



ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ (ОИЕ)

БИОМАСА

www.mas.bg.ac.rs

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

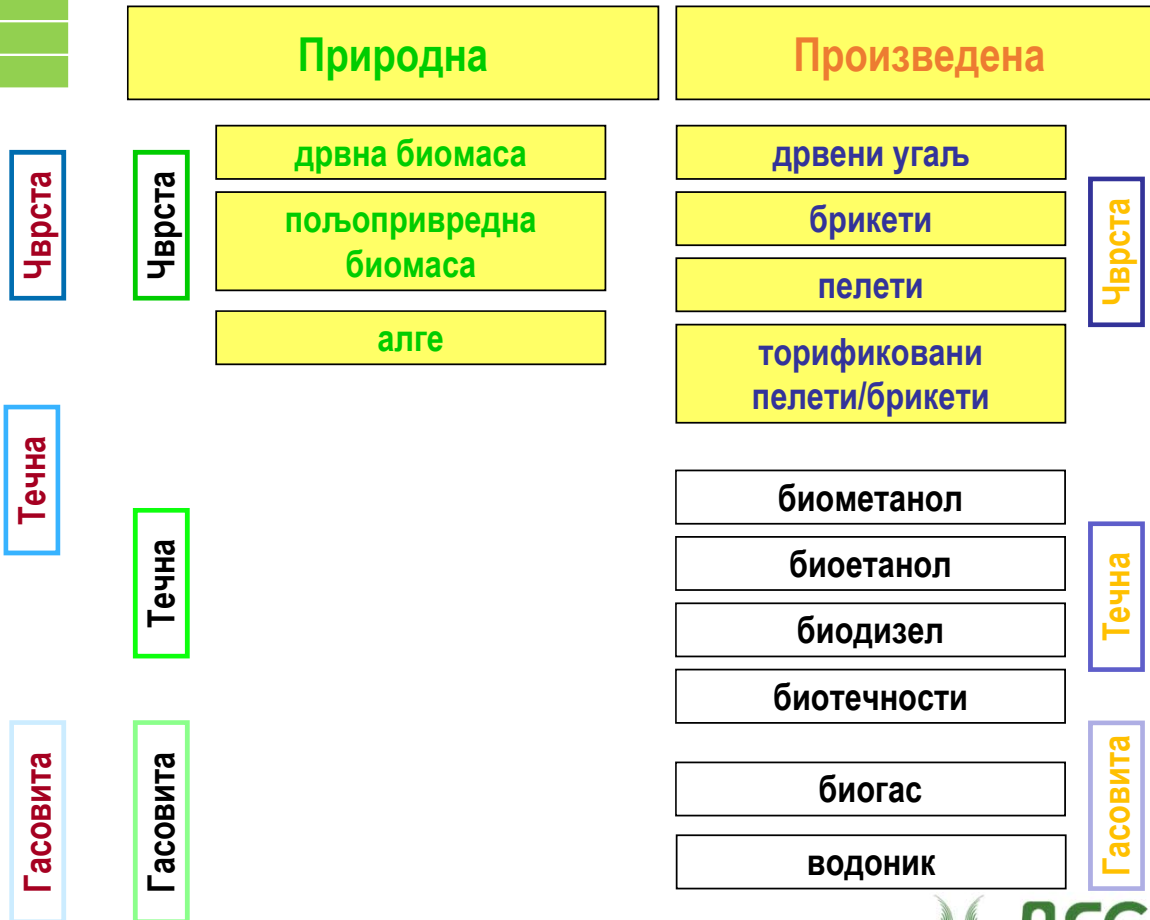


Горива

Обновљива горива

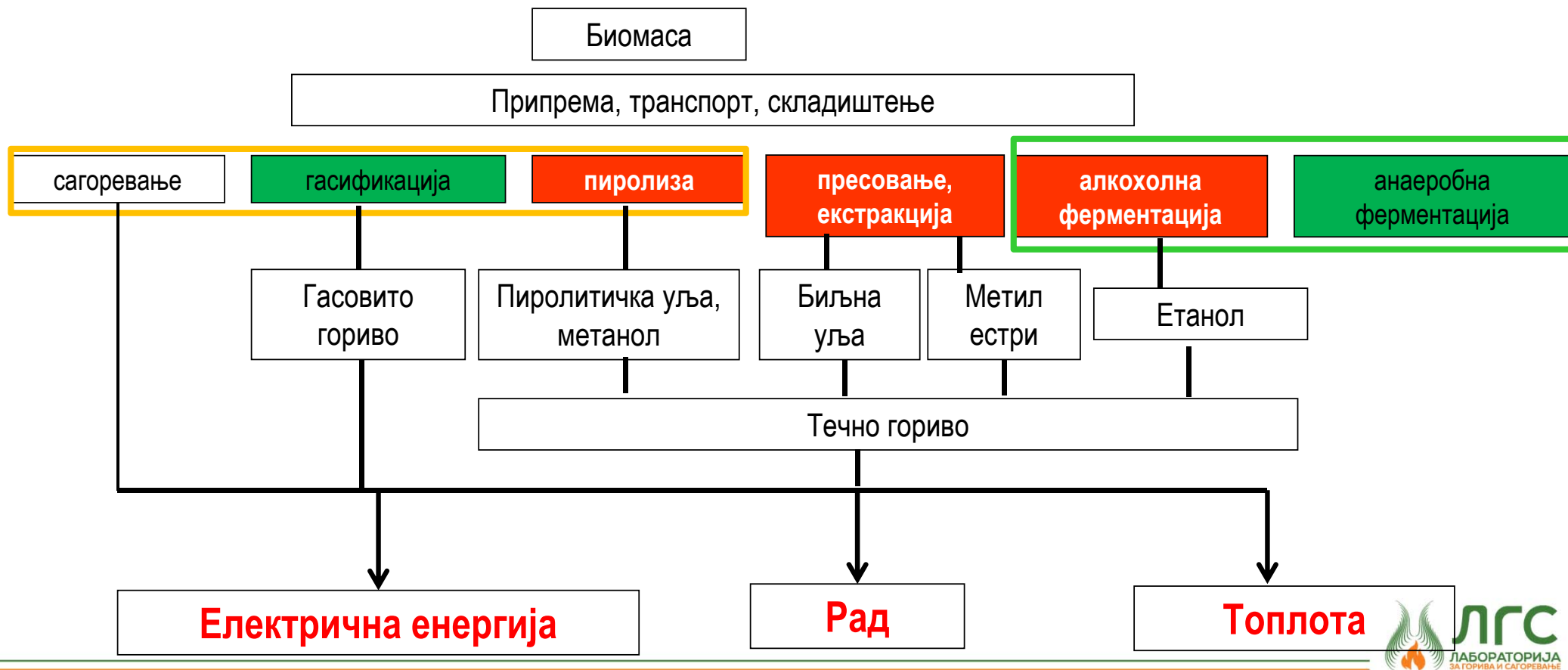


1 toe	41,87 GJ
1 toe	11.630 kWh
1 toe	11,63 MWh
1 toe	39.683.205,411 BTU
1 TPE (tonne petroluem equivalent)	45,217 GJ



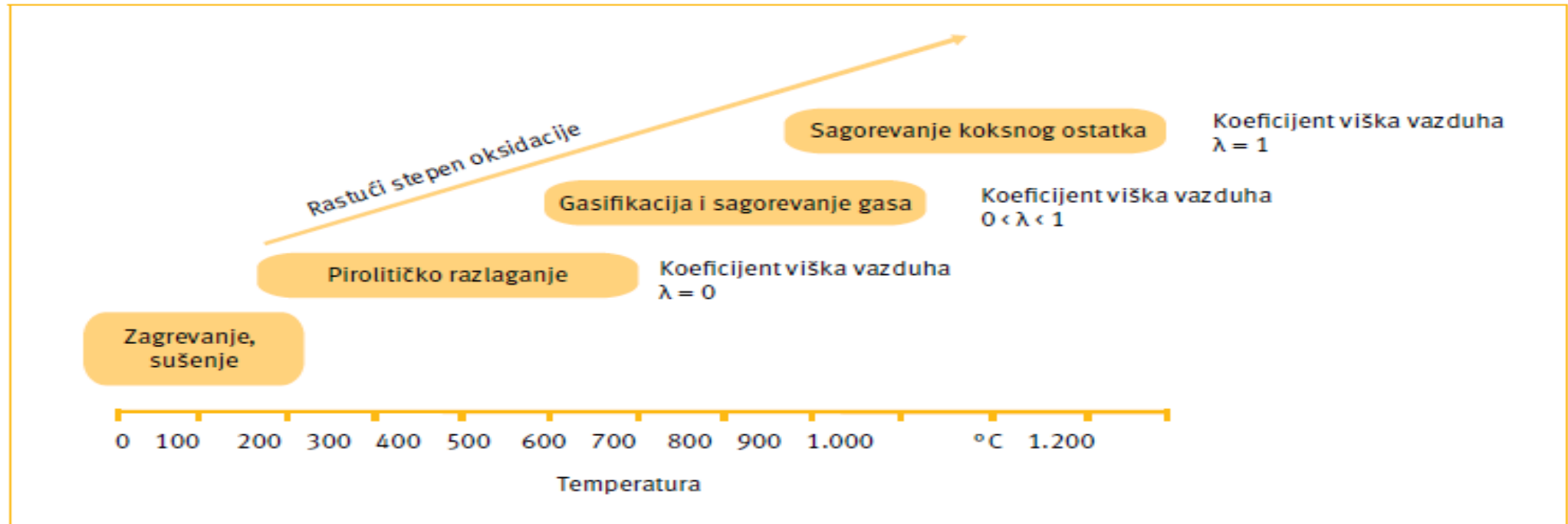


Конверзија биомасе



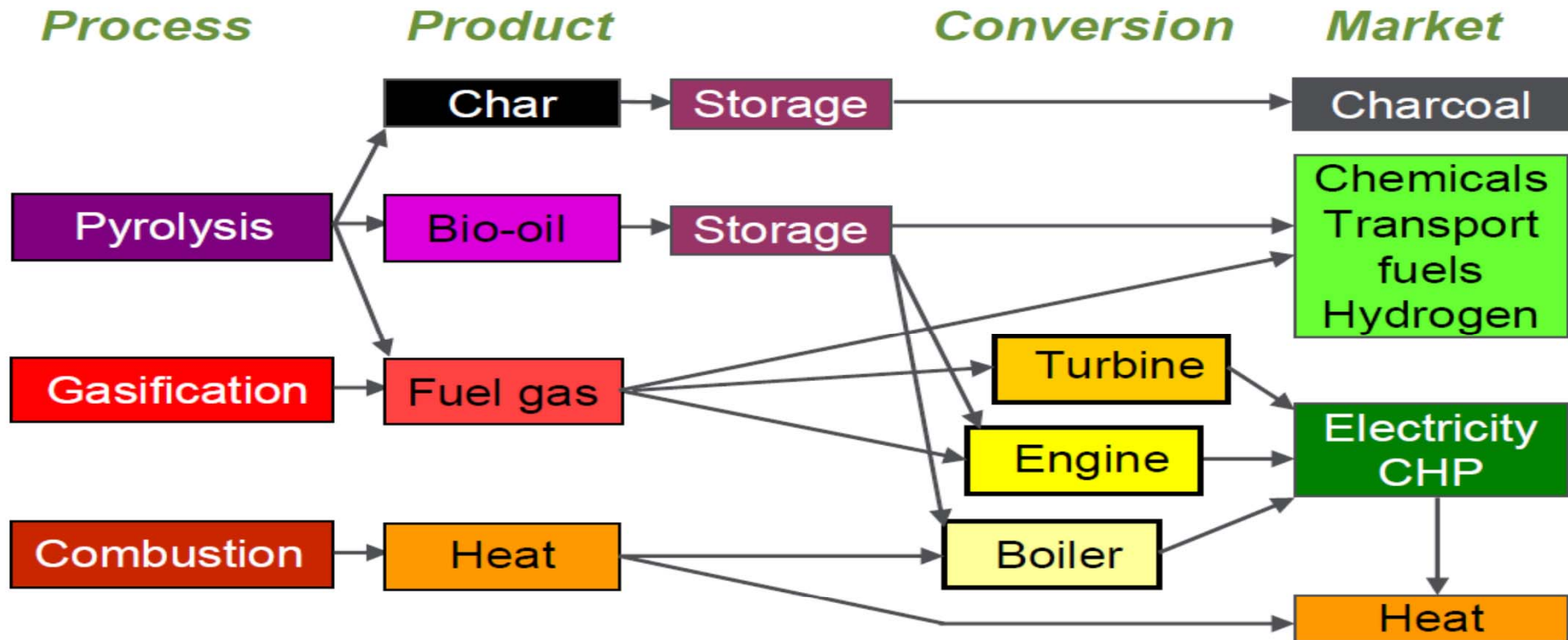


Конверзија биомасе





Thermal processes and products



What is pyrolysis?

- ▶ Heating in the complete absence of air or oxygen resulting in depolymerisation and decomposition of the constituents of biomass

Mode	Conditions	Wt %	Liquid	Char	Gas
Fast	~ 500°C, short hot vapour residence ~ 1 s		75%	12%	13%
Intermediate	~ 500°C, short hot vapour residence ~ 10-30 s		50%	20%	30%
Slow	~ 400°C, long vapour residence hrs → days		30%	35%	35%
Gasification	~ 800°C, long vapour residence times		5%	10%	85%





Дефиниције

- Биогорива
 - течна или гасовита горива за саобраћај, произведена из биомасе.
- Биогаз
 - гасовито гориво, произведено из биомасе и/или биоразградиве фракције отпада, које се може пречистити до квалитета природног гаса, за употребу као биогориво или дрвни гас.





Биогас

- трансформација органске материје у процесу који се одвија без присуства ваздуха деловањем анаеоробних материја, у вишестепеном биохемијском и биолошком процесу
- сировине
 - органски отпад - стајњак, муљ из отпадних вода, градски чврсти отпад или било која друга биоразградива материја



Биогас

Састав	(% V/V)
CH ₄	50-70
CO ₂	30-40
H	5-10
N	1-2
H ₂ O	0,3
H ₂ S	0-0,5

Топлотна моћ	20 – 26 MJ/m ³
	0,6 m ³ природног гаса
	0,9 l бутана
	0,8 l бензина
	0,7 l дизел горива
	0,7 kg кокса

- Добија се гас богат метаном



Биогас

- састав зависи од сировине за производњу
- за око 20% лакши од ваздуха
- гас без јаког мириса и без боје
- при сагоревању сагорева слично као природни гас

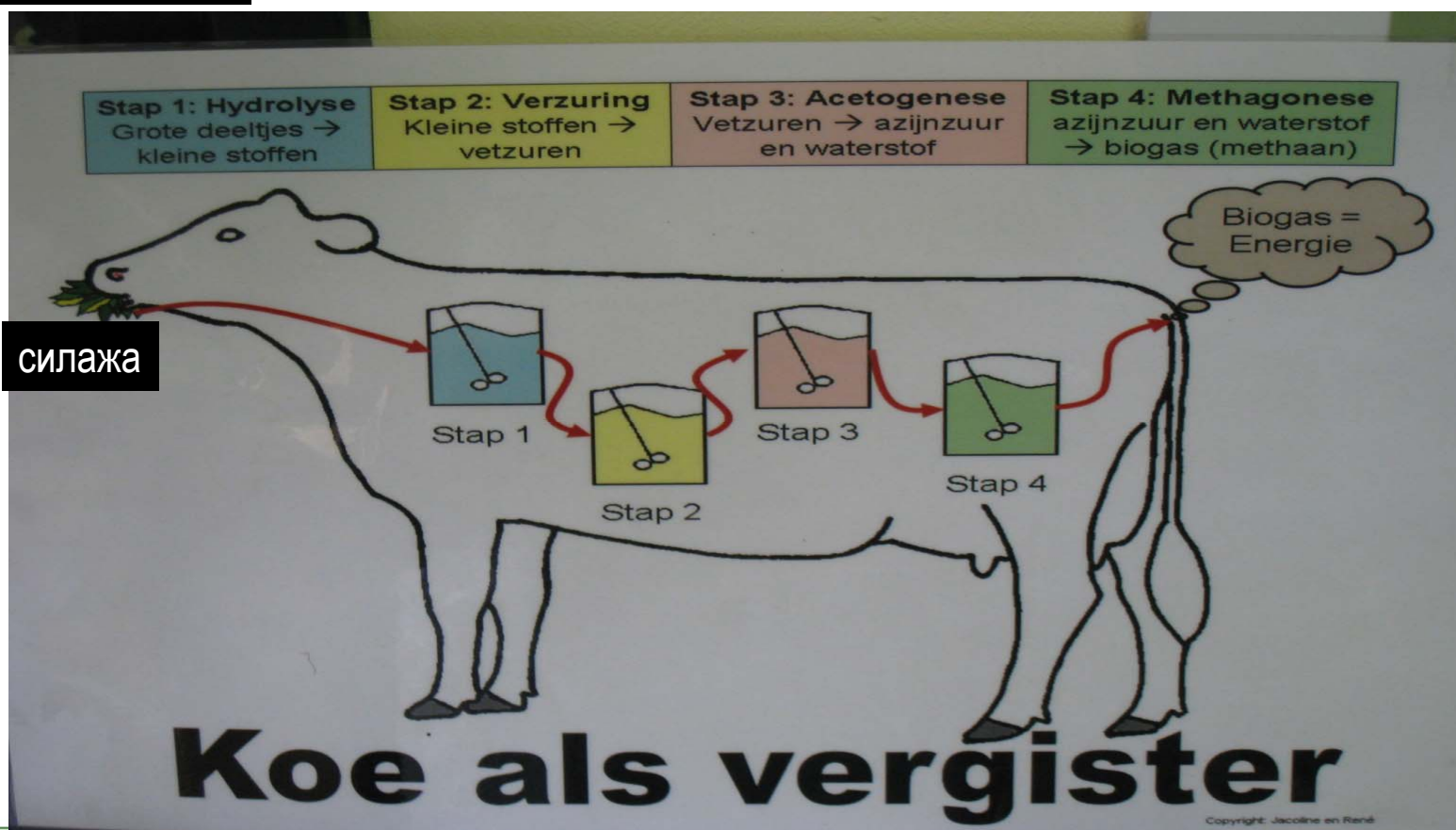
Биогас

Корак бр. 1: хидролиза
сложена једињења - разградња
на мања једињења (молекуле)

Корак бр. 2: стварање
киселина (ацидификација)
производи разградње -
масне киселине

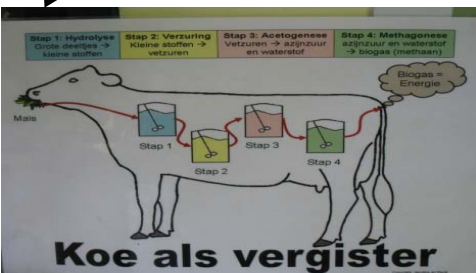
Корак бр. 3: ацетогенеза
масне киселине - сирћетна
киселина и водоник

Корак бр. 4: метаногенеза
сирћетна киселина и водоник
- биогас (метан)



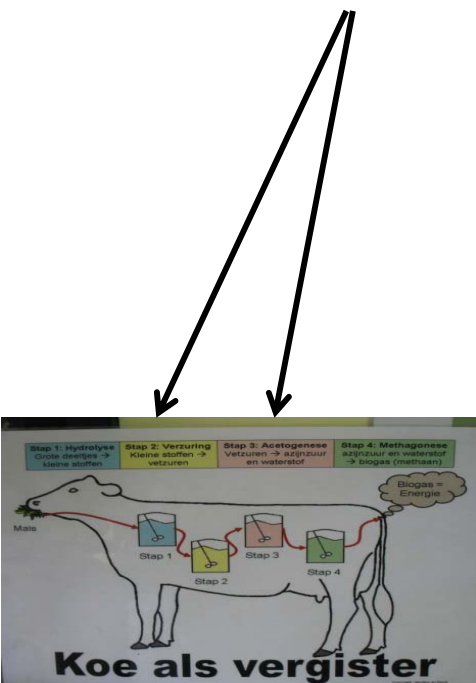
Технолошке фазе одвијања анаеробне дигестије

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



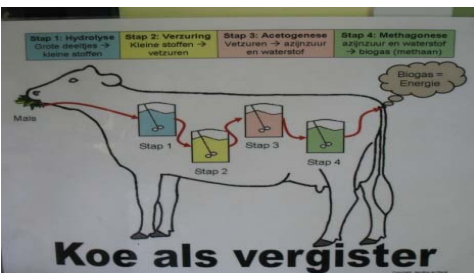
Технолошке фазе одвијања анаеробне дигестије

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

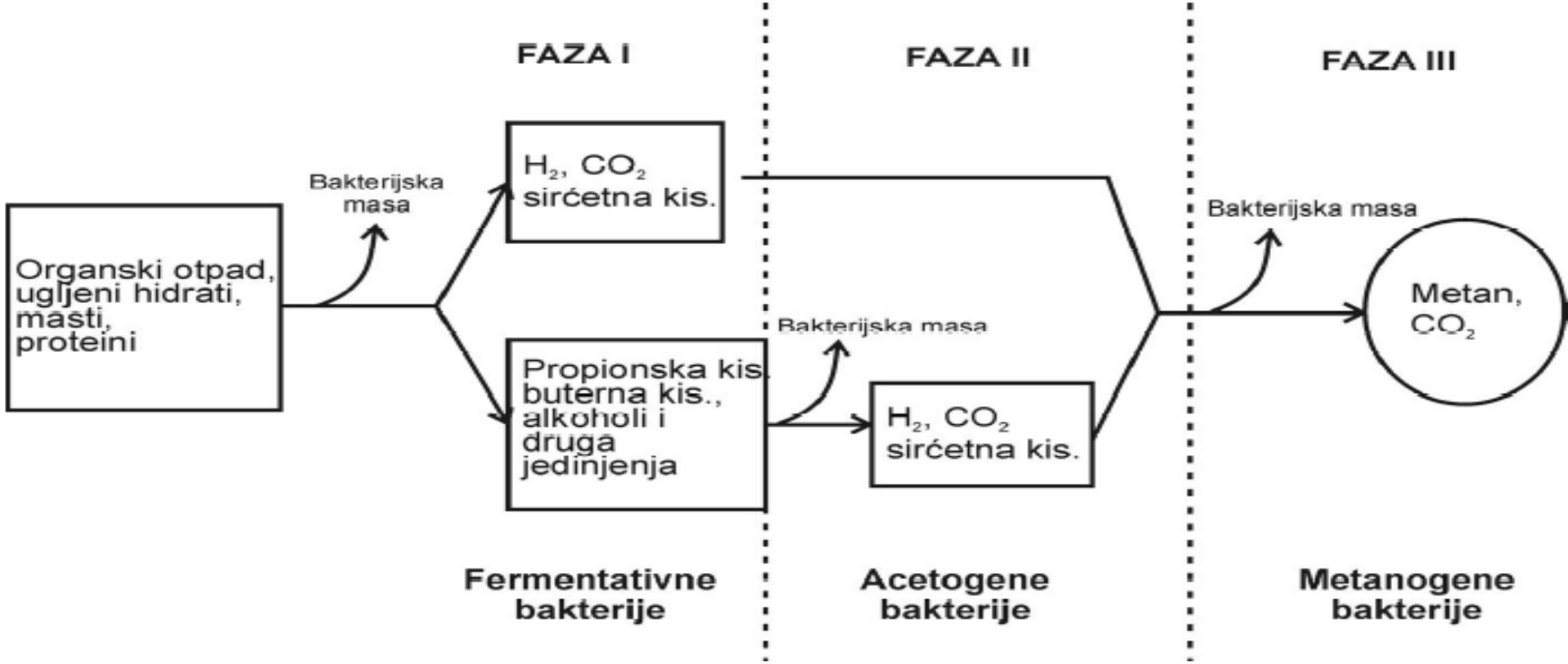


Технолошке фазе одвијања анаеробне дигестије

- 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.



Биогас



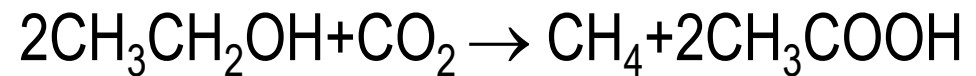
Фазе анаеробне дигестије

Хемијска реакција

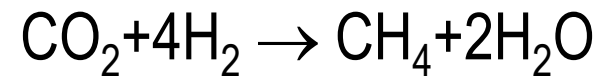
Хидролиза



Формирање киселина



Метаногенеза



Технолошки процес производње биогаза





Биогас

- Количина и квалитет зависе од:
 - Врсте органске масе
 - Уситњености органске масе
 - рН вредност
 - Температуре процеса
 - Времена трајања процеса
 - Начина одвијања процеса



Биогас

Sirovina	Udeo metana (%)	Prinos biogasa (m ³ /t sveže mase)
Tečni stočni stajnjak	60	25
Tečni svinjski stajnjak	65	28
Ostatak nakon destilacije alkohola	61	40
Stočni stajnjak	60	45
Svinjski stajnjak	60	60
Kokošije đubrivo	60	80
Repa	53	88
Organski otpad	61	100
Kineska šećerna trska	54	108
Stočna repa	51	111
Senaža	54	172
Silaža kukuruza	52	202



Биогас

- рН вредност
 - бактерије које стварају метан најбоље се одржавају у рН неутралним, или благо алкалним срединама
 - за устањени процес ферментације рН вредност је између 7 и 8.



Биогас

- Температура
 - Анаеробна дигестија се одвија на температурама од 3°C - 70°C .
 - Постоје три температурна подручја у којима се одвија дигестија, 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).



Биогас

- Температура
 - Оптимална температура анаеробне дигестије је 35°C , и налази се у мезофилном опсегу.
 - у одвијању процеса анаеробне дигестије треба избегавати нагле промене температуре, где су дозвољене промене које не смеју бити веће од 1°C/h .

Биогас



- Време задржавања
 - време задржавања - време задржавања чврсте супстанце у дигестору
 - зависи од састава муља и од радне температуре
 - кратко време задржавања - долази до “испирања” бактерија из дигестора, јер оне не стижу да се размножавају потребном брзином
 - време задржавања дугачко - систем због тога може постати неисплатив, јер је количина метана која исцрпи из муља веома мала.

Биогас



- Ниво пуњења
 - количина сирове супстанце по јединици запремине дигестора која се додаје у току дана
 - препуњен дигестор - долази до акумулирања ацетата који ће стопирати продукцију биогаса
 - препоручени дневни унос износи 6 kg/m^3 дигестора, за постројења која раде са стајњаком добијеним приликом узгајања говеда.



Биогас

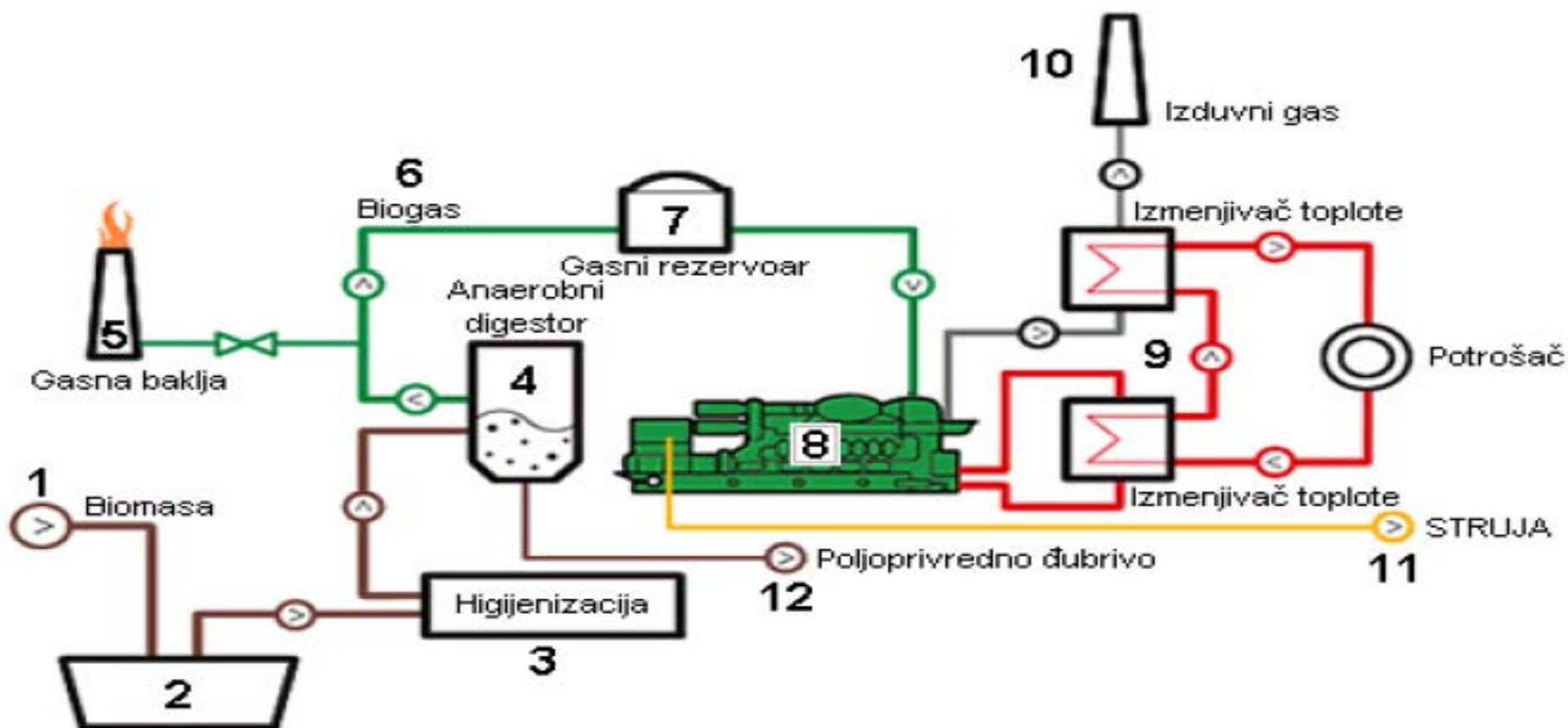
- Храњиве супстанце
 - муљ треба да садржи оговарајући ниво С, O_2 , H_2 , Р, К, Са, Мг
- Инхибитор
 - мале количине минералних јона поспешују развој бактерија, док висока концентрација јона изазива токсични ефекат

Биогас



- Однос угљеника и азота C/N
 - за нормално одвијање анаеробног процеса - услов да однос C/N буде од 1/20 до 1/30
 - већи однос - долази до смањења продукције биогаса
 - мањи однос - долази до пораста амонијака у дигестору што има токсичан ефекат на бактерије које стварају метан.

Биогас



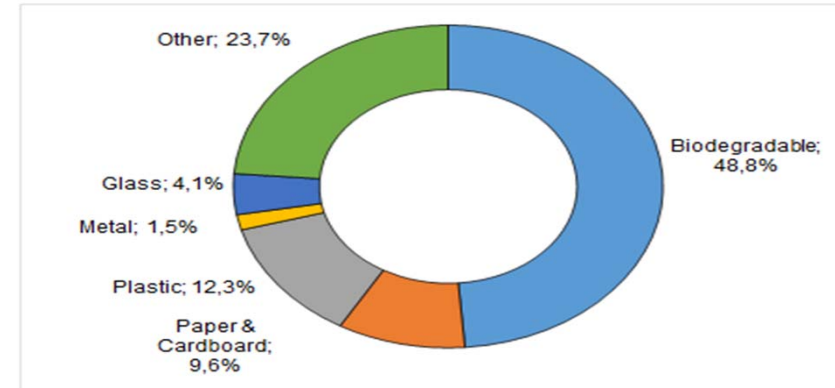
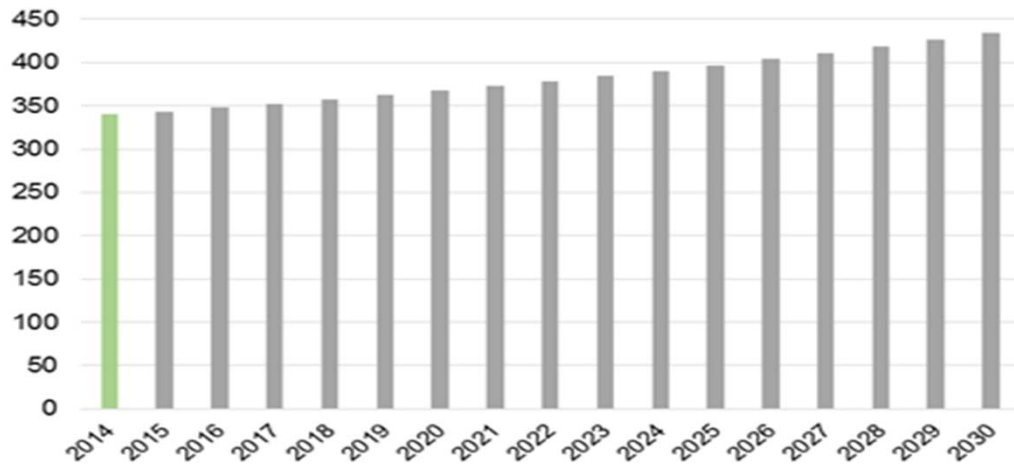


Биогас из комуналног отпада

- 300-400 kg смећа годишње по становнику
- смеће се скупља и одлаже на безбедним и санитарним депонијама, које подразумевају заштиту подземних вода као и заштиту ваздуха од неконтролисано ослобођеног и опасног депонијског гаса

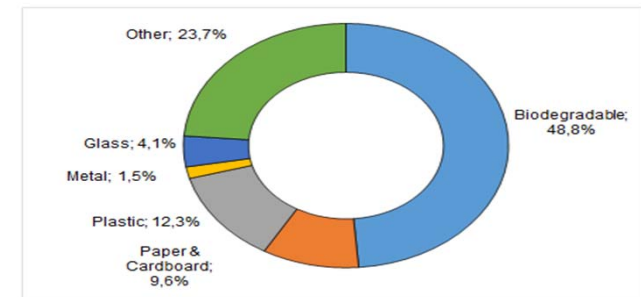
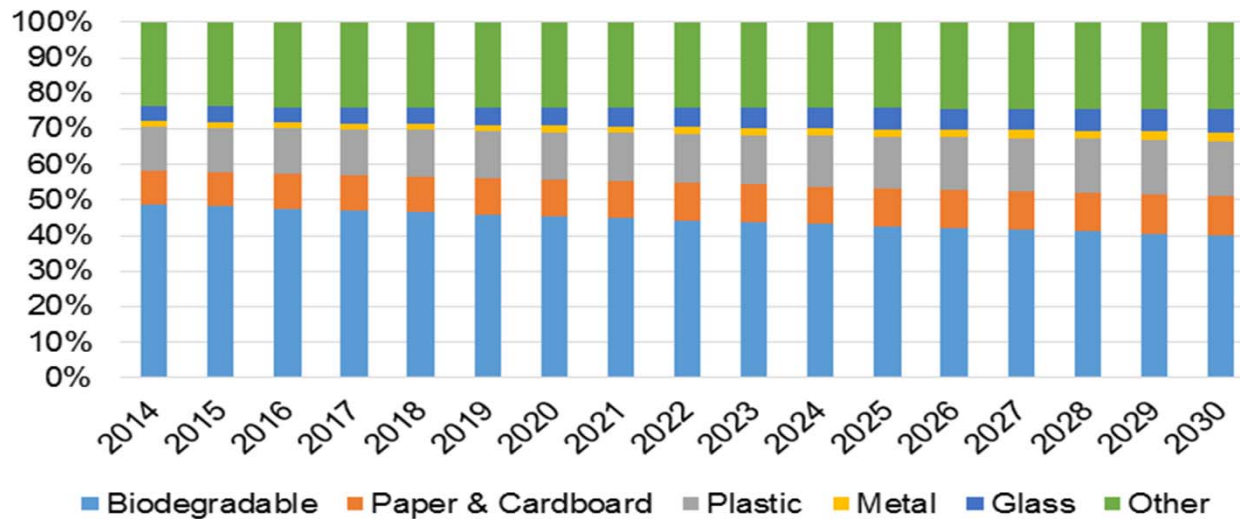
Биогас из комуналног отпада

- 300-400 kg смећа годишње по становнику
- Србија: 340,7 kg/становнику (0.93 kg/становнику/дан).

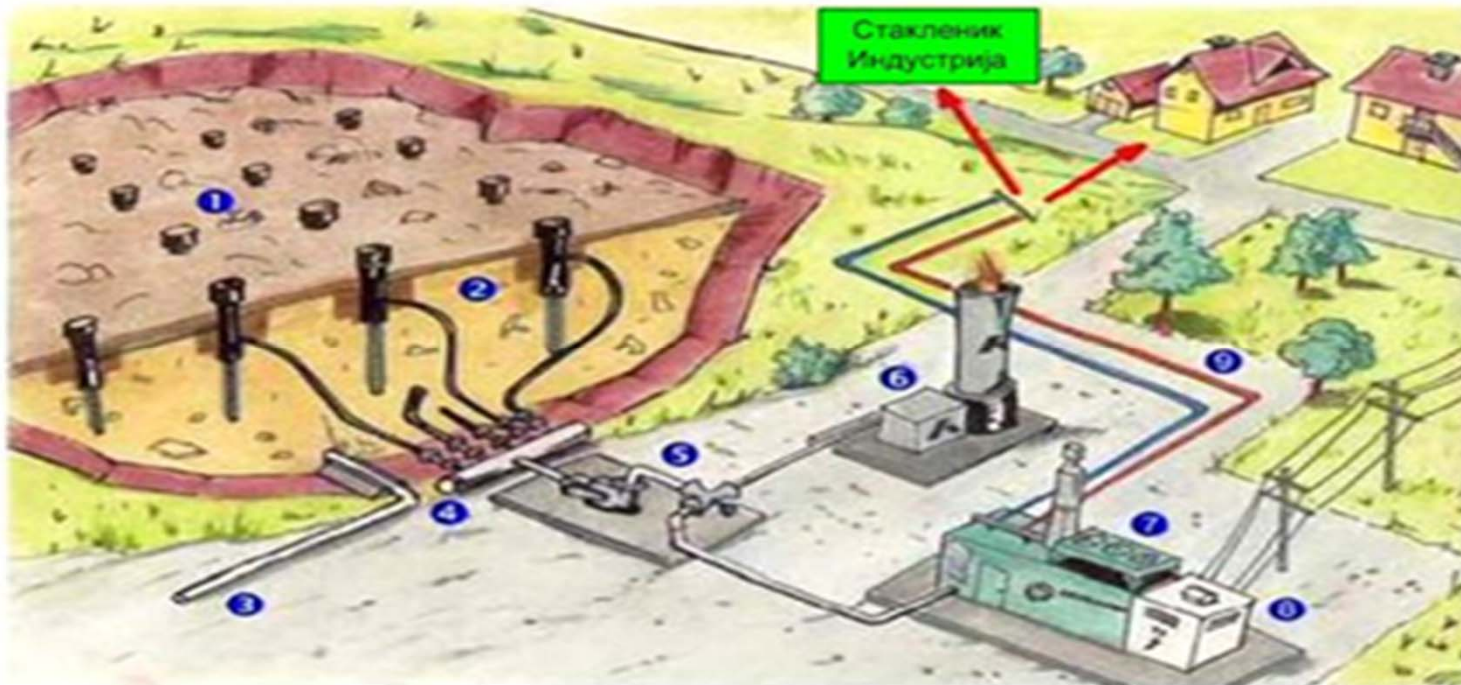


Биогас из комуналног отпада

- 300-400 kg смећа годишње по становнику
- Србија: 340,7 kg/становнику (0.93 kg/становнику/дан).



Биогас из комуналног отпада



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



Састав депонијског гаса

Састав	(% V/V)
CH ₄	35-60
CO ₂	37-50
CO	5-10
N ₂	1-2
Cl, F	0,3
H ₂ S	0-0,5
....	



Производња топлотне енергије

- најједноставнији и најраширенији начин коришћења биогаса је његово директно сагоревање у котловима или у горионцима
- уобичајен за биогас произведен у мањим дигесторима – дигестори у оквиру пољопривредних домаћинстава
- није потребно пречишћавање биогаса јер садржај нечистоћама до одређеног нивоа не представља ограничење за примену

Когенеративна производња топлотне и електричне енергије



- врло повољан начин коришћења биогаза
- потребно је извршити сушење и кондиционирање
- Степен искоришћења модерних когенерацијских генератора је до 90 %, при чему производња електричне енергије износи 35 %, а топлотне око 65 %. Когенерацијска постројења на биогаз су најчешће термоелектране блоковског типа са гасним моторима који су повезани са генератором.
- • као гориво за моторе СУС - биогаз се може користити и као погонско гориво за све врсте мотора са унутрашњим сагоревањем. За покретање аутомобила или трактора биогаз се користи више од 50 година. За ову сврху користи се биогаз компримован у боцама, што значајно умањује економичност примене. Тако, нпр., боце за биогаз запремине 50 литара под номиналним притиском од 20 МПа имају масу 65 kg и садрже 10 m³ гаса, што одговара количини од 6,2 литара дизел горива. Ово ограничава радијус кретања возила. Биогаз се може успешно користити како у гасном Ото моторима, тако и у дизел моторима. Ово се заснива на чињеници да биогаз има октански број 100 - 110, а метански број 135, па се успешно може користити у машинама са високим степеном компресије. Примена биогаза у Ото моторима не захтева посебну реконструкцију, већ је довољно постојећем мотору доградити мешач гаса. Метан је због високе температуре самопаљења од 595°C у стању да поднесе веће притиске сабијања од мешавине ваздуха и бензина. Овим повећањем постиже се и већи степен корисности.
- • као сировина у хемијској индустрији – производња ацетилена, сувог леда и др..



Гориво за моторе СУС

- за све врсте мотора са унутрашњим сагоревањем
- за аутомобиле или тракторе биогаз се користи више од 50 година
- За ову сврху користи се биогаз компримован у боцама, што значајно умањује економичност примене.



Гориво за моторе СУС

- боце за биогаз запремине 50 литара под номиналним притиском од 20 МРа имају масу 65 kg и садрже 10 m³ гаса, што одговара количини од 6,2 литра дизел горива
- ограничен радијус кретања возила
- може се успешно користити како у гасном Ото моторима, тако и у дизел моторима

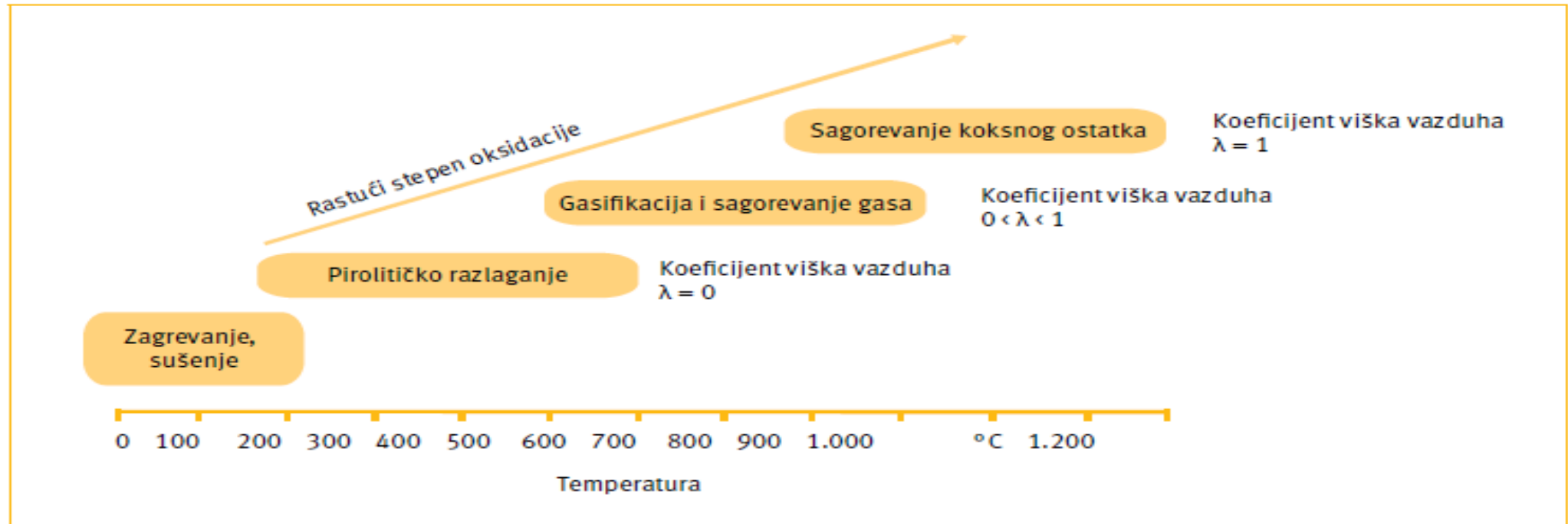


Гориво за моторе СУС

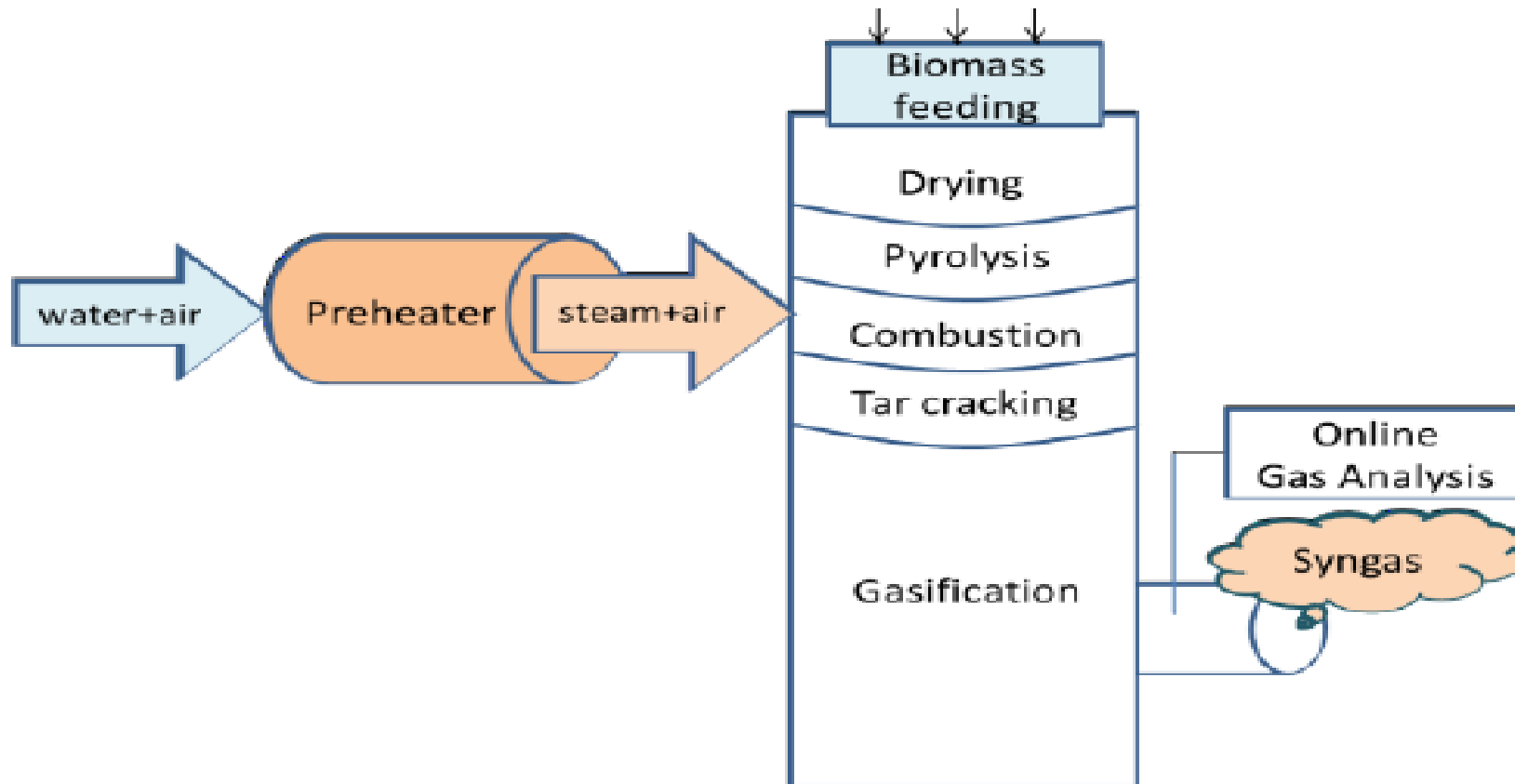
- биогаз има октански број 100 - 110, а метански број 135, па се успешно може користити у машинама са високим степеном компресије
- примена биогаза у Ото моторима не захтева посебну реконструкцију, већ је довољно постојећем мотору доградити мешач гаса.



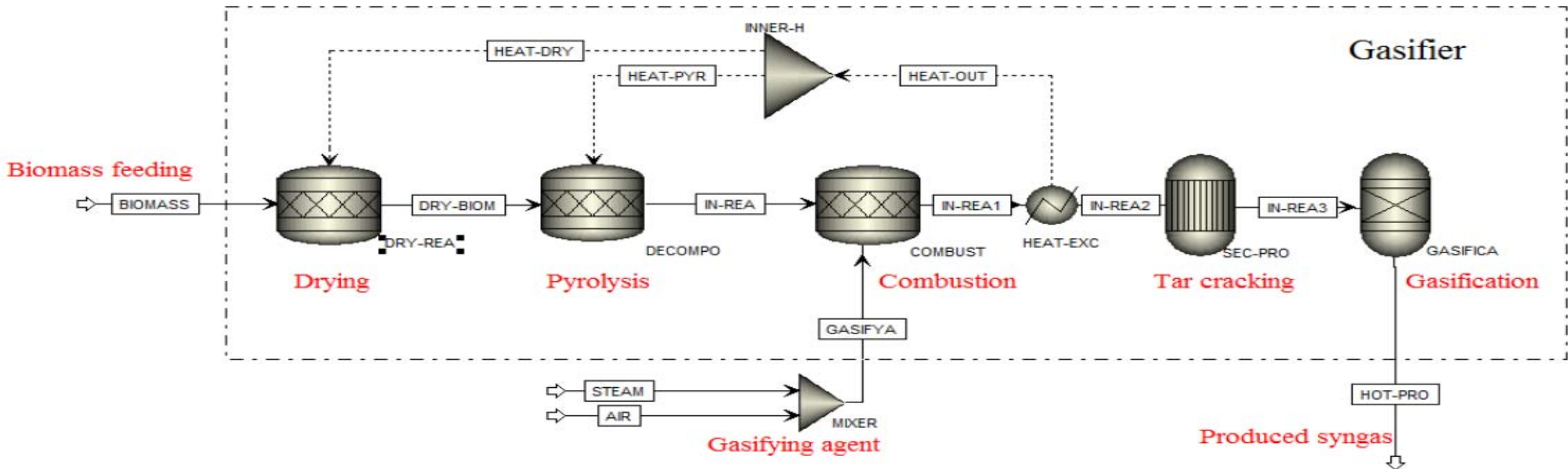
Конверзија биомасе



Гасификација



Гасификација





Гасификација

- Сушење

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



- Разградња: $\text{char} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$



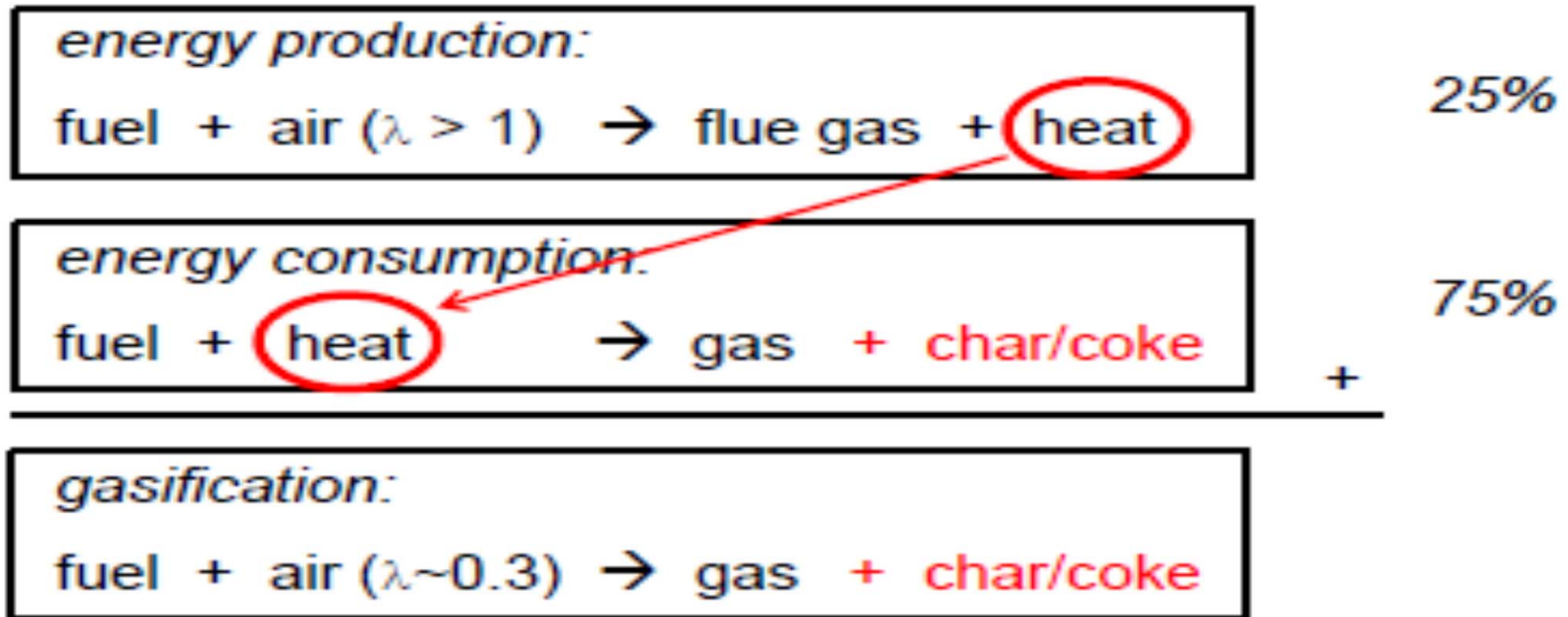


Гасификација

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

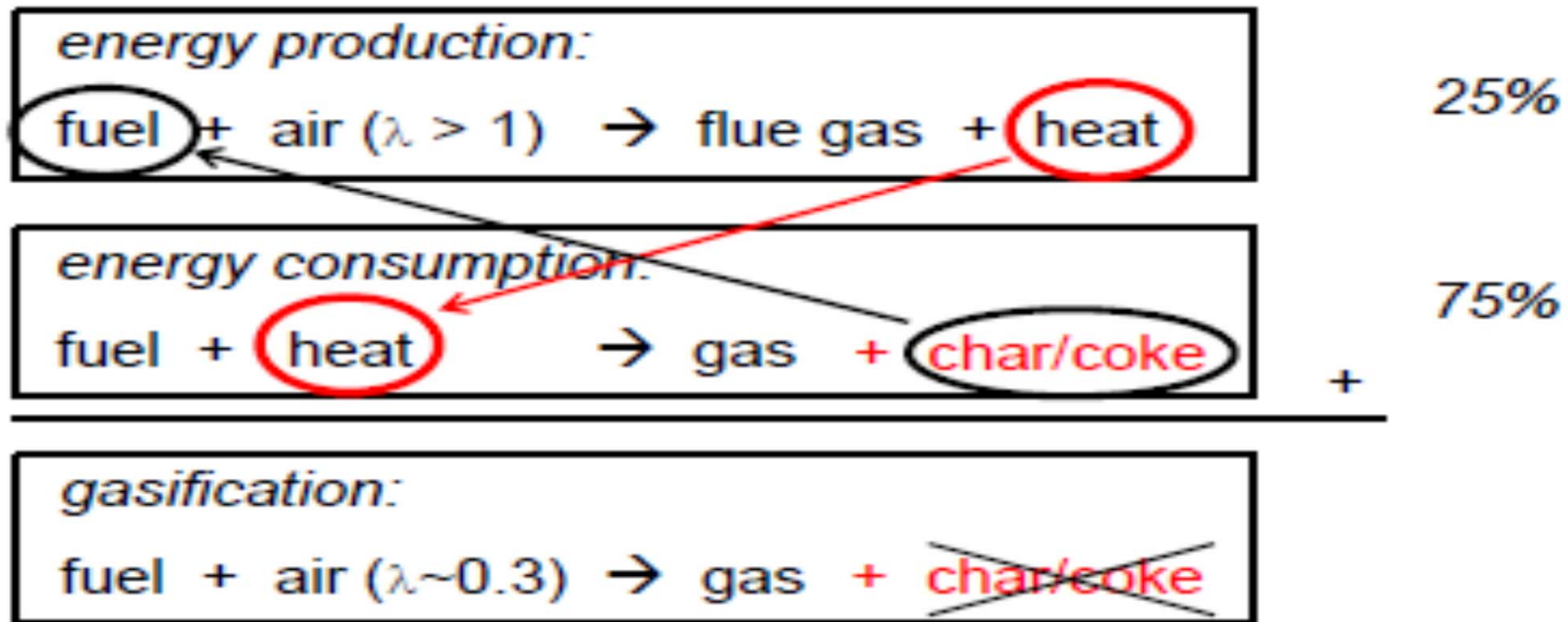


Гасификација – 1. генерација





Гасификација – 2. генерација





Гасификација - генерације

• 1. генерација

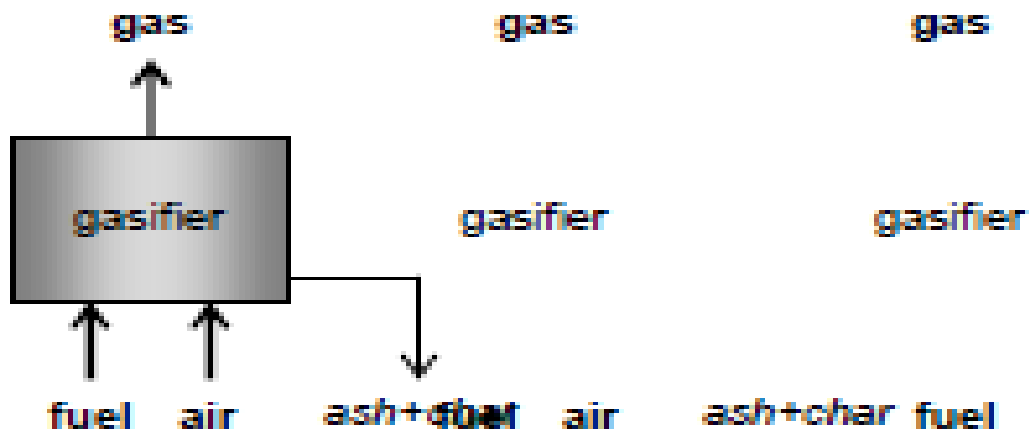
- 1 реактор - 1 гас
- непотпуна трансформација угљеника
- високе температуре, велика количина паре, дугачко време боравка – неопходно за што већи степен конверзије

■ 2. генерација

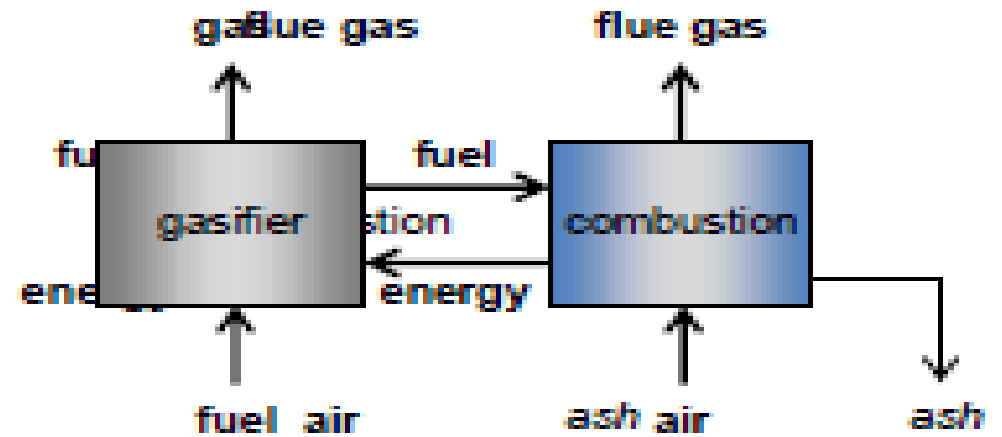
- 2 повезана реактора - 2 гаса
- Гас без N_2 , нема ASU
- потпуна трансформација угљеника
- могућност варирања температуре, паре, величине горива, времена боравка

Гасификација - генерације

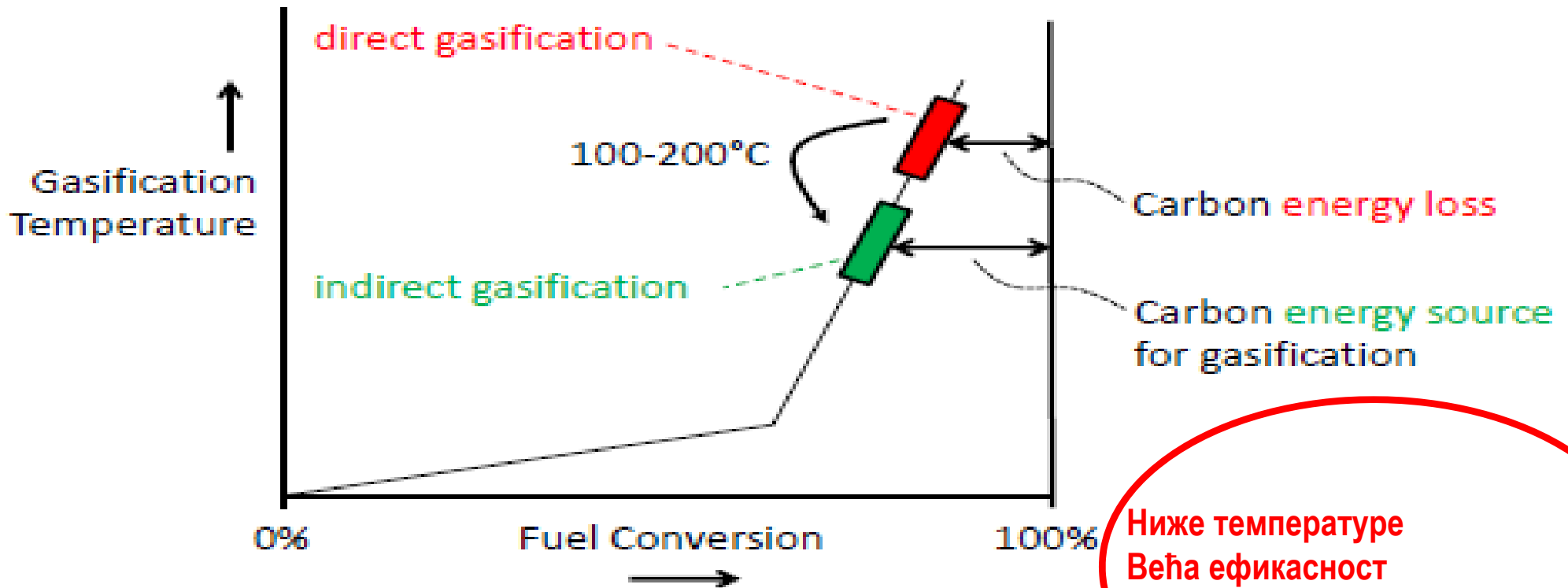
- 1. генерација



- 2. генерација



Гасификација - генерације



Ниже температуре
Већа ефикасност
Већи степен конверзије