplatno jedinice koje će se s vremenom smanjivati. Takvim pravilom od 2013. godine polovina emisijskih jedinica je na aukcijama.

Aukcija se odvija na otvoren, transparentan i harmoniziran način. Dizajnirana je da omogućuje potpun, pravedan i jednolik pristup malim i srednjim postrojenjima, obveznicima ETSa. Svi korisnici ETSa imat će jednak pristup svim informacijama što će smanjivati rizike pranja novaca, financijskog kriminala i manipuliranja tržišta.

Organizacija i sudjelovanje na aukciji biti će financijski isplativo dok će administrativni troškovi biti prihvatljivi. Zakonodavstvo daje mogućnost članicama EU da se udruže na zajedničkim aukcijskim platformama kako bi bili financijski isplativiji za članice i za kupce što će omogućavati potpun, pravedan i jednako dostupan, pristup malim i srednjim postrojenjima te time minimizirati rizik zlouporabe tržišta. Ukoliko članica želi imati vlastitu platformu za aukciju, slobodna ju je razviti, no potrebno je zadovoljiti pravila funkcioniranja i suradnje s drugim platformama. Republika Hrvatska je odlučila je koristiti zajedničku aukcijsku platformu.

2.4. Referentne vrijednosti

Referentne vrijednosti (*eng. Benchmark - BM*) predstavljaju prag za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica za svako postrojenje i važan je za postizanje ekonomije niskog ugljičnog učinka jer pokazuje što je moguće u smislu nisko ugljične proizvodnje.

BM je razvijen po:

- proizvodu, gdje osnova dodjele emisijskih jedinica ide prema proizvodnji proizvoda ($tCO_2 / t_{\text{proizvoda}}$);
- toplini, gdje osnova dodjele emisijskih jedinica ide prema količini potrošene mjerljive topline (tCO_2 / TJ potrošene topline);
- gorivu, gdje osnova dodjele emisijskih jedinica ide prema količini potrošenog goriva ($tCO_2 / \text{potrošeno gorivo}$) i prema
- procesnim emisijama, gdje je osnova dodjele emisijskih jedinica 97% povijesnih emisija.

U šećernoj industriji za dodjelu emisijskih jedinica korišten je BM prema toplini i prema gorivu. BM prema toplini korišten je jer se u procesu proizvodnje šećera mjeri količina i temperatura pare te se izračunava količina energije koja ulazi u proizvodne procese. Ta toplina se definira kao količina topline potrošena u procesu proizvodnje šećera [$TJ / t_{\text{šećera}}$]. BM prema gorivu korišten je jer se kod procesa sušenja repinog rezanca i kod proizvodnje vapnenog mlijeka mjeri gorivo, odnosno izračunavaju se energetske vrijednosti. U procesu proizvodnje šećera kod rada podpostrojenja koje ima BM prema toplini, moraju raditi i podpostrojenja koja imaju BM prema gorivu jer bez proizvodnje vapnenog mlijeka nije moguća proizvodnja šećera pa tehnološki nije moguće preklapanje. Besplatna dodjela emisijskih jedinica se dodjeljuje na temelju

najučinkovitijih postrojenja u EU i njima će biti dodijeljene sve potrebne emisijske jedinice. Postrojenja koja ne zadovoljavaju visoke i ambiciozne standarde imat će manjak emisijskih jedinica te će morati ili smanjiti svoje emisije ili kupiti onoliko emisijskih jedinica za koliko će premašiti dodijeljene kvote.

2.5. Naknada za emisiju u okoliš Registar onečišćenja u okoliš (ROO)

Vlada Republike Hrvatske je donijela Uredbu o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobliže kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknada na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (NN 73/07, NN 48/09) kojom propisuje naknade na emisije CO₂ za izvore u Republici Hrvatskoj. Tvornice šećera bile su obvezne plaćati naknadu koja se počela naplaćivati sredinom 2007. godine pa sve 2012. godine. Od 2013. godina, sustav ETS postaje obvezan za Republiku Hrvatsku i za tvornice šećera koje su obveznici sustava te su Zakonom o izmjenama i dopunama zakona o Fondu za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (NN 144/12) oslobođeni plaćanja naknade na emisije CO₂.

2.6. Proizvodnja šećera u Hrvatskoj

2.6.1. Općenito o šećeru i šećernoj industriji

Šećer je jedan od glavnih sastojaka svakodnevne prehrane. Svjetska konzumacija šećera po stanovniku iznosi 23.8 kg/ godinu [4]. Šećer koji se danas nalazi na tržištu je uglavnom proizveden iz šećerne trske i šećerne repe. Proizvodnja iz ostalih sirovina u svjetskim je razmjerima zanemariva. Šećer se proizvodi u više od 100 zemalja širom svijeta, od čega oko 76% iz šećerne trske [4]. Tablica T 1 prikazuje ukupnu svjetsku proizvodnju šećera u sezoni 2010./2011. procijenjenu na 166,3 Mt, a u sezoni 2011./2012. predviđa se povećanje od 4,1% što iznosi 173,1 Mt [4].

T 1 Proizvodnja i potrošnja šećera u svijetu

	PROIZVODNJA [MT]		POTROŠNJA [MT]	
	2010./11	2010./11	2011./12	2011./12
SVIJET	166,3	173,1	164,1	166,6
EUROPA	22,8	26,6	28,9	29,6
EU	15,9	17,4	18,8	19,4

RAZVIJENE ZEMLJE	129,0	131,4	116,3	118,1
ZEMLJE U RAZVOJU	37,2	41,7	47,8	48,6

Šećer je najizdašniji i najekonomičnije zaslađivalo. Ispravan naziv za šećer je saharoza koja se dijeli na dva sastojka: glukozu i fruktozu. Saharoza se nalazi u mnogim prirodnim prehrambenim proizvodima (u voću i povrću), ali se ekonomično može izdvojiti uglavnom iz šećerne repe i šećerne trske. Iako je prisutan u mnogim drugim vrstama hrane u različitim oblicima, njegova primjena može biti različita kao: zaslađivalo, konzervans, pojačivač okusa, pojačivač teksture i trajnosti određenih prehrambenih proizvoda (apsorbira vlagu i osigurava hruskavost), pomagalo je kvascu pri fermentaciji kod pečenja i varenja.

Šećer se može koristiti i na druge načine, na primjer u medicini kao pomagalo za zacjeljivanje rana. Kemijska proizvodnja ga koristi za proizvodnju penicilina. Šećer se može preraditi u alkohol, u etanol za gorivo ili rum ili za proizvodnju kvasca, aminokiselina i proteina.

Zanimljiv potencijal šećera je upotreba za gorivo. Ne samo kao dodatno gorivo u tvornicama za preradu šećera, već kao alternativa za jednostavna fosilna goriva. Šećer od šećerne trske i repe može fermentirati u etilni alkohol (etanol) te se kombinacijom s benzinom može koristiti kao gorivo za transport. Ova vrsta goriva stvara manje zagađenje zraka nego diesel ili benzin. Korištenje šećera kao goriva stvara sporednu prednost upotrebe šećera jer bi pomogla poljoprivrednicima da pronađu novo i profitabilno tržište za svoje proizvode.

2.6.2. Održivi razvoj i šećerna industrija

Tehnologija proizvodnje u svijetu se neprekidno usavršava pri čemu se uvažavaju načela održivog razvoja. To se odražava kroz stalan napredak u kvaliteti proizvoda, razvoju metoda u karakterizaciji sirovina, pripremi sirovine te značajnom unapređenju u strojnoj opremi i procesu proizvodnje. To sve rezultira većom ekonomičnošću proizvodnje, štednjom sirovina, energije te smanjenjem štetnog utjecaja na okoliš.

Već je vidljivo da održivost proizvodnje utječe na vođenje poslovanja u cilju dobiti okoliša i održive proizvodnje u budućnosti. Pritisak proizvodnje šećera na održiv način je okvir svih vrijednosti u lancu od proizvođača do potrošača [5].

Proizvođači i prerađivači šećera u EU obavezali su se na aktivni doprinos ublažavanja klimatskih promjena razvojem dvije glavne strategije za smanjenje utjecaja na klimatske promjene i to kroz smanjenje emisija stakleničkih plinova i energije u uzgoju repe i proizvodnji šećera te u korištenju obnovljivih izvora energije i sirovina kojima će se smanjiti zagađenje i povećati energetska efikasnost proizvodnje [6].

3. Materijali i metode

3.1. Primijenjena metodologija proračuna emisija stakleničkih plinova

Za proračun emisija CO₂ korištene su upute za praćenje stakleničkih plinova koje su razvili: Međunarodno tijelo za klimatske promjene (*eng. Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC*), Međunarodna organizacija za normizaciju (*eng. International Organization for Standardization- ISO*), Inicijativa za protokol stakleničkih plinova Svjetskog poslovnog savjeta za održivi razvoj (*eng. World Business Council for Sustainable Development- WBCSD*) i Svjetski institut za resurse (*eng. World Resources Institute- WRI*). IPCC metodologija nalaže što više razine proračuna emisije. 2006 IPCC Vodič [7] daje procjenu emisija CO₂ u odnosu na emitirane emisije. Za vrijeme procesa izgaranja, većina ugljika se odmah emitira kao CO₂ dok ostali plinovi (CO, CH₄, NMVOCs) sačinjavaju manji udio ugljika u odnosu na CO₂. Prema smjernicama za izradu proračuna emisije CO₂ iz izgaranja [7] predložene su tri razine točnosti proračuna.

Razina točnosti 1 bazira se na gorivu pa se emisije iz izgaranja iz svih izvora mogu procijeniti na osnovi količine goriva i standardnih vrijednosti emisijskih faktora. Vrijednosti emisijskih faktora se razlikuju za različite plinove. Za CO₂, emisijski faktor najviše ovisi o sadržaju ugljika u gorivu pa se emisija CO₂ može vrlo točno procijeniti na osnovu količine izgaranja goriva i količine sadržaja ugljika u gorivu.

Razina točnosti 2 emisije iz izgaranja procjenjuje slično kao i razina točnosti 1, ali se umjesto standardnih zadanih IPCC emisijskih faktora, koriste specifični nacionalni emisijski faktori koji se mogu razlikovati za pojedina goriva.

U razini točnosti 3 koriste se detaljniji emisijski modeli ili mjerenja i podaci pojedinog postrojenja. Korištenje ovog modela daje bolju procjenu prvenstveno drugih stakleničkih plinova, ali uz veće troškove i napore, no svi parametri karakteristični su za pojedino postrojenje.

Podaci korišteni u ovom radu dobiveni su od postrojenja u skladu s Priručnikom za praćenje i izvješćivanje o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja [8]. Određeni emisijski faktori i donje ogrjevne vrijednosti usklađene su s IPCC metodologijom.

Za vremenski period 2005. do 2009. godine nije bilo zakonske obveze da postrojenja prate emisije stakleničkih plinova prema metodologiji odobrenoj u Planu praćenja emisija stakleničkih plinova prema kojem je dobivena dozvola za emisije stakleničkih plinova, tako da su postrojenja za taj period koristila razinu točnosti 1 i 2

ovisno o količini emisija iz izvora u usporedbi s ukupnom emisijom stakleničkih plinova iz postrojenja. Niže se nalazi tablica T 2 s vrijednostima Emisijskih Faktora (u daljnjem tekstu: EF) i Donjih Ogrjevnih Vrijednosti (u daljnjem tekstu: DOV) prema razini točnosti 1.

T 2 Emisijski faktori i donje ogrjevne vrijednosti za razinu točnosti 1

Razina točnosti 1		
Gorivo	EF [tCO ₂ / TJ]	DOV [TJ/ 1000 t]
Prirodni plin	56,1	48,0 [34E-6 TJ/m ³]
Loživo ulje	77,3	40,4
Antracit	98,2	26,7
Mrki ugljen	96,0	18,9
Lignit	101,1	11,9
Koks	107,0	28,2

Tablica T 3 prikazuje vrijednosti EF i DOV za razinu točnosti 2.

T 3 Emisijski faktori i donje ogrjevne vrijednosti

Razina točnosti 2		
Gorivo	EF [tCO ₂ / TJ]	DOV [TJ/ 1000 t]
Prirodni plin	56,10	34,00 [TJ/m ³]
Loživo ulje	77,37	40,19
Antracit	98,27	29,31
Mrki ugljen	96,07	19,03
Lignit	101,20	11,72
Koks	108,17	29,31

EF i DOV za razinu točnosti 3 određuju se laboratorijskom analizom laboratorija koji su akreditirani u skladu s normom HRN EN ISO 17025:2007.

Sve tri tvornice šećera imaju prosjek ukupnih godišnjih emisija veći od 50 ktCO₂, a manji od 500 ktCO₂ te se time svrstavaju u kategoriju B gdje trebaju postići najvišu razinu točnosti. To znači da sve varijable koje utječu na proračun emisija (količina, DOV, EF, podaci o sastavu, Oksidacijski/ Pretvorbeni Faktor (u daljnjem tekstu: O/P F) trebaju udovoljavati najvišoj razini točnosti. Veća razina točnosti određivanja emisija zahtjeva strože zahtjeve na varijablama. Ukoliko primjena najviše razine točnosti zahtjeva neopravdano visoke troškove tada je dozvoljeno odstupanje te korištenje za jednu niže, od najviše razine, za sve varijable ako predoče dokaz da se najviša razina ne može postići na ekonomičan način ili da tehnički nije izvedivo udovoljiti postavljenom zahtjevu. Tablica T 4 prikazuje razine točnosti koje postrojenje minimalno treba zadovoljiti za varijable prilikom izračuna emisija iz sve tri tvornice šećera.

T 4 Razine točnosti za emisije iz izgaranja i njihove pojedinosti za komercijalna standardna i kruta goriva

Emisije iz izgaranja	Razina točnosti	
	Komercijalna standardna goriva	Kruta goriva
Potrošnja goriva	3	2
DOV	2	3
EF	2	3
Oksidacijski faktor	1	1

Tablica T 5 prikazuje zahtjeve koje pojedine varijable trebaju zadovoljiti za određenu razinu točnosti .

T 5 Razine točnosti proračuna za emisije iz izgaranja i njihove pojedinosti

Razina točnosti	1	2	3	4
Potrošnja goriva (mjerna nesigurnost)	7,5%	5,0%	2,5%	1,5%

Razina točnosti	1	2	3	4
DOV	Standardna vrijednost	Nacionalne vrijednosti ili prema međunarodnim normama	Laboratorijska analiza	-
EF	Standardna vrijednost	Nacionalne vrijednosti ili prema međunarodnim normama	Laboratorijska analiza	-
OF	1	Nacionalni oksidacijski faktor	Po djelatnostima na osnovi sadržaja ugljika u ostacima izgaranja	-

Što je viša razina točnosti, to je niža dopustiva razina mjerne nesigurnosti. Emisije stakleničkih plinova određene su za svaki izvor emisije. Emisije CO₂ se računaju na osnovi potrošnje izvora emisije.

3.1.1. Proračun emisija CO₂

F 1 prikazuje formulu kako se izračunavaju emisije iz izgaranja s varijablama navedenim u T 6.

$$CE = Q \times DOV \times EF \times OF$$

F 1 izračun emisija iz izgaranja

T 6 Varijable za izračun emisije iz izgaranja

CE	Emisije od izgaranja	[t]
Q	Količina potrošenog goriva	[m ³] ili [t]
DOV	Donja ogrjevna vrijednost goriva	[TJ/ m ³] ili [TJ/ t]
EF	Količina ispuštenog CO ₂ po jedinici	[tCO ₂ / TJ]
OF	Udio izgorenog goriva	-

F 2 daje formulu za izračun emisija iz karbonata koje su izračunate na osnovi količine kalcijevog i magnezijevog karbonata u sirovinama s varijablama navedenim u tablici T 7.

$$PE = Carb \times EF \times OF$$

F 2 Izračun emisija iz proizvodnje vapna

$$Carb = RM \times CarbQ$$

F 3 Izračun količine karbonata

T 7 varijable za izračun emisija iz proizvodnje vapna

PE	Emisije iz proizvodnje vapna	[t]
Carb	Količina karbonata (CaCO ₃ , MgCO ₃) korištena u procesu	[t]
RM	Količina sirovine korištena u procesu	[t]
CarbQ	Količina karbonata po jedinici sirovine	[tCO ₂ / t]
EF	Količina ispuštenog CO ₂ po jedinici	[tCO ₂ / t]
OF	Udio karbonata pretvoren u CO ₂	-

Udio karbonata određen je laboratorijskom analizom dok je za EF korišten stehiometrijski omjer karbonata u sirovini. EF za CaCO₃ je 0,440 [tCO₂/ t], a za MgCO₃ je 0,522 [tCO₂/ t].

3.1.2. Trošak smanjenja emisije

Trošak smanjenja emisije računat je iz omjera financijskog toka novca i smanjenja emisije nakon zamjene tehnologije odnosno vrste goriva. Financijski tok novca uključuje ratu kredita potrebnu za realizaciju investicije.

Smanjenje emisije računato je kao razlika emisija iz izgaranja s korištenim gorivom prije i nakon investicije sa zamijenjenim gorivom.

Investicijski trošak kod prelaska s ugljena na plin sveden je na 50 €/ kW [9], prelazak na biomasu sveden je na 0 €/ kW, dok je investicijski trošak prelaska s plina na biomasu sveden na 150 \$/ kW odnosno 115 €/ kW [10].

Fiksni trošak ovisi o postrojenju i pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije.

Varijabilni trošak sveden je na troškove količine korištenog goriva i emisije CO₂ tog istog goriva prije i nakon zamjene tehnologije odnosno investicije. Izračun troškova smanjenja emisije dan je formulom F 4. Korištene varijable objašnjene su u tablici T 8.

$$AT = \frac{FCF}{ED}$$

F 4 Izračun troška smanjenja emisije

T 8 Varijable za izračun troška smanjenje emisije

AT	Trošak smanjenja emisije	[€/ tCO ₂]
FCF	Financijaski tok novca	[€]
ED	Razlika emisija nakon zamjene goriva	[tCO ₂]

3.1.3. Ušteda ili trošak prelaska na zamjensko gorivo

Izračun uštede ili troška prelaska na zamjensko gorivo izračunat je prema formuli F 5, s varijabla navedenim u tablici T 9.

$$CB_R = \frac{\Delta C_{(U-R)}}{C_{UF}}$$

F 5 Izračun uštede/ troška prelaska na zamjensko gorivo

T 9 Varijable za izračun uštede/ troška prelaska na zamjensko gorivo

CB _R	Ušteda ili trošak prelaska na zamjensko gorivo	[%]
ΔC _(U-R)	Razlika troškova korištenog goriva i zamjenskog (goriva s manjim sadržajem ugljika)	[€]
C _{UF}	Trošak korištenog goriva	[€]

Izračun troška zamjenskog goriva je izračunat prema formuli F 6, s varijablama navedenim u tablici T 10.

$$C_{RF} = CQ_{RF} - MVE$$

F 6 Izračun troška zamjenskog goriva**T 10 Varijable za Izračun zamjenskog goriva**

C_{RF}	Trošak zamjenskog goriva	[€]
CQ_{RF}	Trošak količine goriva s manjim sadržajem ugljika	[€]
MVE	Novčana vrijednost smanjenja emisije	[€]

Izračun novčane vrijednosti emisije izračunat je prema formuli F 7, s varijablama navedenim u tablici T 11.

$$MVE = \Delta CE_{(U-R)} \times 10 \text{ €}$$

F 7 Izračun novčane vrijednosti emisije**T 11 Varijable za izračun novčane vrijednosti emisije**

MVE	Novčana vrijednost emisije	[€]
$\Delta CE_{(U-R)}$	Razlika emisija od izgaranja korištenog goriva i zamjenskog	[tCO ₂]

Pretpostavka: vrijednost 1 tCO₂ na tržištu jednaka je 10 € te je tečaj za 1€= 7.5 kn.

Trošak korištenog goriva računat je kao suma troškova korištenog goriva u sve tri tvornice šećera i to loživog ulja, antracita, koksa, mrkog ugljena i lignita, bez prirodnog plina. Ti podaci su dobiveni direktno od svake tvornice šećera pojedinačno.

Trošak prelaska na zamjensko gorivo s manjim sadržajem ugljika (sječka, peleti, briketi i bioplin) dobiven je preko topline dobivene iz količine korištenog goriva dobivenih direktno od tvornica šećera. Izračun topline izračunat je prema formuli F 8, s varijablama navedenim u tablici T 12.

$$Q_{TUF} = Q_{UF} \times DOV_{UF}$$

F 8 Izračun topline**T 12 varijable za izračun topline**

Q_{TUF}	Toplina korištenog goriva	[J]
Q_{UF}	Količina korištenog goriva	[kg] ili [m ³]

DOV_{UF}	DOV korištenog goriva	[MJ/kg] ili [MJ/m ³]
------------	-----------------------	----------------------------------

Količina goriva izračunata je prema formuli F 9, s varijablama navedenim u tablici T 13.

$$Q_{RF} = \frac{Q_{TUF}}{DOV_{RF}}$$

F 9 Izračun količine

T 13 Varijable za izračun količine

Q_{RF}	Količina zamjenskog goriva s manjim sadržajem ugljika	[kg] ili [m ³]
Q_{TUF}	Toplina korištenog goriva	[J]
DOV_{RF}	DOV zamjenskog goriva	[MJ/kg] ili [MJ/m ³]

Toplina korištenog goriva računana je s DOV navedenim u tablici T 14.

T 14 Vrijednosti korištenog goriva

Korišteno gorivo	Loživo ulje	Antracit	Koks	Mrki ugljen	Lignit
DOV [MJ/kg] ili [MJ/m ³]	40,19	29,74	28,6	19,03	11,72
EF [tCO ₂ / TJ]	77,37	98,20	108,17	96,07	101,20

3.1.4. Smanjenje emisije

Smanjenje emisije prelaskom na prirodni plin ili biomasu računat je na način da sam promatrala emisiju iz izgaranja goriva korištenog u svakoj tvornici šećera i emisiju kada bi se korišteno gorivo zamjenilo s prirodnim plinom ili biomasom. Emisija iz izgaranja je računana prema formuli F 1:

Postotna vrijednost smanjenja emisije prelaskom na zamjensko gorivo računana je prema formuli F 10 s varijablama navedenim u tablici T 15.

$$ER = \frac{\Delta CE_{(U-R)}}{E_{UF}}$$

F 10 Izračun postotnog smanjenja emisije

T 15 Varijable za izračun postotnog smanjenja emisije

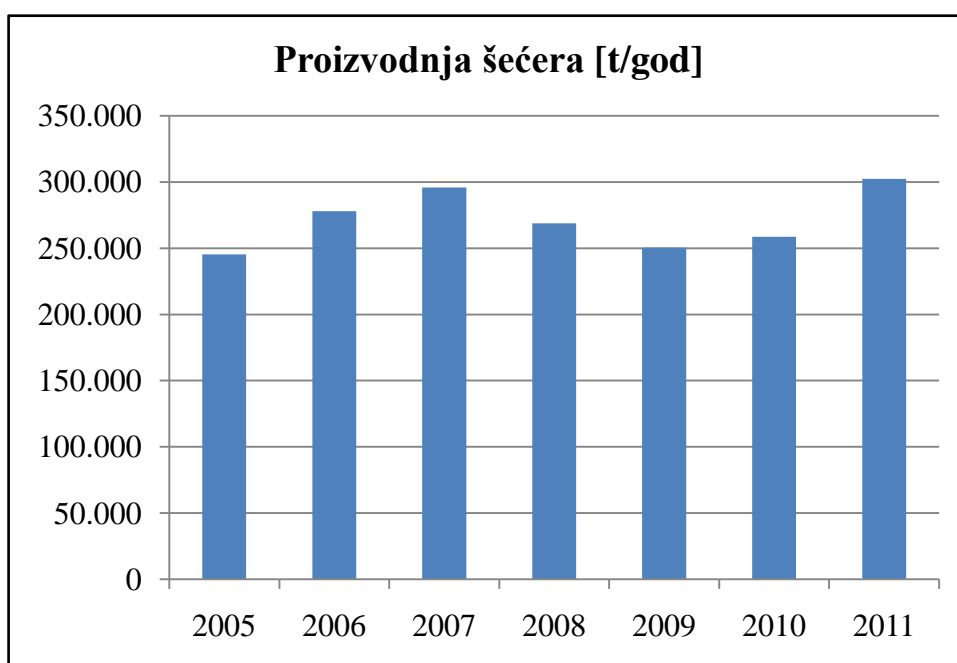
ER	Smanjenje emisije	[%]
$\Delta CE_{(U-R)}$	Razlika emisije korištenog goriva i zamjenskog goriva	[tCO ₂]
CE_{UF}	Emisija od izgaranja korištenog goriva	[tCO ₂]

Emisija zamjenskog goriva može biti ili iz prirodnog plina ili biomase te se računa prema formuli F 1. Zamjenjuju se sva goriva osim prirodnog plina.

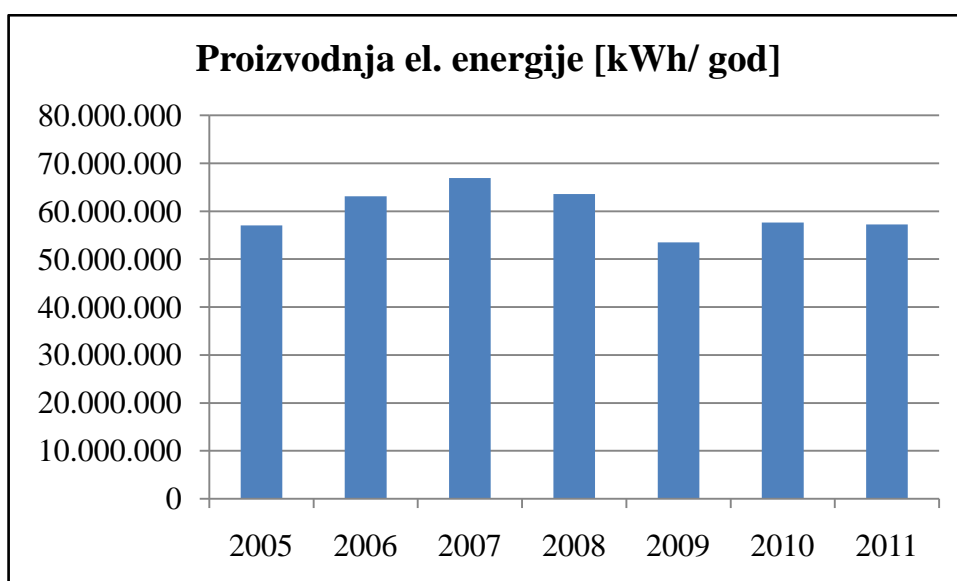
4. Rezultati

4.1. Pokazatelji proizvodnje šećerne industrije u Republici Hrvatskoj

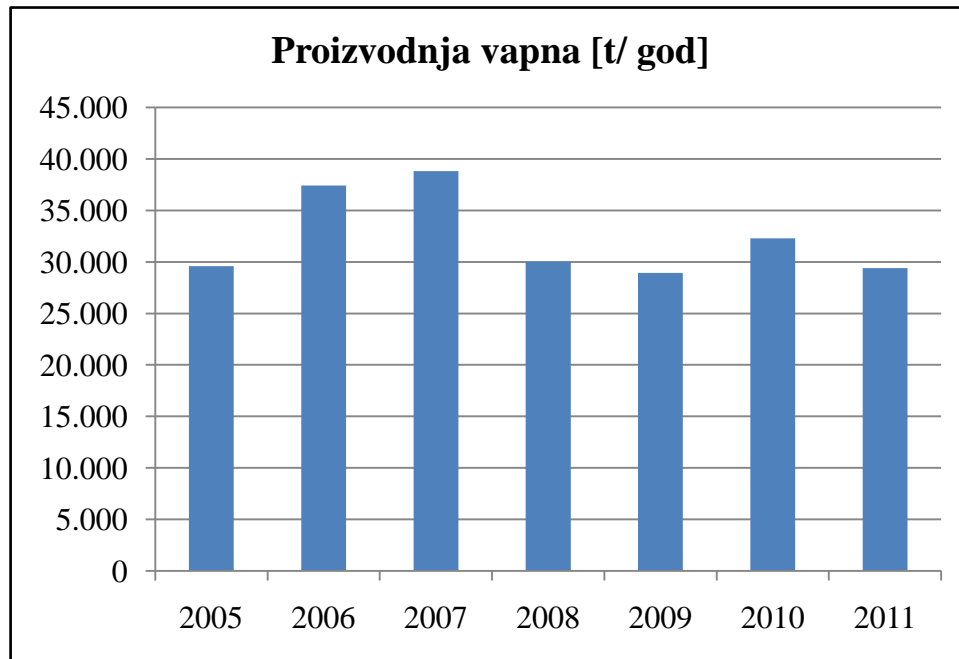
Na slikama niže prikazani su pokazatelji proizvodnje: proizvodnja šećera na slici S 1, proizvodnja električne energije na slici S 2 i proizvodnja vapna na slici S 3 za sve tri tvornice šećera zajedno za razdoblje od 2005. do 2011. godine. Najviša proizvodnja za sva tri pokazatelja proizvodnje je u 2007. godini nakon čega slijedi pad zbog gospodarske krize. U 2011. proizvodnja šećera prelazi najviše vrijednosti proizvedenog šećera u 2007. godini.



S 1 Proizvodnja šećera



S 2 Proizvodnja el.energije



S 3 Proizvodnja vapna

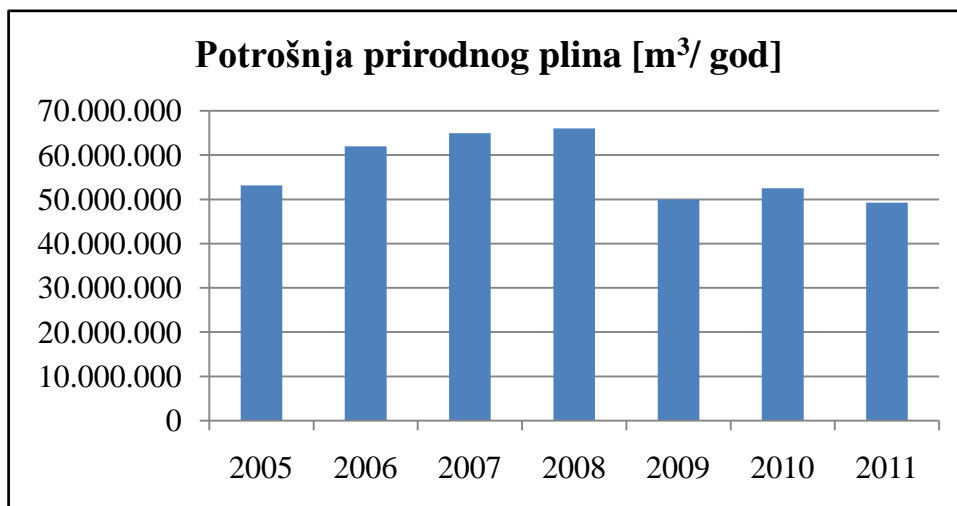
Tablica T 16 daje brojčani prikaz pokazatelja proizvodnje tvornica šećera u razdoblju od 2005. do 2011. godine.

T 16 Proizvodnja šećerne industrije

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ukupna proizvodnja šećera [t/god]	245.387	277.993	295.760	268.795	250.336	258.541	302.444
Ukupna proizvodnja vapna [t/ god]	27.757	30.686	30.025	24.507	23.217	24.578	21.334
Ukupna proizvodnja el.energije [kWh/ god]	57.024.436	63.077.202	66.898.957	63.581.812	53.467.022	57.599.123	57.244.834

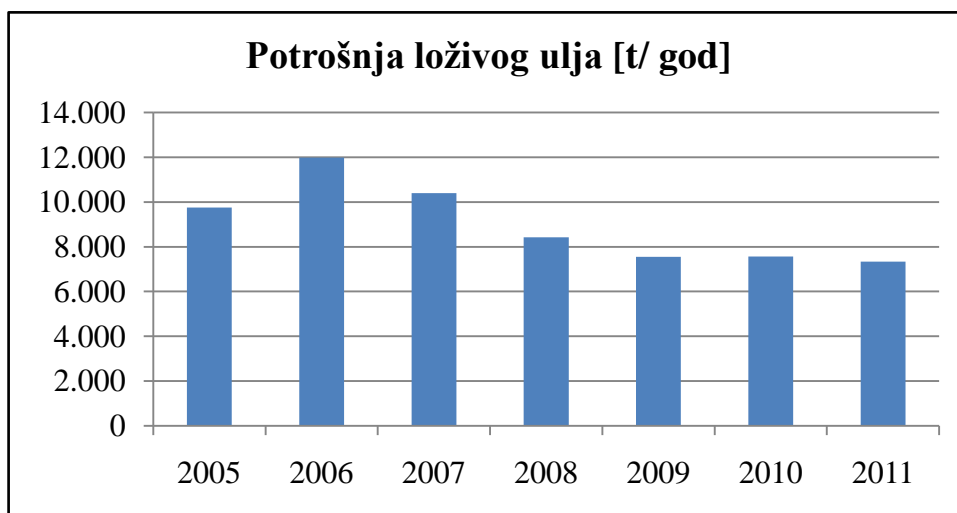
4.2. Potrošnja goriva i električne energije

Slika S 4 prikazuje ukupnu godišnju potrošnju prirodnog plina u sve tri tvornice šećera za razdoblje od 2005. do 2011. godine.



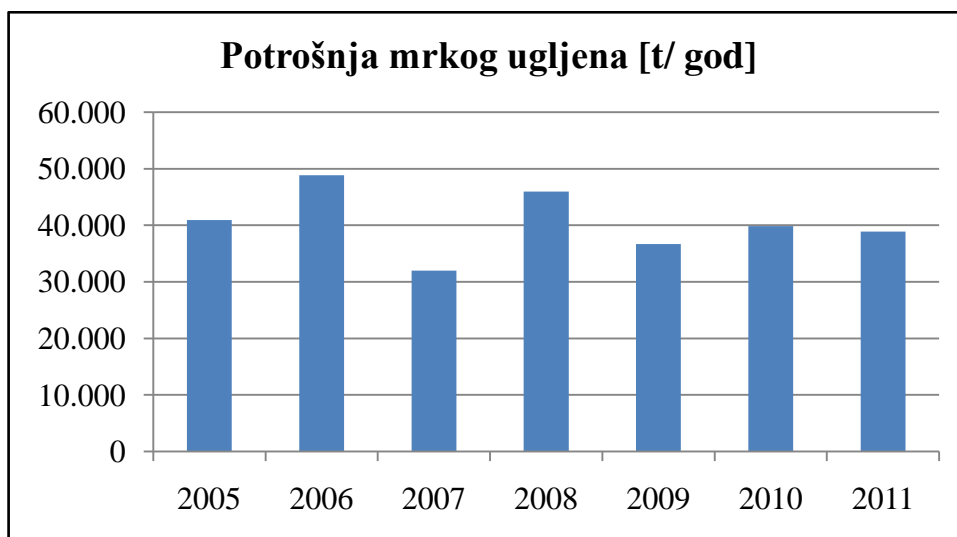
S 4 Potrošnja prirodnog plina

Slika S 5 prikazuje ukupnu godišnju potrošnju loživog ulja u sve tri tvornice šećera za razdoblje od 2005. do 2011. godine.



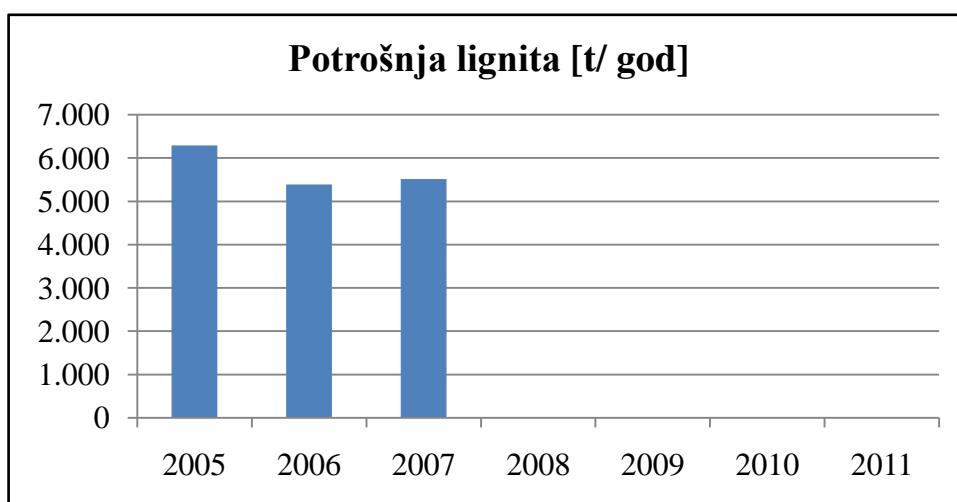
S 5 Potrošnja loživog ulja

Slika S 6 prikazuje ukupnu godišnju potrošnju mrkog ugljena za razdoblje 2005. do 2011. godine za tvornicu šećera u Županji i u Osijeku.



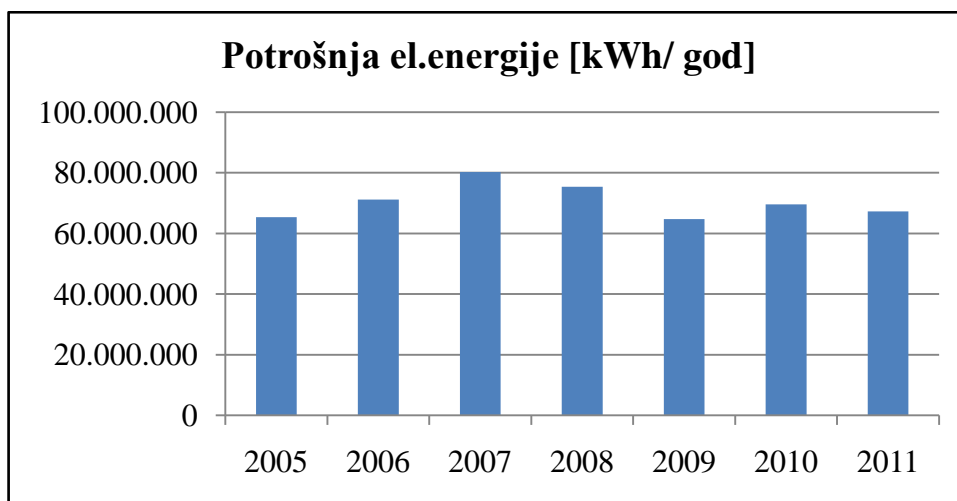
S 6 Potrošnja mrkog ugljena

Slika S 7 prikazuje godišnju potrošnju lignita samo za jednu tvornicu šećera koja ga je koristila.



S 7 Potrošnja lignita

Slika S 8 prikazuje korištenu električnu energiju pri proizvodnji šećera za sve tri šećerane.



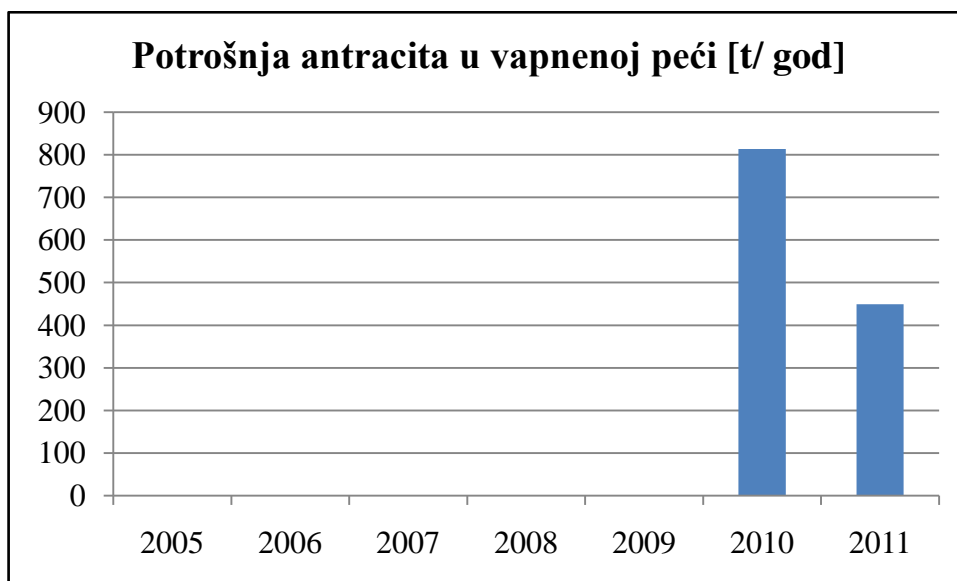
S 8 Potrošena električne energije

Slika S 9 prikazuje godišnju potrošnju koksa u vapnenoj peći za sve tri tvornice šećera.



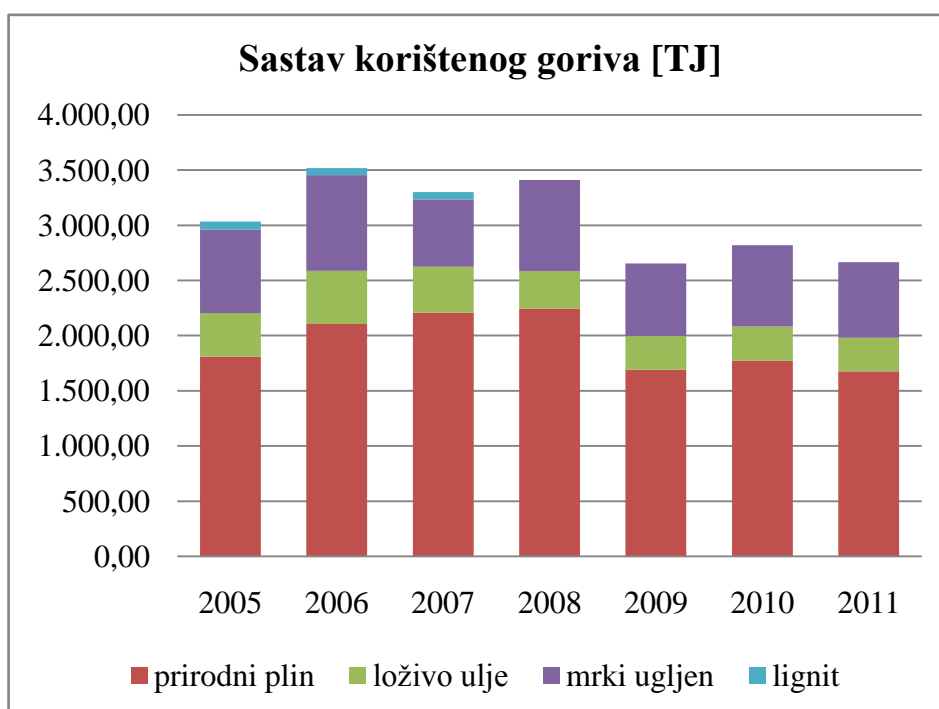
S 9 Potrošnja koksa u vapnenoj peći

Slika S 10 prikazuje godišnju potrošnju antracita korištenog u tvornici šećera Viro i Županji.



S 10 Potrošnja antracita u vapnenoj peći

Slika S 11 prikazuje sastav utrošenog goriva prikazan preko topline [TJ] za sve tri šećerane bez vapnene peći. Najveći udio čini prirodni plin kojeg slijedi mrki ugljen i loživo ulje. Zbog velike količine korištenog goriva s velikim sadržajem ugljika postoji mogućnost zamjene goriva s manjim sadržajem ugljika, prijelaz na prirodni plin ili prijelaz na alternativna goriva: bioplin ili biomasu.



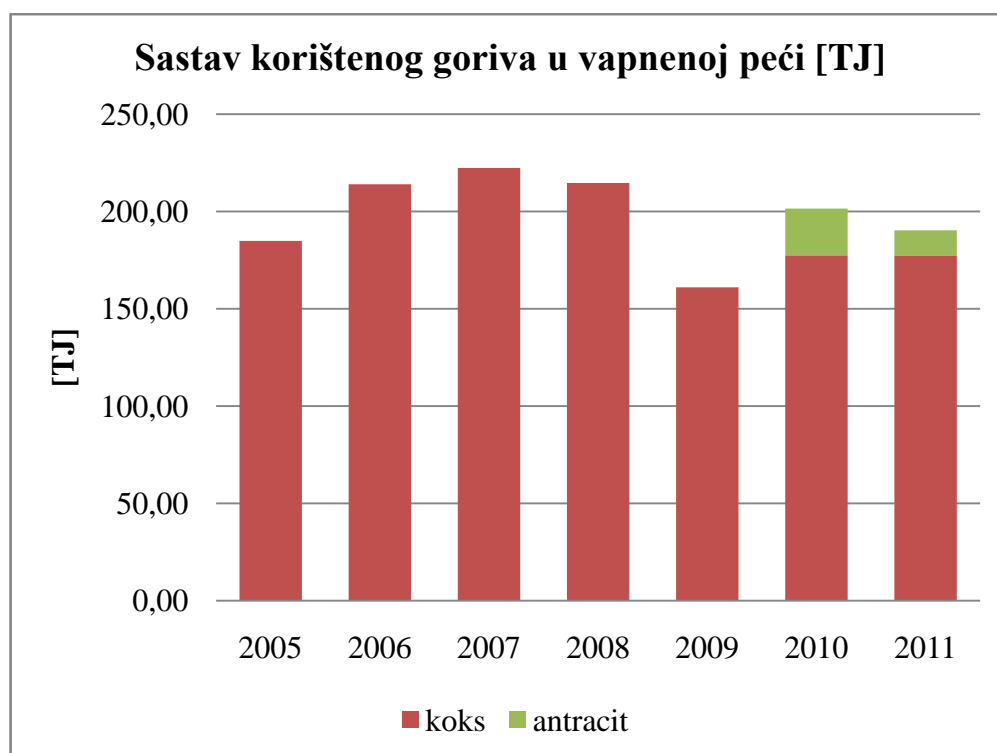
S 11 Sastav korištenog goriva u sve tri tvornice šećera

Tablica T 17 prikazuje brojčane vrijednosti korištenog goriva prikazanog preko topline u sve tri tvornice šećera bez korištenog goriva u vapnenoj peći.

T 17 Potrošnja goriva u sve tri tvornice šećera

Ukupna potrošnja goriva [TJ]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Prirodni plin	1.811	2.106	2.208	2.246	1.692	1.773	1.678
Loživo ulje	392	482	418	338	304	311	302
Mrki ugljen	758	867	609	827	660	737	684
Lignit	74	63	65	0	0	0	0

Slika S 12 daje prikaz korištenog goriva prikazanog preko topline u vapnenoj peći za sve tri tvornice šećera. Najzastupljenije gorivo je koks iako tvornica šećera Viro i Županja koriste i antracit.



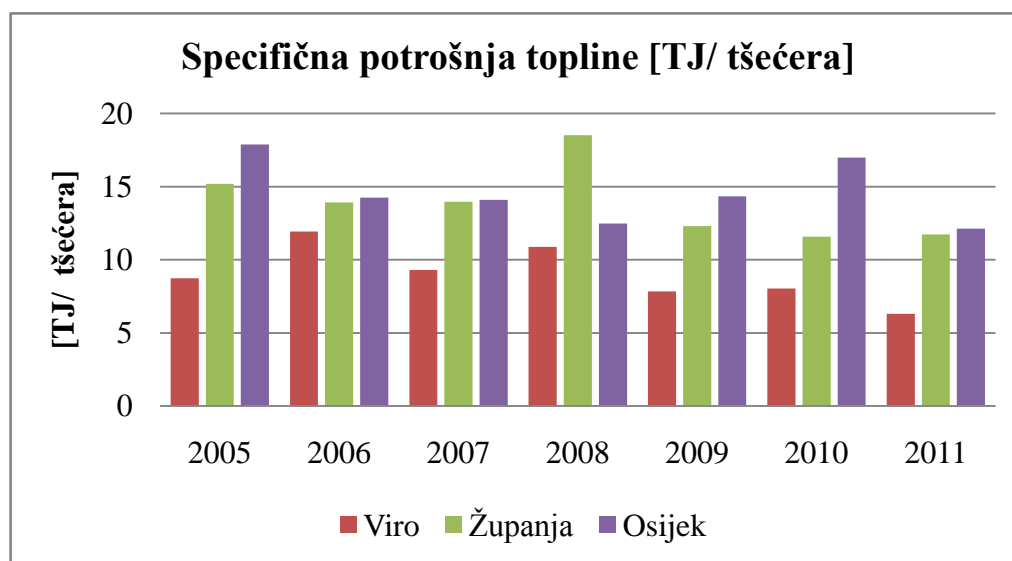
S 12 Sastav korištenog goriva u vapnenoj peći u sve tri tvornice šećera

Tablica T 18 prikazuje brojčane vrijednosti korištenog goriva u vapnenoj peći prikazanog preko topline [TJ] u sve tri tvornice šećera.

T 18 Potrošnja goriva u vapnenoj peći u sve tri tvornice šećera

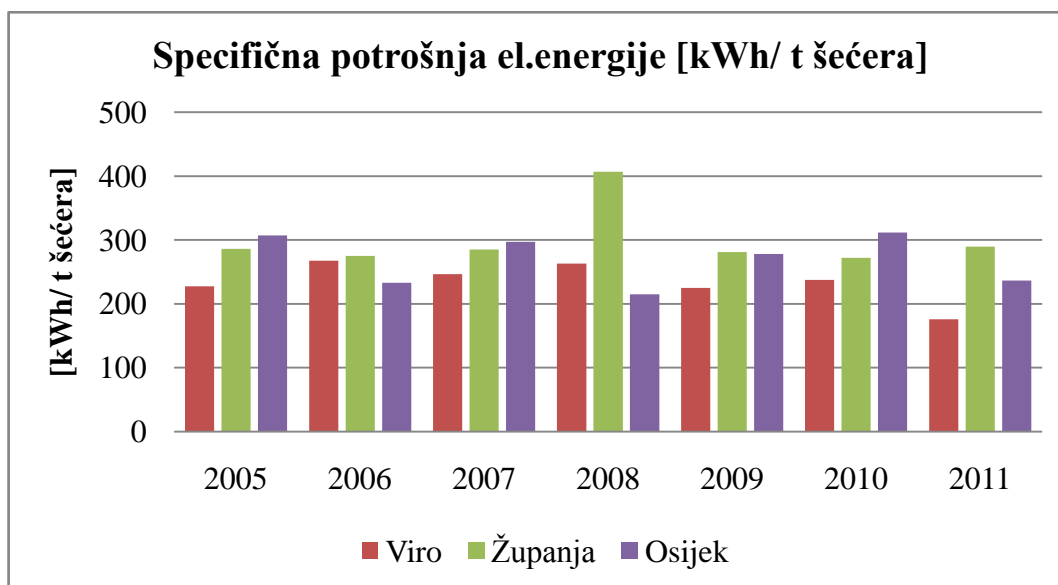
Ukupna potrošnja goriva u vapnenoj peći [TJ]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Koks	185	214	222	215	161	177	177
Antracit	0	0	0	0	0	24	13

Zbog uvida u energetske efikasnosti proizvodnog procesa za sve tri tvornice šećera u razdoblju od 2005. do 2011. godine slike S 13, S 14 i S 15 prikazuju vrijednosti specifične potrošnje topline [GJ/ tšećera], potrošene električne energije [kWh/ tšećera] i specifične potrošnje topline u vapnenoj peći [GJ/ tCaO]. Vidljivo je da je specifična potrošnja topline najmanja u tvornici šećerana Viro, zatim slijedi Županja i Osijek što znači da je energetska najefikasnija tvornica šećera Viro.



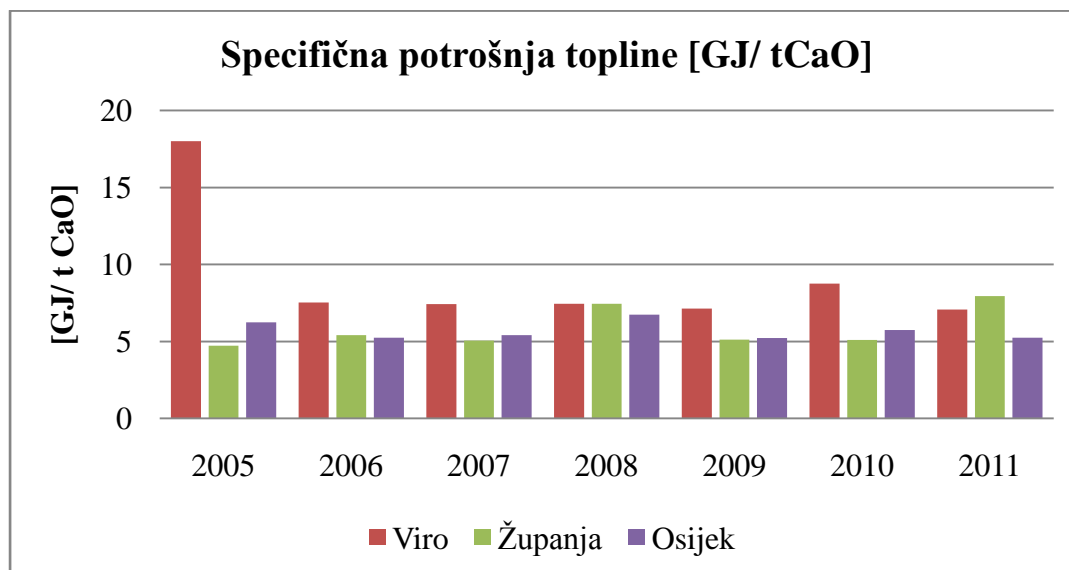
S 13 Specifična potrošnja topline za svaku pojedinu tvornicu šećera

Kod specifične potrošnje električne energije energetska efikasnost je ujednačenija, ali najveću energetske efikasnosti ima Viro, Županja pa Osijek.



S 14 Specifična potrošnja električne energije za svaku pojedinu tvornicu šećera

Specifična potrošnja topline vapnene peći je ujednačena kod sve tri tvornice šećera.



S 15 Specifična potrošnja topline u vapnenoj peći za svaku pojedinu tvornicu šećera

Tablice T 19, T 20 i T 21 prikazuju brojčane vrijednosti potrošnje specifične topline, el.energije i specifične topline u vapnenoj peći u sve tri tvornice šećera.

T 19 Specifična potrošnja topline

Specifična potrošnja topline ukupno [GJ/t šećera]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro	8,73	11,93	9,29	10,88	7,84	8,03	6,29
Županja	15,18	13,92	13,95	18,52	12,31	11,58	11,73
Osijek	17,88	14,25	14,09	12,48	14,33	16,98	12,12

T 20 Specifična potrošnja el.energije

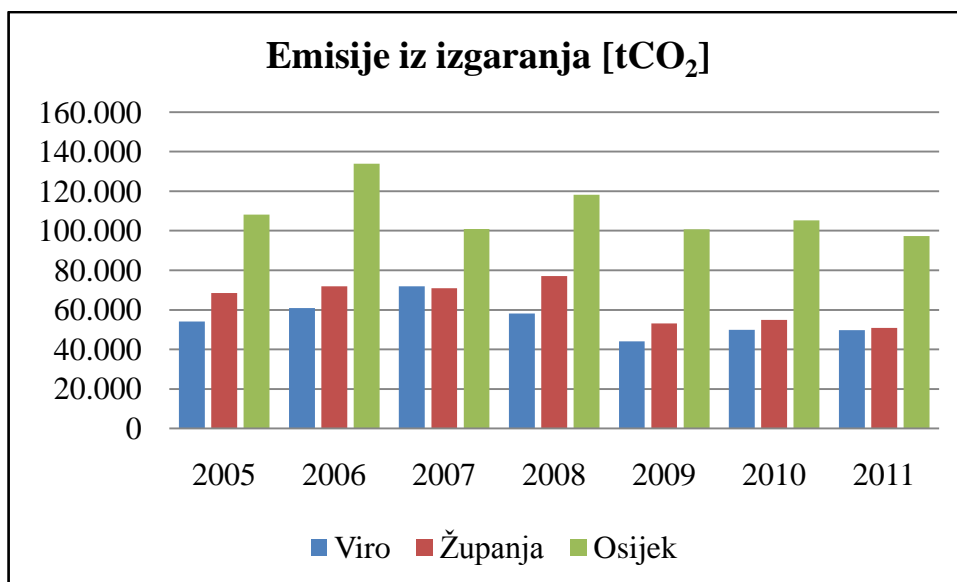
Specifična potrošnja el.energije [kWh/ tšećera]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro	227,61	267,75	246,61	262,79	224,78	237,28	175,86
Županja	285,84	275,23	285,07	406,85	281,03	272,00	289,49
Osijek	306,96	232,92	297,22	214,88	278,08	311,40	236,68

T 21 Specifična potrošnja topline u vapnenoj peći

Specifična potrošnja topline (vapnena peć) [GJ/ tvapna]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro	18,00	7,54	7,42	7,44	7,13	8,75	7,08
Županja	4,71	5,40	5,06	7,44	5,11	5,10	7,94
Osijek	6,24	5,24	5,40	6,73	5,23	5,74	5,25

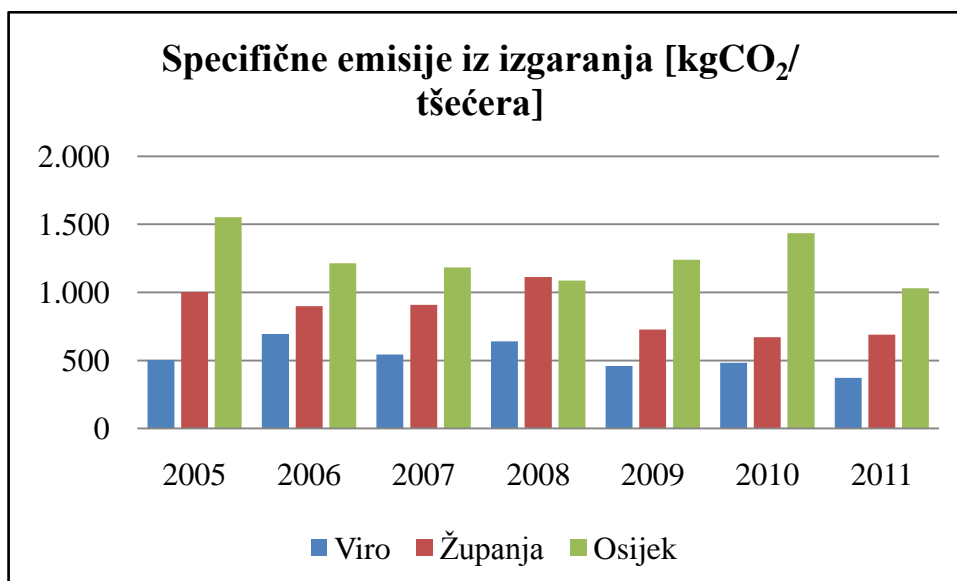
4.3. Emisije stakleničkih plinova iz tvornica šećera

Slika S 16 prikazuje emisije CO₂ iz izgaranja bez vapnene peći za svaku tvornicu šećera posebno. Najviše emisije iz izgaranja ima šećerana u Osijeku, što je uzrokovano korištenjem velike količine goriva s većim sadržajem ugljika.



S 16 Emisija CO₂ iz izgaranja goriva za svaku pojedinu tvornicu šećera

Zbog uvida u energetska efikasnost slika S 17 daje prikaz specifične emisije iz izgaranja bez vapnene peći [tCO₂/ tšećera] za svaku pojedinu tvornicu šećera. Specifične emisije po toni šećera predstavljaju ugljični otisak šećera. Ovisno o primijenjenoj metodologiji, ugljični otisak šećera iz šećerne repe ima širok interval vrijednosti koji je u rasponu od 242 – 771 [kgCO₂/ tšećera] [11]. Ugljični otisak šećera iz trske je sličan ili malo viši od ugljičnog otiska šećera iz repe te se kreće u intervalu 642 – 760 [kgCO₂/ tšećera] [11].

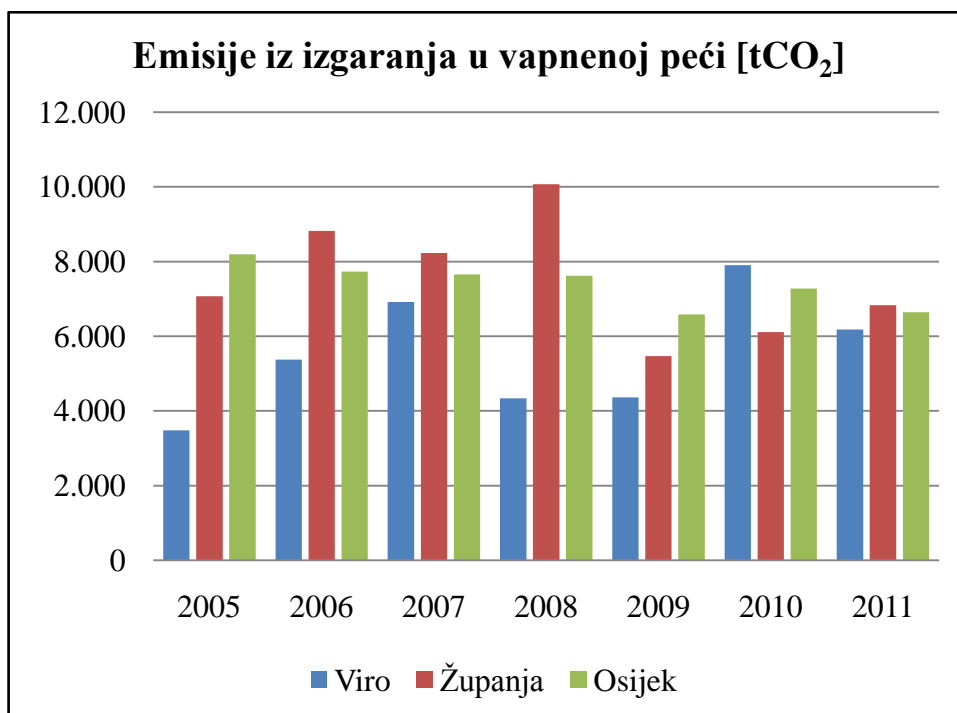


S 17 Specifična emisija CO₂ za svaku pojedinu tvornicu šećera

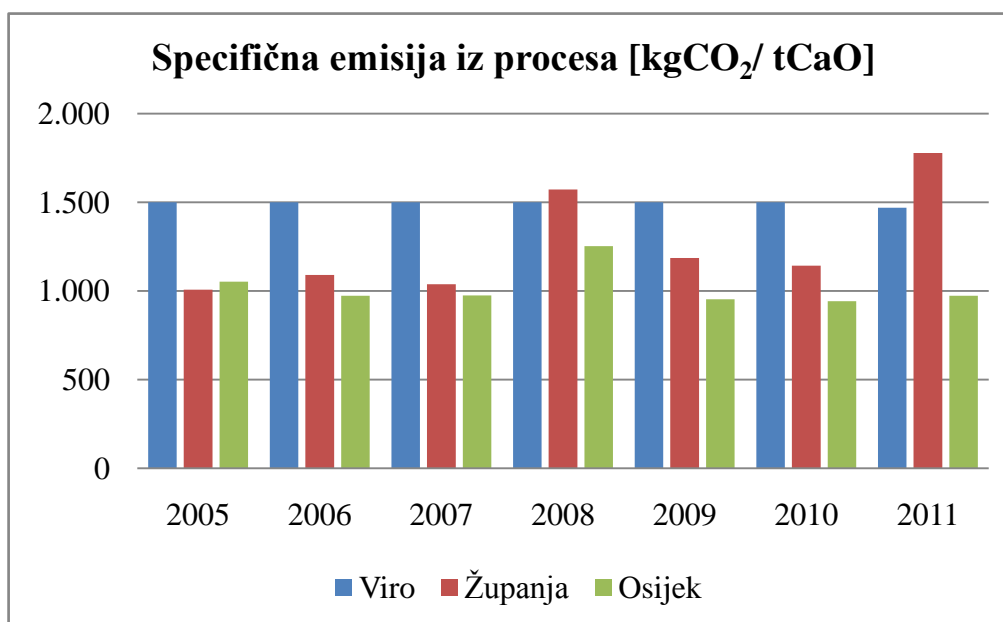
Iz specifične emisije [tCO₂/ tšećera] na slici S 17 je vidljivo da je ugljični otisak šećera odnosno energetska efikasnost najveća je u šećerani Viro te se vrijednosti nalaze u EU intervalu između 242 – 771 kgCO₂/ tšećera [11]. Dok za šećeranu u Osijeku postoji najveći prostor za povećanjem energetske efikasnosti.

Slika S 18 prikazuje emisije [tCO₂] iz izgaranja u vapnenoj peći iz koksa i amtracita za svaku pojedinu tvornicu šećera u razdoblju od 2005. do 2011. godine. Za izgaranje u vapnenoj peći koristi se prvenstveno koks u sve tri tvornice šećera. Viro i Županja također uz koks koriste i antracit. U tablicama T 22 i T 23 prikazane su brojčane vrijednosti.

Slika S 19 prikazuje procesne specifične emisije CO₂ iz za svaku pojedinu tvornicu šećera u razdoblju od 2005. do 2011. godine koje nastaju tijekom kalcinacije u vapnenoj peći gdje se u sirovini oslobađa CO₂ iz karbonata.



S 18 Emisija CO₂ iz izgaranja goriva vapnenoj peći za svaku pojedinu tvornicu šećera



S 19 Specifična emisija CO₂ iz procesa za svaku pojedinu tvornicu šećera

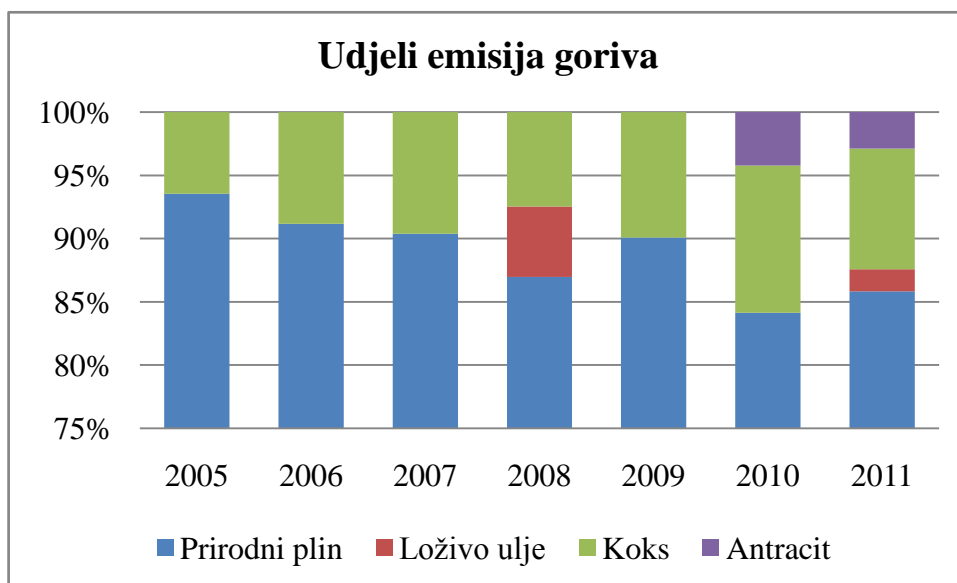
T 22 Emisije iz izgaranja [tCO₂] za svaku pojedinu tvornicu šećera

Emisije iz izgaranja [tCO ₂]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro	54.023	60.915	71.880	58.149	44.014	49.809	49.733
Županja	68.485	71.908	70.912	77.031	53.190	54.853	50.921
Osijek	108.204	133.895	100.916	118.245	100.807	105.303	97.372

T 23 emisija [tCO₂/ tšećera] za svaku pojedinu tvornicu šećera

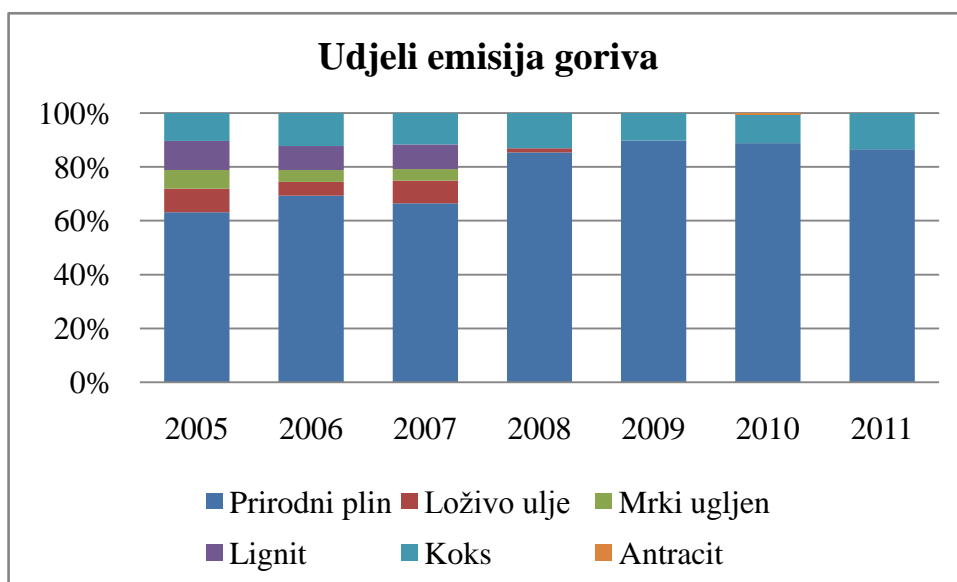
specifična emisija iz izgaranja [kgCO ₂ / tšećera]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Virovitica	503	695	543	640	459	482	371
Županja	1.003	899	908	1.114	726	670	690
Osijek	1.554	1.214	1.182	1.088	1.241	1.435	1.030

Slike S 20, S 21 i S 22 daju pregled udjela emisija iz izgaranja za svako pojedino gorivo po svakoj tvornici šećera. Iz slike S 20 je vidljivo da tvornica šećera Viro ima najviše emisije iz prirodnog plina, zatim slijede emisije iz koksa i antracita koji se koriste u vapnenoj peći.



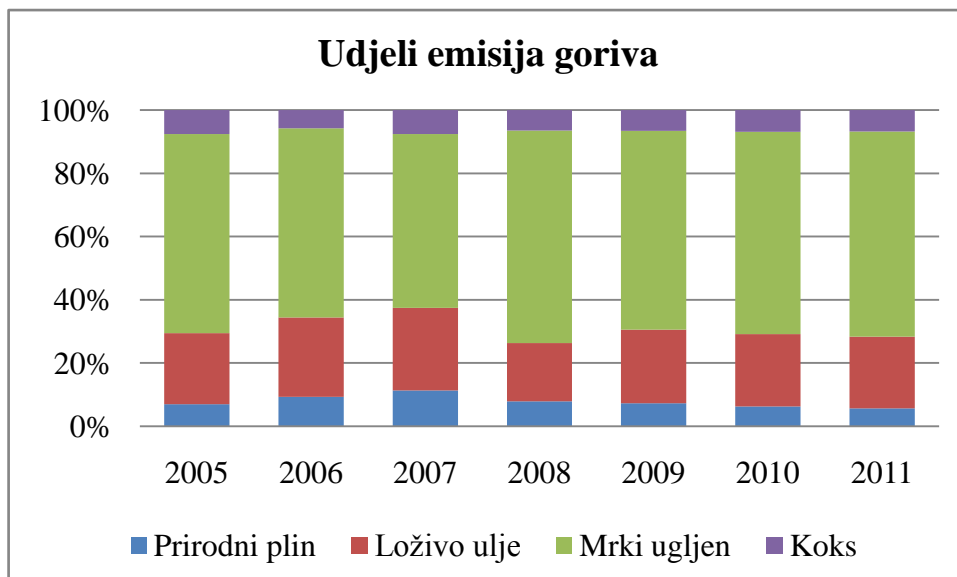
S 20 Udjeli emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva za Viro

Slika S 21 prikazuje da od 2009. godine najviše emisija u tvornici šećera u Županji su iz prirodnog plina, zatim slijedi koks koji se koristi u vapnenoj peći.



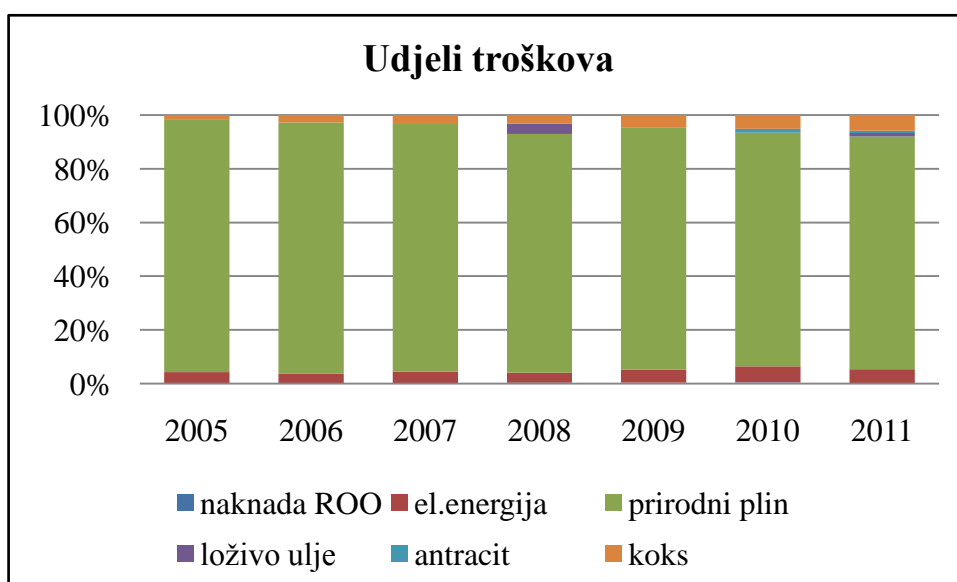
S 21 Udjeli emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva u Županji

Slika S 22 prikazuje udjele emisija iz izgaranja u tvornici šećera u Osijeku gdje je vidljivo da su najveće emisija iz mrkog ugljena i loživog ulja tako da je u Osijeku najveća mogućnost smanjenja emisija zamjenom goriva.



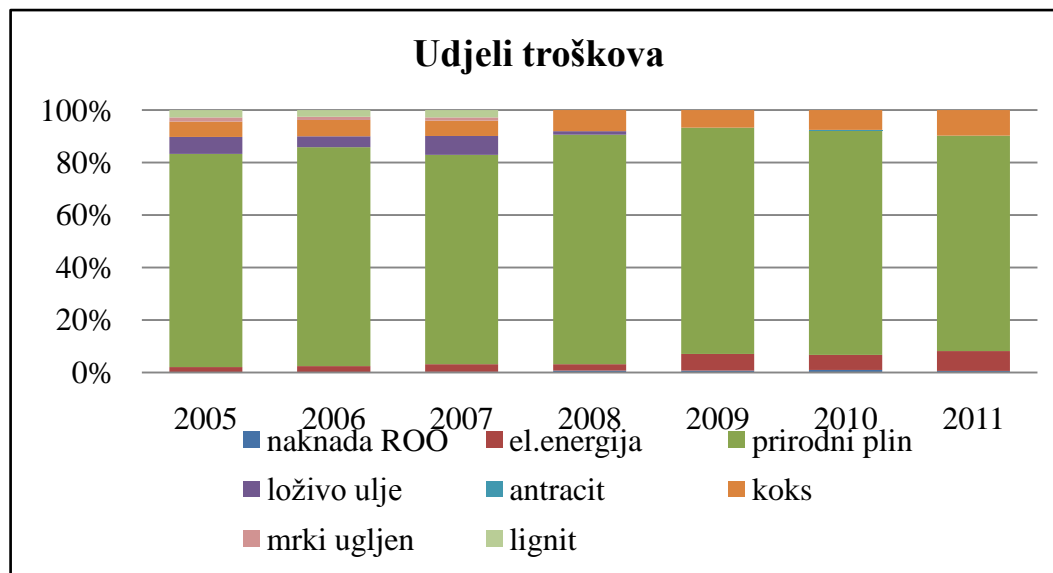
S 22 Udjele emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva za Osijek

Slika S 23 prikazuje postotne udjele troškova u razdoblju od 2005. do 2011. godine za tvornicu šećera Viro gdje je jasno vidljivo da najveći dio troškova odlazi na prirodni plin, nakon toga na koks pa na kupnju električne energije.



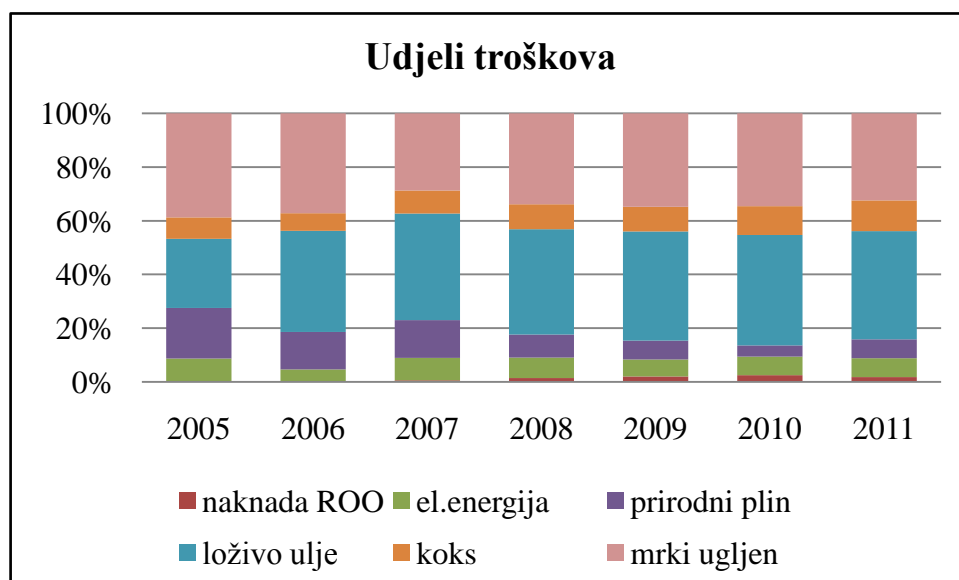
S 23 Udjele troškova za tvornicu šećera Viro

Slika S 24 prikazuje postotne udjele troškova u razdoblju od 2005. do 2011. godine u tvornici šećera Županja gdje je također jasno vidljivo da najveći dio troškova odlazi na prirodni plin, nakon toga na koks pa na kupnju električne energije.



S 24 Udjeli troškova u tvornici šećera Županja

Slika S 25 prikazuje postotne udjele troškova u razdoblju od 2005. do 2011. godine u tvornici šećera Osijek gdje je također jasno vidljivo da najveći dio troškova odlazi na loživo ulje i ugljen.



S 25 Udjeli troškova u tvornici šećera Osijek

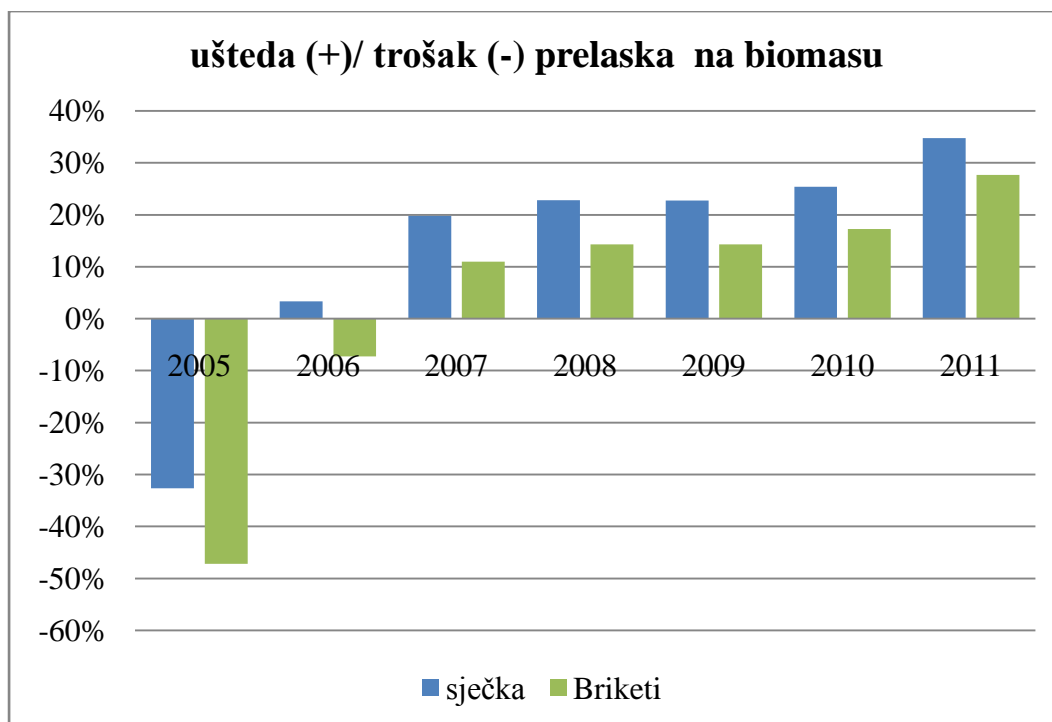
Slika S 26 prikazuje postotnu vrijednost uštede ili troška kada bi se prešlo sa svih korištenih goriva osim prirodnog plina na neko od zamjenskog goriva s manjim

sadržajem ugljika. U troškove nije uključena investicija te je slučaj gledan s ukupnom količinom korištenog goriva za sve tri tvornice šećera zajedno. U koliko je vrijednost veća od nule, postotna vrijednost predstavlja uštedu, dok negativna postotna vrijednost predstavlja trošak. U računu je promatran prelazak korištenog goriva s većim sadržajem ugljika prikazanih u tablici T 25 u svim šećeranim na biomasu ili bioplin. Količine biomase i bioplina su određene po jedinici topline prema parametrima prikazanim u tablici T 26.

Slika S 26 prikazuje da je najveća ušteda ostvariva prelaskom na biomasu korištenjem sječke. U računu je uključena i novčana vrijednost emisije koja se ostvaruje prelaskom na biomasu čije su emisije gledane kao nula pa se ostvareno smanjenje emisije može promatrati kao smanjenje troška prelaskom na biomasu. U računu su promatrani troškovi emisija svih korištenih goriva prilikom izgaranja. Cijene i DOV goriva s manjim sadržajem ugljika navedene su u tablici T 24.

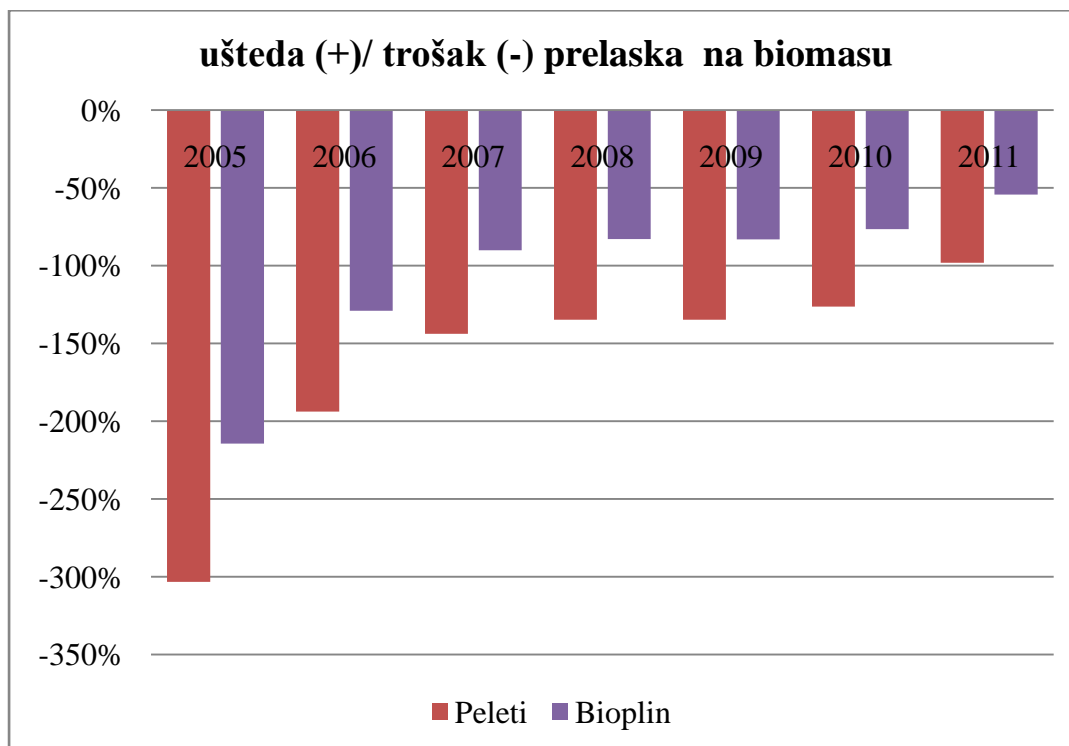
T 24 Vrijednosti zamjenskog goriva [12]

Zamjensko gorivo (gorivo s manjim sadržajem ugljika)	Sječka	Peleti	Briketi	Bioplin
DOV [MJ/kg] ili [MJ/m ³]	10,8	17,5	18,0	19,0
Cijena [kn/kg]	0,41	1,87	0,75	1,60



S 26 Ušteta/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na biomasu (sječka i briketi)

Slika S 27 prikazuje da prelazak na biomasu, pelete i bioplin nije isplativ jer su troškovi razlike prelaska veći od 100%.



S 27 Ušteta/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na biomasu (peleti i bioplin)

T 25 Potrošnja goriva s većim sadržajem ugljika u [TJ]

Potrošnja goriva s većim sadržajem ugljika [TJ]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Loživo ulje	392	482	418	338	304	311	302
Mrki ugljen	758	867	609	827	660	737	684
Lignit	74	63	65	0	0	0	0
Ukupna potrošnja goriva [TJ]	1.409	1.626	1.314	1.381	1.125	1.250	1.177

T 26 Donje ogrjevne vrijednosti i cijene biomase

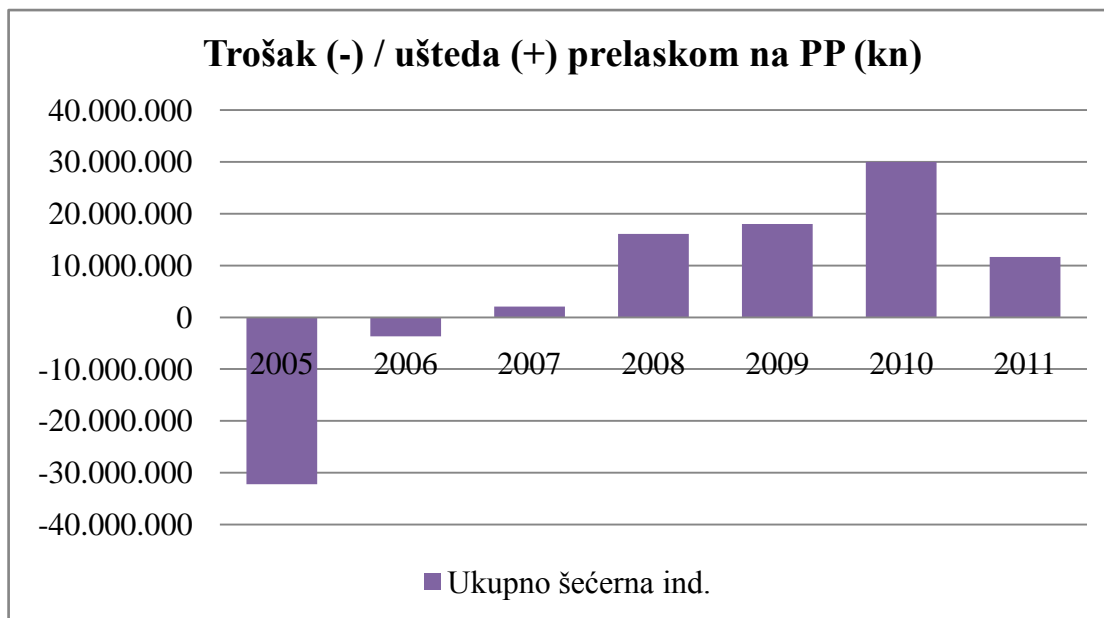
Zamjena goriva s biomasom	sječka	peleti	briketi
DOV [MJ/ kg]	10,8	17,5	18,0
Cijena [kn/ kg]	0,41	1,87	0,75

T 27 Količine i trošak različite vrste biomase

Količina sječka [kg]	130.443.787	150.519.068	121.641.707	127.826.811	104.145.059	115.701.965	108.983.956
Trošak sječke [kn]	53.481.953	61.712.818	49.873.100	52.408.992	42.699.474	47.437.806	44.683.422

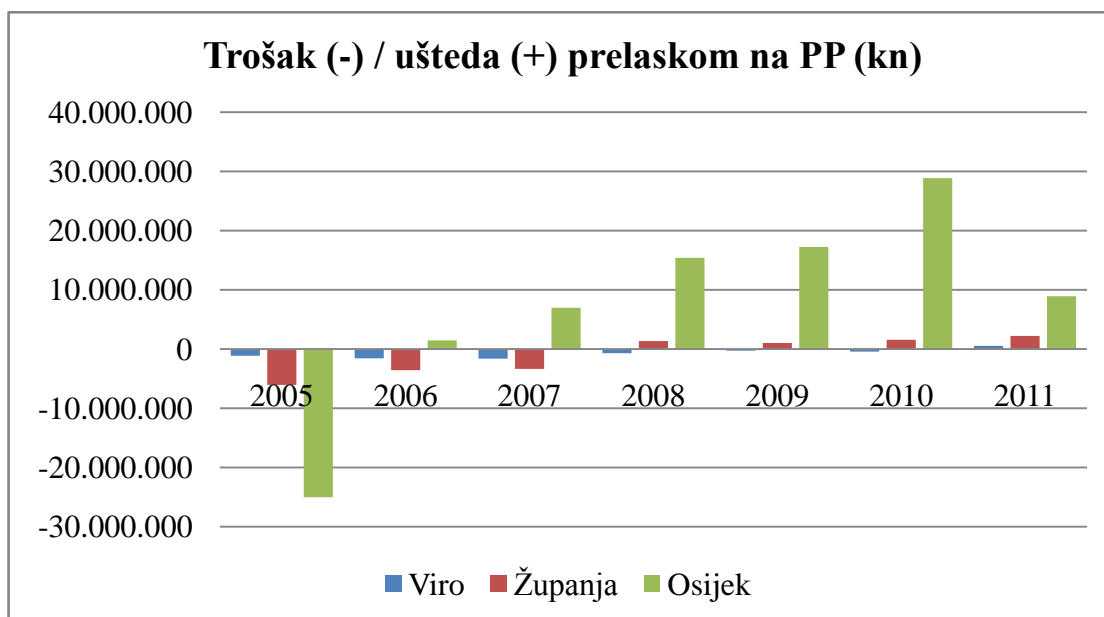
Količina peleti [kg]	80.502.451	92.891.767	75.070.310	78.887.403	64.272.379	71.404.641	67.258.670
Trošak peleti [kn]	150.539.584	173.707.605	140.381.481	147.519.444	120.189.349	133.526.679	125.773.713
Količina briketi [kg]	78.266.272	90.311.441	72.985.024	76.696.086	62.487.035	69.421.179	65.390.374
Trošak briketi [kn]	58.699.704	67.733.580	54.738.768	57.522.065	46.865.276	52.065.884	49.042.780

Jednakim računom dobivene su vrijednosti prikazane na S 28, ali je prelazak na zamjensko gorivo promatran na prirodni plin. Promatrani su troškovi kada bi se koristio prirodni plin umjesto korištenog goriva s većim sadržajem ugljika.



S 28 Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na prirodni plin

Prelaskom s goriva s većim sadržajem ugljika na prirodni plin svaka tvornica šećera ostvarit će smanjenje emisije, koje na tržištu ima novčanu vrijednost. Najveće uštede moguće su u Osijeku zbog mogućnosti zamjene velike količine goriva s manjim sadržajem ugljika te ostvarenjem velikog smanjenja emisije što je prikazano na slici S 29.



S 29 Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na prirodni plin

Vrijednosti dobivene za 2005. godinu se razlikuju od protošnje količine korištenog goriva za druge godine. Kako se vrijednosti količine goriva dobivene direktno od tvornica šećera, za pretpostaviti je da je došlo do dostave pogrešnih podataka jer za to vrijeme nije bilo zakonske osnove za prikupljanje podataka pa je dostava pogrešnog podatka vjerojatna.

T 28 Smanjenje emisije zamjenom goriva s većim sadržajem ugljika prirodnim plinom

Razlika emisije prelaskom na PP [tCO ₂]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro	1.640	2.547	3.276	2.957	2.114	4.216	3.289
Županja	10.335	9.436	9.787	5.170	2.632	3.020	3.348
Osijek	38.361	45.683	33.429	42.155	35.519	37.326	34.020
Ukupno šećerna ind.	50.336	57.666	46.492	50.283	40.266	44.563	40.657

T 29 Novčana vrijednost uštede na emisijama zamjenom goriva s većim sadržajem ugljika prirodnim plinom

Novčana vrijednost razlike emisije prelaskom na PP	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viro [kn]	123.017	190.992	245.728	221.808	158.558	316.228	246.669
Županja [kn]	775.149	707.718	733.990	387.784	197.431	226.525	251.092
Osijek [kn]	2.877.061	3.426.215	2.507.197	3.161.608	2.663.960	2.799.474	2.551.520
Ukupno šećerna ind.	3.775.228	4.324.925	3.486.915	3.771.200	3.019.949	3.342.227	3.049.282

4.4. Analiza tehničko-tehnoloških mjera za smanjenje emisija stakleničkih plinova

4.4.1. Mjere za smanjenje emisija CO₂

Razlikujemo dvije vrste mjera za smanjenje emisija CO₂, energetske i procesne mjere. Energetske mjere:

- Prijelaz na gorivo s manjim sadržajem ugljika (prijelaz s ugljena na prirodni plin);
- Prijelaz na alternativna goriva (bioplin ili biomasu);
- Povećanje energetske efikasnosti procesa (smanjenje potrošnje topline i električne energije po jedinici proizvoda);

Procesne mjere:

- Promjene u tehnološkom procesu.

Ovaj rad bavi se samo energetskom mjerom smanjenja emisija CO₂ i to prelaskom na gorivo s manjim sadržajem ugljika i prijelazom na alternativna goriva. Od drugih mjera, povećanje energetske efikasnosti procesa postiže se investicijama u kogeneracije s efikasnosti do 85% [6], gdje proizvodnja topline i električne energije na mjestu tvornice bitno doprinosi smanjenju emisije CO₂, investicijama u procese multi efektnog isparavanja ili u povećanje efikasnosti pritiska pulpe kako bi se povećala suha tvar u pulpi i time smanjila količina goriva potrebna za njeno sušenje [6]. Najbolje dostupne tehnike (*eng. Best available technics- BAT*) u proizvodnji šećera su fokusirane na razvoj i implementaciju novih tehnologija za smanjenje potrošnje vode, energije i snižavanju troškova proizvodnje.

4.5. Učinci provedbe mjera smanjenja emisija CO₂

Povećanje energetske efikasnosti procesa proizvodnje šećera ima za osnovni cilj povećanje konkurentnosti proizvoda na tržištu, a kao rezultat smanjenu potrošnju goriva i smanjenu emisiju CO₂. Kao gorivo, u procesu izgaranja, može se koristiti plin, bioplin ili biomasa umjesto ugljena ili loživog ulja.

U ovom radu za svako postrojenje zasebno, promatrano je smanjenje emisija i potrebne investicije kako bi se smanjenje emisije ostvarilo. Investicije su promatrane s razine sektorskog pristupa što znači da u proračunu nije promatrana toplinska

učinkovitost. Investicija prelaska s ugljena na biomasu promatrana je kao 0 kn investicija kao i investicija prelaska s plina na bioplin. Cijena investicije i zamjenskog goriva ne uključuje transport, utovar, istovar, dovođenje i skladištenje zamjenskog goriva.

Kod određivanja investicije postrojenja promatrana je shema postrojenja.

U Osijeku promatrana je investicija zamjene 3 kotlova na ugljen ukupne snage 130MW i investicija zamjene 4 kotlova na prirodni plin ukupne snage 49 MW.

U Županji promatrana je investicija zamjene 5 kotlova na prirodni plin ukupne snage 137 MW. U Viru zamjena 4 kotla na prirodni plin ukupne snage 137,9 MW.

Promatrane su općenite pretpostavke izračuna kako slijedi:

- fiksni troškovi pogona i održavanja pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije;
- rok otplate kredita je 20 godina;
- kamatna stopa je 8%;
- porez na dobit je 20%;
- diskontna stopa je 9%.

Promatrani parametri u analizi osjetljivosti su cijena prirodnog plina, cijena tCO₂, cijena ugljena i cijena investicije. Promjena navedenih parametara je gledana u odnosu na početnu vrijednost, za smanjenje od 50% i za povećanje od 50%, 100% i 300%. Vrijednosti promatranih parametara navedene su u tablici T 30.

Kod promatranja smanjenja troškova prilikom promjene određenog parametara, mijenjana je vrijednosti samo tog parametara dok drugi parametri prikazani u tablici T 31 ostaju na početnim vrijednostima.

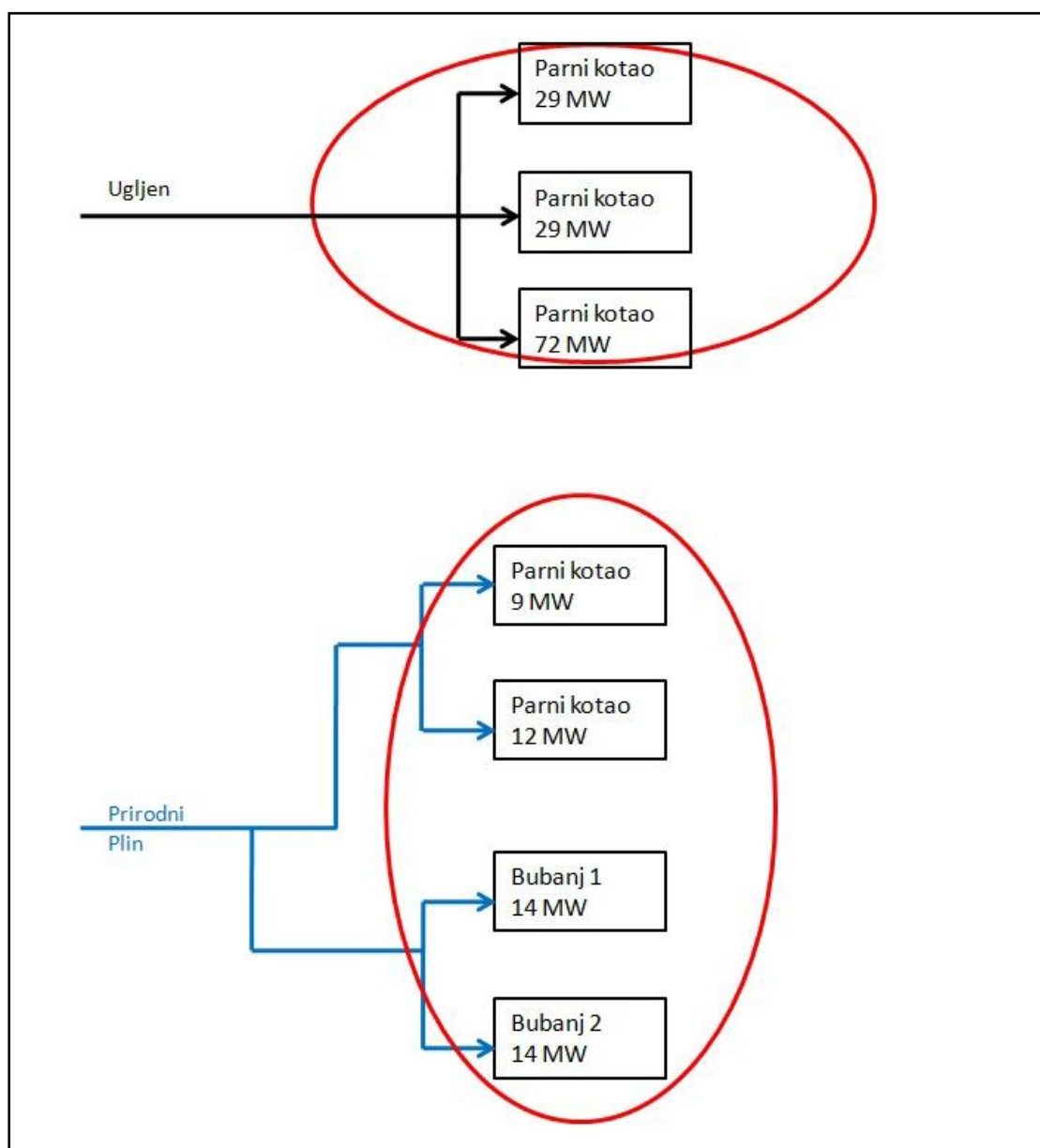
T 30 Početne vrijednosti parametara

Parametar	[kn]
Cijena tCO ₂	75
Cijena ugljena	490
Cijena PP	1
Cijena bioplina	1
Cijena biomase	338

T 31 Promjena parametara promatranih u analizi osjetljivosti

Parametar [kn]	-50%	0	50%	100%	300%
Cijena tCO ₂	38	75	113	150	300
Cijena ugljena	245	490	735	979	1.959
Cijena PP	0,70	1,40	2,10	2,80	5,60
Cijena bioplina	0,70	1,40	2,10	2,80	5,60
Cijena biomase	169	338	506	675	1.350

4.5.1. Smanjenje emisija CO₂ u Osijeku



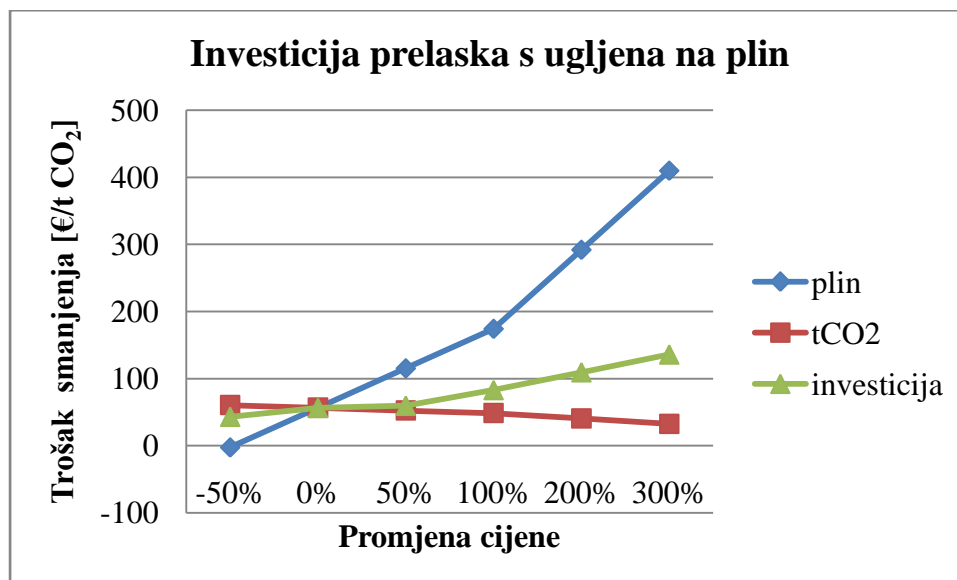
S 30 Shematski prikaz tvornice šećera Osijek

Prelazak s ugljena

Slika S 30 daje shematski prilaz moguće investicije prelaska na gorivo s manjim sadržajem ugljika odnosno na prirodni plin i prelazak na alternativna goriva bioplin i biomasu, koja je izvediva na 3 kotla ukupne snage 130 MW. Prelazak s ugljena na prirodni plin ili bioplin zahtjeva investiciju od 50 €/ kW [9] što je za 130 MW ukupno 6.500.000 € odnosno 48.750.000 kn (u radu je korišten tečaj eura 1€= 7,5kn). Zamjena goriva prelaskom na biomasu promatrana je s pretpostavkom da investicija nije potrebna jer se kotlovi na ugljen mogu koristiti i za biomasu zato što sadrže puzajuću rešetku. Uz općenite pretpostavke izračuna korištene su i pretpostavke specifične za tvornicu šećera Osijek kako slijedi:

- Investicijski trošak postrojenja sveden je na 130 MW što je 48.750.000 kn
- Fiksni troškovi pogona i održavanja pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije što je 1.706.250 kn

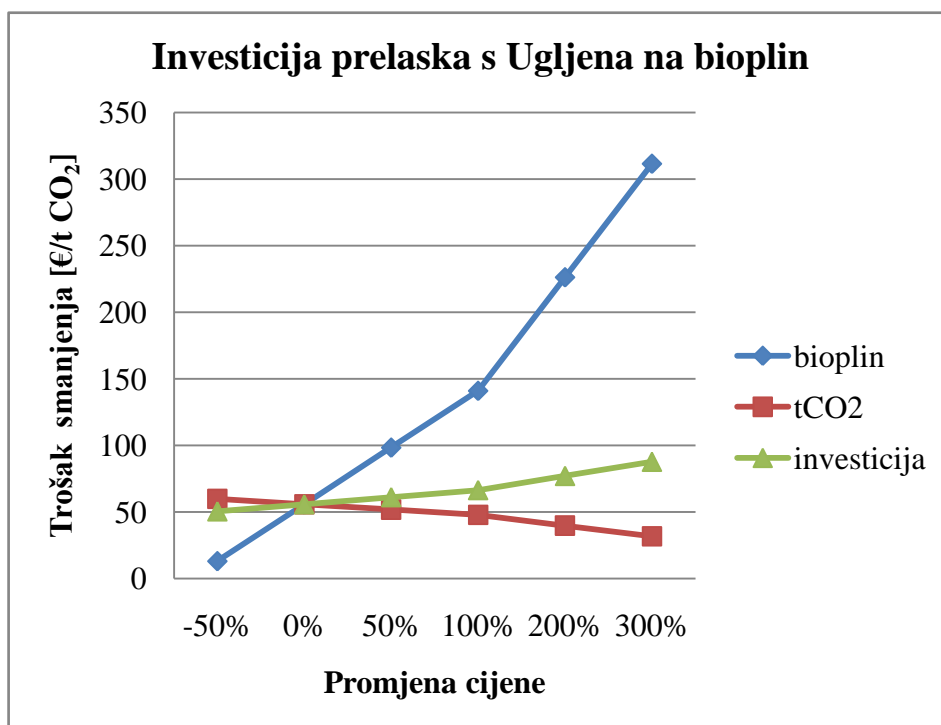
Analiza osjetljivost za postrojenje u Osijeku daje utjecaj promjene odabranih parametara na trošak smanjenja cijene po tCO₂ na razini ukupne potrošnje ugljena ili prirodnog plina po postrojenju.



S 31 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na prirodni plin

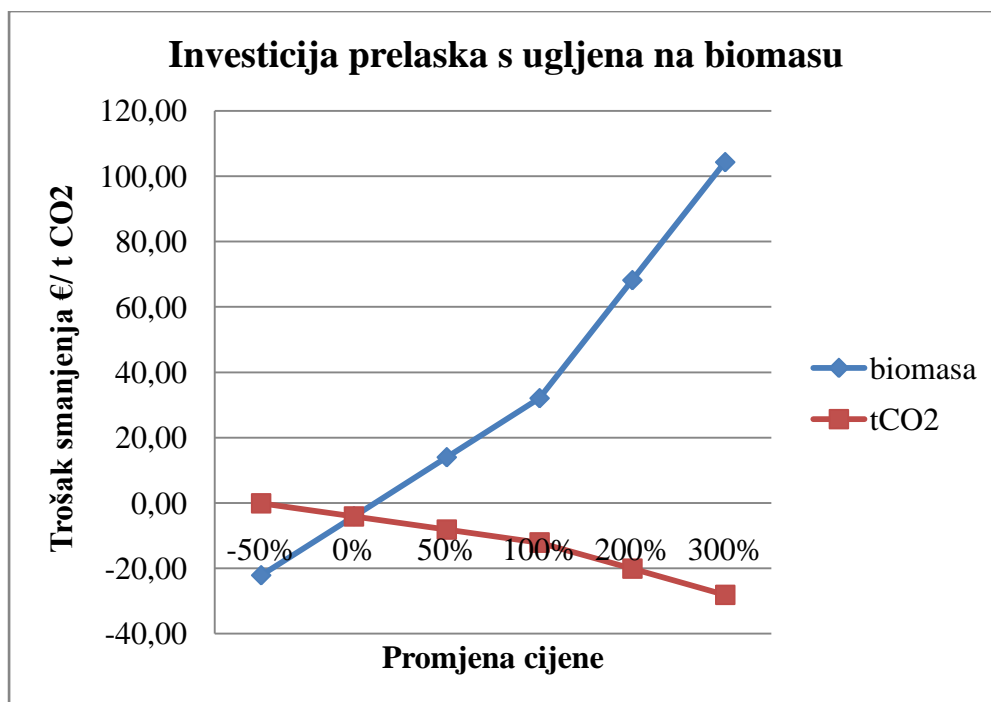
Slika S 31 prikazuje kako je trošak smanjenja [€/ tCO₂] investicijom prelaska na gorivo s manjim sadržajem ugljika- prirodni plin, najkonkurentniji prilikom porasta cijene tCO₂. Cijena troška smanjenja po toni emisije je 60 €, ako se cijena CO₂ spusti za 50% odnosno ako je cijena 1 tCO₂ jednaka 5 €. U slučaju da cijena emisije CO₂

poraste za 300% na 40 €, trošak smanjenja emisije se spušta do 32 € po tCO₂ što je isplativo. Porastom cijene PP investicija prelaska nije isplativa jer je kod povećanja cijene PP za 50% odnosno na 2,10 kn/m³ trošak smanjenja 115 € što je neisplativo obzirom na trenutnu cijenu emisije CO₂ na tržištu. Investicija prelaska na PP je neisplativa jer je trošak smanjenja po tCO₂ jednak 56 €, što je visoki trošak obzirom na cijenu emisije CO₂ na tržištu za trošak investicije 50 €/ kW.



S 32 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na bioplin

Slika S 32 prikazuje kako je trošak smanjenja [€/ tCO₂] investicijom prijelaska na alternativno gorivo- bioplin, najkonkurentnije prilikom porasta cijene tCO₂. Cijena smanjenja troškova po toni emisije je 60 €, ako se cijena CO₂ spusti za 50% odnosno ako je cijena 1 tCO₂ jednaka 5 €. U slučaju da cijena emisije CO₂ poraste za 300% na 40 €, trošak smanjenja emisije se spušta do 32 € po tCO₂ što je isplativo. Porastom cijene bioplina investicija prelaska nije isplativa jer je kod povećanja cijene bioplina za 50% odnosno na 2,10 kn/m³ trošak smanjenja 98 € što je neisplativo obzirom na trenutnu cijenu emisije CO₂ na tržištu. Investicija prelaska na bioplin je ista kao i za PP. Prelazak na alternativno gorivo bioplin ili PP je neisplativ jer je trošak smanjenja po tCO₂ jednak 56 € za trošak investicije 50 €/ kW. Kod smanjenje cijene investicije za 50% trošak smanjenja kod bioplina 50 €/ tCO₂, a kod PP 43 €/ tCO₂.



S 33 Relativna promjena parametara kod prelaska ugljena na biomasu

Slika S 33 prikazuje kako je trošak smanjenja [€/ tCO₂] investicijom prijelaska na alternativno gorivo- biomasu, najkonkurentnije prilikom porasta cijene tCO₂. Cijena troška smanjenja po toni emisije je 0 €, ako se cijena CO₂ spusti za 50% odnosno ako je cijena 1 tCO₂ jednaka 5 €. U slučaju da cijena emisije CO₂ poraste za 300% na 40 €, trošak smanjenja emisije postaje zarada i to 28 € na svaku tCO₂ smanjenja emisije. Porastom cijene biomase investicija prelaska je također isplativa jer je kod povećanje cijene biomase za 50% odnosno na 506,25 kn/ t biomase trošak smanjenja 14 €/ tCO₂.

U tablicama T 32, T 33 i T 34 prikazane su promjene parametara i vrijednosti troškova smanjenja emisija kod investicije prelaska na različite vrste goriva. Kod prelaska s ugljena na neko drugo gorivo najisplativija je zamjena s biomasom.

T 32 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na prirodni plin

Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena PP [kn]	0,70	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	-2,49	56,41	115,31	174,21	292,00	409,80
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	60,41	56,41	52,41	48,41	40,41	32,41
Cijena investicije PP [kn]	24.375.000	48.750.000	73.125.000,00	97.500.000	146.250.000	195.000.000
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	43,13	56,41	59,68	82,96	109,51	136,05

T 33 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na bioplin

Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena bioplin [kn]	0,70	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	13,13	55,75	98,38	141,01	226,27	311,52
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	59,75	55,75	51,75	47,75	39,75	31,75

Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena investicije PP [kn]	24.375.000,00	48.750.000,00	73.125.000,00	97.500.000,00	146.250.000,00	195.000.000,00
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	50,41	55,75	61,10	66,45	77,14	87,82

T 34 Relativna promjena parametara kod prelaska ugljena na biomasu

Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena biomasa [kn]	168,75	337,50	506,25	675,00	1.012,50	1.350,00
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	-22,13	-4,06	14,01	32,08	68,22	104,36
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Troškovi smanjenja [€/ tCO ₂]	-0,06	-4,06	-8,06	-12,06	-20,06	-28,06

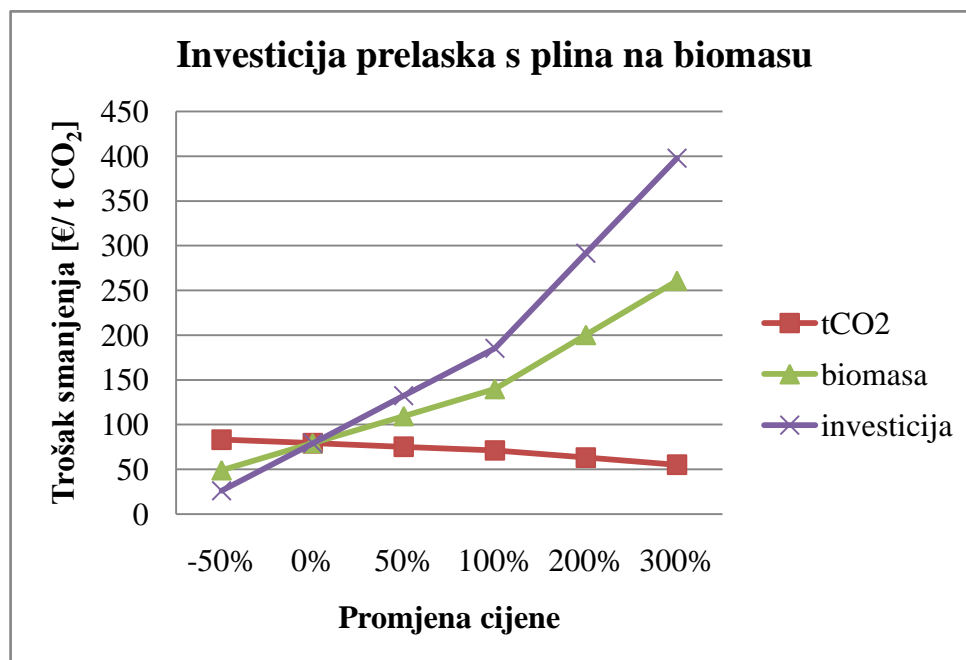
Prelazak s prirodnog plina

Slika S 30 prikazuje shemu tvornice šećera Osijek gdje je najmanja investicija prelaska na alternativna goriva bioplin i biomasu, izvediva na 4 kotla ukupne snage 49 MW. Prelazak na bioplin promatran je s pretpostavkom da investicija nije potrebna dok kod prelaska s prirodnog plina na biomasu zahtjeva investiciju od 115 €/ kW [10] što je za 49 MW ukupno 5.635.000 € odnosno 42.262.500 kn (u radu je korišten tečaj eura 1 € = 7,5 kn). Investicija prelaska na biomasu promatrana je s pretpostavkama izračuna kako slijedi:

- Investicijski trošak postrojenja sveden je na 49 MW što je 42.262.500 kn
- Fiksni troškovi pogona i održavanja pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije što je 5.916.750 kn

Analiza osjetljivost za postrojenje u Osijeku daje utjecaj promjene odabranih parametara na cijenu troška smanjenja po tCO₂.

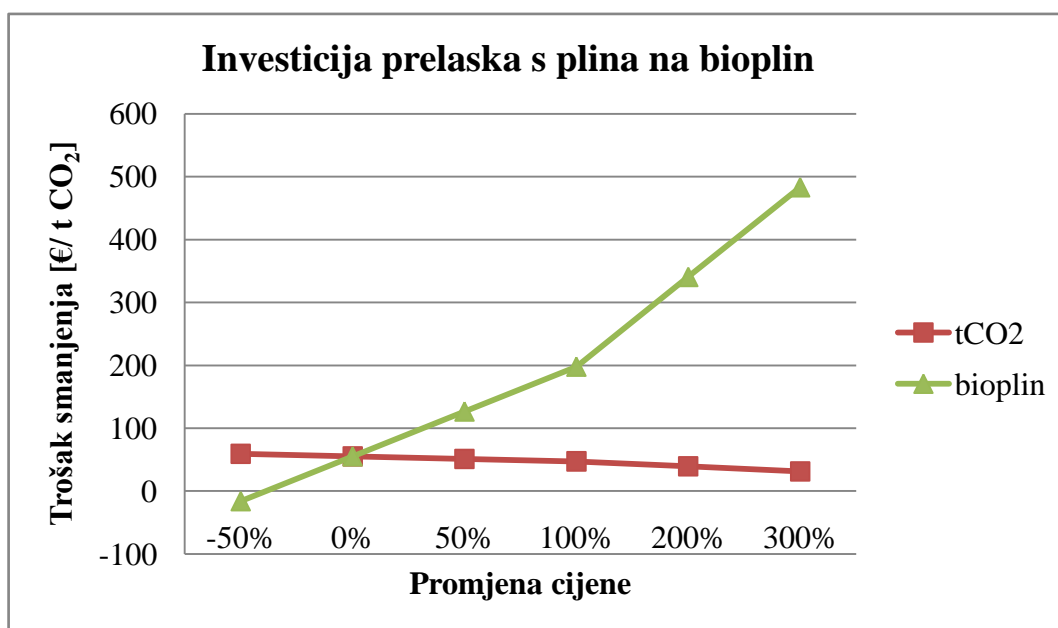
Promatrani parametri u analizi osjetljivosti su navedeni u tablicama T 31. Dok se jedan parametar mijenja, drugi parametri ostaju na početnim vrijednostima kao što je navedeno u tablici T 30.



S 34 Relativna promjena parametara kod prelaska s prirodnog plina na biomasu

Slika S 34 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] investicijom prijelaska na alternativno gorivo- biomasu. Cijena troška smanjenja po toni emisije je 83 €, ako se cijena CO₂ spusti za 50% odnosno ako je cijena 1 tCO₂ jednaka 5 €. U slučaju da

cijena emisije CO₂ poraste za 300% na 40 €, trošak smanjenja emisije se spušta do 55 € po tCO₂ što nije isplativo. Porastom cijene biomase investicija prelaska na biomasu nije isplativa jer je kod povećanje cijene biomase za 50% odnosno na 506 kn/t trošak smanjenja 109 € što je neisplativo obzirom na trenutnu cijenu emisije CO₂ na tržištu. Investicija prelaska na biomasu postaje prihvatljiva ukoliko se cijena investicije prelaska s PP na biomasu spusti za 50 % odnosno na 57 €/ kW pa je trošak smanjenja emisije 26 €/ tCO₂.



S 35 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin

Slika S 35 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] investice prijelaskom na alternativno gorivo- bioplin. Cijena troška smanjenja po toni emisije je 59 €, ako se cijena CO₂ spusti za 50% odnosno ako je cijena 1 tCO₂ jednaka 5 €. U slučaju da cijena emisije CO₂ poraste za 300% na 40 €, trošak smanjenja emisije se spušta na 31 € po tCO₂ što nije isplativo. Porastom cijene bioplina investicija prelaska nije isplativa jer je kod povećanje cijene bioplina za 50% odnosno na 2,10 kn/ m³ trošak smanjenja 126 € što je neisplativo obzirom na trenutnu cijenu emisije CO₂ na tržištu. Investicija prelaska na bioplin postaje isplativija ukoliko se cijena bioplina spusti za 50 % odnosno na 0,7 kn/ m³ pa je trošak smanjenja emisije prelazi u zaradu od 16 € po svakoj smanjenoj emisiji tCO₂.

U tablicama T 35 i T 36 prikazane su promjene parametara i vrijednosti troškova smanjenja emisije kod investicije prelaska na različite vrste goriva. Vrijednosti troška smanjenja nisu opravdane za prelazak s PP na bioplin ili biomasu.

T 35 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu

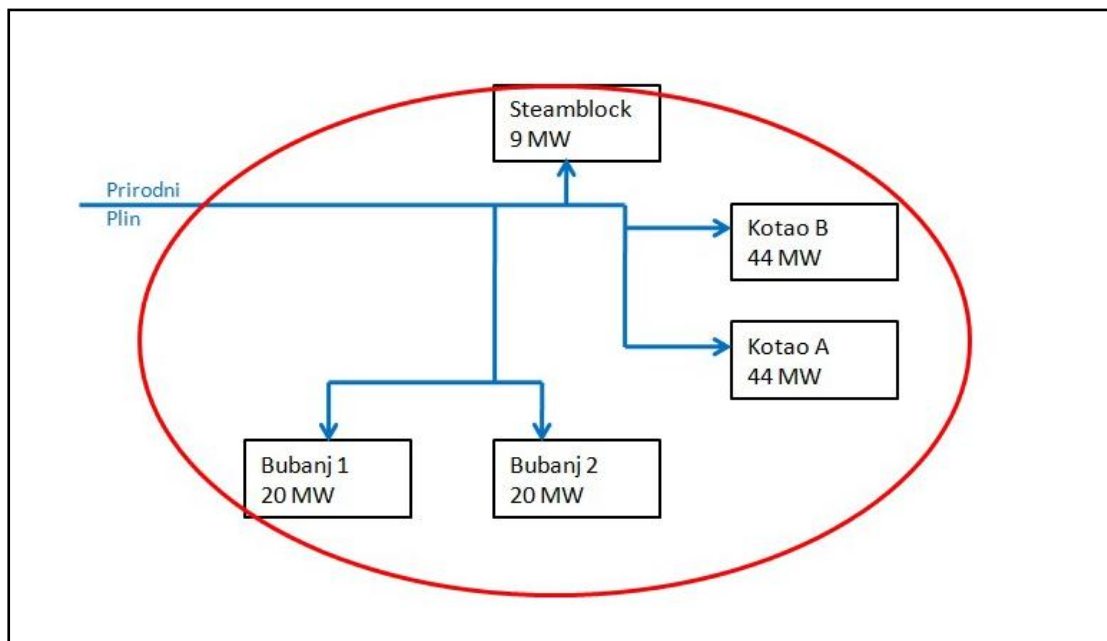
Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	83,27	79,27	75,27	71,27	63,27	55,27
Cijena biomasa [kn]	168,75	337,50	506,25	675,00	1012,50	1350,00
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	49,02	79,27	109,53	139,78	200,29	260,79
Cijena investicije PP [kn]	21.131.250	42.262.500	63.393.750	84.525.000	126.787.500	169.050.000
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	26,17	79,27	132,37	185,48	291,68	397,88

T 36 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin

Promjena parametra	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	59,31	55,31	51,31	47,31	39,31	31,31
Cijena bioplin [kn]	0,70	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-16,06	55,31	126,69	198,06	340,81	483,56

4.5.2. Smanjenje emisija CO₂ u Županji

Prelazak s prirodnog plina



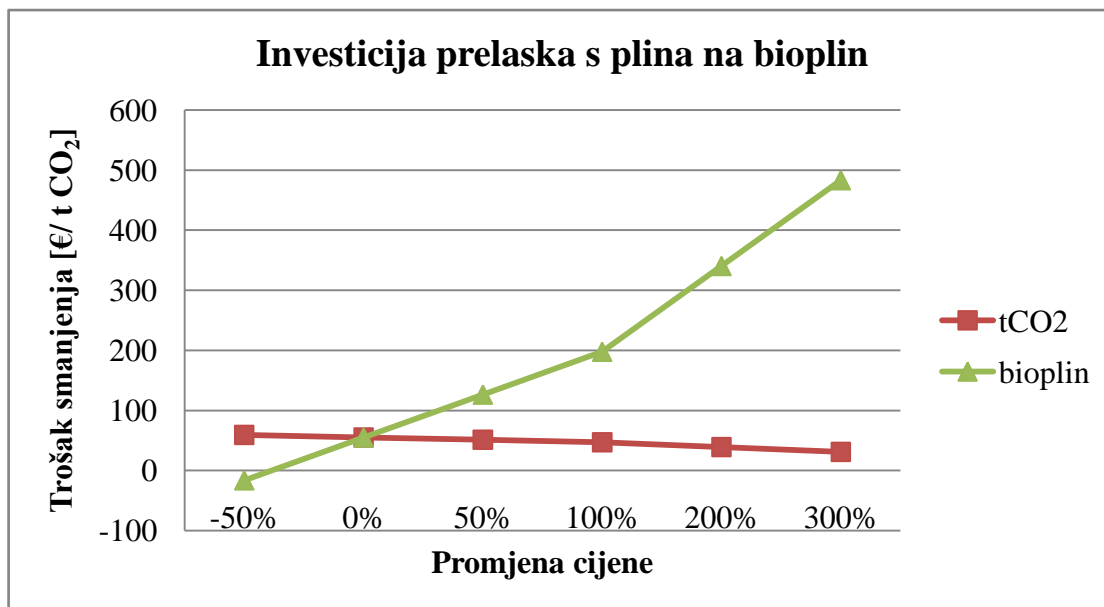
S 36 Shematski prikaz tvornice šećera Županja

Slika S 36 daje shematski prikaz moguće investicije prelaska na alternativna goriva bioplina i biomasa, koja je izvediva na 5 kotlova ukupne snage 137 MW. Prelazak na bioplin promatran je s pretpostavkom da investicija nije potrebna, dok prelazak s prirodnog plina na biomasu zahtjeva investiciju od 115 €/kW [10] što je za 137 MW ukupno 15.755.000 € odnosno 118.162.500 kn (u radu je korišten tečaj eura 1 € = 7,5 kn). Investicija prelaska na biomasu promatrana je s pretpostavkom izračuna kako slijedi:

- Investicijski trošak postrojenja sveden je na 137 MW što je 118.162.500 kn;
- Fiksni troškovi pogona i održavanja pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije što je 4.135.687 kn;
- Rok otplate kredita je 20 godina;
- Kamatna stopa je 8%;
- Porez na dobit je 20%;
- Diskontna stopa je 9%.

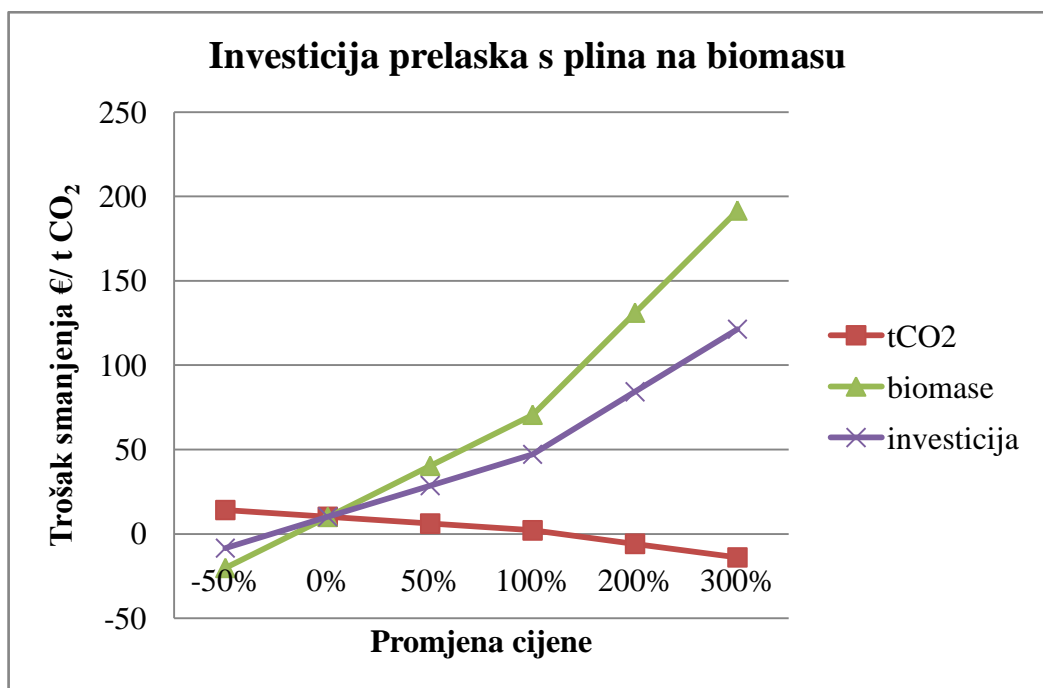
Analiza osjetljivost za postrojenje u Županji daje utjecaj promjene odabranih parametara na cijenu smanjenja troškova po tCO₂.

Promatrani parametri u analizi osjetljivosti su navedeni u tablici T 31 te dok se jedan parametar mijenja, drugi parametri ostaju na početnim vrijednostima kao što je navedeno u tablici T 30.



S 37 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin

Slika S 37 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] prelaskom s PP na alternativno gorivo bioplin. Porastom cijene emisije tCO₂ za 300% na iznos od 40 € trošak smanjenja emisije je 31 € po tCO₂, što prelazak ne čini isplativim. Prelazak na zamjensko gorivo, bioplin postaje privlačno kada cijena bioplina padne za 50 % na cijenu od 0,70 kn/m³ te tada trošak smanjenja, postaje zarada od 16 € po svakoj smanjenoj emisiji tCO₂.



S 38 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na biomasu

Slika S 38 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] prelaskom s PP na alternativno gorivo biomasu. Porastom cijene emisije tCO₂ za 300% na iznos od 40 € trošak smanjenja emisije postaje zarada od 13 € po smanjenoj emisiji tCO₂. Padanjem cijene emisije tCO₂ za 50 % na iznos od 5 € trošak smanjenja emisije je 14 € po smanjenoj emisiji tCO₂, što investiciju prelaska na alternativno gorivo biomasu čini isplativom i preporučivom. Ukoliko trošak investicije ostane na istoj cijeni od 115 €/ kW trošak smanjenja emisije je i dalje isplativ jer iznosi 10 € po svakoj tCO₂.

U tablicama T 37 i T 38 prikazane su promjene parametara i vrijednosti troškova smanjenja emisije kod investicije prelaska na različite vrste goriva. Prema vrijednostima troškova smanjenja, preporuka prelaska na zamjensko gorivo u tvornici šećera Županja je na biomasu.

T 37 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin

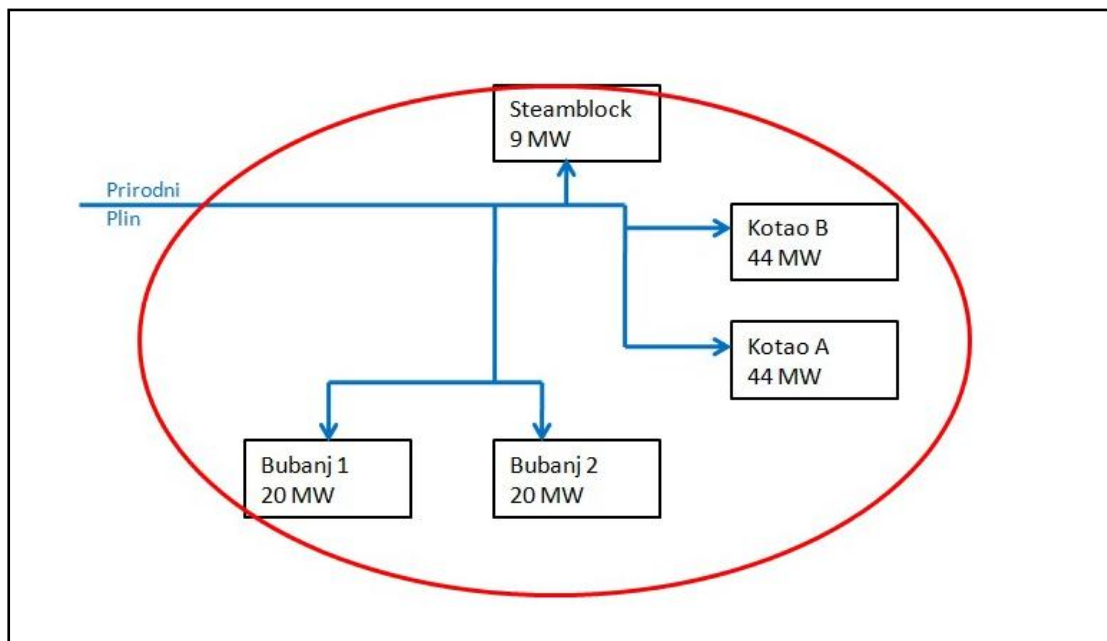
Promjena parametara	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	59,31	55,31	51,31	47,31	39,31	31,31
Cijena bioplin [kn]	0,70	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-16,06	55,31	126,69	198,06	340,81	483,56

T 38 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu

Promjena parametara	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	14,15	10,15	6,15	2,15	-5,85	-13,85
Cijena biomasa [kn]	168,75	337,50	506,25	675,00	1012,50	1350,00
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-20,10	10,15	40,40	70,66	131,16	191,67
Cijena investicije biomase [kn]	59.081.250	118.162.500	177.243.750	236.325.000	354.487.500	472.650.000
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-8,39	10,15	28,69	47,23	84,31	121,39

4.5.3. Smanjenje emisija CO₂ u Viro

Prelazak s prirodnog plina



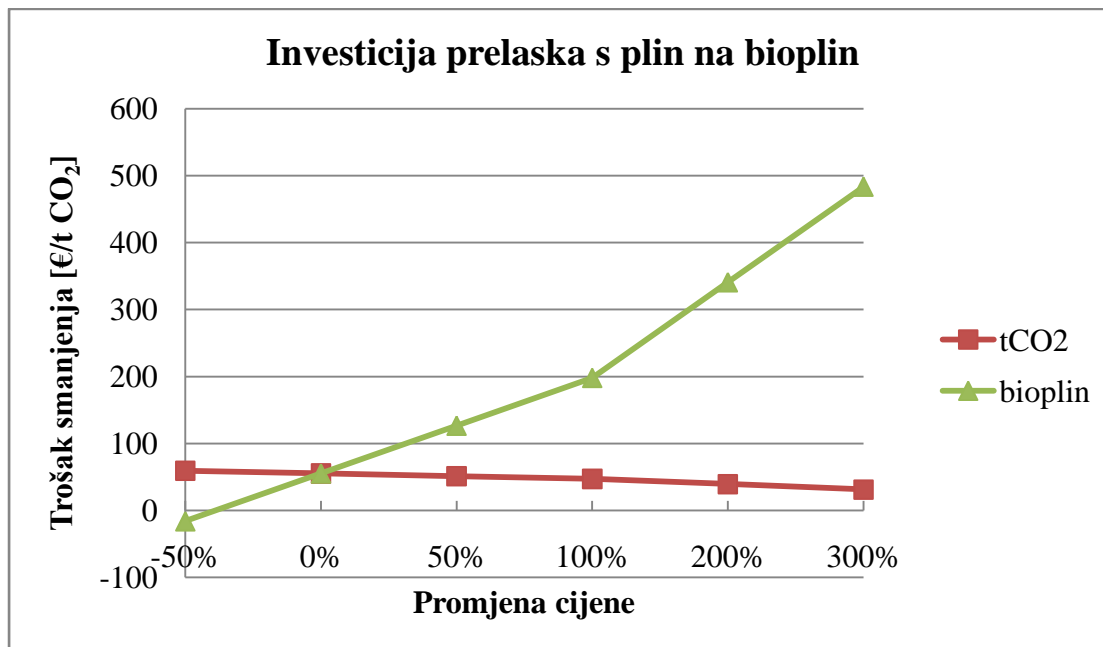
S 39 Shematski prikaz tvornice šećera Viro

Slika S 39 daje shematski prikaz moguće investicije prelaska na alternativna goriva bioplina i biomasa, koja je izvediva na 4 kotla ukupne snage 137,9 MW. Prelazak na bioplin promatran je s pretpostavkom da investicija nije potrebna. Kod zamjene goriva PP s biomasom potrebna je investicija od 115 €/kW [10] što je za 137,9 MW ukupno 15.858.500 € odnosno 118.938.750 kn (u radu je korišten tečaj eura 1 € = 7,5 kn). Investicija prelaska na biomasu promatrana je s pretpostavkom izračuna kako slijedi:

- Investicijski trošak postrojenja sveden je na 137,9 MW što je 118.938.750 kn;
- Fiksni troškovi pogona i održavanja pretpostavljeni su u visini 3,5% investicije što je 4.162.856 kn;
- Rok otplate kredita je 20 godina;
- Kamatna stopa je 8 %;
- Porez na dobit je 20 %;
- Diskontna stopa je 9 %.

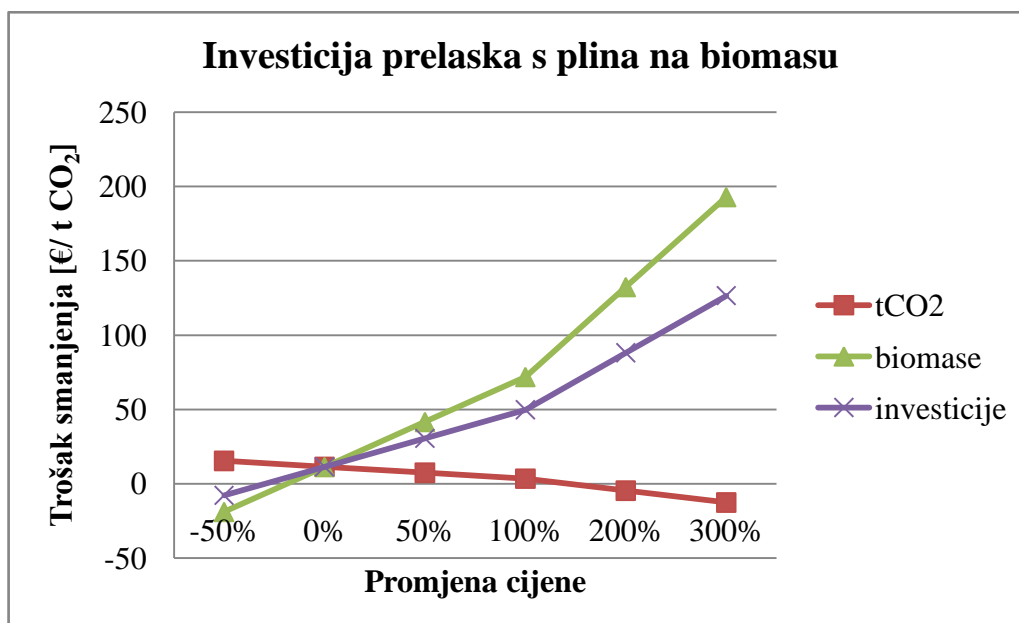
Analiza osjetljivost za tvornicu šećera Viro daje utjecaj promjene odabranih parametara na cijenu troška smanjenja po tCO₂.

Promatrani parametri u analizi osjetljivosti su navedeni u tablici T 31. Dok se jedan parametar mijenja, drugi parametri ostaju na početnim vrijednostima kao što je navedeno u tablici T 30.



S 40 Promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin

Slika S 40 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] prelaskom s PP na alternativno gorivo bioplin. Porastom cijene emisije tCO₂ za 300% na iznos od 40 € trošak smanjenja emisije je 31 € po tCO₂, što prelazak ne čini isplativim. Prelazak na zamjensko gorivo, bioplin postaje isplativ kada cijena bioplina padne za 50 % na cijenu od 0,70 kn/m³ tada trošak smanjenja emisije, postaje zarada od 16 € po svakoj smanjenoj emisiji tCO₂.



S 41 Promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na biomasu

Slika S 41 prikazuje trošak smanjenja [€/ tCO₂] prelaskom s PP na alternativno gorivo biomasu. Porastom cijene emisije tCO₂ za 300% na iznos od 40 € trošak smanjenja emisije postaje zarada od 12 € po svakoj smanjenoj emisiji tCO₂. Padanjem cijene emisije tCO₂ za 50 % na iznos od 5 € trošak smanjenja emisije je 15 €, što i dalje investiciju prelaska na alternativno gorivo biomasu čini isplativom i preporučivom. Ukoliko trošak investicije ostane na istoj cijeni od 115 €/ kW trošak smanjenja emisije je i dalje isplativ i iznosi 11 € po svakoj tCO₂. Ako cijena biomase počne rasti, prelazak na biomasu nije isplativ jer već kod poskupljenja od 50 % na cijenu od 506 kn/ t trošak smanjenja iznosi 41 €, što je na cijenu emisije na tržištu neisplativo.

U tablicama T 39 i T 40 prikazane su promjene parametara i vrijednosti troškova smanjenja emisije kod investicije prelaska na različite vrste goriva. Prema vrijednostima troškova smanjenja, preporuka prelaska na zamjensko gorivo u tvornici šećera Viro je na biomasu.

T 39 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin

Promjena parametara	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	59,31	55,31	51,31	47,31	39,31	31,31
Cijena bioplin [kn]	0,70	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-16,06	55,31	126,69	198,06	340,81	483,56

T 40 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu

Promjena parametara	-50%	0%	50%	100%	200%	300%
Cijena tCO ₂ [kn]	38	75	113	150	225	300
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	15,43	11,43	7,43	3,43	-4,57	-12,57
Cijena biomasa [kn]	169	338	506	675	1.013	1.350
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-18,82	11,43	41,68	71,94	132,44	192,95
Cijena investicije biomase [kn]	59.469.375	118.938.750	178.408.125	237.877.500	356.816.250	475.755.000
Trošak smanjenja [€/ tCO ₂]	-7,75	11,43	30,60	49,79	88,15	126,51

5. Rasprava

Rad se bavi smanjenjem emisija CO₂ povećanjem energetske efikasnosti i to investiranjem u zamjenu kotlova kako bi se prešlo na gorivo s manjim sadržajem ugljika ili na alternativna goriva bioplin ili biomasu. U sektoru proizvodnje šećera ne nailazi se mnogo radova na istu temu već se većinom bave smanjenjem otpada, upravljanjem vodama, tretiranjem otpadnih voda [13] i krutog otpada [14]. Ne postoji BAT posebno za proizvodnju šećera [15] već su istraživanja proizvodnje šećera fokusirana na implementaciji novih tehnologija koja će biti zamijenjena s postojećem na način da se smanji potrošnja vode i energije te da se snize troškovi proizvodnje. Jedini parametar u proizvodnji šećera usporediv s EU praksom je ugljični otisak koji je vrlo širokog raspona pa i ne daje jasnu sliku odstupanja hrvatskih šećerana od EU.

Referentna vrijednost za energetske potrebe proizvodnje šećera među 10% najboljih šećerana ima vrijednost specifične topline od 5,6 GJ/ tšećera za 1997. godinu odnosno 5,17 GJ/ tšećera za 2001. godinu gdje je uzeto smanjenje energije za 2% godišnje. Referentna vrijednost na osnovi 10 najboljih zapadno europskih tvornica šećera spuštana je na 4,23 GJ/ tšećera [15].

Energetski zahtjevi šećerana ovise o različitim stanicama u proizvodnim procesima, a usporedba s referentnim vrijednostima pruža mogućnost usporedbe i ocjenjivanja potrošnje energije u tim tvornicama. Referentne vrijednosti su energetski podaci koji odražavaju prosječne vrijednosti zapadno europskih tvornica šećera te služe za procjenu sustava unutar sličnih sustava.

Usporedbom vrijednosti potrošnje specifične topline hrvatskih tvornica šećera s referentnim vrijednostima najboljih europskih šećerana prikazanih u tablici T 41 vidljivo je veliko odstupanje i velik prostor za smanjenjem specifične topline kod sve tri tvornice šećera. Također je vidljivo da je tvornica šećera Viro najbliža europskim primjerima.

T 41 Specifična toplina po jedinici proizvoda

HR		EU	
Viro	9 GJ/ tšećera	Referentna vrijednost 1997	5,6 [GJ/ tšećera]
Županja	13,88 GJ/ tšećera	Referentna vrijednost 2001	5,17 [GJ/ tšećera]

Osijek	14,59 GJ/ t šećera	Referentna vrijednost 10 najboljih	4,23 [GJ/ tšećera]
--------	--------------------	---------------------------------------	--------------------

Zbog velike količine korištenja goriva s velikim sadržajem ugljika postoji mogućnost njegove zamjene te smanjenje emisije CO₂ za oko 40%.

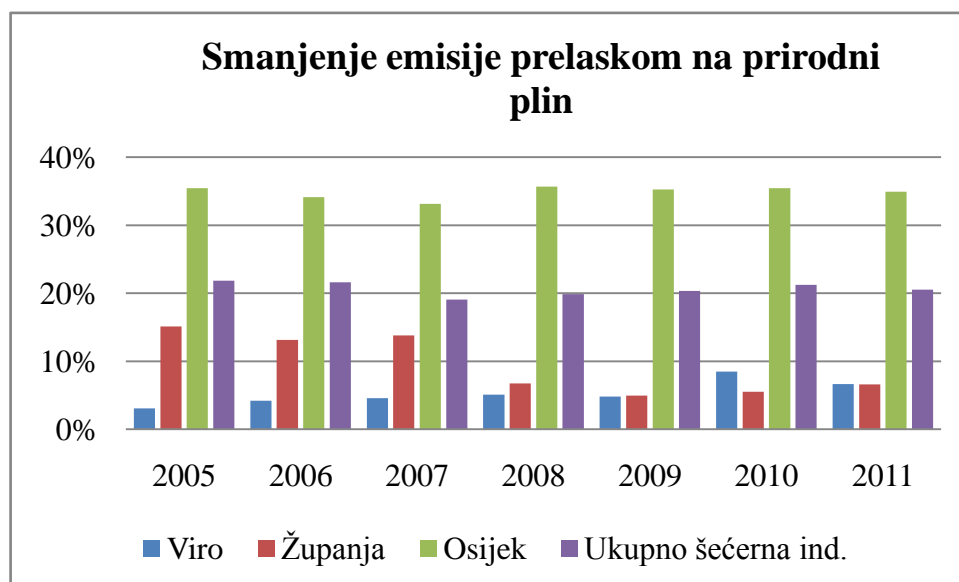
Viro ima najveći udio troškova u proizvodnji za kupnju prirodnog plina jer je to gorivo s najvećim udjelom u toj tvornici šećera.

Sladorana Županja najveći udio troškova ima na prirodni plin, međutim još uvijek veliki udio u korištenom gorivu ima loživo ulje koje se može zamijeniti s gorivom s manjim sadržajem ugljika te smanjiti emisija CO₂.

Tvornica šećera Osijek najveći udio troškova ima na ugljen i loživo ulje te i time najveći potencijal za smanjenje emisija CO₂ prelaskom na gorivo s manjim sadržajem ugljika ili na neko alternativno gorivo.

Zamjenom goriva s velikim sadržajem ugljika te prelaskom na prirodni plin ili biomasu postoji velika mogućnost smanjenja emisija CO₂.

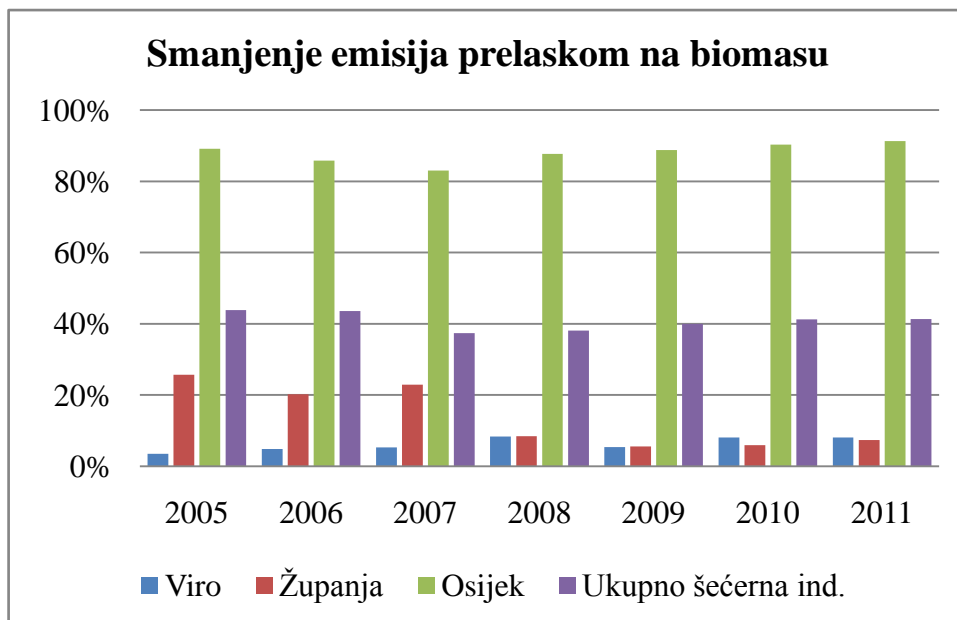
Slika S 42 prikazuje da je najveće smanjenje emisije ostvarivo u Osijeku i to za više od 30% prilikom zamjene korištenog goriva (bez prirodnog plina), na prirodni plin.



S 42 Smanjenje emisije prelaskom s goriva većeg sadržaja ugljika na prirodni plin

Kod prelaska na zamjensko gorivo biomasu, emisije iz biomase su jednake nuli pa je i smanjenje emisije još veće. Na slici S 43 prikazano je smanjenje emisije prilikom

zamjene korištenog goriva (bez prirodnog plina) biomasom. Najveće smanjenje emisija ostvarivo je u tvornici šećera Osijek gdje je moguće ostvariti smanjenje emisija gotovo do 90%.



S 43 Smanjenje emisije prelaskom s goriva većeg sadržaja ugljika na biomasu

Na slikama S 42 i S 43 prikazane su postotne vrijednosti mogućnosti smanjenja emisija CO₂ ukoliko se sva trenutno korištena goriva zamjene s prirodnim plinom ili s biomasom. Slike prikazuju mogućnost smanjenja emisije u svim tvornicama šećera u RH za 20% prelaskom na prirodni plin ili za 40% ukoliko se ostvari prelazak na biomasu. Najveće smanjenje emisija ostvarivo je u tvornici šećera Osijek i to do 90% prilikom prelaska na biomasu.

Za tvornicu šećera Osijek analiza osjetljivosti pokazala je da je najisplativiji prelazak s ugljena na biomasu i to već kod najniže cijene tCO₂ od 5 € gdje se zarada povećava kako cijena CO₂ raste.

Za Sladoranu Županja najisplativiji je prelazak s prirodnog plina na biomasu, ali u slučaju da se cijena biomase ne mijenja kao niti cijena investicije.

Za tvornicu šećera Viro prelazak na biomasu je isplativ tek kada cijena tCO₂ počinje rasti ili cijena biomase i investicije padati.

6. Zaključci

U ovom radu prikazana je analiza mogućnosti smanjenje emisija CO₂ u sektoru proizvodnje šećera. Iako općenit i pojednostavljeni pristup zbog promatranja podataka na razini cijelog postrojenja i cijelog sektora, prvenstveno zato što podaci po jedinici postrojenja ne postoje, rad daje smjernice koje je potrebno dalje istraživati ukoliko se želi dobiti preciznija analiza, točna procjena troškova te isplativost investicije. Takva razrada je potrebna ukoliko se jedna od hrvatskih tvornica šećera odluče za investiciju zamjene goriva s manjim sadržajem ugljika ili na neko od alternativnih goriva. Kako bi se hrvatske tvornice šećera pozicionirale na europskom tržištu potrebno je izvršiti usporedbu pokazatelja s europskim šećeranama kojih za ovaj rad nije bilo u odgovarajućem formatu i mjernim jedinicama. Isti pokazatelji nisu dobiveni jer nije bilo odgovarajućih podataka, ali i interesa za dostavom što točnijih podataka. Šećerna industrija u EU ima jaku konkurenciju u svijetu, prvenstveno od Brazila te joj je teško konkurirati zbog visokih zahtjeva iz područja zaštite okoliša i uvoznih kvota koje prvenstveno definiraju investiciju ulaganja i proizvodnju te se zbog toga na ulaganja teško odlučiti.

Analiza daje preporuke tvornici šećera Osijek za zamjenu ugljena biomasom koja je isplativa i s početnim vrijednostima navedenih u tablici T 30. Smanjenjem emisije prelaskom na biomasu na svaku smanjenu tCO₂ zarada je 4€. Za smanjenje emisija od 63.131,70 tCO₂ godišnje moguća je zarada od 256.314 €.

U tvornici šećera Županja najisplativiji je prelazak s PP na biomasu gdje je smanjenje emisije prelaskom na biomasu ostvarivo i do 44.126 tCO₂.

U tvornici šećera Viro prelazak s PP na biomasu postaje isplativ tek kada bi se cijena emisije tCO₂ povisila ili kada bi se cijena biomase i investicije snizila. Za tvornicu šećera Viro nema preporuke prelaska na zamjensko gorivo kojim bi se smanjile emisije, obzirom na trenutnu cijenu emisije tCO₂ na tržištu, a da proizvodnja šećera ostane profitabilna.

7. Literatura

1. Odluka o proglašenju Zakona o potvrđivanju Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime. s.l. : Narodne novine, 2007. Svez. NN-MU br. 05/07.
2. *National Inventory Report*. 2012.
3. European Comission Climate Action. [Mrežno] November 2010. http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm.
4. **FAO**. 2011.
5. *SUSTAINABLE PRODUCTION OF RAW AND REFINED CANE SUGAR*. **Rein, Peter W.** Montreal : an., 2011.
6. **Sustainability, the EU Beet and sugar Sector: A model of environmental**. CEFS.ORG- Comite Europeen des fabricants de Sucre. [Mrežno] May 2010. www.cefs.org.
7. **IPCC**. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Energy. Svez. 2.
8. Priručnik za oraćenje i izvješćivanje o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja. 2009.
9. **F.J. Binkiewicz Jr., P.E., R.J. Kleisley, B.E. McMahon, J.E. Monacelli, D.A. Roth, D.K. Wong**. Natural Gas Conversions of Existing Coal-Fired Boilers. *White paper*. Barberton, Ohio, U.S.A. : Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc., 2010.
10. *Techno-economic analysis of wood biomass boilers for the greenhouse industry*. **J. Chau a, T. Sowlati a,* , S. Sokhansanj b,c, F. Preto d, S. Melin e, X. Bi b**. s.l. : Elsevier, Applied Energy, 2008, Vol. 86.
11. **Corporation, International Finance**. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Sugar Manufacturing. 2007, Svez. April.
12. *Konkurentnost šumske biomase u Hrvatskoj u uvjetima tržišta CO2 Emisija*. **r. Pašičko, D. Kajba, J. Domac**. s.l. : Šumarski list, 2009, Svez. 7-8.
13. *Water saving and sludge minimization in beet-sugar factory through re-design of the wastewater treatment facility*. **Dilek, Filiz B., Yetis, Ulku i Gokcay, Celal F**. s.l. : Journal of Cleaner Production, 2003, Svez. 11.
14. **Merkel, Josef**. *Reduction of energy consumption by the Austrian sugar factories in the period 1990-2002*.

15. *The product carbon footprint of EU beet sugar.* **Ingo Klenk, Birgit Landquist, Oscar Ruiz de Imana.** 137 (62), s.l. : CEFS, 2012.
16. Odluka o instrumentima za usklađivanje zakonodavstva Republike Hrvatske s pravnom stečevinom Europske unije (NN 093/2011). 2011.
17. **Petek, Janez, Gorsek, Andrija i Marijan, Host.** *IPCC in a sugarbeet company, searching of possibilities the BAT implementation- a case study.* Maribor : an.
18. *A decomposition approach for retrofit design of energy system in the sugar industry.* **Urbaniec, K, Zalewski, P i Zhu, X X.** s.l. : Applied thermal engineering, 2000, Svez. 20.
19. *recent trends in mexican industrial energy use and their impact on carbon dioxide emissions.* **Sheinbaum, Claudia i Rodriguez, Luis V.** s.l. : Elsevier Science Ltd, 1997, Svez. 25.
20. *Minimum energy consumption in sugar production by cooling crystallisation of concentrated raw juice.* **Grabowski, M, i dr.** s.l. : Applied Thermal Engineering , 2001, Svez. 21.
21. *Potential for reduction of CO2 emissions and low-carbon scenario for the Brazilian industrial sector.* **Henriques Jr., Mauricio F., Dantas, Fabricio i Schaeffer, Roberto.** s.l. : Energy policy, 2010, Svez. 38.
22. *Tehnologije pridobivanja drvne siječke.* **Sučić, Ž.** Vukovar : međunarodni seminar o šumskoj idrvoj biomasi, Centar za razvoj i marketing, 2008.
23. *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Sugar Manufacturing.* **Group, World Bank.** April, s.l. : International Finance Corporation, 2007.

8. Prilozi

8.1. Popis tablica

T 1	Proizvodnja i potrošnja šećera u svijetu	11
T 2	Emisijski faktori i donje ogrjevne vrijednosti za razinu točnosti 1	15
T 3	Emisijski faktori i donje ogrjevne vrijednosti	15
T 4	Razine točnosti za emisije iz izgaranja i njihove pojedinosti za komercijalna standardna i kruta goriva.....	16
T 5	Razine točnosti proračuna za emisije iz izgaranja i njihove pojedinosti.....	16
T 6	Varijable za izračun emisije iz izgaranja.....	17
T 7	varijable za izračun emisija iz proizvodnje vapna.....	18
T 8	Varijable za izračun troška smanjenje emisije	19
T 9	Varijable za izračun uštede/ troška prelaska na zamjensko gorivo	19
T 10	Varijable za Izračun zamjenskog goriva	20
T 19	Varijable za izračun novčane vrijednosti emisije.....	20
T 20	varijable za izračun topline.....	20
T 13	Varijable za izračun količine	21
T 22	Vrijednosti korištenog goriva	21
T 41	Varijable za izračun postotnog smanjenja emisije	22
T 8	Proizvodnja šećerne industrije.....	25
T 9	Potrošnja goriva u sve tri tvornice šećera.....	30
T 10	Potrošnja goriva u vapnenoj peći u sve tri tvornice šećera	31
T 11	Specifična potrošnja topline	33
T 12	Specifična potrošnja el.energije.....	33
T 13	Specifična potrošnja topline u vapnenoj peći.....	33
T 15	Emisije iz izgaranja [tCO ₂] za svaku pojedinu tvornicu šećera	38
T 16	emisija [tCO ₂ / tšećera] za svaku pojedinu tvornicu šećera	38
T 23	Vrijednosti zamjenskog goriva.....	42
T 24	Potrošnja goriva s većim sadržajem ugljika u [TJ]	44
T 25	Donje ogrjevne vrijednosti i cijene biomase	44
T 26	Količine i trošak različite vrste biomase	44
T 27	Smanjenje emisije zamjenom goriva s većim sadržajem ugljika prirodnim plinom	48

T 28 Novčana vrijednost uštede na emisijama zamjenom goriva s većim sadržajem ugljika prirodnim plinom	48
T 29 Početne vrijednosti parametara.....	50
T 30 Promjena parametara promatranih u analizi osjetljivosti	50
T 31 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na prirodni plin	55
T 32 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na bioplin	55
T 33 Relativna promjena parametara kod prelaska ugljena na biomasu	56
T 34 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu	59
T 35 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin	59
T 36 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin	63
T 37 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu	63
T 38 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na bioplin	67
T 39 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska prirodnog plina na biomasu	67
T 40 Specifična toplina po jedinici proizvoda	68

8.2. Popis slika

S 1	Proizvodnja šećera	23
S 2	Proizvodnja el.energije	24
S 3	Proizvodnja vapna	24
S 4	Potrošnja prirodnog plina	26
S 5	Potrošnja loživog ulja	26
S 6	Potrošnja mrkog ugljena	27
S 7	Potrošnja lignita	27
S 8	Potrošena električne energije	28
S 9	Potrošnja koksa u vapnenoj peći.....	28
S 10	Potrošnja antracita u vapnenoj peći	29
S 11	Sastav korištenog goriva u sve tri tvornice šećera.....	29
S 12	Sastav korištenog goriva u vapnenoj peći u sve tri tvornice šećera	30
S 13	Specifična potrošnja topline za svaku pojedinu tvornicu šećera	31
S 14	Specifična potrošnja električne energije za svaku pojedinu tvornicu šećera.	32
S 15	Specifična potrošnja topline u vapnenoj peći za svaku pojedinu tvornicu šećera	32
S 16	Emisija CO ₂ iz izgaranja goriva za svaku pojedinu tvornicu šećera	35
S 17	Specifična emisija CO ₂ za svaku pojedinu tvornicu šećera.....	36
S 18	Emisija CO ₂ iz izgaranja goriva vapnenoj peći za svaku pojedinu tvornicu šećera	37
S 19	Specifična emisija CO ₂ iz procesa za svaku pojedinu tvornicu šećera.....	37
S 20	Udjeli emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva za Viro	39
S 21	Udjeli emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva u Županji.....	39
S 22	Udjeli emisija iz izgaranja po vrsti korištenog goriva za Osijek	40
S 23	Udjeli troškova za tvornicu šećera Viro	40
S 24	Udjeli troškova u tvornici šećera Županja	41
S 25	Udjeli troškova u tvornici šećera Osijek.....	41
S 26	Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na biomasu (sječka i briketi).....	43
S 27	Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na biomasu (peleti i bioplin).....	43
S 28	Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na prirodni plin ..	46

S 29 Ušteda/ trošak prelaska goriva s većim sadržajem ugljika na prirodni plin ..	47
S 30 Shematski prikaz tvornice šećera Osijek	51
S 31 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na prirodni plin	52
S 32 Relativna promjena parametara kod investicije prelaska ugljena na bioplin	53
S 33 Relativna promjena parametara kod prelaska ugljena na biomasu.....	54
S 34 Relativna promjena parametara kod prelaska s prirodnog plina na biomasu	57
S 35 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin.....	58
S 36 Shematski prikaz tvornice šećera Županja	60
S 37 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin.....	61
S 38 Relativna promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na biomasu...	62
S 39 Shematski prikaz tvornice šećera Viro	64
S 40 Promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na bioplin	65
S 41 Promjena parametara kod prelaska prirodnog plina na biomasu.....	66
S 42 Smanjenje emisije prelaskom s goriva većeg sadržaja ugljika na prirodni plin	69
S 43 Smanjenje emisije prelaskom s goriva većeg sadržaja ugljika na biomasu...	70

8.3. Popis kratica

BAT	Najbolje raspoložive tehnike (<i>eng. Best Available Technics</i>)
CDM	Mehanizam čistog razvoja (<i>eng Clean Deveelopment Mechanism</i>)
CH ₄	Metan
CO	Ugljikov monoksid
CO ₂	Ugljikov dioksid
DOV	Donja Ogrjevna Vrijednost
EF	Emisijski faktor
ETS	Sustav trgovanja emisijama (<i>eng Emission Trading System</i>)
EU	Europska Unija
IPCC	Međunarodno tijelo za klimatske promjene (<i>eng. Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
IRR	Interna stopa povrata (<i>eng. Internal Refund Rate</i>)
ISO	Međunarodna organizacija za normizaciju (<i>eng. International Organization for Standardization</i>)
JI	Mehanizam zajedničke provedbe (<i>eng. Joint Implementation</i>)
Mt	Mega tona (10 ⁶ t)
NMVOG	Hlapive organske tvari bez metana (<i>eng. Non-Methane Volatile Organic Compounds</i>)
PP	Prirodni plin
TJ	Tera Joule (10 ¹² J)
WBCSD	Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj (<i>eng. World Business Council for Sustainable Development</i>)

8.4. Popis formula

F 1 izračun emisija iz izgaranja	17
F 2 Izračun emisija iz proizvodnje vapna	18
F 3 Izračun količine karbonata.....	18
F 4 Izračun troška smanjenja emisije.....	19
F 5 Izračun uštede/ troška prelaska na zamjensko gorivo.....	19
F 6 Izračun troška zamjenskog goriva	20
F 7 Izračun novčane vrijednosti emisije	20
F 8 Izračun topline	20
F 9 Izračun količine	21
F 10 Izračun postotnog smanjenja emisije.....	22

9. Životopis

Bernarda Rožman rođena je i radi u Zagrebu, u Agenciji za zaštitu okoliša kao rukovoditeljica odsjeka za klimatske promjene. Ispred Republike Hrvatske imenovana je administratorom hrvatskog djela Registra Unije emisija stakleničkih plinova i Kyoto registra emisija stakleničkih plinova pri Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC). U Kanadi na atmosferskim znanostima na York University u Torontu 2007. godine zaradila je diplomu „Certificate in meteorology“, a 2004. godine je diplomirala (dipl.inž fizike) na prirodoslovno-matematičkom fakultetu, na Sveučilištu u Zagrebu, na odsjeku fizika mora i atmosfere. 2010. godine nominirana je od Američke Vlade i sudjelovala je na stručnom usavršavanju „International visitor leadership program“ na području „Energy security and alternative fuels“. Njezin svakodnevni rad bavi se emisijama stakleničkih plinova, sustavom trgovanja emisijama te izradom Izvješća i kreiranjem obvezujuće legislative Republike Hrvatske na tom području.