

Obnovljiva energija za pametan rast i  
zaštićeno okruženje

# ENERGIJA BIOMASE

PRAKTIČAN VODIĆ  
ZA KORIŠĆENJE BIOMASE





## **SADRŽAJ**

### **UVOD**

|   |   |
|---|---|
| 1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDOVIMA .....        | 3 |
| 2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....                         | 4 |
| 3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ..... | 5 |
| 4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ..... | 6 |

### **ENERGIJA OD BIOMASE**

|   |    |
|---|----|
| 5. ŠTA JE TO BIOMASA, NJENI OBLICI I ENERGETSKI POTENCIJALI ..... | 7  |
| 6. TEHNOLOGIJA PRIPREME BIOMASE .....                             | 12 |
| 7. NAČINI KORIŠĆENJA BIOMASE .....                                | 18 |
| 8. ENERGIJA OD OTPADA .....                                       | 20 |
| 9. TEHNOLOGIJE ZA PROIZVODNJU I KORIŠĆENJE BIOGASA .....          | 22 |
| 10. NAČINI SKLADIŠTENJA BIOMASE .....                             | 28 |
| 11. IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA I PROCENA TROŠKOVA .....             | 30 |
| 12. PRAKTIČNI NAČINI ZA PREKOGRANIČNU SARADNJU .....              | 33 |
| 13. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE .....                                 | 34 |
| 14. UMESTO ZAKLJUČKA .....  | 38 |
| 15. O PROJEKTU .....  | 40 |

# **Energija biomase**

## **Praktičan vodič za korišćenje biomase**

Zaječar 2022

### **SKRAĆENICE I NJIHOVO ZNAČENJE**

OIE – Obnovljivi izvori energije

ROI – Vreme povraćaja investicije

IKT – Informaciono-komunikacijske tehnologije

KČO – Komunalni čvrsti otpad

RDF – Gorivo od otpada/Derivatno gorivo

AF – Alternativno gorivo

TRF – Gorivo od otpadne gume

GHG – Gasovi staklene bašte

CHP – Kogenerativno postrojenja za kombinovanju proizvodnju toplote i električne energije

PM – zagađujuće čestice u vazduhu, PM 10 (10 mikrona i manje), PM 2,5 (2,5 mikrona i manje)

*Ova publikacija je napravljena uz pomoć sredstava Evropske unije kroz Interreg-IPA Program prekogranične saradnje Bugarska-Srbija pod brojem CCI No 2014TC16I5CB007.*

*Jedinstveno odgovorno lice za sadržaj ove publikacije je RARIS – Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije i ni na koji način ne može biti tumačen kao stav Evropske unije ili Upravljačkog tela programa.*

# UVOD

## 1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDÖVI

Energija je, pored vode jedan o dva najvažnija resursa koji su ključni za sadašnji i budući opstanak ljudske zajednice. Možda ovo zvuči pomalo zastrašujuće, kataklizmično, ali svakodnevica potvrđuje da bez jednog od ova dva resursa, teško da može biti razvoja društva ili čak održanje postojećeg stanja. Energija je oduvek bila značajan faktor koji je obezbeđivao mogućnost napretka, pored sasvim bazne upotrebe za pripremanje hrane, osvetljenje i grejanje do današnjih dana gde NE POSTOJI ni jedna delatnost koja je moguća bez manje ili više energije. Potrošnja ovog ključnog resursa je počela eksponencijalno da raste tehnološkim razvojem u XVII i XIX veku, naročito posle Prve industrijske revolucije gde je energija počela masovno da se koristi u proizvodnji i povećanju količine roba za sve zahtevnije i narastajuće ljudsko društvo. Potrošnja je proporcionalna stepenu razvoja industrija, ali i stepenu životnog standarda pojedinih zemalja. Od 1965 – 2021 u nekim zemljama je potrošnja povećana i do 500 puta (Oman), jednom broju azijskih zemalja u razvoji desetak i više puta, dok je u jednom broju jako siromašnih zemalja čak pala za 50%, usled smanjene industrijske aktivnosti (Sirija, Gabon, Severna Koreja...) ili su smanjenja rezultat uvođenja efikasnijih tehnologija i programa striktne energetske efikasnosti (Velika Britanija, Danska, Luksemburg...).

U poslednjih dvadesetak godina, potražnja za električnom pa i toplotnom energijom ubrzano raste zbog pokušaja da se smanji uticaj na klimatske promene, odnosno zbog sve striknijih mera uvođenja dekarbonizacije i industrija koje ne emituju ili imaju značajno manje emitovanje CO<sub>2</sub>, kao glavnog uzročnika zagrevanja atmosfere. Posledice su sada već svima jasne, jer porast prosečnih temperatura uzrokuje promenu kretanja vazdušnih masa i vodenih tokova, što za posledicu ima ekstremne klimatske fenomene, velike suše tokom čitave godine a sa druge strane ogromne količine padavina u kratkom vremenu, čak i u doba godine kada im vreme nije. Električna energija je percipirana kao najčistiji oblik koji neće zagađivati životnu sredinu, iako to nije uvek slučaj. Uzmimo, na primer proizvodnju električne energije iz termoelektrana gde se emituju velike količine zagađujućih gasova, naročito CO<sub>2</sub>, čak i kada postrojenja imaju veoma složene i vrlo skupe sisteme za prečišćavanje vazduha. Istovremeno, upotreba hidro ili nuklearne energije izazivaju kontroverze jer velike hidroelektrane ne emituju CO<sub>2</sub> ali zato imaju veliki uticaj na mikroklimu, na podzemne vode, na sav živi svet pa i na socijalnom planu kada se sele čitava naselja i infrastruktura iz oblasti gde nastaju akumulaciona jezera. Nuklearne elektrane su potencijalno veoma veliki rizik zbog, makar i minimalne mogućnosti nuklearnog akcidenta ili havarije kao i zbog zahtevnog skladištenja nuklearnog otpada.

Događaji tokom poslednjih godina su samo izbacili u prvi plan sva ova pitanja, posebno sukob u Ukrajini koji je doneo masivna pomeranja i ogromne poremećaje na tržištu hranom i

energijom pa su neki zaboravljeni kapaciteti na prljava goriva u zapadnom svetu, pre svega na ugalj, silom prilika vraćeni u proizvodnju.

Iz svih tih razloga, ceo svet a posebno Evropska Unija već čitav niz godina pokušava da uvede programe koji imaju za cilj proizvodnju čiste energije u dovoljnim količinama, kako bi se postigli ciljevi održivog razvoja (RIO proces, Kjoto protokol, Zelena agenda, Fit for 55).

## 2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije (OIE) su oni izvori energije koji se obnavljaju najmanje istom brzinom kojom se eksplatišu. Kako se prirodi sve obnavlja spontano i bez zagađenja, zato su OIE čista energija te pravi izbor za rešavanje energetskih potreba a da pri tome ne zagađuju životnu sredinu i nemaju, ili imaju vrlo mali uticaj na klimatske promene. Za razliku od OIE, neobnovljivi izvori se vremenom troše i ne mogu se obnoviti, bar ne u vremenskim okvirima koji su uporedivi sa našom dinamikom života. Neobnovljivi izvori energije su sva fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas), na primer, jer se ne mogu obnoviti čak ni za vreme koje je bilo dovoljno za nastajanje ljudske civilizacije. U obnovljive izvore energije spadaju:

**Energija vode** je energija reka, energija talasa, plime i oseke... Koristi od pamтивека за pokretanje vodenica ili bilo kakvih drugih instalacija kojima je potrebna mehanička energija, vršalice, strugare, tkačnice. Od XIX veka se počinje sa proizvodnjom električne energije i od tada je jedan od najčešćih načina korišćenja izvora energije koji se stalno obnavljaju.

**Energija sunca** je energija koje sunce zrači na zemljinu površinu i može biti toplotna i svetlosna (iako su one iste elektromagnetne prirode ali u različitim spektrima zračenja); Ovo je, takođe oblik energije koji je oduvek bio na raspolaganju. U početku se sunce koristilo tek kao topotni izvor, za grejanje domova, vode a ubrzo i za konzervisanje hrane jer sunce, osim topote emituje i ultravioletne zrake koji su odličan dezinficijent, odnosno odlični su konzerviranje hrane. Iz tog razloga se sunce koristi za sušenje mesa, biljaka i biljnih proizvoda. Tek u XX veku je otkriveno da, kada se kristalizovani silicijum izloži suncu, on generiše električni napon i struju. Taj fenomen se danas koristi za izradu foto električnih panela od kojih se dobija električna energija

**Geotermalna energija** je energija zemlje koju ona ima kao ogromni topotni rezervoar. Zemlja zrači svoju sopstvenu energiju i rudari to najbolje znaju jer je u kopovima temperatura znatno viša nego na površini. Zemlja je jedan veliki grejač i ta se osobina upotrebljava, pre svega u balneološke, zdravstvene svrhe. Svaka banja koristi toplu vodu iz dubine zemlje. Termalne vode se, međutim mogu upotrebiti za proizvodnju električne energije, za zagrevanje bazena, stambenih prostora, za zagrevanje puteva i ulica (Island, koji praktično leži na geotermalnim izvorima, obilato ih koristi baš za ove svrhe), staklenika i ribnjaka. Međutim, geotermalna energija se ne koristi samo direktno, posredstvom toplih voda, već se može staviti u funkciju uz pomoć tehnologije topotnih pumpi i za zagrevanje i za hlađenje.

**Biomasa** – Energija koja se dobija spaljivanjem biljnih ostataka, korišćenjem bio gasa kao produkta raspadanja biljne mase i iz bio goriva (gorivo koje se dobija preradom biljaka sa visokim sadržajem ulja). Biomasa je najstariji oblik obnovljive energije jer je ljudska rasa od nastanka koristila drvo za ogrev za pripremu hrane i kao izvor svetlosti. Drvo raste, pa ako se pažljivo koristi, uvek će ga biti. Biomasa su i biljke i ostaci od poljoprivredne proizvodnje i uopšte sav biološki materijal koji se može upotrebiti kao gorivo, jer je to primarni način korišćenja biomase (slama, ostaci od žetvi, ostaci od povrtarskih kultura, suve grane i biljke, biološki komunalni otpad, itd...). Biomasa su i posebne energetske biljke koje se gaje samo u te svrhe. Pored nekih vrsta drveta, brzorastuće vrbe, na primer, seju se i jednogodišnje biljke koje se kasnije koriste kao gorivo. Danas je biomasa često na raspolaganju u obliku peleta, komprimovanog biljnog materijala, jer se na taj način ujednačava kvalitet a olakšava i poboljšava upotreba.

Pored pomenutog, postoji mogućnost korišćenja biogasa koji nastaje biološkom razgradnjom biomase i otpada od biomase i od stočarstva (stajnjak). Ovaj potencijal je u ovom regionu potpuno zanemaren a ima veliki potencijal, kako u energetskom smislu, tako i za radikalno smanjenje emisija GHG. Ova postrojenja mogu biti od sasvim malih, za kućnu upotrebu, preko srednjih na farmama do velikih postrojenja u industriji i u preradi otpadnih komunalnih voda.

**Energija vetra** – Vetar nastaje kao posledica kretanja velikih vazdušnih masa u zemljinoj atmosferi usled klimatskih fenomena, razlika u temperaturi i pritisku vazduha iznad zemljine površine. Vetar se javlja povremeno i ne možemo sa tačnošću predvideti njegovu pojavu, ali se isto tako koristio kao izvor energije. U početku za pogon plovila na jedra koja su bila "hvatači" energije, a kasnije i kao pogon za mlinove, odnosno svega što bi moglo biti pokretano spoljnom energijom (mlinovi, pumpe za vodu, stupe za konoplju, strugare...). To su delatnosti koje su jako slične onima kakve su pokretane vodom i energija koja se koristila u početku za pogon plovila, danas je u daleko najvećoj meri stavljena u funkciju proizvodnje električne energije uz pomoć vetro-generatora..

### 3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije su u nekom od oblika dostupni svuda i mogu se eksplorovati na svakom mestu, odmah i bez potrebe transporta energenata. To znači da je infrastruktura za eksploraciju energije iz obnovljivih izvora manja, jednostavnija i manje zahtevna. Ovde se izuzimaju velika postrojenja kakve su velike akumulacione i/ili reverzibilne hidroelektrane ili postrojenja za masivno korišćenje geotermalnih voda, kakva postoji na Islandu, na primer.

Osim pomenutog, u bezbednosnom i strateškom smislu, mnogo je povoljniji energetski status kada postoji disperzija energetskih izvora na manje jedinice nego da je energetski izvor veliki, sa kapacitetom da pokrije značajnu potrošnju. Kvar na malim postrojenjima ne ugrožava elektroenergetski sistem, dok ispad velike elektrane vodi u veoma ozbiljne probleme u proizvodnji i distribuciji energije.

U tehničkom smislu, generisanje energije u malim postrojenjima znači da se njena distribucija vrši u električnoj mreži na nižem naponu a ne preko dalekovoda, što smanjuje gubitke u mreži i čini je efikasnijom. U slučaju kada se obnovljivi izvori koriste radi toplotne energije, tada se tačkastom proizvodnjom smanjuje potreba za centralizovanom distribucijom, tamo gde je ima ili se zadovoljavaju potrebe koje bi inače morale da se pokriju na drugi, manje prihvativ način.

Cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora ima trend pada, a sa druge strane, tržišna cena energije ima tendenciju rasta što opravdava investicije u ovu oblast.

Zelena ekonomija, pa samim tim i industrija obnovljivih izvora energije je, pored IKT najbrže rastuća grana privrede jer prelazak na OIE zahteva razvoj tehnologija i značajno veću proizvodnju opreme i usluga u ovoj oblasti, tako da je korist dvostruka, sa jedne strane dobija se energija koja je znatno čistija i bezbednija za upotrebu nego ona iz konvencionalnih izvora, a sa druge, povećan je nivo energetske bezbednosti i smanjenja zavisnosti od drugih izvora i/ili isporučilaca energije. Konačno, cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora pada jer se povećava broj proizvođača opreme i njene količine.

#### 4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Najveći problem u korišćenju energije iz obnovljivih izvora kada je finalni proizvod električna energija, je činjenica da su dve najpopularnije i najjednostavnije za eksploraciju, energija veta i energija sunca takve prirode da se ne proizvode u kontinuitetu. Energija iz ta dva izvora se generiše kada je ima, dakle kada sunce sija a vetar duva, što je predvidljivo samo donekle. Elektroenergetski sistem, grubo rečeno, počiva na tri ključna stuba, proizvođač, distributer i potrošač. Raspodela energije se vrši preko električne, distributivne mreže koja, da bi funkcionsala u optimalnom režimu, mora imati stalno opterećenje. Analogija bi se mogla sprovesti sa vodovodnim cevima u kojima, takođe mora stalno da bude vode. U suprotnom, može ući vazduh u cev i smanjiti protok ili se u cevi, zbog stajaće vode mogu nataložiti nečistoće koje smanjuju prohodnost.

Međutim, kada su upitanju obnovljivi izvori koji su dostupni relativno stalno, kao što su energija vode, zemlje i biomasa, jedino što je relevantno je isplativost eksploracije. Tehnologije su dostupne i imaju zadovoljavajuću efikasnost, a činjenica da se korišćenjem obnovljivih izvora obezbeđuje znatno viši stepen energetske bezbednosti i nezavisnosti od spoljnih izvora, opravdava svaku investiciju.

Potrebno je osigurati da ne dođe do negativnog uticaja na životnu sredinu, ovo se posebno odnosi na male hidroelektrane i na postrojenja i uređaje za korišćenje bio-mase jer biomasa jeste obnovljiva ali samo u meri ako se ne eksplorati brže nego što se generiše. Osim toga, biomasa mora biti pripremljena za efikasnu upotrebu (nizak stepen vlažnosti i dobra kalorična moć) a da se samo sagorevanje vrši tako da ima što manje otpadnih produkata (gasova i pepela). U slučaju korišćenja biogasa od biomase, potrebno je obezrediti odgovarajući tretman ostataka, mulja na primer, koji mora da se inertizuje pre nego što se odloži ili spali.

# ENERGIJA BIOMASE

## 5. ŠTA JE TO BIOMASA, NJENI OBLICI I ENERGETSKI POTENCIJALI

Biomasa obuhvata materiju, biljnog ili životinjskog porekla, koje se može koristiti kao izvor energije ili za industrijsku proizvodnju.

*Prednosti i mane u korišćenju biomase: šume i poljoprivreda*

|                  | Energetska efikasnost  | Gasovi staklene baštne   | Kvalitet vazduha   |
|------------------|--|--|--|
|                  | <b>Sagorevanje u malim postrojenjima, uključujući domaćinstva</b>                    |  |  |
| <b>Prednosti</b> | Visoka efikasnost konverzije sa savremenim tehnologijama sagorevanja                 | Niži nego kod fosilnih goriva  | -  |
| <b>Mane</b>      | Starije peći imaju nisku efikasnost konverzije. Toplota se ne koristi uvek efikasno. | -  | Visoke emisije zagađujućih gasova kod starijih peći                                  |
|                  | <b>Sagorevanje u srednje velikim postrojenjima, uključujući i u zgradama</b>         |  |  |
| <b>Prednosti</b> | Visoka efikasnost konverzije energije  | Niži nego kod fosilnih goriva  | -  |
| <b>Mane</b>      | -  | -  | Emisije su manje nego kod malih peći, ali su više nego kada se koristi prirodni gas  |
|                  | <b>Sagorevanje u pećima srednje veličine na visokim temperaturama</b>                |  |  |
| <b>Prednosti</b> | Visoka efikasnost konverzije energije  | Niži nego kod fosilnih goriva; veliko smanjenje GHG, posebno u CHP postrojenjima                       | Bolja kontrola emisija   |
| <b>Mane</b>      | -  | -  | Veći nivo emisija nego kod upotrebe prirodnog gaza                                   |
|                  | <b>Hidroliza i fermentacija</b>  |  |  |
| <b>Prednosti</b> | -  | Veliko smanjenje GHG u slučajevima integrisanog procesa prerade i sa malim korišćenjem fosilnih goriva | Biogoriva imaju niske emisije GHG kada se koristi kao gorivo u sredstvima transporta |
| <b>Mane</b>      | Stepen iskorišćenja biomase je svega 50%   | -  | -  |

Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije, jer se ona fizički obnavlja razvojem sledeće generacije biljaka. Iako se pri dobijanju energije od biomase (bez obzira na tehnologiju koja se koristi) oslobađa ugljendioksid ( $\text{CO}_2$ ), smatra se da je biomasa  $\text{CO}_2$  neutralna jer biljke koriste  $\text{CO}_2$  za fotosintezu i za rast, pa ne postoji neto prinos pa time ni neto povećanje koncentracije ovog gasa u atmosferi.

Mogu se razlikovati sledeći glavni oblici biomase:

#### A. Čvrsta biomasa

- Drvna biomasa (šumsko drvo za ogrev, ostaci i otpad od šumskog drveća nastao pri piljenju, brušenju, blanjanju, i sl.).
- Ostaci i otpaci iz poljoprivrede (slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, koštice, ljeske, i dr.).
- Životinjski otpad i ostaci.
- Biomasa iz otpada (tzv. zelena frakcija kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova s urbanih površina, mulj iz kolektora otpadnih voda, i dr.).

#### B. Tečna biomasa

Tečna biomasa ili biogoriva se mogu svrstati u dve podgrupe proizvoda: bioalkoholi (kao što je bioetanol) ili bioulje (kao što su biodizel i čisto biljno ulje) i mogu se koristiti u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem ili sagorevati u kotlovima.

Klasifikacija biogoriva prema tehnologijama i sirovinama iz kojih se dobijaju:

- biogoriva prve generacije - Osnovne sirovine za proizvodnju biogoriva prve generacije najčešće su žitarice i semenje, od kojih su neke pogodnije za proizvodnju bioetanola a druge za biodizel. Prva generacija biogoriva su sastavljena od šećera, skroba, biljnog ulja i životinjskih masti i izdvajaju se korišćenjem konvencionalnih tehnologija.
- biogoriva druge generacije - Biogoriva druge generacije se oslanjaju na praktično iste sirovine kao i kod prve generacije biogoriva ali su razvijene i dalje se razvijaju nove tehnologije prerade. To su u velikoj meri biogoriva proizvedena od otpadnih organskih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje, industrije, ugostiteljstva ili komunalnog otpada.
- biogoriva treće generacije - Biogoriva treće generacije se baziraju na algama za koje se smatra da će obezbediti bar desetostruki prinos biogoriva po hektaru.

BIOETANOL se proizvodi iz krompira, suncokreta, kukuruza i sličnih biomasa a najviše se proizvodi i koristi u Brazilu.

BIODIZEL je komercijalni naziv za metil-ester koji se dobija esterifikacijom viših nezasićenih masnih kiselina i alkohola u prisustvu Na-metilata kao katalizatora. Više masne kiseline su ulja i masti različitog porekla, a alkohol je u ovom slučaju metanol. Metil-ester napravljen od uljane repice najčešće se označava akronimima MERU ili MER, dok se metil-ester suncokretovog ulja označava akronimom MESU.

Ispitivanja su pokazala da dizel motori sa pogonom na biodizel imaju značajno manju emisiju dima i čestica. Smanjenje emisije u proseku iznosi oko 47%. Niža emisija dima i čestica postiže se primenom mešavine konvencionalnog dizel goriva i biodizela.

Biodizel je ekonomski jeftiniji od komercijalnog fosilnog goriva, a ekološki je neuporedivo zdraviji i isplativiji.

### C. Biogas

Biogas se dobija anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih materija (uz pomoć mikroorganizama u sredini bez kiseonika) i može se dobiti praktično od bilo koje biomase. U suštini, biogas je smeša više gasova ali od onih korisnih metan je naj dominantniji. Nastali čvrsti otpad se može dalje koristiti kao biogorivo ili kao gnojivo.

Biomasa je danas najvažniji obnovljivi izvor energije u svetu, i dolazi odmah iza uglja, nafte i gasa, obezbeđujući oko 10 % ukupne svetske potrošnje primarne energije. Oko 85 % energije koja se dobija iz biomase je u vidu šumske biomase.

Procenjuje se da je tehnički raspoloživa biomasa dovoljna da zadovolji ukupnu današnju potrošnju energije u svetu, pa čak i onu koja se predviđa u 2050. godini.

Sagorevanjem biomase dobija se toplotna energija koja se donedavno najčešće koristila za grejanje, kuvanje ili zagrevanje tople vode. U poslednjoj deceniji biomasa se upotrebljava i za proizvodnju električne energije. U energetske svrhe može se takođe koristiti i biogorivo, dobijeno konvertovanjem biomase u tečno stanje, kao i biogas, dobijen razlaganjem različitog biološkog otpada u gasovito stanje.

Biogas nastaje mikrobiološkim procesom razlaganja organske materije u anaerobnim uslovima (bez prisustva kiseonika). Predstavlja mešavinu gasova, čiju zapreminu čini 50 - 70% metan ( $\text{CH}_4$ ), 25-45% ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i male količine vodene pare 2-7%. Osim navedenog, biogas sadrži i druge gasove kao što su vodonik sulfid, kiseonik, azot, amonijak i vodonik, ali u znatno manjem udelu.

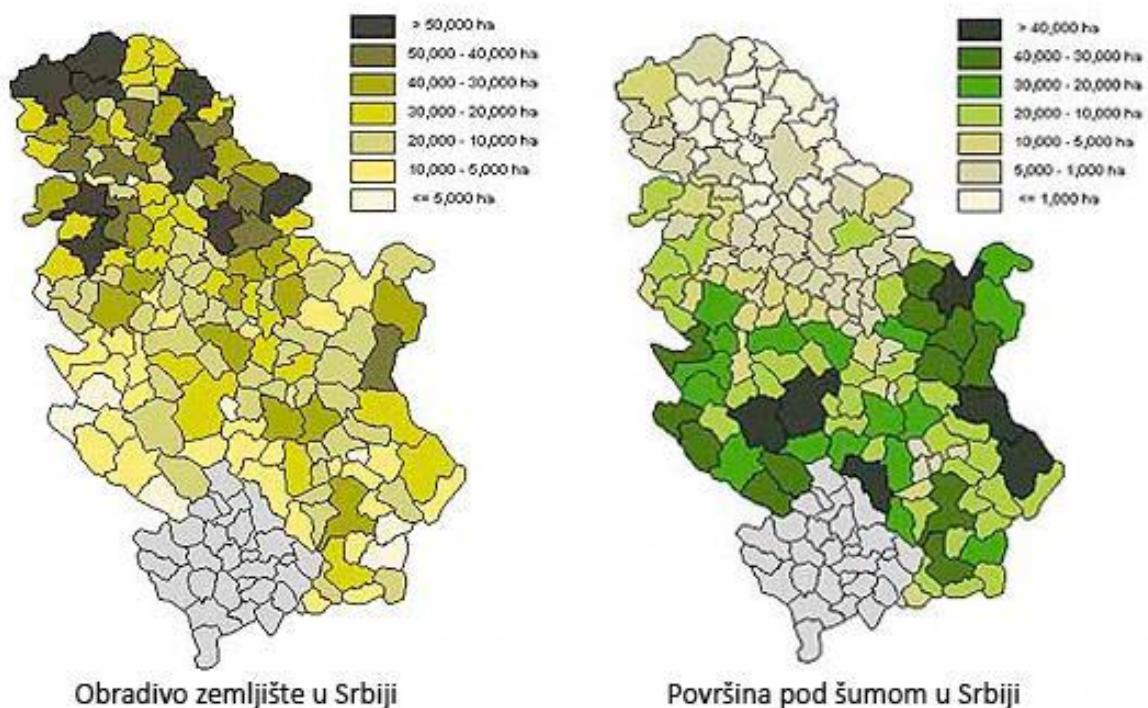
Materije čijim raspadanjem nastaje i od kojih se može eksploratisati biogas su:

- Stajnjak
- Organski otpad prehrambene industrije
- Organski otpad klanične industrije
- Komunalne i otpadne vode prehrambene industrije
- Komunalni čvrsti organski otpad
- Biljke uzgajane specijalno za potrebe biogasnog postrojenja (najčešće silaža)

Aerobnom fermentacijom organska masa se razgrađuje do ugljen-dioksida, dok se anaerobnom dobija biogas gde dominira metan. Metan je gorivi gas, a cilj je upravo njegova proizvodnja i korišćenje za energetske potrebe. Proces anaerobne razgradnje (fermentacije) široko je rasprostranjen u prirodi, gde god postoje anaerobni uslovi i anaerobne bakterijske vrste. Njihov sastav zavisi od organskih izvora materijala (supstrata) i specifičnih uslova procesa razgradnje (pre svega temperature i nivoa pH).

## Potencijal biomase

Biomasa u Srbiji nije ravnomerno raspoređena. Šumska biomasa je zastupljenija u južnijim – brdovitijim delovima zemlje, dok je poljoprivredna više zastupljena u severnim – ravničarskim krajevima zemlje.



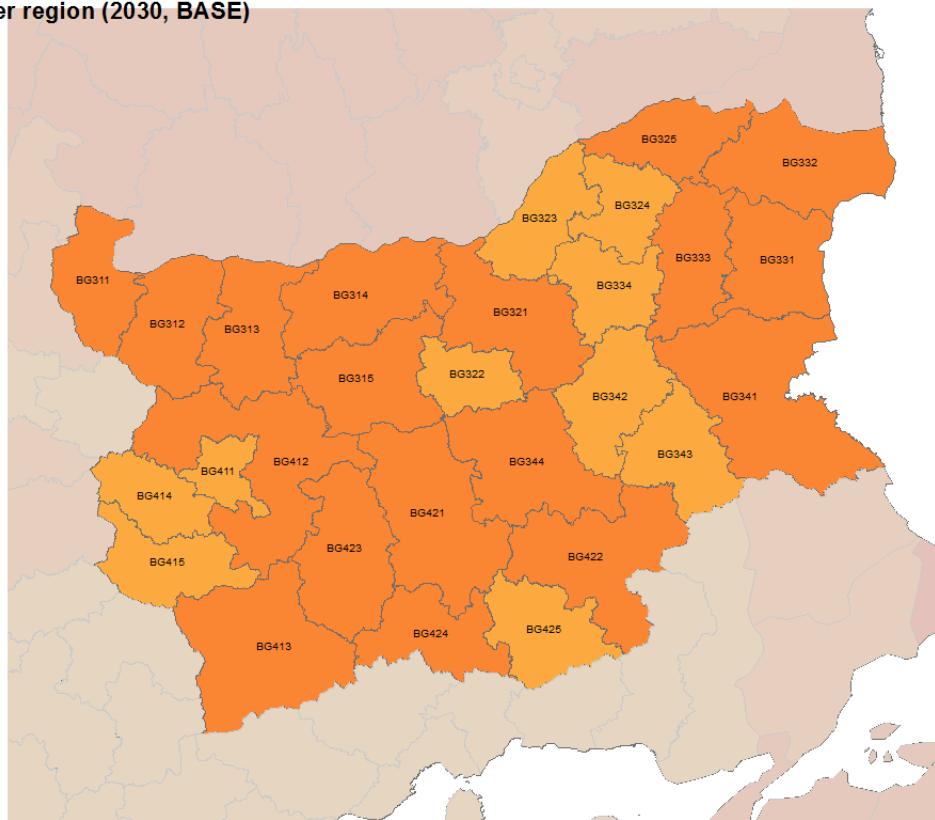
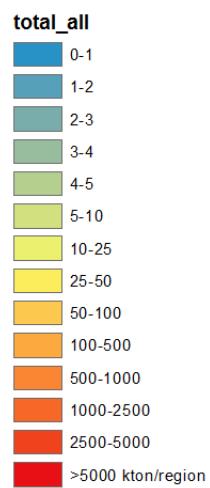
Šume u Srbiji pokrivaju površinu od oko 2,25 miliona ha, što predstavlja oko 29,1% ukupne teritorije Srbije. Jedan veliki region na istoku Srbije sačinjavaju opštine Majdanpek (preko 80%), zatim Kučevac, Žagubica, Despotovac, Bor i Baljevac (sve sa po 41-60%). Drugi veliki region bogat šumom se nalazi na jugozapadu Srbije, i sačinjavaju ga opštine Prijepolje (preko 80%), Priboj i Kuršumlija (61-80%) i nekoliko susednih opština sa udelom površine pod šumom između 41 i 60% od teritorije opštine.

Srbija se smatra srednje šumovitom zemljom. Prema Nacionalnoj inventuri šuma Republike Srbije iz 2009. godine ukupna površina šuma u Srbiji iznosi 2.252.400 ha, što je 29,1% od ukupne površine teritorije Srbije. Od toga u državnom vlasništvu je 1.194.000 ha ili 53%, a u privatnom vlasništvu 1.058.400 ha ili 47%.

Šumovitost Srbije (29,1%) je bliska svetskoj koja iznosi 30%, a znatno je niža od evropske koja dostiže 46%. Šumovitost u Srbiji je približna sa šumovitošću Rumunije (28,0%), Španije (28,8%), Francuske i Grčke (27,9%) i nešto niža od Bugarske (34%). Uvećanje šumovitosti u odnosu na referentnu 1979. godinu iznosi 5,2%, što je svakako imalo pozitivan uticaj na stanje i kvalitet životne sredine u celini. Površina šuma u Srbiji odnosu na broj stanovnika iznosi 0,3 ha po stanovniku.

Bugarska je znatno bogatija šumskom biomasom i to pruža izuzetne mogućnosti za njeno korišćenje u komercijalne svrhe.

**Supply in kton DM per region (2030, BASE)**



### *Ukupni potencijali biomase u Bugarskoj*

Podaci o šumama u Bugarskoj za 2019. godinu:

- 3 789 195 ha pod šumom (oko 34% teritorije zemlje);
- Preko 680 500 000 m<sup>3</sup> ukupne zapremine;
- 14 miliona m<sup>3</sup> godišnjeg prirasta;
- 8 007 915 m<sup>3</sup> godišnje količina prirasta šumskog drveta
- 4 095 423 m<sup>3</sup> ogrevno drvo

Ukoliko želimo da koristimo biomasu za proizvodnju električne energije, prvo je potrebno odabrati odgovarajuću tehnologiju koja će maksimalno iskoristiti njen energetski potencijal. U CHP postrojenjima (kogenerativna proizvodnja toplotne i električne energije), ukupan stepen energetskog iskorišćenja biomase može biti i veći od 85 %, dok u konvencionalnim postrojenjima za proizvodnju električne energije faktor iskorišćenja biomase (ili bilo kog drugog goriva) praktično ne može biti veći od 30 - 40 %.

Za individualno korišćenje, pelet je optimalno rešenje. Pelet je, inače, visokokalorično obnovljivo biogorivo, koje se dobija tako što se piljevina ili ostaci od poljoprivrede koji ostaju nakon korišćenja, melju, suše i presuju. Biomasa koja je dovoljno suva i usitnjena, tada se uvodi u uređaj za fino usitnjavanje i presovanje u pelete.

Prednost peleta je to što je njegova energetska vrednost veća od uglja i odlikuje ga velika kalorijska vrednost (između 15MJ/kg i 20MJ/kg), pri čemu je pogodan za automatsko loženje jer gori uz ravnomernu temperature, bez oscilacija tokom sagorevanja. Iskorišćenost energije peleta je 95%, dok je kod ostalih vrsta ogreva ne prelazi 75%. Koliki je značaj peleta potvrđuje i primer da većina razvijenih zemalja subvencionše njegovo korišćenje za grejanje ili dobijanje energije.

Peleti koji se prave od poljoprivrednih ostataka su veoma pogodni, pre svega za komercijalnu upotrebu, posebno imajući u vidu količine i raspoloživost ove biomase i njenu visoku kalorijsku vrednost.

#### *Osnovne karakteristike poljoprivrednih ostataka*

| Poljoprivredni ostatak                           | Sadržaj vode u vreme žetve, [%] | Gornja toplotna moć, [MJ/kg] |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| Slaba pšenična slama                             | 14-20                           | 17,2-17,6                    |
| Jaka pšenična slama                              | 14-20                           | 17,2-17,6                    |
| Ostaci od drugih žitarica                        | 14-20                           | 13,8-14,2                    |
| Stabljike kukuruza                               | 40-60                           | 16,7-18,0                    |
| Kukuruzni oklasak i listovi                      | 30-55                           | 16,7-18,0                    |
| Ostaci pri rezanju vinove loze                   | 45-55                           | 18,0-18,4                    |
| Listovi i grančice pri rezanju maslinovog drveta | 50-55                           | 18,4-18,8                    |
| Ostaci od voća                                   | 35-45                           | 18,0-18,4                    |

## 6. TEHNOLOGIJE ZA PRIPREMU BIOMASE

Priprema biomase uključuje sve neophodne aktivnosti koje potrebno sprovesti kako bi se biomasa prikupila i pripremila za eksploataciju kako bi se:

- Optimizovao proces, obim manipulacije gorivom na samom postrojenju, automatizovao proces doziranja goriva;
- Povećala specifična gustina energije biomase i tako smanjio potreban prostor za skladištenje i
- Očistila biomasa od kamenja, zemlje, peska, metalnih delova, itd.

### **Usitnjavanje šumske biomase**

Šumska biomasa može imati čitav niz oblika i dimenzija od drvene prašine nastale prilikom seče drveta, pa do komada prečnika i 50 cm tako da je potrebno njeno usitnjavanje i homogenizacija:

- lomljenjem na komade od 50-250mm,
- sečenjem na komade od 5-50mm,
- sprašivanjem/pulverizacijom na čestice do 5mm.

Usitnjavanje se vrši u seckalicama. To su uređaji koji imaju zadatak da biomasu usitne i tako je pripreme za transport i sušenje. Seckalice mogu biti stabilne kada se nalaze u skladištu ili sušari, ili mobilne sa kojima se biomasa tretira na samom mestu nastanka. Time se smanjuje zapremina biomase i olakšava njeno sagorevanje jer se povećava površina gorivnog materijala. Najčešći tipovi seckalica su sa diskom i sa bubenjem. Seckalica sa diskom ima masivan disk prečnika od 600-1000 mm sa dva ili četiri sečiva, dok se debljina odsečenog komada biomase može menjati podešavanjem zazora između sečiva. Na ovaj način se dobije drvena sečka ili „čips“. Ove mašine proizvode čips prilično ujednačenog oblika i dimenzija



*Mobilna seckalica*

#### *Karakteristike različitih vrsta seckalica*

| Veličina | Producija, m <sup>3</sup> /ha | Prečnik korišćene biomase, cm | Način doziranja | Potrebna pogonska snaga, kW |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Male     | 3-25                          | 8-35                          | Ručno, dizalica | 20-100                      |
| Srednje  | 25-40                         | 35-40                         | Dizalica        | 60-200                      |
| Velike   | 40-100                        | 40-55                         | Dizalica        | 200-550                     |

Za proizvodnju komada biomase čije su dimenzijs manje od 5mm, koriste se fini mlinovi koji sadrže veliki broj sečiva postavljenih na bubenju. Biomasa se po mlevenju propušta kroz nepokretni mrežasti prsten/sito pomoću centrifugalne sile, a veličina proizvedenog komada zavisi od veličine otvora na situ.

Mlin sa čekićima ima brzi rotor sa alatima za lomljenje i usitnjavanje biomase. Ovaj mlin je veoma robusne konstrukcije, ali je mnogo osjetljiviji od seckalica na eventualne metalne komade koji mogu ući sa biomason.

## **Priprema otpadne drvene biomase**

Otpadna drvena biomasa je vrlo atraktivan i jeftin izvor energije za velika energetska postrojenja, pa se njoj u poslednje vreme u Evropi poklanja velika pažnja. Otpadnu drvenu biomasu pre svega predstavljaju ostaci iz drvnoprerađivačke proizvodnje, razne vrste paleta otpadni nameštaj, otpadna građevinska stolarije i svi drugi proizvodi od drveta koji se mogu samleti. Osim toga, korišćenje otpada kao sirovine je nova paradigma ekonomskog modela cirkularne ekonomije sa ciljem upotrebe svih materijala kojima je prošao rok ili osnovna upotrebna svrha, a mogu se iskoristiti za novi ciklus proizvodnje. Komadi ove vrste biomase mogu biti veoma različitih dimenzija i različitog kvaliteta, a mogu sadržati različite sastojke koji prilikom sagorevanja mogu imati štetan uticaj na životnu sredinu. Zato je neophodno voditi računa o izboru načina sagorevanja i tehnološkim merama neophodnim za sprečavanje štetnog uticaja.

U Evropi je ova vrta drvenog otpada svrstana u nekoliko grupa:

Q1: hemijski ne tretirano drvo,

Q2: kora,

Q3: drvo koje sadrži vezivo bez halogena,

Q4: površinski tretirano drvo,

Q5: drvo tretirano smolama, terisano drvo

Q6: impregnirano drvo,

Q7: drvo koje sadrži halogene i plastične materijale.

Kategorizacija od Q1 do Q7 je izvršena po njihovom štetnom uticaju, pri čemu je poslednja grupa najopasnija. Osim pomenutog, otpadna drvena biomasa može da sadrži mnoge nečistoće (najčešće metale) koje značajno utiču na tehnološki proces sagorevanja. Nakon usitnjavanja biomase metalne nečistoće se uklanjuju pomoću magneta a ostale nečistoće se izdvajaju prosejavanjem kroz sita od 10mm, jer se prepostavlja da je najveći procenat nečistoća ispod ove granulacije. Nakon ovog sita biomasa ulazi u separator ne magnetnih metala i dalje ka skladištu. Producija ovakvih integrisanih postrojenja može biti i do 100t/ha.

## **Baliranje biomase**

Proces baliranja se najčešće odnosi na biomasu iz ostataka od poljoprivredne proizvodnje. Baliranjem se povećava gustina energije biomase i olakšava rukovanje. Kod energetskih biljaka, kao što je miskantus, ovaj proces predstavlja jedinu i osnovnu operaciju jer je se biljka uzgaja upravo za energetske svrhe. Kvalitet goriva (biomase) može biti poboljšan i time ako se baliranje sprovodi nakon sušenja na polju, jer se tada smanjuje koncentracija u vodi rastvorljivih elemenata, kao što su kalijum i hlor, koji nepovoljno utiču na proces sagorevanja.



U zavisnosti od korišćenih mašina mogu se sresti različiti oblici i veličine bala: male četvrtaste, valjkaste, velike četvrtaste i kompaktne.

Baliranje šumske otpadne biomase pre transporta je ekonomski najisplativiji način manipulacije ovom vrstom biomase. Koja se kasnije dalje usitnjava i priprema za komercijalnu upotrebu.



*Baliranje šumske biomase*

### **Peletiranje, briketiranje i torifikacija biomase**

Peletiranja i briketiranja se primenjuju u cilju povećanja gustine biomase i njene energije a prave se uglavnom od sitnih komada, što je strugotina. Peleti su cilindri prečnika 6-10mm, dok su briketi dimenzija od 30-100mm. Briketi zbog svoje veličine nisu pogodni za korišćenje u automatizovanim sistemima loženja i koriste se uglavnom u domaćinstvima. Peleti se odlikuju homogenim sastavom i niskim sadržajem vlage i pogodni su za sisteme automatskog loženja, kako u ložištima za domaćinstvo, tako i u ložištima velikih energetskih postrojenja.

Proces dobijanja peleta ima nekoliko faza:

Sušenje. Zavisno od biomase koja se koristi, sadržaj vlage u sirovom materijalu pre ulaska u proces mora biti između 8 i 12%. Stabilnost procesa presovanja zavisi od vlažnosti materijala, pa je stalan sadržaj vlage od suštinske važnosti. Ako je materijal previše suv, na površini čestica može doći do karbonizacije i veziva će izgoreti pre završetka procesa. Ako je biomasa previše vlažna, vlage može da poveća zapreminu peleta, a time naruši njegovu stabilnost.

Mlevenje. Veličina čestica biomase mora da se smanji kako bi mogli da se proizvedu peleti koji se istiskuju kroz šablon. Za ovu namenu koriste se mlinovi čekićari.

Priprema. Da bi se postiglo optimalno prijanjanje čestica biomase, one moraju biti prekrivene tankim slojem vodene pare.



Proces peletiranja

Proizvodnja peleta. Mašine za peletiranje drveta koriste ravan ili prstenasti kalup. Produktivnost presa za pelete kreće se rasponu od nekih 100kg do oko 10 tona na sat.

Hlađenje. Temperatura peleta povećava se tokom procesa presovanja. Zato je pažljivo hlađenje peleta je od velike važnosti za njegovu dugotrajnost.

Nekoliko evropskih zemalja imaju nacionalne standarda za pelete i brikete, npr Austrija, Nemačka i Švedska.

*U nastavku je tabela hemijski i fizičkih svojstava peleta i briketa u skladu sa austrijskim standardu ONORM M 7135:*

|                     | Jedinica         | Drveni peleti | Drveni briketi |
|---------------------|------------------|---------------|----------------|
| Prečnik D           | mm               | 4-10          | 40-120         |
| Dužina              | mm               | <5xD          | <400           |
| Nasipna gustina     | t/m <sup>3</sup> | >1,12         | >1,00          |
| Sadržaj vlage       | %                | <10           | <10            |
| Sadržaj pepela      | %                | <0,5          | <0,5           |
| Gornja toplotna moć | %                | >18,0         | >18,0          |
| Sadržaj aditiva     | %                | <2            | <2             |

Torifikacija. Karakteristike biomase se razlikuju od vrste do vrste, a njena toplotna moć uglavnom zavisi od sadržaja vlage. Kako bi se napravila energetski visoko efikasna forma, torifikacija sa peletiranjem i briketiranjem, nudi odlično rešenje.

Torifikacija biomase se može opisati kao blagi oblik pirolize na temperaturama u rasponu od 200-320°C, pod atmosferskim pritiskom a u odsustvu kiseonika. To je, u suštini proces karbonizacije kakav se odvija u svakoj čumurkani. Tokom karbonizacije, voda i drugi isparljivi elementi bivaju uklonjeni a biopolimeri se delimično razlažu. Finalni proizvod je čvrsta, suva, gorivna masa koji se naziva "torifikovana biomasa" ili "bio-ugalj" (čumur). Tokom karbonizacije, biomasa menja svoja svojstva tako da se dobija mnogo kvalitetnije gorivo za sagorevanje, a peletiranjem i briketiranjem se dobija gorivo znatno veće toplotne moći, od 20-25 GJ/t.



U procesu karbonizacije, osnovna biomasa gubi oko 20% od svoje mase uz utrošak oko 10% energije. Ova energija može da se koristi kao gorivo za odvijanje procesa torifikacije.

Pretvaranje biomase u biougalj se proces može obavljati i na mestima koja nisu neposredno uz objekat u kome se vrši sagorevanje jer je cena transporta ovako dobijenog goriva znatno niža od cene transporta klasične biomase.

## 7. NAČINI KORIŠĆENJA BIOMASE

Biomasa se koristi sagorevanjem. Oslobođena toplota se upotrebljava ili za toplotnu energiju koja se može koristiti u industriji za podršku tehnološkim procesima, ali i za domaćinstvu, za zagrevanje prostorija. Oslobođena termička energija se može koristiti za proizvodnju električne energije i taj segment je veoma atraktivan jer se električna energija može lako prenositi i koristiti i za druge namene, osim za generisanje toplote. Ovo važi za sve vrste biomase u čvrstom, tečnom i u gasovitom stanju.

Moderna industrijska postrojenja za sagorevanje čvrste biomase mogu se generalno podeliti prema sledećim tehnologijama sagorevanja koja se razlikuju po načinu spaljivanja biomase shodno njenom obliku u kome se uvodi u peć i koji služi kao gorivo:

- sagorevanje u fiksnom sloju,
- sagorevanje u fluidizovanom sloju,
- sagorevanje u letu.

Razlike su u načinima upravljanja gorivom, u uvođenju vazduha, odnosno kiseonika u ložišta i transportom i upravljanje pepelom, kao ostatkom sagorevanja.

Tehnologije sagorevanja biomase u tečnom i u gasovitom obliku se ne razlikuju puno od tehnologija koje se koriste kod drugih goriva istog agregatnog stanja. Naime, kako je metan zastupljen u velikoj meri u biogasu, on se može koristiti i u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem za pokretanje neke mašine ili generatora za proizvodnju električne energije.

### Kako iskoristiti biomasu za proizvodnju energije?

Osim za generatore pregrijane pare kojima se pokreću parme turbine, jedinstven termodinamički proces kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije primenjen je u ko generativnim postrojenjima (CHP eng. – combined heat and power) čime se iskoristivost biomase ili biogasa drastično povećava.

Faktor iskorišćenja primarnog goriva iznosi od 30 do 40 odsto u konvencionalnim postrojenjima dok u CHP instalacijama a on doseže čak više od 85% pošto se otpadna toplotna energija, bilo da je u pitanju para ili topla voda iz procesa proizvodnje električne energije koristi za potrebe tehnološkog procesa ili za grejanje prostora. Time se povećava efikasnost i postižu značajne uštede u troškovima.

Kao najčešće korišćena i najjednostavnija za proizvodnju i pripremu je biomasa u obliku drvenih sečki, ili drvenog čipsa. Ona ne zahteva poseban tretman (sabijanje u pelete, na primer) i koristi se u rasutom stanju. Relativno lako se skladišti i najveću primenu ima u toplanama za javno, daljinsko grejanje

Ukoliko se kao gorivo koristi pelet, time se postiže dobro sagorevanje i visoka energetska efikasnost. Mala emisija ugljen monoksida utiče na sporije sagorevanje, a samim tim i štednju. Pelet istovremeno ima veoma mali procenat vlage, što utiče na duži radni vek kotla. Obično

se ovaj procenat vlažnosti kreće između 8 i 10 %. Konačno, sagorevanjem peleta ostaje mala količina pepela. Za drvene pelete kreće se između svega 1 i 2 %, a za agro pelete između 3 i 6%. Osim toga, za skladištenje peleta potreban je i značajno manji skladišteni prostor nego za druga čvrsta goriva jer se u 1 m<sup>3</sup> može smestiti 650kg pripremljenog peleta.

### **Individualno korišćenje biomase**

Biomasa se u domaćinstvima koristi za distribuciju toplotne energije koja je dobijena sagorevanjem biomase, bilo da se ta toplota koristi za zagrevanje prostora ili sanitарне vode ili za obe namene. Peći i kotlovi na biomasu, najčešće pelet i brikete.

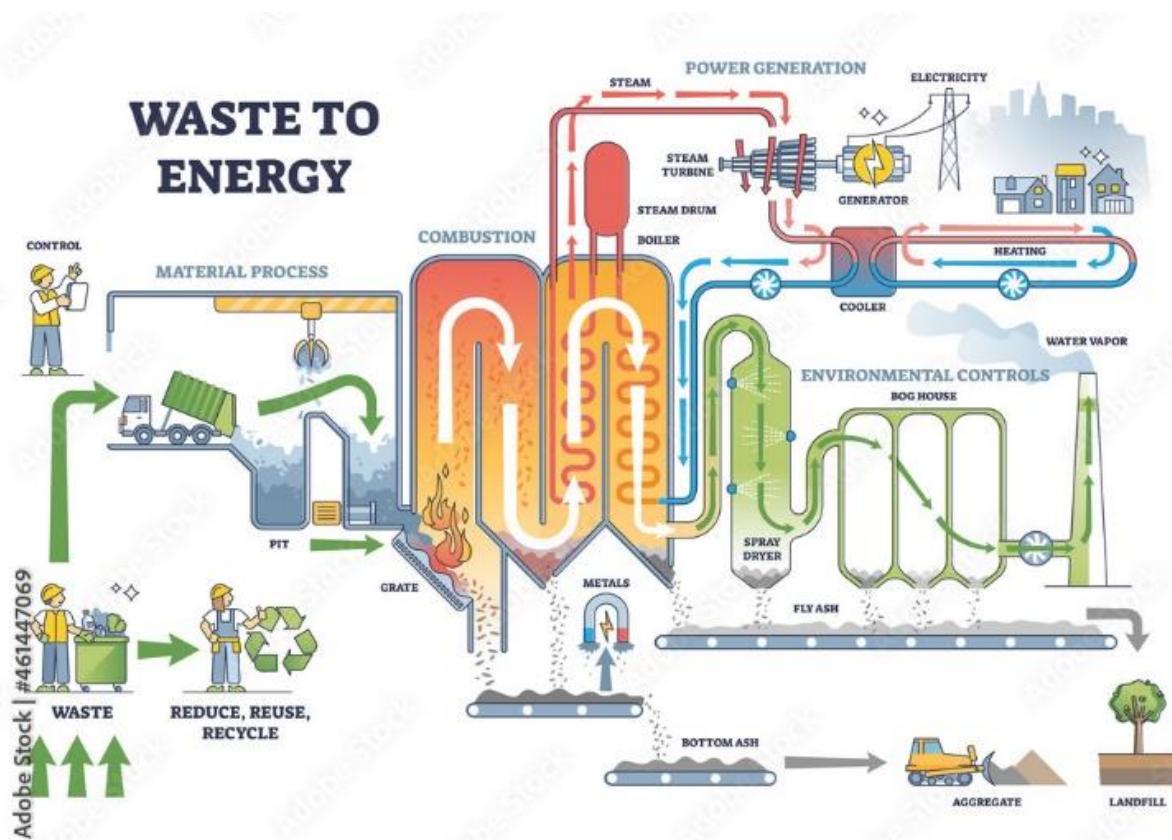
Mogu se koristiti za tačkasto zagrevanje pojedinih prostorija ili za sistem centralnog grejanja sa podnim i/ili zidnim grejanjem ili sa radijatorima. Peći i kotlovi na pelet omogućavaju automatizaciju grejanja, bez ručnog punjenja i sa kontinualnim doturanjem goriva. Osim toga, pelet generiše izuzetno male količine pepela i ne zahteva često pražnjenje ložišta. Konačno,



proizvodnja CO<sub>2</sub> i gasova staklene bašte je daleko ispod nivoa ostalih čvrstih goriva. Ne treba izgubiti iz vida kompaktnost peleta i briketa omogućava skladištenje potrebnih količina na relativno malom prostoru.

## 8. ENERGIJA OD OTPADA

Kako funkcionišu postrojenja za pretvaranje otpada u energiju? Ova postrojenja sagorevaju komunalni čvrsti otpad (KČO) da bi proizvela paru u kotlu koji se koristi za proizvodnju električne energije. Pored toga, energija se koristi za zagrevanje industrijskih objekata i tehnoloških procesa koji zahtevaju toplotu i/ili stambenih i poslovnih objekata sistemom daljinskog grejanja. KČO je mešavina energetski bogatih materijala kao što su papir, plastika, otpad iz domaćinstava i proizvodi od drveta. Na svakih 100 kg KČO-a, oko 85 kg se može sagoreti kao gorivo za proizvodnju toplotne i električne energije. Postrojenja za pretvaranje otpada u energiju redukuju 2t otpada u pepeo težak između 300 i 600 kg a smanjuju zapreminu otpada za oko 87%. Postoje različite vrste sistema ili tehnologija za pretvaranje otpada u energiju. Najčešći tip je sistem masovnog sagorevanja, gde se neprerađeni komunalni otpad spaljuje u velikoj spalionici sa kotлом i generatorom za proizvodnju električne energije (pogledajte ilustraciju).



Ilustracija postrojenja za masovno sagorevanje otpada u energiju

Proces proizvodnje energije u postrojenju za sagorevanje otpada ima sedam faza:

- Otpad se iz kamiona za smeće odlaže u veliku jamu.
- Ogromna kandža na dizalici grabi otpad i baca ga u komoru za sagorevanje.
- Otpad (gorivo) se spaljuje, oslobođajući toplotu.

- d) Toplota pretvara vodu u paru u kotlu.
- e) Para pod visokim pritiskom okreće lopatice turbinskog generatora da bi proizvela električnu energiju. Energija oslobođena hlađenjem pare se odvodi za zagrevanje objekata.
- f) Sistem za kontrolu zagađenja vazduha uklanja zagađivače iz gase za sagorevanje pre nego što se ispusti kroz dimnjak.
- g) Pepeo se sakuplja iz kotla i sistema za kontrolu zagađenja vazduha.

*Lanci vrednosti u spaljivanju komunalnog otpada*

|  | Energetska efikasnost   | Gasovi staklene bašte  | Kvalitet vazduha   |
|--|---|--|--|
| <b>Spaljivanje komunalnog otpada u energetske svrhe</b>                    |   |  |  |
| <b>Prednosti</b>   | Korišćenje otpada u energetske svrhe poboljšava upravljanje otpadom; velika efikasnost ukoliko se koristi CHP postrojenjima         | Značajno manja emisija GHG, posebno kada se uporedi sa deponovanjem (izbegava se emisija metana); dobijena energija zamenjuje fosilna goriva | Ako se izbegne deponovanje, smanjuju se emisije zagađujućih gasova   |
| <b>Mane</b>  | Relativno nizak stepen iskorišćenja; moguća je potreba za dodatnim gorivom s obzirom na nisku kaloričnu vrednost otpada, kao goriva | -  | Potrebno je minimizirati emisiju gasova prilikom spaljivanja; Trošak |
| <b>Spaljivanje u srednje velikim postrojenjima sa dodatnim plamenom</b>    |   |  |  |
| <b>Prednosti</b>   | >85% efikasnost konverzije u slučaju korišćenja samo za toplotnu energiju; 65-85% efikasnosti za CHP                                | Mala upotreba fosilnih goriva, posebno u slučaju CHP. Smanjenje GHG može biti veliko   | Bolja kontrola emisija PM čestica u odnosu na mala postrojenja       |
| <b>Mane</b>  | -   | -  | I pak veća emisija PM čestica od onih koje potiču od korišćenja gasa |
| <b>Gasifikacija i CHP u postrojenja srednje snage sa dodatnim plamenom</b> |   |  |  |
| <b>Prednosti</b>   | Čak do 80% efikasnosti konverzije, u zavisnosti od tipa postrojenja – samo toplota ili i električna energija                        | Vrlo mala ili nikakva upotreba fosilnih goriva, posebno u slučaju CHP. Smanjenja emisija GHG može biti veoma veliko                          | Niska emisija zagađivača kod gasnih motora ili gasnih turbina.       |

## 9. TEHNOLOGIJE ZA PROIZVODNju I KORIŠĆENJE BIOGASA

### Šta su biogasna postrojenja.

Biogas je oko 20% lakši od vazduha i bez mirisa i boje. Temperatura zapaljenja mu je između 650°C i 750°C, a gori čisto plavim plamenom. Njegova kalorijska vrednost je oko 20 MJ/Nm<sup>3</sup> i gori sa oko 60%om efikasnošću u konvencionalnim biogasnim pećima. Jedan i po kubik biogasa je ravan sa jednim kubikom prirodnog gasa. Jedan hektar kukuruzne silaže dovoljan je za proizvodnju 10.000 kubika biogasa, od kojeg nastaje preko 20.000 kWh struje, a to je dovoljno za prosečnu potrošnju 4 domaćinstva godišnje. Oko 500.000 hektara raznih biljaka dalo bi snagu oko 1.000 MW, što je u srazmeri proizvodnje jedne značajnije elektrane (nešto malo manje nego hidroelektrana Đerdap). Bio gas nastaje kao proizvod biološkog raspadanja organskih materija, biljaka, ostataka od ratarske i poljoprivredne proizvodnje a posebno ostataka sa stočnih farmi, pre svega stajnjaka kao i otpadnih komunalnih voda. Osim toga, biogas se može dobiti gasifikacijom drveta ili drvenih peleta.

Biogas se koristi za proizvodnju toplotne ili električne energije, kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije (u kogenerativnom postrojenju) ili kombinovanu proizvodnju, električne, toplotne i rashladne energije (trigeneracija).



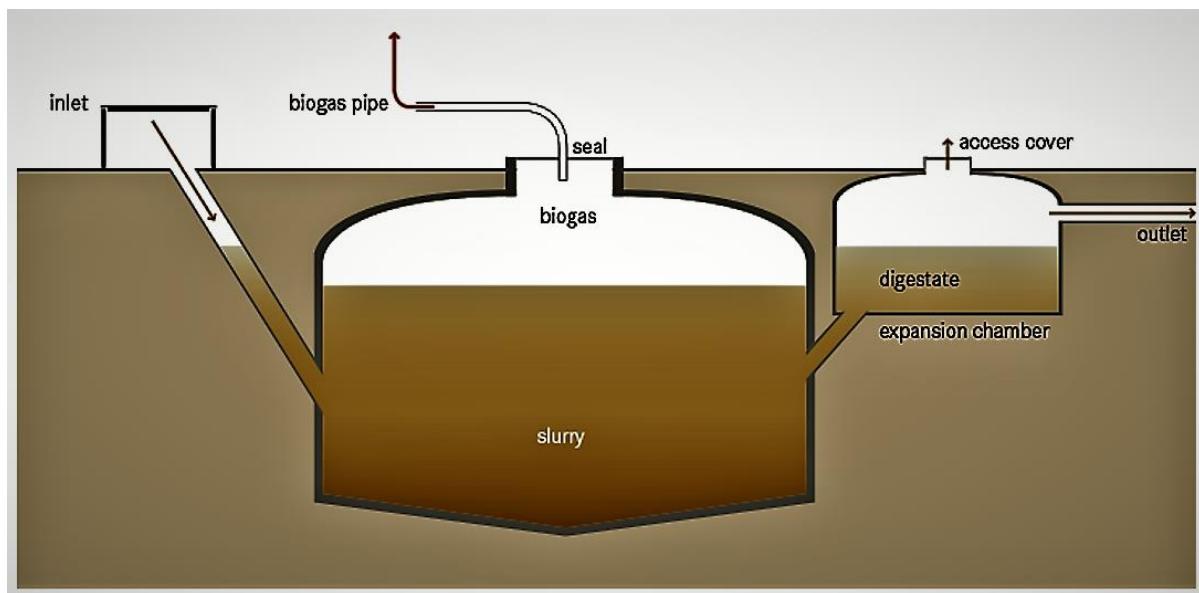
*Postrojenje za proizvodnju biogasa od otpadnih komunalnih voda*

Sve je intenzivniji trend da se biogas distribuira u postojeću mrežu prirodnog gasa i tako se transportuje i koristi za iste svrhe. Na ovaj način se dobija veća fleksibilnost upotrebe biogasa jer se on može koristiti i na mestima koja nisu u neposrednoj blizini postrojenja za proizvodnju biogasa.

Prilikom korišćenja biogasa u kogenerativnom postupku, električna energija se kontinualno proizvodi i isporučuje u javnu električnu mrežu. Proizvodnja toplotne energije prati proizvodnju električne, ali potrebno obezbediti njenu kontinualno korišćenje, što nije uvek moguće. Toplotna energija se delom koristi za zagrevanje supstrata i digestora dok se preostali deo najčešće upotrebljava za zagrevanje poljoprivrednih objekata u blizini.

### **Mala biogasna postrojenja.**

Postrojenja na manjim farmama koja kao sirovinu koriste pretežno životinjski stajnjak, a proizvedeni biogas koristi se na lokaciji postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, mogu se smatrati malim biogasnim postrojenjima. Jednostavne konstrukcije koje koriste organski otpad iz pojedinačnih domaćinstava uključujući životinjski stajnjak, široko primenjena u Kini i Indiji, nisu na ovim prostorima uobičajena iako ima potencijala



Biogas reaktor je hermetički zatvorena komora koja olakšava anaerobnu degradaciju kanalizacionog i/ili biorazgradivog otpada (npr. životinjski stajnjak, kuhinjski i baštenški otpad). Takođe, olakšava sakupljanje biogasa, mešavine metana ( $\text{CH}_4$ ) i ugljen-dioksida ( $\text{CO}_2$ ) proizvedenih u procesima fermentacije u reaktoru. Gas se formira u suspenziji i sakuplja se na vrhu komore, mešajući mulj dok se diže. Pritisak koji vrši gas koji se diže može se koristiti za transport gase do sabirne posude ili direktno do mesta gde će se koristiti. Ostatak, odnosno digestat je bogat organskim i hranljivim materijama, gotovo bez mirisa, a patogeni su delimično inaktivisani.

### **Prednosti malih biogas postrojenja**

Biogasni reaktori se često instaliraju u domaćinstvima ili zajednicama u ruralnim oblastima za zajedničku fermentaciju životinjskog stajnjaka i otpada iz toaleta. Proizvedeni gas se može koristiti direktno za kuvanje i osvetljenje ili se može transformisati u toplotu u sistemu za grejanje na gas ili u čak u kombinovanu proizvodnju toplote i energije (CHP) u ko-generacionoj jedinici. Digestit (ostatak bogat hranljivim materijama) se može koristiti kao đubrivo za

prihranu zemljišta u poljoprivredi. Životinjski stajnjak i balega i kuhinjski otpad sadrže mnogo organske materije i načelno, proces može proizvesti dovoljno biogasa za porodicu da pokrije bar potrebe za kuhanjem. Ljudi proizvode manje izlučevina i one sadrže manje materija koje se mogu pretvoriti u biogas od životinjske balege (npr. krave). Međutim, toaleti, ako su dostupni, mogu se direktno povezati sa postrojenjem za biogas gde ljudske fekalije fermentišu zajedno sa drugim otpadom. Ova opcija obezbeđuje bezbedan tretman ljudskih izlučevina i time poboljšava higijenu tretmana otpadnih materija. Dostupnost obnovljivog izvora energije smanjuje upotrebu ogrevnog drveta za kuhanje i zagađenje vazduha u zatvorenom prostoru. Tako digestori za biogas imaju potencijal da minimiziraju zdravstvene rizike i zagađenje životne sredine.

#### *Lanac vrednosti za biogas i elementi za procenu opravdanosti njegove upotrebe*

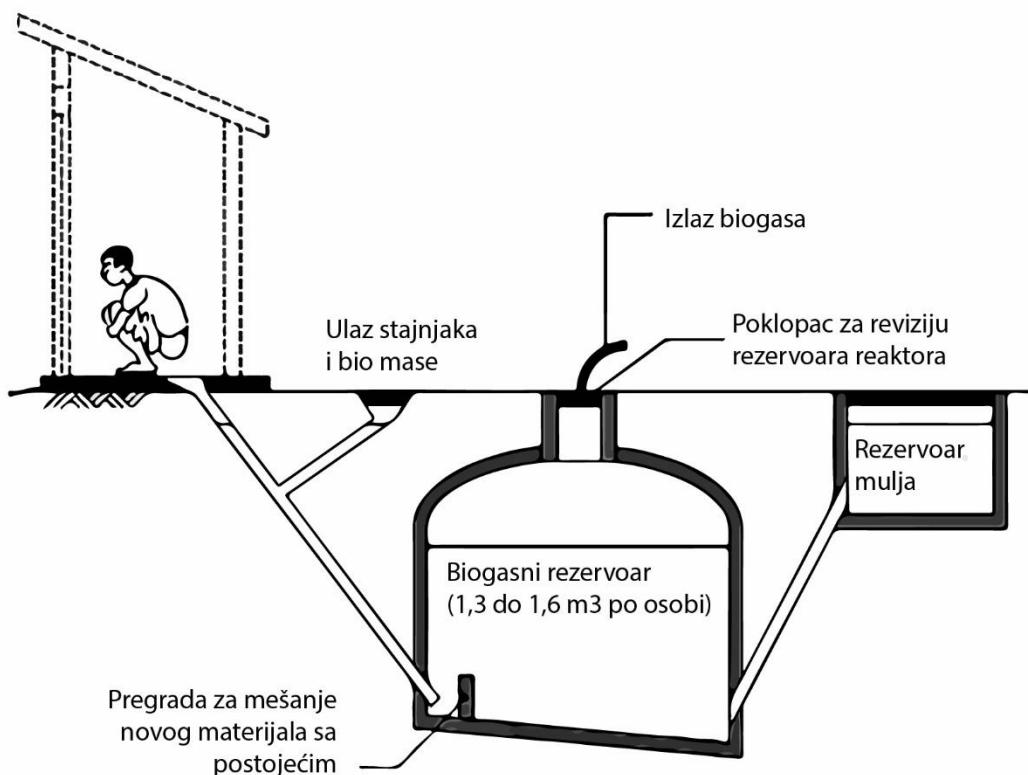
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Odgovarajuća temperatura fermentacije | 20 to 35 °C   |
| Vreme raspada                         | 40 to 100 dana  |
| Energija biogasa                      | $6\text{ kWh/m}^3 = 0.61 \text{ litara dizel goriva}$           |
| Proizvodnja biogasa                   | 0.3 – 0.5 m <sup>3</sup> gas/m <sup>3</sup> zapremine digestora |
| Ljudski izmet                         | 0.02 m <sup>3</sup> /po osobi dnevno                            |
| Krava                                 | 0.4 m <sup>3</sup> /Kg balege                                   |
| Potrebe gasa za kuhanje               | 0.3 to 0.9 m <sup>3</sup> /po osobi, dnevno                     |
| Potrebe gasa za jednu lampu           | 0.1 to 0.15m <sup>3</sup> /h                                    |

#### **Vrste reaktora**

Biogasni reaktori mogu biti kupole od cigle ili montažni rezervoari, postavljeni iznad ili ispod zemlje, u zavisnosti od prostora, karakteristika tla, raspoloživih resursa i količine generisanog otpada. Mogu se graditi kao digestori sa fiksnom ili plutajućom kupolom. U fiksnoj kupoli, zapremina reaktora je konstantna. Kako se stvara gas, on vrši pritisak i istiskuje suspenziju prema gore u ekspanzionu komoru. Kada se gas ukloni, suspenzija teče nazad u reaktor. Pritisak se može koristiti za transport biogasa kroz cevi. U reaktoru sa plutajućom kupolom, kupola se podiže i spušta sa proizvodnjom i povlačenjem gasa. Alternativno, može se proširiti (kao balon). Biogas postrojenja sa gumenim balonima su najjednostavnija i najjeftinija za izgradnju. Da bi se minimizirali gubici u distribuciji, reaktori treba da budu instalirani blizu mesta gde se gas može koristiti. Anaerobna digestija je biološki proces koji se podstiče posebnom mešavinom bakterija. Kada se reaktori prvi put pokreću, to može potrajati neko vreme dok se ne razvije i stabilise specifična bakterijska zajednica koja proizvodi biogas. Može

pomoći da se reaktor zaseje anaerobnim muljem iz septičke jame ili drugog anaerobnog digestora. Vreme hidrauličkog zadržavanja mase koja fermentira u reaktoru treba da bude najmanje 15 dana u vrućim klimama i 25 dana u umerenim klimama. Za visoko patogene unose treba razmotriti period od 60 dana u kom vremenu se mulj inertizuje. Biogas reaktori rade u temperaturnom opsegu od 30 do 38°C. Temperatura od 50 do 57°C bi uništila patogene i se može postići samo dodatnim zagrevanjem. Ako je temperatura biomase ispod 15°C, proizvodnja gasa će biti toliko niska da postrojenje za biogas više nije opravdano sa ekonomski tačke gledišta. Na višoj temperaturi može se povećati ne samo proizvodnja metana, već i slobodnog amonijaka, koji može imati negativni efekat na performanse digestora.

Često su biogasni reaktori direktno povezani sa privatnim ili javnim toaletima uz dodatni pristup za organske materijale. Za domaćinstva, reaktori mogu biti napravljeni od plastičnih kontejnera ili cigli. Veličine mogu varirati od 1.000 L za jednu porodicu do 100.000 L za institucionalne ili javne toalete. Pošto je proizvodnja digestata kontinuirana, moraju postojati mogućnosti za njegovo skladištenje, upotrebu i/ili transport na odgovarajuću lokaciju. Projektovana veličina reaktora zavisi od temperature i zapremine materijala koji fermentira.



Mali digestori biogasa koji primaju životinjski otpad pokazuju više stope proizvodnje biogasa jer životinjska balega ima mnogo veći potencijal za proizvodnju metana nego ljudski izmet, na primer. Samo fermentiranje ljudske fekalne materije ne bi bilo ekonomski interesantno jer proizvedeni organski otpad iz tipične prosečne porodice ne bi proizveo dovoljno biogasa da pokrije njene potrebe. Uzimajući u obzir proizvodnju od 0,12 kg do 0,6 kg fekalija po danu po osobi i 20 do 150 lit. biogasa po kg, proizvodnja biogasa u litrima bi varirala od nekoliko litara

do maksimalnih 90 lit. (realna vrednost je 20 do 30 litara biogasa, po osobi, dnevno). To je daleko manje od količine biogasa potrebne za pripremu obroka jedne osobe što iznosi oko 300 do 900 litara biogasa dnevno. Pored kuhinjskog otpada, baštenski otpad i biljke se mogu dodati u reaktor kako bi se povećala proizvodnja biogasa. Zelene biljke su veoma pogodne za anaerobnu fermentaciju i njihovi prinosi gasa su visoki, obično iznad onog u stajnjaku. Krmni materijal koji sadrži lignin, kao što je slama ili drvo, otporan je na anaerobnu fermentaciju i stoga ne bi trebalo da se koristi u postrojenjima za proizvodnju biogasa ili barem da bude prethodno kompostiran i po mogućnosti isečen pre fermentacije.

*Proizvodnja biogasa prema količini biomase*

|                                | Stoka | Svinje | Perad | Ljudski, kanalizacioni otpad |
|--------------------------------|-------|--------|-------|------------------------------|
| Litara biogasa po Kg stajnjaka | 40    | 60     | 70    | 60                           |

### Zdravstveni aspekti

Anaerobna digestija uklanja samo organske materije, a glavni mineralni materijal i skoro svi hranljivi sastojci ostaju u donjem mulju. Skoro 100% fosfora i oko 50 do 70% azota u vidu amonijuma se još uvek nalazi u digestiranom mulju. Iz tog razloga je sekundarni proizvod kompost iz biogasnih reaktora vrijedan resurs za proizvodnju hrane. Generalno, u dobro projektovanom digestoru za biogas, uklanjanje patogenih klica u muljnom rastvoru je dovoljno da se tretirani mulj može ponovo koristiti za đubrenje zemljišta. Da bi se povećala bezbednost, može se aerobno kompostirati (ili preraditi u postrojenju za sušenje) pre ponovne upotrebe.

### Troškovi

Investicioni troškovi anaerobnih digestora su umereni, a upotrebni potencijal je relativno visok (iako planiranje zahteva kvalifikovanu radnu snagu i stručno projektovanje). I biogas i mulj od đubriva stvaraju dodatnu vrednost, čineći tako digestore biogasa zanimljivim sa ekonomskog tačke gledišta.

### Rad i održavanje

Ako je reaktor pravilno projektovan i izgrađen, popravke bi trebalo da budu minimalne. Da bi se reaktor pokrenuo, treba ga zasejati anaerobnim bakterijama, na primer, dodavanjem kravljevog izmeta ili mulja iz septičke jame. Biogasnim reaktorima je potrebna faza pokretanja tokom koje se mikroorganizam odgovaran za anaerobnu digestiju razmnožava i stabilizuje. Organski otpad koji se koristi kao supstrat, treba usitniti i pomešati sa vodom ili digestatom pre ubacivanja u digestor.

Gasnu opremu treba pažljivo i redovno čistiti kako bi se spričila korozija i curenje. Pesak i kamenje koji su se slegli na dno treba ukloniti. U zavisnosti od načina na koji je projektovan, reaktor treba prazniti svakih 5 do 10 godina. Reaktore takođe treba redovno proveravati da li

ima pene, formiranja sluzi ili na nepropusnost digestora (i rđe, u slučaju reaktora sa plutajućim bubnjem koji koriste čelični bубан). Nije potreban kvalifikovan operater, ali domaćinstva treba da budu obučena da razumeju kako sistem radi. Potrebno je primeniti mere opreza za upravljanje zapaljivim gasovima.

### Mesta primene

Ova tehnologija se može primeniti u domaćinstvima, u malim naseljima ili za stabilizaciju mulja u velikim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda. Biogas reaktori obezbeđuju energiju za kuvanje, osvetljenje i grejanje, kao i za đubrenje zemljišta. U ruralnim oblastima se često koriste za fermentaciju životinjskog stajnjaka, kuhinjskog otpada (i samo opciono toaletnog otpada). Reaktori se najbolje koriste tamo gde je moguće redovno punjenje biološkim materijalom.

Često se biogas reaktor koristi kao alternativa septičkoj jami, jer nudi sličan nivo tretmana, ali uz dodatnu korist biogasa. Najveći nivoi proizvodnje biogasa se dobijaju sa koncentrovanim supstratima koji su bogati organskim materijalom, kao što su životinjsko đubrivo i organski komercijalni ili kućni otpad.

Biogasni reaktori su manje prikladni za hladnije klime jer je stopa konverzije organske materije u biogas veoma niska ispod 15°C. U tim slučajevima, vreme digestije mora biti znatno duže, a projektovani volumen značajno povećan.

Mala biogas postrojenja, na primer u Nemačkoj koja koriste najmanje 80% životinjskog stajnjaka u ukupnoj svežoj masi supstrata i imaju instaliranu električnu snagu generatora do 75 kW, dobijaju garantovanu (feed-in) tarifu za isporučenu električnu energiju u mrežu, što čini investiciju isplativom. Ukoliko farma poseduje 100 grla krupne stoke, iz dobijenog tečnog stajnjaka moguće je obezbediti od 15 do 18 kW električne snage. U skladu sa time, za biogas postrojenje 75 kW snage potrebno je oko 500 grla, ne računajući nus-proizvode ili otpad iz poljoprivrede i prehrambene industrije kao ko supstrate za proizvodnju biogasa.

U Srbiji i Bugarskoj postoje podsticajne mere u vidu feed-in tarifa za proizvodnju električne energije iz biogasa i to može pomoći investicijama u ovu oblast, ali se proizvodnja biogasa samo u toplotne svrhe i za korišćenje u domaćinstvima ne podržava pa je ceo trošak prevavljen na korisnika, iako postoji nesporan kvalitet u korišćenju biogasa u domaćinstvima.

U Srbiji je u 2019. godini u pogonu bilo 22 biogas postrojenja, ukupne instalirane električne snage 21,21 MW. Većina postrojenja je snage oko 1 MW, nekoliko u rasponu 500 do 650 kW, a samo jedno snage 200 kW. Ova postrojenja zajedno su u toj godini iskoristila oko 175.000 t ekvivalentne količine tečnog stajnjaka, što iznosi manje od 1% ukupnog potencijala u Srbiji. Prema tome, ukupan udio stajnjaka koji se zbrinjava na odgovarajući način u Srbiji je do sada zanemariv, a na malim farmama je apsolutno neiskorišćen.

U Bugarskoj, situacija nije ništa bolja. Korišćenje biogasa, uprkos svim prednostima, nije na visokom nivou. Tipična za ovaj tehnološki pristup je njegova lokalna primena i na osnovu statističkih podataka i analiza o mogućnosti korišćenja stočnog stajnjaka u sistemima za

proizvodnju biogasa u Bugarskoj za 2020. godinu, procenjeno je da bi se u farmama moglo realizovati ukupno 1142 instalacije snage od po 500 kW. Dobijeni rezultati su obećavajući i preduslov su za dalja tehnološka i ekonomska istraživanja ovog vrste biološkog goriva.

Slično je i u Bugarskoj pa je promocija korišćenja biogasa kao dopunskog goriva od velikog značaja u obe zemlje, pre svega za ruralna područja. Time se podiže kvalitet života lokalnih građana i daje se značajan doprinos energetskoj stabilnosti.

Mala biogas postrojenja ključna su tehnologija za odgovarajući tretman stajnjaka sa malih farmi, koji predstavlja najveći deo ukupnog potencijala. Stajnjak se najviše koristi kao organsko hranivo na poljoprivrednom zemljištu, pri čemu je negativan uticaj na životnu sredinu intenzivan. Izgradnjom malih biogas postrojenja značajno bi se doprinelo smanjenju negativnih uticaja.

## 10. NAČINI SKLADIŠENJA BIOMASE

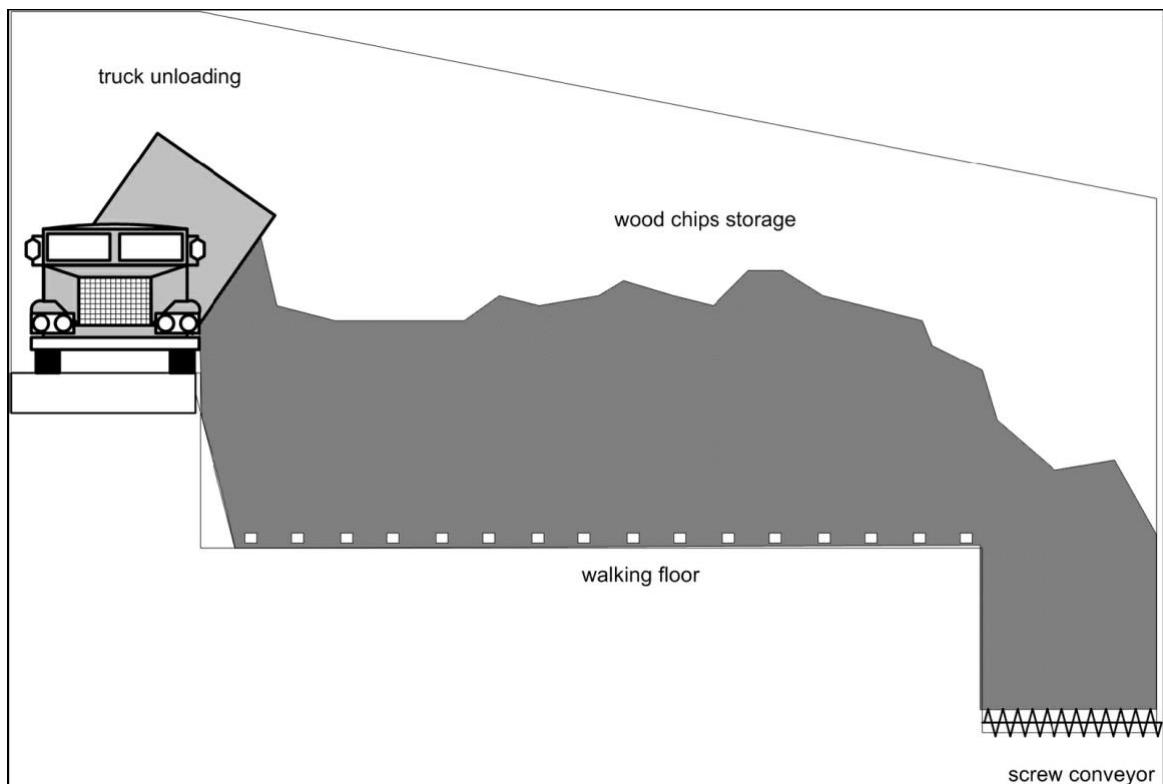
Planiranju i skladištenju biomase treba posvetiti posebnu pažnju pošto njena proizvodnja varira tokom godine. Najintenzivnija je tokom perioda vegetacije, odnosno od proleća do jeseni. Ovo posebno važi za biomasu koja potiče od poljoprivredne proizvodnje. Iz tog razloga, skladišta za biomasu moraju biti tako dimenzionisana i pripremljena da mogu podmiriti sve godišnje potrebe i da imaju rezervu koja može premostiti manjkove koji mogu nastati zbog smanje proizvodnje tokom naredne sezone. To se rešava tako što se uz postrojenje koje koristi biomasu formiraju dva skladišta, jedno za tekuće potrebe i koje može podmiriti potrebe za nekoliko dana i drugo za dugi rok. Pošto biomasa ima malu specifičnu težinu i gustinu, njena zapremina je relativno velika pa je potrebno da dugoročno skladište bude velikih dimenzija i najčešće se pravi izvan kruga postrojenja ili na njegovom rubu, jer nije neophodno da je neposredno uz samo postrojenje. Doturanje goriva između ova dva skladišta se odvija pomoću transportnih traka ili raznih vrsta utovarivača, u zavisnosti od vrste biomase.

Šumska biomasa se najčešće dugoročno skladište u obliku drvene sečke, u nasutom stanju. Međutim, treba obratiti pažnju da usled biohemijske razgradnje može doći do porasta temperature u skladištu do samozapaljenja. To se može desiti usled niza faktora kao što su vrsta skladištene biomase, veličina komada, visina skladišta, ambijentalni uslovi, uslovi provetrvanja skladišta itd.

Kada se skladišti sveža drvena sečka ili kora, temperatura u jezgru sloja dostiže i 60°C u toku prvih dana. Samozapaljenje može da se izbegne kada se kora skladišti do maksimalne visine od 8m i kada je vreme skladištenja manje od pet meseci. Biomasa u nasutom sloju ne bi trebalo da bude previše sabijena jer to može dovesti do koncentracije vlage ne pojedinim mestima a to može uzrokovati pregrevanje biomase.

Povećane koncentracije CO<sub>2</sub> predstavljaju početnu fazu samozapaljenja, dok detektovanje prisustva ugljenmonoksida označava da je već došlo do samopaljenja. Kada je u pitanju skladištenje sveže biomase u zatvorenom prostoru, sadržaj vlage može smanjiti prirodnom ili prinudnom ventilacijom. Zidovi hale za skladištenje treba da omoguće strujanje vazduha. Otvorena skladišta biomase sa malim česticama, kao što je piljevina, može izazvati prašenje i nije preporučljivo u naseljenim područjima. Za ovaj oblik biomase, preporučljivo je skladištenje u zatvorenim prostorijama.

Kratkoročna skladišta biomase su u direktnoj su vezi sa sistemom za doziranje goriva na postrojenju. Za biomasu kao što su kora i drvena sečka, mogu se koristiti bunkeri sa pokretnim podovima. Pokretni podovi su posebno pogodni za automatsko pražnjenje dugoročnog skladišta, bez dodatnih uređaja.



*Transporter sa pokretnim podom*

Piljevina i fini otpad od drveta se najbolje skladišti u zatvorenim silosima kako bi se izbegle emisije prašine. Prečnik takvog silosa može da bude do 15m, a visina može biti i do 40m. Za automatsko pražnjenje ovih silosa koristi se kosi pužni dozator.

Balirana drvna biomasa može biti smeštena na otvorenom pošto je njena osetljivost na biološku degradaciju vrlo niska.

Balirana poljoprivredna biomasa može da se uskladišti na različite načine ali se ne može držati na otvorenom zbog opasnosti od vlaženja. Dugoročno skladištenje ove vrste biomase na otvorenom može dovesti do velikih gubitaka na gornjim i u donjim slojevima skladišta usled

delovanja vlage. Pokrivanje bala prekrivkama ili čvrstim krovom štiti gornji sloj, dok je donji i dalje izložen uticaju vlage. Zatvoreni sistemi skladištenja su najbolji ali i najskuplji i predstavljaju najbolji način za skladištenje balirane poljoprivredne biomase.

Biogas se ne skladišti pošto to ne bi bilo isplativo i potrebno ga je koristiti odmah po proizvodnji, što unekoliko uslovljava projektovanje sistema za proizvodnju i dalju distribuciju gasa koji se može, kao što je ranije napomenuto, distribuirati kroz postojeću mrežu za dostavu prirodnog gasa.

## 11. IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA I PROCENA TROŠKOVA

Kako je biomasa emergent koji je potrebno pripremiti pre upotrebe, odnosno, potrebno je uložiti izvesnu količinu rada pre nego što se može koristiti, ona je tržišna roba koja podleže uticajima tržišta, pa je tako teže napraviti uporednu kalkulaciju sa nekim drugim emergentom jer se međusobni odnosi mogu promeniti u kratkom vremenu i u značajnom obimu. Naime, sunce, vetar, toplotu zemlje, pa do neke mere i vodu imamo besplatno i ne plaćamo gorivo koje nam je potrebno za proizvodnju energije te nam se investicija isplati za vreme uštede koje smo postigli koristeći besplatan emergent. Biomasa se kupuje ili se koristi sa sopstvenog imanja, ali u svakom slučaju ima neku cenu. Svedoci smo da je zbog energetske krize u Evropi usled sukoba u Ukrajini, došlo do velikih pomeranja u ceni energenata tako da je ulaganje u postrojenja koja koriste biomasu predmet dobrog promišljanja. Kako će se kasnije videti, ulaganje u energetske sisteme koji koriste biomasu, nemaju tu vrstu prednosti da se ne plaća emergent, ali zato se postrojenja mogu izgraditi na svakom mestu i ne zavise od lokacije izvora energije, kao što je to slučaj kod svih ostalih OIE.

Kao studiju slučaja razmotrićemo dva postrojenja za individualno korišćenje biomase, odnosno biogasa. Kako je već napomenuto, nećemo biti u mogućnosti da napravimo pravo poređenje između predloženog rešenja i nekog drugog jer su u današnje vreme cene energenata nepredvidive pa je pravu kalkulaciju isplativosti i ROI teško napraviti. Postoji dimenzija komfora korišćenja, pristupačnost emergentu i forma energenta. Na primer, sunčevu energiju i izvornom obliku ne možete skladištiti za kasnije, kao ni vetar, a biomasu možete. To obezbeđuje prilično visok stepen nezavisnosti i sigurnost u snabdevanju gorivom.

Studija slučaja se odnosi na kuću površine 150 m<sup>2</sup>, sa značajnim energetskim gubicima u porodičnoj kući staroj pedesetak godina sa, u to vreme standardnom izolacijom. Za takav objekat, biće nam potrebna kotao od 30kW toplotne snage koja može optimalno da greje vodu za zagrevanje prostora kao i sanitarnu vodu.

Grejanje na biomasu ili biogas se najčešće realizuje sa radiatorima, s obzirom na temperature koje se razvijaju u kotlu.

Prepostavićemo da kuća nema ugrađen sistem za distribuciju topline pa ćemo i to uzeti u obzir prilikom izrade kalkulacije potrebne investicije.

## **Grejanje na pelet**

Za kuću ovih dimenzija i ove vrste izolacije, može se napraviti okvirna kalkulacija potrebne količine peleta prosečne toplotne moći uz parametar da je potrebno 17-20 kg/m<sup>3</sup> peleta za grejnu sezonu. Iz ovoga proističe da će nam, sa prosečnom visinom soba od 2,8m biti potrebno da grejemo 405 m<sup>3</sup>, odnosno da će nam trebati oko 8 tona peleta za prosečnu zimu (150m<sup>2</sup> x 2,8m x 19 kg/m<sup>3</sup> = 7980 kg). Ovo je sasvim okvirna procena, ali je dovoljno dobra da sagledamo potrošnju za koju moramo da obezbedimo dovoljno goriva. Imajući u vidu da 1m<sup>3</sup> sadrži oko 650 kg peleta, biće potrebno obezbediti skladište od nekih 12m<sup>3</sup>, koje je suvo i zaštićeno od atmosferskih padavina.

Nešto kvalitetniji kotlovi na pelet, snage 15 kW koštaju oko 1.000-1.500 EUR a instalacija za razvod grejanja preko radijatora zavisi od materijala i broja grejnih tela. Međutim, može se sa sigurnošću reći da kompletna instalacija sistema grejanja zajedno sa kotлом se kreće u rasponu od 25-42 EUR/m<sup>2</sup>

**Objekat** - Stambeni objekat ukupne površine **150 m<sup>2</sup>**

**Područje** - Zaječar

**Izolacija** - Giter blok 25cm obostrano malterisan, jednostruki prozori jednostruko zastakljeni.

**Zadata unutrašnja temperatura** - 22 stepena,

**Toplotni gubici** - 196.92 W/m<sup>2</sup>

**Potrebna toplotna energija** - 29.54 kW

*Troškovi uvođenja grejanja na pelet za kuću od 150 m<sup>2</sup>*

| KOTLARNICA   |                  |
|--|------------------|
| Kotao i prateća oprema   | 2.136 EUR        |
| GREJNA TELA I RADIJATORSKA ARMATURA                                    |                  |
| Radijatori i prateća oprema  | 1.583 EUR        |
| INSTALACIONE CEVI I FITING   |                  |
| Instalacione cevi i fitting  | 790 EUR          |
| TROŠKOVI MONTAŽE   |                  |
| Ugradnja kotla na pelet i grejnih tela                                 | 700 EUR          |
| UKUPNO   |                  |
| Ukupna investicija centralnog grejanja                                 | <b>5.210 EUR</b> |
| Bojler za sanitarnu vodu 200 lit. sa izmenjivačem toplote, sa montažom | 550 EUR          |
| TOTAL  |                  |
| GODIŠNJA POTROŠNJA GORIVA  |                  |
| Količina energenata na godišnjem nivou                                 | 8.000 kg         |

Ovo je proračun za objekat i instalaciju sistema grejanja sa bojlerom za pripremu sanitарне vode. Međutim, mora se uzeti u obzir trošak goriva koji može umnogome kompromitovati isplativost investicije, makar da je korišćenje peleta veoma komforno.

Troškovi grejanja se mogu dosta umanjiti dobrom termoizolacijom, odnosno zatvaranjem toplotnih mostova na fasadi, krovu ili stolariji kroz koje se toplota gubi.

### **Postrojenja za biogas**

Izgradnja malog biogas postrojenja zahteva visoke specifične investicione troškove. Prosečna visina investicije za biogas postrojenje koje proizvodi električnu energiju uz pomoć generatora instalirane električne snage 75 kW iznosi oko 9.000 €/kW, dok postrojenje snage 1.000 kW zahteva investiciju oko 3.750 €/kW. Međutim, postoji prostor za korišćenje biogasa kao dodatnog ili čak jedinog energenta u domaćinstvima koja imaju pristup stočnim farmama, kao glavnim izvorom biomase koja može da fermentira. Ovde ćemo razmotriti jedan slučaj uvođenja biogasa kao jedinog energenta za proizvodnju toplotne energije.

*Troškovi uvođenja grejanja na biogas za kuću od 150 m<sup>2</sup>:*

| KOTLARNICA  |                  |
|---|------------------|
| Gasni kotao 26kw kondenzacioni + dimnjački komplet:                           | 920 EUR          |
| GREJNA TELA I RADIJATORSKA ARMATURA   |                  |
| Aluminijumski radijatori, cevi, ventili i fitting:                            | 2.000 EUR        |
| INSTALACIJA   |                  |
| Ugradnja unutrašnje gasne instalacije 30 metara x 18 evra (materijal i ruke): | 540 EUR          |
| TROŠKOVI MONTAŽE  |                  |
| Ugradnja 8 radijatora x 30 evra:  | 240 EUR          |
| UKUPNO  |                  |
| Ukupna investicija centralnog grejanja  | <b>3.700 EUR</b> |
| Bojler za sanitarnu vodu 200 lit. sa izmenjivačem toplote, sa montažom        | 550 EUR          |
| TOTAL   |                  |
|   | <b>4.250 EUR</b> |
| GODIŠNJA POTROŠNJA GORIVA   |                  |
| Količina enerengeta na dnevnom nivou  | 7.000 lit.       |

Ovo je cena instalacije koja se može koristiti i za prirodni gas. Međutim, ako želimo da instalacija koristi isključivo biogas, onda je potrebno sagraditi digestor sa pripadajućom opremom. Da bi potrošač, kao što je dato u ovoj studiji slučaja, mogao komforno da koristi biogas, potrebno je da dobije najmanje 6.500 do 7.000 litara gasa dnevno u sezoni grejanja i

upola manje van grejne sezone. Gas se koristi za tekuće potrebe u domaćinstvu, a tokom zime i za grejanje. Za tu količinu gasa, neophodno je izgraditi digestor koji ima zapreminu od 15m<sup>3</sup> i koji mora da ima ulaz stajnjaka od 260 krava. Investicija u takav objekat je oko 5,000 – 7,000 EUR, u zavisnosti od vrste digestora i potrebnih radova. Ukoliko se vrši mešanje biomase u digestoru sa silažom i zelenim ostacima biljaka, može se postići ista proizvodnja biogasa i sa upola manjim brojem grla stoke. Jasno je da korišćenje biogasa kao potpuno dovoljnog energenta zahteva pristup stočarskoj farmi. Može se napraviti i kompromisani način napajanja digestora dovoženjem materijala sa okolnih farmi i polja, ili u otkupu ili kao materijal koji se kasnije vraća kao visoko kvalitetno organsko đubrivo.

U tom slučaju se investicija u postrojenje za eksploataciju energije iz biogasa isplati jer je gorivo besplatno ili ima veoma nisku cenu pa bi ROI mogao lako da se izvede iz tih podataka.

## 12. PRAKTIČNI NAČINI ZA PREKOGRANIČNU SARADNJU

Iako nije moguće napraviti fizičko povezivanje projekata za korišćenje energije iz biomase, to ne znači da nema drugih načina za ostvarenje prekogranične saradnje.

Razmena iskustava i primera iz prakse su od dragocenog značaja za razvoj eksploatacije biomase jer su konfiguracija terena i potencijali u pograničnom području slični, što znači da su i načini kako koristiti biomasu i biogas

takođe slični. Razlika može biti u drugačijim zakonskim rešenjima u ovoj oblasti kao i u razvijenosti infrastrukture. Međutim, promocijom dobre prakse, najveći deo tih ograničenja se može prevazići. Postoji nekoliko mogućih oblika saradnje:

- Zajednički susreti, forumi i mesta za razmenu znanja i iskustava na kojima bi se promovisala najbolja i najefikasnija rešenja.
- Zajednički projekti koji bi se koristili sa obe strane granice, uz različite izvođače ali sa istim ciljem. Rezultati realizacije i eksploatacije takvih projekata bi bili odlična osnova za uporednu analizu uspešnosti u sličnim uslovima i dobar vodič za prevazilaženje potencijalnih problema.
- Osnivanje zajedničkih energetskih zadruga, odnosno pula malih investitora koji bi mogli ulagati u projekte u okviru prekogranične saradnje.
- Razvoj turizma sa akcentom na “zeleni turizam” i korišćenje obnovljivih izvora energije u svrhu samoodrživosti i novog kvaliteta u ponudi, za klimatizaciju prostora, za snabdevanje električnom energijom, za zagrevanje sanitарне vode, za bazene...
- Razrada modela korišćenja biljnih ostataka u ratarstvu i poljoprivredi, stočarstvu i u održivoj eksploataciji šuma.
- Animiranje male privrede koja bi se mogla preorientisati na delatnosti koje su vezane za eksploataciju energije iz obnovljivih izvora: proizvodnja delova sistema, na primer kotlova za biomasu, malih uređaja za eksploataciju bio-gasa za kućne potrebe, usluge montaže i

servisiranja sistema, usluge projektovanja i izvođenja radova itd. Ovi proizvodi i usluge bi se mogli koristiti u obe zemlje.

### 13. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE

#### **Elektrana sa ko-generacijom, Frederisije, Danska**

Elektrana se nalazi u blizini Frederisije, Danska, jedna je od tri elektrane kojima upravlja energetski gigant DONG, a nedavno je pretvorena u elektranu na biomasu. Prvobitno izgrađena za prirodni gas, elektrana je pretvorena u ko generaciju sa dva goriva (drvna sečka i prirodni gas) 2017.god. Dva nova visoko efikasna kotla na drvnu sečku od 140 MV su instalirana tokom rekonstrukcije. Drvna sečka je primarno gorivo, uz prirodni gas kao rezervno. Osnovna namena postrojenja je da obezbedi daljinsko grejanje za oko 200.000 ljudi. Međutim, novi kotlovi na drvnu sečku takođe mogu da isporučuju paru postojećoj turbini, tako da postrojenje može u potpunosti proizvoditi samo električnu energiju ili raditi u režimu ko-generacije (toplota + električna energija). Ovo obezbeđuje maksimalnu fleksibilnost tokom leta ili perioda kada proizvodnja električne energije od veta ili sunca opada. Postrojenje ima sistem za skladištenje toplote od 5500 GJ koji pokriva približno 8 sati potrošnje toplote tokom zimskih dana.

Instalacija kotlova na drvnu sečku zahtevala je postavljanje novih cevovoda za vodu i paru i povezivanje sa originalnom elektranom na gas.

#### **CHP na slamu i sečku Sleaford, Velika Britanija**

Sleaford je postrojenje za kombinovanu proizvodnju toplotne i električnu energije od 39 MVe (CHP), koje koristi mešavinu slame i drvne sečke za proizvodnju obnovljive energije i toplote.



Smeštена u okviru „Pojasa žita“, u Linkolnširu, fabrika pruža pouzdan put do tržišta za slamu, poljoprivredni nusproizvod koji sada predstavlja dodatni izvor prihoda za lokalne farmere. Proizvodnja toplote u elektrani se isporučuje lokalnom bazenu i drugim

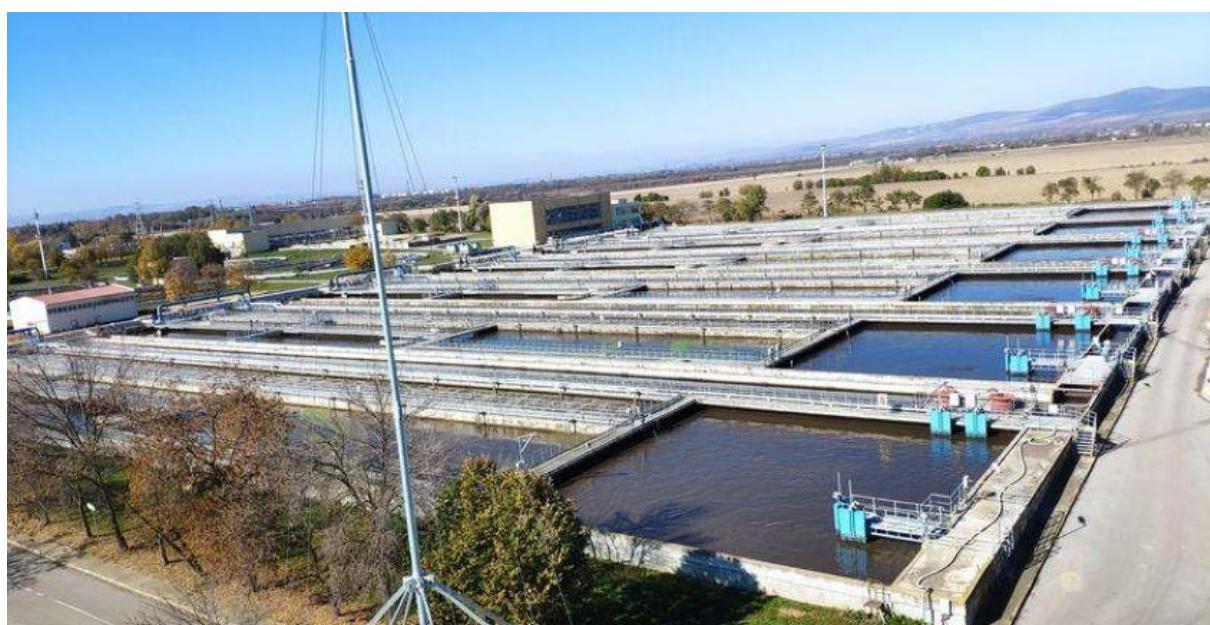
društvenim objektima, a elektrana je nedavno potpisala novi sporazum o finansiranju lokalne zajednice.

U komercijalnom radu od 2014. godine, Sleaford Renewable Energy Plant (Sleaford REP) u Velikoj Britaniji je 39 MVe kombinovano postrojenje za toplotnu i električnu energiju (CHP) na slamu.

## Sofijska voda, Bugarska

“**Sofijska voda**” predstavila je svoj novi digestor na postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda u Sofiji. Rezervoar, koji je koštao 3,1 milion evra, povećao je kapacitet proizvodnje biogasa za 25%. Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u blizini Kubratova u glavnom gradu Bugarske dodalo je digestor od 7.000 kubnih metara za fermentaciju mulja. Izgradnja digestora, rezervoara za ekstrakciju biogasa iz otpadnog mulja povećaće kapacitet proizvodnje zelene energije za 25 odsto..

Doprinos cirkularnoj ekonomiji firna daje kroz postojeća četiri digestora izgrađena 1984. godine, a novi rezervoar je omogućio kompaniji da nadogradi stare. Metan iz mulja pokreće sistem ko generacije, koji proizvodi 24 GWh električne energije godišnje. Sofijska voda upravlja sa četiri postrojenja za prečišćavanje vode za piće i dva postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, kao i sa tri kombinovana termoelektrane i planira da izgradi još jednu ko-generacionu jedinicu. Nakon što se mulj stabilizuje u digestoru, on se odvodi i donira farmama za đubrenje određenih vrsta useva. Prečišćenu vodu šalje u reku Iskar, čime se završava ciklus cirkularne ekonomije.



Sofijska voda tvrdi da će je njen sistem biogasa i ko-generacije zaštiti od nedavnog skoka cena električne energije jer je proizvodnja 10% veća od potrošnje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Kompanija ima za cilj da postane potpuno energetski nezavisna. Objekat Kubratovo dnevno preradi više od 350.000 kubnih metara otpadnih voda. Sofijska opština poseduje 22,9% Sofijske vode. Slično postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda sa biogas ko-generacionim sistemom nedavno je izgrađeno u Kruševcu u susednoj Srbiji.

## **Toplane na biomasu u Priboju i Malom Zvorniku, Srbija**

**Priboj i Mali Zvornik** prvi su u Srbiji dobili toplane na biomasu, čime su sistemi daljinskog grejanja u ovim opštinama u potpunosti prešli sa mazuta na ekološka goriva.

Za Priboj to znači da će od emisije 40 tona sumpordioksida doći na manje od jedne tone, a emisija ugljen-dioksida će biti smanjena za 90%. Sa 20.000 kubika drvene sečke za sezonu, toplana u Priboju, snage 12 i po megavata, grejaće oko 1.600 stanova, škole, javna preduzeća.

Program daljinskog grejanja je koštala oko 20 miliona evra uz grant od dva miliona evra od KfW-a i pet miliona evra od Švajcarskog sekretarijata za privredne poslove SECO.

## **Projekat biogasne elektrane Ekonomija, Alibunar, Srbija**



Preduzeće Ekonomija je u Ilandži, kod Alibunara u Vojvodini, izgradilo 2016. godine biogasno postrojenje za ko-generaciju koje ima instalisanu električnu snagu od 3.57 MW i instaliranu toplotnu snagu od 2028 kW. Toplotna snaga se koristi za zagrevanje digestora i za sopstvene potrebe grejanja administrativne zgrade. Osnovno gorivo za ovo postrojenje je biogas koji se dobija od stajnjaka sa obližnjih farmi, kukuruzna silaža i poljoprivredni ostaci od ječma. Za zeleni supstrat je u okviru postrojenja izgrađeno skladište.

Da bi se obezbedio stabilan rad elektrane, postrojenje je spojeno na instalaciju za dopremu prirodnog gasa koji se koristi u slučajevima nedostatka biogasa ili njegove smanjene proizvodnje.

Postrojenje ima četiri digestora i tri generatora električne energije a godišnja proizvodnja je 29,2 GWh.

## Biogasno postrojenje Mirotin-energo, Vrbas, Srbija

**Kompanija Mirotin-energo** iz Vrbasa je 2012. godine pustila u rad biogasno postrojenje sa ukupnim kapacitetom od 1 MWe. Ovo postrojenje proizvodi energiju iz stajnjaka krava i silaže. Potrebna godišnja količina sirovina za funkcionisanje postrojenja je 27,000 t stajnjaka i 10,000t silaže. Maksimalan procenat metana u biogasu je 55%. Kompanija koristi deo proizvedene topotne energije iz ko-generativna jedinice za zagrevanje fermentora, dok se u zimskim mesecima 200 kW topotne snage, koristi za zagrevanje poslovnih prostorija. Ostatak digestata iz anaerobne digestije se mehanički razdvaja na čvrstu i tečnu frakciju, koje se dalje koriste kao đubrivo u zemljoradnji. Ulaganje u ovo postrojenje je iznosilo preko 5 miliona €.



## 14. UMESTO ZAKLJUČKA

Energija je ključna kako za globalni razvoj tako i za svakog pojedinca i rešavanje stabilnog snabdevanja je od prioritetnog značaja.

Korišćenje obnovljivih izvora energije pruža izuzetnu mogućnost da se uz relativno mala ulaganja može rešiti energetska bezbednost i države i njenih građana.

### 10 najvažnijih prednosti OIE su:

- 1) Svuda je dostupna
- 2) Lako se koristi i pogodna je i za male i za velike potrošače
- 3) Podstiče lokalnu ekonomiju
- 4) Smanjuje zavisnost od uvoza energije i geopolitičkih uticaja
- 5) Mali troškovi eksplotacije
- 6) Postrojenja se mogu lako proširivati.
- 7) Ne zagađuju životnu sredinu.
- 8) Bezbedni su
- 9) Nisu više tako skupi
- 10) Omogućavaju povećanje životnog standarda.

### 5 najvažnijih izazova u korišćenju OIE su:

- 1) Nema je stalno i svuda u istom obimu i osetljiva je na tržišne promene cena
- 2) Veća početna ulaganja
- 3) Nedostatak infrastrukture
- 4) Nedovoljno znanja i prakse
- 5) Čuvanje energije

Ovaj Vodič ima za cilj da objasni prirodu i način korišćenja energije koja se dobija od biomase i da ukaže na praktična rešenja, uz sve izazove koje se mogu pojaviti na tom putu.

Kao i za sve druge oblike obnovljivih izvora energije, stanovišta smo da je dobro i isplativo ulagati u postrojenja za njihovu eksplotaciju. Savremene tehnologije omogućavaju efikasnije korišćenje i tako opravdavaju ulaganja u OIE. Biomasa je unekoliko specifična zato što postoji među korak u njenom korišćenju, odnosno, potrebno ju je prikupiti i pripremiti za upotrebu. Za razliku, svi ostali OIE se koriste uz jednostepenu ili dvostepenu konverziju (snage vетра i vode se konvertuju u mehaničku pa onda u električnu energiju, geotermalna se samo prenosi a sunčana direktno pretvara u električnu energiju) i jedini trošak je ulaganje u instalaciju, dok je sama energija, praktično besplatna. Sa druge strane, biomasa ima tu prednost što instalacija za njen korišćenje ne mora biti na mestu nastanka OIE, već može biti izmeštena. Međutim, zbog toga što priprema biomase zahteva ljudski rad, tretman i transport, ona ima svoju cenu koja je podložna tržišnim kretanjima. Svedoci smo da je, zbog energetske krize u Evropi, cena biomase menjaju jer su drugi izvori energije postali nedostupni. Takvi skokovi vrednosti čini da ulaganje u biomasu ima veći rizik od drugim modela korišćenja OIE.

Sa druge strane, budućnost energetike će se sigurno oslanjati velikim delom i na biomasu, posebno onu iz poljoprivrede koje ima u velikim količinama i koristi se, još uvek u malom obimu. Posebno je interesantan biogas koji je nusproizvod biološkog raspadanja biomase, ali koji se, ubrzavanjem tog procesa može dobiti u količinama koji imaju veliku ekonomsku opravdanost. Biogas se može koristiti kao gorivo za motore sa unutrašnjim sagorevanjem za direktnu konverziju u mehaničku energiju, kao toplotno gorivo za zagrevanje medijuma (vode, vazduha), u industriji gde je potrebna toplota za neki tehnološki proces ili u hemijskoj industriji.

Zbog fluktuacija cene u nabavci, teško je pouzdano utvrditi vreme povraćaja investicije u postrojenja za biomasu i biogas, ali je ona sigurno isplativa jer, osim što donosi veći stepen energetske nezavisnosti, koristi gorivo koga će uvek biti, u većoj ili manjoj meri i koje će svakako biti uvek jeftinije od drugih vrsta konvencionalnih, neobnovljivih izvora.

Kada su u pitanju domaćinstva, postoje rešenja za korišćenje biomase i posebno biogasa koja su prihvatljiva i daju dugoročno rešenje. Osim individualnih peći koje su deo standardnih komercijalnih ponuda, treba imati u vidu da cena samog sistema nije zanemarljiva za prosečan budžet domaćinstva i važno je dobro isplanirati finansiranje te naći naj pogodniji način. Ukoliko se finansiranje vrši bez kredita i bez podsticaja, onda je sistem za grejanje na biomasu finansijski napor iako će se vremenom sigurno isplatiti, posebno imajući u vidu da će cena energije u budućnosti izvesno rasti, što će povećati isplativost sistema i skratiti vreme povraćaja investicije.

## 15. O PROJEKTU

|                  |  |
|------------------|--|
| Naziv projekta   | Obnovljiva energija za pametan rast i zaštićeno okruženje  |
| Vodeći partner   | Privredna komora Vidina, Bugarska  |
| Partner          | RARIS, Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije, Srbija  |
| Prioritetna osa  | Životna sredina  |
| Ciljevi projekta | Glavni cilj projekta je povećanje kapaciteta i poboljšanje svesti o pitanjima životne sredine kao što su obnovljivi izvori energije i energetske efikasnosti ciljnim grupama: MSP, lokalne vlasti, ekološke organizacije i institucije, šira javnost |





Trg oslobođenja bb  
19000 Zaječar, Serbia

Tel. +381 (0)19 426 376  
Fax: +381 (0)19 426 377

[office@raris.org](mailto:office@raris.org)  
[www.raris.org](http://www.raris.org)



3700 Vidin, Bulgaria  
19 -21 "Tsar Alexander II" street

[office@vdcci.bg](mailto:office@vdcci.bg)  
[www.vdcci.bg/bg/](http://www.vdcci.bg/bg/)



Ovaj projekat sufinansira Evropska unija kroz Interreg-IPA  
Program prekogranične saradnje Bugarska - Srbija.