

# Organski Rankinov ciklus za proizvodnju električne energije iz obnovljivog izvora – biomase

Mr Radoje KREMZER, dipl. maš. inž.



# UVOD

- › Upotreba sirovina i energije za različite primene igra veoma važnu ulogu
- › Korišćenje svih resursa ograničeno
- › Interesovanje za proizvode i procese sa niskim korišćenjem resursa i energije u stalnom porastu
- › Potreba za sistemima koji su zasnovani na održivom razvoju.



# BIOMASA

- › Energetsko iskorišćenje biomase poznato je još od praistorije
- › Vekovima je ona bila primaran i gotovo jedini energent, u početku za grejanje naselja i pripremu hrane, a od industrijske revolucije i za pogon mašina, vozila i dr.
- › Primena biomase u poslednja dva veka značajno smanjena (zamenjena fosilnim gorivima i električnom energijom)



# BIOMASA

- › Uloga biomase počela se menjati u poslednjih tridesetak godina
- › Fosilna goriva neće trajati večno
- › Njihova intenzivna primena uzrokovala nepopravljiva oštećenja životne sredine
- › Biomasa ponovo dobija svoj značaj:
  - u malim izvorima toplote,
  - za sisteme grejanja i pripreme tople potrošne vode,
  - u velikim energetske postrojenjima za proizvodnju električne i toplotne energije



# ZAŠTO BIOMASA

- › Održiva
- › CO<sub>2</sub>-neutralna, ekološki povoljna
- › Ekonomična
- › Domaća i ne zavisi od uvoza
- › Koristi se vrhunska, pouzdana tehnologija



# UPOREĐENJE CENA

GORIVO	JEDIN. MERE	KOLIČINA TOPLOTE	KOLIČINA TOPLOTE (kWh)	ETA	KORISNA TOPL.(kWh)	CENA (din)	PREVOZ (% od cene)	UKUPNA CENA (din)	JEDINIČNA CENA (din/kWh)	GODIŠ. TROŠAK ZA 1 m2
Drva bukova-parket	kg	10500 kJ	2,92	0,76	2,2192	0	6	0	<b>0,00</b>	0
Struja NT-zelena	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	1,82	0	1,82	<b>1,84</b>	221
Slama u balama	t	3900 kWh	3900	0,8	3120	6500	12	7280	<b>2,33</b>	280
Struja NT-plava	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	2,72	0	2,72	<b>2,75</b>	330
Sečka (W=35%)	t	3100 kWh	3100	0,85	2635	7200	10	7920	<b>3,01</b>	361
Drva (W=40%)	m3	7000000 kJ	1940	0,7	1358	4500	10	4950	<b>3,65</b>	437
Ugalj	kg	13000 kJ	3,61	0,7	2,527	9	12	10,08	<b>3,99</b>	479
Briketi od agro-biomase	t	4000 kWh	4000	0,75	3000	13000	8	14040	<b>4,68</b>	562
Struja NT-crvena	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	5,45	0	5,45	<b>5,51</b>	661
Zemni gas	m3	33300 kJ	9,2	0,9	8,28	49	0	49	<b>5,92</b>	710
Peleti	kg	5 kWh	5	0,85	4,25	23	10	25,3	<b>5,95</b>	714
Struja VT-zelena	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	7,27	0	7,27	<b>7,34</b>	881
Mazut	kg	40000 kJ	11,5	0,8	9,2	65	8	70,2	<b>7,63</b>	916
Drveni briket	kg	16.000 kJ	4,44	0,76	3,3744	29	8	31,32	<b>9,28</b>	1114
Struja VT-plava	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	10,91	0	10,91	<b>11,02</b>	1322
Dalj. grej. Bgd. El.										1356
Ugljeni briket	t	23100000 kJ	6410	0,75	4807,5	53000	6	56180	<b>11,69</b>	1402
Tečni gas - kondenz.	kg	46200 kJ	12,8	1,03	13,184	170	6	180,2	<b>13,67</b>	1640
Tečni gas	kg	46200 kJ	12,8	0,92	11,776	170	6	180,2	<b>15,30</b>	1836
Lož-ulje	l	36300 kJ	10,08	0,86	8,6688	145	5	152,25	<b>17,56</b>	2108
Struja VT-crvena	kWh	1 kWh	1	0,99	0,99	21,83	0	21,83	<b>22,05</b>	2646

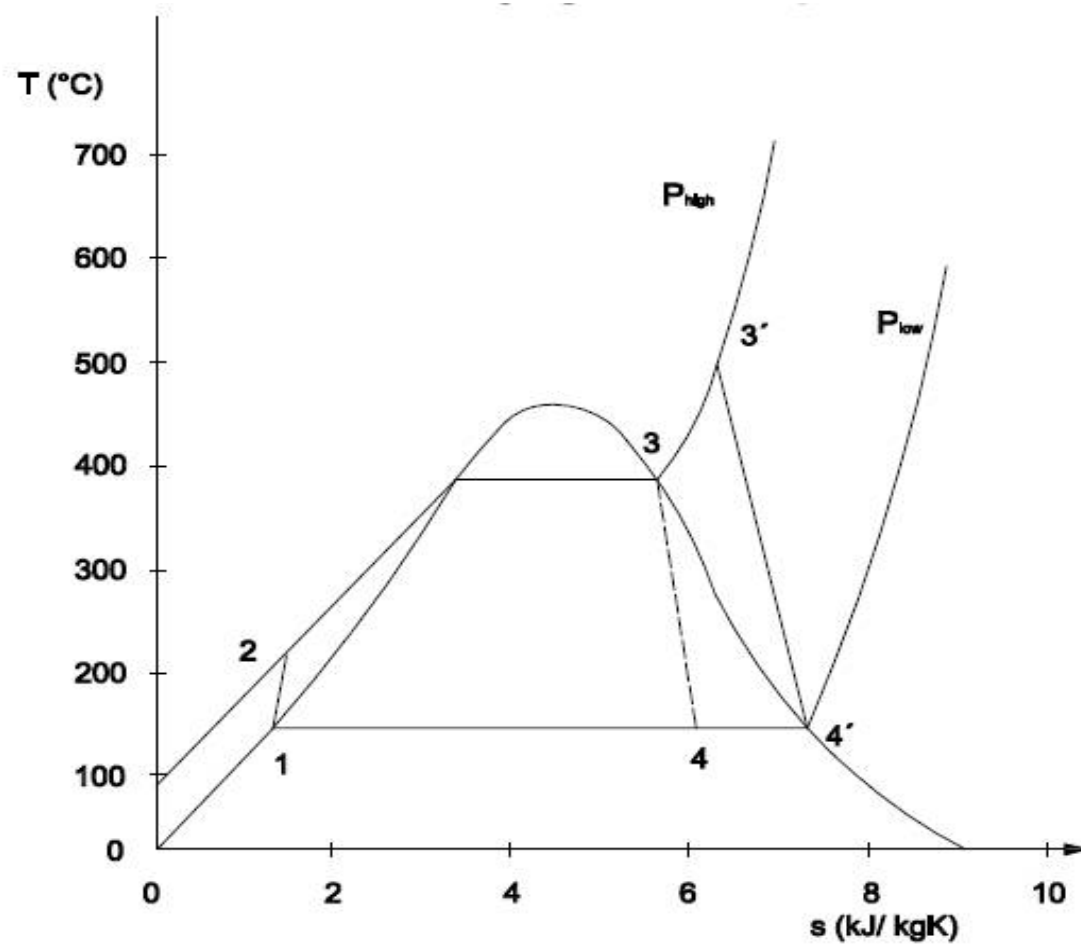
Oktoibar 2015

# Organski Rankinov Ciklus (ORC)

- › ciklični, kružni termodinamički proces
- › zasnovan je na organskom radnom medijumu, koji omogućava dobijanje električne energije pri relativno niskim temperaturama radnog fluida



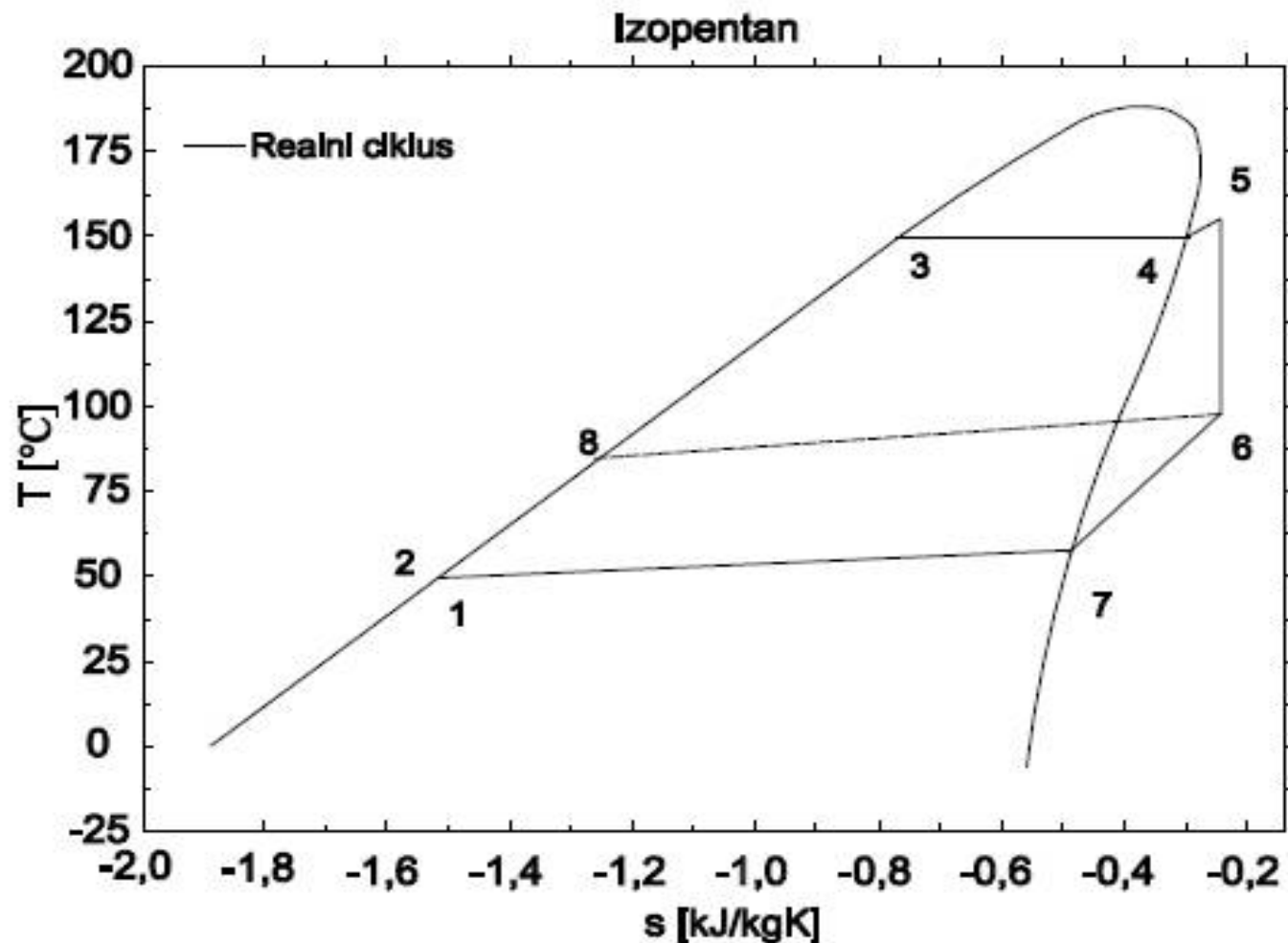
# T-s dijagram za vodenu paru



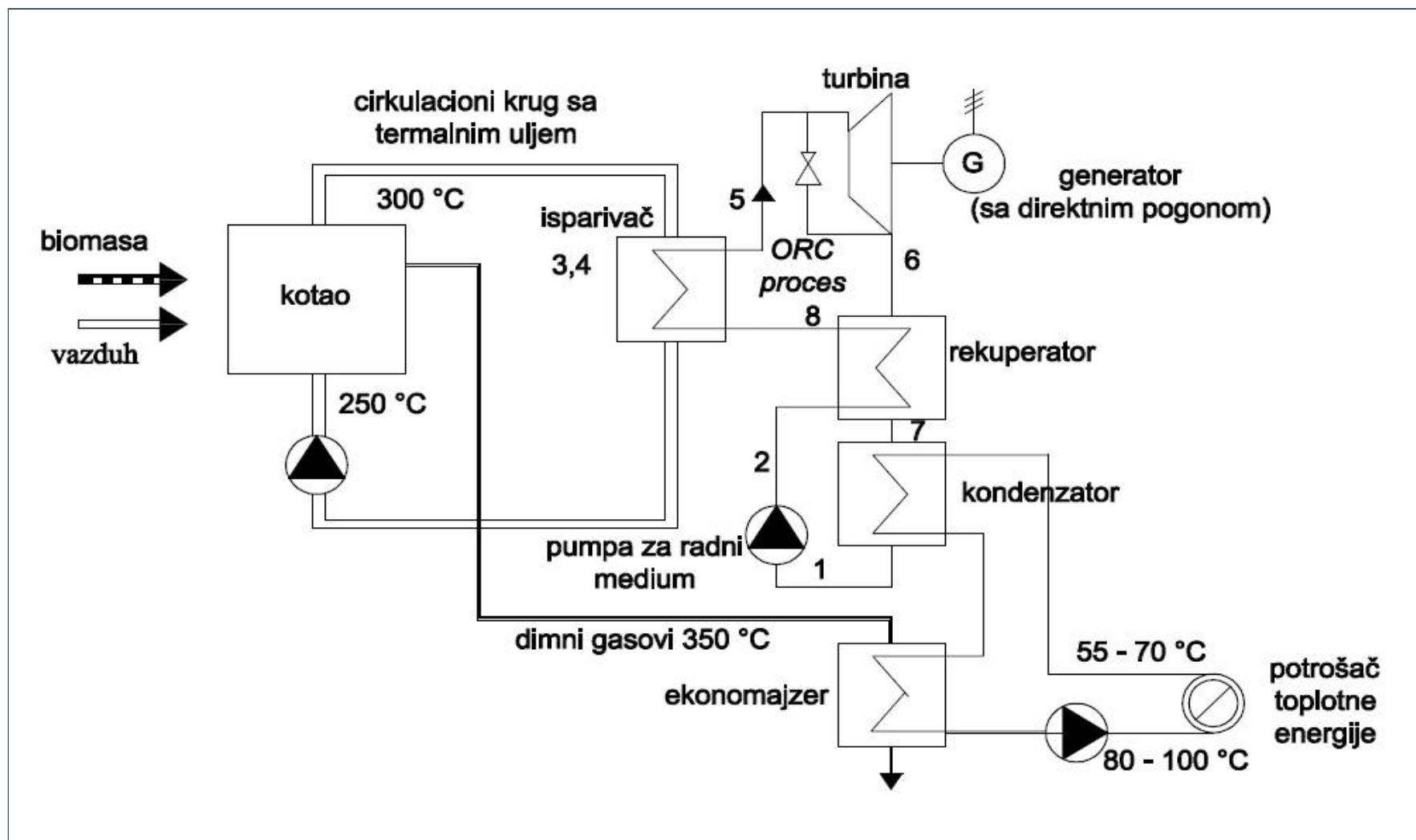




# T-s dijagram za organski fluid

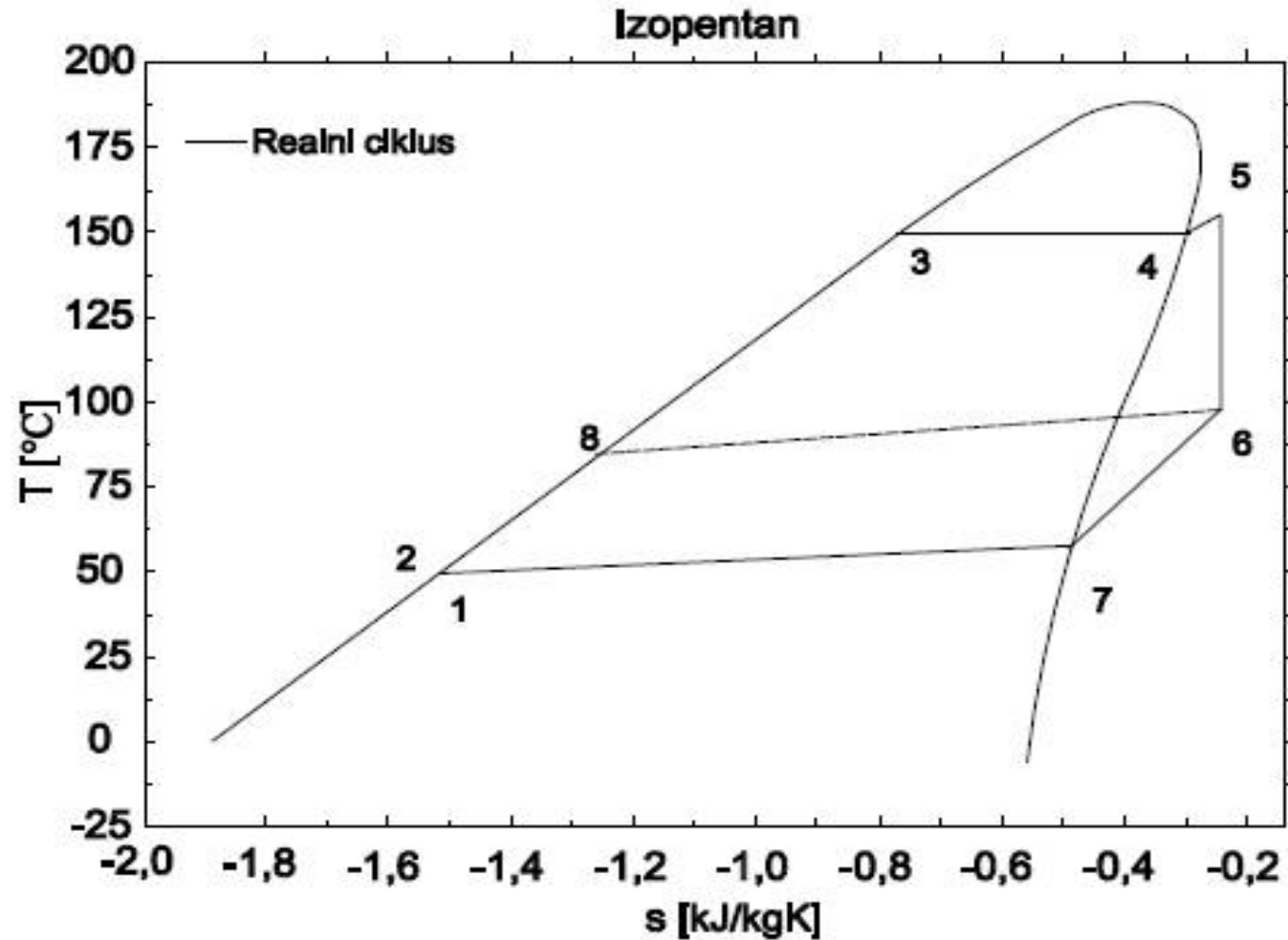


# Šema ORC procesa

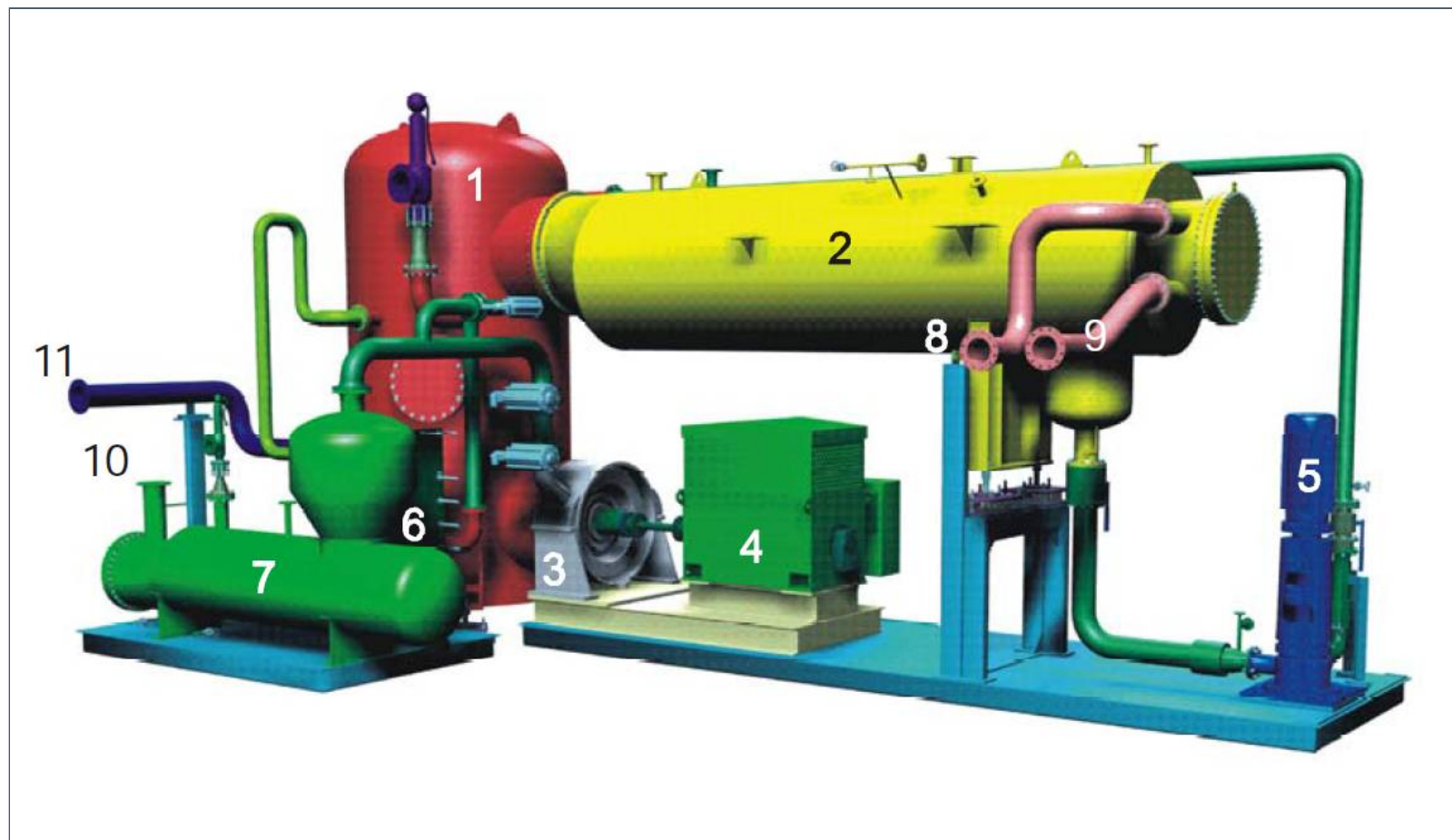




# T-s dijagram za organski fluid



# Izgled ORC-modula



- |                     |                         |                          |                    |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| 1. Rekuperator      | 2. Kondenzator          | 3. Turbina               | 4. Generator       |
| 5. Cirkulac. pumpa  | 6. Predgrejač           | 7. Isparivač             | 8. Ulaz tople vode |
| 9. Izlaz tople vode | 10. Ulaz termalnog ulja | 11. Izlaz termalnog ulja |                    |

# Izgled ORC-modula u transportu



# KARAKTERISTIKE CIKLUSA

- › Primena organskog medijuma umesto vode, odatle ime
- › Sagorevanje biomase u termouljnom kotlu pod niskim pritiskom; nije potreban nadzor pri radu
- › Potrebna energija se preko kruga termalnog ulja prenosi isparivaču ORC modula – nije potreban “ložač”, nema HPV



# KARAKTERISTIKE CIKLUSA

- › ORC postrojenje ima sporohodnu turbinu, optimisanu za manja postorjenja Ÿ dobar stepen korisnosti i odlično ponašanje na delimičnom opterećenju
- › Zbog povoljnih osobina radnog fluida nema kapljica i njihovog (erodivnog) delovanja na turbinu
- › Radni fluid ne stari i nije korodivan
- › Moguća brza promena opterećenja u opsegu 10 – 100%
- › Automatski pogon postrojenja



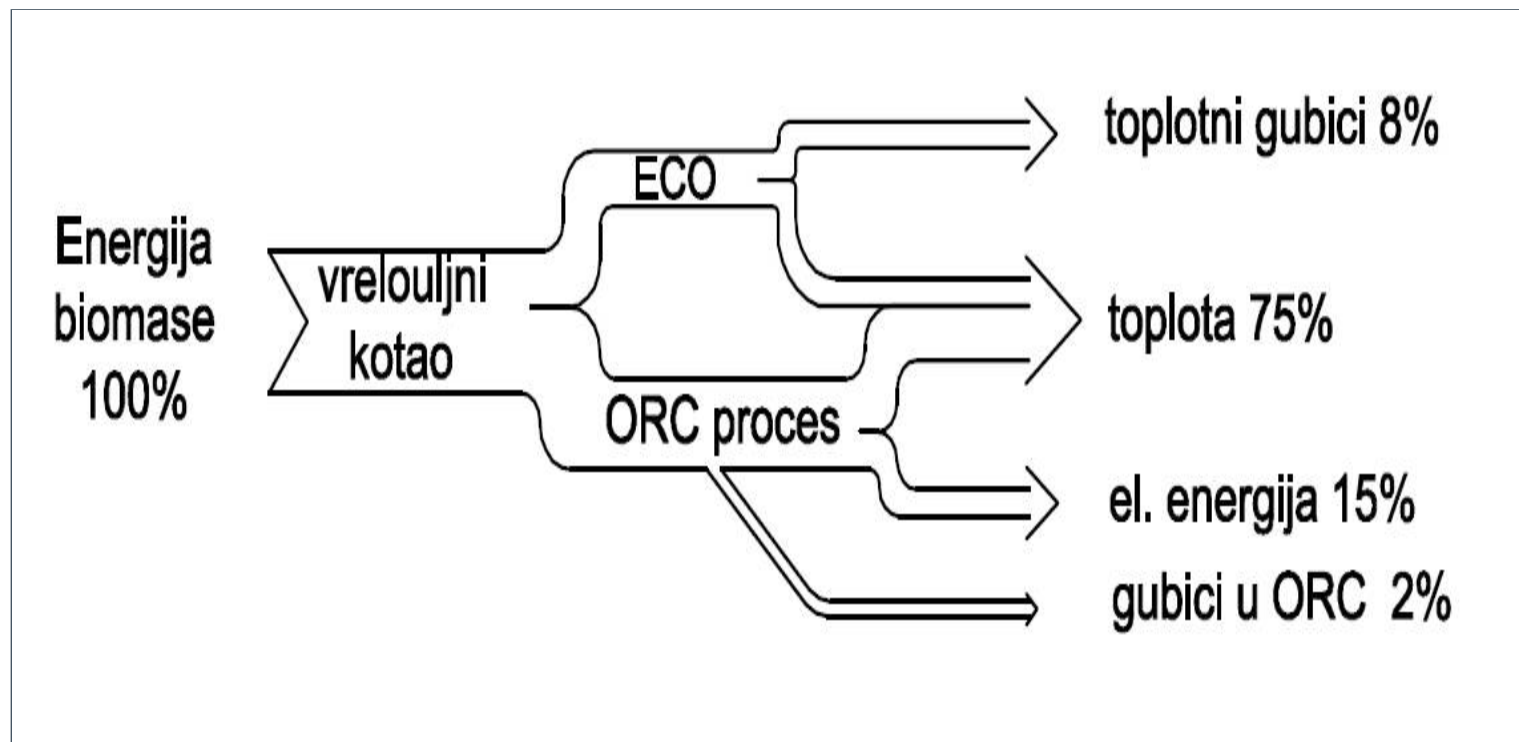
# KARAKTERISTIKE CIKLUSA

- › ORC je relativno tih
- › ORC moduli se rade u veličinama 100-1500 kWel
- › Velika robusnost
- › Dobra regulabilnost i automatizacija (pogon bez posade)
- › Niski troškovi održavanja
- › Dobro ponašanje pri delimičnom opterećenju i podobnost za brzu promenu opterećenja





# Energetski bilans procesa

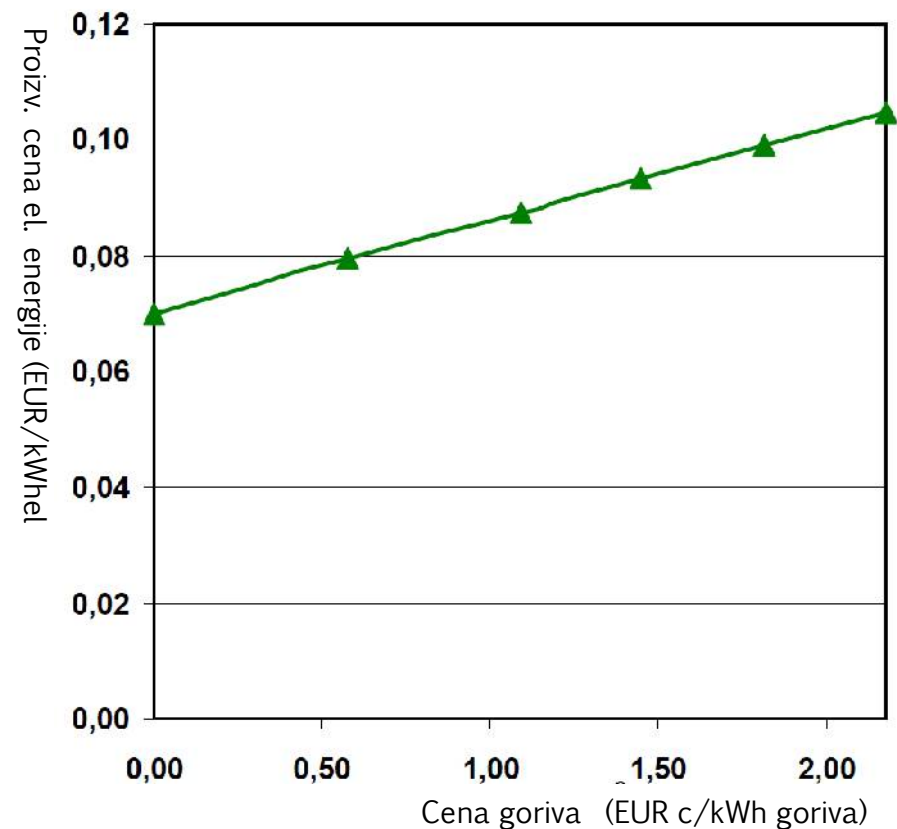
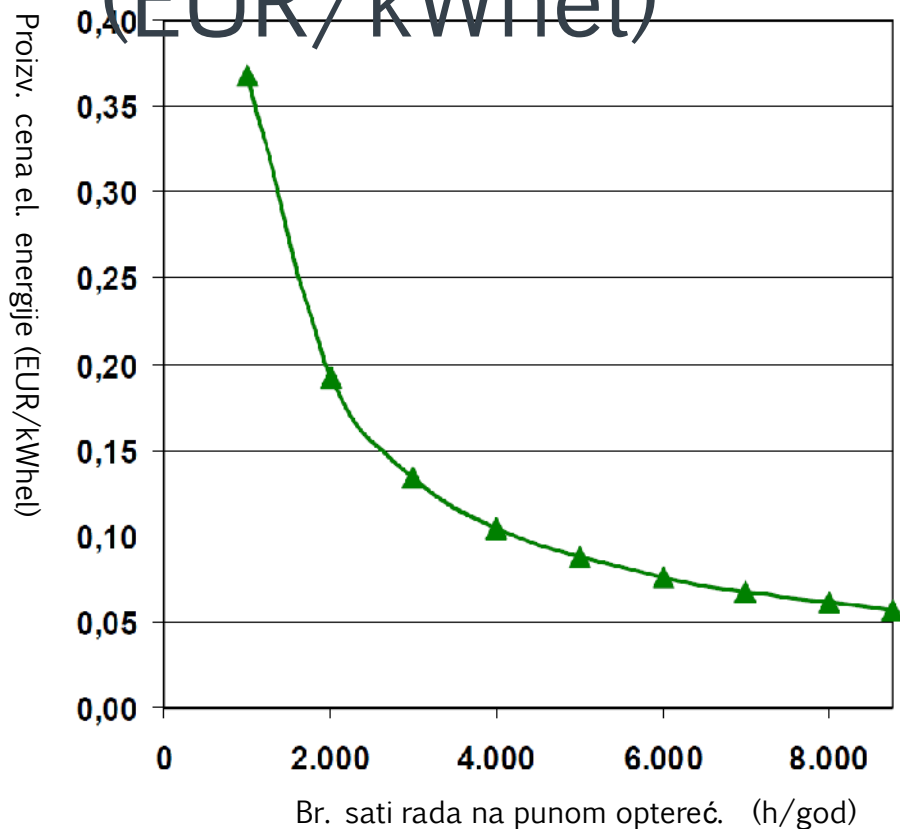


# PRIMENA

- › Za decentralizovane CHP (kombinovane) sisteme – Početno 2 MW
- › Za mala i srednja preduzeća za preradu drveta
- › Spaljivanje starog drveta
- › Toplane na biomasu



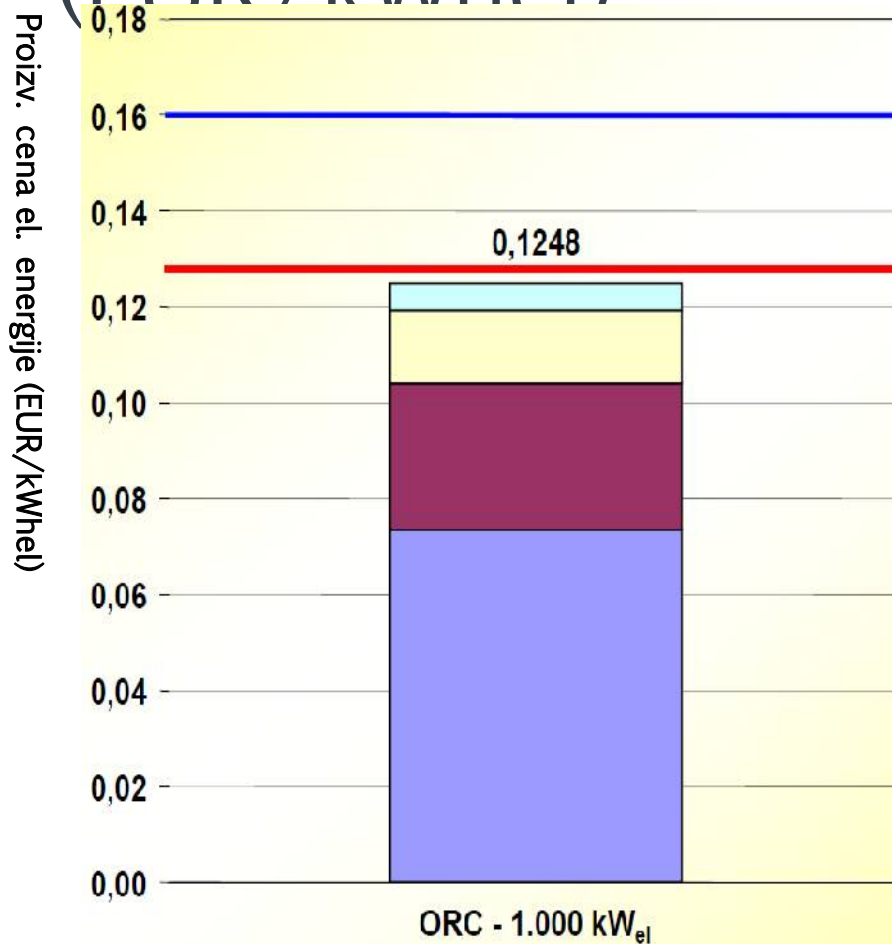
# Proizvodna cena el. energije (EUR/kWhel)







ORC postrojenje snage 500 kWel



# Proizvodna cena el. energije (EUR/kWh<sub>el</sub>)



-  — Specif. ostali troškovi
-  — Specif. pogonski troškovi (personal, održavanje,...)
-  — Specif. materijalni troškovi (gorivo, el. energija, voda...)
-  — Specif. troškovi kapitala

ORC postrojenje snage 1000 kW<sub>el</sub>  
 Br. sati rada: 5000 h/god  
 Cena goriva: 1,5 EUR c/kWh<sub>Hd</sub>  
 Subvencija: 0%  
 Vek trajanja: 10 god  
 Kamate: 6%

HVALA NA PAŽNJI!

