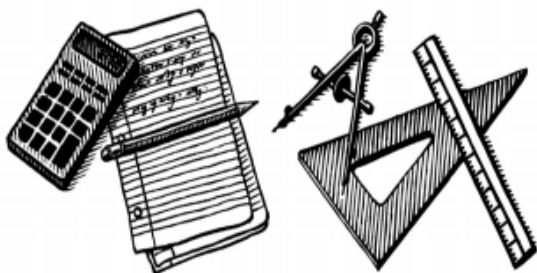




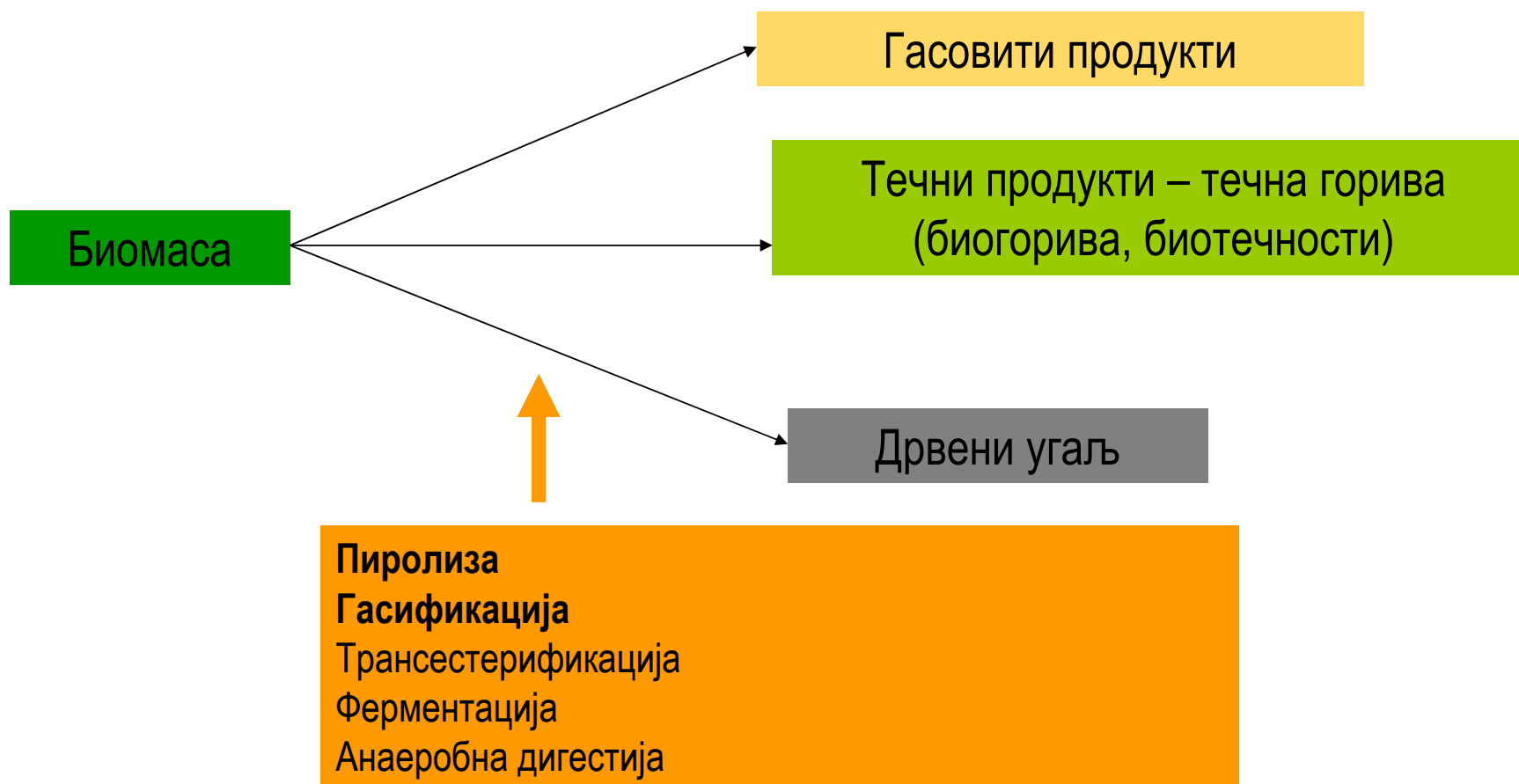
# ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ (ОИЕ) БИОМАСА - предавање 6 -



Проф. др Драгослава Стојиљковић  
др Владимир Јовановић, доцент  
др Небојша Манић, доцент

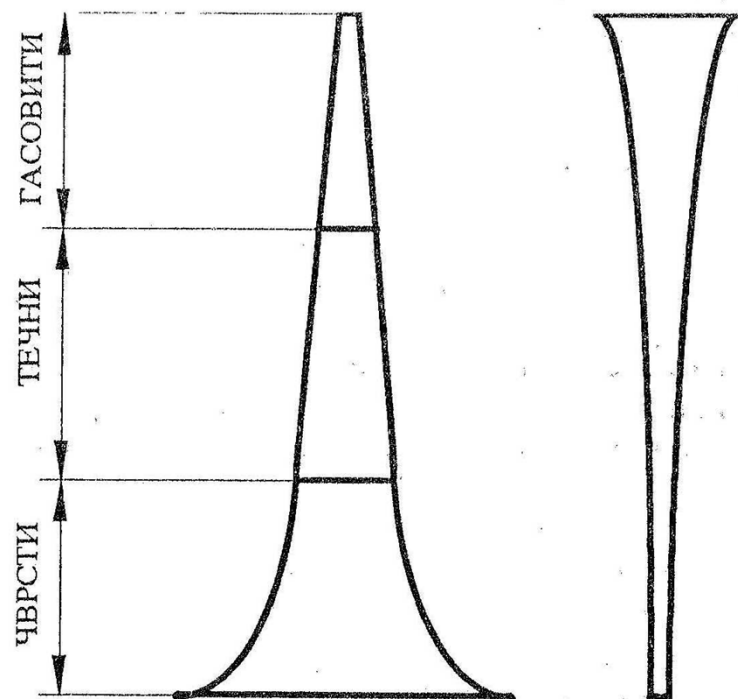


## Произведена горива

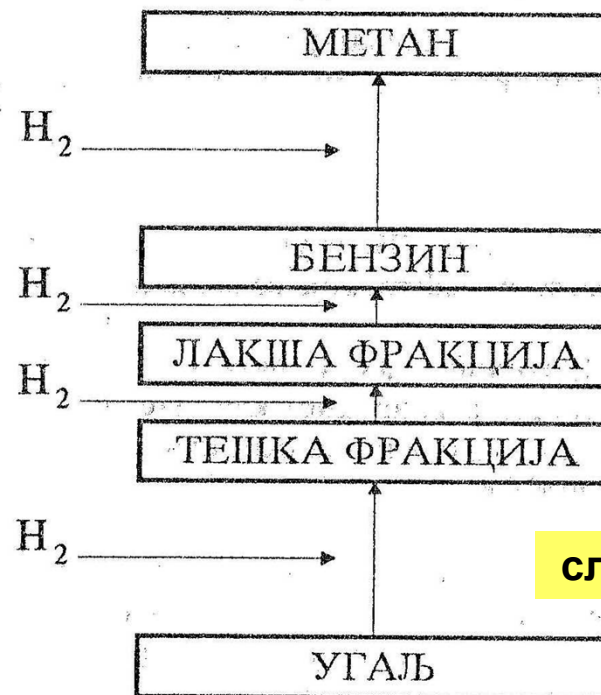




МОЛЕКУЛАРНА МАСА Н/С ОДНОС



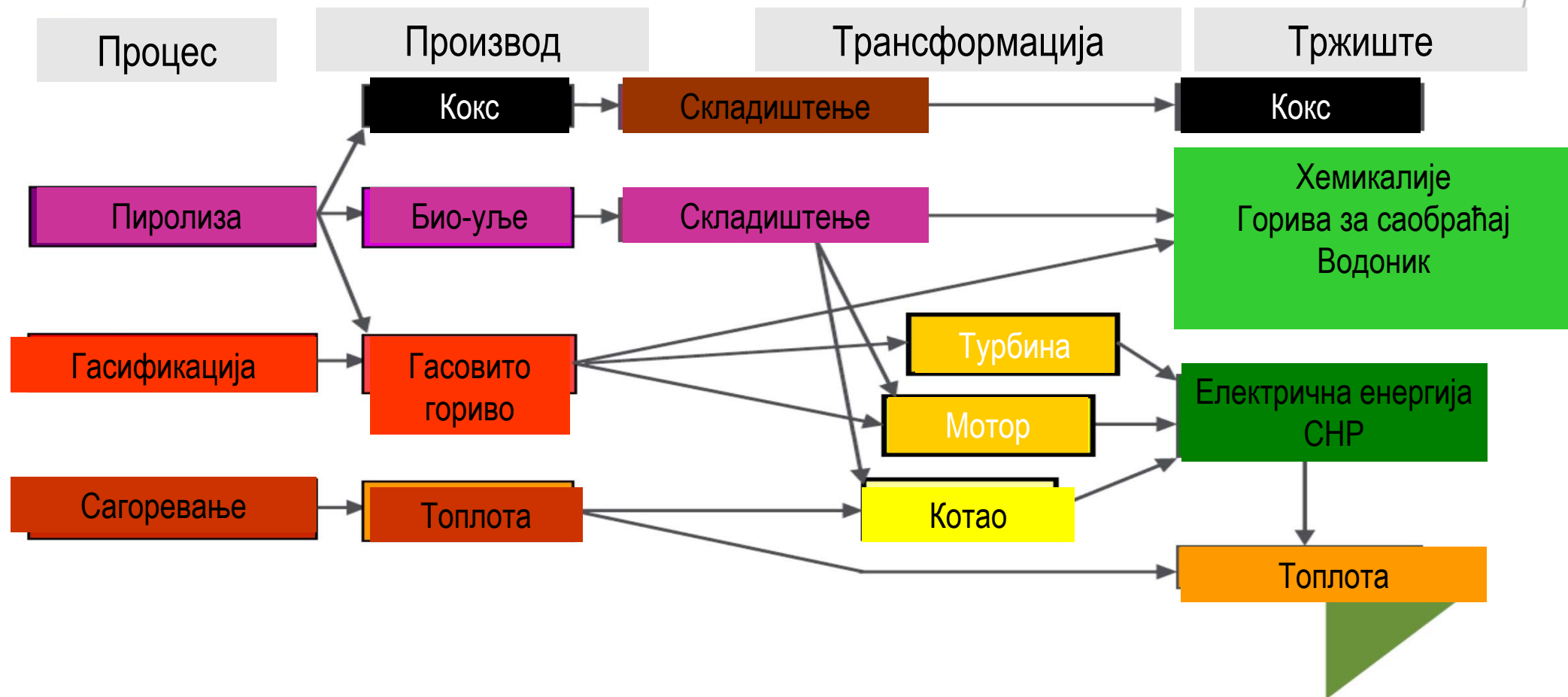
ХИДРИРАЊЕ



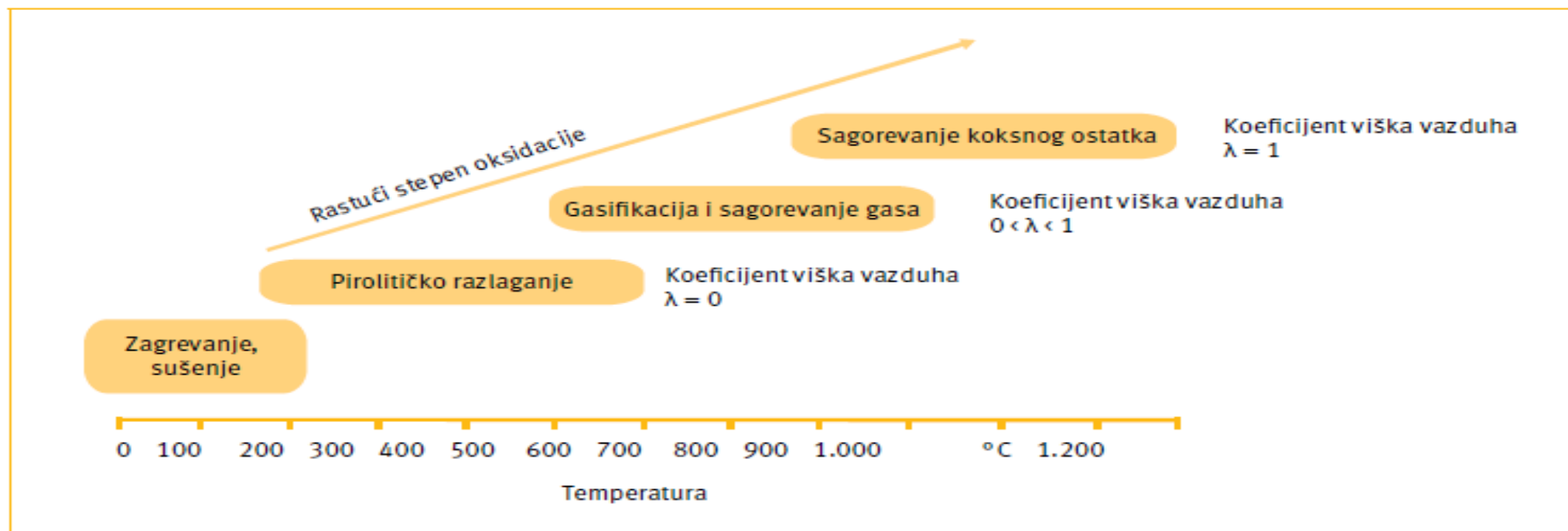
сложени макромолекул

БИОМАСА

## Термички третмани и производи



# Конверзија биомасе





# Пиролиза

- Термичко разлагање
  - Без присуства оксидатора/са делимичним присуством оксидатора, али тако да не дође до процеса гасификације у значајној мери, односно са ограниченом гасификацијом
  - Релативно ниске температуре на којима се процес одвија: 500 – 800 °C
  - Три производа/продукта процеса пиролизе
    - Гас
    - Пиролитичко уље
    - Кокс
  - Количине производа зависе од параметара процеса
  - Брза пиролиза се увек одвија са циљем да се добије максимална количина гасовите или течне фазе
-

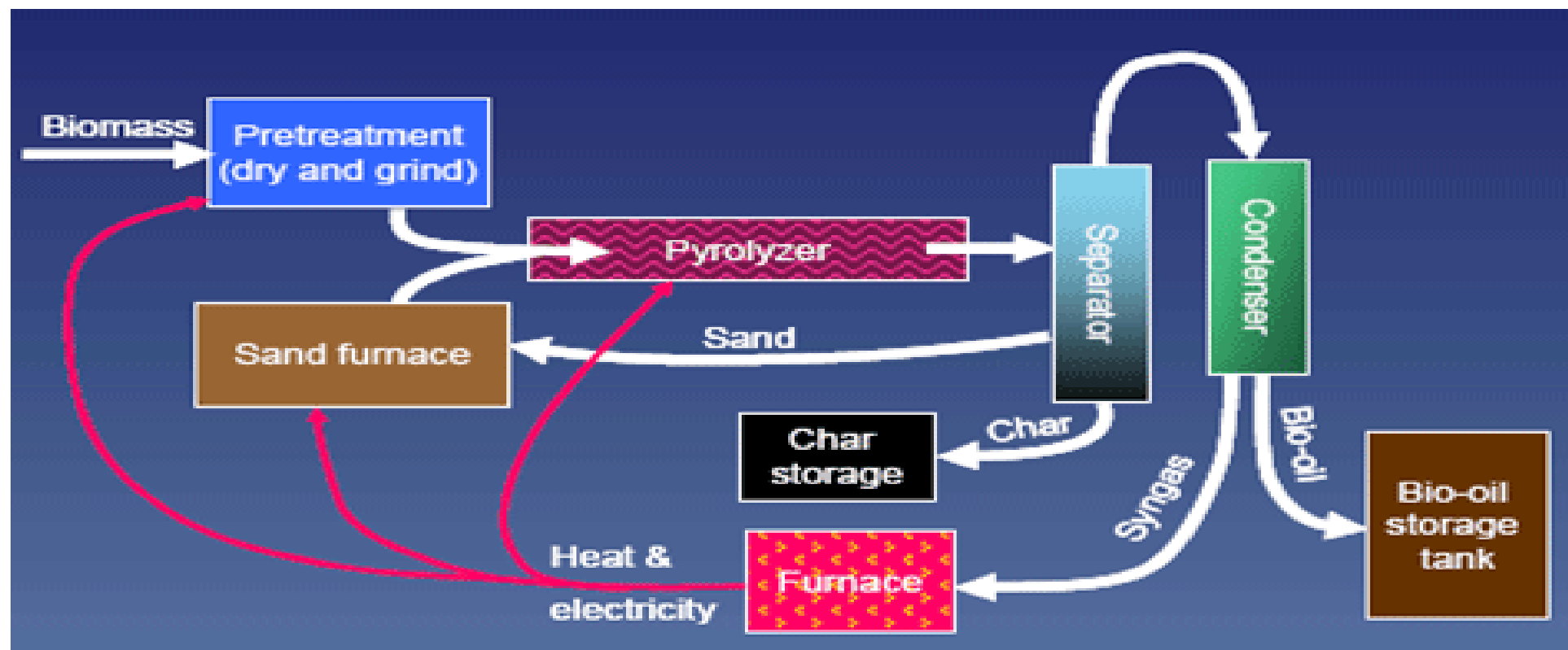


# Пиролиза

- Процес је познат од давнина
- Процес је, у принципу, познат због производње дрвеног угља. Овај процес се углавном одвијао на температури од око 500 °C.
- Предност – могуће је користити различите врсте биомасе и отпада
- Добија се сирово пиролитичко уље или суспензија кокса и пироличичког уља
- Гас добијен у процесу користи се за обезбеђивање енергије потребне за одвијање процеса
- Кокс који се добија је врло стабилан и није билошки деградабилан

Биомаса	Насипна густина (kg/m <sup>3</sup> )	Топлотна моћ, сува маса (GJ/t)	Енергетска густина (GJ/m <sup>3</sup> )
Слама	100	20	2
Сечка	400	20	8
Пиролитичко уље	1200	25	30
Кокс	300	30	9
Кокс/вода суспензија (50/50)	1000	15	15
Кокс/пиролитичко уље (20/80)	1150	23	26

# Пиролиза



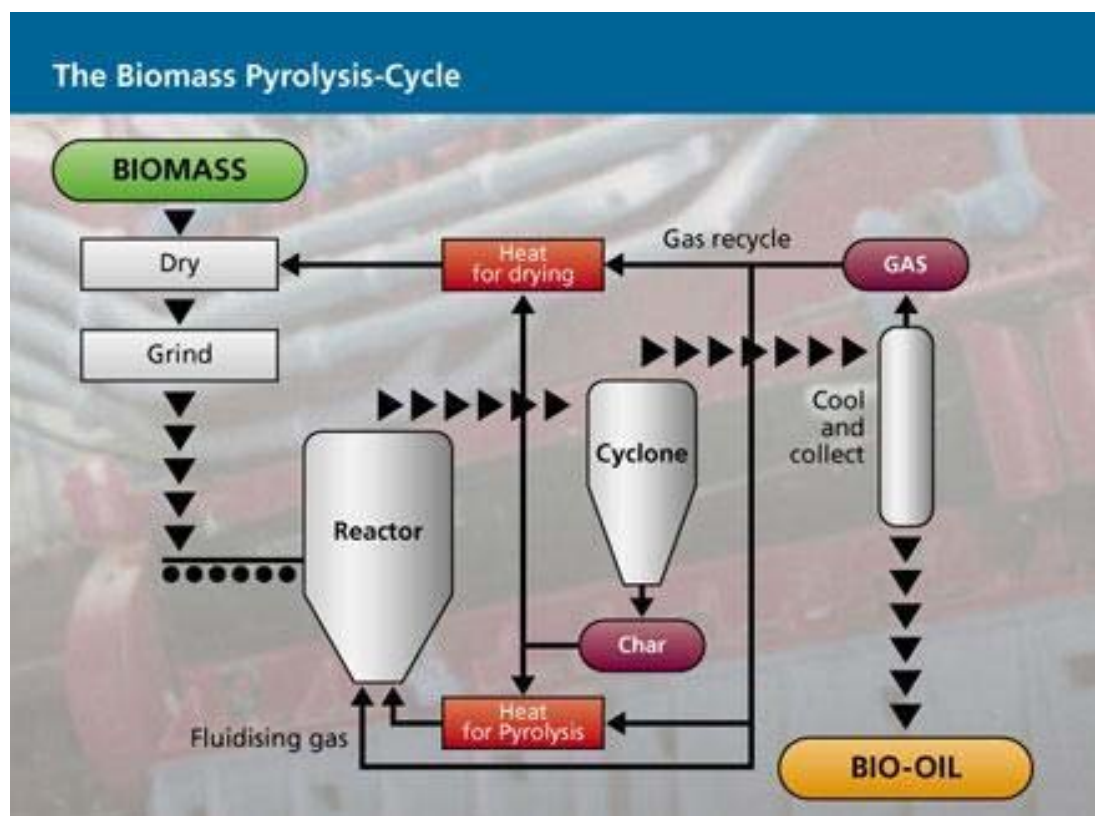




# Пиролиза

- Спора – брза пиролиза
  - Данас највише заступљена брза пиролиза
  - Спора пиролиза – траје више сати и као главни производ добија се кокс
  - Брза пиролиза – добија се око 60 % пиролизитичког уља, траје неколико секунди, 20% кокс и 20 % сингас
  - Брза пиролиза
    - Велике брзине загревања
    - Најзначајнији је процес пренос топлоте
    - Контролисана температура процеса - 500 °C
    - Брзо хлађење продукта са циљем да се добије што више пиролизитичког уља
  - Пиролитичко уље
    - тамно браон боје
    - сличног састава као и биомаса
    - није погодно за директну примену
    - погодно је за процесе ко-сагоревања
-

# Пиролиза



- Пиролиза – загревање и деполоимеризација / разлагање у атмосфери без присуства ваздуха/кисеоника
- Користи се за производњу кокса, дрвеног угља, активног угља, метанола, синтезног гаса, течних горива, ...

# Пиролиза



Врста	Услови	Састав производа (% vol/vol)		
		Течност	Кокс	Гас
Брза	~500°C, водена пара, 1 s	75	12	13
Средња	~500°C, водена пара, 10-30 s	50	20	30
Спора	~400°C, водена пара, сати→дани	30	35	35



# Гасификација

- Термохемијски процес трансформације биомасе у гасовито гориво (циљ добијање што веће количине гасовитог горива)
- Одвија се при високим температурама (700-1000°C)
  - сушење (~110°C), издвајање (ослобађање) угљоводоника (започиње на ~250°C)

Врста	Услови	Састав производа (% vol/vol)		
		Течност	Кокс	Гас
Гасификација	~800°C, водена пара, дуго	5	10	85

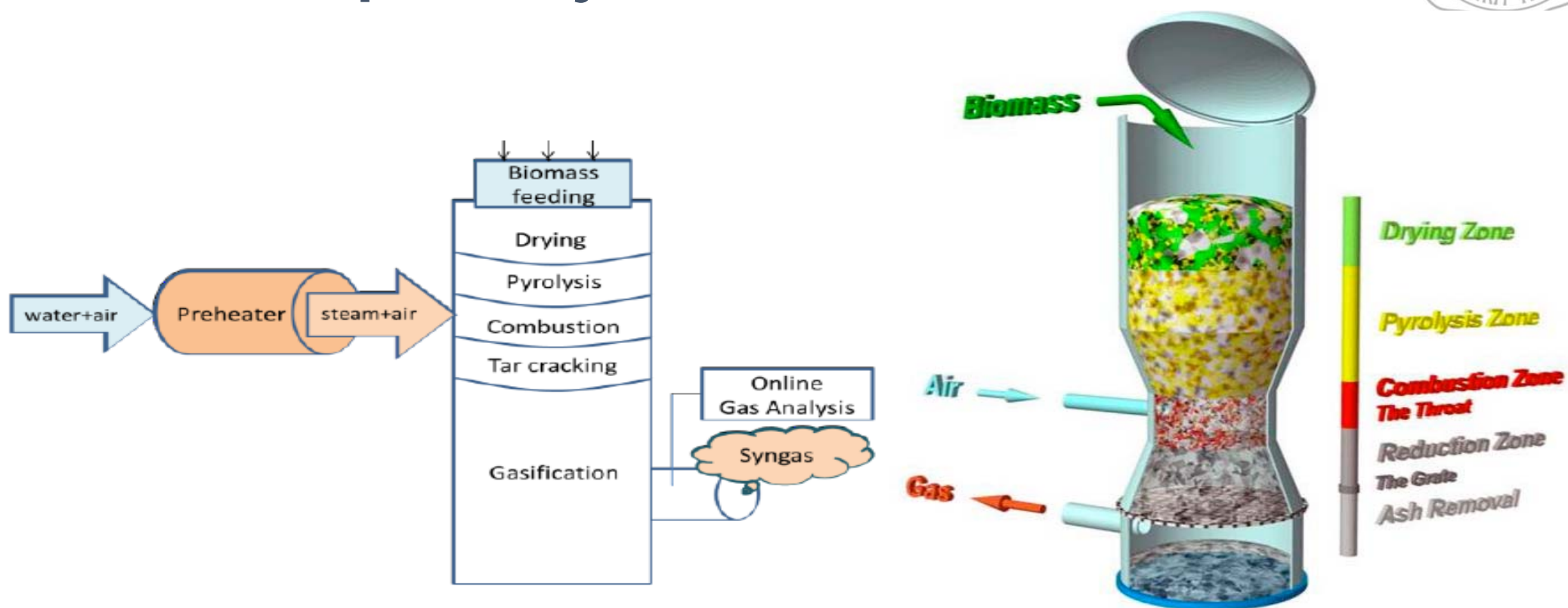


# Гасификација

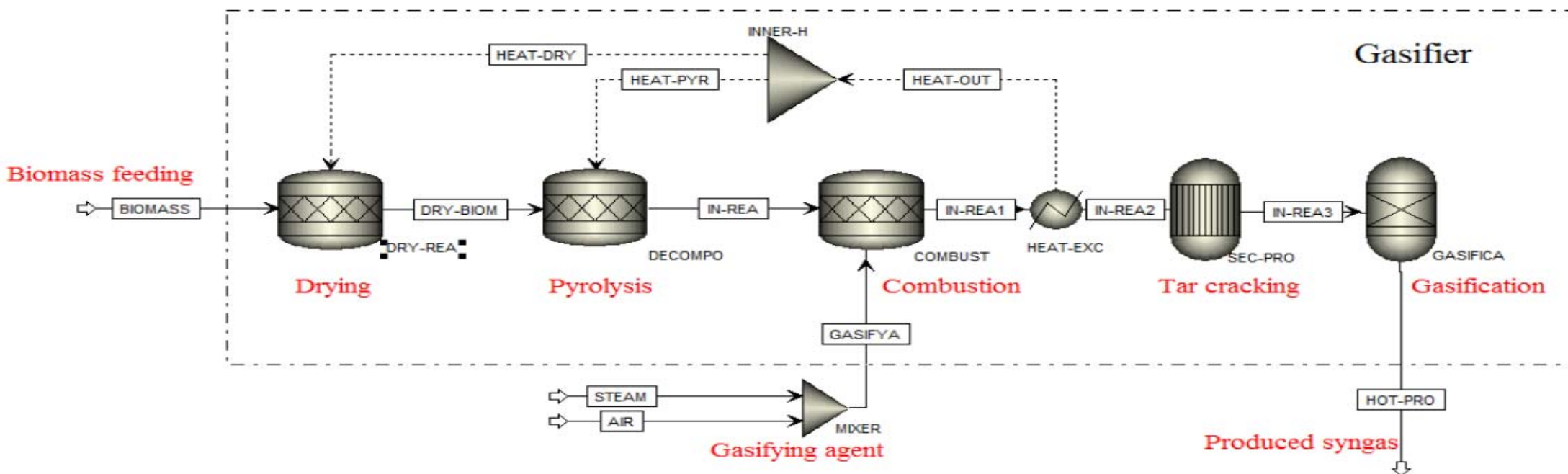
- Главни продукти гасификације
- $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$

Врста	Услови	Састав производа (% vol/vol)		
		Течност	Кокс	Гас
Гасификација	$\sim 800^\circ\text{C}$ , водена пара, дуго	5	10	85

# Гасификација



# Гасификација





# Гасификација

- Сушење

- Пиролиза  $\text{Biomass (wet)} \rightarrow \text{Biomass (dry)} + \text{H}_2\text{O (steam)}$

- Сагоревање



— гасирадња тора





# Гасификација

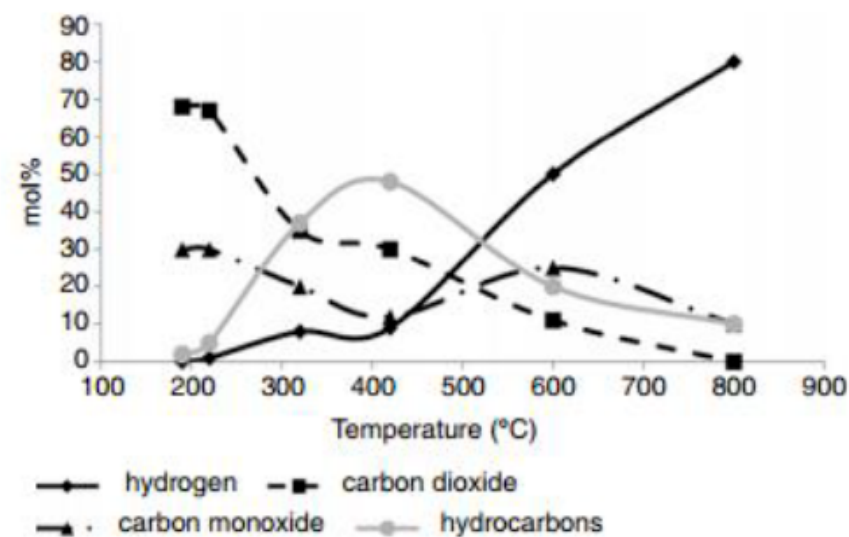


Parameters		Experiment
Gas composition (mol% dry, inert free basis)	H <sub>2</sub>	24.80
	CO	30.08
	CO <sub>2</sub>	38.26
	CH <sub>4</sub>	6.86
Tar content (g/Nm <sup>3</sup> )		1.85
Outlet temperature (°C)		880

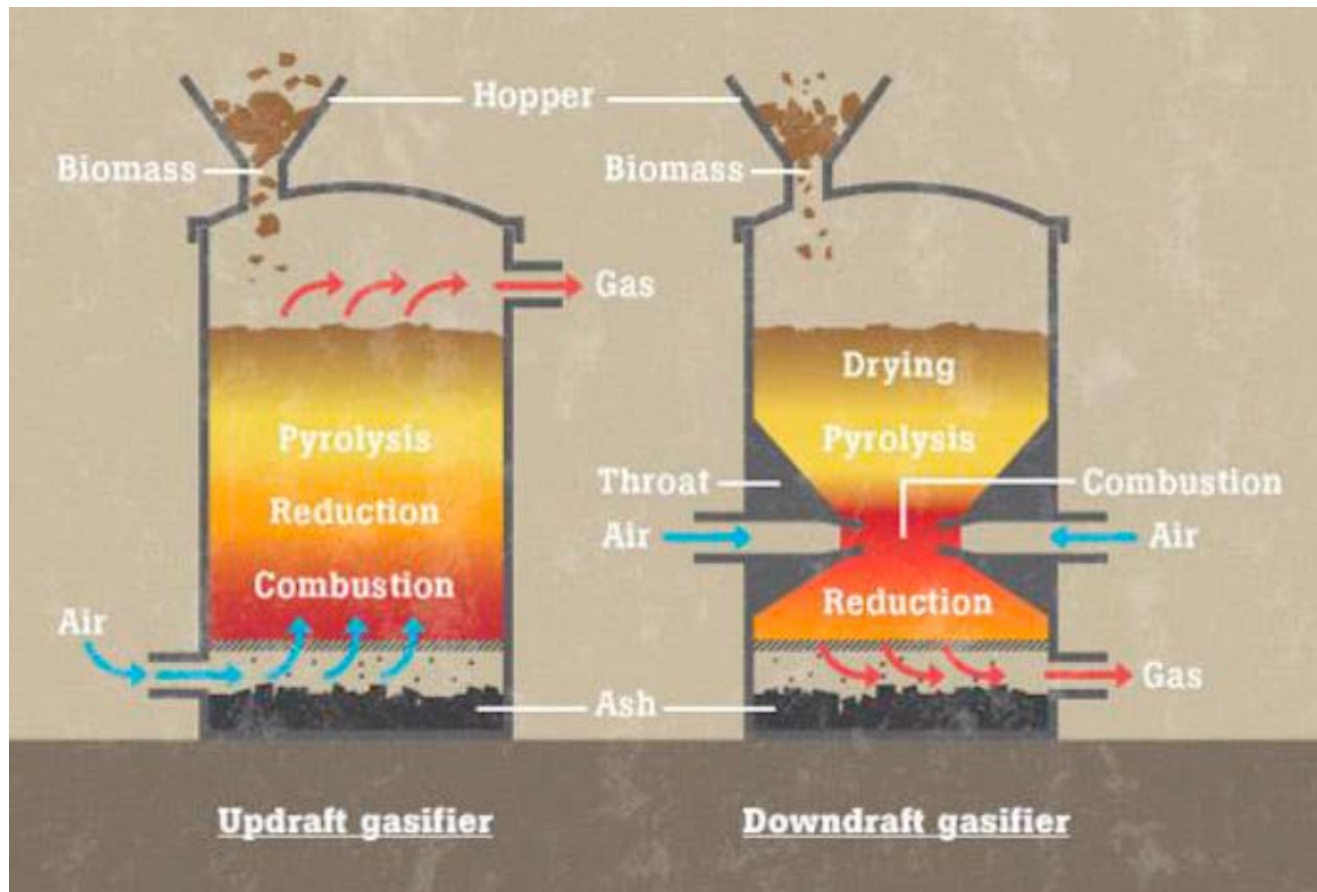


# Гасификација

Desired/ Undesired	Chemical State (25°C)	Chemical Species	Composition in Syngas (HMI International, n.d.)
Desired (syngas)	Gaseous	Carbon Monoxide (CO)	24.0%
		Hydrogen (H <sub>2</sub> )	18.0%
		Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	6.0%
		Methane (CH <sub>4</sub> )	3.0%
		Nitrogen (N <sub>2</sub> )	48.6%
		Oxygen (O <sub>2</sub> )	0.4%
Undesired (byproducts)	Liquid	Tars (Large Aromatic Hydrocarbons)	>50ppm
		Water (H <sub>2</sub> O)	0
	Solid	Ash	0
		Charcoal	0



# Гасификација





## Гасификација – 1. генерација

*energy production:*

fuel + air ( $\lambda > 1$ )  $\rightarrow$  flue gas + heat

25%

*energy consumption:*

fuel + heat  $\rightarrow$  gas + char/coke

75%

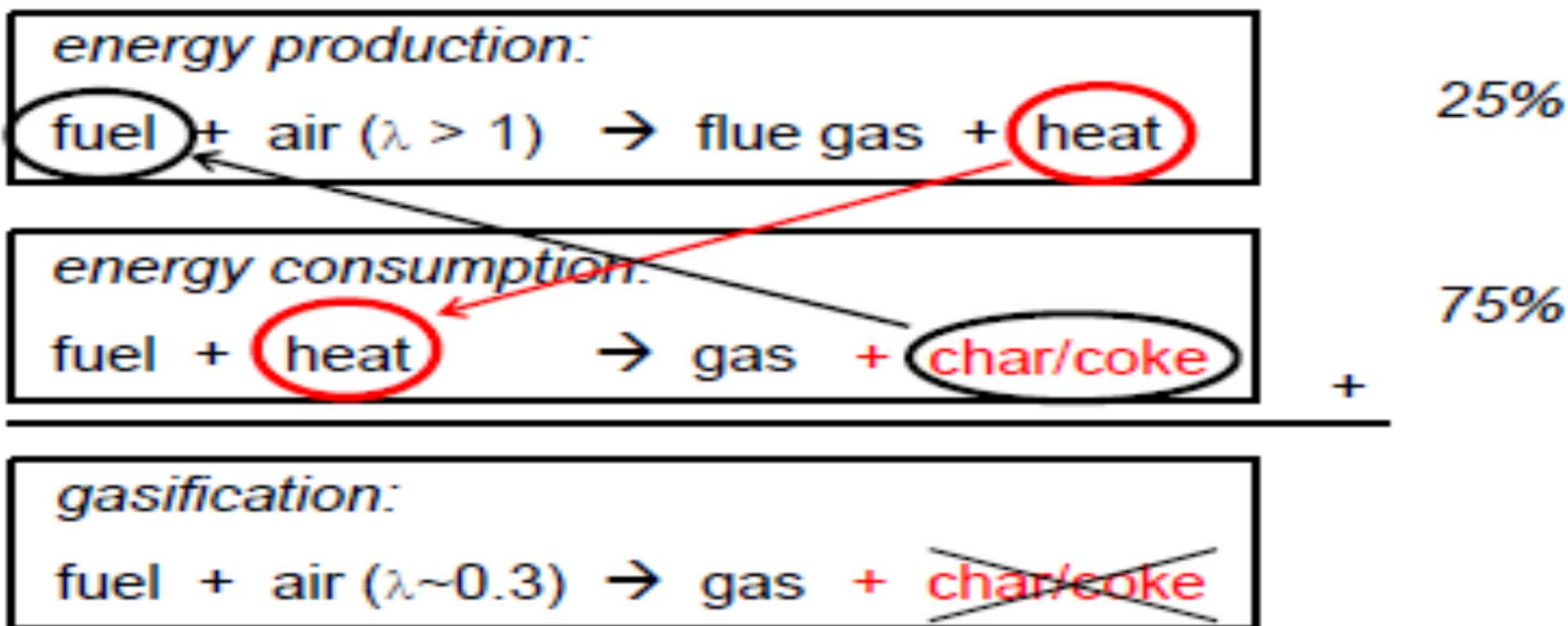
+

*gasification:*

fuel + air ( $\lambda \sim 0.3$ )  $\rightarrow$  gas + char/coke



## Гасификација – 2. генерација





# Гасификација - генерације

## • 1. генерација

- 1 реактор - 1 гас
- непотпуна трансформација угљеника
- високе температуре, велика количина паре, дугачко време боравка – неопходно за што већи степен конверзије

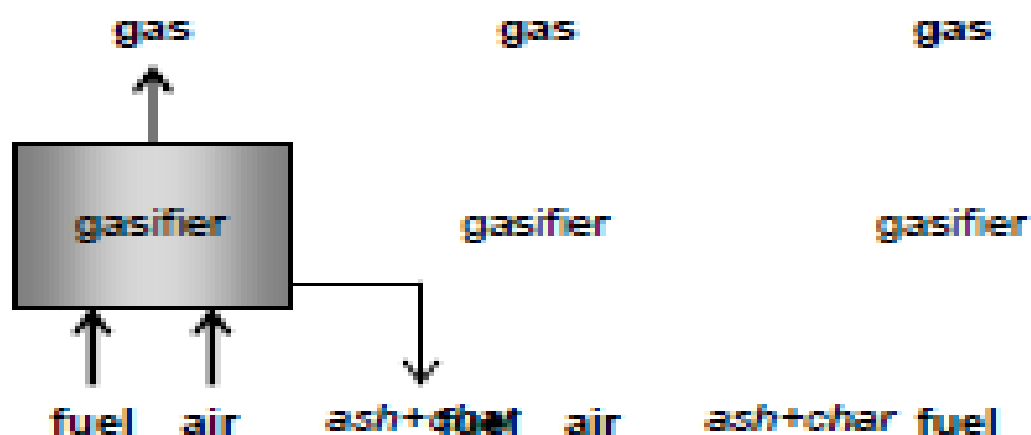
## ■ 2. генерација

- 2 повезана реактора - 2 гаса
  - Гас без  $N_2$
  - потпуна трансформација угљеника
  - могућност варирања температуре, паре, величине горива, времена боравка
-

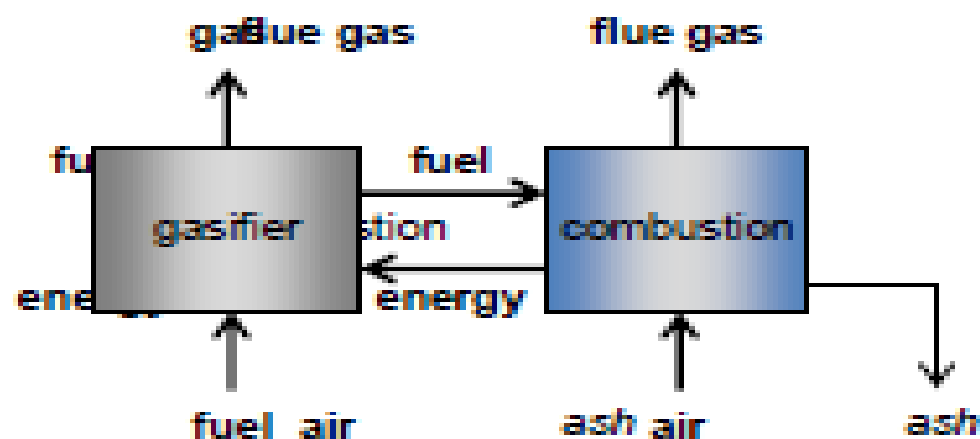


# Гасификација - генерације

## • 1. генерација

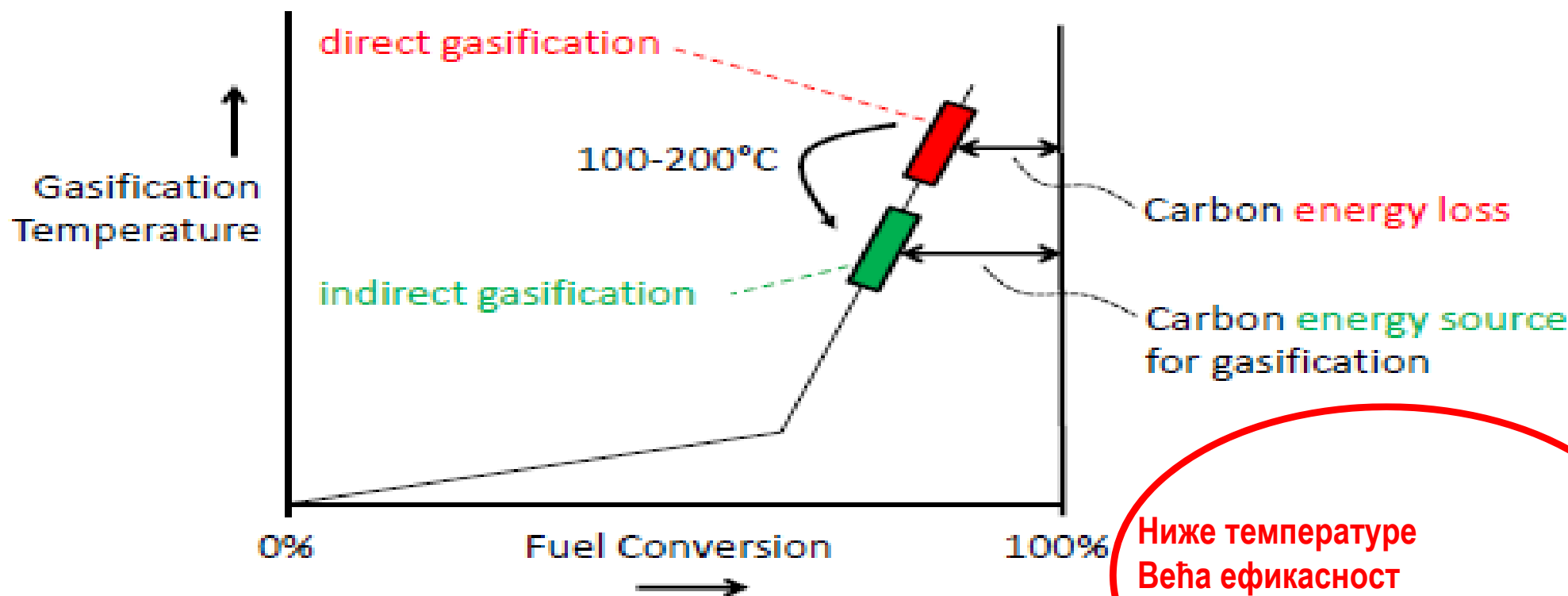


## ■ 2. генерација





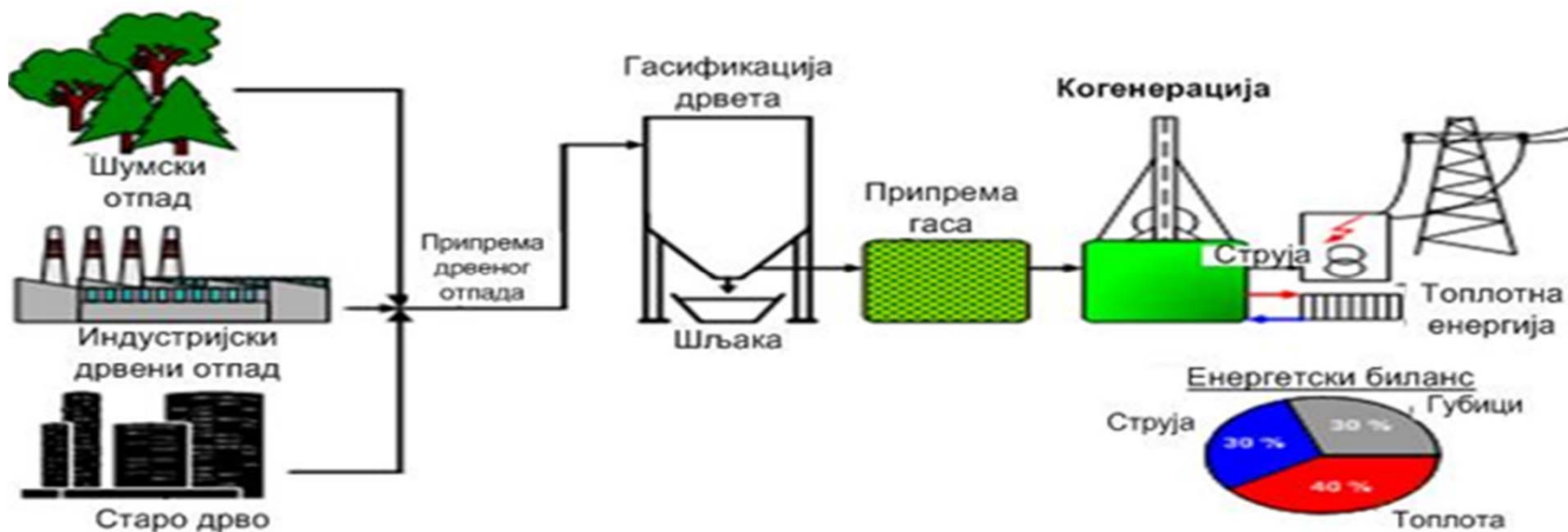
# Гасификација - генерације



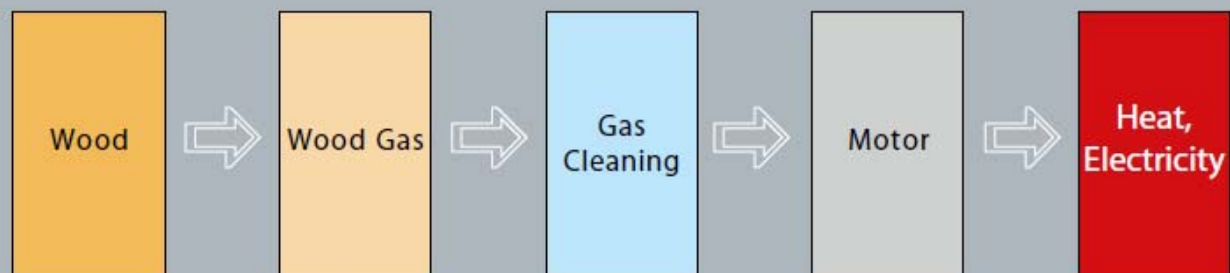
Ниже температуре  
Већа ефикасност  
Већи степен конверзије



# Технолошки процес производње гаса из биомасе процесом гасификације



## PROCESS CHAIN



**0.9 kg WOOD = 1 kWh<sub>electric</sub> + 2 kWh<sub>thermal</sub>**  
(w = 15 %)



1 Wood intake 2 Reactor 3 Hot gas filter 4 Blowers 5 Heat exchanger

6 Control room 7 CHP Unit with noise protection cover 8 Ash Extraction



## Биогас

- Добија се трансформацијом органске материје (органских отпадака - стајњак, муљ из отпадних вода, градски чврсти отпад или било која друга биоразградљива материја) у процесу који се одвија без присуства ваздуха, деловањем анаеобних материја, у вишестепеном биохемијском и биолошком процесу
  - Добија се гас богат метаном
-

# Биогас



- Сличан природном гасу
- Састав зависи од порекла (сировине за производњу)
- Садржај метана је у опсегу од 50-70 %, у зависности од полазне сировине

# Биогас



Састав	(%)
$\text{CH}_4$	50-70
$\text{CO}_2$	30-40
H	5-10
N	1-2
$\text{H}_2\text{O}$	0,3
$\text{H}_2\text{S}$	0-0,5

- Топлотна моћ: 20 – 26 MJ/m<sup>3</sup> Енергетски 1 m<sup>3</sup> биогаса еквивалентан је са:
  - 0,6 m<sup>3</sup> природног гаса,
  - 0,9 l бутана,
  - 0,8 l бензина,
  - 0,7 l дизел уља,
  - 0,7 kg кокса



# Технолошке фазе одвијања анаеробне дигестије

- хидролиза – због довољне количине воде и под дејством ензима, долази до разградње великих молекула на молекуле величине које су довољне да их бактерије могу разградити. Чврсти органски комплекси, протеини, масти, целулоза, разлажу се на испарљиве органске киселине, алкоhole, угљен-диоксид и амонијак



- формирање киселина - продукти добијени у фази хидролизе преводе се у ацетатске киселине, протеинске киселине, водоник, угљен-диоксид и остале ниско молекулске органске киселине



- метаногенеза – у којој делују две групе бактерија од којих једна претвара водоник и угљен-диоксид у метан, а друга група претвара ацетате у метан и бикарбонате

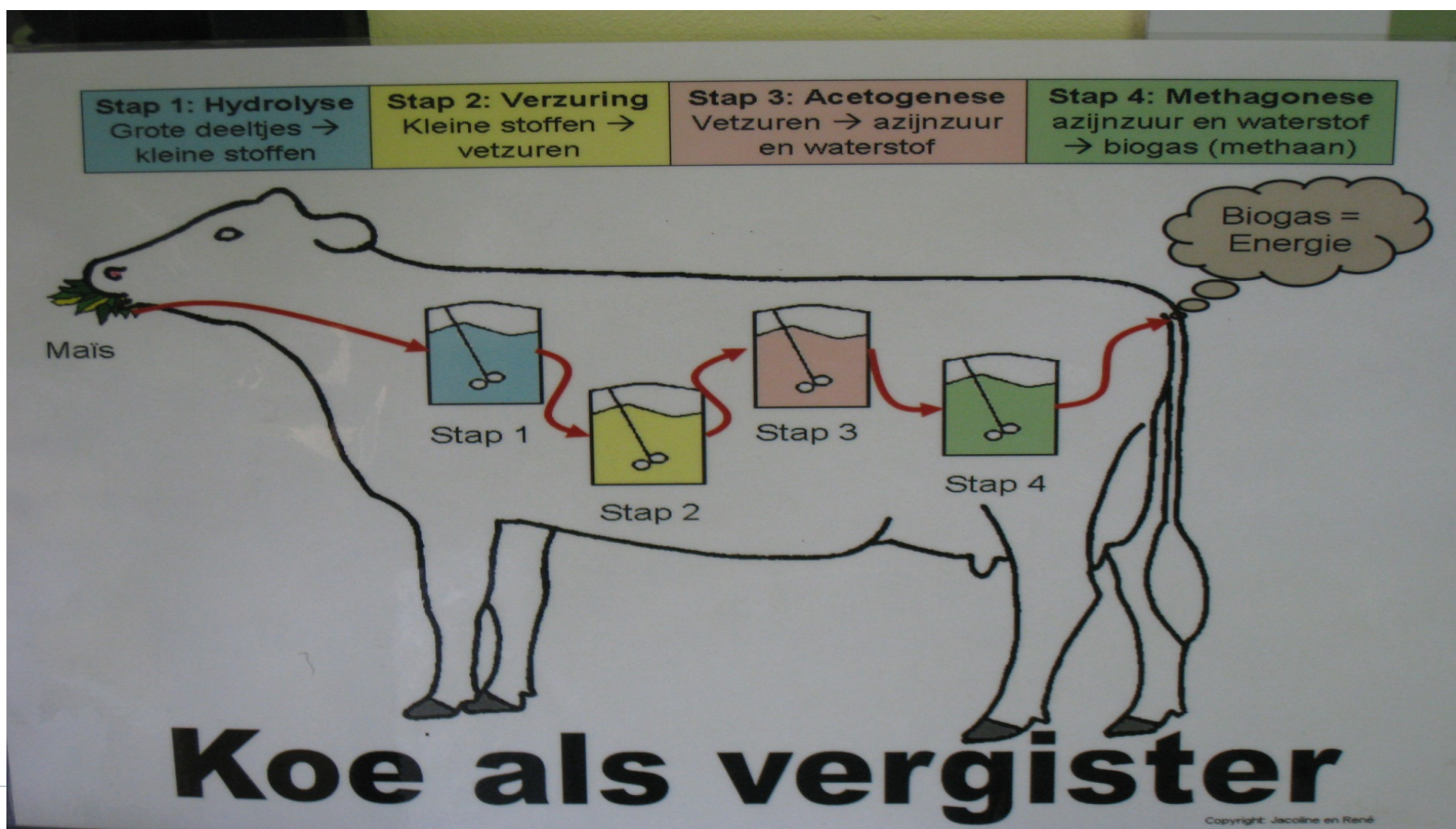


## Реакције настанка биогаса

Фазе анаеробне дигестије	Хемијска реакција
Хидролиза	$\text{CH}_3\text{COOH}$ (Ацетанске киселине) $\rightarrow$ $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$
Формирање киселина	$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{CH}_3\text{COOH}$
Метаногенеза	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



# Биогас





# Биогас



- Количина и квалитет биогаса зависе од:
    - Врсте органске масе
    - Уситњености органске масе
    - рН вредности средине
    - Температуре процеса
    - Времена одвијања процеса
    - Начина одвијања процеса
-



# Биогас

- рН вредност
    - за бактерије потребна рН неутрална или благо алкална срединама. Када се устали процес ферментације рН вредност је између 7 и 8.
  - Температура
    - Анаеробна дигестија се дешава на температурама од 3°C - 70°C и то :
      - Психрофилна (у температурном подручју испод 20°C),
      - Мезофилна (у температурном подручју између 20 и 40°C),
      - Термофилна (у температурном подручју преко 40°C).
    - Оптимална температура анаеробне дигестије је 35°C, и налази се у мезофилном опсегу. У реализацији процеса анаеробне дигестије треба избегавати нагле промене температуре, где су дозвољене промене које не смеју бити веће од 1°C/h .
-



# Биогас

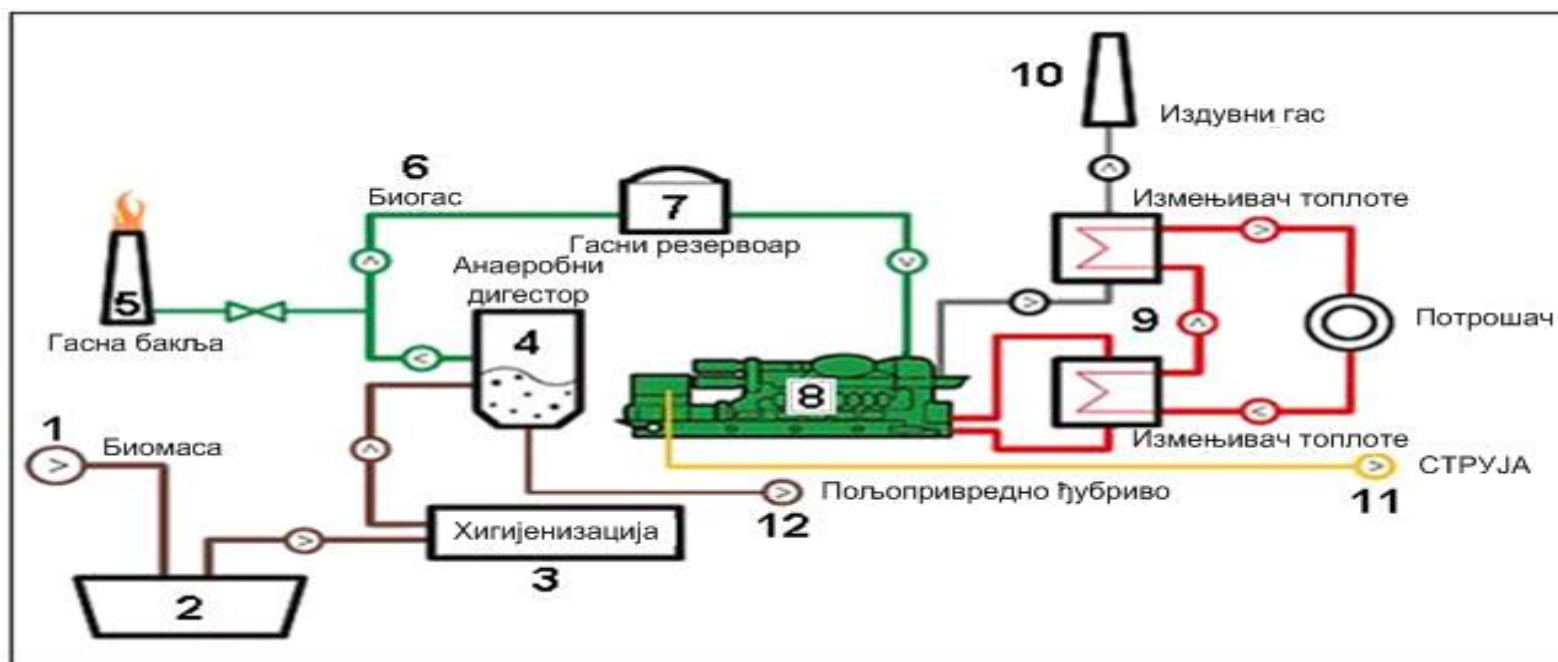
- Времена одвијања процеса
    - време задржавања чврсте супстанце у дигестору. Ово време зависи од састава органске масе и од радне температуре.
  - Начина одвијања процеса
    - ниво пуњења - количина сирове супстанце по јединици запремине дигестора која се додаје у току дана. Уколико се дигестор препуни, доћи ће до акумулирања ацетата који ће зауставити стварање биогаса.
-

# Биогас



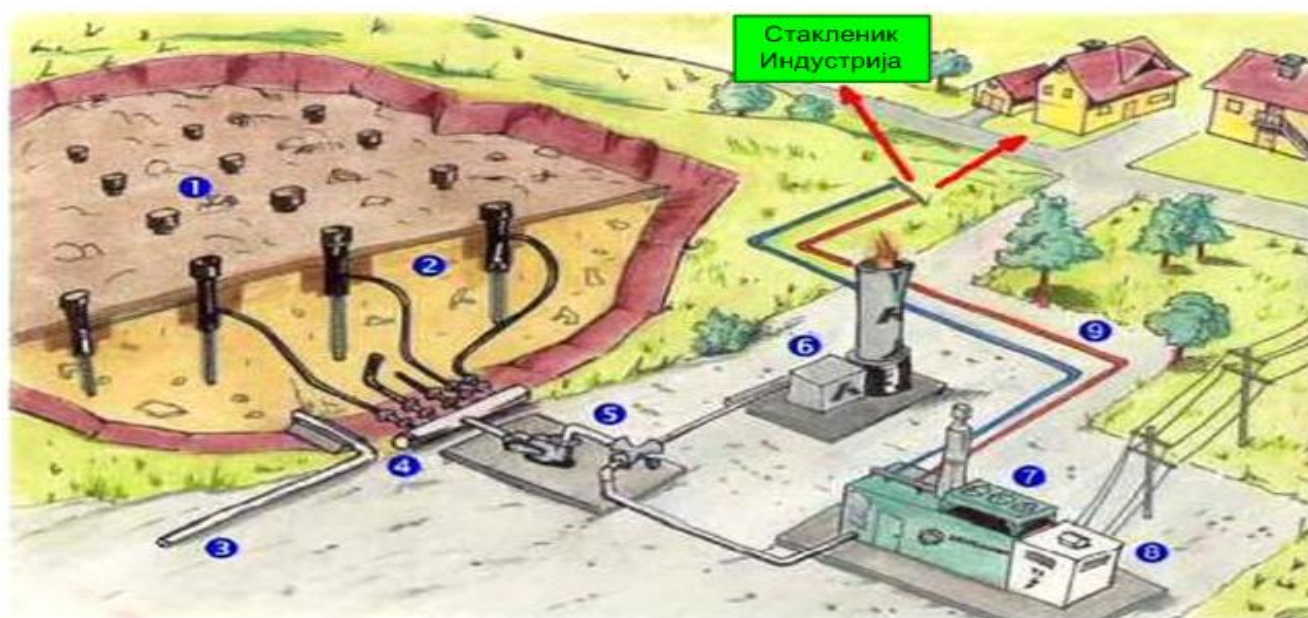
- Биогас је за око 20% лакши од ваздуха
  - Гас без јаког мириса и без боје
  - При сагоревању гори слично као природни гас
  - Топлотна моћ -  $20\text{-}30 \text{ MJ/m}^3$
-

# Технолошки процес производње биогаза



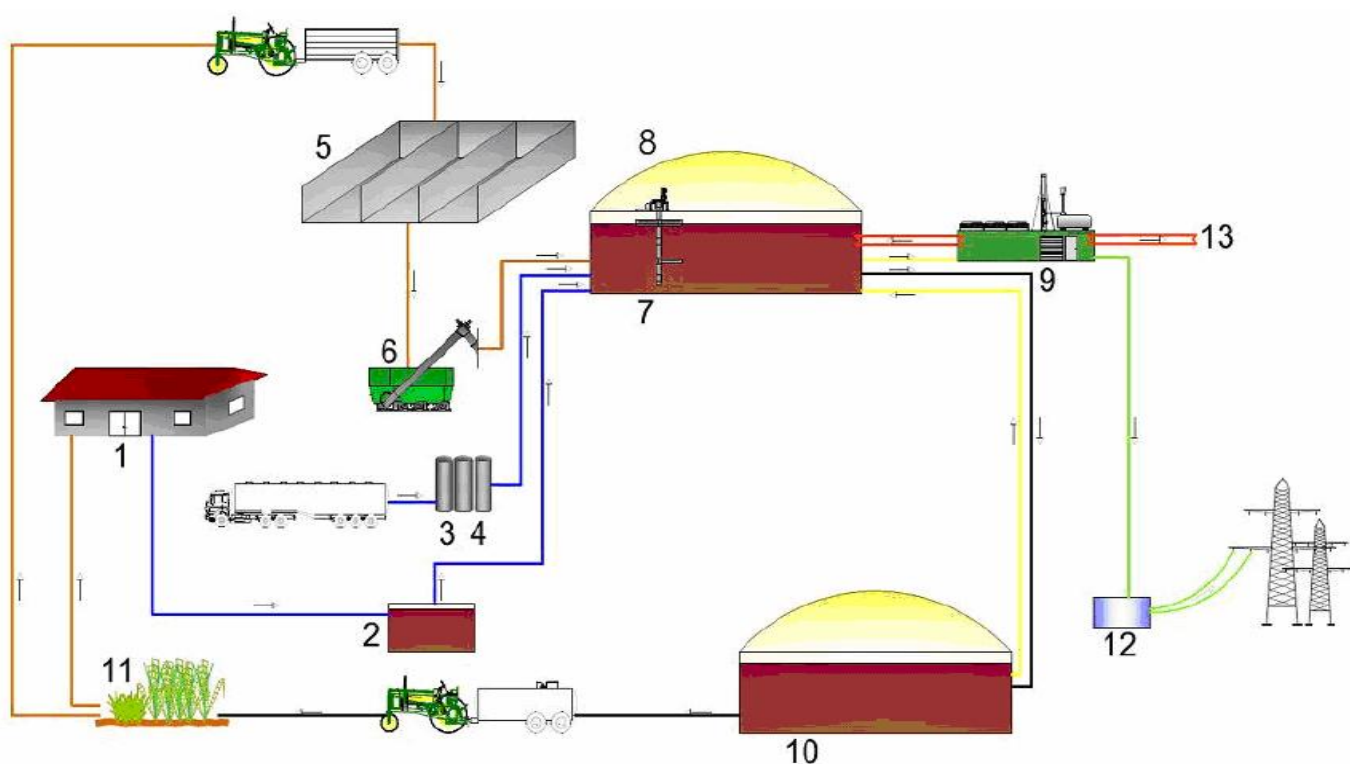
2-органски материјал се прво скупља у резервоару за пред-скупљање и мешање, 3-хигијенизација на 70°C (уништавање свих бактерија које су негативне за процес ферментације, 4-материјал се пребацује у анаеробни дигестор, 5-у случају заустављања рада постројења ради планираног одржавања, као и у случају веће производње гаса, неопходна је гасна бакља

# Технолошки процес производње биогаса са депонија



1. Депонија, 2. Гасне сонде, 3. Цев за скупљање оцедне воде, 4. Гасни колектор,  
5. Компресор за исисавање гаса, 6. Бакља, 7. Когенерациони мотор, 8. Трафо станица, 9. Топловод.

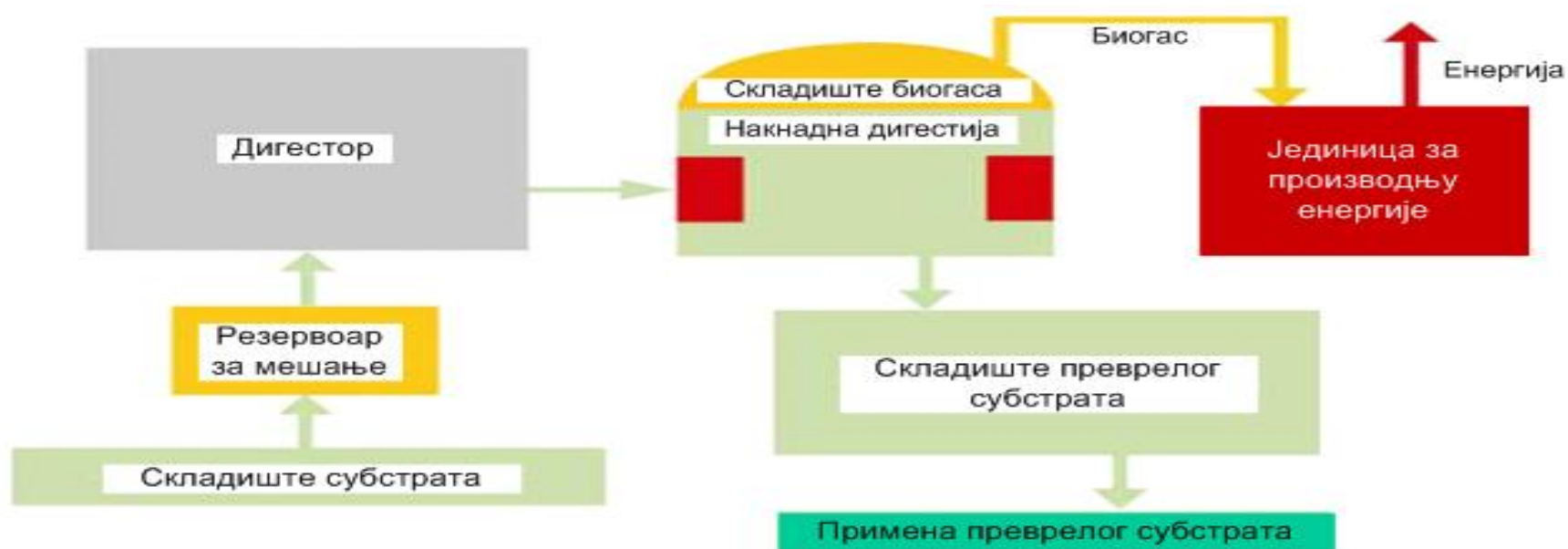
# Технолошки процес производње биогаса из пољ. остатака



1. објекти за тов животиња,
2. резервоар за течно ђубриво,
3. контејнери за сакупљање пољ. остатака,
4. резервоар за хигијенизацију,
5. резервоари за силажу на отвореном,
6. систем за уношење чврсте сировине,
7. дигестор (биогасни реактор),
8. резервоар за биогас,
9. когенерацијска јединица,
10. складиште за дигестат,
11. пољопривредне површине,
12. трансформаторска станица електричне енергије у мрежу,
13. коришћење топлотне енергије.



# Технолошки процес производње биогаза





# Биогас – основне карактеристике постројења



- Систем за прихват и припрему сировине,
  - Дигестор (ферментатор) - реактор за анаеробну дигестију,
  - Систем за одлагање преврелог субстрата,
  - Систем за складиштење биогаса
-

## Вертикални дигестор покривен мембански



## Вертикални дигестор изграђен од бетона



# Хоризонтални дигестор



## Подземни тип дигестора

