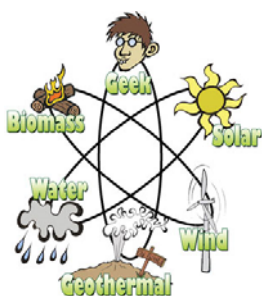




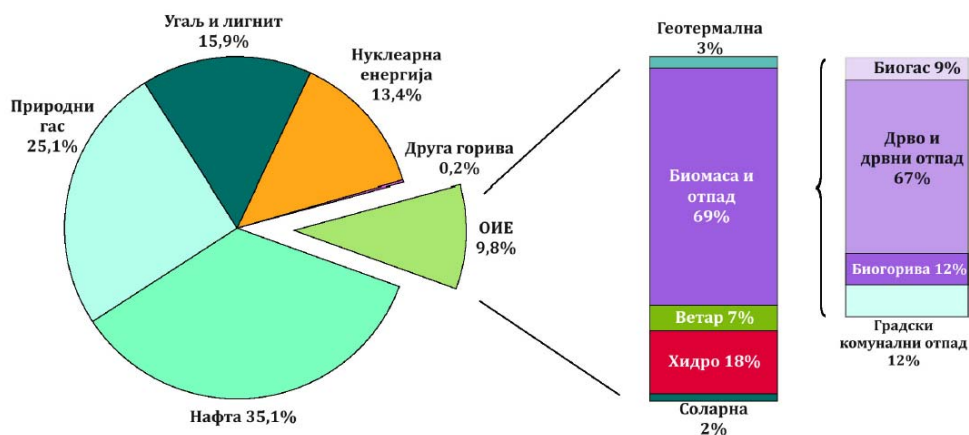
ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ (ОИЕ) БИОМАСА - предавање 5 -



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

др Иван Божић, доцент

ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ



Извор: EBIOM European biomass association 2013.

БИОМАСА



- Биомаса у прошлости
 - У облику дрвета позната још у време када је човек почео да користи ватру
- Биомаса данас и у будућности
 - Обновљив извор енергије – значајна улога у енергетском сектору у будућности
 - смањење зависности од фосилних горива
 - сигурност снабдевања
 - смањење загађења животне средине
 - отварање нових радних места,
 - под условом да се не угрози ланац исхране, задовоље критеријуми одрживости,

3

БИОМАСА - ДЕФИНИЦИЈА



Велики број различитих дефиниција:

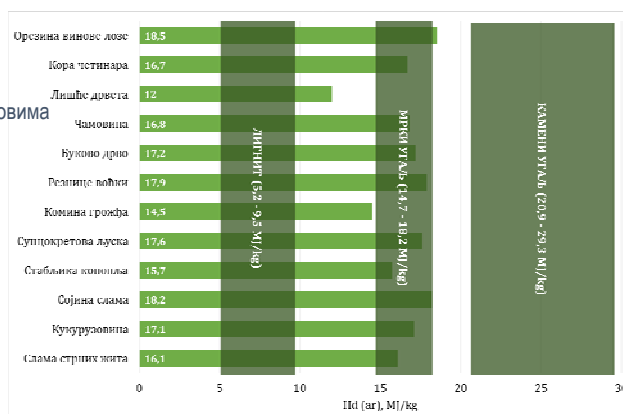
- Биомаса – материја биолошког порекла, искључујући материје које су учествовале у процесима трансформисања и стварања фосилних горива (CEN/TS 14588).
- Остаци од биомасе – биомаса која потиче из тачно дефинисаних токова и то из пољопривреде, шумарства и одговарајућих индустријских процеса (CEN/TS 14588).
- Биомаса – биоразградиви део производа, отпада и остатака биолошког порекла из пољопривреде (укључујући биљне и животињске материје), шумарства и повезаних индустрија, као и биоразградиви део индустријског и комуналног отпада (Директива 2008/28/EC).

4



БИОМАСА - ГОРИВО

- За примену биомасе као горива користи се велики број различитих технологија трансформације
- Енергија/топлота
 - Косагоревање биомасе (мала количина) у постојећим постројењима
 - Сагоревање у конвенционалним парним котловима
 - Комбинована постројења
 - Топлане за даљинско грејање
 - Пећи за сушење, печење цигле
 - Пећи за домаћинства
 - Гасификација биомасе
 - Анаеробна ферментација
- Горива
 - Конверзија у течна горива
 - За котлове
 - За моторе – биоетанол и биодизел
 - Конверзија у гасовита горива



5



БИОМАСА - ПОДЕЛА

- Према агрегатном стању (чврста, течна и гасовита)
- Према пореклу
- Према начину припреме, то јест према облику у којем се може наћи на тржишту и у експлоатацији пелети, брикети, дрвна сечка, пиљевина, бале сламе, трске и мискантуса итд.)

6

БИОМАСА – ПОДЕЛА ПРЕМА ПОРЕКЛУ



- Шумска биомаса
 - Огревно дрво
 - Шумски отпад
 - Остаци од прераде дрвета
 - Брзорастући засади
 - Дрвна биомаса од дрвећа изван шума
- Пољопривредна биомаса
 - Остаци од пољопривредних култура
 - Остаци од гајења воћа и виноградарства
 - Уљарице
 - Лигноцелулозни материјали (мискантус, трска, ...)
 - Течно стајско ђубриво
- Отпад
 - Биоразградиви део индустријског и комуналног отпада

7

БИОМАСА - ВРСТЕ



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Традиционална <ul style="list-style-type: none"> • Дрво • Остаци дрвета <ul style="list-style-type: none"> • Струготина • Чипс • Кора дрвета • Пољопривредни остаци <ul style="list-style-type: none"> • Слама • Кукурузовина • Шећерна трска • ... | <ul style="list-style-type: none"> • Нова <ul style="list-style-type: none"> • Биомаса из фиторемедијације <ul style="list-style-type: none"> • Трска • Багрем • Кисело дрво • Отпадни муљ/уља <ul style="list-style-type: none"> • Течни стајњак • ... • Индустријски остаци <ul style="list-style-type: none"> • Љуска сунцокрета • Кошчице воћа • ... |
|---|---|

8



БИОМАСА - ВРСТЕ



9



БИОМАСА - ПРИМЕНА

Процес	Производ	Примена	
Анаеробна ферментација	Гасовито гориво	Котлови, мотори, турбине, гориве ћелије	Енергија/топлота
Екстракција ферментацијом	Течно гориво	Котлови, мотори, гориве ћелије	Енергија/топлота, саобраћај
Сагоревање	Димни гасови	Котлови, пећи	Грејање, топлина за процес, топла вода, енергија/топлота
Гасификација	Гасовито гориво	Котлови, мотори, турбине, гориве ћелије	Енергија/топлота
	Синтезни гас	Мотори, индустрија, топлина	Топлота, саобраћај
Пиролиза	Гасовито гориво	Мотори	Енергија/топлота
	Течно и чврсто гориво		Енергија/топлота

10



БИОМАСА - ПРЕДНОСТИ

- Енергетски извор
- Супституција фосилних горива
- Смањење зависности од увоза
- Доприноси смањењу емисије ГХГ
- Доприноси одрживом развоју
- Доприноси смањењу деградације земљишта
- Нове могућности за пољопривреднике
- Отварање нових радних места
- Смањење такси
- ...

11



БИОМАСА - НЕДОСТАЦИ

- Неопходне велике површине земљишта
- Развијање различитих технологија
- Цена зависи и од могућности продаје нуспроизвода
- Производња зависи од великог броја утицајних фактора (време)
- Мала запреминска топлотна моћ
- Тржиште биогорива је релативно ново
- Ограничена могућност коришћења земљишта обзиром на потребе за производњом хране

12

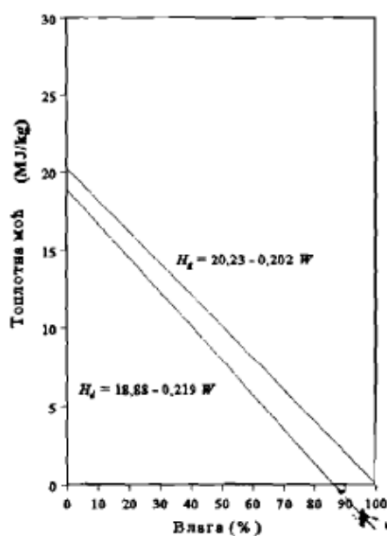


ДРВО

- 75 % масе може да се користи као гориво
- Састоји се од целулозе ($C_6H_{10}O_5$), лигнина и мале количине смоле, воска и масноће
- Практично нема сумпора
- Садржај пепела незнатан
- Лако топљив пепео
- Садржај влаге је од 45 – 65 %, а после 2 године складиштења на ваздуху смањује се на 18 – 20 %
- Лака упаливост због високог садржаја волатила
- Доња топлотна моћ органске масе износи 18,4 MJ/kg

13

ДРВО



Зависност топлотне моћи од садржаја влаге

14



ПОЉОПРИВРЕДНИ ОСТАЦИ

- Остаци:
 - Остаци од пољопривредних усева: пшеница, јечам, кукуруз, раж, сунцокрет, соја, уљана репица
 - Остаци биомасе у воћарству, виноградарству и из прераде воћа
 - Течни стајњак
- Проблеми:
 - релативно велика запремина у односу на масу
 - мала запреминска топлотна моћ
 - пропадање кроз решетку ложишта
- Најпогоднији начин коришћења - превозићење у погодније облике

15



БАЛЕ СЛАМЕ



16



ПРИПРЕМА БИОМАСЕ



Брикети

Дрвна сечка



17



ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ

Пелети од биомасе представљају савремени облик припремљене чврсте биомасе.

Карактеристике:

- Цилиндричан облик;
- Пречник 6-8 mm;
- Дужина 10-30 mm;
- Мали садржај влаге и пепела;
- Густина 800-1400 kg/m³.



Сировине за производњу

- Листопадно дрво;
- Четиначско дрво;
- Кора дрвета;
- Остаци из пољопривредне производње;
- Енергетске биљке.

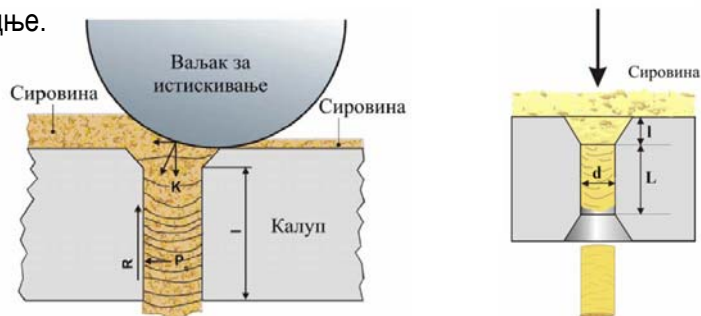
18



ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ

Састоји се од механичко-технолошких процеса:

- Припрема сировине;
- Пелетирање;
- Обрада после производње.

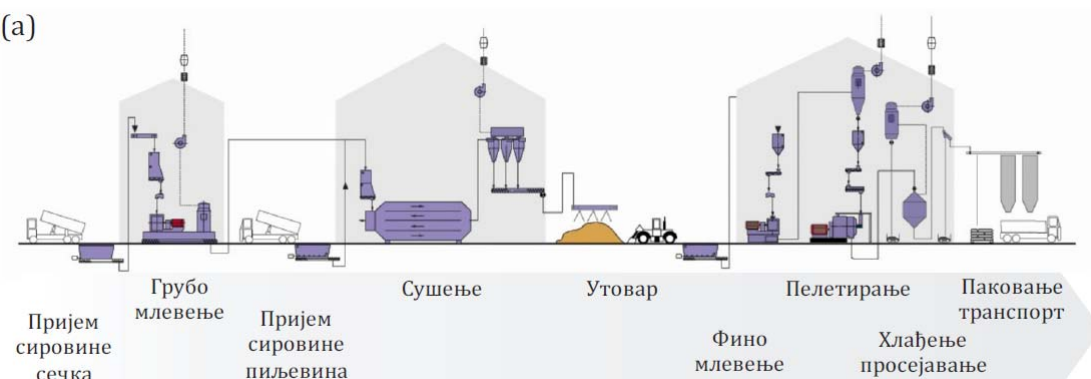


19



ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ

(a)



20

ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ



(б)

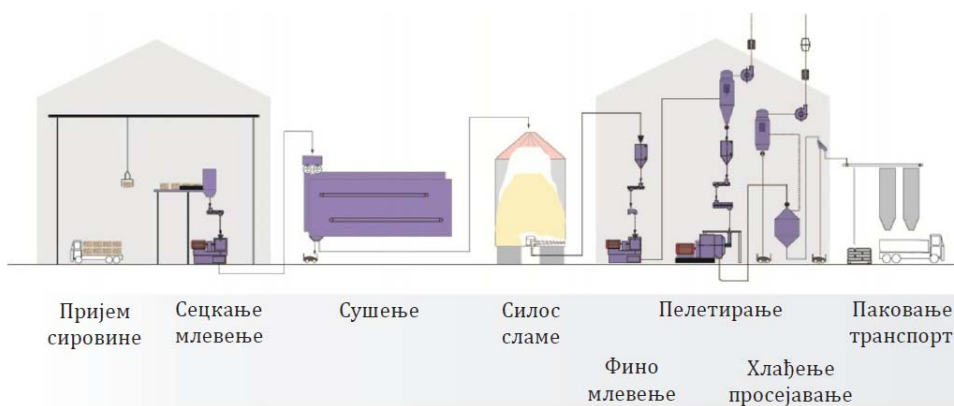


21

ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ

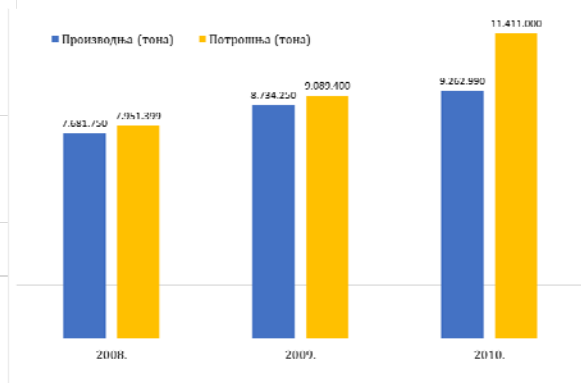
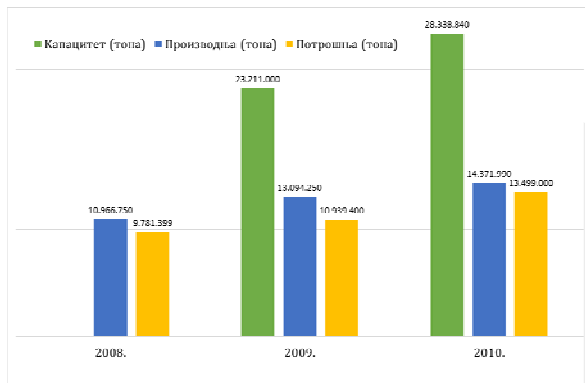


(в)



22

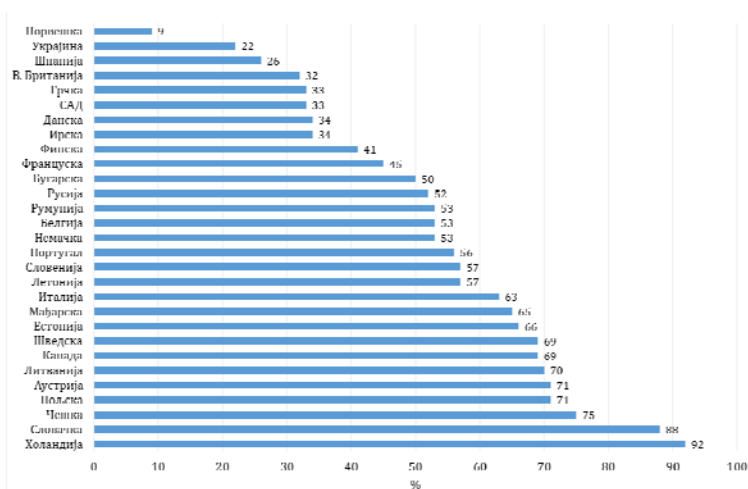
ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ



Извор: IEA bioenergy 2013.

23

ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ



Извор: IEA bioenergy 2013.

24

ПЕЛЕТИ ОД БИОМАСЕ



Карактер.	Јединица	EN 14961-2			ÖNORM M 7135	SS 187120	DIN 51731	DIN plus	CTI
		Класа A1	Класа A2	Класа B					
Порекло	-								
Пречник	mm	6 или 8	6 или 8	6 или 8	4 - 10	наводи се	4 - 10	4 - 10	6
Дужина	mm	3,15-40	3,15-40	3,15-40	≤ 5 x D	≤ 4 x D	≤ 50	≤ 5xD	D-4xD
Насипна густина	kg/m ³	≥ 600	≥ 600	≥ 600	-	≥ 600	-	-	620- 720
Густина	kg/dm ³	-	-	-	≥ 1,12	-	1-1,4	≥ 1,12	-
Садржај влаге	% m/m, ar	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 12	≤ 10	≤ 10
Садржај пепела	% m/m, ar	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 3,5	≤ 0,5	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 0,5	≤ 07
Доња топлотна моћ	MJ/kg, ar	16,5 - 19,0	16,3 - 19,0	16,0 - 19,0	≥ 18,0	≥ 16,9	17,5 - 19,5	≥ 18,0	≥ 16,9
Механичка чврстоћа	% m/m, ar	≥ 97,5	≥ 97,5	≥ 96,5	≥ 97,7	≥ 99,2	-	≥ 97,7	≥ 97,5
Садржај ситног остатка	% m/m, ar	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1	-	-	-	≤ 1,0

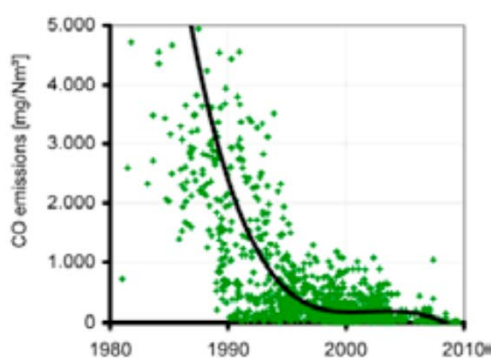
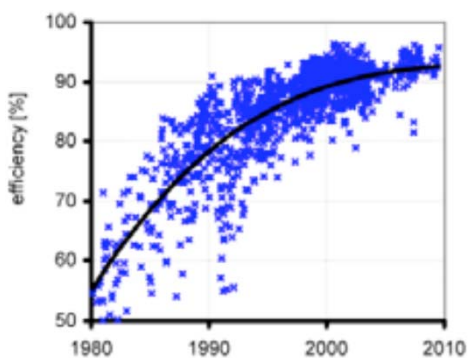


25

САГОРЕВАЊЕ ПЕЛЕТА ОД БИОМАСЕ



БИОМАСА СЕ ТРАДИЦИОНАЛНО КОРИСТИ – пре свега у домаћинствима



26



САГОРЕВАЊЕ ПЕЛЕТА ОД БИОМАСЕ

Према критеријуму топлотне снаге

- Уређаји мале снаге (до $100 \text{ kW}_{\text{th}}$);
- Уређаји средње снаге (100 до $1000 \text{ kW}_{\text{th}}$);
- Уређаји велике снаге (преко 1 MW_{th}).

Критеријуми поделе уређаја мале снаге за сагоревање пелета од биомасе:

- Према врсти уређаја;
- Према начину довода горива;
- Према начину израде.

27



ПОДЕЛА ПРЕМА ВРСТИ УРЕЂАЈА

Котлови на пелет
са спољним гориоником



Пећи на пелет

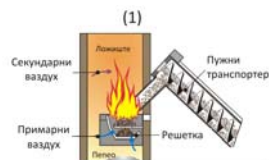


Котлови на пелет са
уграђеним гориоником

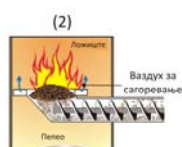
28



ПОДЕЛА ПРЕМА НАЧИНУ ДОВОДА ГОРИВА



Довод горива са горње стране



Довод горива са доње стране



Довод горива са бочне стране

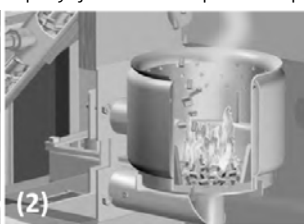
29



ПОДЕЛА ПРЕМА НАЧИНУ ИЗРАДЕ

Уређаји са перофорираном плочом

Уређаји са непокретном решетком

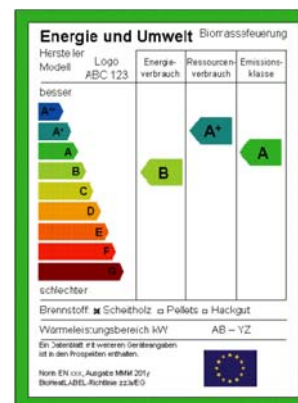


Уређаји са покретном решетком

Уређаји са преклопном решетком

30

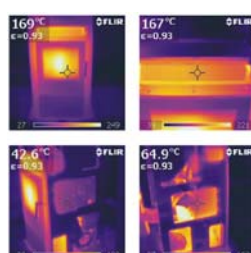
Европски прописи за пећи и котлова мале снаге

[illegible]

31

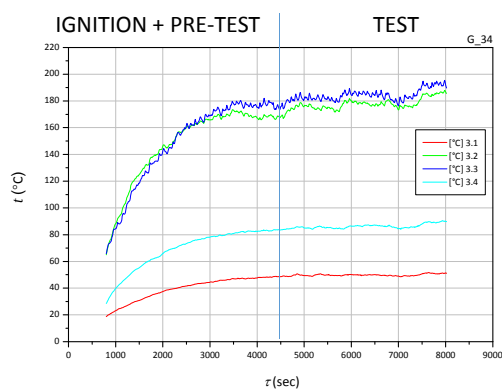
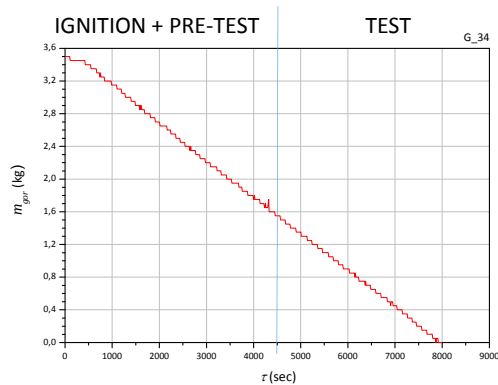
EXPERIMENTAL TESTS OF PELLET STOVE

According to EN 14785



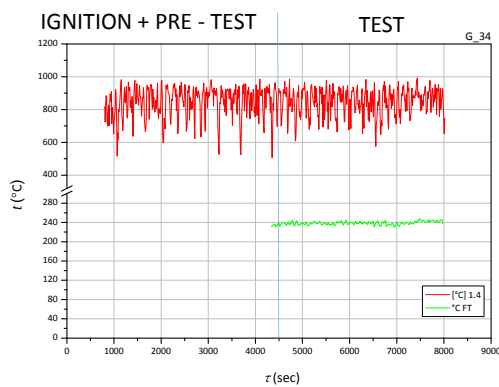
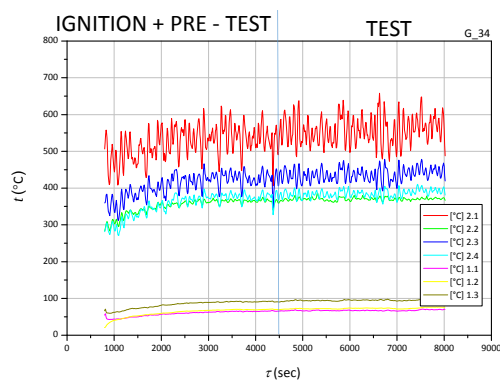
32

EXPERIMENTAL TESTS OF PELLET STOVE



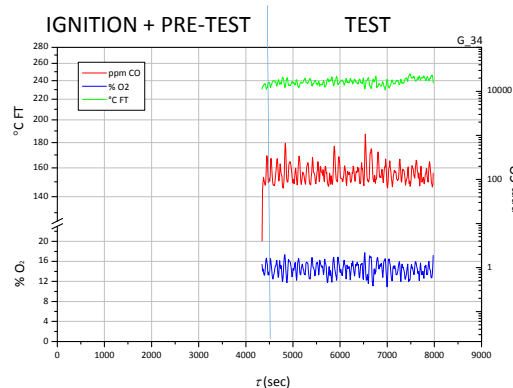
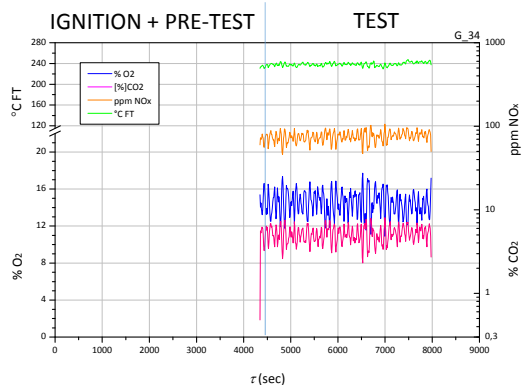
33

EXPERIMENTAL TESTS OF PELLET STOVE



34

EXPERIMENTAL TESTS OF PELLET STOVE



35

TEST RESULTS OF PELLET STOVE



ISPITIVANJE NAZIVNE TOPLOTNE SNAGE PREMA EN 14785

Predmet ispitivanja: PEČ NA PELET

Proizvođač: [REDACTED]

Oznaka ispitivanja: FM_6kW

Datum ispitivanja: 03.04.2013.

Ispitno gorivo: peleti od biomase [REDACTED]

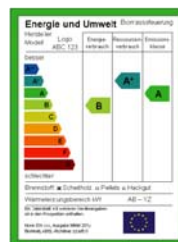
Režim ispitivanja: Nazivna toplotna snaga (Power: HI; Fan: HI)

Potrošnja goriva:	Vreme, h:mm	Masa (peč + gorivo), kg
Paljenje	11:50	98,00
Predisplivanje	12:00	97,90
Glavno isplivanje	13:00	96,25
UKU	14:00	94,50
Potrošnja goriva u periodu glavnog isplivanja, kg/h		1,85

Karakteristične temperature:	Leva strana peči	Desna strana peči
Temperatura u dimnom kanalu gore, °C	445,5	365,8
Temperatura u dimnom kanalu dole, °C	230,4	256,1
Temperatura vazduha za zagrevanje, °C	101,8	99,7
Temperatura u ložištu, °C		637,2

Sastav produkata sagorevanja:					
[%] O2	ppm CO	ppm NOx	°C FT	°C AT	[%] CO2
15.93	176	77	178.23	23.5	4.85

Proračun po EN 14785		Zahtev EN 14785
Energetske karakteristike		
Stepen korisnosti, %	77.45	>75%
Otvorena toplotna snaga, kW	6.09	-
Ekološke karakteristike		
Emisija CO ₂ max(m3/(m3(13% O ₂)))	346	<500 max(m3



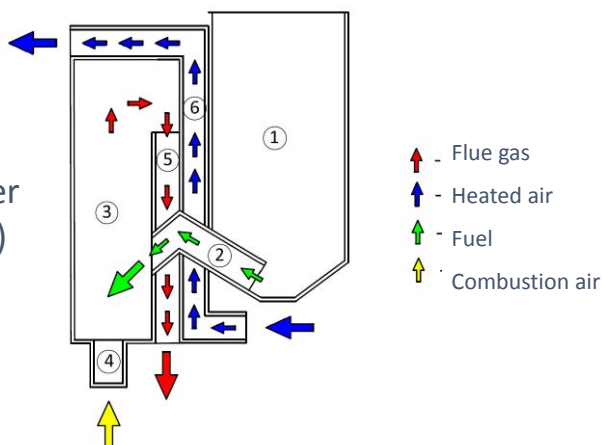
36

PELLET STOVE

Operation principle

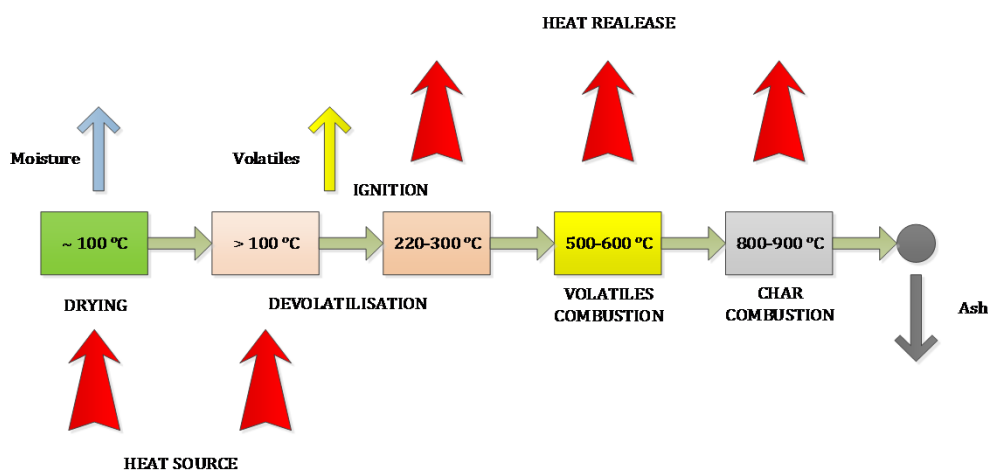


1. Fuel reservoir
2. Fuel FEEDER
3. Combustion chamber
4. Burning pot (burner)
5. Fluegas duct
6. Heated air duct



37

COMBUSTION PROCESS



38



COMBUSTION PROCESS CONTROL

- Three independent variables
 - Feeder speed
 - FG fan speed
 - Heated air fan speed
- Effect on:
 - Energy characteristics (efficiency)
 - Environmental characteristics (CO, NO_x and PM emissions)
- Right choice of parameters for various operating modes can ensure optimum operation of combustion appliances
- More accurate adjustment lead to higher efficiency and lower emissions

39



WHAT YOU CAN GET WITH CPC?

- Improved energy and environmental characteristics
- The best performance in all operating modes
- Wide range of nominal heat outputs with small construction changes
- Adapt appliance construction for various fuels
- ...or whatever You need to improve Your product...

40

COMBUSTION PROCESS CONTROL

Examples



• EXAMPLE 1 – Pellet stove

- Regulation FG fan speed.
- To improve energy and environmental characteristics (efficiency and CO emission).

• EXAMPLE 2 – Pellet stove

- With small construction changes to achieve three various nominal heat outputs (6, 8 and 10 kW).
- Construction „must provide“ that.

41

COMBUSTION PROCESS CONTROL

Example 1 – Pellet stove



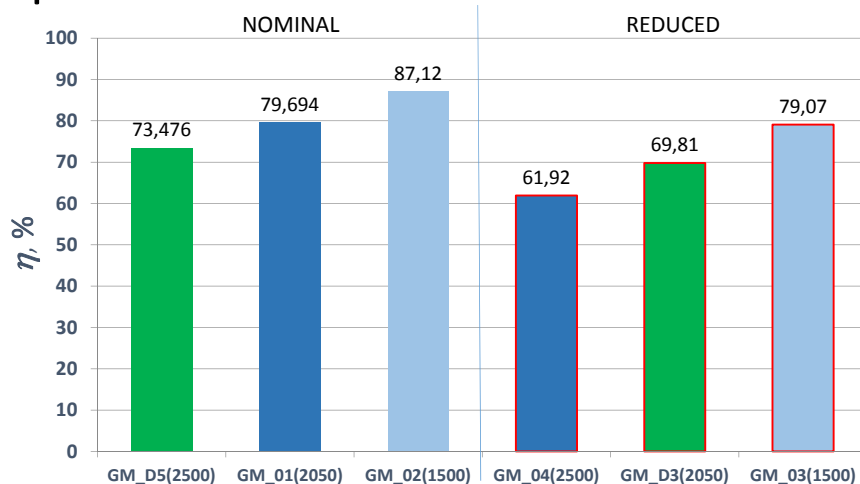
- Two operating modes:
 - Nominal heat output
 - Reduced heat output
- Default and two additional FG fan speed for both modes

	2500 rpm	2050 rpm	1500 rpm
Nominal heat output	GM_D5 DEFAULT	GM_01	GM_02
Reduced heat output	GM_04	GM_D3 DEFAULT	GM_03

42

COMBUSTION PROCESS CONTROL

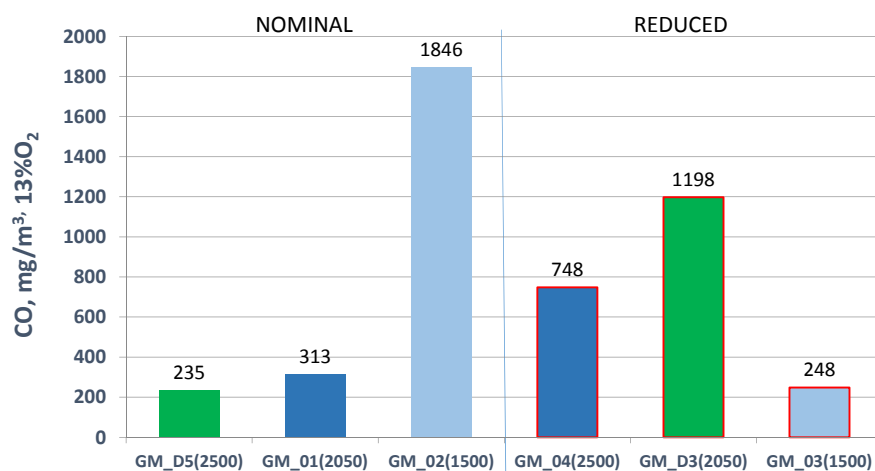
Example 1 – Pellet stove



43

COMBUSTION PROCESS CONTROL

Example 1 – Pellet stove



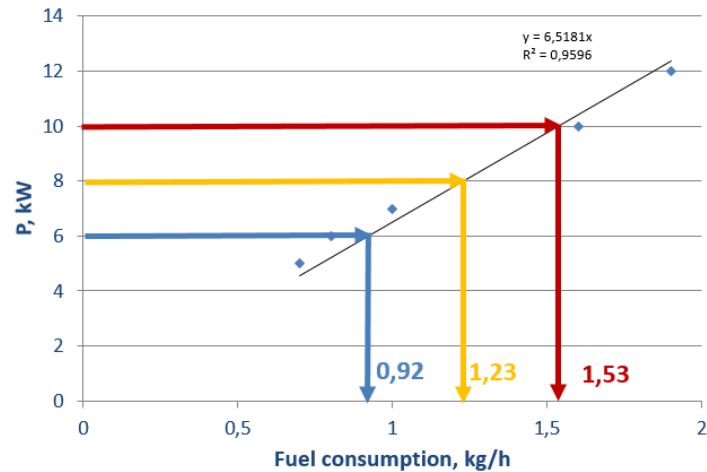
44

COMBUSTION PROCESS CONTROL

Example 2 – Pellet stove



- Base construction (with small construction changes) three different heat output.
- For different fuel consumption you can adjust combustion air by changing FG fan speed.



45

MATHEMATICAL MODELING

Examples

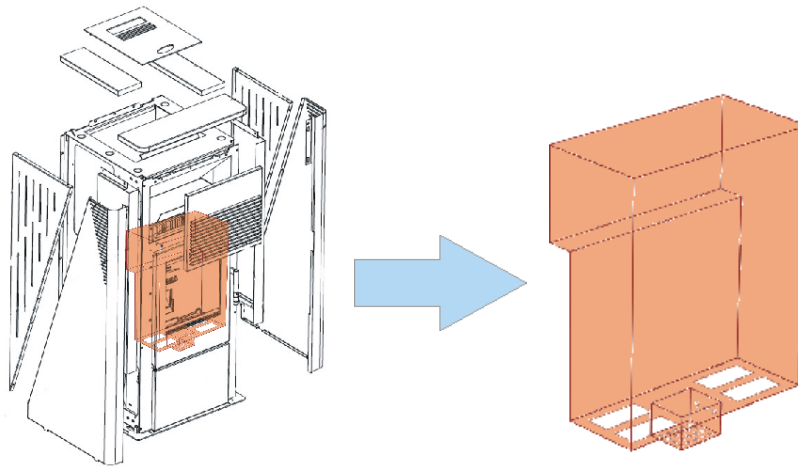


- **EXAMPLE 1 – Pellet stove**
 - Mathematical model for combustion process
 - Compare obtained results with experimental
- **EXAMPLE 2 – Pellet burner**
 - Mathematical model of fluid flow
 - Improve construction according to turbulence and high velocity criteria

46

MATHEMATICAL MODELING

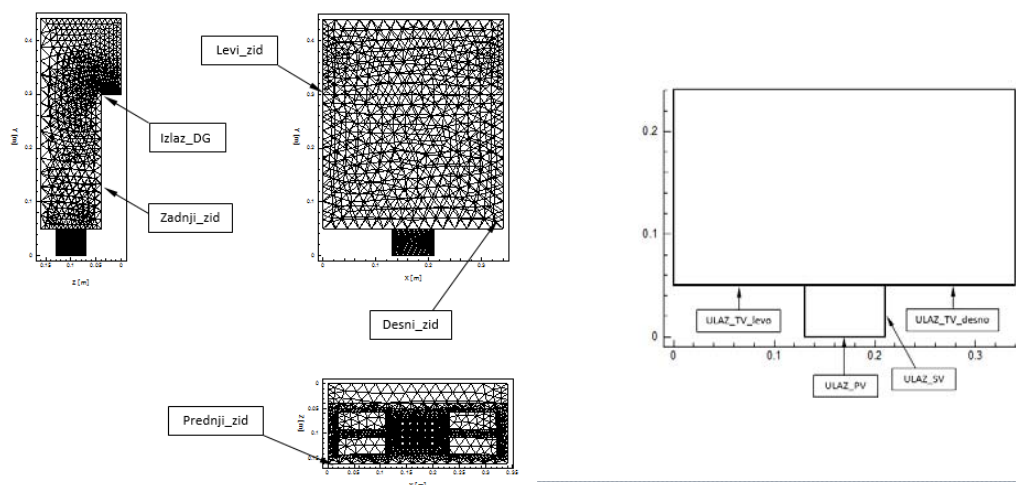
EXAMPLE 1 - Defining geometry



47

MATHEMATICAL MODELING

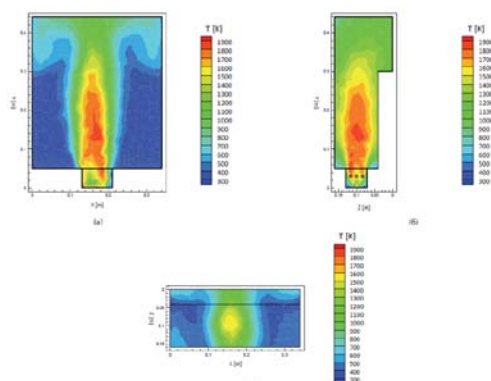
EXAMPLE 1 - Defining mesh and boundaries



48

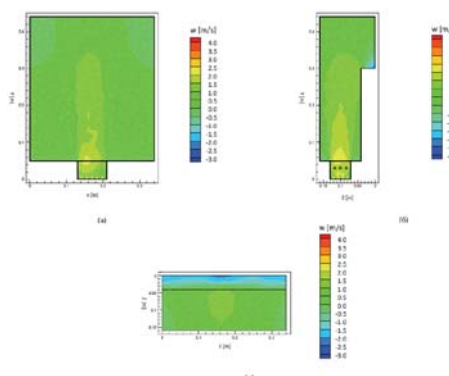
MATHEMATICAL MODELING

EXAMPLE 1 - Model results



Temperature distribution
for different cross sections

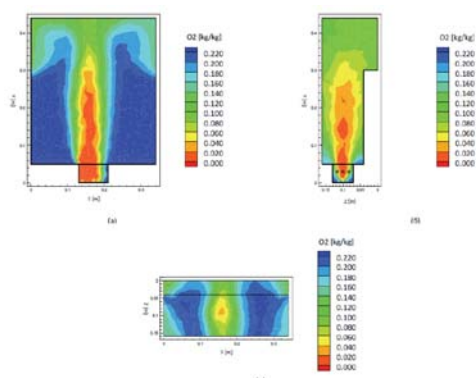
Velocity distribution
for different cross sections



49

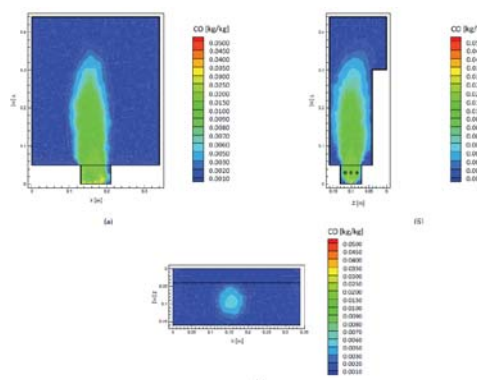
MATHEMATICAL MODELING

EXAMPLE 1 - Model results



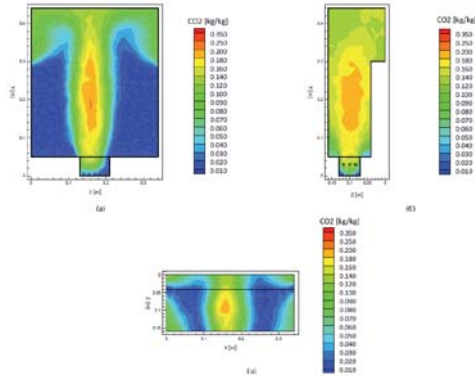
Oxygen (O_2) concentration
for different cross sections

Carbonmonoxide (CO) concentration
for different cross sections



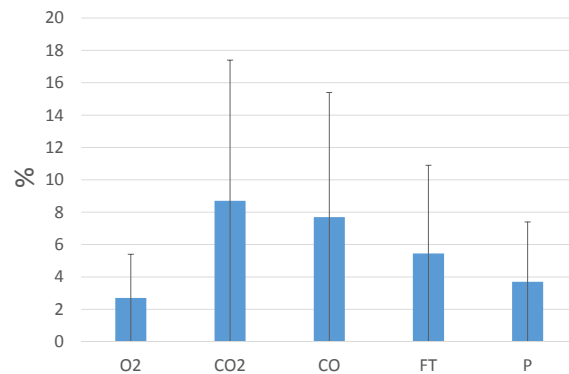
50

MATHEMATICAL MODELING EXAMPLE 1 - Model results



Carbondioxide(CO₂) concentration
for different cross sections

Differences between model
and experimental results

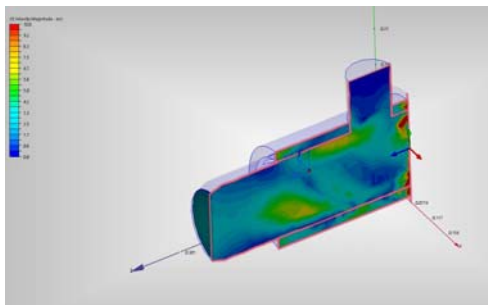


51

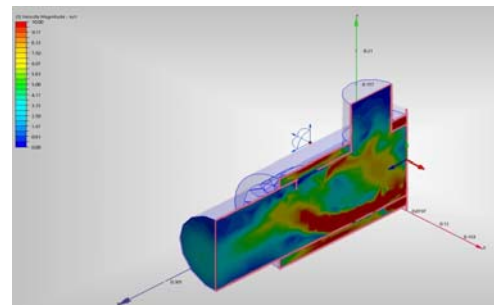
MATHEMATICAL MODELING EXAMPLE 2 - Model results



Improved construction



Base construction

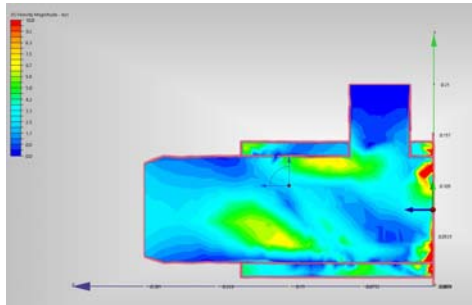
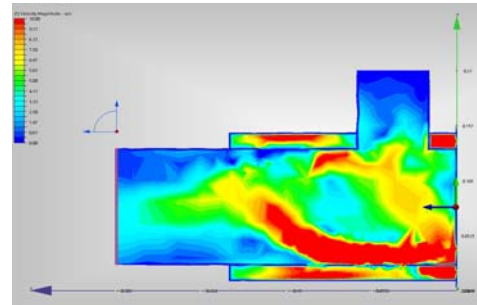


52

MATHEMATICAL MODELING EXAMPLE 2 - Model results



Improved construction



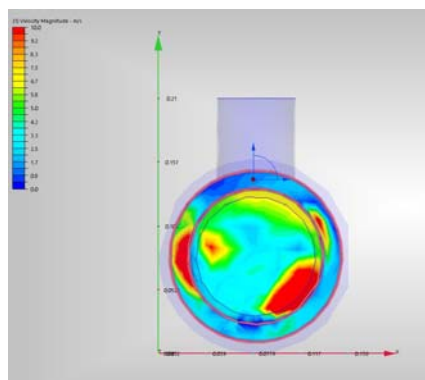
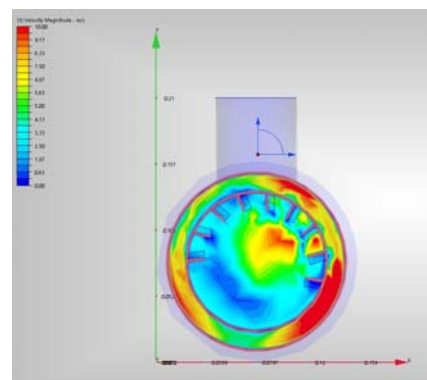
Base construction

53

MATHEMATICAL MODELING EXAMPLE 2 - Model results



Improved construction



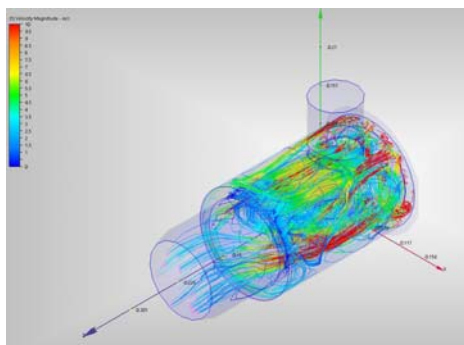
Base construction

54

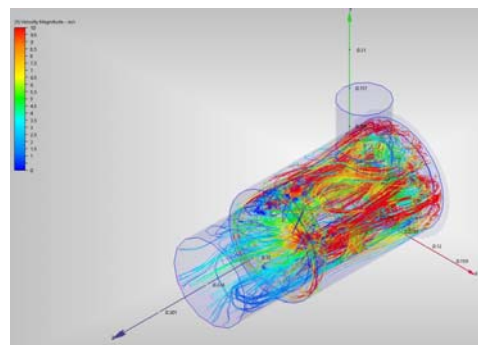
MATHEMATICAL MODELING EXAMPLE 2 - Model results



Improved construction



Base construction



55

ХВАЛА НА ПАЖЊИ!

ПИТАЊА?



UNIVERSITY OF BELGRADE
Faculty of Mechanical Engineering
Department for Engineering Materials
Fuel and Combustion Laboratory
Nebojša Manić, Ph.D Mech.Eng
Assistant Professor
nmanic@mas.bg.ac.rs

56