

## 2 Одређивање топлотне моћи биомасе на основу емпиријских образаца

У случајевима када није могуће експериментално одредити горњу топлотну моћ горива (биомасе), користе се емпиријски обрасци. Емпиријски обрасци добијени су на основу великог броја експерименталних испитивања и успостављања везе између горње топлотне моћи и изабраних података, односно карактеристика горива.

С обзиром на различито порекло биомасе и особености биомасе, велики број истраживача је усмерио своје активности на успостављање емпиријских образаца за одређивање горње топлотне моћи. Емпиријски обрасци се могу поделити у две групе у зависности од података који се користе за израчунавање горње топлотне моћи:

- емпиријски обрасци развијени на основу података техничке анализе
- емпиријски обрасци развијени на основу података елементарне анализе.

У емпиријским обрасцима, састав горива се приказује у односу на апсолутно суву масу – масу горива без садржаја влаге.

Емпиријски обрасци за израчунавање горње топлотне моћи приказани су на Слици 1.

Number	Name of author	Correlation (HHV, MJ/kg)
<i>Based on proximate analysis</i>		
(1)	Jimenez and Gonzalez [5]	$HHV = -10.81408 + 0.3133(VM + FC)$
(2)	Current authors	$HHV = 19.914 - 0.2324 Ash$
(3)	Demirbas [7]	$HHV = 0.196^*FC + 14.119$
(4)	Demirbas [7]	$HHV = 0.312^*FC + 0.1534^*VM$
(5)	Cordero et al. [6]	$HHV = 0.3543^*FC + 0.1708^*VM$
(6)	Current authors	$HHV = -3.0368 + 0.2218VM + 0.2601FC$
<i>Based on ultimate analysis</i>		
(7)	Tillman [8]	$HHV = 0.4373 C - 1.6701$
(8)	Current authors	$HHV = 0.3259 C + 3.4597$
(9)	Boie [11]	$HHV = 0.3516 C + 1.16225 H - 0.1109 O + 0.0628 N + 0.10465 S$
(10)	IGT [9]	$HHV = 0.341 C + 1.322 H - 0.12 O - 0.12 N + 0.0686 S - 0.0153 Ash$
(11)	Graboski and Bain [10]	$HHV = 0.328 C + 1.4306 H - 0.0237 N + 0.0929 S - (1 - Ash/100)(40.11 H/C) + 0.3466$
(12)	Channiwala and Parikh [12]	$HHV = 0.3491 C + 1.1783 H + 0.1005 S - 0.1034 O - 0.0151 N - 0.0211 Ash$
(13)	Demirbas [7]	$HHV = 0.335 C + 1.423 H - 0.154 O - 0.145 N$
(14)	Jenkins [13]	$HHV = -0.763 + 0.301 C + 0.525 H + 0.064 O$
(15)	Current authors	$HHV = -1.3675 + 0.3137 C + 0.7009 H + 0.0318 O_{*b}$

<sup>a</sup> Biomass composition, VM, FC, Ash, C, H, O, N, S are weight percent on dry biomass basis.

No.	Equation <sup>a</sup>	Based on	Unit
Eq. (16)	$HHV = 19.914 - 0.2324 Ash$	Proximate analysis	MJ/kg
Eq. (17)	$HHV = -3.0368 + 0.2218 VM + 0.2601 FC$	Proximate analysis	MJ/kg
Eq. (18)	$HHV = 0.3536 FC + 0.1559 VM - 0.0078 Ash$	Proximate analysis	MJ/kg
Eq. (19)	$HHV = 0.3259 C + 3.4597$	Ultimate analysis	MJ/kg
Eq. (20)	$HHV = -1.3675 + 0.3137 C + 0.7009 H + 0.0318 O^{*b}$	Ultimate analysis	MJ/kg
Eq. (21)	$HHV = 3.55 C^2 - 232 C - 2230 H + 51.2 C * H + 131 N + 20,600$	Ultimate analysis	kJ/kg
Eq. (22)	$HHV = 0.3491 C + 1.1783 H + 0.1005 S - 0.1034 O - 0.0151 N - 0.0211 * Ash$	Ultimate analysis	MJ/kg
Eq. (23)	$HHV = 354.3 FC + 170.8 VM$	Proximate analysis	kJ/kg
Eq. (24)	$HHV = 35,430 - 183.5 VM - 354.3 Ash$	Proximate analysis	kJ/kg
Eq. (25)	$HHV = -10.8141 + 0.3133 (VM + FC)$	Proximate analysis	MJ/kg
Eq. (26)	$HHV = -0.763 + 0.301 C + 0.525 H + 0.064 O$	Ultimate analysis	MJ/kg
Eq. (27)	$HHV = 0.4373 C - 1.6701$	Ultimate analysis	MJ/kg

<sup>a</sup> Dry biomass basis (wt.%).

<sup>b</sup> O\* is the sum of the contents of oxygen and other elements in the organic matter ( $O^* = 100 - C - H - Ash$ ).

Слика 1: Емпиријски обрасци за израчунавање горње топлотне моћи биомасе на основу података техничке и елементарне анализе

Пример за Задатак бр. 2:

За податке наведене у Табели 1, израчунати горњу топлотну моћ биомасе користећи обрасце под следећим бројевима (Слика 1): **(4)** и **(8)**.

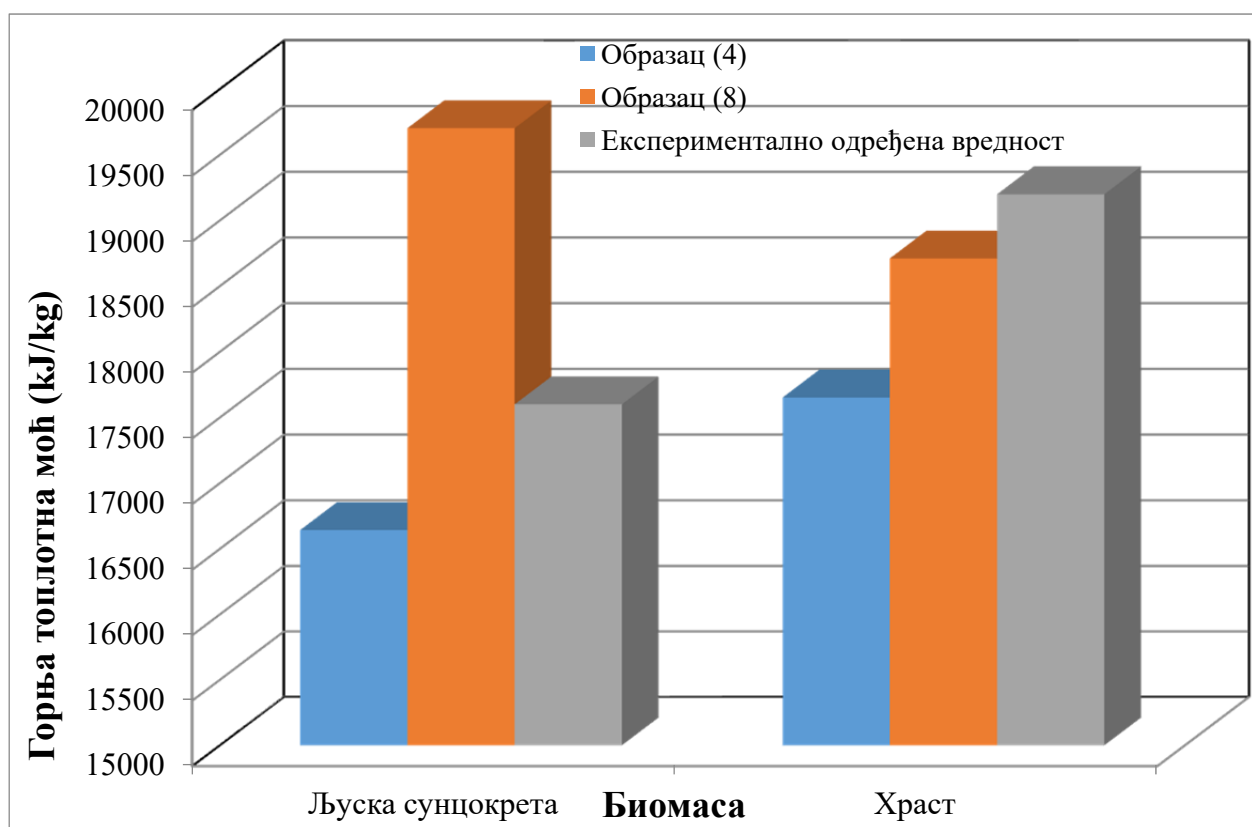
Добијене вредности горње топлотне моћи упоредити са експериментално одређеним вредностима приказаним у Табели 1. Поређење са експерименталним вредностима треба приказати графички и то:

- i. апсолутне вредности
- ii. разлике у односу на експериментално одређену топлотну моћ (%).

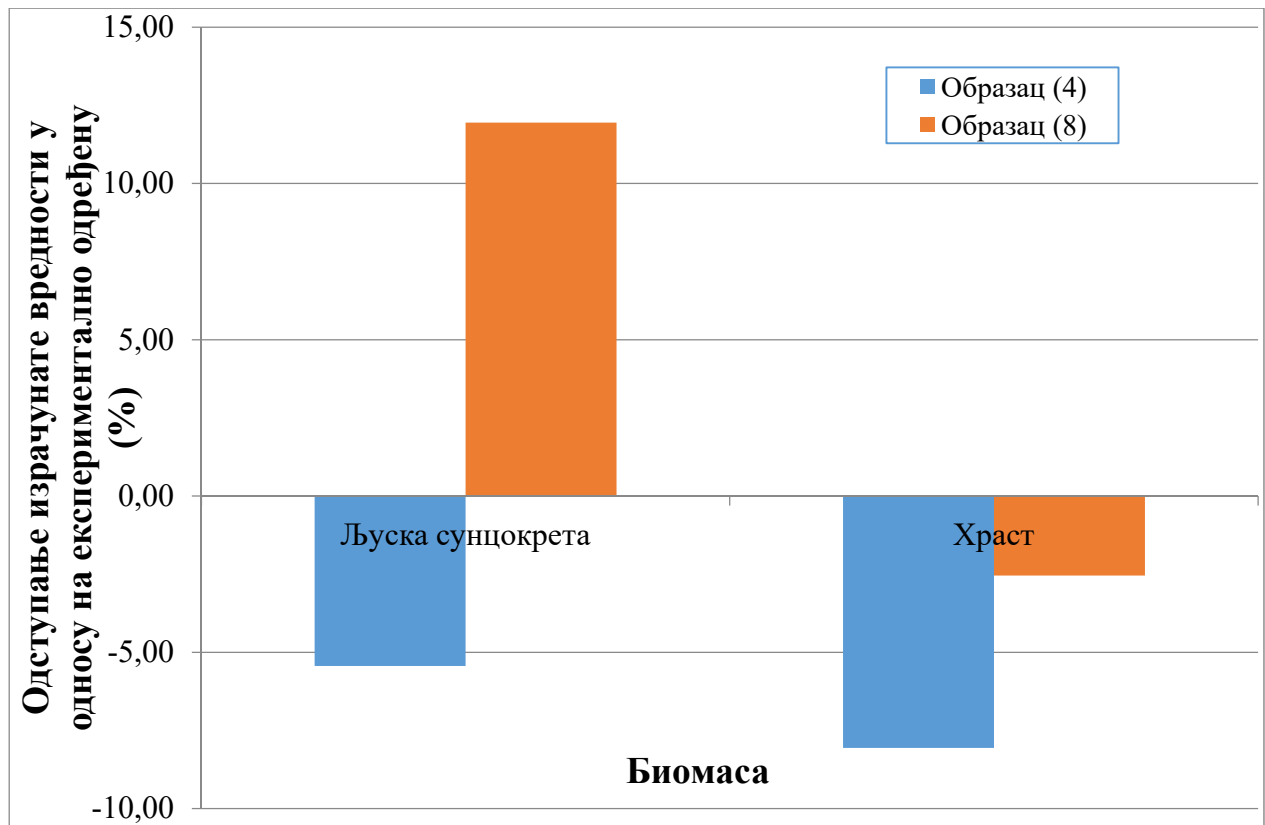
Табела 1: Подаци техничке и елементарне анализе за изабране узорке биомасе

Биомаса	A (% m/m)	Vg (% m/m)	K (% m/m)	C (% m/m)	H (% m/m)	O (% m/m)	N (% m/m)	S (% m/m)	Hg (kJ/kg)
Љуска сунцокрета	3,60	84,70	15,30	49,84	5,98	39,62	0,96	0,00	17600
Храст	4,05	77,45	22,55	46,80	6,09	40,36	2,70	0,00	19200

Израчунате вредности горње топлотне моћи према емпиријским обрасцима (4) и (8) и поређење са експериментално одређеним вредностима за љуску сунцокрета и храст приказани су на Сликама 2 и 3.



Слика 2: Апсолутне вредности горње топлотне моћи биомасе



Слика 3: Разлике у вредностима горње топлотне моћи одређене на различите начине

Пример за Задатак бр. 3:

Енергетско постројење које се користи за снабдевање топлотном енергијом и паром у оквиру неке фабрике састављено је од следећих ложних уређаја:

Топловодни котао	снага 2 MW
Врста горива	течно гориво (доња топлотна моћ 41.190kJ/kg)
Потрошња горива	174kg/h
Време рада	две смене:8+8 сати, 9 месеци годишње

На основу захтева инвеститора неопходно је извршити замену постојећег фосилног горива одговарајућим чврстим биогоривом и одредити:

- а. Укупну количину биогорива за годину дана рада поменутог постројења;
- б. Капацитет складишта (изражен у  $m^3$ ) који неопходно обезбедити да би се овакво гориво складиштило за најмање три месеца рада у регуларним радним режимима.

У наредном периоду предвиђено је да се користи следеће биогориво:

**Пелет од храста (доња топлотна моћ 18.240kJ/kg, насипна густина 700 kg/m<sup>3</sup>)**

Потрошња биогорива	kg/h	<b>393</b>
Укупна количина биогорива за годину дана рада постројења	t/god	<b>1.697</b>
Капацитет складишта	m <sup>3</sup>	<b>808</b>