

SUIZGARANJE SEKUNDARNOG GORIVA S FOSILNIM GORIVIMA RADI PROIZVODNJE TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vedran U r a n, Rijeka

UDK 620.91:622.99
PREGLEDNI ČLANAK

Od pojave naftnih kriza u postojećim se kogeneracijskim sustavima pojedinih industrijski razvijenih zemalja jedna količina fosilnih goriva počela zamjenjivati količinama otpada različitog podrijetla. Pri tome su razvijene različite tehnologije suizgaranja tog otpada ili sekundarnog goriva s fosilnim gorivima. U radu su opisane koncepcije izravnog i neizravnog suizgaranja, njihove prednosti i nedostaci te pregled tehno-ekonomskih i ekoloških karakteristika tih koncepcija. Isto tako su prikazane mogućnosti primjene odabranih koncepcija suizgaranja sekundarnih goriva s fosilnim gorivima u Hrvatskoj.

Ključne riječi: fosilna goriva, sekundarno gorivo, suizgaranje.

1. UVOD

Naftne krize i sve strože ekološke mjere rezultirale su naglim razvojem tehnologija proizvodnje energije iz sekundarnih goriva u industrijski razvijenim zemljama. U ta se sekundarna goriva ubrajaju biomasa, biootpad te gradski i industrijski otpad. Takva se goriva danas najviše podvrgavaju procesima izgaranja, rasplinjavanja, rastvaranja te procesu pirolize. Tako tretirana sekundarna goriva u postojećim energetske sustavima na fosilna goriva količinski zamjenjuju jedan dio fosilnih goriva, isključivo ugljena i prirodnog plina. Najvažniji kriteriji za kvalitetno iskorištavanje navedenih tipova sekundarnih goriva u energetske svrhe odnosi se na njihovo pažljivo odabiranje i pripremu za miješanje s fosilnim gorivima te loženje.

Najviše su interesa za korištenje sekundarnih goriva radi suizgaranja s fosilnim gorivima iskazale zemlje čije su energetske politike usmjerene sve manjoj ovisnosti o uvozu fosilnih goriva te sve manjem emitiranju stakleničnih plinova u atmosferu, posebno ugljičnog dioksida (CO₂). Te zemlje su Finska, Švedska, Nizozemska, te sve više Austrija i Njemačka. Zemlje u kojima energetske temelj čine isključivo fosilna goriva nešto su slabije zainteresirane za tehnologiju suizgaranja sekundarnih goriva s fosilnim gorivima. No, u svim je zemljama Europske unije težnja sve većeg korištenja sekundarnih goriva, osobito zbrinjavanja otpada različitog podrijetla (industrijski i gradski otpad). Tako su primjerice u Njemačkoj instalirane 42 energane na gradski i industrijski otpad.

Cilj je ovog rada opisati različite tehnologije suizgaranja sekundarnih goriva (biomase/otpada) s fosilnim gorivima (ugljenom, prirodnim plinom) te navesti prednosti i nedostatke korištenja takvih

tehnologija. Također će se utvrditi mogućnosti instaliranja energetske sustava sa suizgaranjem različitih goriva u Republici Hrvatskoj.

2. ENERGETSKI SUSTAVI ZA SUIZGARANJE SEKUNDARNIH I FOSILNIH GORIVA

Razvijeno je nekoliko načina suizgaranja sekundarnih goriva s fosilnim gorivima. Ti načini su:

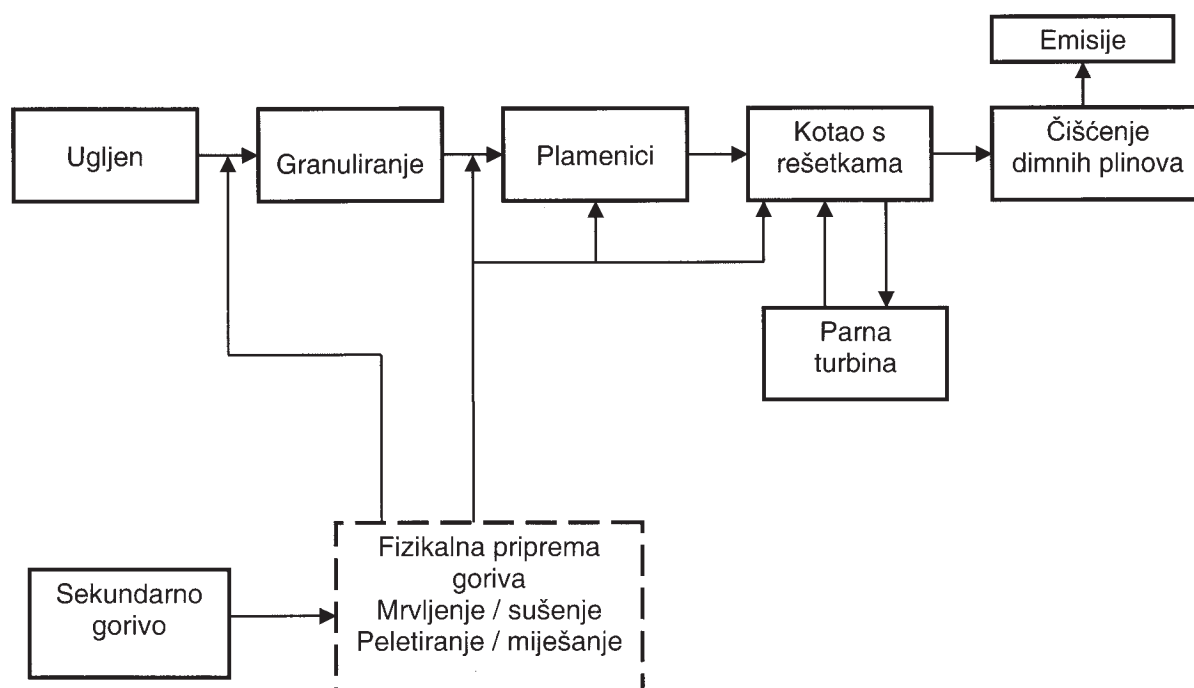
- izravno suizgaranje sekundarnih goriva s fosilnim gorivima,
- neizravno suizgaranje sekundarnih goriva s fosilnim gorivima.

Za različite načine suizgaranja sekundarnih i fosilnih goriva razvijeno je niz tipskih sustava za loženje. No, sve ovisi o kvaliteti goriva koji ulaze u sustav za loženje te njegovoj pripremi. Isto tako treba obratiti pozornost na kvalitetu izgaranja te tretiranju pepela i šljake koji nastaju nakon suizgaranja sekundarnih i fosilnih goriva.

2.1. Izravno suizgaranje sekundarnog goriva s fosilnim gorivima

Shema energetske sustava s različitim putovima izravnog suizgaranja sekundarnih goriva i ugljena prikazana je na slici 1 iz koje je vidljivo da se prethodno tretirana sekundarna goriva miješaju s ugljenom:

- prije njihovog zajedničkog granuliranja,
- nakon granuliranja ugljena,
- u plameniku,
- u parnom kotlu s rešetkastim ložištem,
- istodobnim izgaranjem dovodom u plamenik i nabačivanjem na rešetku.



Slika 1.

Sekundarna goriva je prije miješanja s ugljenom potrebno usitniti, osušiti, peletirati te u različitim oblicima kvalitetno izmiješati prije nego li dođu u dodir s ugljenom. Važno je odrediti donju ogrjevnu vrijednost sekundarnog goriva koja ne smije biti puno manja od donje ogrjevne vrijednosti smeđeg ugljena kako se ne bi naglo smanjio kapacitet postojećeg energetskog postrojenja. Stoga je procijenjeno da je s ovakvim načinom suizgaranja sekundarnim gorivom moguće zamijeniti do 10% ukupne količine ugljena.

Svojstva ugljena i sekundarnog goriva te proces njihovog izravnog izgaranja utječu na kvalitetu dimnih plinova te rastvaranje pepela, šljake i ostalih nečistoća koje se talože na pojedinim dijelovima sustava za loženje goriva. Razina nečistoća preduvjet su učinkovitosti rada energetskog sustava za suizgaranje ugljena i sekundarnog goriva.

2.2. Neizravno suizgaranje sekundarnog goriva s fosilnim gorivima

Razvijena je tehnologija neizravnog suizgaranja sekundarnih goriva, i s ugljenom, i s prirodnim plinom. Prednosti ovakvog načina suizgaranja u odnosu na izravno suizgaranje odnose se na mogućnosti suizgaranja većih količina sekundarnog goriva s fosilnim gorivima. Pri tom spektar sekundarnog goriva za suizgaranje po obliku i kvaliteti može biti širi nego što je to kod izravnog suizgaranja s fosilnim gorivima. Rezultat ovakvog suizgaranja rezultira nastajanjem ekološki prihvatljivijih dimnih plinova te kvalitetnijeg pepela.

Nekoliko je koncepcija neizravnog suizgaranja sekundarnog goriva i ugljena.

- a) *Odvojeno smanjivanje kontaminata, sušenje te pohranjivanje (i izgaranje) sekundarnog goriva i ugljena u sustavu za loženje*

Kod ove se koncepcije sekundarno gorivo usitnjava i suši u posebnoj opremi. Tako predtretirano gorivo može biti:

- izmiješano s granuliranim ugljenom nakon čega se dobivena mješavina goriva odvodi u sustav za loženje, ili
- posebno transportirano u plamenike namijenjene za sekundarna goriva.

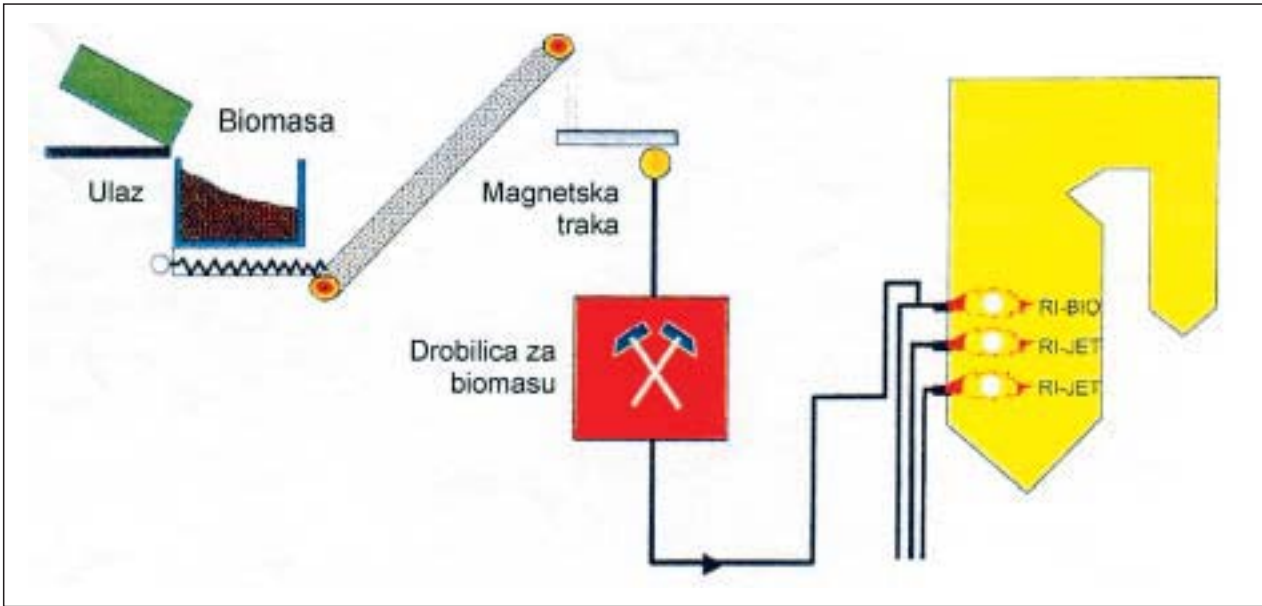
U ovako koncepciranim sustavima uočena je velika osjetljivost na kontaminante sekundarnog goriva što za uzrok ima stvaranje nečistoća na pojedinim dijelovima ložišta i cijevima generatora pare. Finska tvrtka *Fortum* razvila je alternativni koncept po kojem se izbjegavaju navedeni nedostaci (slika 2). S takvim je konceptom sekundarnim gorivom moguće zamijeniti 5-30% ukupne količine ugljena.

- b) *Raplinjavanje sekundarnog goriva (sa/bez dodatnog niskotemperaturnog čišćenja proizvedenog bio-plina)*

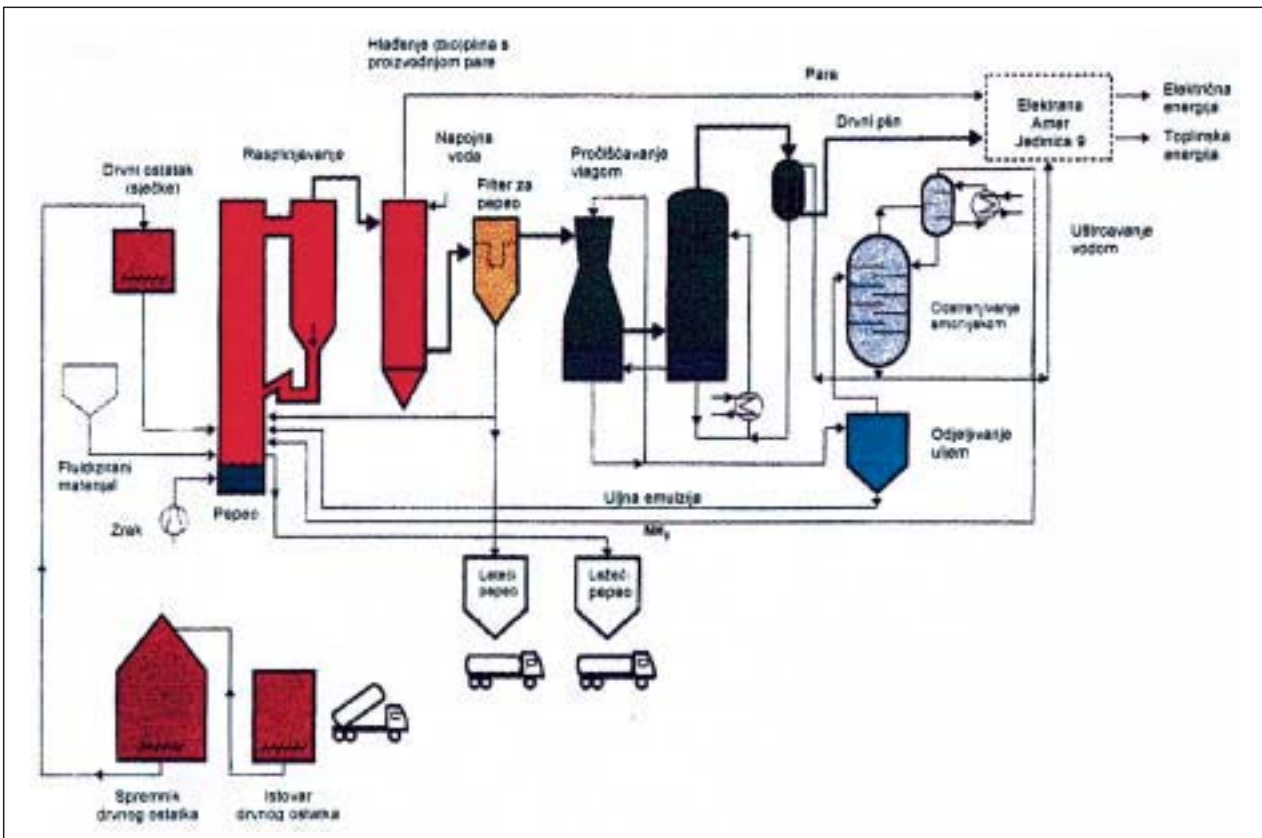
Razvijena su dva koncepta: jedno je tvrtke *Lurgi* iz Njemačke, a drugo tvrtke *Foster Wheeler* iz Finske.

- 1) Koncept tvrtke *Lurgi* iz Njemačke

Koncept kakav je prikazan na slici 3 funkcionira na osnovi rasplinjavanja sekundarnog goriva pri tlaku oko-



Slika 2.



Slika 3.

line i temperaturi od 850°C. Prije ulaska u rasplinjač to je gorivo potrebno odstraniti od nečistoća, osušiti ga do 20% relativne vlažnosti, te ga usitniti do mjere koja zadovoljava uvjete rasplinjavanja.

Proizvedeni (bio)plin potrebno je podvrći niskotemperaturnom čišćenju. Onečišćenja se skupljaju i talože u vrećastom filtru i skruberu. Pročišćeni (bio)plin ulazi

u posebno oblikovane plamenike koji su dio parnog kotla na ugljen.

Ovakvim se načinom korištenja sekundarnog goriva zamjenjuje do 5% ukupne količine ugljena. Nedostaci ove koncepcije odnose se na relativno visoke specifične dodatne troškove i relativno niski stupanj iskorištenja pretvorbe sekundarnog goriva u korisnu energiju.

2) Koncept tvrtke *Foster Wheeler* iz Finske

Ovaj koncept pobija sve nedostatke koncepta njemačke tvrtke *Lurgi*. Ovako koncipirani sustavi su također opremljeni rasplinjačem u kojem se odvija proces rasplinjavanja pri atmosferskom tlaku. Prednosti su mogućnost korištenja sekundarnog goriva relativne vlažnosti do 60% pri čemu nije potrebno naknadno sušenje.

Proizvedeni (bio)plin se ne pročišćava već izravno izgara u plameniku za nisko-ogrjevni plin. Plamenik također čini dio sustava za izgaranje ugljena. Stvaranje nečistoća na pojedinim dijelovima sustava za loženje goriva glavni je nedostatak ovog koncepta. To utječe na odabir sekundarnih goriva po obliku i kvaliteti. Ovim je konceptom moguće smanjiti i do 15% ukupne količine ugljena.

c) *Proces pirolize*

Razlikuje se sporo-, brzo- i "munjevito" – procesna piroliza. Proizvodi sporoprocene pirolize su drveni ugljen i pirolitičko ulje. Procesu pirolize prethodi sušenje i čišćenje sekundarnog goriva. Drveni ugljen suizgara s ugljenom dok se pirolitičko ulje krekira pri čemu nastaje čistiji sastojak, (bio)plin. Jedan dio (bio)plina iskoristava se za ubrzavanje procesa pirolize, dok se drugi dio (bio)plina odvodi u sustav za njegovo nisko-tempereturno pročišćavanje. Pročišćeni (bio)plin zatim izgara s ugljenom u ložištu parnog kotla.

Za razliku od sporoprocene pirolize koja se odvija pri tlaku okoline, brzoprocena piroliza ostvaruje se pri tlaku od 0,15 bar i temperaturama od 500°C. Rezultati procesa su: 70% pirolitičkog ulja, 15% drvenog ugljena, 15% (bio)plina. (Bio)plin se koristi za ubrazavanje procesa dok ulje i drveni ugljen suizgaraju s ugljenom u ložištu. Taj drveni ugljen i ulje sačinjeno je od niza nečistoća pa su za takvu vrstu pirolize primjerenija čistija sekundarna goriva kao naprimjer čisti drveni ostaci, koštice maslina, žitna slama te ljuške kakaovca.

"Munjevito" – procesna piroliza odvija se pri temperaturama višim od 650°C pri čemu isključivo nastaje (bio)plin.

d) *Hidrotermičko tretiranje sekundarnog goriva*

To je proces pretvorbe sekundarnog goriva više relativne vlažnosti u tekućinu sličnih karakteristika kao i pirolitičko ulje. Takav se proces odvija pri tlaku od 120 do 180 bara te temperaturi od 300°C i 350°C. Medij koji se koristi za pretvorbu sekundarnog goriva jest vrela voda. Ovaj proces još nije dovoljno istražen pa i nema širu praktičnu primjenu.

e) *Sustav odvojenog izgaranja sekundarnog goriva i ugljena sa spojenim parnim procesom*

Ovakav se sustav sastoji posebno od podsustava u kojem izgara ugljen, te posebno od podsustava u kojem

izgara sekundarno gorivo. Ta su dva podsustava međusobno povezana parnim ciklusom što znači da trebaju proizvesti svježju paru istih pogonskih parametara. Kod ovakvog sustava prihvatljivo je sekundarno gorivo različitog oblika i kvalitete jer se ne miješa s ugljenom.

Kod suizgaranja sekundarnog goriva s prirodnim plinom razvijena su dva koncepta.

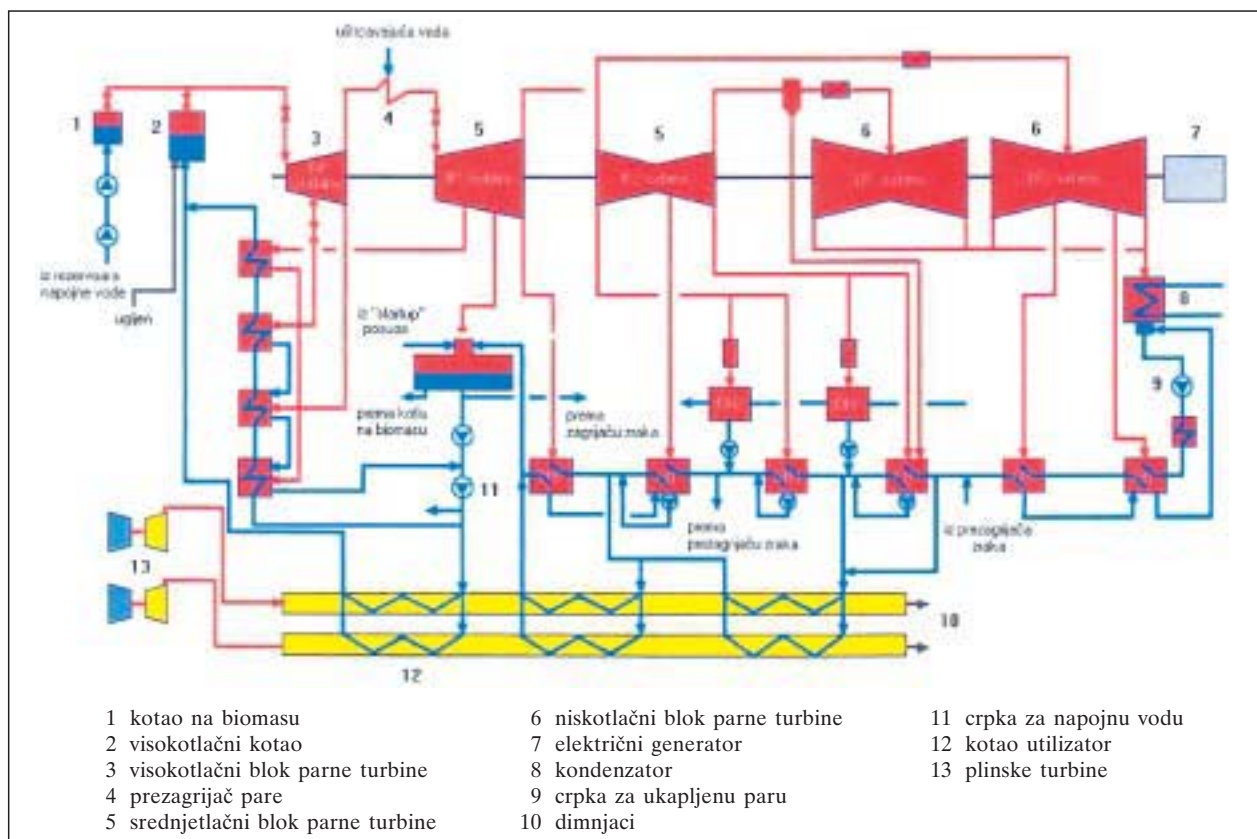
a) *Proces rasplinjavanja sekundarnog goriva s iscrpnim niskotemperaturnim čišćenjem proizvedenog (bio)plina*

Proizvedeni (bio)plin treba biti u potpunosti očišćen od kontaminata jer takav ulazi u komoru izgaranja i miješa se sa zrakom. Takav mješavina pod visokom tlakom ekspandira u plinskim turbinama koje su općenito osjetljive na nečistoće. Ovim je koncepcijom moguće supstituirati do 3% od ukupne količine prirodnog plina. Nedostaci ovog koncepta su relativno viši dodatni specifični troškovi zbog nadogradnje sustava za čišćenje (bio)plina i kompresora dimnih plinova. Takav kompresor troši energiju sustava pa se tom sustavu smanjuje stupanj djelovanja proizvodnje energije za mrežu.

b) *Sustav odvojenog izgaranja sekundarnog goriva i prirodnog plina sa spojenim parnim procesom*

Ovakav se sustav sastoji posebno od podsustava u kojem izgara prirodni plin (plinska turbina + kotao ulizator), te posebno od podsustava u kojem izgara sekundarno gorivo (parni kotao + parna turbina). Ta su dva podsustava međusobno povezana parnim ciklusom što im nalaže da proizvedu svježju paru istih pogonskih parametara. Kod ovakvog sustava prihvatljivo je sekundarno gorivo različitog oblika i kvalitete jer se ne miješa s prirodnim plinom.

Primjer energetskog sustava odvojenog izgaranja sekundarnog goriva i fosilnog goriva sa spojenim parnim procesom razvijenog u Danskoj prikazan je na slici 4. Radi se o energetskom sustavu *Avedore 2* koji se nalazi u blizini Copenhagena, neto električne snage od 535 MWe, neto toplinskog kapaciteta od 545 MJ/s i neto učinkovitosti procesa zajedničke proizvodnje električne i toplinske energije od 50,6%. Takav sustav razvio je danski *Energi E2* i švedski *Vattenfall*, a sastoji se iz kotla na biomasu te visokotlačnog kotla na ugljen koji zajednički proizvode svježju paru za pokretanje parne turbine koja je organizirana u nekoliko blokova, od visokotlačnog, srednjetlačnog i niskotlačnog dijela. Loženjem ugljena i biomase u odvojenim kotlovima dobiva se ugljeni pepeo kao sirovina u cementarama te pepeo iz biomase za potrebe gnojenja zemlje. Za učinkovitije predzagrijavanje napojne vode u ovaj su se energetski sustav nadogradile dvije plinskoturbinske jedinice s kotlom ulizatorom. Proizvođač tih jedinica je *Rolls Royce* i njihov stupanj iskoristivosti iznosi 42%, najveći na tržištu plinskih turbina [5].



Slika 4.

U tablici 1. prikazani su primjeri komercijaliziranih postrojenja pogonjenih sekundarnim i fosilnim gorivima u Švedskoj i Finskoj.

3. TEHNOEKONOMSKA I EKOLOŠKA POZADINA

U tablici 2. navedeni su podaci o učinkovitosti proizvodnje električne energije u ovisnosti o količinskom udjelu sekundarnog goriva u procesu suizgaranja s ugljenom te podaci o specifičnim troškovima za različite koncepcije suizgaranja. Podaci o učinkovitosti proizvodnje električne energije u ovisnosti o energetske udjelu sekundarnog goriva u procesu suizgaranja s prirodnim plinom te podaci o specifičnim troškovima za različite koncepcije suizgaranja prikazane su u tablici 3. Usporedbe radi, učinkovitost proizvodnje električne energije u energetske postrojenju na ugljen neto izlazne električne snage od 600 MWe jednaka 40%. Učinkovitost proizvodnje električne energije u energetske postrojenju na prirodni plin neto izlazne električne snage 335 MWe jednaka je 55% [3].

Tehnološke prepreke koje se javljaju kod suizgaranja sekundarnih goriva s fosilnim gorivima sljedeće su:

1. Ograničene količine sekundarnih goriva koje zamjenjuju količine fosilnih goriva iz razloga kako se ne bi smanjio kapacitet energetske postrojenja. Pri tome treba voditi računa o donjoj ogrjevnoj vrijednosti sekundarnih goriva koja bi trebala biti

neznatno manja od donje ogrjevne vrijednosti smeđeg ugljena.

2. Ukoliko se radi o biootpadu kao sekundarnom gorivu tada ono treba imati što manju relativnu vlažnost kako bi se mogao kvalitetno usitniti i zatim izmiješati s ugljenom po istoj mjeri granulacije. Biootpad je često mekan i vlaknast, a ugljen tvrd.
3. Sekundarno gorivo s relativno velikom količinom vlage pri izgaranju utječe na umanjivanje učinkovitosti pojedinih dijelova sustava kao što su ventilatori dimnih plinova, mehanizam za odstranjivanje pepela te oprema za pročišćavanje dimnih plinova. Nastale nečistoće iz biootpada negativno djeluju na desumporizaciju dimnih plinova, usporavanju katalitičkih procesa pri izgaranju biootpada, te potiču kondenziranje katrana i stvaranje štetnih emisija teških metala.
4. Razna zaprljanja i nečistoće na dijelovima sustava kao što su plamenici, zidovi peći i prezagrijači nastaju zbog pojave taljenja pepela usred temperatura nižih od 900°C. Tako topljeni pepeo sastoji se od velikog udjela alkaličnih metala, kalcija i željeza.
5. Korozija se na prezagrijačima pojavljuje zbog stvaranja sumpora i klora prilikom izgaranja sekundarnih goriva.
6. Pojava erozije na dijelovima za loženje i izgaranje goriva rezultat je relativnog visokog sadržaja vlage u dimnim plinovima te visokog sadržaja pepela.

Tablica 1. Iskustva sa suizgaranjem sekundarnog goriva i ugljena u Švedskoj i Finskoj [4]

Naziv postrojenja i lokacija	Značajke postrojenja
<p><i>Tekniska Verken</i> kogeneracijsko postrojenje, Linköping, Švedska</p> <p>Proizvođač: <i>Babcock & Wilcox Volund</i> Neto električna snaga: 1x40 MWe i 2x30 MWe Parametri svježe pare: 67 bar/ 475°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> – javno kogeneracijsko postrojenje u kojem suizgara uvozna otpadna guma s ugljenom – utvrđeno je da otpadna guma jest visoko-vrijedno i jeftino gorivo – kvalitetno praćenje koncentracije dušičnih oksida (NOx) i sumpordiosa (SO2) u dimnim plinovima
<p>Tvornica papira <i>Stora Fors</i>, Fors, Švedska</p> <p>Proizvođač: <i>Foster Wheeler Energia Oy</i> Neto električna snaga: 9,6 MWe Parametri svježe pare: 60 bar/ 475°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> – kogeneracijsko postrojenje čini energetski dio tvornice papire – kotao s cirkulirajućim fluidiziranim slojem – mogućnost izgaranja drvnog ostatka relativne vlažnosti do 46% – umjesto ugljena danas se za suizgaranje s otpadnim materijalom koriste drveni peleti
<p>Kogeneracijsko postrojenje <i>Indbäcksverket</i>, Nyköping, Švedska</p> <p>Proizvođač: <i>Outkumpo Ecoenergy</i> Neto električna snaga: 70 MWe Parametri svježe pare: 140 bar/ 540°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> – javno kogeneracijsko postrojenje u kojem suizgara ugljen s različitim oblicima biomase i biootpada – problemi su se javili kod stvaranja korozije i miješanja zraka s gorivom – za izradu prezagrijača pare upotrijebio se austenitni čelik
<p>Tvornica papira <i>Stora Hylte</i>, Hyltebruk, Švedska</p> <p>Proizvođač: <i>Foster Wheeler Energia Oy</i> Neto električna snaga: 30 MWe Parametri svježe pare: 64 bar/ 450°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> – kogeneracijsko postrojenje koje opskrbljuje toplinom i električnom energijom jednu od najvećih tvornica papira u Europi – neobična mješavina goriva iz otpadnog mulja dobivenog pri otklanjanju mastila i čišćenju otpadne vode iz procesa – neka goriva u sebi sadrže više od 55% pepela i 60% vode – kotao s cirkulirajućim fluidiziranim slojem na čijim se cjevovodima svojedobno pojavila erozija
<p>Kogeneracijsko postrojenje <i>Kymijärvi</i>, Lahti, Finska</p> <p>Proizvođač: <i>Foster Wheeler Energia Oy</i> Neto električna snaga: 200 MWe</p>	<ul style="list-style-type: none"> – na postojeće kogeneracijsko postrojenje na ugljen nadogradnja dijela u kojem se proizvodi (bio)plin iz rasplinjača biomase s fluidiziranim slojem – sekundarno gorivo predstavljaju mješavine otpadne plastike, papira, kartona, drva u različitim masenim omjerima vlažnosti do 55% – nadograđena jedinica testirana je te dobiveni rezultati pokazuju da ona funkcionira ispravno
<p>Kogeneracijsko postrojenje <i>Rauhalati</i>, Jyväskylä, Finska (→ slika 5) Proizvođač: <i>Kvaerner Pulping Ltd.</i> Neto električna snaga: 87 MWe Parametri svježe pare: 136 bar/ 533°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> – kogeneracijsko postrojenje proizvodi električnu energiju, toplinu za industriju te za daljinsko grijanje iz treseta, ugljena i drva različitog podrijetla – kotao je ispunjen mjehuričastim fluidiziranim slojem – ovim su postrojenjem postignute niske emisije štetnih plinova, visoka učinkovitost te siguran i pouzdan rad

Tablica 2. Učinkovitost proizvodnje električne energije i specifični troškovi u ovisnosti o različitim koncepcijama suizgaranja sekundarnog goriva i ugljena [3]

	Učinkovitost proizvodnje električne energije sa sekundarnim gorivom (%)		Specifični troškovi za dodatnu opremu suizgaranja sekundarnog goriva s ugljenom (Euro/kWe)	
	10	40	10	40
Energetski udio sekundarnog goriva u suizgaranju s ugljenom	10	40	10	40
1. izravno suizgaranje	39,5	39,5	40	25
2. odvojeni sustavi za pripremu goriva	38	38	500	285
3. rasplinjavanje sekundarnog goriva	38	38	455	300
4. brzi proces pirolize	36	36	935	935
5. hidrotermičko tretiranje sekundarnog goriva	35,5	35,5	620	490
6. odvojena priprema i izgaranje goriva sa integriranim parnim ciklusom	38,5	38,5	940	575

Tablica 3. Učinkovitost proizvodnje električne energije i specifični troškovi u ovisnosti o različitim koncepcijama suizgaranja sekundarnog goriva i prirodnog plina [3]

	Učinkovitost proizvodnje električne energije sa sekundarnim gorivom (%)			Specifični troškovi za dodatnu opremu suizgaranja sekundarnog goriva s prirodnim plinom (Euro/kWe)		
	5	10	20	5	10	20
Energetski udio sekundarnog goriva u suizgaranju s prirodnim plinom	5	10	20	5	10	20
rasplinjavanje sekundarnog goriva	44,5	44,5	44,5	1 500	1 340	1 185

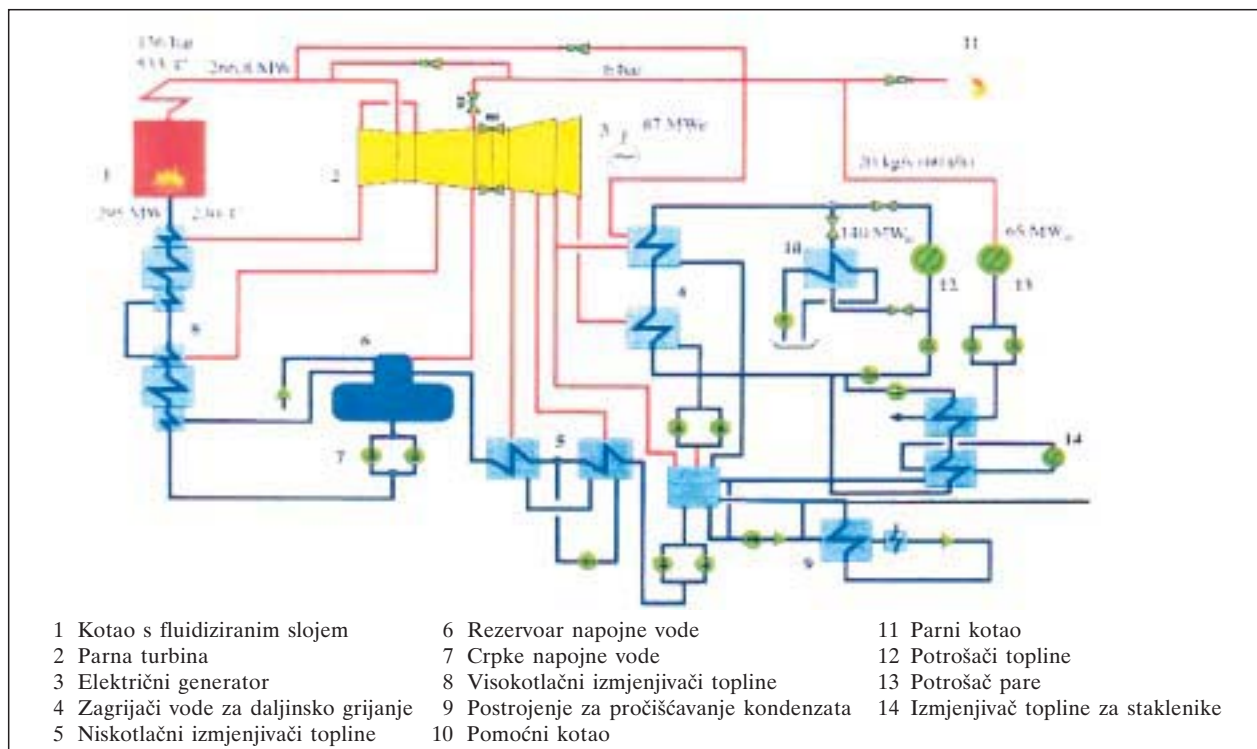
7. (Bio)plin nastao rasplinjavanjem sekundarnog goriva treba biti naknadno pažljivo pročišćen od kontaminenata. To je iz razloga što je plinska turbina općenito jako osjetljiva na kvalitetu plina. Osjetljiva je i komora izgaranja u kojoj je potrebno regulirati emisije dušičnih oksida (NOx) uštrcavanjem vode ili pare.

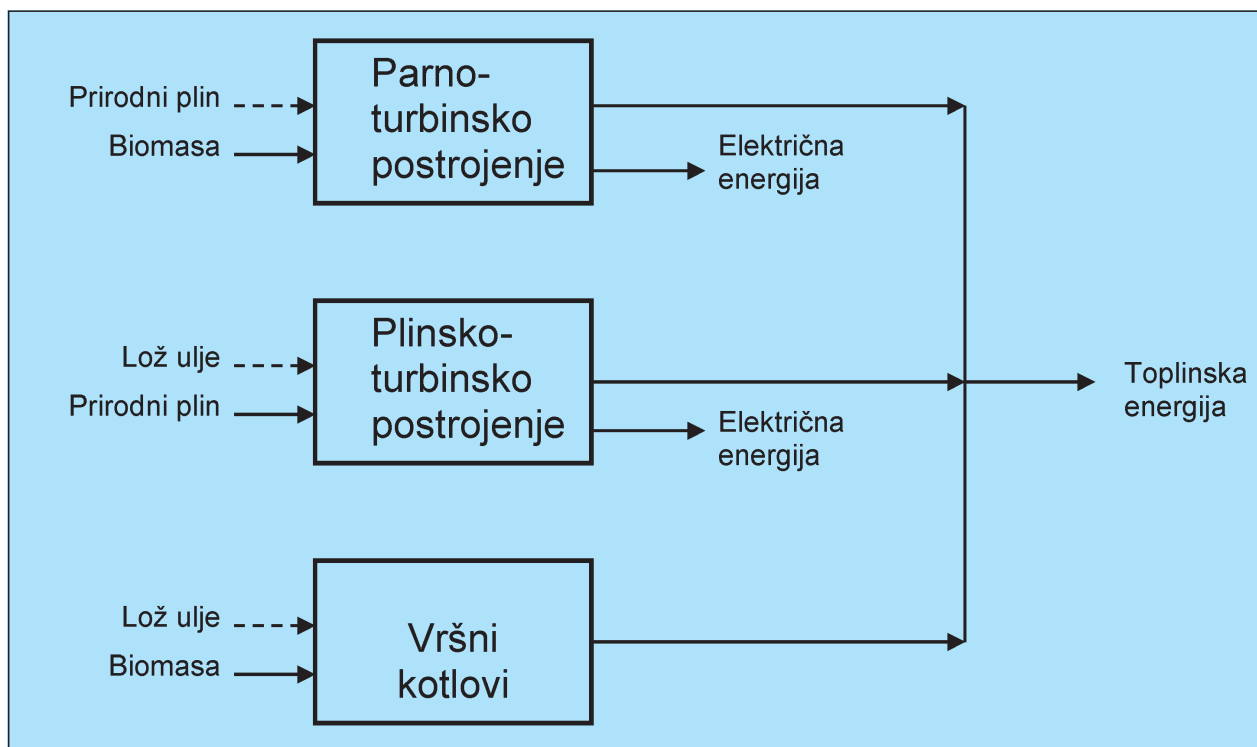
Kod korištenja sekundarnog goriva važno je odrediti kemijski sastav sekundarnog goriva te njegovo podrijetlo radi utvrđivanja kvalitete popratnih produkata nastalih u procesu suizgaranja, a to su pepeo i gips (nastao odsumporavanjem dimnih plinova). Utvrđivanje kvalitete pepela i gipsa vrlo je bitno jer one predstavljaju sirovinu u industriji cementa i betona. Kvaliteta pepela i gipsa trebala bi biti u skladu s ekološkim normama koje je postavila Europska unija. Tim se normama izjednačava kvaliteta pepela nastalog izgaranjem ugljena s kvalitetom pepela nastalih suizgaranjem sekundarnog goriva i ugljena do 10% ukupne količine zamijenjenog ugljena sekundarnim gorivom [3].

4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE TEHNOLOGIJE SUIZGARANJA SEKUNDARNIH GORIVA S FOSILNIM GORIVIMA U HRVATSKOJ

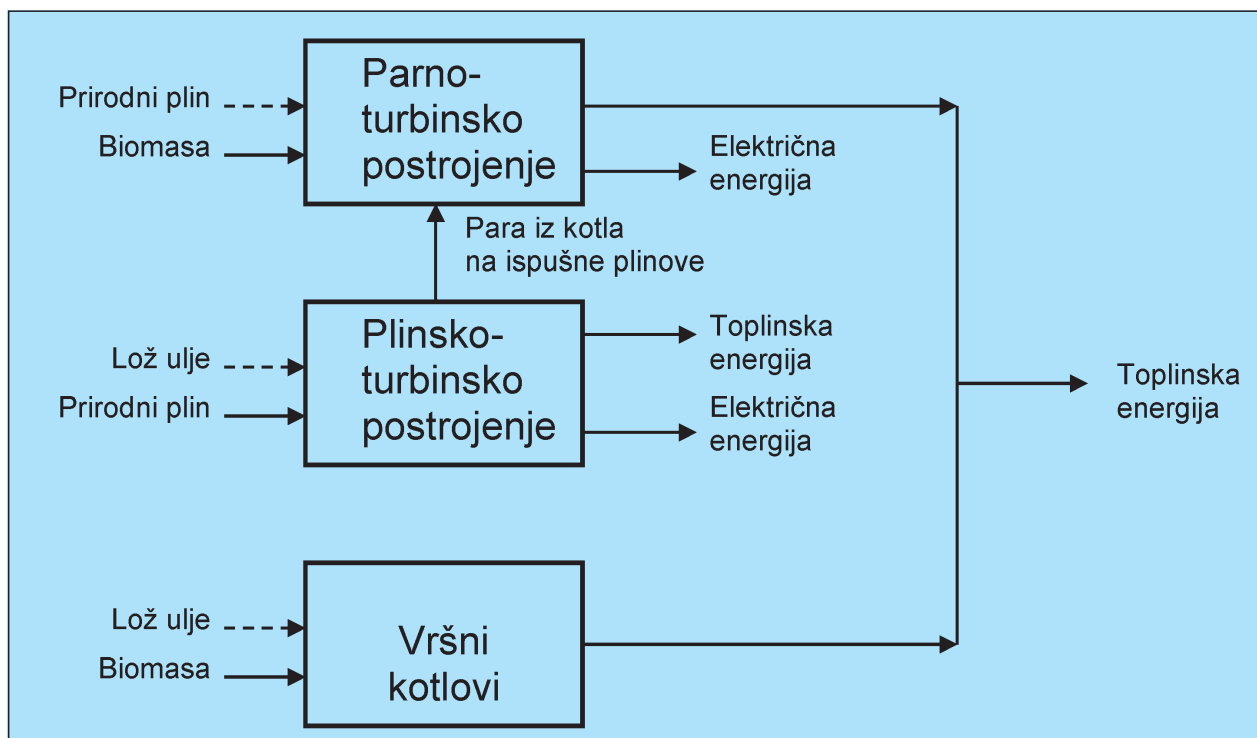
U Hrvatskoj su jako izraženi problemi rješavanja biootpada (drvni ostaci iz šuma, pilana i drvno-prerađivačkih tvrtki), komunalnog (gradskog) i industrijskog otpada. Tim više što su samo tri odlagališta komunalnog otpada u Hrvatskoj (Bjelovar, Rovinj, zagrebački Jakuševac) sanirana po normama koji se primjenjuju u industrijski razvijenim zemljama. Samo ih sedam od 600 ima uporabnu dozvolu. Isti su problemi i sa zbrinjavanjem industrijskog i toksičnog otpada. U Hrvatskoj je pored toga procijenjen energetski potencijal iz biootpada u iznosu od oko 30 PJ, a komunalnog i industrijskog otpada u iznosu od 15 PJ [6].

Za Hrvatsku bi bila jako poželjna izgradnja kogeneracijskih sustava s odvojenom pripremom i izgaranjem tog otpada, ali i biomase s prirodnim plinom budući da je težnja da se veći dio Hrvatske u potpunosti plinificira) u spojeni parni ciklus za zajedničku proizvodnju električne i toplinske energije. Na slikama 6 – 8 prikazano

**Slika 5.**



Slika 6.

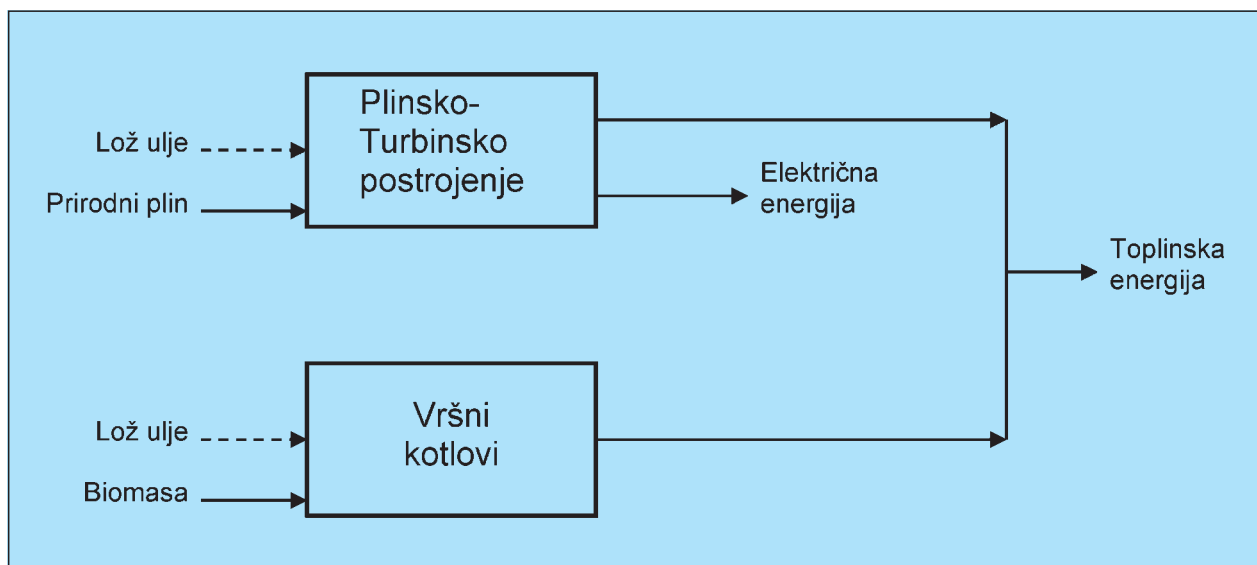


Slika 7.

zano je nekoliko varijanti kogeneracijskih sustava sa zajedničkim korištenjem sekundarnog goriva i prirodnog plina.

Premda su izvori bio-, komunalnog i industrijskog otpada po Hrvatskoj raštrkani u manjim količinama, izgradnja kogeneracijskih sustava ili termoelektrana

manjih izlaznih snaga izvodljiva bi bila u okolici Zagreba, Ogulina, Koprivnice, Virovitice, Slavonskog Broda, Vinkovaca, Osijeka, Varaždina, Rijeke, Plomina i Delnica. Tome bi prethodile detaljne analize i studije predizvodljivosti takvih energetskih sustava. U slučaju ostvarivanja tih projekata, Hrvatska bi se na



Slika 8.

učinkovit način rješavala nagomilanog otpada, bila bi manje ovisna o uvoznim fosilnim gorivima, emisije štetnih plinova bile bi smanjene te bi se više utjecalo na razvoj industrije cementa i betona.

5. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane razne tehnologije suizgaranja sekundarnih goriva s fosilnim gorivima. U razvoj tih tehnologija ulažu one zemlje čija se energetska politika temelji na što učinkovitijem rješavanju otpada različitog podrijetla, smanjivanju ovisnosti o uvoznim fosilnim gorivima te smanjenu emisija stakleničnih plinova u atmosferu. Premda te tehnologije imaju nedostatke, ne znači da su i nerješivi. U otklanjanju tih nedostataka sudjeluje niz tvrtki iz različitih industrijski razvijenih zemalja s ciljem razvijanja poboljšanih koncepcija. Ti su nedostaci najviše izraženi kod izgaranja sekundarnih goriva pri čemu bi trebalo smanjiti emisije štetnih plinova te poboljšati kvalitetu pepela i gipsa. Kolika je uspješnost rada sustava u kojima sekundarno gorivo suizgara s fosilnim gorivom vidljivo je na primjerima u Švedskoj i Finskoj.

U slučaju Hrvatske u kojoj su jako izraženi problemi rješavanja otpada različitog podrijetla iz predloženih varijanti energetske sustava (slike 6 – 8) zaključuje se da bi one mogle biti implementirane u energetski sektor Hrvatske ukoliko se pored novog Zakona o energiji donese i Zakon o reguliranju potreba te pogodnostima spaljivanja otpada u koji spada i biomasa, te Zakon o oporezivanju stakleničnih plinova. Projektiranje izloženih varijanti energetske sustava bi tad bilo primamljivo u mehanizmima trgovanja energijom (*Emission Trading*) i zajedničkog ulaganja (*Joint Implementation*) između dvaju subjekata, npr. vlada pojedinih zemalja kojima je interes pridonijeti smanjenju ispuštenih štetnih emisija u atmosferu.

LITERATURA

- [1] M. RADETZKI, "The economics of biomass in industrialized countries: an overview", »Energy Policy«, Vol.25, No.6, United Kingdom, 1997., pp. 545-554
- [2] V. URAN, "Projekcija razvoja energetskog sektora u svijetu i Hrvatskoj do 2020. godine", Energija 51(2002)1, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, str. 3-8
- [3] R. VAN REE, et al., "Operational experiences of (in)direct co-combustion in coal and gas fired power plants in Europe", Power-Gen Europe, Brussels, Belgium 29-31 May, 2001.
- [4] "European Co-combustion of Coal, Biomass and Wastes", Final Report – Project DIS-0506-95-UK, European Commission – DGXVII
- [5] Internet stranica: www.rolls-royce.com
- [6] J. DOMAC, et al., *BIOEN* – "Program korištenja biomase i otpada, prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut »Hrvoje Požar«, Zagreb, travanj, 1998.
- [7] ...Zakon o energiji, Klasa 310-02/01-01/01, 19. srpnja 2001., Zagreb

COMBUSTION OF SECODARY AND FOSSIL FUEL FOR THE PRODUCTION OF HEAT AND ELECTRIC ENERGY

After the oil crisis some of the existing cogeneration plants in developed industrial countries changed a certain quantity of fossil fuels for waste from different sources. Thereby different combustion technologies of waste or secondary fuel together with fossil fuels are developed. In the work a concept of direct and indirect combustion is described together with their advantages and disadvantages, as well as a review on technical-economic and ecological characteristics of those concepts. Application possibilities of chosen secondary and fossil fuel combustion concepts for Croatia are also given.

**MITVERBRENNUNG SEKUNDÄRER UND FOSSILER
BRENNSTOFFE ZWECKS WÄRME- UND
STROMERZEUGUNG**

Seit dem Auftauchen der Erdölnöte hat man angefangen die fossilen Brennstoffe in Miterzeugungsanlagen einiger Industrieländer teilweise mit Abfällen verschiedener Herkunft zu ersetzen. Dabei sind unterschiedliche Verfahren entwickelt worden, um diese Abfälle oder sekundäre Brennstoffe und die fossilen Brennstoffe zusammen zu verbrennen. Im Artikel sind Leitideen direkter und indirekter Mitverbrennung, Vor- und Nachteile dieser Leitideen, sowie eine Übersicht von deren technisch-wirtschaftlichen und umweltbezogenen Merkmalen dargestellt worden. Die

Möglichkeiten der Anwendung auserwählter Leitideen der Mitverbrennung sekundärer und fossiler Brennstoffe in Kroatien wurden ebenfalls dargestellt.

Naslov pisca:

Vedran Uran, dipl. ing.
"CASE" d.o.o.
Šetalište XIII. divizije 28
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 03 – 28.