

Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα

Οδηγίες άσκησης 4

Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ενεργειακό μείγμα

Σχεδιάζεται το ενεργειακό μίγμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε νησί της Μεσογείου με πληθυσμό 1000 κατοίκους. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κατά προτεραιότητα, και μόνο σε περίπτωση ανάγκης ορυκτά καύσιμα. Συγκεκριμένα εξετάζονται:

- η εγκατάσταση ανεμογεννητριών, ισχύος 500 και 850 kW
- η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών, ισχύος 100 kW
- η εγκατάσταση μονάδας καύσης βιομάζας, θερμογόνου δύναμης 4 kWh/kg και βαθμού απόδοσης 40%
- η κατασκευή έργου αντλησοταμίευσης, με υψομετρική διαφορά 100 m, κοινό βαθμό απόδοσης 88% και υδραυλικές απώλειες 5%.

Ζητούνται:

(α) Η απαιτούμενη μέση ετήσια ηλεκτρική ενέργεια, η ελάχιστη συνολική ισχύς που θα πρέπει να εγκατασταθεί, και απαιτούμενος συντελεστής δυναμικότητας του συστήματος.

(β) Τα χαρακτηριστικά του ενεργειακού ισοζυγίου σε ωριαία βάση (παραγόμενη και πλεονάζουσα ενέργεια, πιθανότητα αστοχίας κάλυψης της ζήτησης), για διάφορους συνδυασμούς αριθμού ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών σταθμών.

(γ) Η απαιτούμενη ποσότητα σε βιομάζα και ορυκτά καύσιμα ώστε να υπάρχει πλήρης κάλυψη των ενεργειακών ελλειμμάτων.

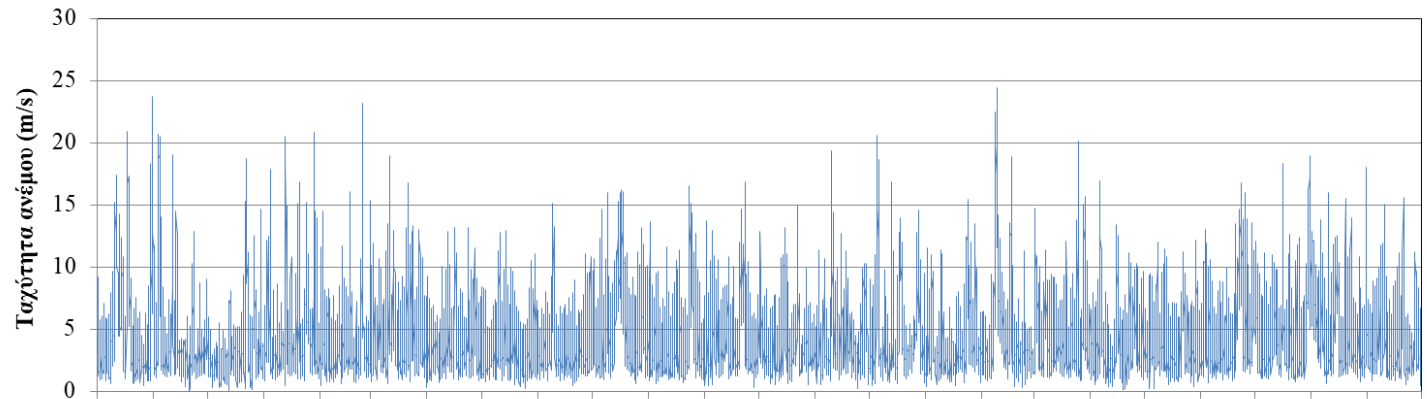
(δ) Η απαιτούμενη μέση ετήσια εισροή νερού στο έργο αντλησοταμίευσης, ώστε να υπάρχει η μέγιστη δυνατή κάλυψη των ενεργειακών ελλειμμάτων και πλεονασμάτων.

Δίνονται σε αρχείο excel:

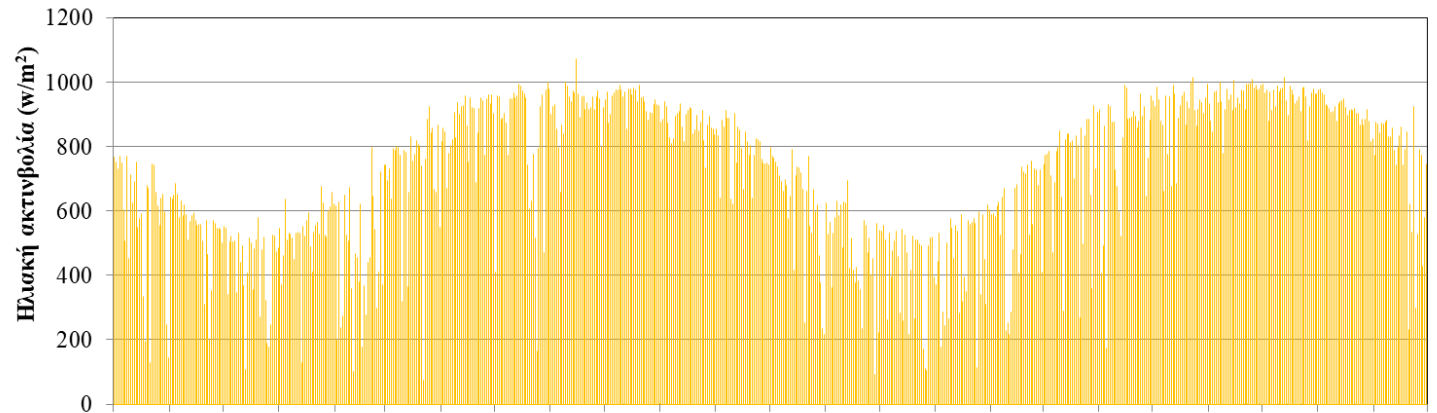
- Ωριαίες χρονοσειρές 10 ετών ταχύτητας ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Χαρακτηριστικά μεγέθη ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών σταθμών

Ωριαίες χρονοσειρές

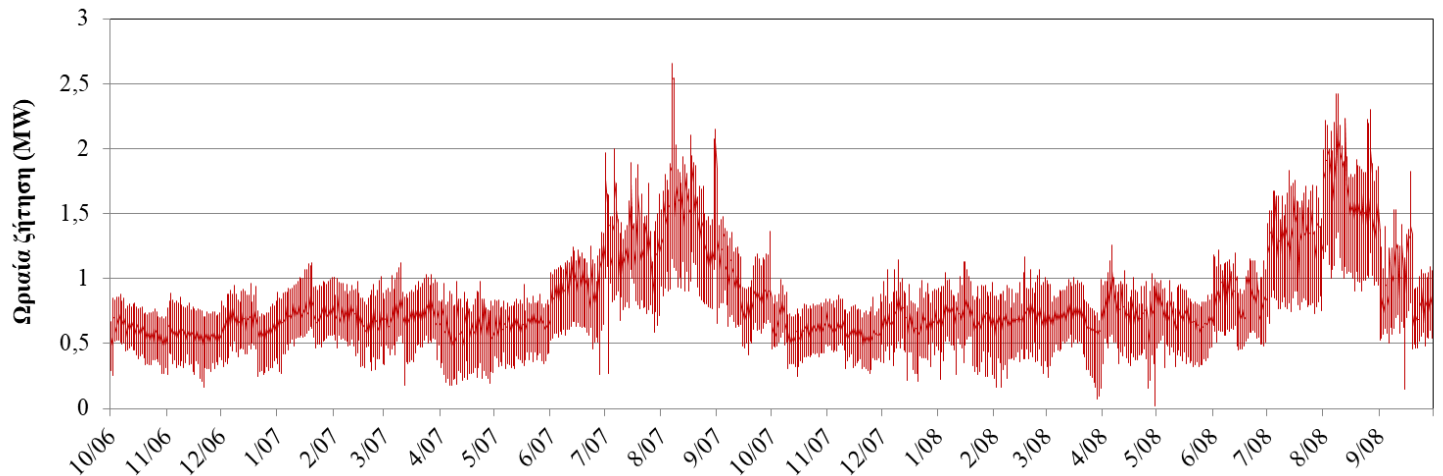
**Ταχύτητα
ανέμου
(m/s)**



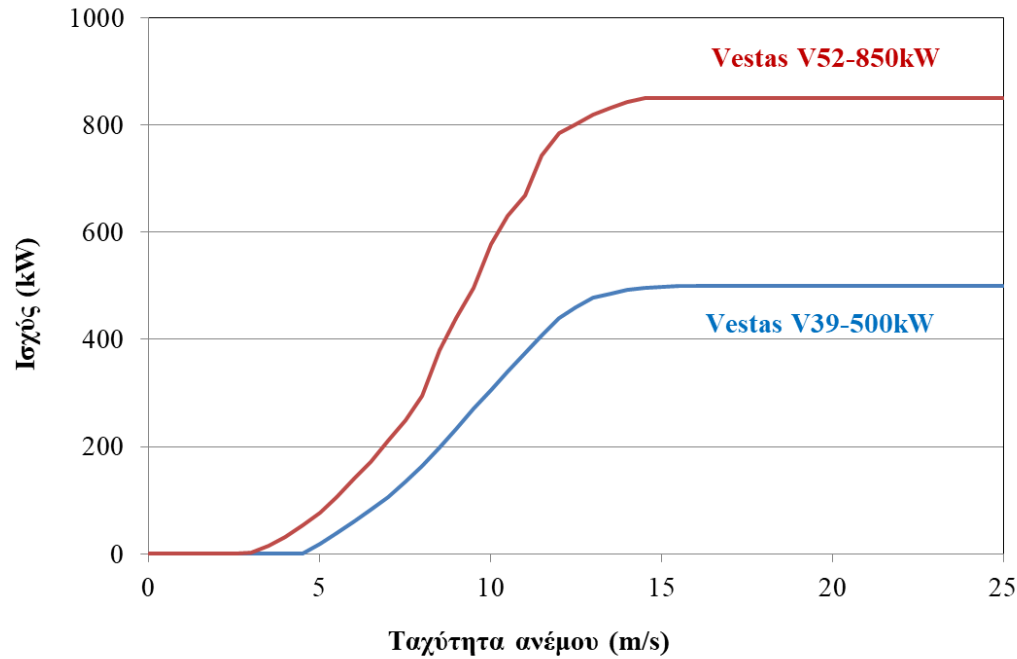
**Ηλιακή
ακτινοβολία
(W/m²)**



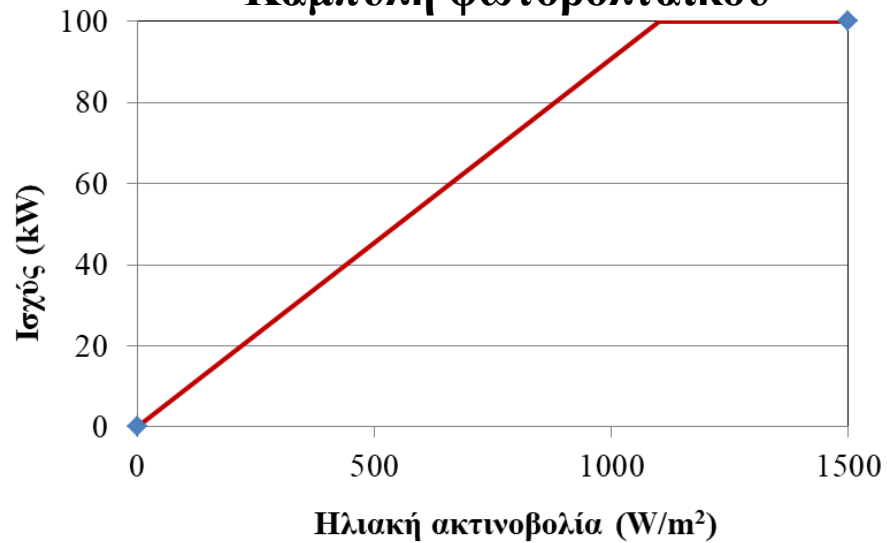
**Ζήτηση
ηλεκτρικής
ενέργειας (kW)**



Καμπύλες ανεμογεννητριών



Καμπύλη φωτοβολταϊκού



Υπολογισμός παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας με βάση την ταχύτητα ανέμου και τις καμπύλες της ανεμογεννήτριας

$$=(IF(H11<=25;LOOKUP(H11;A\$11:A\$261;B\$11:B\$261);0))/1000$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ												
2	z0 =	0,02											
3	z1 =	3											
4	z2 =	53	86								CF	0,30	0,33
5											Ετήσια Ενέργεια (MWh)	1312	2450
6												13121	24501
7							4,6	7,3	7,8			0,5	0,85
8	Καμπύλες ανεμογεννητριών											MWh	MWh
9							3	53	86			500kW	850 kW
10		500 kW		850 KW			m/s						
11	0	0	0	0		1/10/2006 0:00	1,7	2,7	2,9			0,0	0,0
12	0,1	0	0,1	0		1/10/2006 1:00	2,0	3,1	3,3			0,0	0,0
13	0,2	0	0,2	0		1/10/2006 2:00	2,3	3,6	3,9			0,0	0,0
14	0,3	0	0,3	0		1/10/2006 3:00	2,3	3,7	3,9			0,0	0,0
15	0,4	0	0,4	0		1/10/2006 4:00	1,7	2,7	2,9			0,0	0,0
16	0,5	0	0,5	0		1/10/2006 5:00	1,6	2,5	2,6			0,0	0,0
17	0.6	0	0.6	0		1/10/2006 6:00	3.2	5.1	5.4			0.0	0.1

$$=G11*LN(\$B\$4/\$B\$2)/LN(\$B\$3/\$B\$2)$$

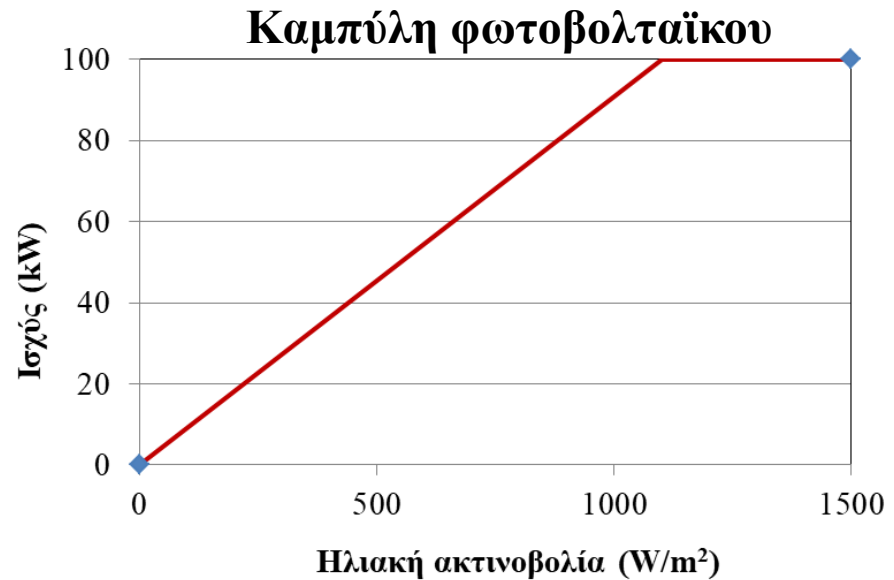
Υπολογισμός ταχύτητας ανέμου στο ύψος της ανεμογεννήτριας

Υπολογισμός παραγόμενης ηλιακής ενέργειας

Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας με βάση την τις καμπύλες του φωτοβολταϊκού

=IF(B8*\$C\$2*\$C\$3/1000000<0,1;B8*\$C\$2*\$C\$3/1000000;0,1)

	A	B	C	D
1		100 kW		
2		area	750 m2	
3		efficiency	0,13	
4				
5		CF	0,196	
6	Energy (MWh/y)	1128,0000	172,0070	
7		IW/m2	P MWh	
8	1/10/2006 0:00	0	0,00	
9	1/10/2006 1:00	0	0,00	
10	1/10/2006 2:00	0	0,00	
11	1/10/2006 3:00	0	0,00	
12	1/10/2006 4:00	0	0,00	
13	1/10/2006 5:00	0	0,00	
14	1/10/2006 6:00	0,0	0,00	
15	1/10/2006 7:00	32,6	0,00	
16	1/10/2006 8:00	157,6	0,02	
17	1/10/2006 9:00	357,0	0,03	
18	1/10/2006 10:00	533,3	0,05	
19	1/10/2006 11:00	671,0	0,07	
20	1/10/2006 12:00	766,8	0,07	
21	1/10/2006 13:00	611,9	0,06	
22	1/10/2006 14:00	367,9	0,04	
23	1/10/2006 15:00	611,6	0,06	
24	1/10/2006 16:00	451,0	0,04	
25	1/10/2006 17:00	267,5	0,03	
26	1/10/2006 18:00	78,2	0,01	
27	1/10/2006 19:00	1,7	0,00	
28	1/10/2006 20:00	0,0	0,00	



Ισοζύγιο

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			turbine 1	turbine 2	Solar panels	Total installed		
2		Power kW	500	850	100	3600		
3		number	0	4	2			
4							Deficit	Surplus
5	Energy MWh/y	6311,1	0,0	9800,6	344,0	10144,6	-2667,1	6500,6
6	max hourly	2,72	0,00	3,40	0,20	3,60	-2,44	3,53
7	mean hourly	0,72	0,00	1,12	0,04	1,16	-0,30	0,74
8	minhourly	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00		
9	Capacity factor	0,26	#DIV/0!	0,33	0,20	0,32		
10						Number of days	87672	
11						Number of Fails	47580	
12						Fails (%)	54,3	
13		Demand MWh	Production MWh					
14	Date		Turbines 1	Turbines 2	Solar panels	Total	Deficit	Surplus
15	1/10/2006 0:00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,66	0
16	1/10/2006 1:00	0,47	0,00	0,02	0,00	0,02	-0,45	0
17	1/10/2006 2:00	0,47	0,00	0,07	0,00	0,07	-0,39	0
18	1/10/2006 3:00	0,48	0,00	0,07	0,00	0,07	-0,40	0
19	1/10/2006 4:00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,44	0
20	1/10/2006 5:00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,38	0

=windCalc!K11*\$C\$3

=windCalc!L11*\$D\$3

=SunCalc!C8*\$E\$3

=C15+D15+E15

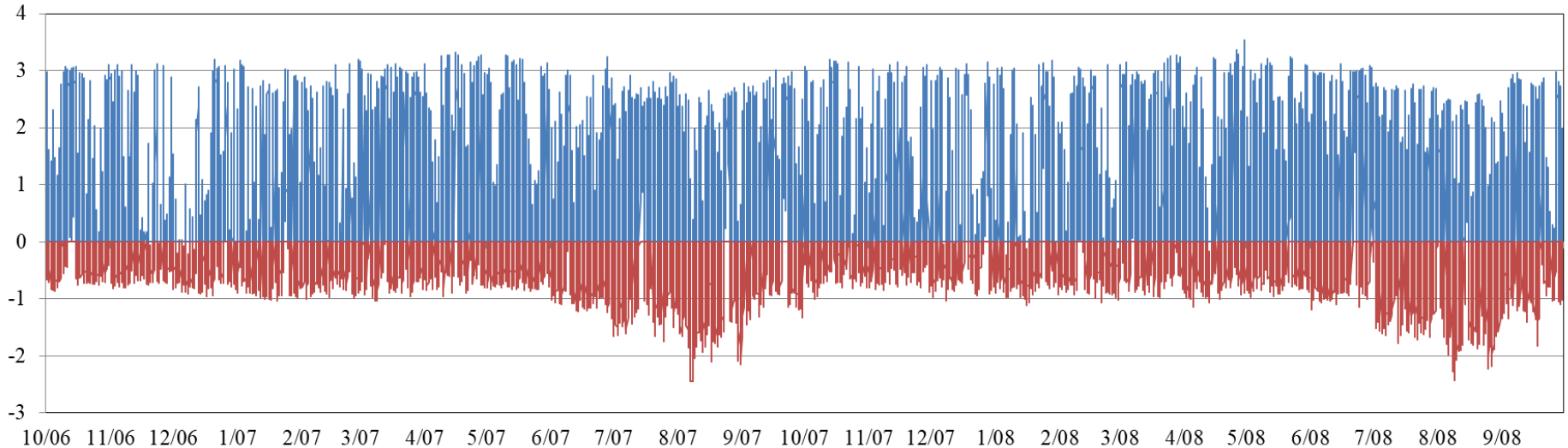
=IF(C15+D15+E15-B15<=0;C15+D15+E15-B15;0)

=IF(C15+D15+E15-B15>=0;C15+D15+E15-B15;0)

Demand

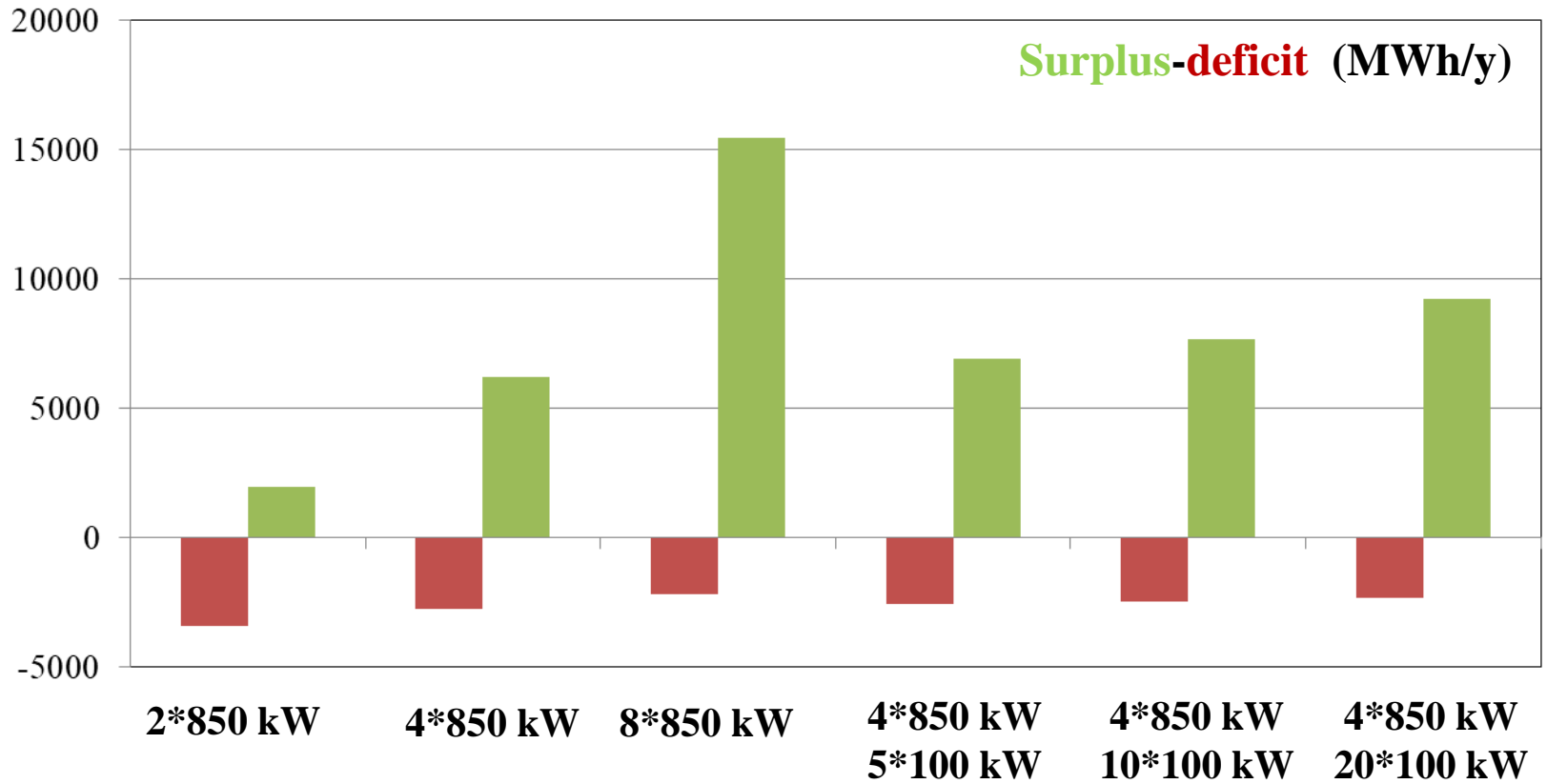
Energy MWh/y	6311,1
Max hourly (kW)	2,72
Mean hourly (kW)	0,72
Min hourly (kW)	0,02
Capacity factor	0,26

Hourly surplus-deficit using: **4*850 kW** wind turbines and **2*100 kW** panels



	Deficit	Surplus
Energy MWh/y	-2667,1	6500,6
Max hourly (kW)	-2,44	3,53
Mean hourly (kW)	-0,30	0,74
Hourly fails (%)	54,3	

Annual surplus-deficit using various combinations



Hourly fails (%)

67

55

44

52

50

47

Cover the deficits using other sources

Oil-Biomass

	G	H	I	J	K	L
1					Oil	Biomass
2				Calorific (kWh/kg)	12	4
3				efficiency (%)	40	40
4	Deficit	Surplus	Check	MWh/tn	4,8	1,6
5	-2667,1	6500,6	0,0			
6	-2,44	3,53				
7	-0,30	0,74		tn/y	556	1667
8				I (MW)	2,44	2,44
9				CF	0,12	0,12
10	87672					
11	47580					
12	54,3			To cover deficit		
13				Oil (tn)	Biomass (tn)	
14	Deficit	Surplus				
15	-0,66	0			0,137	0,411
16	-0,45	0			0,094	0,283
17	-0,39	0			0,082	0,247
18	-0,40	0			0,084	0,252
19	-0,44	0			0,092	0,275
20	-0,38	0			0,078	0,235
21	-0,12	0			0,025	0,076
22	-0,38	0			0,079	0,237
23	-0,37	0			0,078	0,234
24	-0,28	0			0,057	0,172

=SUM(J15:J87686)/10

=-G6

=G5/(G6*8760)

=IF(G15<0; -G15/\$L\$4;0)

=IF(G15<0; -G15/\$K\$4;0)

Energy storage using hydropower

$$=P3*(P2-P2*P5/100)*1*9,81/3600$$

$$=(P2+P2*P5/100)*1*9,81/(P3*3600)$$

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1			Hydro		pump				
2			Heigh m	100					
3			efficiency %	0,88					
4			kWh/m3	0,23	0,33	0,70			
5			Head Losses (%)	5					
6									
7			hm3/y	11,7		20,0			
8			I (MW)	2,44					
9			CF	0,12			max	83130998	
10							min	12482	
11									
12					To cover deficit	To store surplus		Initial Storage	
13					Water (m3)	Water pumped (m3)		80000	
14	Deficit	Surplus							
15	-0,66	0,00		2890		0		77110	
16	-0,45	0,00		1986		0		75124	
17	-0,39	0,00		1731		0		73392	
18	-0,40	0,00		1767		0		71625	
19	-0,44	0,00		1934		0		69691	
20	-0,38	0,00		1647		0		68044	
21	-0,12	0,00		537		0		67506	
22	-0,38	0,00		1665		0		65841	
23	-0,37	0,00		1642		0		64199	
24	-0,28	0,00		1207		0		62992	
25	0,00	0,03		0		86		63078	
26	0,00	0,44		0		1344		64422	
27	0,00	2,41		0		7399		71821	
28	0,00	2,98		0		9155		80976	

Basic water balance considering a reservoir

$$=-M15*1000/SP\$4$$

$$=N15*1000/Q\$4$$

Cover the deficits using other sources

	Oil	Biomass		Hydro
Calorific (kWh/kg)	12	4	Height (m)	86
Efficiency (%)	40	40	Efficiency (%)	0,85
Electric energy (MWh/t)	4,8	1,6	Electric energy (kWh/m ³)	0,20

