

&

:'

—

,

μ

μ

—

2013

&

:'

—

,

μ

μ

, ()

μ ,

, .

μ

μ
M.Giganteus, Switchgrass Arundo Donax, 12.05, 11.68 9 .

: *Miscanthus, Switchgrass, Arundo Donax,* ,

ABSTRACT

Biomass is considered to be one of the most important renewable energy sources. The raw material is produced by the exploitation of solar energy, i.e. through the process of photosynthesis and other physicochemical processes occurred during each phase of the plant growth. The energy contained in the raw material after processing can be used for heat production, electricity, liquid or gas fuels, or in other applications. Significant amounts of energy are consumed for the production of plant biomass either through agricultural equipment throughout the growing season or during transport, either through fertilization of the crop or, more generally, any kind of energy included in a particular crop and the growing practice followed by each one field owner. It is important to determine in each case the energy inputs of the crop and the energy outputs that ultimately attributed as usable energy from a biomass crop from the harvesting to the biomass management and biomass-process unit. In the present study, the energy inputs of a biomass production system were modeled and analyzed and, by the use of computational tools, the various alternatives were assessed for the study of the energy balance of such a supply chain using different biomass sources (3 energy crops- Miscanthus, Switchgrass and Arundo Donax). These different energy crops assessed for a 10-year period at input-output energy supply chain level including production, harvesting and transporting to the process biomass unit after being analyzed thoroughly all the energy inputs in each one of them. According to the results of the present work, the energy consumption for the 3 crops assessed for a decade and is equal to 164.23 GJ, 231.03 GJ and 277.84 GJ per ha for M.Giganteus, Switchgrass and Giant reed, respectively. The energy efficiency of the crops proved to be satisfactory with coefficient of energy efficiency equal to 12.05, 11.68 and 9 for the three crops respectively.

Key words: *energy input, energy balance, biomass, energy crops, biomass supply chain.*

Περιεχόμενα

1	.....	14
1.1	.....	14
1.2	.....	14
1.3	μ	14
1.4	μ	15
1.5	.....	15
2	μ μ	17
3	.....	20
4	.....	27
4.1	.....	28
4.1.1	μ	28
4.1.1.1	μ	28
4.1.1.2	.....	31
4.1.1.3	μ	32
4.1.2	μμ	32
4.1.2.1	μ	33
4.1.2.1.1	.....	33
4.1.2.1.2	.....	36
4.1.2.2	.....	38
4.1.2.3	.....	40
4.1.2.3.1	.....	40
4.1.2.3.2	.....	40
4.1.2.3.3	μ	41
4.1.2.3.4	μ (, , μ).....	45

4.2	.....	48
5	μ	50
5.1	M.Giganteus	50
5.1.1	M.Giganteus	50
5.1.2	.....	51
5.1.3	.....	53
5.2	Switchgrass.....	57
5.2.1	Switchgrass.....	57
5.2.2	.....	58
5.2.3	.....	60
5.3	Arundo Donax	64
5.3.1	Arundo Donax.....	64
5.3.2	.....	65
5.3.3	.....	66
6	.....	70
6.1	μ μ	71
6.1.1	M.Giganteus.....	71
6.1.2	Switchgrass	73
6.1.3	Arundo Donax (Giant Reed).....	76
6.2	μ	78
6.3	μ	81
6.3.1	μ μ	81
6.3.2	.....	84
6.3.2.1	M.Giganteus	84
6.3.2.2	Switchgrass.....	85
6.3.2.3	Giant Reed.....	85

6.3.3		.....	86
6.3.4	μ	.....	87
6.3.4.1	μ	M.Giganteus	87
6.3.4.2	μ	Switchgrass	88
6.3.4.3	μ	Arundo Donax.....	88
6.3.5		.....	89
6.3.6		.....	89
6.3.7			
	-	.....	90
6.3.8	μ -	.....	91
6.4	μ	.....	92
7	μ	.....	94
7.1		M. Giganteus	94
7.2		Switchgrass.....	96
7.3		Arundo Donax	98
7.4	3	.....	100
8	μ μ -	.....	103
9		.....	105

μ	
1:	μ μ (: (15), (14) (17)).....29
2:	μ μ.....30
3:	μ μ μ (: (16)).....38
4:	μ μ (: (16)).....43
5:	μ μ (: (17)) .....44
6:	μ μ (: (14) (15)).....46
7:	μ .....47
8:	μ μ μ μ μ .....83
9:	μ μ μ μ 84
10:	μ μ μ.....89
11:	μ μ μ.....90
12:	μ μ μ - μ .....91
13:	μ μ μ μ.....92
15:	10
M.Giganteus	.....94
16:	10
Switchgrass	.....96
17:	10
Arundo Donax	.....98
18:	, 3 .....102

μ			
1:	μ	(8)	18
2:	M.Giganteus	(μ	
Heaton et al. (30)			51
3:	Switchgrass		59
4 :	M.Giganteus		72
5:	Switchgrass		74
6:	Giant Reed		77
7:	μ	μ μ	82

μ 1:	μ	μ	
M.Giganteus			95
μ 2:		MJ	,
μ	M.Giganteus.....		95
μ 3:		μ	
Switchgrass			97
μ 4:		,	
μ	Switchgrass		97
μ 5:		μ	
Arundo Donax			99
μ 6:		,	
μ	Arundo Donax.....		99
μ 7:			.....101

(, μ) (3).

Hamedani et al. (4). μμ

μ μ

Mikkola et al (5). Kallivrousis et al.

biodiesel (6).

2 Η Βιομάζα Ως Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας

« μ »

μ (, μμ

, ,

μ . .) μ μ μ

.

μ μ μ .

, μ μ μ ,

μ (μ) ,

μ . μ μ μ ,

μ , μ μ

μ μ μ μ , μμ (μ ,

, . .) (,

, μ . .) μ

(7).

μ .

μ μ μ .

μ , ,

.

μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ ,

μ μ μ μ μ μ

μ .

μ μ

μ :

1. μ μ μ ,

μ μ (CO₂)

μ . μ

μ ,

CO₂, μ



\cdot , μ μ , \cdot ,
 μ , \cdot ,
 μ μ μ μ , μ
 μ μ μ μ , μ
 μ (8).

- (Sorghum bicolor L.)
- (Hibiscus cannabinus L.)
- μ (Brassica napus, Brassica carinata) (8).

- μ : μ 220 μμ
μ . μ μ
μ 800 . ,
0.4% (9).
- μ 14% μ
1% μ μ .
μ μ
(9).
- μ 140%
μ μ (9).
- μ μ μ μ
μ , μ
μ .
μ (9).
- (>200 μμ
) , μ
μ μ μ
μ . μ μ (9).
- μ 1%.
μ μ
μ (9).
- μ μ
μ μ (9).
- μ μ μ μ μ 20

μ

2008.

5. μ μ 1

2008,

μ

μ

μ

μ

μ

.

6.

μ

μ

μ

μ

μμ

μ

μ

μ

(EE L 30)

μ

μ

.

μ

μ

μ

(.).

μ

μ

μ

μ

7.

μ

,

,

μ

μ

,

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ

μ

μ μ

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ ,

μ

μ , μ μ μ

μ μ (17).

μ μ

μ , μ

μ μ (18).

μ μ μ

, μ μ μ μ

μ μ , μ .

μ μ

((16), (15) (19), (3), (20) (13)). 2,

μ μ

2: μ μ				
	μ		μ	
μ	18-25	l/ha	885.8	MJ/ha
	13	l/ha	535.6	MJ/ha
	9-13	l/ha	453.2	MJ/ha
	6.1	l/ha	251.3	MJ/ha
	6-8	l/ha	288.4	MJ/ha
	3-4	l/ha	144.2	MJ/ha
	4	l/ha	164.8	MJ/ha
	24	l/ha	988.8	MJ/ha
μμ	4-10	l/ha	288.4	MJ/ha
μ μ	4	l/ha	164.8	MJ/ha
μ μ	1.9-3	l/ha	100.9	MJ/ha
μ	16.6	l/ha	683.9	MJ/ha
μ μ	1-3	l/ha	82.4	MJ/ha
μ	11-18	l/ha	597.4	MJ/ha
μ	0.079	l/tonne-km	3.3	MJ/tonne-km

μ μ μ μ

μ μ .

. 2 ,

, μ μ MJ/ha

μ μ

41.2 MJ/l,

1.

μ

μ

μ

μ

μ

μμ

4.1.1.2 Λιπαντικά

μ

,

μ

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ

,

μ

μ

,

μ

μ

μ

μ

,

μ

.

Alluvione et al.

0.010 l/ha

0.108 l/ha (19).

μ

μ

μ ,

μ

μ

μ

μ

μ

,

μ

μ

,

μ

,

,

μ

.

()

μ

μ

.

Saunders et al.

μ

μ

6-9 MJ/l

μ

μ

μ

.

μ

μ

(38.5 MJ/l)

,

μ

47.4 MJ/l

44.8 MJ/l

μ

(14).

4.1.1.3 Ηλεκτρισμός

μ
 . μμ μ
 . , μ
 μ ,
 μ μ (17).
 , μ μ
 3.6 MJ/kWh. , μ
 μ ,
 μ
 Saunders et al. μ μ ()
 μ μ 8.14
 MJ/kWh μ 10.37 MJ/kWh (14).
 μ μ
 μ μ μ
 μ μ .

4.1.2 Έμμεσες Ενεργειακές Εισροές

1/3 μ
 μ , 2/3
 μμ (15). μμ
 μ μ , μ ,
 μ μ .
 μ μ , μ .
 μ μ , μ ,
 μ μ μ
 μ μ μ
 μ μ μμ

μ

, μ μ

μ ,

.

μ μ . μ

μ μ μ

μ μ (5).

, μ

μ ,

μ .

6 138%

μ μ (5).

4.1.2.1.2 Ενεργειακές εισροές ανά γεωργική εργασία

μ

.

μ

μ

μ , Saunders et al.

65.5 MJ/kg

51.2 MJ/kg

μ μ (14). , Kitani et al. Safa et al.

Bowers μ

138 MJ/kg

μ μ μ 116 MJ/kg 180 MJ/kg μ μ (

(22), (15) (2)). Pellizzi μ

μ

μ

μ μ 9-10 MJ/kg- , μ

8-10 MJ/kg- μ μ 6-8 MJ/kg-

(23). Kitani (15). Saunders et al.

μ Wells μ

μ μ . μ μ

3 (15).

μ

μ

μ

Safa et al. (2).

3: μ μ (: (15))	
μ	μ (MJ/kg)
	138
	180
	149
	133
μ μ	129
	148
	116

μ

μ (, μ , μ) μ

μ

,

μ

μ μ

Wells

(16).

μ

μ

μ

μ

μ

.

4.1.2.2 Ανθρώπινη εργασία

μ

μ

.

μ

μ

μ

,

μ

((14)

(24)).

,

μ

μ

μ

,

,

,

,

μ

μ

.

μ

μ

μ

μ

, μ

(2).

μ

μ μ

μ 11

(25).

,

μ

μ

μ 35%

μ

μ

μ

μ

((26) (27)).

μ

,

,

μ

μ

,

,

μ

μ

.

μ

μ

.

μ

,

μ

-

μ

μ

μ μ

. Safa et al.

μ

μ

μ

μ

μ 1.96 MJ/h

μ

μ

0.8 MJ/h

(2).

Hamedani et al.

Banaeian ((4)

(28)).

μ

μ

μ

μ . Kitani

μ

μ

μ

:

,

μ

μ

μ

μ μ

1-93.2 MJ/ μ ,

, μ

μ μ

510-1450 MJ/ μ

(15).

(. . . ,) .

μ

μ

μ

μ

μ

()

μ

() (16).

μ

μ

μ , Wells

μ μ μ

μ

μ

8-15 MJ/kg

μ

1.0-1.5 MJ/kg

(16).

Banaeian

μ

μ

3.6

MJ/kg (28).

μ ,

μ

μ

μ ,

.

,

μ

,

μ

μ

μ

.

4.1.2.3.3 Λιπάσματα

μ

μμ

,

μ

μ

μ

,

μ

,

μ

.

μ

μ

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ

μ

.

,

μ

μ

(15).

μ

μ

40%

μ

μ

μ

.

,

(4).

15.

,

5 μ μ
((16) (14)).

μ . Pellizzi
μ μ μ : 73-75 MJ/kg μ (N), 13-
14 MJ/kg μ (P₂O₅) 9-10 MJ/kg μ
(K₂O) (23). Rathke et al. μ μ μ
μ μ 20 μ 32.2-
49.4 MJ/kg (29). Banaeian μ
μ N, P₂O₅ K₂O 66.14, 12.44 11.15 MJ/kg,
(28). μ , μ μ (IFA)
μμ 28-42 GJ/t μ μ μ
μ μ μ (30).

5: μ	
μ (: (16))	
μ	(MJ/kg)
N	65
P	15
K	10
S	5
Ca	0.6

μ μ , Rathke

μ , μ (29). , Aggarwal
μ μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ (31).

μ

μ

20, 30 20 MJ/kg,

μ μ

μ 3-8 MJ/kg, μ

μ μ μ μ

μ μ (μ)

μμ (μ μ

μ μ μ μ μ

μ) (15).

6: μ (: (13) (14))			
μ	(ai) (MJ/kg of ai)	(MJ/kg of ai)	(MJ/kg of ai)
(Paraquat, Diquat and Glyphosate)	440	110	550
()	200	110	310
μ	185	130	315
	100	110	210
μ	65	110	175
	5	115	120
μ	10	110	120

Barber μ

μ

μ (6) (13).

Saunders et al.

Barber μ

μ

‘ ’ μ 60 5 MJ/kg a.i. (active ingredient=), μ

μ

μ . ‘ μ ’ μ

μ 100 10 MJ/kg a.i.. μ

μ μ μ

μ μ

μ (14).

Kitani μ μ μ

μ 85-518 MJ/kg a.i., μ μ μ

μ μ 61-397 MJ/kg a.i. μ μ μ

μ μ 58-580 MJ/kg a.i. (15).

7: μ				
		μ		/μ μ
85-518	58-580	-	61-397	(15)/(MJ/kg ai)
550/310	-	315	210	(13)/(MJ/kg ai)
85-95	50-60	50-55	-	(23)/(MJ/kg)
270	-	-	-	(16)/(MJ/kg ai)
288	-	-	-	(29)/(MJ/kg ai)
120	-	-	120	(4)/(MJ/kg)
288	-	237	196	(3)/(MJ/kg)
238	101.2	-	216	(28)/(MJ/kg)

μ μ μ μ . Pellizzi

μ μ μ 50-60 MJ/kg, 85-95 MJ/kg 50-55 MJ/kg,

μ

μ (23). Wells μ

μ μ μ

270 MJ/kg μ μ μ

μ μ μ

μ μ

50%

MJ/kg (16). Rathke μ 5
 μ 288 MJ/kg a.i.. μ μ

μ Hülbergen et al. ((29) (3)). Hamedani
 μ

120 MJ/kg (4). Hülbergen et al. μ μ
 , μ μ 288 MJ/kg, 196 MJ/kg

237 MJ/kg , μ μ μ μ
 μ μ μ

μ 23 MJ/kg (3). , Banaeian μ μ
 μ , μ μ 101,20 MJ/kg,
 238,00 MJ/kg 216 MJ/kg (28).

7. μ μ μ μ μ μ
 μ μ , μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ
 μ 3 μ μ μ

4.2 Ενεργειακές Εκροές

μ μ μ μ μ μ
 . μ μ μ μ μ μ
 μ μ MJ GJ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ

5 Μελετώμενες Ενεργειακές Καλλιέργειες

5.1 M.Giganteus

5.1.1 Γενικά στοιχεία για τον M.Giganteus

M.Giganteus 15

-

.

C₄ . μ 15

3 - M.

sacchariflorus, *M. sinensis* *M. x Giganteus* -

μ

μ . μ μ

7 m μ μ

(32).

M.Giganteus

μ . ,

μ μ

, μ μ μ

μ (32). μ μ M.Giganteus

μ μ μ μ

μ

μ μ (33).

M.Giganteus μ

μ μ . , M.Giganteus μ

.

μ μ μ

μ μ μ

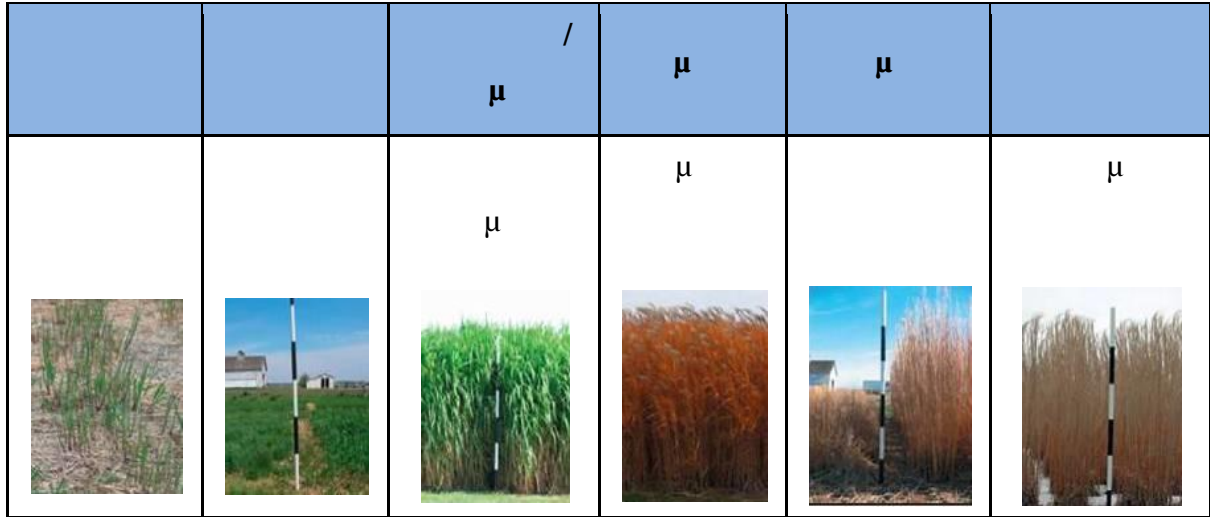
, ,

, μ μ μ

(32).

μ

2. μ M. Giganteus
 , 30% μ μ
 μ μ
 μ μ (34).



2: M.Giganteus (μ
 Heaton et al. (34)

5.1.2 Συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας

M.Giganteus

μμ μ μ μ 10% μμ
 μ μ μ μ μ 25%
 μ μ μ μ μ
 M.Giganteus. μ 70-95 mm μ
 500 mm M.Giganteus.
 M.Giganteus μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ

M.Giganteus μ 100-300

μ . ,
μ μ
, , μ μ

M.Giganteus (34).

, M. Sacchariflorus μ
μ μ ,

M. Sinensis.

M. Giganteus

μ

M. Sacchariflorus

M. Sinensis

.

μ ,
μ μ μ μ μ μ
. μ μ μ - .
μ , μ μ
. ,

(9).

5.1.3 Καλλιεργητικές Εργασίες

M.Giganteus μ
(μ),

(33).

Atkinson et al.

μ μ

μ μ , μ

μ

(35).

,

.

M.Giganteus μ

μ 15

,

μ - μ , μ

μ (9).

μ μ

μ μ (μ)

M.Giganteus (35).

M.Giganteus

μ

μ

μ μ

M.Giganteus (34).

M.Giganteus

: Uredinales, Ustilaginales, Sphaeropsidales, Clavicipitales, Hyphomycetes, Peronosporaceae Pythiaceae. M.Giganteus

(miscanthus streak virus).

M.Giganteus μ

. M.Giganteus μ

M.Giganteus

μ

M.Giganteus

(9).

M.Giganteus

μ

μ

μ

μ

μ

μ

μ

M.Giganteus

μμ

μ

μ

3-4 mg/l.

μ

50 kg N, 21 kg P₂O₅

45 kg

K₂O

μ

μ . M.Giganteus
 μ μ μ μ μ
 μ μ .
 μ , M.Giganteus μ
 . μ μ
 M.Giganteus (32).
 μ ,
 , , , . μ
 3-4 μ μ , ,
 , (9).

5.2 Switchgrass

5.2.1 Γενικά για το Switchgrass

switchgrass (*Panicum virgatum* L.) μ μ
 μ . μ
 μ 2 μ μ .
 μ μ 50-250 μ
 μ C4
 μ μ μ
 μ 6
 μ μ μ 25 μ
 μ μ μ
 μ 15 μ
 μ .
 switchgrass μ M.Giganteus. μ
 M.Giganteus, switchgrass μ ,
 . μ , μ
 μ μ M.Giganteus
 μ μ .
 switchgrass
 μ μ , μ
 μ ((36), (32) (9)).

switchgrass

. μ
 , μ , μ
 , μ ,
 , μ μ ,
 μ , μ
 ((37) (38)).

5.2.2 Συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας

switchgrass μ μ
 μ . μ μ Rothamsted ,
 μ . μ
 μ μ . μ
 switchgrass μ μ μ
 .
 switchgrass μ
 pH
 . μ μ
 μ
 μ μ .
 μ switchgrass
 (9).
 ,
 μ 10 C. μ
 μ 75% μ μ μ
 . ,
 μ .
 μ μ μ
 . μ μ
 μ μ μ
 μ μ μ
 μ μ μ

μ
switchgrass

μ

μ

μμ

μ μ pH (), switchgrass

willow

coppice (36).

switchgrass

μ

μ

μ

μ

μμ

μ pH μ 5 7.

Wilfred μ

(μ 75 kg N/)

μ

μ

μ switchgrass

μ

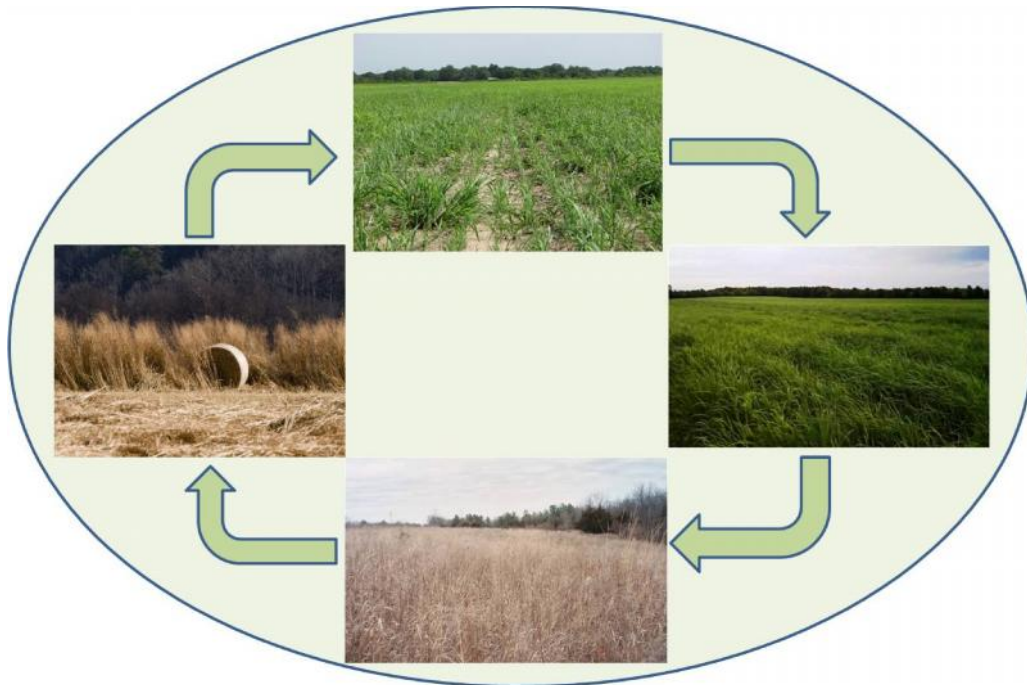
μ

μ

μ

μ

(32).



3:

Switchgrass

switchgrass

μ

μ

μ

μ

loxynil, bromoxynil, mecoprop, bentazone

CMPP. μ μ μ

μ μ μ

μ ‘ μ ’ μ

switchgrass, μ μ

switchgrass μ

μ switchgrass ,

μ switchgrass ((36) (9)).

μ μ μ

μ μ μ -

μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ

50 kg N/ha/ μ μ 0

μ μ 50 100 kg

N/ha/ μ μ

μ μ μ

μ μ μ μ μ

(lodging).

μ μ μ μ μ

μ μ μ (36).

2-3 () 4-5 ().

μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ

(36). μ

μ

50 cm

μ μ

μ μ μ μ 10 m² μ

μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ .

μ μ 70-82% (9).

giant reed

μ

μ - μ . , μ μ ()

μ μ . μ

μ μ μ μ . μ

μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ μ

giant reed μ ((9)

(43)). giant reed μ

μ μ μ , μ

μ μ μ

μ μ . 200

(9).

μ μ (43).

μ - μ , μ (9). μ

μ 100 / , .

μ . , μ (240 kg/ha) μ

μ μ μ μ μ μ (60 kg/ha). μ μ μ μ μ μ

(9).

μ μ μ μ μ ,

giant reed μ μ μ μ

μ



, μ
μ μ μ (1).

30 /

μ μ μ μ .

μ μ μ ,

μ μ 10-25

/ . μ

μ μ μ

μ μ ,

(33).

μ μ giant reed

. μ

μ μ .

μ μ μ ,

μ (10-15%) μ .

μ μ (9).

μ

μ

μ

μ

6.1 Ανάλυση γεωργικών εργασιών για τις μελετώμενες καλλιέργειες

6.1.1 M.Giganteus

M.Giganteus, μ , μ

μ μ

μ . μ

10 4.

μ

μ

μ μ μ

μ μ μ ,

M.Giganteus μ

μ μ

(33). , μ

μ μ 20 .

μ μ

μ μ , μ

μ μ

μ M.Giganteus. μ μ , μ

- μ μ μ boom-

type sprayer.

M.Giganteus, μμ , μ

μ μ

μ . ,

50 kg N, 21 kg P₂O₅ 45 kg K₂O

μ

(9).

μ

μ

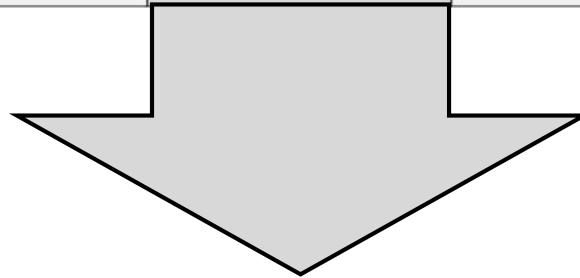
μ

μ

μ boom-type.

ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ M.Giganteus

	ΕΤΟΣ	
1.Όργωμα 2.Δισκοσβάρνισμα 3.Προ-φυτευτικός ψεκάσμος με ζιζανιοκτόνο	1	4.Φύτευση 5.Άρδευση 6.Λίπανση
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	2	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	3	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	4	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	5	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	6	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	7	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	8	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	9	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	10	3.Διαχείριση και Μεταφορά



ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ M.Giganteus

4 :

M.Giganteus

μ

μ

(34).

μ

, M.Giganteus

μ

μ

.

,

.

μ

,

μ

.

, M.Giganteus

μ

μ

μ

μ

,

μ

μ

μ

,

μ

(34).

μ

M.Giganteus

μ

μ

μ

μ

μ

μ

(

μ

μ

)

(

μ

μ

),

,

,

μ

μ

μ

μ

μ

M.Giganteus

μ

μ

μ

.

μ

μ

,

μ

μ

μ

μ

μ

μ

μ

M.Giganteus.

μ

μ

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ

.

-

μ

,

μ

-

μ

μ

,

μ

.

6.1.2 Switchgrass

switchgrass.

μ

,

M.Giganteus,

.

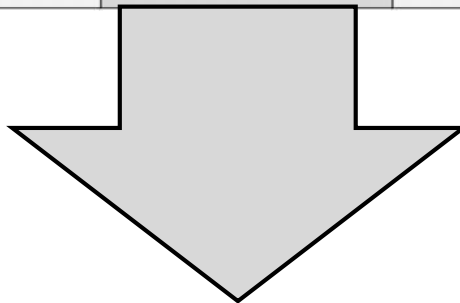
,

μ

5.

ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ SWITCHGRASS

	ΕΤΟΣ	
1.Όργωμα 2.Δισκοσβάρνισμα 3.Προ-σπαρτικός ψεκασμός με ζιζανιοκτόνο	1	4.Σπορά 5.Άρδευση 6.Λίπανση (χωρίς N)
1.Έλεγχος ζιζανίων 2.Λίπανση	2	3.Συγκομιδή 4.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	3	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	4	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	5	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	6	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	7	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	8	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	9	3.Διαχείριση και Μεταφορά
1.Λίπανση 2.Συγκομιδή	10	3.Διαχείριση και Μεταφορά



ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΙΑ ΤΟ SWITCHGRASS

5:

Switchgrass

switchgrass μ μ ,
 μ M.Giganteus. μ ,
 μ μ . μ ,
 μ μ μ
 switchgrass .
 , - μ -

μ boom-type

switchgrass.

(44).

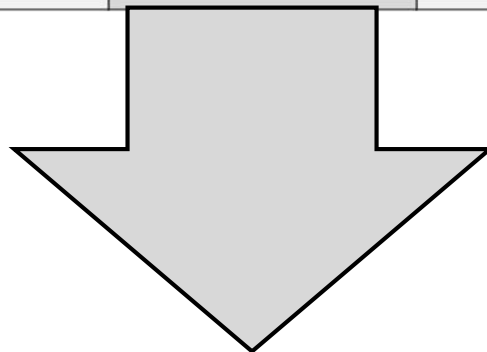
boom-type.

switchgrass

switchgrass

ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ GIANT REED

	ΕΤΟΣ	
1. Προφυτευτική ενσωμάτωση θρεπτικών στοιχείων 2. Όργωμα 3. Φύτευση	1	4. Άρδευση 5. Συγκομιδή 6. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	2	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	3	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	4	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	5	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	6	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	7	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	8	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	9	3. Διαχείριση και Μεταφορά
1. Λίπανση 2. Συγκομιδή	10	3. Διαχείριση και Μεταφορά



ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΙΑ ΤΟ GIANT REED

6: Giant Reed
 giant reed μ μ μ 10 μ 2 μ
 μ μ μ .

μ . μ μ μ μ
 μ , μ
 μ
 M.Giganteus. μ
 μ μ ‘ ’. μ μ
 μ μ
 (μ). giant reed μ
 μ - .
 arundo donax μ μ μ μ
 μ , μ μ μ
 μ μ , μ
 . μ
 μ μ .
 μ μ , μ
 μ μ μ μ . μ μ
 μ giant reed μ
 μ μ μ . μ ,
 μ
 μ μ μ μ
 , μ μ μ . μ μ
 μ μ , μ μ μ μ ,
 μ , μ μ μ μ μ
 .

6.2 Ανάλυση μεθοδολογίας

μ
 μ μ μ μ
 μ μ . μ μ
 μ . μ



M.Giganteus

μ μ

μ . μ

μ .

μ , μ

μ μ

.

μ : μ , μ

, μ μ

μ , μ μ ,

μ , μ , μ ,

- , μ μ

μ , μ μ

μ μ , μ μ

μ . μ ,

μ

μ .

, μ μ

. μ μ ,

μ μ μ

μ μ : μ μ

μ ,

μ . , μ μ

μ

μ μ .

6.3 Εκτίμηση των κύριων ενεργειακών εισροών

6.3.1 Γεωργικά μηχανήματα

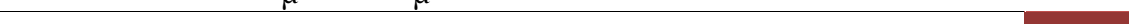
μ μ - μ μ μ

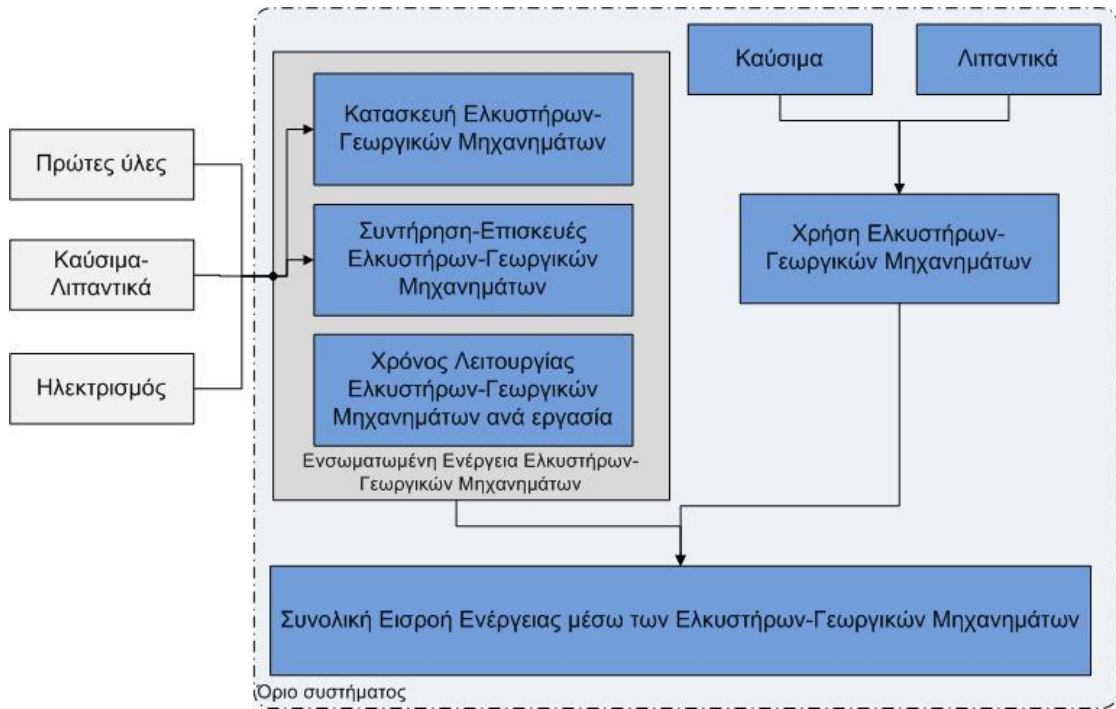
- μ ,

μ μ

μ μ .

μ μ





7: μ μ μ

, μ

μ , μ

μ μ μ

μ μ Kitani (3)

μ μ

(15). μ Kitani μ

μ μ MJ/kg μ μ . μ

μ μ μ μ μ μ

Wells Alluvione et al. μ

, μ ,

μ μ ((16) (19)).

μ μ

μ μ μ μ μ μ

μ μ .

μ
μ ASABE – American Society of Agricultural and
Biological Engineers (45). μ ,

μ μ
μ μ
μ m²/h,
μ μ
m³/h μ -
μ . μ μ , μ
ASABE, μ , μ μ , μ μ
μ μ
μ μ
μ 3 μ . 8
μ μ μ

8: μ μ μ μ μ μ μ							
μ μ	μ μ μ (MJ/kg)	(m)	μ (m/s)	(%)	μ (kg)	μ μ (h)	μ (m ²)
4WD/	138/ 180	3	1.94	0.85	4567/ 1500	16000/ 2000	10000
4WD/	138/ 149	6	2.78	0.80	4567/ 1500	16000/ 2000	10000
2WD/	138/ 133	6	2.5	0.65	2925/ 1300	12000/ 1500	10000
2WD/	138/ 129	18	3.06	0.70	2925/ 1700	12000/ 1200	10000
4WD/	138/ 116	3	1.38	0.70	4567/ 2000	16000/ 2500	10000
μ 2WD/	138/ 100	-	5.55	-	2925/ -	12000/ 3000	-

6.3.2 Λίπανση

μ (MJ/kg)	μ P ₂ O ₅ (MJ/kg)	μ K ₂ O (MJ/kg)	μ (kg)	μ (m ²)
78.1	17.4	13.7		10000

6.3.2.1 Σενάριο λίπανσης για το *M.Giganteus*

M.Giganteus μ 50kg N, 21 kg P₂O₅ 45 kg K₂O

single superphosphate 108 kg, potassium chloride, 116 kg/

single superphosphate 18% P₂O₅ potassium chloride 40% K₂O.

M.Giganteus

M.Giganteus, μ

M.Giganteus, μ

78.1 MJ/kg P₂O₅ 13.7 MJ/kg K₂O, μ μ μ

Kitani (15).

6.3.2.2 Σενάριο λίπανσης για το Switchgrass

switchgrass,
 μ , μ μ μ
 ,
 μ
 . μ ,
 μ μ μ
 μ () μ 2 μ
 μμ .
 μ μ μ
 , single superphosphate potassium chloride μ
 46% , single superphosphate 18% P₂O₅ potassium
 chloride 40% K₂O.

switchgrass,
 M.Giganteus, μ
 , μ μ μ μ (15)
 μ
 μ μ μ
 μ μ μ .

6.3.2.3 Σενάριο λίπανσης για το Giant Reed

μ Giant Reed,
 μ μ
 μ .
 μ μμ () μ
 μ μ μ μ . ,
 : μ
 8 kg/ μμ , 20
 kg/ μμ 10 kg/ μμ .
 μ :
 μ μ ,

μ 5 / μμ μ 10
/ μμ . μ

(46%), single superphosphate (18%)

potassium chloride (40%)

μ .

μ μ , μ

μ , M.Giganteus μ Kitani

μ μ MJ/kg μ (15). , μ

μμ , μ μ μ

μ μ μ giant reed μ

μ .

6.3.3 Μέσα αναπαραγωγής

μ , μ ,

..

μ

μ μ

μ

,

μ μ μ

μ

μ

μ μ μ μ / μ .

M.Giganteus μ μ

μ . M.Giganteus

2-4 μ m². μ

M.Giganteus 2 – μ 2 μ –
m². μ μ

M.Giganteus 1.5 MJ/kg μ . μ μ

50 μμ μ μ μ μ

μ μ μ μ

M.Giganteus.

(switchgrass),

switchgrass 350-400 μ 100% 10-15%

switchgrass 0.001 g μ

switchgrass 4 MJ/kg μ

switchgrass.

Reed M.Giganteus Giant Reed. Giant

giant reed 8 μ μ

500 g. μ 8 MJ/kg

4 MJ/ μ μ

Giant reed μ μ

6.3.4 Αγροχημικά

6.3.4.1 Αγροχημικά για τον M.Giganteus

M.Giganteus

μ μ

μ μ Lewandowski et al., μ μ

M.Giganteus μ

(43). μ μ

M.Giganteus Glyphosate μ μ

μ μ μ μ μ μ

μ μ μ 454 MJ/kg

(15) μ

μ .

μ , μ 908 MJ/kg μ

Glyphosate.

M.Giganteus

μ

μ (, μ). , μ

μ μ glyphosate

6.3.4.2 Αγροχημικά για το Switchgrass

μ switchgrass μ

μ

μ Glyphosate

switchgrass, μ μ

,

μ

. μ μ

μ

μ

μ

μ

.

μ

μ

μ

μ

switchgrass ,

.

6.3.4.3 Αγροχημικά για το Arundo Donax

Arundo Donax μ μ

μ .

μ

μ

μ

μ . , '

μ

μ .

6.3.5 Ανθρώπινη Εργασία

μ (μ μ μ μ μ , μ)
 μ . μ
 μ Safa et al., Banaeian Hamedani et al. ((2), (28) (4)).

μ 1.96 MJ/ . μ μ
 μ μ

10.

10: μ μ μ			
μ (MJ/h)	μ (m/s)	μ (m)	μ (m ²)
1.96	m*	m*	10000

*m: μ μ μ

6.3.6 Μεταφορά από και προς το χωράφι

μ
 μ . μ μ
 μ μ μ (μ , μ .)
 μ μ μ .
 μ μ μ ,
 μ μ μ - -
 . μ
 μ μ μ
 μ . μ
 μ μ μ μ
 , μ

11.



11:

μ

μ

μ

(MJ)

(MJ)

(MJ)

(MJ)

μ (MJ/l)	μ (l/km)	μ (m)	(MJ/l)	(Kw)	μ (m/s)	μ (m)	μ / μ (MJ/kg)	μ (m/s)	μ / μ (kg)	μ / μ (h)	μ (MJ/h)	μ (m/s)	μ (m)
41.2	0.1	1000	46	50/80	5.55	1000	m*	5.55	m*	m*	1.96	5.55	1000

*m: μ μ

6.3.7 Μεταφορά από και προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας-αποθήκευσης

μ μ μ .

μ .

μ .

μ μ , ,

μ μ , μ , μ ,

μ . μ μ μ

μ μ μ .

12 μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ μ μ

μ . , μ μ μ μ

12: μ μ - μ μ		
(MJ) μ	μ (MJ/l)	41.2
	μ (l/ μ)	m*
	μ (m/s)	5.55
	μ (m ³)	<=10 <=30 >30
	μ (kg)	m*
	μ (kg/m ³)	m*
	(m)	1000
(MJ)	μ (MJ/l)	46
	(kW)	50/80
	μ (s)	m*
μ μ (MJ)	μ μ / (MJ/kg)	138 / 100
	/ (kg)	2925 / m*
	μ (s)	m*
	/	12000 / 3000
(MJ)	μ (MJ/h)	1.96
	μ (s)	m*

*m: μ

6.3.8 Καύσιμα-Λιπαντικά

41.2 MJ/l ((16) (13)).

μ
 Saunders et al., μ 46 MJ/l (14). μ
 μ μ μ
 μ μ
 13 μ μ
 μ μ

13: μ μ μ μ						
μ (MJ/l)	μ (MJ/l)		μ	μ	(%)	μ (m ²)
41.2	46	50/80	m*	m*	m*	10000

*m: μ

6.4 Εκτίμηση των ενεργειακών εκροών

μ μ μ ,
 , μ μ
 . μ μ
 μ μ
 μ
 μ
 μ M.Giganteus, switchgrass
 giant reed 22 MJ/m², 30 MJ/m² 25 MJ/m², .
 μ 3 μ
 μ
 3 18-27 MJ/m², 18-36 MJ/ m² 18-36 MJ/ m² (8).
 μ
 μ μ μ .
 μ
 μ 2 kg/m², 1.1 kg/m² 2 kg/m², M.Giganteus,

Switchgrass

Giant reed,

. μ

μ

μ ,

μ

μ μ

.

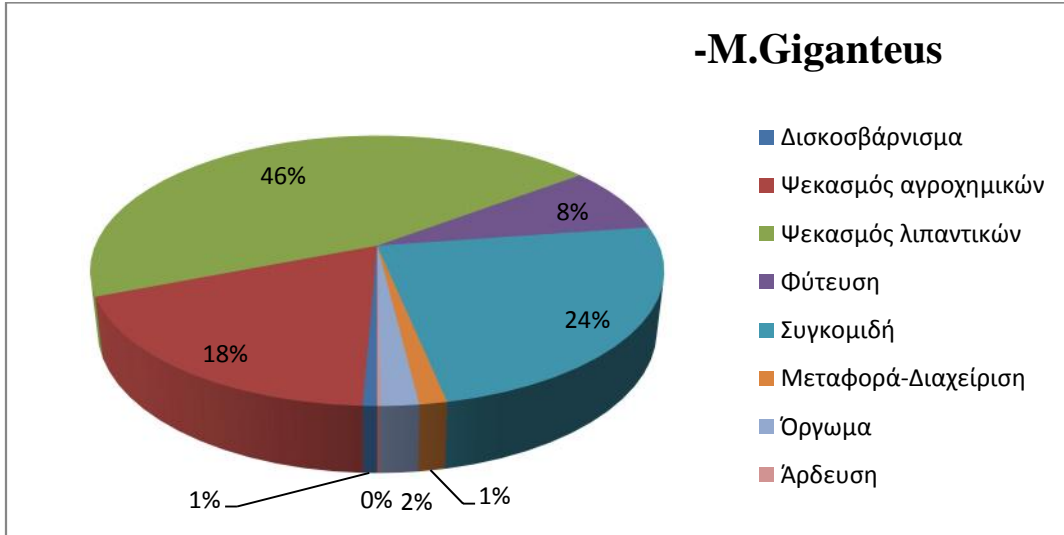
7 Αποτελέσματα

μ , μ μ μ μμ μ MatLab[®]. μ μ μ μ μ μ μ μ μ . μ μ μ μ μ μ .

7.1 M. Giganteus

M.Giganteus, μ μ 8. μ μ μ 1. μ 2 μ μ μ μ M.Giganteus.

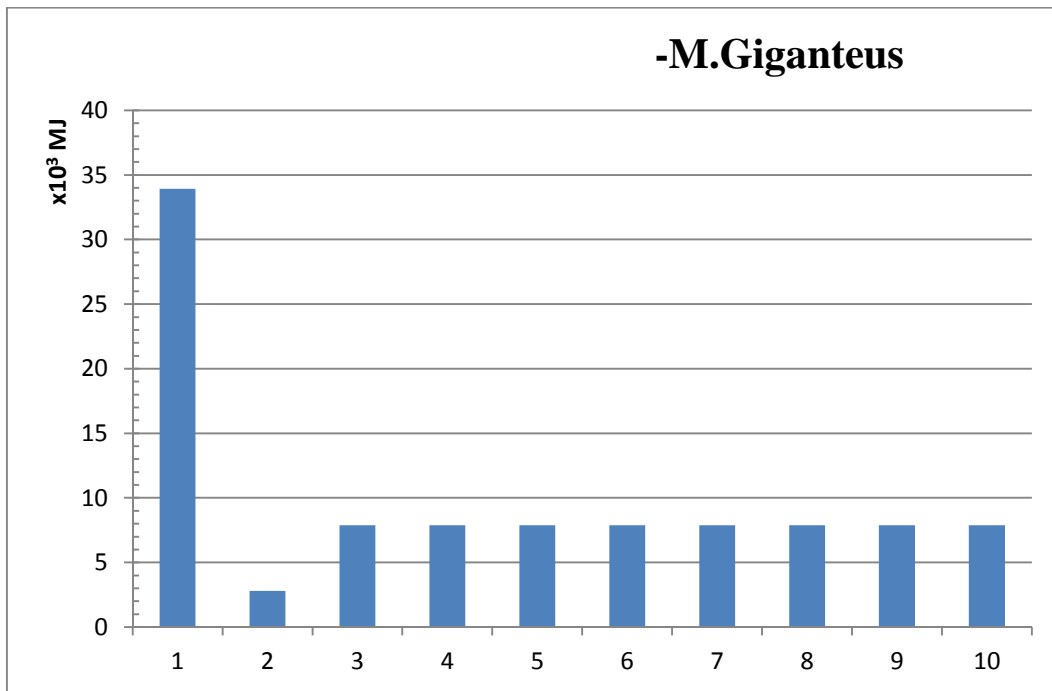
14: M.Giganteus		10
		(MJ)
μ		665
μ μ		18337
μ		45577
		7904
μ		24001
-		1301
μ		1771
		174



μ 1:

μ

M.Giganteus



μ 2:

MJ

μ

M.Giganteus

μ

μ

μ

1980000 MJ

μ μ

μ μ

2 kg/m².

μ

μ

99730 MJ

μ



$$\frac{E|..., g}{Ez†..., g}$$
 μ μ μ 19.85.

μ μ M.Giganteus μ

μ μ .

7.2 Switchgrass

switchgrass, μ

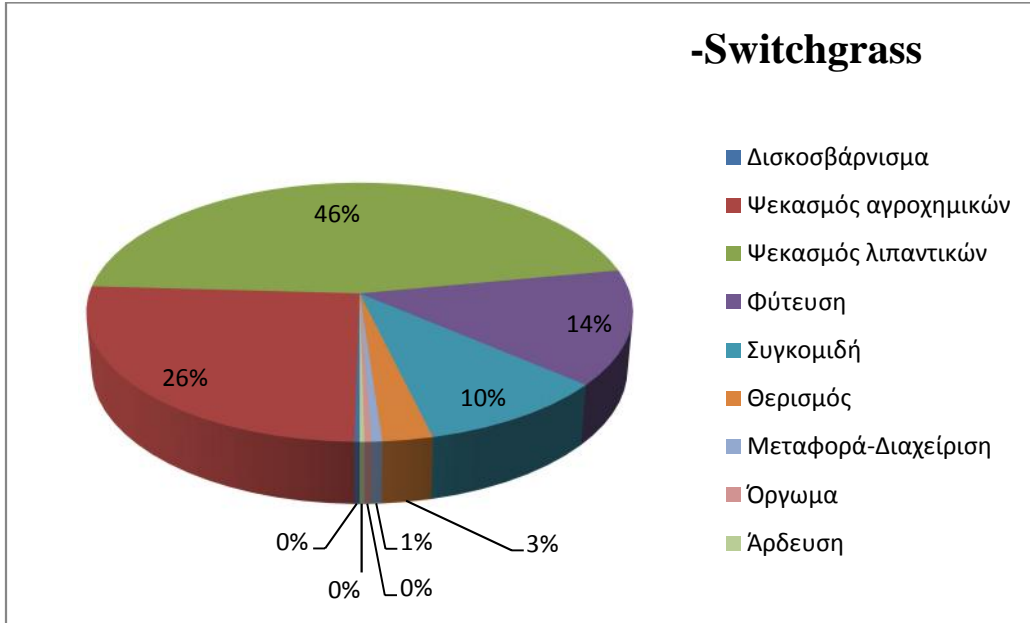
μ 3. μ 4 9 ,

μ switchgrass.

μ

switchgrass.

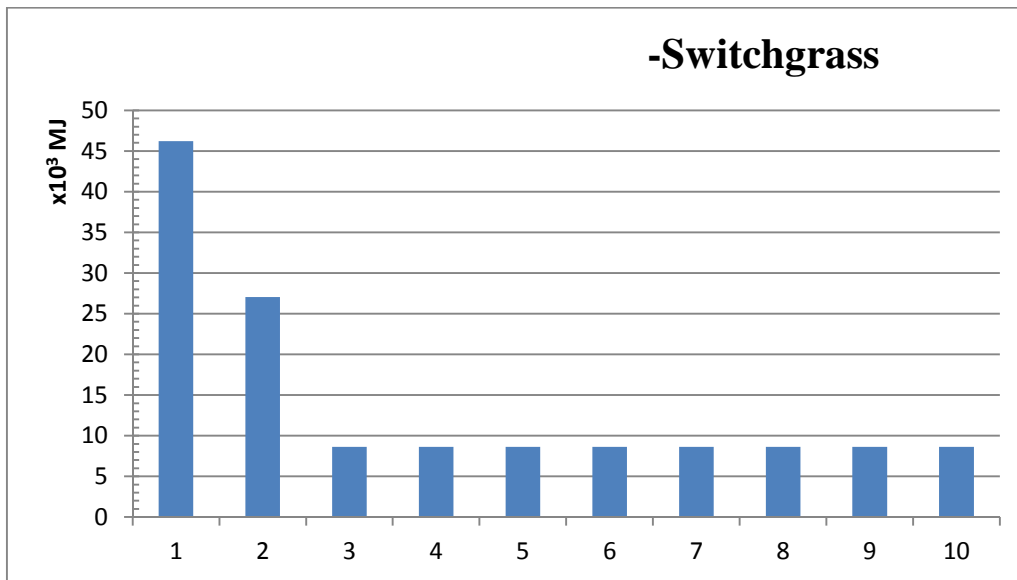
15: Switchgrass 10	
	(MJ)
μ	377
μ μ	36486
μ	65623
	20367
μ	14140
μ	3681
-	775
μ	509
	347



μ 3:

μ

Switchgrass



μ 4:

,

μ

Switchgrass

μ μ

switchgrass

μ

2700000 MJ

μ μ

μ μ

1.1. kg/m².

μ ,

μ

231029 MJ

,

μ

$$\frac{E|..., g}{Ez†..., g}$$

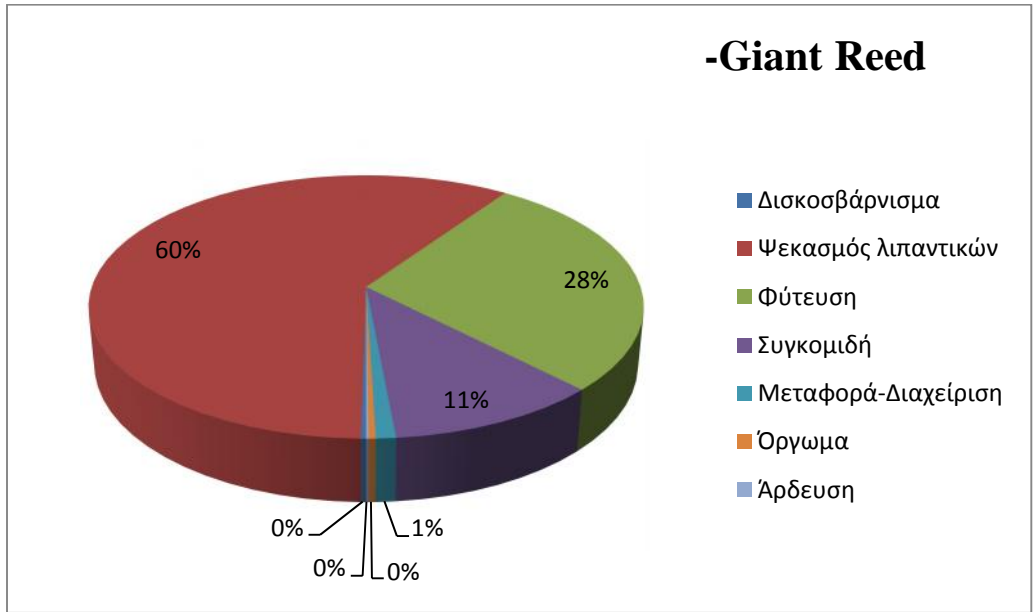
μ μ μ 18.97. μ μ
 switchgrass μ

7.3 Arundo Donax

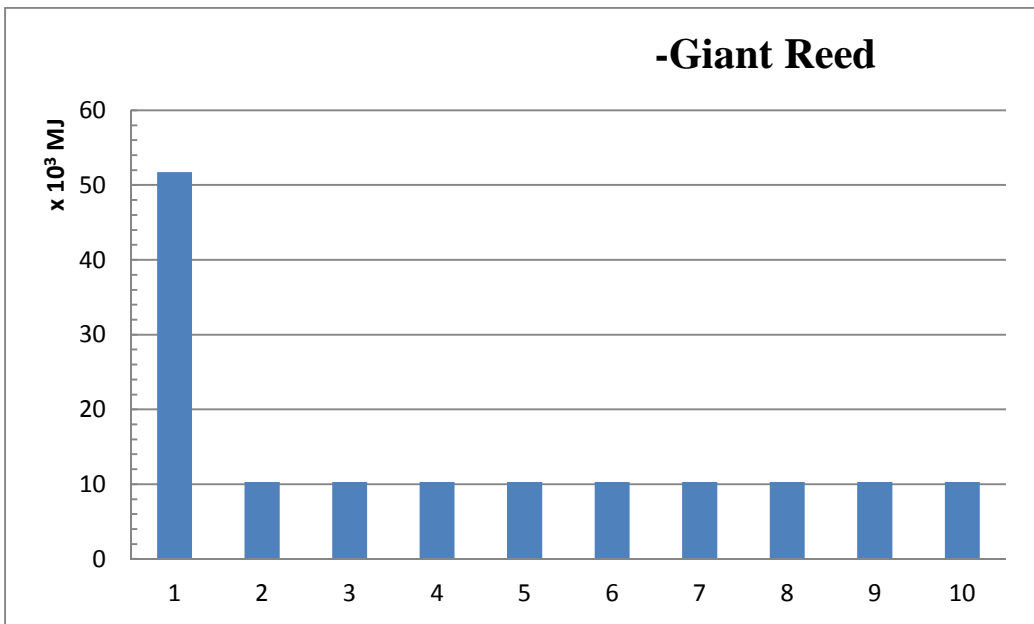
, giant reed

μ . μ
 10
 μ 5. μ 6
 , μ
 arundo donax. μ
 giant reed.

16: Arundo Donax 10	
	(MJ)
μ	377
μ μ	0
μ	85708
	40379
μ	15711
μ	0
-	1455
μ	509
	174

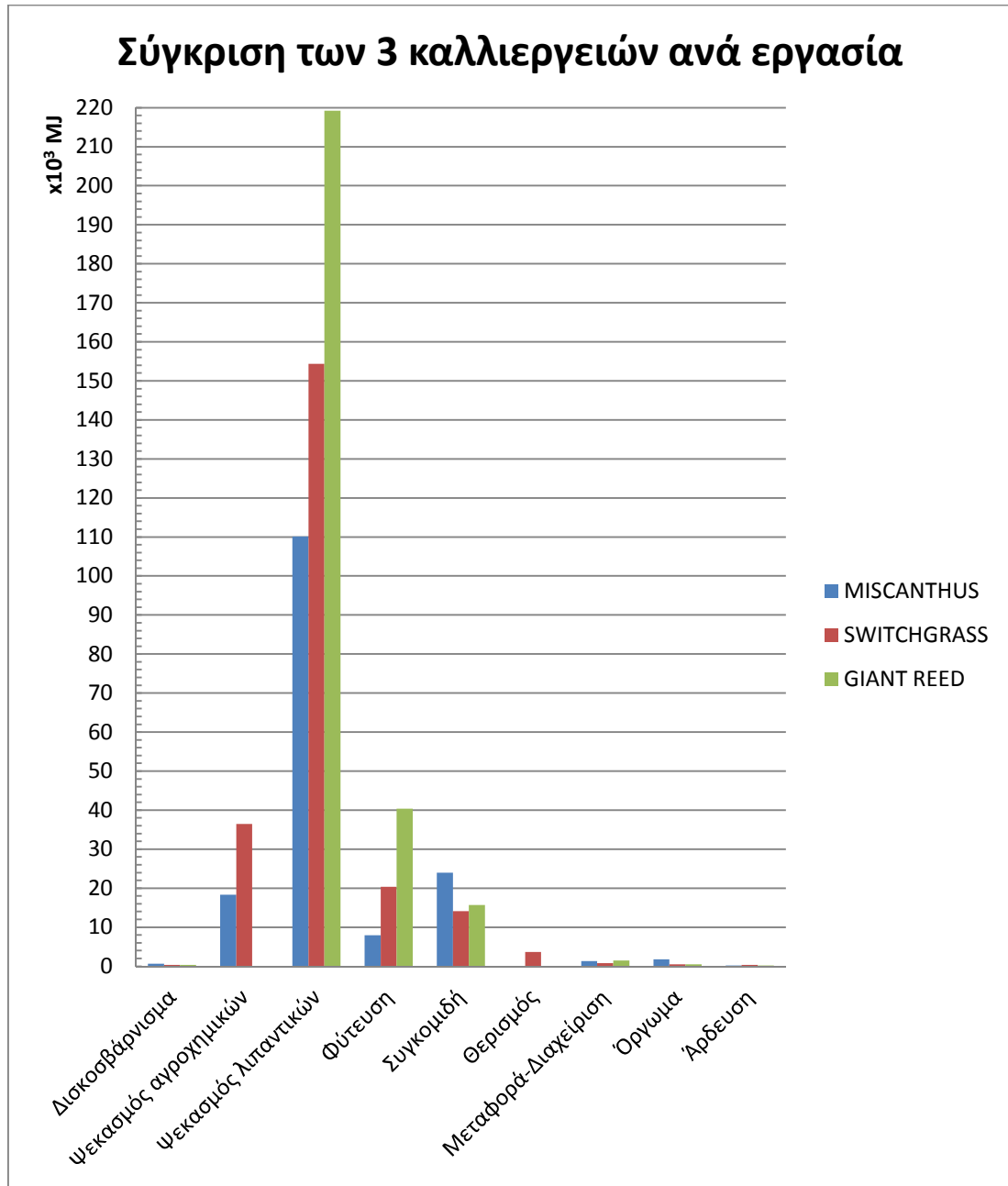


μ 5: μ Arundo Donax



μ 6: μ Arundo Donax
μ μ arundo donax

2500000 MJ
μ μ μ μ μ μ μ μ μ μ
2 kg/m². μ , μ μ μ μ μ μ μ μ μ μ
, 144311 MJ , μ



μ 7:

11

μ (,

)

3 μ

μ

μ

3

μ

μ

μ

MJ

Arundo donax, Switchgrass
 M.Giganteus, μ
 Switchgrass, Arundo donax M.Giganteus.
 μ μ ,
 M.Giganteus Switchgrass. μ
 Arundo Donax.

17: ,			
3			
	(MJ)	(MJ)	
M.Giganteus	164235	1980000	12.05
Switchgrass	231029	2700000	11.68
Arundo Donax	277840	2500000	9

Arundo Donax ,
 70% μ M.Giganteus 20%
 μ Switchgrass.
 Arundo Donax 8% μ Switchgrass
 26% M.Giganteus, μ
 Arundo Donax μ
 μ μ .
 M.Giganteus, μ μ
 μ . μ
 M.Giganteus 40% Switchgrass, 36%



. , μ μ μ
 μ μ ,
 μ μ , μ μ μ
 (μ -) . μ
 μ μ μ μ
 μ μ , μ μ μ μ . , μ
 μ μ ,
 μ μ μ μ
 μ μ μ μ .
 μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ . , μ μ
 μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ .

9 Βιβλιογραφία

1. **Angelini L.G., Ceccarini L., Bonari E.** Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*. 2005, 22, pp. 375-389.
2. **M. Safa, S. Samarasinghe, M. Mohssen.** A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy Conversion and Management*. 2011, 52, pp. 2526-2532.
3. **K.-J. Hülsbergen, B. Feil, S. Biermann, G.-W. Rathke, W.-D. Kalk and W. Diepenbrock.** A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2001, 86, pp. 303-321.
4. **S. R. Hamedani, Z. Shabani and S. Rafiee.** Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. *Energy*. 2011, 36, pp. 2367-2371.
5. **Hannu J. Mikkola and Jukka Ahokas.** Indirect energy input of agricultural machinery in bioenergy production. *Renewable Energy*. 2010, 35, pp. 23-28.
6. **L. Kallivroussis, A. Natsis, G. Papadakis.** The Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece. *Biosystems Engineering*. 2002, pp. 347-354.
7. <http://el.wikipedia.org>. μ . 2013.
8. . *Biomass Guide*.
9. **Bassam El N.** *Handbook of Bioenergy Crops-A Complete Reference to Species, Development and Applications*. 2010.
10. <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3711>. Y & μ . [] 2012.
11. *Greenhouse gas emissions and energy balance of palm oil biofuel*. **PereiradeSouza, S.,** . s.l. : Elsevier, 2010, μ. 35.
12. *Improving the energy balance of bioethanol production from winter cereals: the effect of crop production intensity*. **Rosenberger, A.,** . s.l. : Elsevier, 2001, μ. 68.
13. **Barber, Andrew.** *Seven Case Study Farms: Total Energy & Carbon Indicators for New Zealand Arable & Outdoor Vegetable Production*. s.l. : AgriLINK New Zealand Ltd, 2004.

14. **Caroline Saunders, Andrew Barber and Greg Taylor.** *Food Miles – Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand’s Agriculture Industry.* s.l. : Agribusiness and Economics Research Unit, 2006.
15. **Osamu Kitani, Thomas Jungbluth, Robert M. Peart and Abdellah Ramdani.** *CIGR Handbook of Agricultural Engineering.* s.l. : CIGR–The International Commission of Agricultural Engineering, 1999. Vol. V.
16. **Wells, Colin.** *Total Energy Indicators of Agricultural Sustainability: Dairy Farming Case Study.* Wellington : Ministry of Agriculture and Forestry, 2001.
17. **Safa M., Samarasinghe S.** CO2 emissions from farm inputs ‘Case study of wheat production in Canterbury’. *Environmental pollution.* 2012, 171, pp. 126-132.
18. **M. Safa, S. Samarasinghe and M. Mohssen.** Determination of fuel consumption and indirect factors affecting it in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy.* 2010, 35, pp. 5400-5405.
19. **Francesco Alluvione, Barbara Moretti, Dario Sacco and Carlo Grignani.** EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy.* 2011, 36, pp. 4468-4481.
20. **G.-W. Rathke and W.Diepenbrock.** Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy.* 2006, 24, pp. 35-44.
21. **Smil, Vaclav.** *Energy in nature and society: general energetics of complex systems.* Cambridge : The MIT Press, 2008.
22. **Bowers, W.** Agricultural field equipment. Energy in farm production. *Energy in World Agriculture.* 1992, pp. 117-129.
23. **Pellizzi, G.** Use of Energy and Labour in Italian Agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research.* 1992, 52, . 111-119.
24. **Sartori L., Basso B., Bertocco M. and Oliviero G.** Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. *Biosystems Engineering.* 2005, 91, pp. 245-256.
25. **Pimentel D., Marklein A., Toth A. M., Karpoff N. M., Gillian S. P., McCormack R., Kyriazis J. and Krueger T.** Food versus biofuels: environmental and economic costs. *Human Ecol.* 2009, 37, pp. 1-12.

-
26. **Pimentel D., Hepperly P., Seidel R., Hanson J. and Douds D.** Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience*. 2005, 55, pp. 573-582.
27. **Wallgren C. and Höjer M.** Eating energy—Identifying possibilities for reduced energy use in the future food supply system. *Energy Policy*. 2009, 37, pp. 5803-5813.
28. **N. Banaeian and M. Zangeneh.** Study on energy efficiency in corn production of Iran. *Energy*. 2011, 36, pp. 5394-5402.
29. **G.-W. Rathke, B.J. Wienhold, W.W. Wilhelm and W. Diepenbrock.** Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. *Soil & Tillage Research*. 2007, 97, pp. 60-70.
30. *Energy efficiency and CO2 emissions in ammonia production.* **IFA.** Paris : s.n., 2009.
31. **Aggarwal G.C.** Fertilizer and irrigation management for energy conservation in crop production. *Energy*. 1995, 20, pp. 771-776.
32. **Wilfred, Vermerris.** *Genetic Improvement of Bioenergy Crops.* s.l. : University of Florida, 2008.
33. **Angelini Luciana G., Lucia Ceccarini, Nicoletta Nassi o Di Nasso, Bonari Enrico.** Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and bioenergy*. 2009, 33, pp. 635-643.
34. **Heaton Emily A., Frank G. Dohleman, A. Fernando Miguez, John A. Juvik, Vera Lozovaya, Jack Widholm, Olga A. Zabotina, Gregory F. Mcisaac, Mark B. David, Thomas B. Voigt, Nicholas N. Boersma and Stephen P. Long.** *Miscanthus: A Promising Biomass Crop.* *Advances in Botanical Research*. 2010, 56, pp. 75-137.
35. **Atkinson C.J.** Establishing perennial grass energy crops in the UK: A review of current propagation options for *Miscanthus*. *Biomass and bioenergy*. 2009, 33, pp. 752-759.
36. **Christian D.G., H.W. Elbersen, N. El Bassam, G. Sauerbeck, E. Alexopoulou, N. Sharma, I. Piscioneri, P. de Visser and D. van den Berg.** *Final Report: Switchgrass (Panicum virgatum L.) as an alternative energy crop in Europe-Initiation of a productivity network.* 2001.

37. **Piscioneri I., Pignatelli V., Palazzo S. and Sharma N.** Switchgrass production and establishment in the Southern Italy climatic conditions. *Energy Conversion & Management*. 2001, 42, pp. 2071-2082.
38. **Garten Jr. C.T., J.L. Smith, D.D. Tyler, J.E. Amonette, V.L. Bailey, D.J. Brice, H.F. Castro, R.L. Graham, C.A. Gunderson, R.C. Izaurrealde, P.M. Jardine, J.D. Jastrow, M.K. Kerley, R. Matamala, M.A. Mayes, F.B. Metting, R.M. Miller, K.K. Moran, W.M. Post.** Intra-annual changes in biomass, carbon, and nitrogen dynamics at 4-year old switchgrass field trials in west Tennessee, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2010, 136, pp. 177-184.
39. **Miesel Jessica R, Mark J. Renz, Julie E. Doll and Randall D. Jackson.** Effectiveness of weed management methods in establishment of switchgrass and a native species mixture for biofuels in Wisconsin. *Biomass and Bioenergy*. 2012, 36, . 121-131.
40. **Elizabeth E. Hood, Peter Nelson and Randall Powell.** *Plant Biomass Conversion*. s.l. : Wiley-Blackwell, 2011.
41. **Mantineo M., G.M. D'Agosta , V. Copani , C. Patane, S.L. Cosentino.** Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 2009, 114, pp. 204-213.
42. **Nassi o Di Nasso N., L.G. Angelini, E. Bonari.** Influence of fertilisation and harvest time on fuel quality of giant reed (*Arundo donax L.*) in central Italy. *European Journal of Agronomy*. 2010, 32, pp. 219-227.
43. **Lewandowski I., Jonathan M.O. Scurlock, Eva Lindvall, Myrsini Christou.** The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*. 2003, 25, pp. 335-361.
44. **S.Sokhansanj, S.Mani, A.Turhollow, A.Kumar, D. Bransby, L. Lynd and M. Laser.** Large-scale production, harvest and logistics of switchgrass (*Panicum virgatum L.*) – current technology and envisioning a mature technology. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2009, 3, pp. 124-141.
45. **ASAE D497.4.** *Agricultural machinery management data*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. MI,USA : ASAE STANDARD 2003, 2003. pp. 373-380.

46. **Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W.** Miscanthus: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*. 2000, 19, pp. 209-227.