

ENERGIJA BIOMASE

Postanak:

- Biomasa su sve **biorazgradive tvari biljnog i životinjskog porijekla, dobivene od otpada i ostataka poljoprivredne i šumarske industrije.**
- Biomasa dolazi u: **čvrstom, tekućem** (biodizel, biodizel, bioetanol, biometanol) **i plinovitom stanju** (npr. bioplin, plin iz rasplinjavanja biomase, deponijski plin)





Vrste biomase:

1. Šumska biomasa:

Ostaci i otpad iz drvne industrije, nastali redovitim gospodarenjem šumama, prostorno i ogrjevno drvo.

2. Biomasa iz drvne industrije

Ostaci i otpad pri piljenju, brušenju, blanjanju.

Gorivo u vlastitim kotlovnica, sirovina za proizvode, brikete... Često otpad koji opterećuje poslovanje drvne industrije. Jeftinije i kvalitetnije gorivo od šumske biomase.



3. Poljoprivredna biomasa

Ostaci godišnjih kultura: slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, ljuške, koštice...

Svojstva: heterogenost, niska ogrijevna moć, visok udio vlage, različite primjese (npr. Na, Cl)

Energija biomase



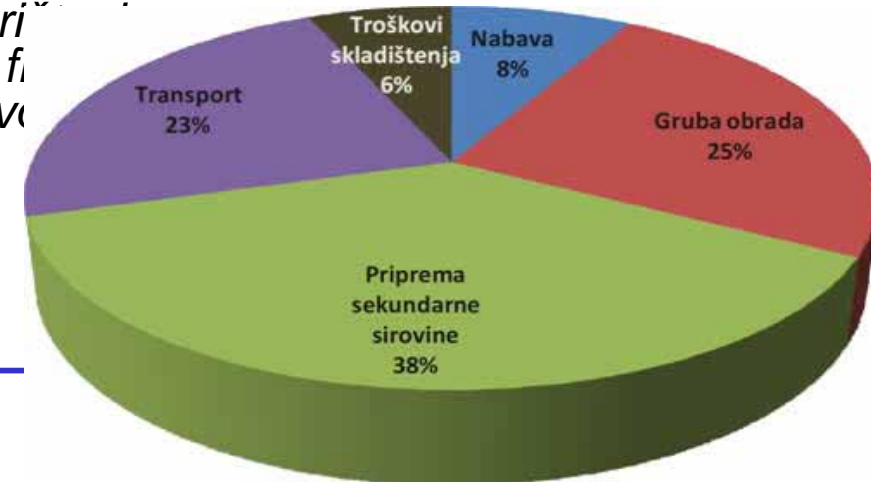
4. Energetski nasadi

Biljke bogate uljem ili šećerom, s velikom količinom suhe tvari (ugljik C), kao što su:

- brzorastuće drveće i kineske trske s godišnjim prinosom od 17 tona po hektaru,
- eukaliptus: 35 t suhe tvari,
- zelene alge s prinosom od 50 tona po hektaru,
- biljke bogate uljem ili šećerom,
- u Hrvatskoj se najveći prinosi postižu s topolama, vrbama i jablanima...



Svojstva: Kratka ophodnja, veliki prinosi. Korišćenje otpadnih voda, gnojiva i taloga (vegetacijski fi
Izbjegavanje viškova u poljoprivrednoj proizvodnji



Energija biomase

5. Biomasa sa farmi životinja

Proizvodnja **bioplina** iz izmeta životinja (**anaerobna razgradnja u digestoru**), spaljivanje lešina (npr. peradarske farme).



6. Biogoriva

Etanol (alkoholno gorivo) nastaje hidrolizom molekula škroba enzimima u šećer koji fermentira u alkohol (šećerna trska, melasa, kukuruz, drvo, poljoprivredni ostaci).



Za **metanol** sirovine s visokim udjelom celuloze kao što je drvo i neki ostaci iz poljoprivrede koje se najprije konvertiraju u plinoviti međuproizvod iz kojeg se sintetizira metanol.

Biodizel nastaje esterifikacijom biljnih ulja s alkoholom (uljana repica, suncokret soja, otpadno jestivo ulje, loj)



Svojstva biomase – održivost

1. Obnovljivost

- Sve vrste biomase su obnovljive (dotok se ne smanjuje za ljudsko poimanje vremena), s tim da je za ogrjevno drvo uvjet obnovljivosti neprekidno pošumljavanje prostora barem toliko da godišnji prinos bude jednak godišnjem iskorištenju drvne mase.

2. Ogrjevna moć biomase

- Osnovna karakteristika: nehomogenost, kao posljedica različitih udjela vlage i pepela

Drvo: 8,2 do 18,7 MJ/kg

Biodizel: 37,2 MJ/l

Biljni ostaci: 5,8 – 16,7 MJ/kg

Etanol: 26,8 MJ/l

Bioplin: 26 MJ/Nm³

Usporedbe radi: ogrjevna moć nafte oko 42 MJ/l, prirodnog plina 34-38 MJ/Nm³, kamenog ugljena 24-37,7 MJ/kg, mrkog 12,7-23,9 MJ/kg, lignita do 12,6 MJ/kg



3. Utrošak energije za pridobivanje

- Izravno kod šumske biomase: npr. za sječu drvene mase, za pošumljavanje i uzgoj šume, za transport od mjesta sječe do mjesta korištenja te za pripremu drveta za korištenje. **Moguća neracionalnost uporabe** (utrošak energije > proizvedene energije).
- Poljoprivredna, životinjska i biomasa iz drvene industrije, te otpad: **moguće izostaviti utrošak pridobivanja jer se odvija neovisno od energetskeg korištenja**: npr. slama kao rezultat poljoprivredne proizvodnje pšenice (ili će istrunuti ili energetski iskoristiti).

4. Emisije štetnih plinova pri sagorijevanju

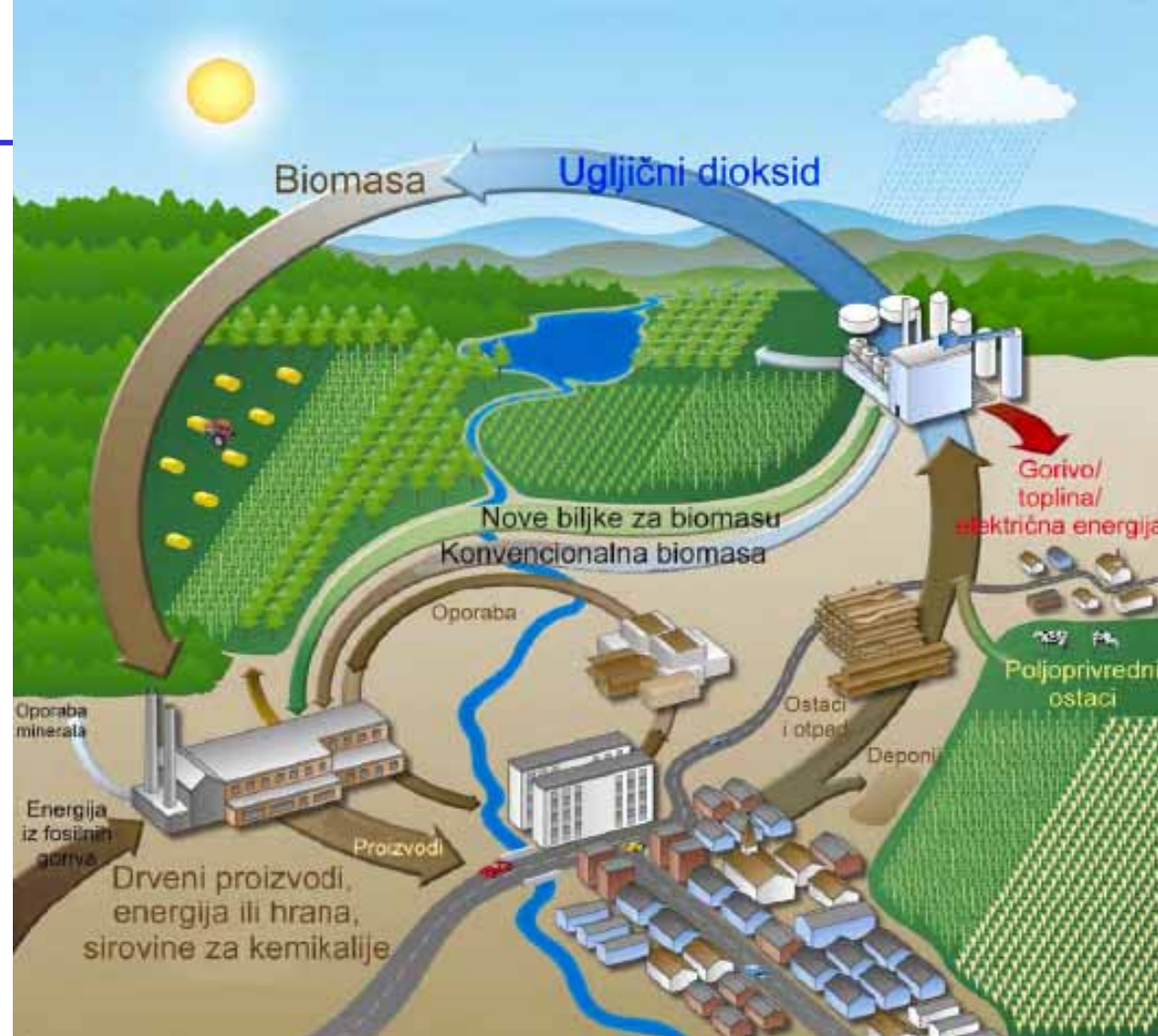
- Emisija plinova eventualno manje štetnih od konvencionalnih goriva jer praktički nema sumpora. Ipak emisija je nešto veća nego li iz konvencionalnih postrojenja (manji stupanj djelovanja, manje jedinice).
- Emisija kod korištenja otpadaka može biti i opasna ako se prethodno iz otpadaka (smeća) ne izdvoje štetni sastojci.



Energija biomase

5. Kumulativna CO₂ neutralnost

- Kumulativna neutralnost: u ukupnom lancu – od pridobivanja energije, izrade i montaže pog. uređaja, do korištenja i zbrinjavanja.
- Ipak, misli se na neutralnost prilikom pretvorbe u iskoristljiviji oblik (tada je ispunjeno!).



- Za biomasu: ispunjeno samo ukoliko je godišnje iskorištavanje mase jednako ili manje od godišnjeg prirasta nove mase. Tada će **emisija CO₂ pri korištenju te biomase biti jednaka emisiji CO₂ prilikom fotosinteze te biomase.**



6. Površinska raspodjela i energetska gustoća

- **Relativno ravnomjerno raspodijeljena, no vrlo male (energetske) površinske gustoće:** npr. na 1 km² slama ima energetska sadržaj oko 2 kWh/god.
- *Usporedba: na 1 km² oko 1.000 kWh/god Sunčeva zračenja (geog. Širina HR) ili naftna bušotina s godišnjim iscrpkom od npr. 100 tisuća tona čiji je energetska sadržaj otprilike 1 milijarda kWh/god, a zauzima površinu od par stotina m²!*

7. Mogućnost transportiranja i skladištenja

- *Biomasa se da transportirati na razumno veliku udaljenost (jer bi pretjerana udaljenost tražila više energije za transport od energetska sadržaja tvari koja se prevozi) te se da uskladištiti i koristiti prema potrebi.*
- *Bitna prednost npr. pred energijom Sunčeva zračenja ili vjetra.*

Energija biomase

Tehnologije prerade biomase

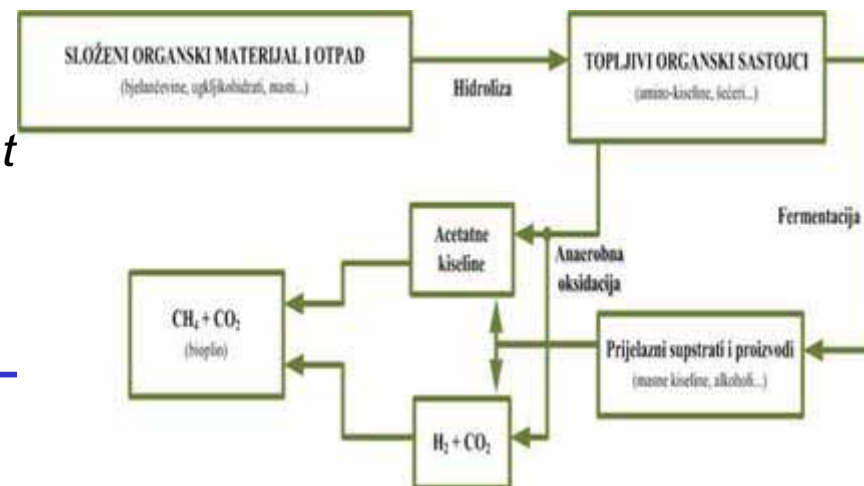
- Osnovni problem je mala energetska vrijednost po jedinici mase: prerada u pogodniji oblik za transport, skladištenje i uporabu
- Tehnologije prerade biomase :

1. Zgušnjavanje (briketiranje i peletiranje): smanjivanje volumena (radi transporta, automatizacije loženja)

Faze: usitnjavanje materijala, sušenje, presanje (peletiranje i briketiranje) i hlađenje

Godišnje potrošnja peleta u porastu, npr. u srednjoj Europi: 2001. 120.000 t, 2002. 200.000 t, 2010. očekivano 1.000.000 t

Trenutna cijena: sirovine 18,3 €/t, peleta 170 €/t (troškovi obrade, transporta, skladištenja...)



2. Biokemijske pretvorbe:

2.1. Anaerobna digestija (truljenje, razgradnja)

- Anaerobna digestija proizvodi bioplin: metan, ugljični dioksid, nešto vodika i ostalih plinova u tragovima, vrlo malo topline i konačni proizvod (gnojivo) sa većom količinom dušika nego što se proizvodi pri aerobnoj fermentaciji.
- Anaerobna digestija se odvija samo u specifičnim uvjetima među kojima su ulazna pH vrijednost ulazne mješavine između 6 i 7, potrebna temperatura od 25-35 °C te određeno vrijeme zadržavanja mješavine u digestoru (bioreaktoru).

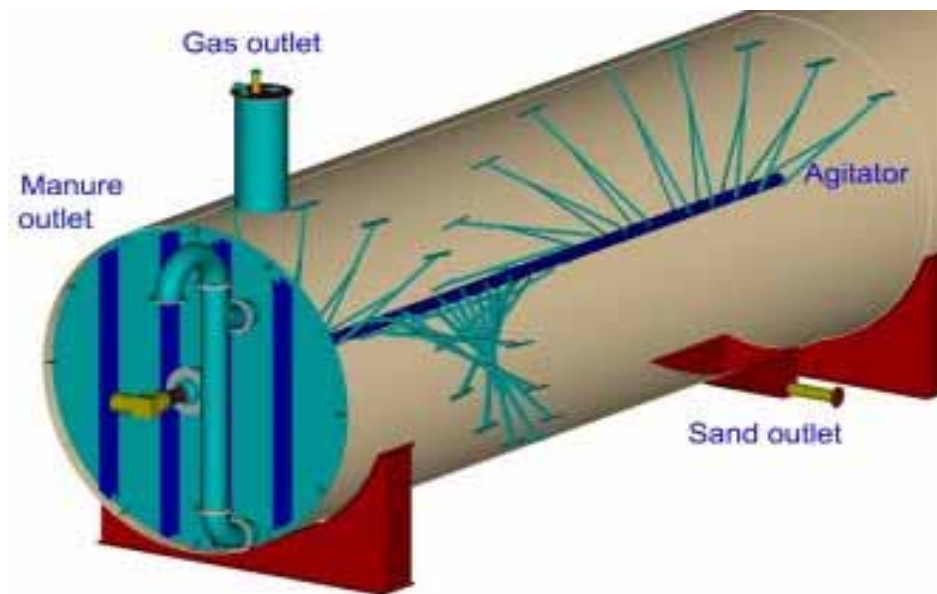
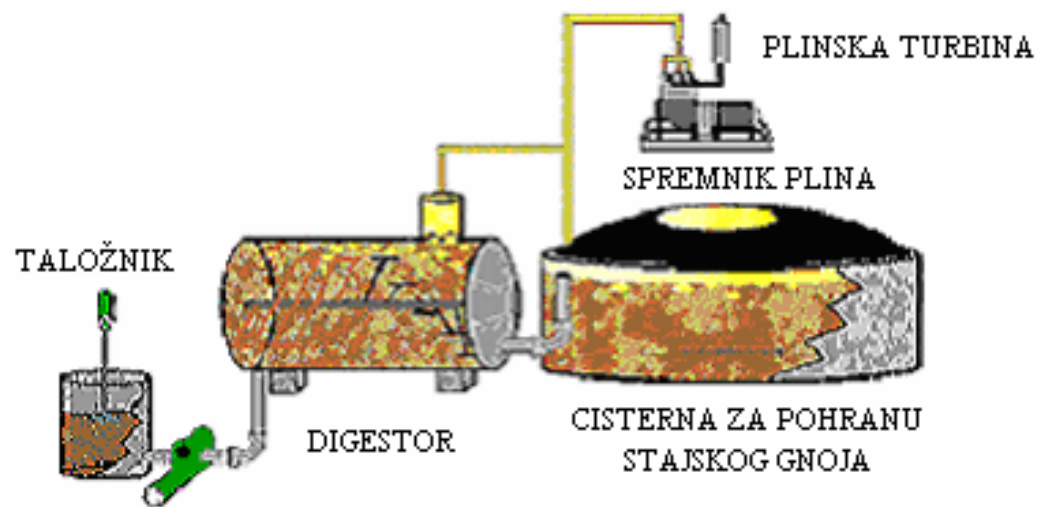


- **Bioplin:** miješavina
 - metana CH_4 (40-75 %),
 - ugljičnog dioksida CO_2 (25-60 %) i
 - otprilike 2 % ostalih plinova (vodika H_2 , sumporovodika H_2S , ugljikovog monoksida CO).
- Bioplin je otprilike 20 % lakši od zraka i bez mirisa je i boje. Temperatura zapaljenja mu je između 650 i 750 °C, a gori čisto plavim plamenom. Njegova kalorijska vrijednost je oko 20 MJ/Nm³ i gori sa oko 60 %-om učinkovitošću u konvenc. bioplinskoj peći.
- Postrojenje za proizvodnju bioplina naziva se **digestor**. Budući da se u njemu događaju različite kemijske i mikrobiološke reakcije, poznat je i kao fermentator, te bioreaktor ili anaerobni reaktor. Glavna mu je funkcija da pruži anaerobne uvjete (nepropustan za zrak i vodu).



Energija biomase

Kompletni **digestorski sustav** se sastoji od jame (cisterne) za sakupljanje gnojiva, spremnika za miješanje, cijevi za odvođenje, digestora, spremnika i sustava za iskorištavanje plina.



Energija biomase



- *Količina bioplina i energije dobivena iz životinjskog otpada ovisi o vrsti životinje.*
- *Npr. korištenjem izmeta od 120 krava može proizvesti dovoljno bioplina za pogon motora snage 50 kW, što je dovoljno za pokrivanje potreba za električnom energijom manjeg sela.*

<i>Životinja</i>	<i>Vrsta otpada</i>	<i>Količina (kg/dan)</i>	<i>Suho (kg/dan)</i>	<i>Bioplin po životinji (m³/dan)</i>	<i>Energija po životinji (kWh/god)</i>
<i>Goveda</i>	<i>Tekući</i>	<i>51</i>	<i>5,4</i>	<i>1,6</i>	<i>3400</i>
<i>Goveda</i>	<i>Suhi</i>	<i>32</i>	<i>5,6</i>	<i>1,6</i>	<i>3400</i>
<i>Svinje</i>	<i>Tekući</i>	<i>16,7</i>	<i>1,3</i>	<i>0,46</i>	<i>970</i>
<i>Svinje</i>	<i>Suhi</i>	<i>9,9</i>	<i>2,9</i>	<i>0,46</i>	<i>970</i>
<i>Perad</i>	<i>Suhi</i>	<i>0,66</i>	<i>0,047</i>	<i>0,017</i>	<i>36</i>

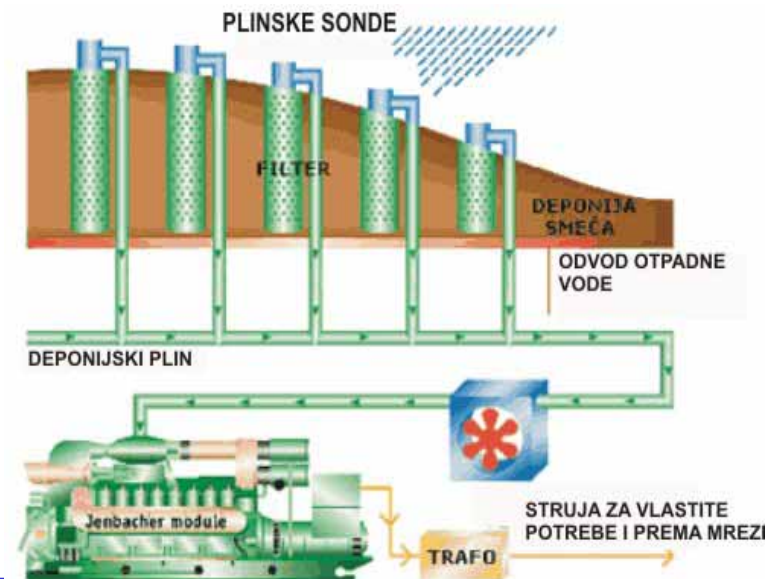


Deponijski (bio)plin

- U industrijskim zemljama nastaje 300-400 kg smeća godišnje po osobi. Deponijski plin nastaje *anaerobnom razgradnjom organskih supstanci pod utjecajem mikroorganizama*. U središtu deponije nastaje nadpritisak, pa plin prelazi u plinske sonde sabirnog sustava.
- Prosječan sastav deponijskog plina je 35-60 % metana, 37-50 % ugljen-dioksida i u manjim količinama se mogu naći CO, N, H₂S, F, Cl, aromatični ugljikovodici i drugi plinovi u tragovima.

- **Koncept:** postavljanje vertikalnih perforiranih cijevi u tijelo deponije (bunari, trnovi, sonde) i njihovo horizontalno povezivanje.

U kompresoru deponijski plin se isisava, suši i usmjerava ka plinskom motoru. Iz sigurnosnih razloga preporučuje se ugradnja visokotemperaturne baklje koja preuzima viškove plina.



2.2. Fermentacija

- **Proizvodnja bioetanola** – zamjena za benzin (do 20% udjela u mješavini bez preinaka motora)
- **Sirovine:** šećer (šećerna trska), škrob (kukuruz), celuloza (drvo, poljoprivredni ostaci)



- *Osnovne faze u procesu proizvodnje etanola su:*
 - *priprema sirovine,*
 - *fermentacija,*
 - *destilacija etanola.*
- **Priprema sirovine** je zapravo hidroliza molekula škroba enzimima u šećer koji može fermentirati.
- Uobičajena tehnologija za proizvodnju etanola je **fermentacija** u peći s običnim kvascem za proizvodnju 8 do 10%-tnog alkohola nakon 24 do 72 h fermentacije.
- Nakon toga slijedi **destilacija** tog alkohola u nekoliko faza čime se dobiva 95%-tni etanol. Za proizvodnju posve čistog etanola, kakav se koristi za miješanje s benzinom, dodaje se benzen i nastavlja destilacija te se dobiva 99,8%-tni etanol.



- *Prinos etanola iz raznih sirovina*

sirovina	prinos etanola, l/t	prinos sirovine, t/ha	prinos alkohola, l/ha godišnje	energija, GJ/ha godišnje
šećerna trska	70	50,0	3500	1350
slatki sirak	86	35,0	3010	945
kukuruz	370	6,0	2200	162
drvo	160	20,0	3200	540

- *Etanol (i metanol) se može koristiti u motorima s unutarnjim izgaranjem uz dodavanje benzinu ili kao njegova potpuna zamjena. Za dodavanje do 20% etanola u benzin nisu potrebne nikakve preinake ni zahvati na motoru, dok za dodavanje većeg udjela ili za pogon samo na etanol treba djelomično modificirati motor što poskupljuje cijenu takvih vozila za oko 5 do 10%.*



- *Usporedba svojstava alkoholnih goriva i benzina*

svojstvo	etanol	metanol	benzin
gustoća, kg/m ³	789	793	720 - 750
ogrjevna vrijednost, MJ/kg	21,3 - 29,7	15,6 - 22,3	32,0 - 46,47
stehiometrijski omjer zraka i goriva, kg/kg	9,0	6,5	14,6
temperatura vrenja kod 1 bar, °C	7,5	65	30,23
stupanj viskoznosti	-	0,58	0,6
oktanski broj	106	112	91 - 100

- *Vodeća zemlja u proizvodnji i primjeni etanola za vozila je **Brazil**, u kojem se svake godine proizvede više od 15 milijardi l. Oko 15% brazilskih vozila se kreće na čisti etanol, a oko 40% koriste 20%-tnu smjesu s benzinom. Smanjena ovisnost o inozemnoj nafti i otvorilo dodatno tržište domaćim proizvođačima šećera (troškovi proizvodnje: 0,16 US\$/l, 1.000.000 l etanola-38 radnih mjesta, a 1.000.000 l benzina-0,6 radnih mjesta).*
- *U SAD-u etanol čini oko 9% ukupne godišnje prodaje benzina.*



2.3. Esterifikacija

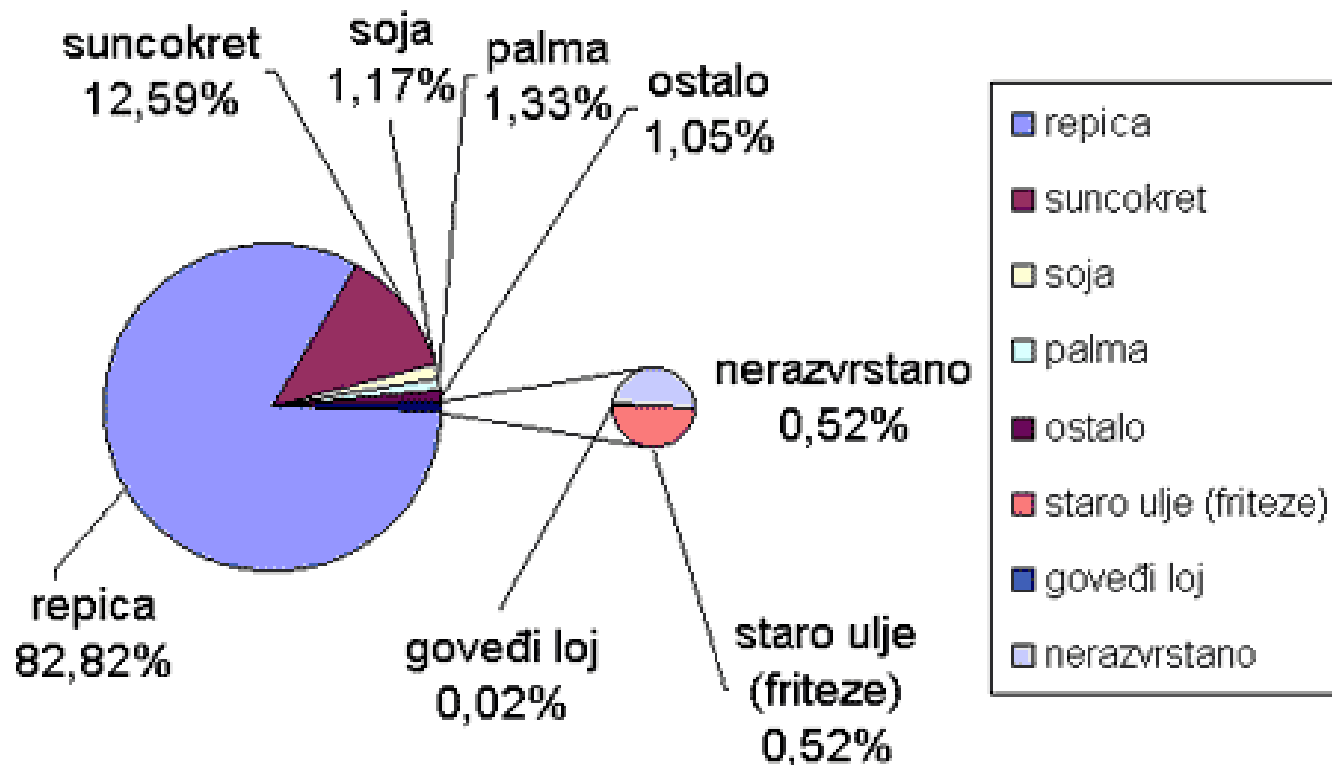
- **Biodizel** je komercijalni naziv pod kojim se **metil-ester**, bez dodanog mineralnog dizelskog goriva, nalazi na tržištu tekućih goriva i prodaje krajnim korisnicima.
- Standardizirano je tekuće nemineralno gorivo, neotrovan, biorazgradivi nadomjestak za mineralno gorivo, a može se proizvoditi iz biljnih ulja, recikliranog otpadnog jestivog ulja ili životinjske masti procesom esterifikacije, pri čemu kao sporedni proizvod nastaje glicerol.



- **Metil-ester** je kemijski spoj dobiven reakcijom (esterifikacija) biljnog ulja (uljana repica, suncokret, soja, palma, ricinus itd.) ili životinjske masti s metanolom u prisutnosti katalizatora.
- Svojstva: visoka viskoznost - postiže se esterifikacijom metanolom, bolja mazivost - odstranjivanje sumpora i aromata (za razliku od mineralnog dizela), bioragradivost
- Prilagodbe automobila: cijevi za gorivo, povrat goriva iz pumpe, brtve koje dolaze u dodir s gorivom



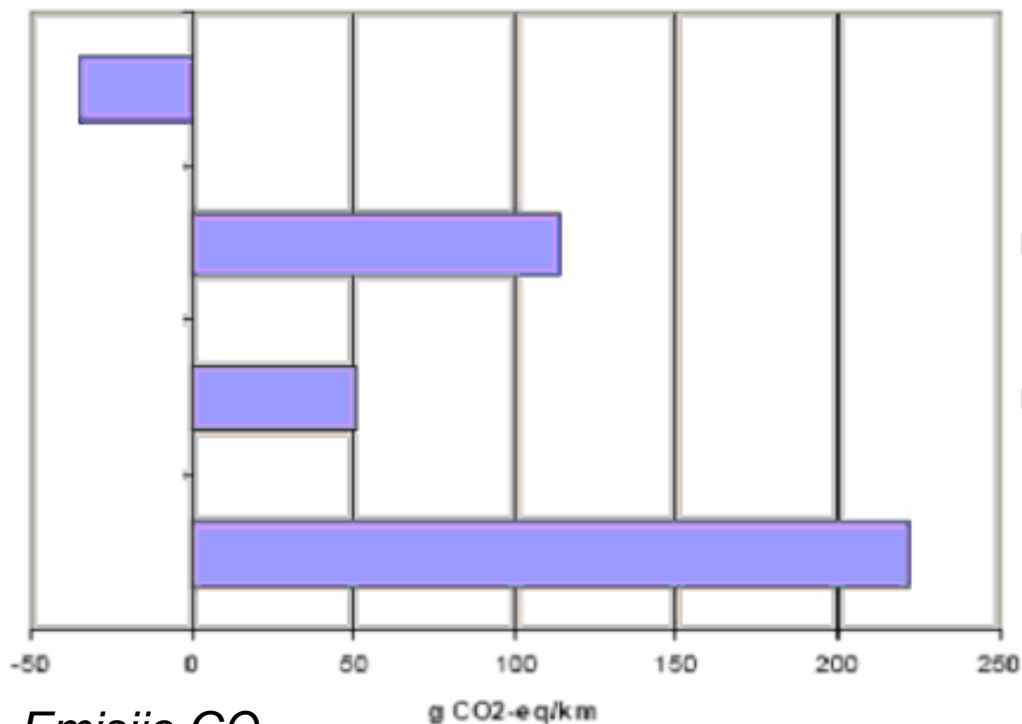
- Izbor osnovne sirovine za dobijanje biodizela ovisi o specifičnim uvjetima i prilikama u konkretnim zemljama, u Europi se za proizvodnju biodizela najviše koristi ulje uljane repice (82,8%) i ulje suncokreta (12,5%), dok se u Americi najviše koristi ulje soje, a u azijskim zemljama se koristi i palmino ulje.*



- **Prednosti biodizela**
- Osim što je po svojim energetske sposobnostima jednak običnom dizelu, ima puno **bolju mazivost**, pa značajno produžava radno trajanje motora,
- **Smanjenje onečišćenja okoliša** (prilikom rada motora, na ispušnoj cijevi se oslobađa čak 10% kisika, eliminira CO₂ emisiju),
- Biodizelska goriva ne sadrže sumpor ni teške metale, koji su glavni onečišćivači zraka prilikom uporabe dizela dobivenog iz nafte,
- Pretvara NO_x u bezopasni nitrogen. Moguća proizvodnja u kućnoj radinosti. Viši cetanski broj – lakša zapaljivost,
- Transport biodizela gotovo je potpuno neopasan za okoliš, jer se dospjevši u tlo razgradi nakon 28 dana,
- Ako nafta tijekom manipulacije ili transporta dospije u vodu, jedna litra zagadi gotovo milijun litara vode, dok kod biodizela takvo zagađenje ne postoji, jer se on u vodi potpuno razgradi već nakon nekoliko dana.



- *Emisije štetnih plinova biodizela u usporedbi s običnim dizelom*



Emisije CO₂

Biodizel - otpadno
jestivo ulje

Biodizel - repica

Biodizel - suncokret

Dizel

Ugljični monoksid	- 42,7 %
Ugljikohidrati	- 56,3 %
Čestice materije	- 55,3 %
Dušični monoksid	+ 13,2 %
Toksini	- 60 – 90 %
Sulfati	- 100 %

Ostalo



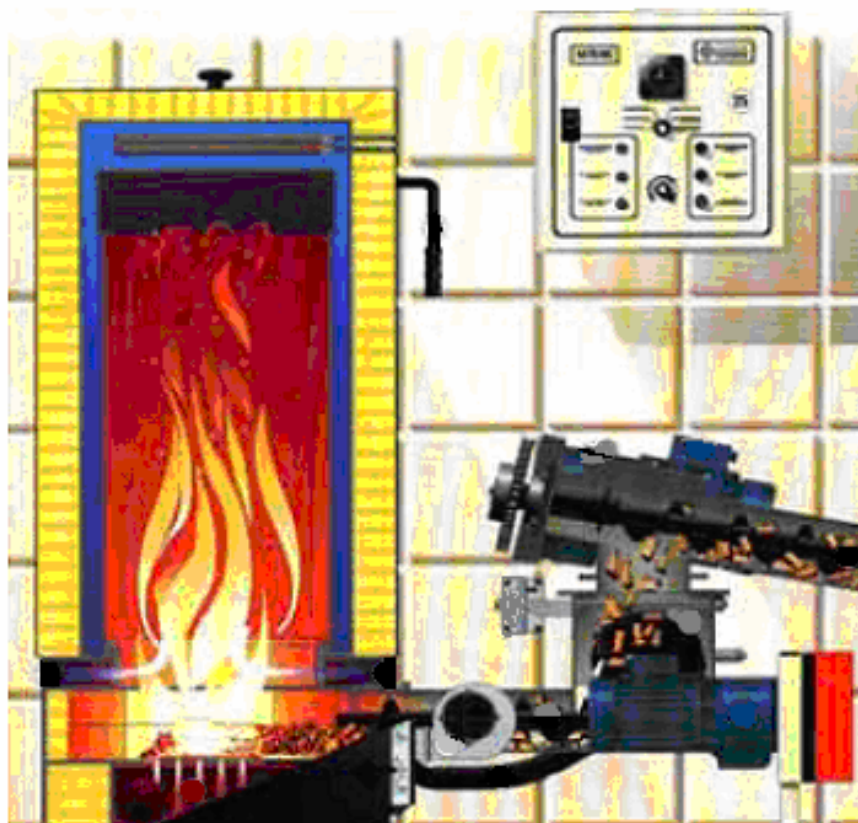
3. Termokemijske pretvorbe:

3.1. Sagorijevanje

1. Zagrijavanje i sušenje,
 2. destilacija (isparavanje) hlapljivih sastojaka – piroliza,
 3. izgaranje hlapljivih sastojaka,
 4. izgaranje čvrstog ugljika
- *Proizvodi se pregrijana vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima ili za dobivanje električne energije u malim TE.*
 - *Takva postrojenja kao gorivo koriste najčešće:*
 - *drvni otpad iz šumarstva i drvne industrije,*
 - *slama i drugi poljoprivredni ostaci te*
 - *komunalni i industrijski otpad*



- *Primjer grijanja kućanstva pomoću biomase*



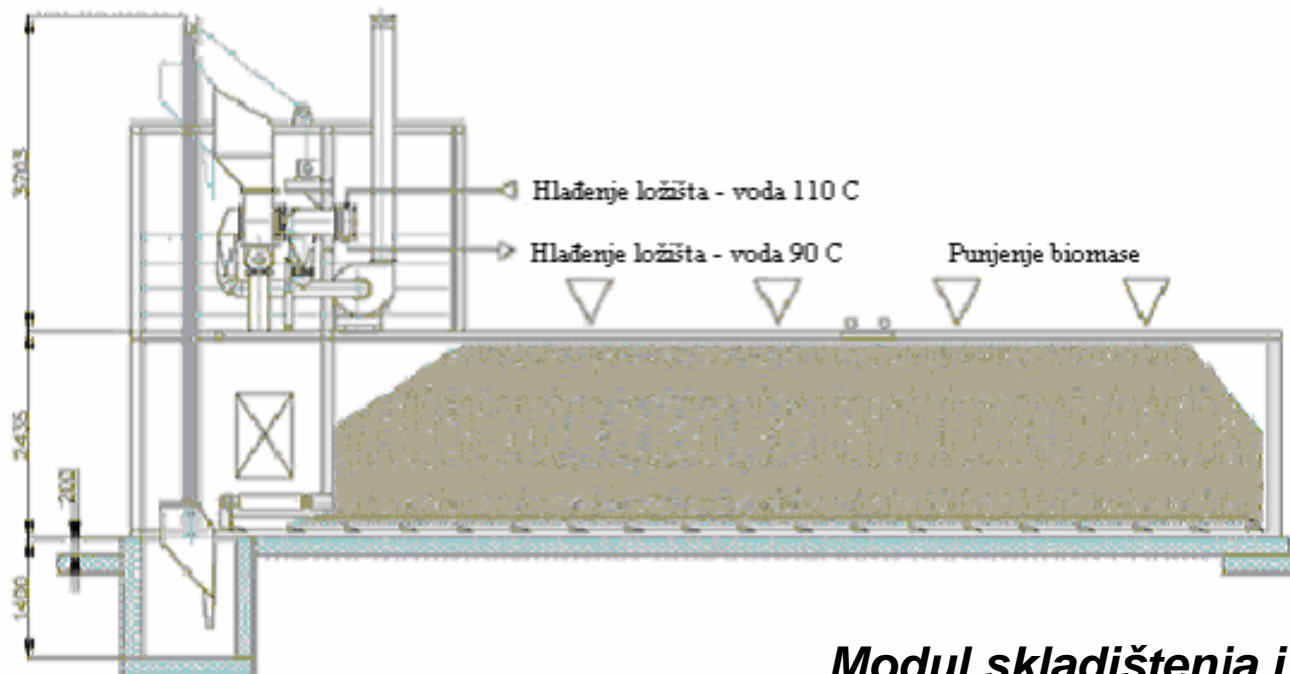
- Automatizirano
- Standardno gorivo
- Visoka efikasnost 80% +
- Cijena usporediva s lož-uljem

ODLIKE

- Automatski dotok goriva
- Dobava zraka preko ventilatora
- Komora za izgaranje
- Bojler
- Kontrolna jedinica

Energija biomase

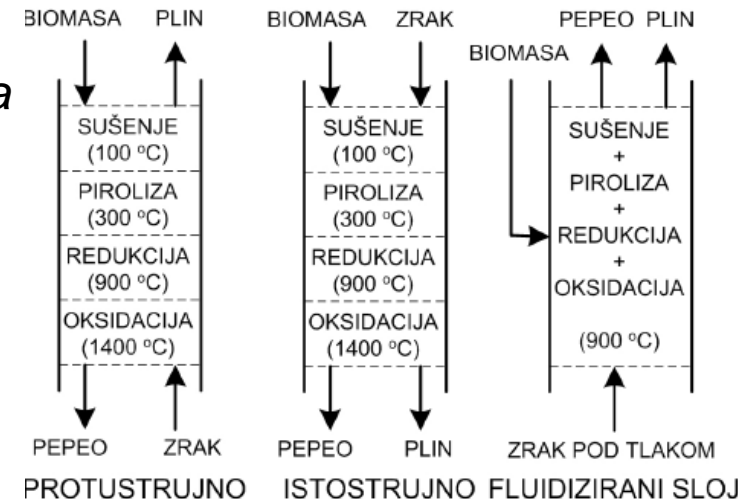
- *Drvena biomasa: velik i promjenjiv udio vlage (50-55 % za svježe drvo), velik udio hlapljivih sastojaka (do 80 %), potrebne posebne vrste peći (u odnosu na one za ugljen)*
- *Smanjenjem vlažnosti biomase ogrjevna vrijednost se uvelike povećava. Iz tog je razloga, za što bolje iskorištenje energije, korisno sušiti biomasu.*



Modul skladištenja i sušenja biomase

3.2. Rasplinjavanje

- Termokemijska pretvorba na visokoj temperaturi (i do 1400 °C) uz ograničen dotok kisika. Povećava se efikasnost proizvodnje električne energije (plinske turbine $\eta = 35-45\%$, parne turbine na drva η oko 20%).
- Sastav plina: CO, CH₄, H₂, ovisno dizajnu uređaja za rasplinjavanje, temp., vlažnosti i sastavu biomase, sredstvu rasplinjavanja (zrak/kisik)
- Problem: nečistoće u plinu (osjetljive plinske turbine), skupo pročišćavanje



3.3. Piroliza

- Termokemijski proces s ograničenim dotokom kisika (dio procesa sagorijevanja), pri čemu dolazi do isparavanja hlapljivih sastojaka i proizvodnje tekućeg goriva (bioulja), pogodnije za transport i skladištenje
- Znatan potencijal (npr. piroliza otpada), potrebna daljnja ulaganja u istraživanja i razvoj, za sada malo primjene.

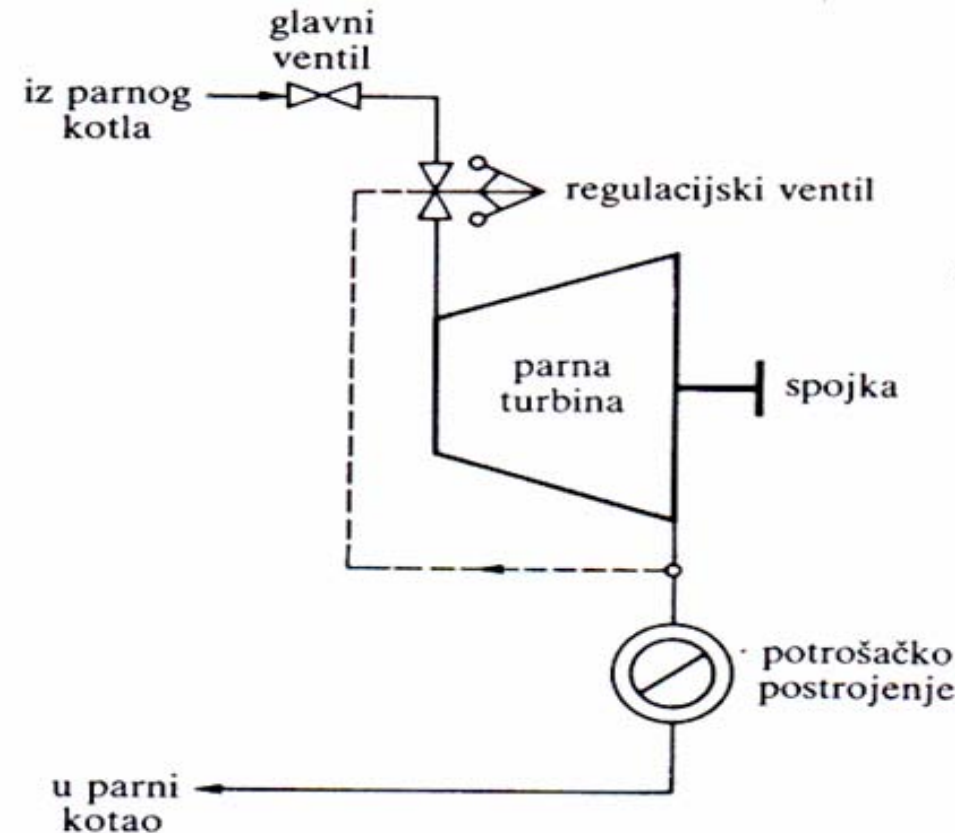
Kogeneracijska postrojenja na biomasu

- **Za proizvodnju električne energije – isto kao kod fosilnih goriva**, u termoelektranama; najprije pretvaranje u toplinsku energiju nosilaca (vodena para kod parnih turbina, plin kod plinskih turbina), pretvaranje u mehaničku, a potom u električnu energiju.
- Zbog troškova transporta **za biomasu pogodna postrojenja manje snage, ali imaju niži stupanj djelovanja** (npr. za TE na biomasu snage 5 MW $\eta = 15$ do 20%), za plinske turbine veći stupanj djelovanja ($\eta = 45$ do 50%).
- **Povećanje stupnja djelovanja: kogeneracija (CHP)** – istovremena proizvodnja toplinske i električne energije. Potreban potrošač topline (npr. šumarska industrija).
- Trigeneracija: grijanje, hlađenje, električna energija (npr. prehrambena industrija).
- Motori s unutarnjim izgaranjem (bioetanol, biodizel).



Kondenzacijske parne turbine – proizvodnja električne energije

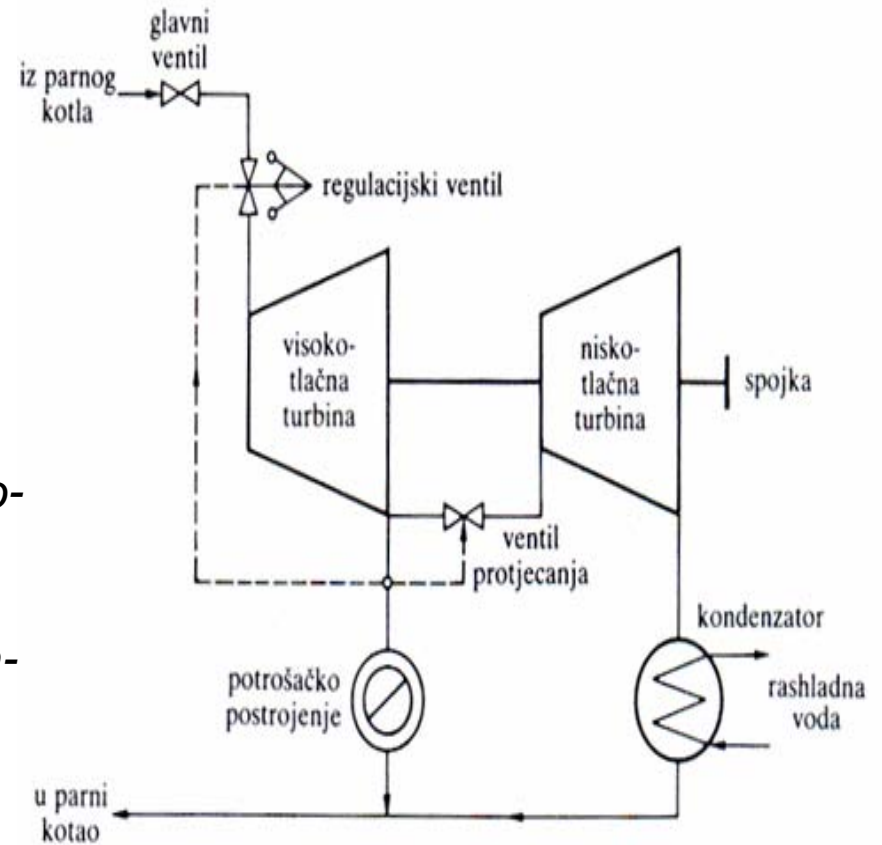
- Da se postigne *što veći pad entalpije između stanja na ulazu u turbinu i stanja na kraju ekspanzije*, para se dovodi u kondenzator, u kojem se kondenzira djelovanjem rashladne vode.
- Zbog toga u *kondenzatoru vlada vrlo mali tlak (i do 0,02 bara)*, koji ovisi o temperaturi rashladne vode, a koja djeluje kao i hladni spremnik, odnosno kao okolina.
- U takvoj turbini iskorištava se najveći mogući pad entalpije polazeći od zadanog stanja pare na ulazu u turbinu.



Shema kondenzacijske parne turbine

Protutlačne parne turbine – kogeneracija (npr. industrija)

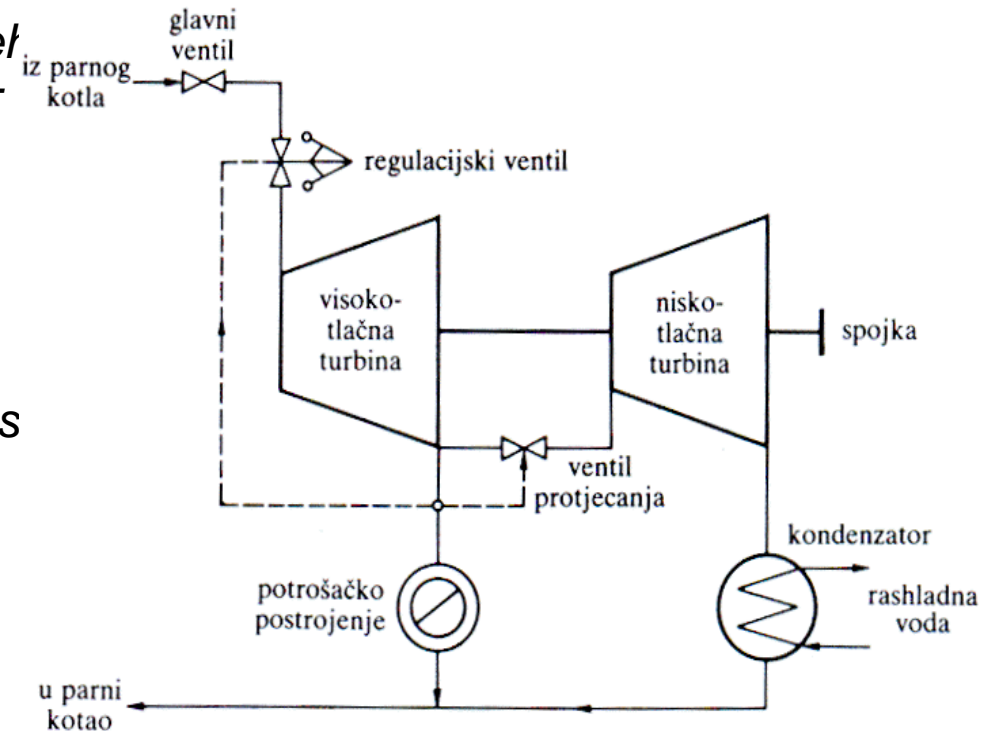
- Para ekspandira do tlaka znatno višega od onoga u kondenzatoru.
- Tada se para koja je smao djelomično ekspandirala u turbini iskoristava za tehnološke procese (grijanje, isparavanje, kuhanje, sušenje i sl.) ili za grijanje prostorija.
- Upotreba je opravdana samo ako ima potrošača koji mogu iskoristiti djelomično ekspandiranu paru.
- Najčešće se takva para dovodi u izmjenjivače topline kod potrošača ili toplani, koji djeluju kao kondenzatori, ali s tim da se entalpija isparivanja iskoristava ili za tehnološke procese ili za grijanje prostorija.
- Nasuprot tome, u kondenzacijskoj se turbini entalpija isparavanja odvodi beskorisno u okolinu.



Shema protutlačne parne turbine

Parne turbine s reguliranim oduzimanjem pare – kogeneracija (npr. TE-TO)

- Grade se da se ukloni čvrsta ovisnost mehaničke energije na osovini turbine o unutarnjoj top. energiji pare na izlazu iz turbine.
- Sastoji se od visokotlačnog (VT) i niskotlačnog (NT) dijela, smještenih u odvojena kućišta, na zajedničkoj osovini.
- U VT dijelu ekspandira sva para koja se dovodi iz kotla, a nakon ekspanzije dio nje s odvodi potrošačima, a dio u NT dio turbine.
- Pred ulazom u NT dio nalazi se protočni ventil, kojim se regulira količina pare za ekspanziju do kondenzatorskog tlaka.
- Budući da tlak pare na izlazu iz VT dijela ovisi o količini pare koja struji kroz taj dio turbine, promijeni li se količina pare kroz NT dio, mijenjat će se i količina kroz VT dio, a time i tlak pare za potrošače. Tako se može održati konstantni tlak pare oduzimanja.

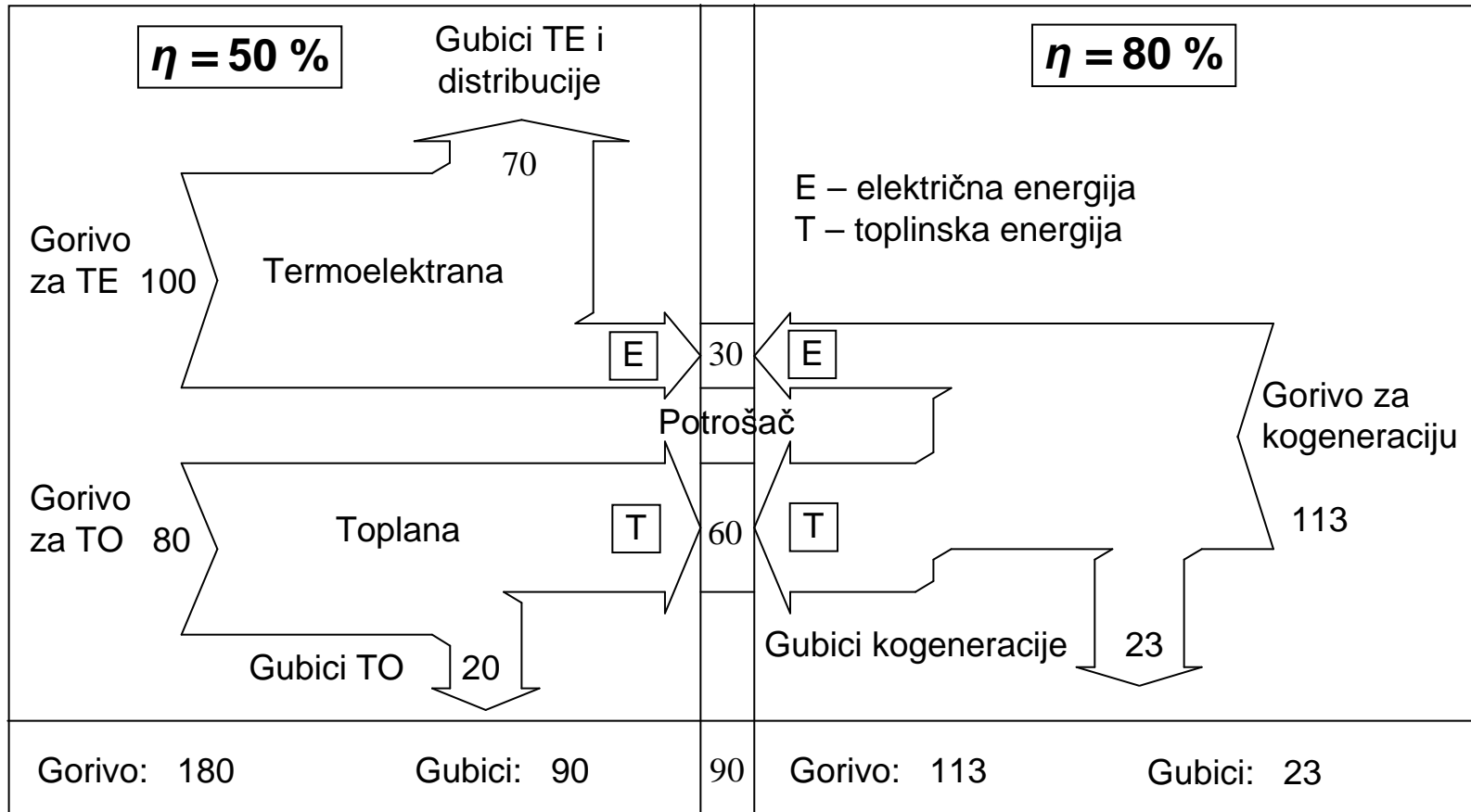


Shema parne turbine s reguliranim oduzimanjem

Usporedba energetske učinkovitosti

**Odvojena proizvodnja:
kondenzacijska TE + toplana (TO)**

**Kogeneracija:
termoelektrana – toplana (TE-TO)**



Male kogeneracijske elektrane

- *Male kogeneracijske elektrane su višenamjenski objekti, koji iz (fosilnih goriva i) biomase postupkom kogeneracije proizvode električnu i toplinsku energiju, a u određenim slučajevima proizvodi se i hladna voda za potrebe hlađenja.*
- *Odgovarajuće toplinske snage ovise o vrsti energetske agregata i kreću se u rasponu od 20-20.000 kWe.*
- *Osnovna prednost malih kogeneracijskih elektrana u odnosu na odvojenu proizvodnju električne i toplinske energije je smanjenje troškova goriva (povećanjem učinkovitosti), a time i smanjenje zagađenja okoliša.*
- *Osnovni nedostatak: otpada prijenos energije na veće udaljenosti, jer se toplina i struja proizvode okolišno prihvatljivo u težištima potrošnje. Toplina se predaje izravno u objektu ili u obližnju toplinsku mrežu. Električna energija se također koristi u objektu, a višak se isporučuje u postojeću lokalnu NN ili SN distribucijsku mrežu.*



- Prednost malih kogeneracijskih elektrana je i u *modularnoj izvedbi*, pa se veličina malih kogeneracijskih objekata može prilagoditi porastu potrošnje električne i toplinske energije stupnjevitom izgradnjom odnosno dodatnim modulima.
- Postojeće toplane i rezervni električni agregati mogu se dograditi, odnosno rekonstruirati u male kogeneracijske elektrane.
- U prednosti malih kogeneracijskih elektrana mogu se još ubrojiti *relativno mala dodatna ulaganja isplativa za nekoliko godina*, lokacija je redovito u okviru industrijskog ili javnog objekta što olakšava ishodaenje dozvola, kao i *kratak rok izgradnje* (i zbog modularne izvedbe).

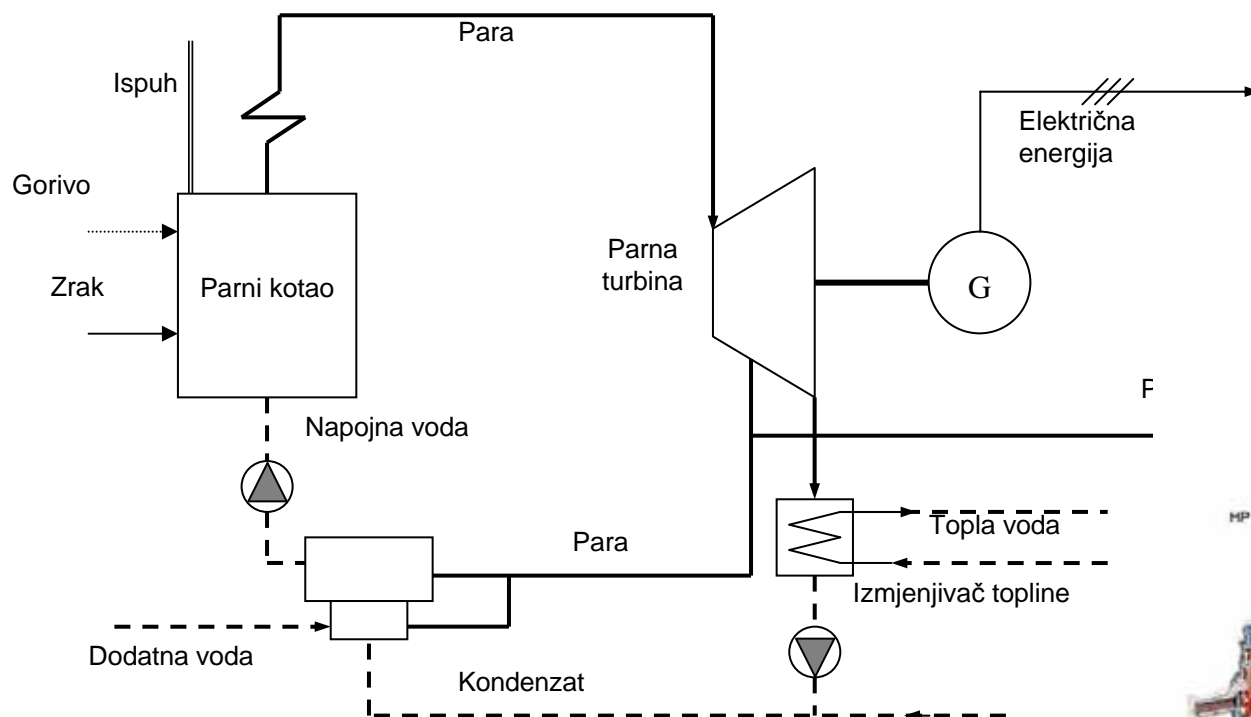


- *Kogeneracija nije isplativa u svim uvjetima! već samo za odgovarajuću kombinaciju potrošnje električne i toplinske energije.*
- *Kako je višak električne energije u svakom trenutku moguće prodati elektroenergetskom sustavu do snage 5 MWe, zapravo je toplinsko opterećenje determinirajuće za isplativost malih kogeneracijskih elektrana.*
- *Ako toplinsko opterećenje traje više od 3000-5000 sati godišnje za očekivati je isplativost kogeneracije.*
- *Najzanimljiviji objekti za primjenu kogeneracije su oni kod kojih se toplinska energija troši što stalnije i što duže tijekom dana, tjedna i godine.*
- *Isto tako zanimljivi su slučajevi gdje postoje **otpadna goriva**, kao što su različite vrste **bioplina** (deponijski, muljni, destilacijski i sl.), te **drvni otpad**.*



Parnoturbinska kogeneracija

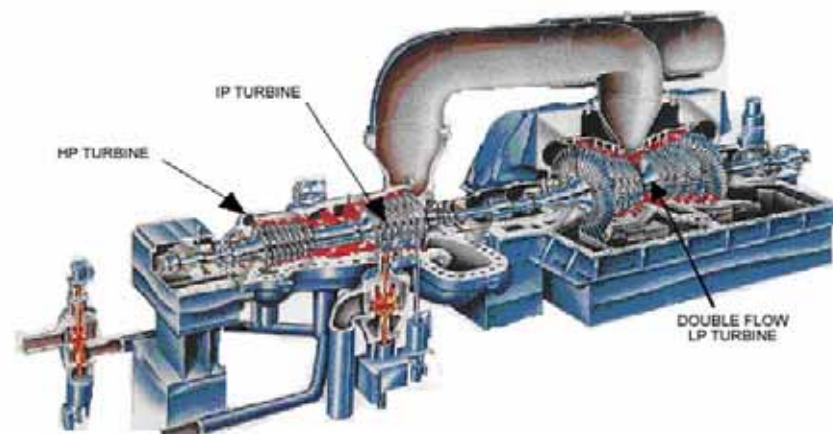
- *Ima opravdanja za korištenje krutog goriva: ugljena, drvnih otpadaka i biomase, ali kao lokalnih izvora.*



Shema parnoturbinske kogeneracije



Parna turbina



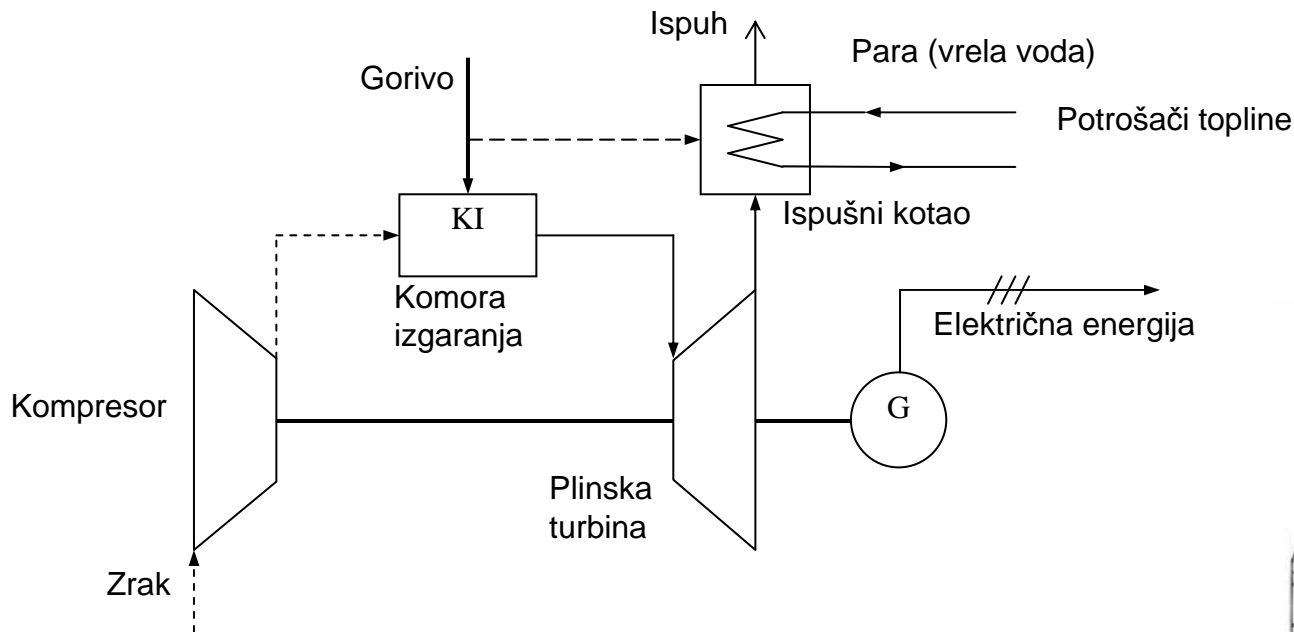
- *Kotlovi za proizvodnju pare u sustavu parnoturbinskog postrojenja dijele se na: kotlove ložene ugljenom, drvnim otpacima, ili biomasom u vrtložnom ložištu, ili s roštiljnim loženjem.*

Značajke parnoturbinskih postrojenja za kogeneraciju

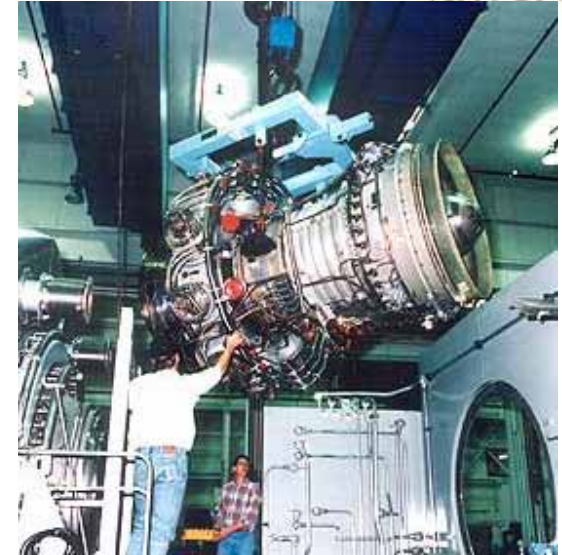
Električna snaga agregata [kW_e]	Specifični potrošak topline [kJ/kWh_e]	Iskoristiva toplinska snaga [kW_t]	Gorivo
<i>do 1000</i>	<i>25000-20000</i>	<i>do 5000</i>	<i>biomasa, ugljen</i>
<i>1000-2500</i>	<i>21000-16000</i>	<i>5000-10000</i>	<i>biomasa, ugljen</i>
<i>2500-5000</i>	<i>17000-13000</i>	<i>10000-20000</i>	<i>biomasa, ugljen</i>

Plinska kogeneracija

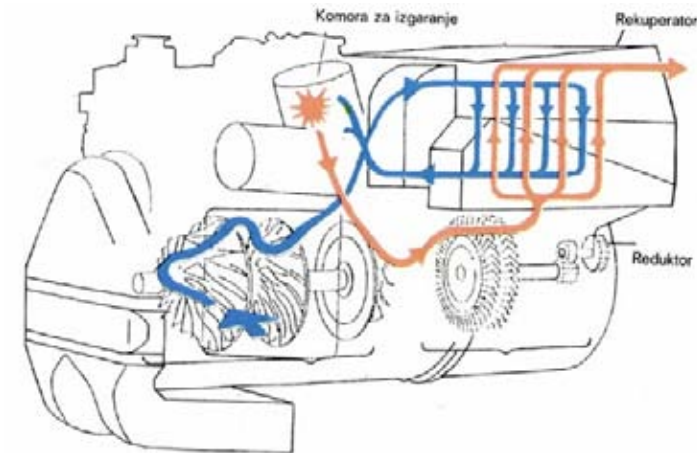
- Zasniva se na plinskim turbinama otvorenog ciklusa, koje u sprezi s generatorom proizvode električnu energiju.



Shema plinskoturbinske kogeneracije



Plinska turbina



- *Plinska turbina primjenjuje se kod koncipiranja malih kogeneracijskih elektrana najčešće za veće snage, iznad 1 MWe.*
- *Plinske turbine odlikuju se: velikom učinkovitošću, malo zagađenje okoliša, velika pouzdanost, niska cijena izgradnje, potreban mali prostor, mogućnost modulne izvedbe, kratko vrijeme do pune snage.*

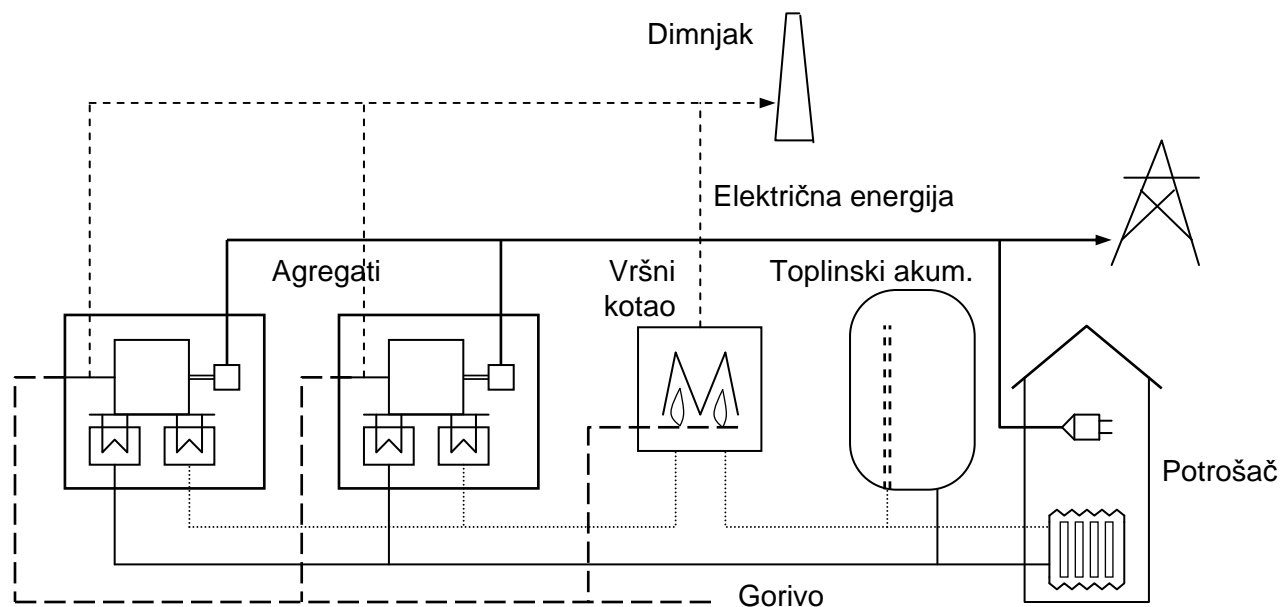
Značajke plinskoturbinskih agregata za kogeneraciju

<i>Električna snaga agregata [kW_e]</i>	<i>Specifični potrošak topline [kJ/kWh_e]</i>	<i>Iskoristiva toplinska snaga [kW_t]</i>	<i>Gorivo</i>
<i>25-150</i>	<i>12000-10000</i>	<i>40-200</i>	<i>Loživo ulje</i>
<i>200-1000</i>	<i>10000-8000</i>	<i>250-1200</i>	<i>Loživo ulje, plin</i>
<i>1000-2500</i>	<i>9000-8500</i>	<i>1200-2600</i>	<i>Loživo ulje, plin</i>
<i>2500-5000</i>	<i>8500-7500</i>	<i>2600-5000</i>	<i>Loživo ulje, plin</i>



Termomotorna kogeneracija

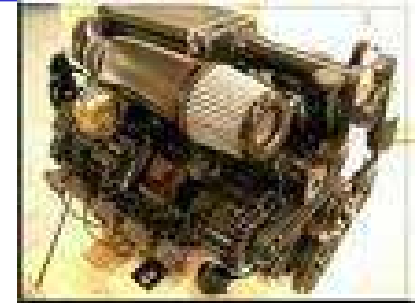
- *Zasnovana je na motorima s unutarnjim izgaranjem (otto i dizel), koji u sprezi s generatorima proizvode električnu energiju, a korištenjem otpadne topline ispušnih plinova i rashladne vode proizvode i toplinu u obliku vrele vode i/ili pare.*



Shema termomotorne kogeneracije

Energija biomase

- Termomotori se primjenjuju u širokom rasponu snaga od 10 kWe do nekoliko MWe. Temperaturna razina korisne topline za primjenu termomotora je do maksimalno 115°C, a najpovoljnije je oko 80°C.
- Pozitivne osobine kao na primjer: visoka učinkovitost (do 50 %), velika pouzdanost, lako održavanje, mala težina i potrebni prostor, paketna izvedba, dobro ponašanje kod djelomičnih opterećenja, te kratko vrijeme do pune snage, dovele su do brzog prodora termomotora u područje kogeneracije.
- Termomotori za male kogeneracijske elektrane se pojavljuju u dvije osnovne izvedbe: *plinski motori i dizel motori*.
- *Plinski motori* najčešće se primjenjuju za manje jedinice, a koriste sve vrste plinovitih goriva od prirodnog plina do raznih vrsta *bioplina*. U malim kogeneracijskim elektranama se primjenjuju dvije vrste plinskih motora: *modificirani (plinski) automotori i industrijski plinski motori*.



Dizel motor za agregate



Industrijski plinski motor



Modificirani automotor



Značajke kogeneracijskih agregata na bazi modificiranih automotora

<i>Električna snaga agregata [kW_e]</i>	<i>Specifični potrošak topline [kJ/kWh_e]</i>	<i>Iskoristiva toplinska snaga [kW_t]</i>	<i>Gorivo</i>
15	12960	39	Plin, bioplin
38	12900	70	Plin, bioplin
75	12400	130	Plin, bioplin
145	12160	265	Plin, bioplin

Značajke kogeneracijskih agregata na bazi industrijskih plinskih motora

<i>Električna snaga agregata [kW_e]</i>	<i>Specifični potrošak topline [kJ/kWh_e]</i>	<i>Iskoristiva toplinska snaga [kW_t]</i>	<i>Gorivo</i>
25-150	13000-11000	50-250	Plin, bioplin
200-1000	12000-10000	350-1400	Plin, bioplin
1000-2500	10500-9500	1400-3500	Plin, bioplin
2500-5000	10000-9500	3500-7000	Plin, bioplin



- Kogeneracijski moduli na bazi *dizel motora* izvode se u širokom rasponu električnih snaga od 25 kWe do 5000 kWe. U području manjih snaga obično su paketne izvedbe.

Značajke kogeneracijskih agregata na bazi dizel agregata

Električna snaga agregata [kW_e]	Specifični potrošak topline [kJ/kWh_e]	Iskoristiva toplinska snaga [kW_t]	Gorivo
25-150	12000-10000	40-200	loživo ulje
200-1000	10000-8000	250-1200	loživo ulje, plin
1000-2500	9000-8500	1200-2600	loživo ulje, plin
2500-5000	8500-7500	2600-5000	loživo ulje, plin

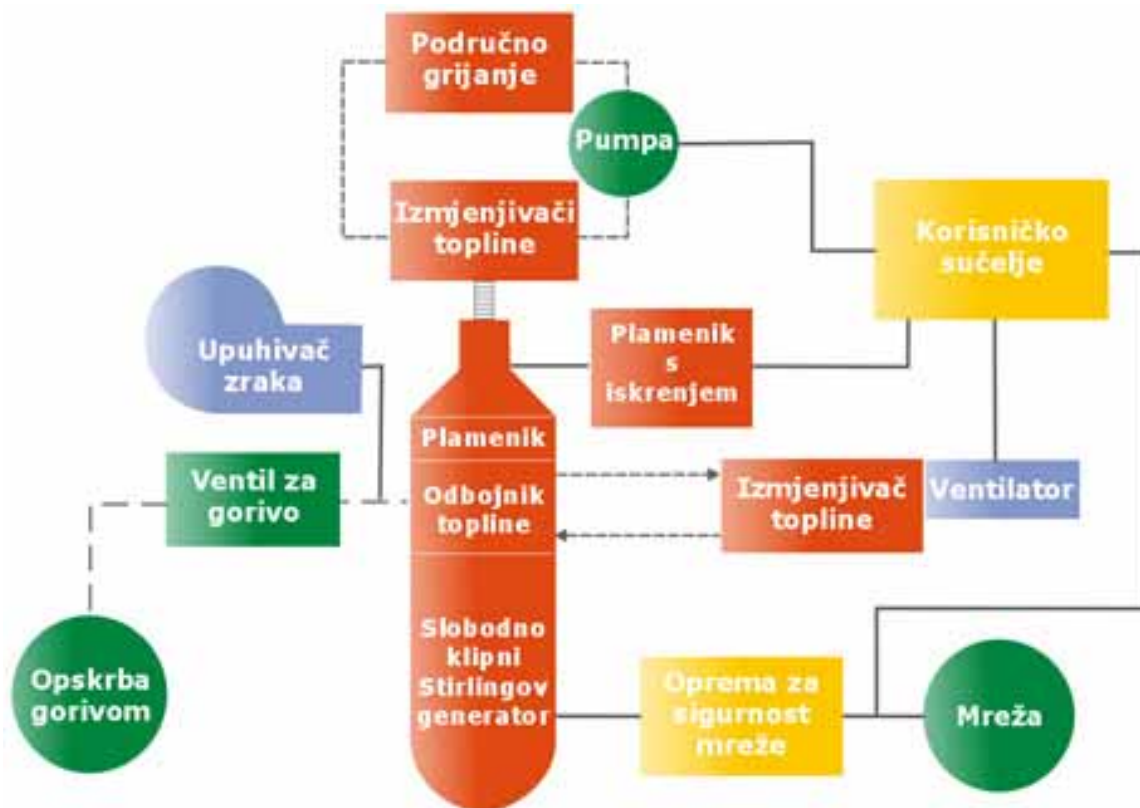
Stirlingov motor

- Stirlingov motor izumio je *Robert Stirling 1816. godine*, a radi prema načelu Stirlingovog termodinamičkog ciklusa. Populariziran je zbog korištenja zraka kao radnog fluida, ali je izgubio na značaju kako je napredovala tehnologija parnih turbina i nakon izuma Ottovog ciklusa.
- Pogodnost Stirlingovog motora je *mogućnost korištenja svih vrsta goriva*, pa tako koristi fosilna goriva, biomasu, solarnu, geotermalnu i nuklearnu energiju.
- Kada se koristi i fosilno gorivo i biomasa, grijač s konstantnim izgaranjem izbjegava temperaturne skokove, što ima za posljedicu vrlo *niske emisije* koje se mogu kontrolirati.
- Premda je vrlo malih dimenzija, električna učinkovitost može biti i veća od 30 posto. Stirlingov motor s dobrom tehnologijom iskorištenja topline *kao kogeneracija može postići učinkovitost od čak 98 posto*, jer se na neki način iskoristi sva toplinska energija.



Energija biomase

- *Stirlingov motor iskorištava toplinu slično parnoj turbini, a zbog malih snaga koje su u rasponu od 1 kW do 25 kW, koristi se kao mikrokogeneracija u kućanstvima.*



Stirlingov termodinamički ciklus



Elektrane na biomasu



**Anderson,
California, SAD
SN, 50 MW**



**Finska
kogeneracija
VN, 49 (167) MW**



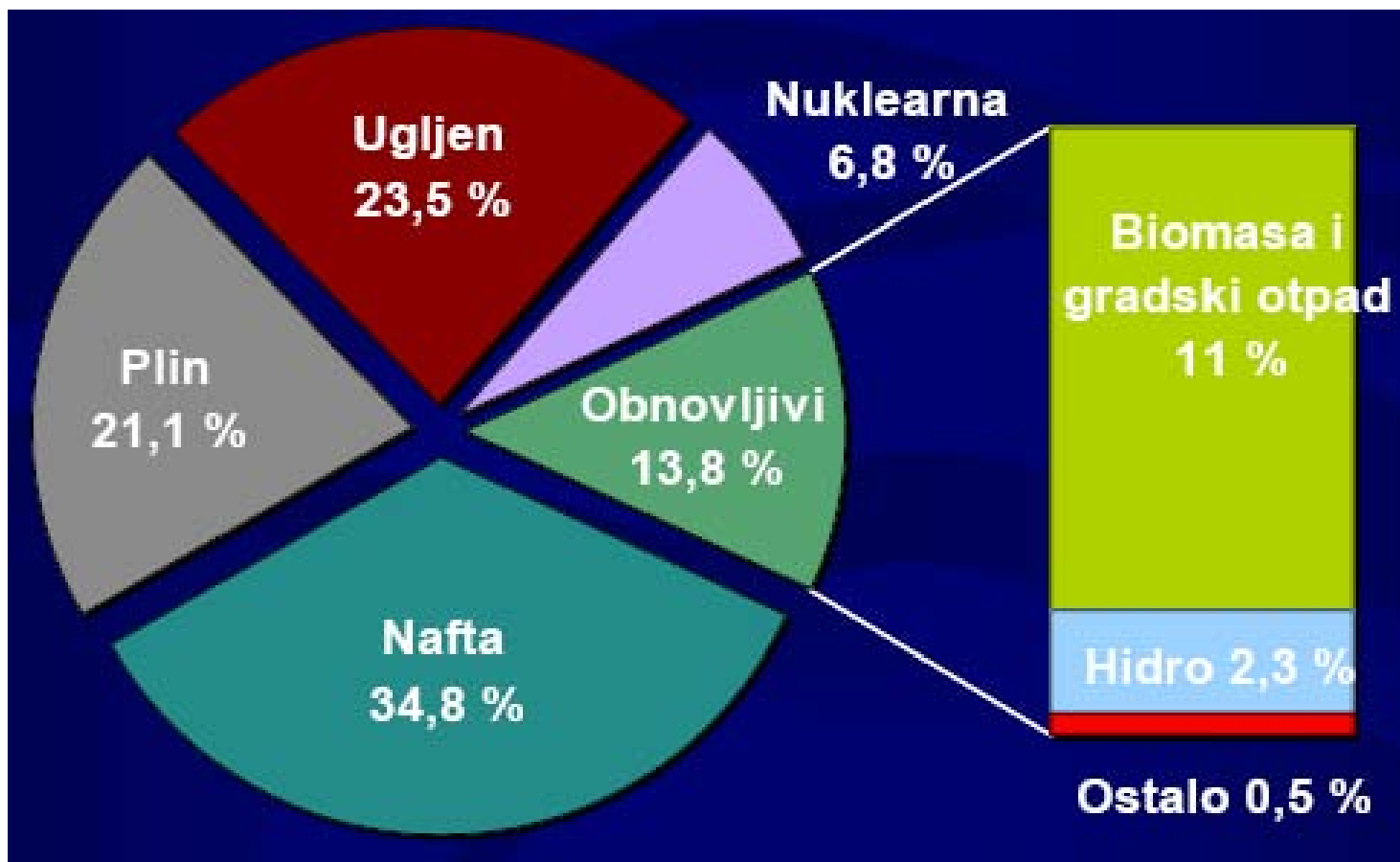
Svjetske “rezerve” i potrošnja biomase

- **Procjena trenutnog zadovoljavanja svjetske potrošnje primarnih oblika energije je samo 6 - 12%**
- *Npr. 2001. svjetska potrošnja primarnih oblika energije bila je oko 440 EJ ($440 \cdot 10^{18}$ J), a udio biomase između 25 - 50 EJ ($7-14 \cdot 10^{12}$ kWh).*
- *Neto godišnja proizvodnja organskih tvari ima energetsku vrijednost 10 puta veću godišnje svjetske potrošnje (samo šume 3 puta više).*
- **Potencijalne mogućnosti uporabe (uvjetno - rezerve) biomase postojećih šuma je na istoj razini kao svjetske rezerve nafte i plina.**



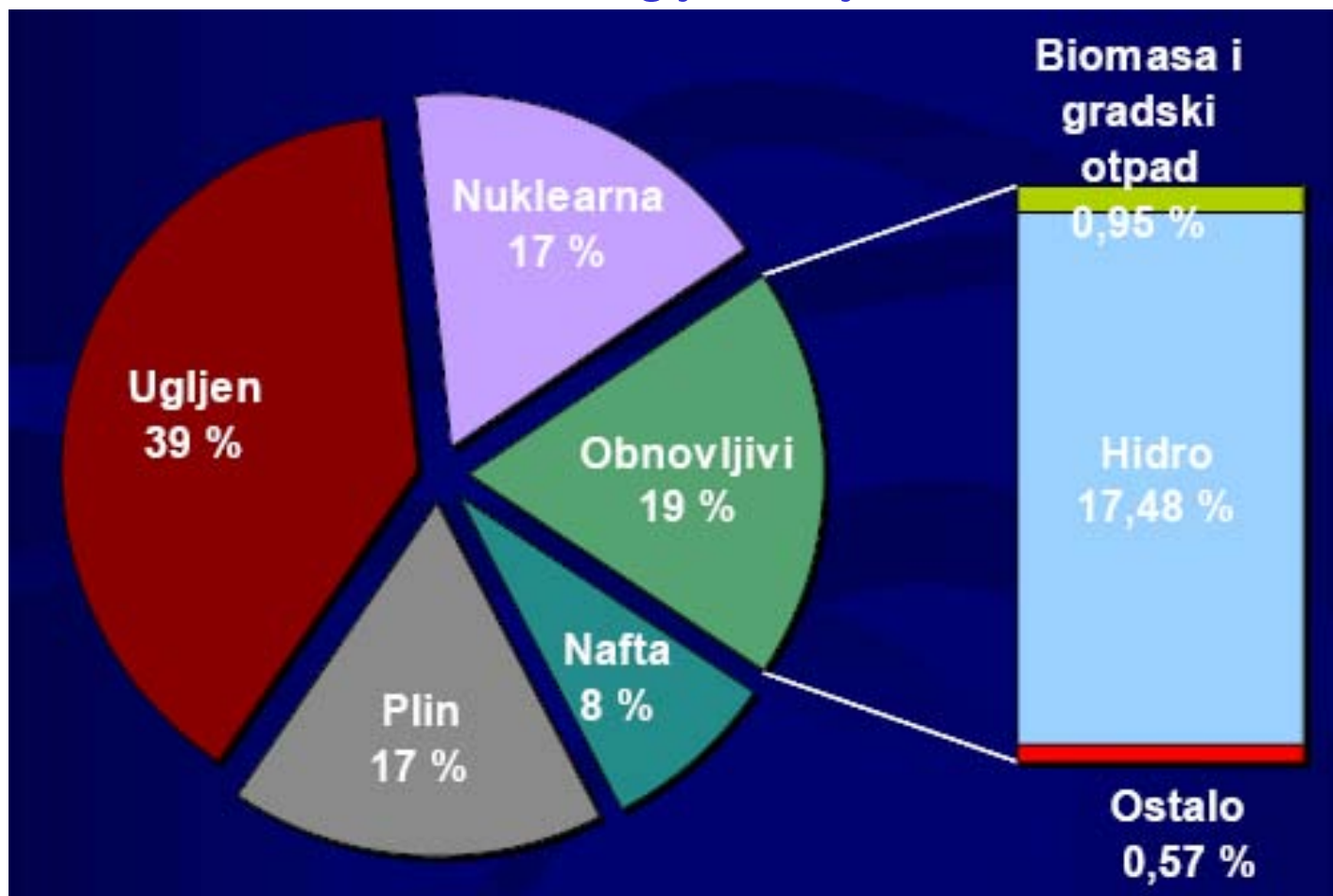
Energija biomase

*Udio energije biomase u ukupnoj potrošnji
primarne energije u svijetu 2000.*



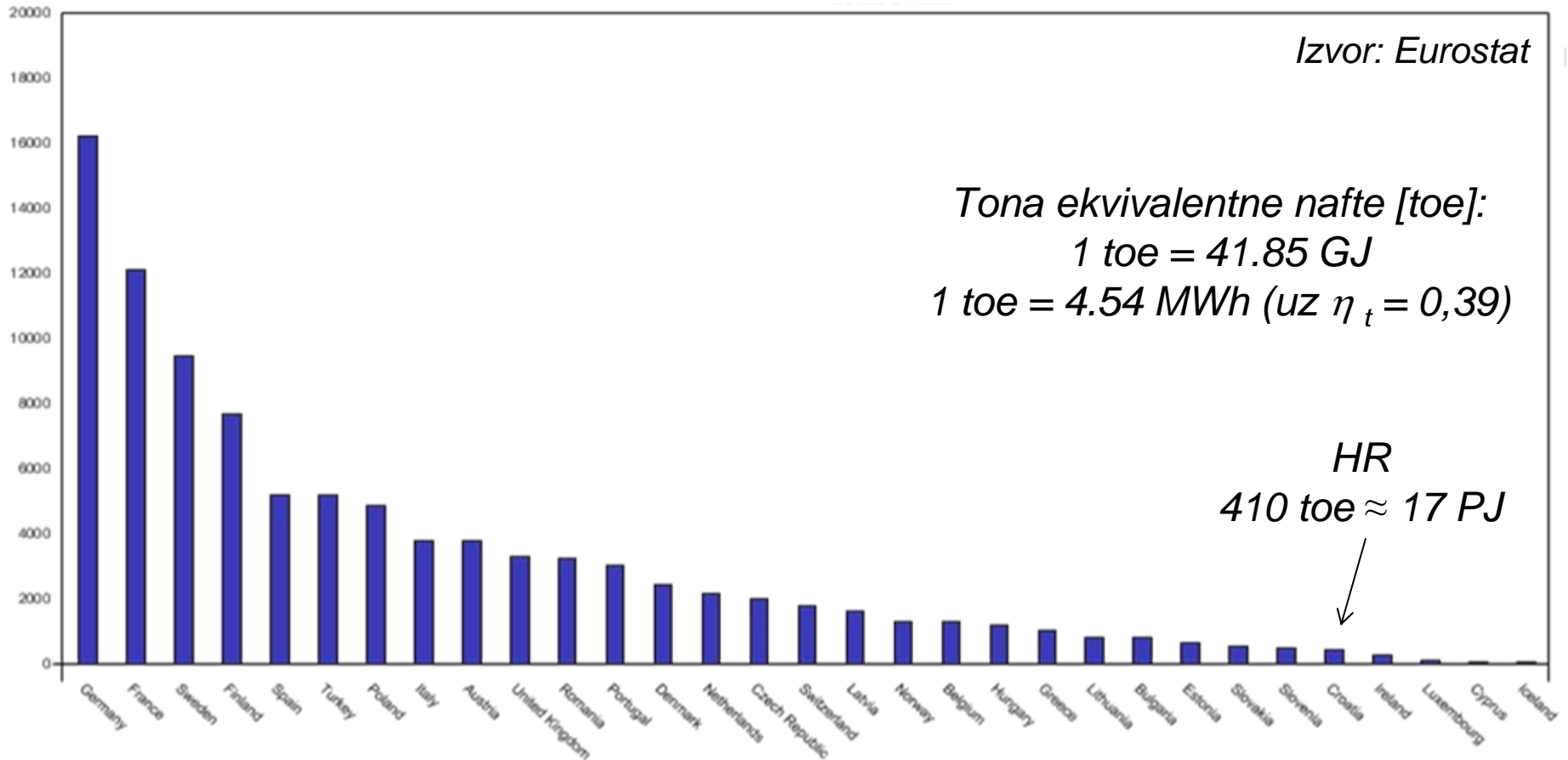
Energija biomase

Udio energije biomase u ukupnoj proizvodnji električne energije u svijetu 2000.



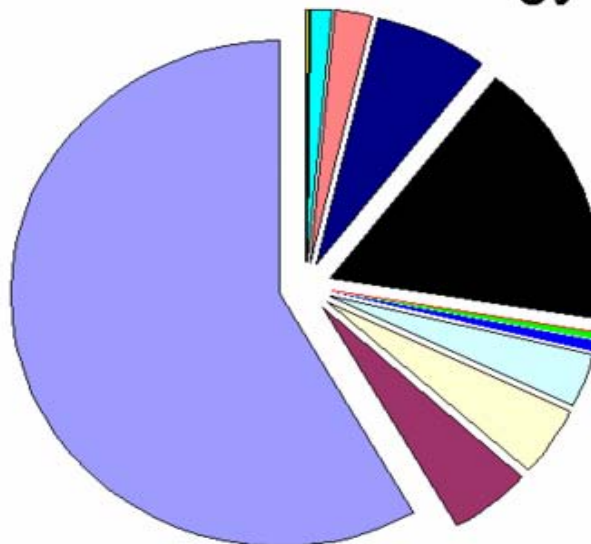
Energija biomase

Ukupna energija iz biomase i otpada – EU i kandidati 2006. godine (u 1000 toe)



Udio pojedinih obnovljivih izvora u svjetskoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora 2006. godine

World Renewable Energy 2005



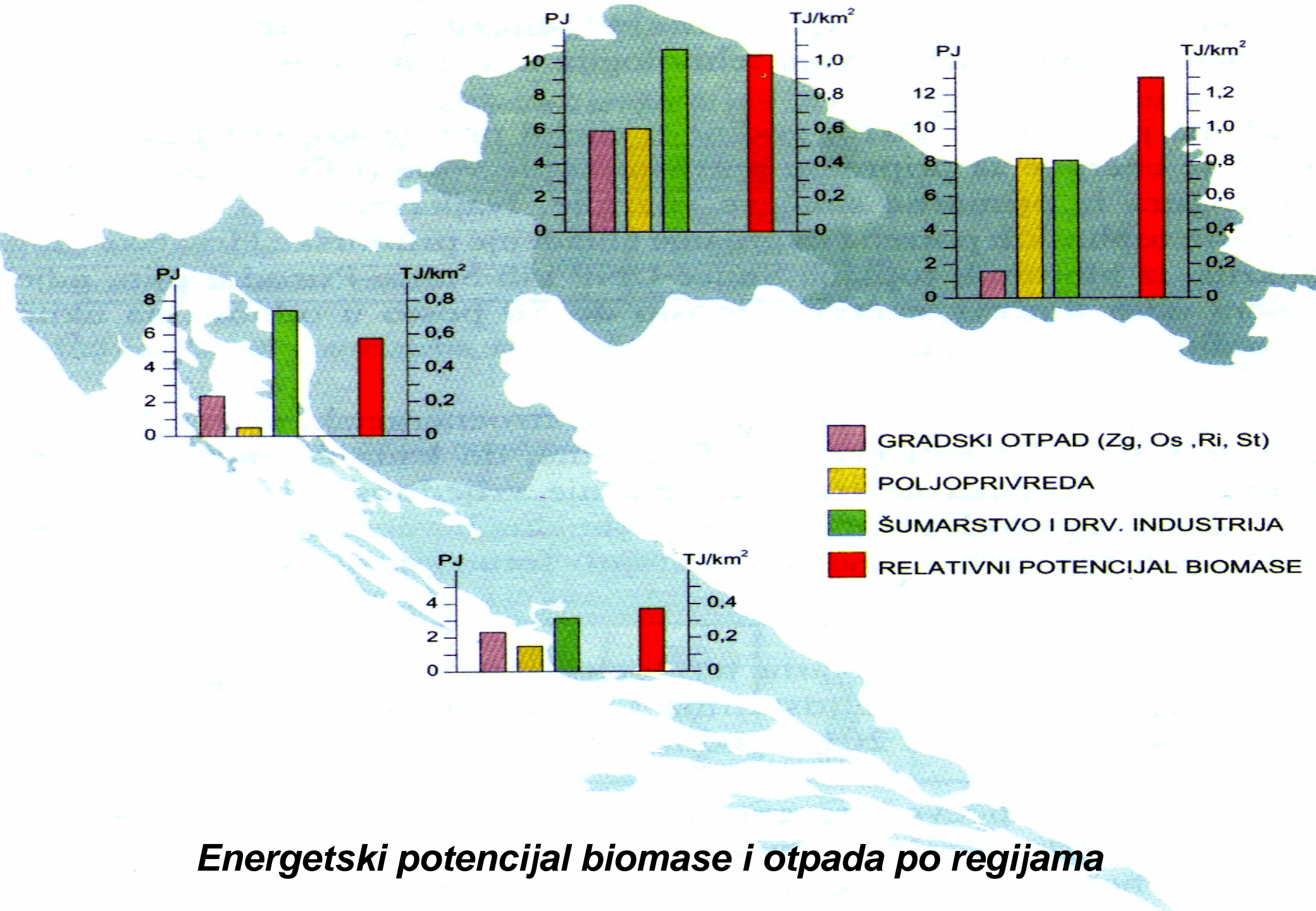
Large hydro 58.23%	Small hydro 5.12%	Wind power 4.58%	Biomass elec 3.42%
Geothermal elec 0.72%	Photovoltaic 0.42%	Other elec** 0.05%	Biomass heat* 17.08%
Solar heat 6.83%	Geothermal heat 2.17%	Biodiesel fuel 1.21%	Bioethanol fuel 0.16%



Stanje korištenja biomase u Hrvatskoj

- *HR ima veliki šumski potencijal s gotovo 45% teritorija prekriven je šumom, s razvijenom drvnom industrijom te značajnim udjelom poljoprivrede u ukupnom gospodarstvu*
- ***Izvrzne osnove za proizvodnju energije iz biomase!!!***
- *No, trenutno se koristi oko 17 PJ energije iz biomase (podatak iz 2006. god., dakle samo oko 4 % ukupne primarne energije) i to većinom na nedjelotvoran način - za grijanje kućanstava.*
- *Tehnički potencijal biomase za period do 2030. godine predviđa se na razini od 50 do 80 PJ.*

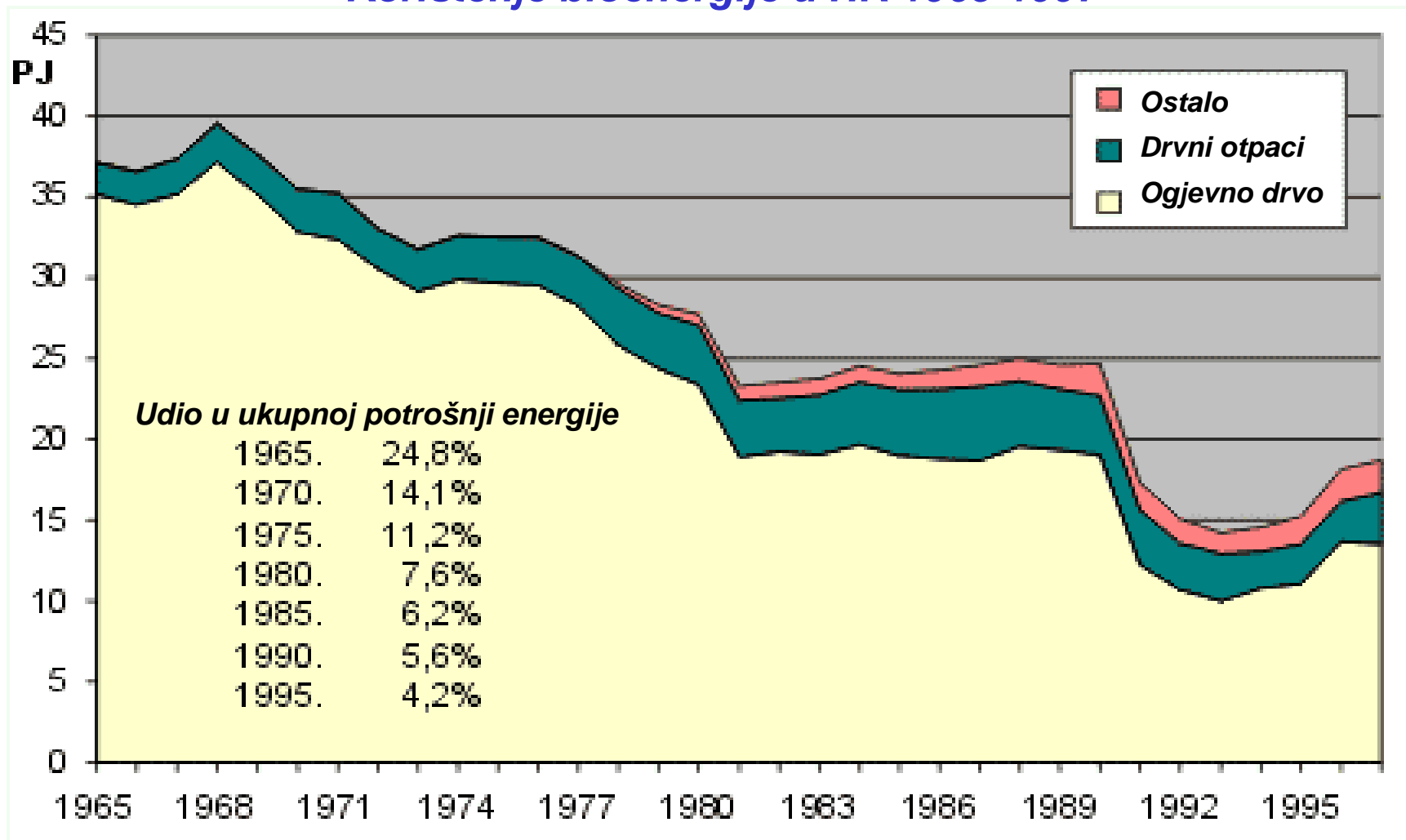




Energetski potencijal biomase i otpada po regijama

Energija biomase

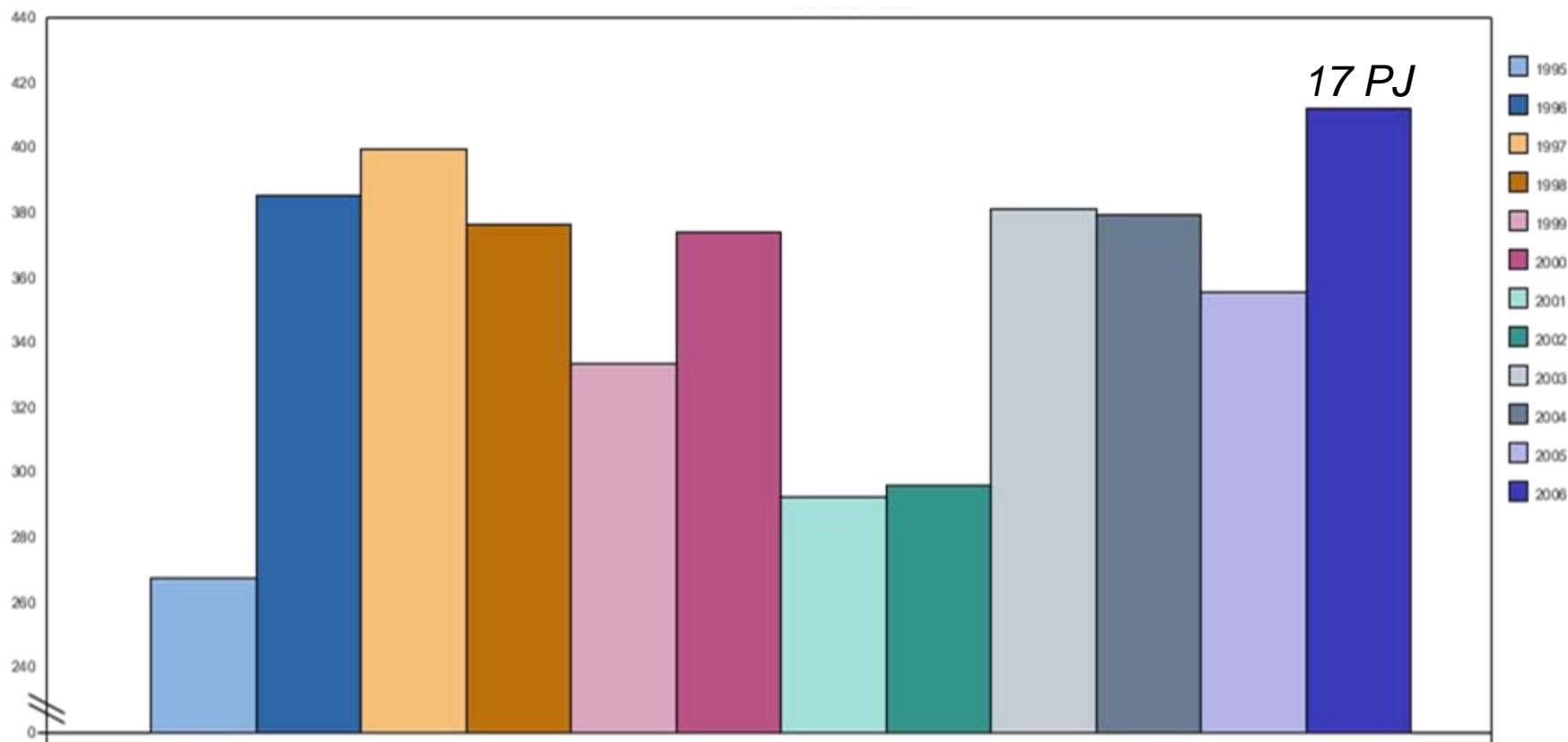
Korištenje bioenergije u HR 1965-1997



Energija biomase

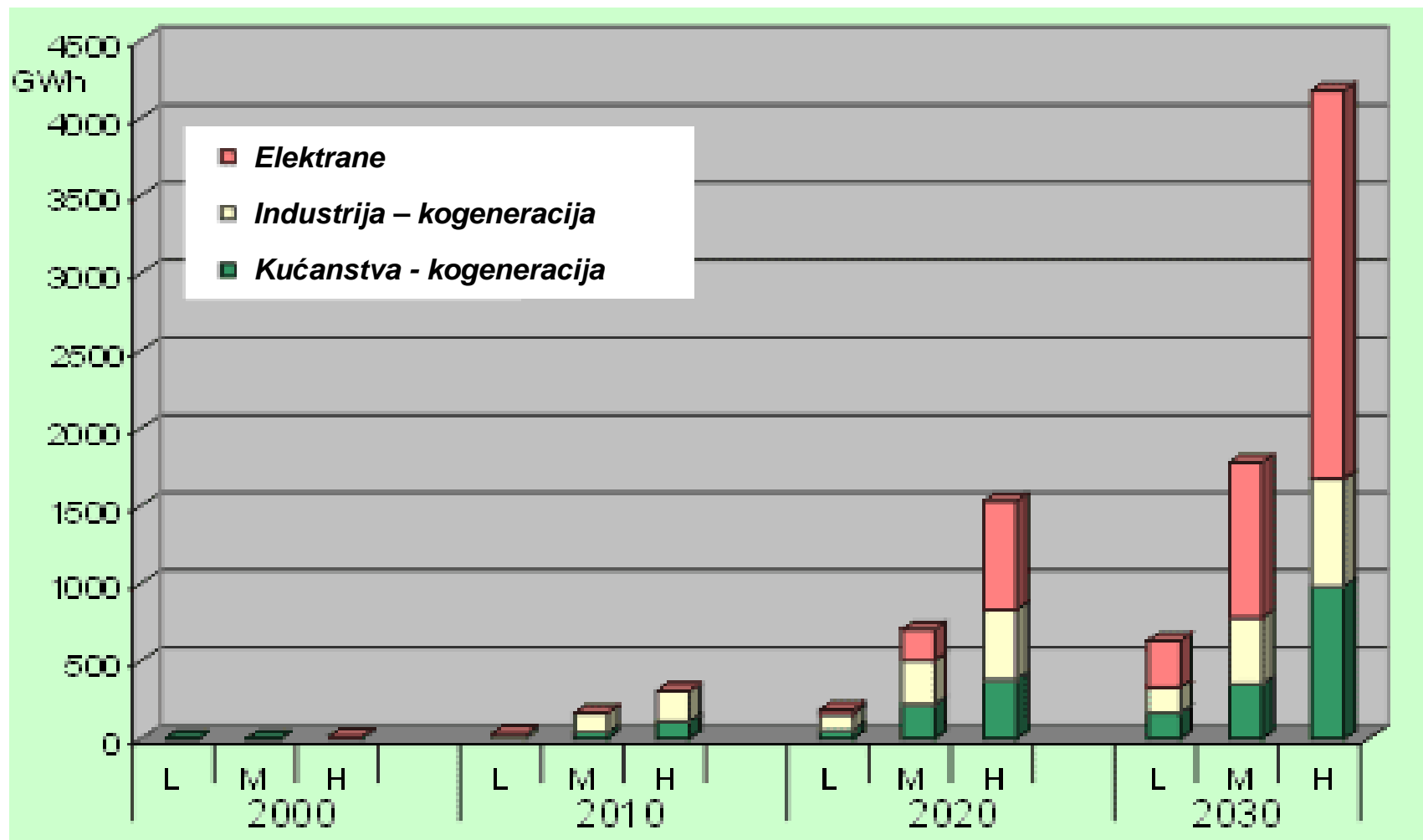
Ukupna energija iz biomase i otpada – Hrvatska od 1995. do 2006. godine (u 1000 toe)

Izvor: Eurostat



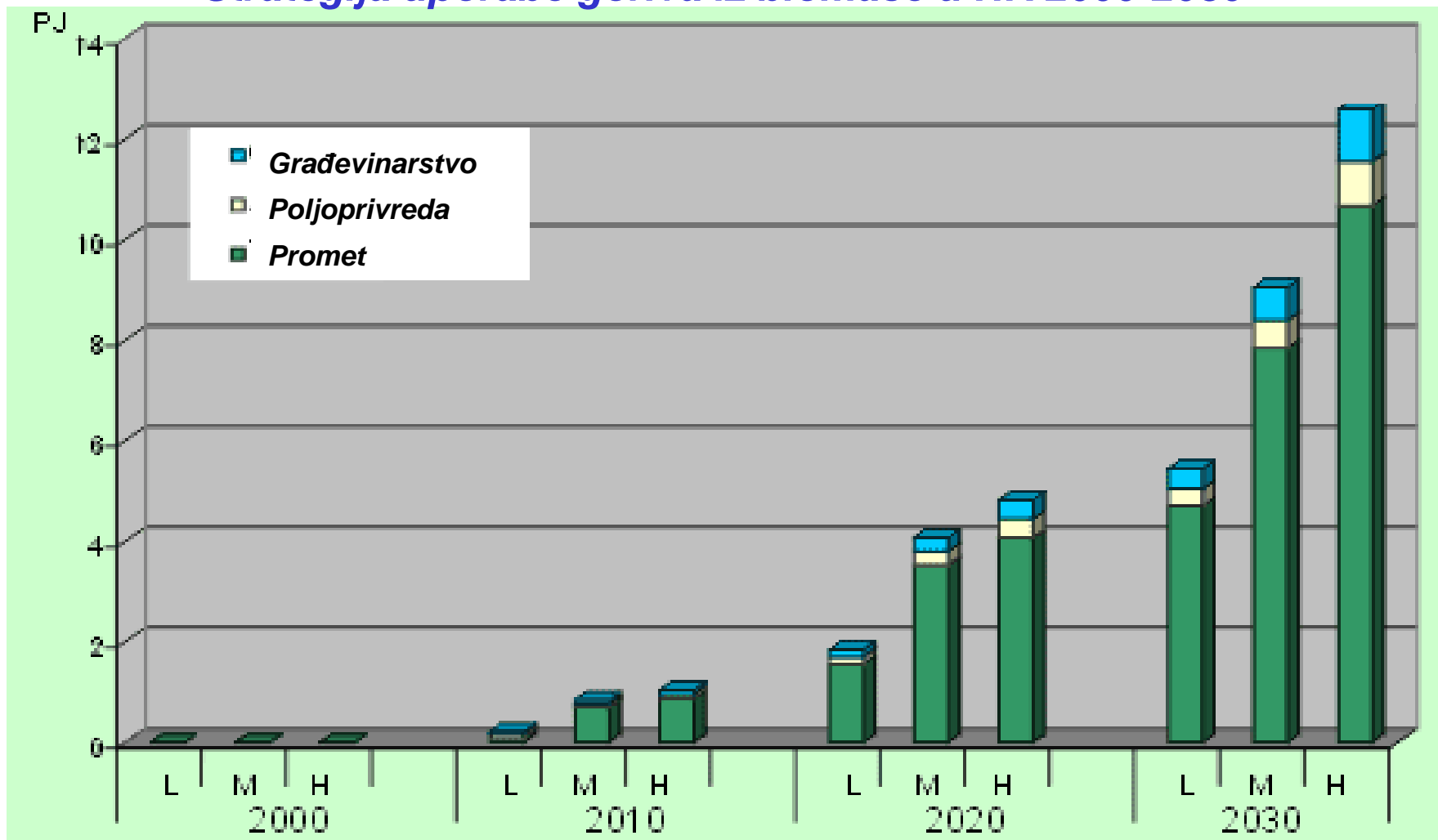
Energija biomase

Strategija proizvodnje el. energije iz biomase u HR 2000-2030



Energija biomase

Strategija uporabe goriva iz biomase u HR 2000-2030



- **Biomasa u RH – neka (planirana) postrojenja za spaljivanje biomase**

Investitor:	Zapremina kotla:	Snaga (P_{el})	
<i>HRAST Strizivojna</i>	20 t	3,5 MW	kraj 2008.
<i>SLAVONIJA DI</i>	20 t	3,5 MW	kraj 2009.
<i>SPAČVA Vinkovci</i>	30 t	4,5 MW	02.2009.

Tvin Virovitica 3MWe, Belišće d.d. 2.2 MWt postoji i 2.4 MWt kraj 2009.

Hrast, Strizivojna: investitor M. Ravlić, 36.000 m³ otpadne biomase od koje je oko 25% piljevina, računajući sa stupnjem iskorištenja goriva u kotlovima $\eta = 0,85$, iz piljevine se može proizvesti oko 18.950 MWh toplinske energije.

Ukupni očekivani troškovi za proizvodnju toplinske energije oko **61.200 €/god** (redovito čišćenje i održavanje 15.000, troškovi zaposlenika 43.200 i goriva 3.000)

Uz proizvodnju (2005.): 25.261 MWh, troškovi proizvodnje toplinske energije oko **2,42 €/MWh** (oko 17,7 kn/MWh)



Energetski potencijali bioplina u Osječko-baranjskoj županiji

- Broj životinja koji predstavlja glavninu životinja u Osječko-baranjskoj županiji, te teorijska potencijalna energija

	Svinjogojstvo	Govedarstvo		Peradarstvo
		Muzare	Ostalo	
		9 843	15 287	
Ukupan broj	257 421	25 130		1 001 047
Ukupna energija (MWh/dnevno)	172,5	80,22	74,3	60
Neto energija (MWh/dnevno)	108,2	51,9	48	32

- Kako proizvodnja na gospodarstvima koja ne mogu osigurati ni neku minimalnu količinu sirovine nije isplativa, pretpostavimo da su sustavi za anaerobnu razgradnju isplativi samo za uzgajališta koja su veća od 10 ha.



- *Potencijalna energija Osječko-baranjske županije na uzgajalištima većim od 10 ha*

	Svinjogojstvo	Govedarstvo		Peradarstvo
		Muzare	Ostalo	
Broj	58 093	4 715	9081	94 572
Ukupna energija (MWh/dnevno)	38,9	38,43	44,1	5,7
Neto energija (MWh/dnevno)	25,5	24,9	28,5	2,8

- *Grade se postrojenja na bioplin u Dvoru na Uni, Farmi Vrana, Perutnini Ptuj – PIPO Čakovec, Jakuševcu, Plivi (Savski Marof) koja su u različitim fazama realizacije.*

- **Bioplin u RH – neka planirana postrojenja**

1. Ivankovo (VK) – 1000 kWe, 1200 muznih krava trenutno + dodatnih 1000 po izgradnji postrojenja, *pušteno u probni pogon u veljači 2009.* Investitor: P.Z. Osatina, izvođač E3 (u izradi studije priključka na mrežu sudjelovao ETFOS u suradnji sa Belišće, d.d.)

2. Tomašanci (DJ) - 1000 kWe, 1000 muznih krava trenutno + 800 po izgradnji postrojenja, rok: jesen 2008. Investitor: P.Z. Osatina



3. Varaždin – 2x1000 kWe, oko 1000 muznih krava trenutno, rok: 2009.
Investitor: Vindija, d.d.

4. Čakovec – 1000kWe, oko 1000 muznih krava, rok: 2009. Investitor: Vindija, d.d.



Energija biomase

PZ Osatina – Ivankovo – prvo bioplinsko postrojenje u HR

