

Εξοικονόμηση ενέργειας σε ηλεκτροκινητήρες

Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης
Αιολική Γη Α.Ε.
www.aiolikigi.gr

Εισαγωγή

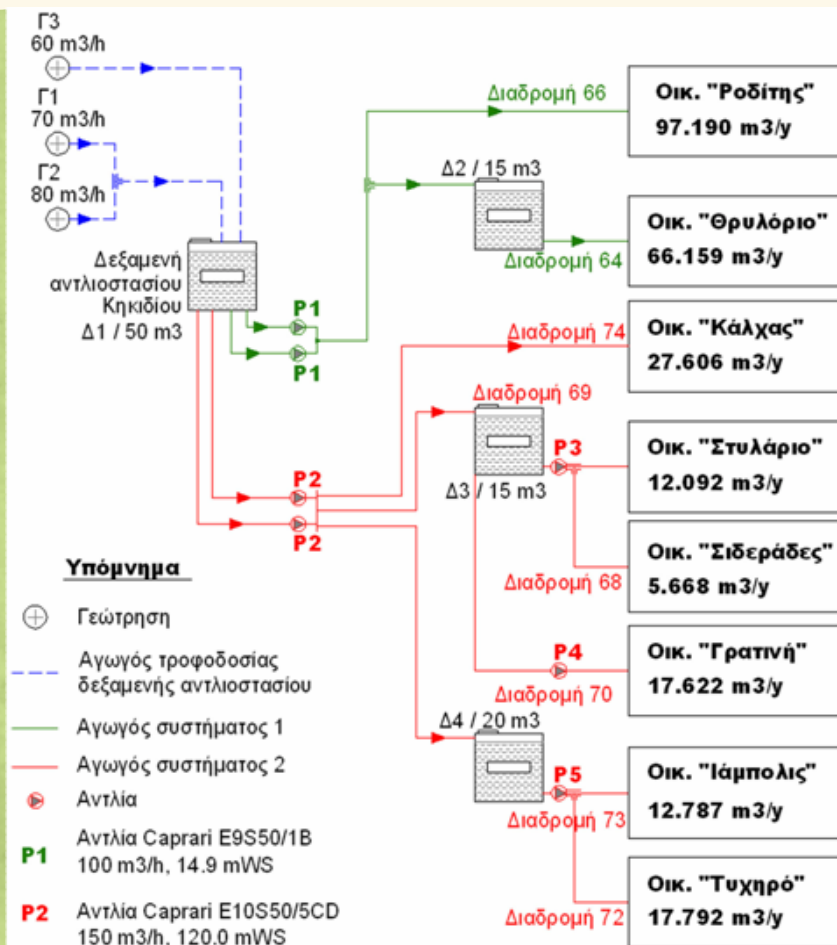
Γενικά

- Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε αντλιοστάσια μπορεί να επιτευχθεί εφαρμόζοντας τα ακόλουθα:
 - εγκαθιστώντας inverters για τη ρύθμιση της παροχής των αντλιών σύμφωνα με τη ζήτηση, ουσιαστικά δηλαδή για τη ρύθμιση των στροφών λειτουργίας των αντλιών σε χαμηλότερες των ονομαστικών
 - εγκαθιστώντας διατάξεις διόρθωσης του συντελεστή ισχύος των κινητήρων των αντλιών (αντιστάθμιση άεργου ισχύος).

Περίπτωση μελέτης

- Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο αντλιοστάσιο «Κηκιδίου» του Δήμου Κομοτηνής, το οποίο αποτελείται από:
 - τρεις γεωτρήσεις παροχής $60\text{m}^3/\text{h}$, $70\text{m}^3/\text{h}$ & $80\text{m}^3/\text{h}$, που τροφοδοτούν τη δεξαμενή του αντλιοστασίου χωρητικότητας 50m^3
 - το αντλιοστάσιο που βρίσκεται στη δεξαμενή εξυπηρετεί δυο χωριστά δίκτυα (στη συνέχεια θα ονομάζονται συστήματα) ως εξής:
 - σύστημα 1: εξυπηρετεί τους οικισμούς «Ροδίτη» και «Θρυλόριο» με δυο υποβρύχιες αντλίες ονομαστικής ισχύος $5,5\text{kW}$ έκαστη ($100\text{m}^3/\text{h}$, $14,9\text{mWS}$)
 - σύστημα 2: εξυπηρετεί τους οικισμούς «Κάλχα», «Στυλάριο», «Σιδεράδες», «Γρατινή», «Ιάμπολις» και «Τυχηρό», με δυο υποβρύχιες αντλίες $66,0\text{kW}$ έκαστη ($150\text{m}^3/\text{h}$, 120mWS).
- Η παρουσίαση βασίστηκε σε στοιχεία από μελέτη που εκπονήθηκε από το Μηχανολόγο Μηχανικό κ. Ασσανιωτάκη Ζαχαρία και εντάχθηκε στο πρόγραμμα «Εξοικονομώ» του Δήμου Κομοτηνής.

Περίπτωση μελέτης – Διάγραμμα ροής αντλιοστασίου



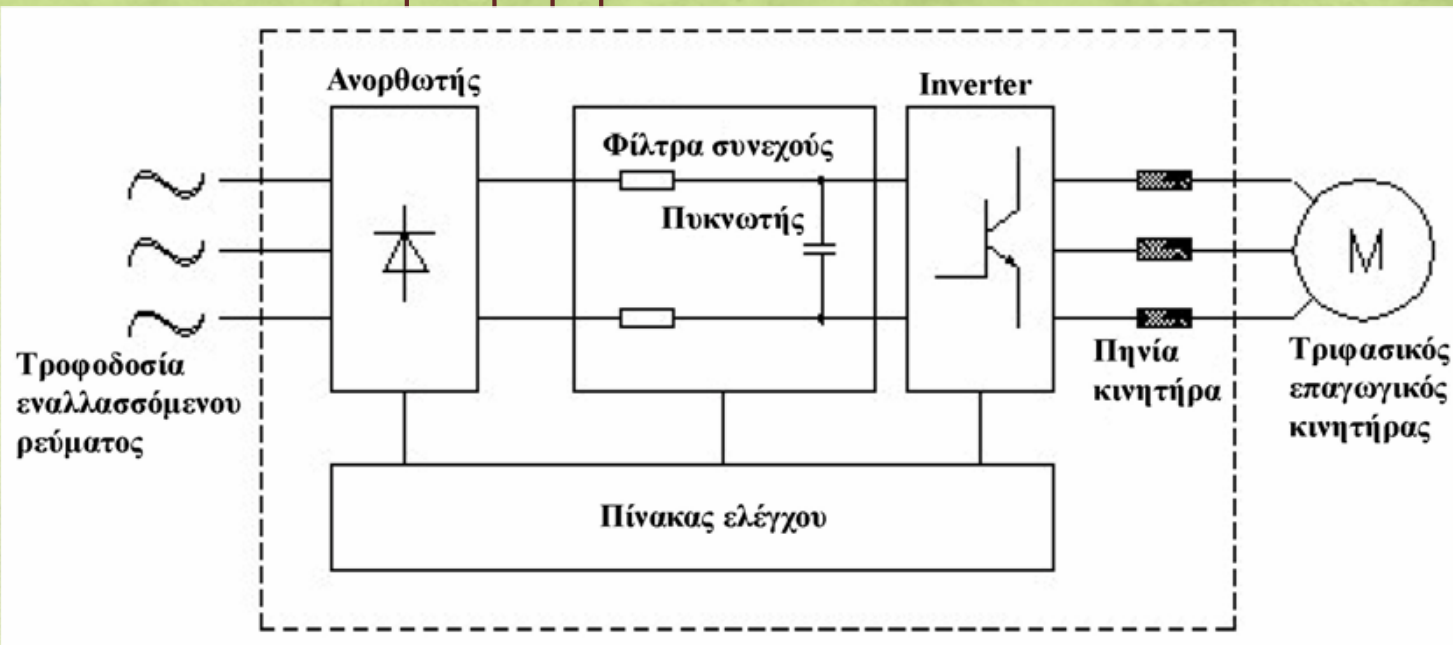
Προτεινόμενες παρεμβάσεις

- Για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και ομαλής λειτουργίας των αντλιών, προτείνονται:
 - η εγκατάσταση ρυθμιστών στροφών αντλιών (Variable Speed Drivers) με φίλτρα απόσβεσης αρμονικών μέχρι 5^{ης} τάξης
 - η εγκατάσταση συστήματος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος μέσω αντιστάθμισης με διάταξη πυκνωτών.
- Οι παραπάνω επεμβάσεις θα αφορούν και στις δυο αντλίες κάθε συστήματος, παρά το γεγονός ότι η μια αντλία είναι εφεδρική της άλλης.
- Αυτό βέβαια αποτελεί μειονέκτημα στην οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης.

Συστήματα οδήγησης μεταβλητής ταχύτητας

Συστήματα οδήγησης μεταβλητής ταχύτητας

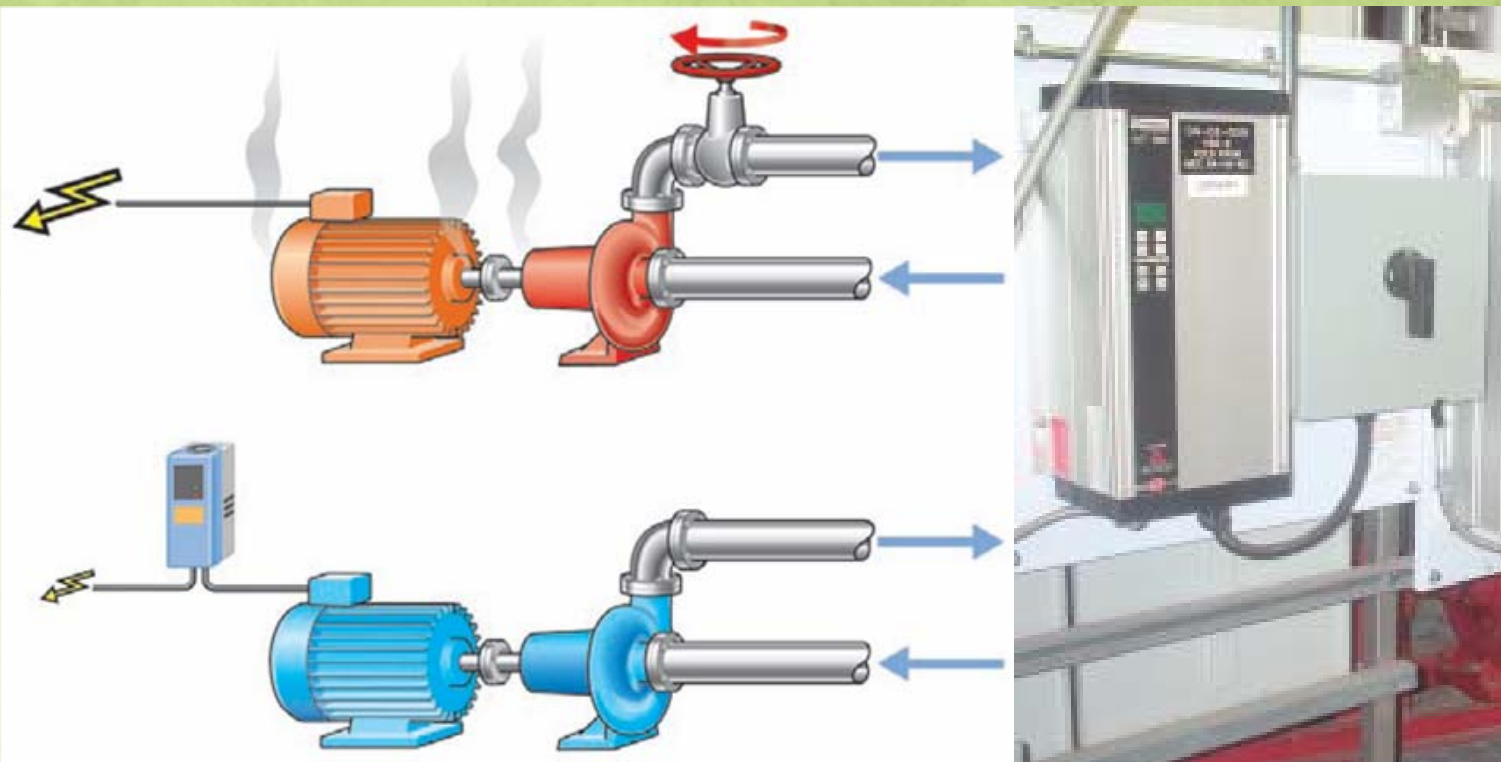
- Τα συστήματα οδήγησης μεταβλητής ταχύτητας (Variable Speed Drives – VSD ή Variable Frequency Drives – VFD) χρησιμοποιούνται για να ελεγχθεί και να προσαρμοστεί η ταχύτητα περιστροφής μιας μηχανής κατά βούληση.
- Ένα σύνηθες σύστημα VSD αποτελείται από τρία μέρη:
 - την ηλεκτρική μηχανή (ηλεκτροκινητήρας)
 - το μετατροπέα ισχύος (inverter)
 - το σύστημα ελέγχου.



Συστήματα οδήγησης μεταβλητής ταχύτητας

- Η ηλεκτρική μηχανή είναι συνδεδεμένη με το φορτίο.
- Το εναλλασσόμενο ρεύμα διερχόμενο από το μετατροπέα αρχικά ανορθώνεται σε συνεχές.
- Στη συνέχεια από το συνεχές ρεύμα δημιουργείται μια κυματομορφή τάσης με μεταβλητό πλάτος και συχνότητα.
- Με την τεχνική Pulse Width Modulation (PWM) ρυθμίζεται το μέτρο και η συχνότητα της τάσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος ελέγχεται από το μετατροπέα.
- Έτσι ρυθμίζονται οι στροφές και η τάση λειτουργίας της μηχανής, ουσιαστικά η ισχύς λειτουργίας της.

Συστήματα οδήγησης μεταβλητής ταχύτητας



Υφιστάμενη κατάσταση

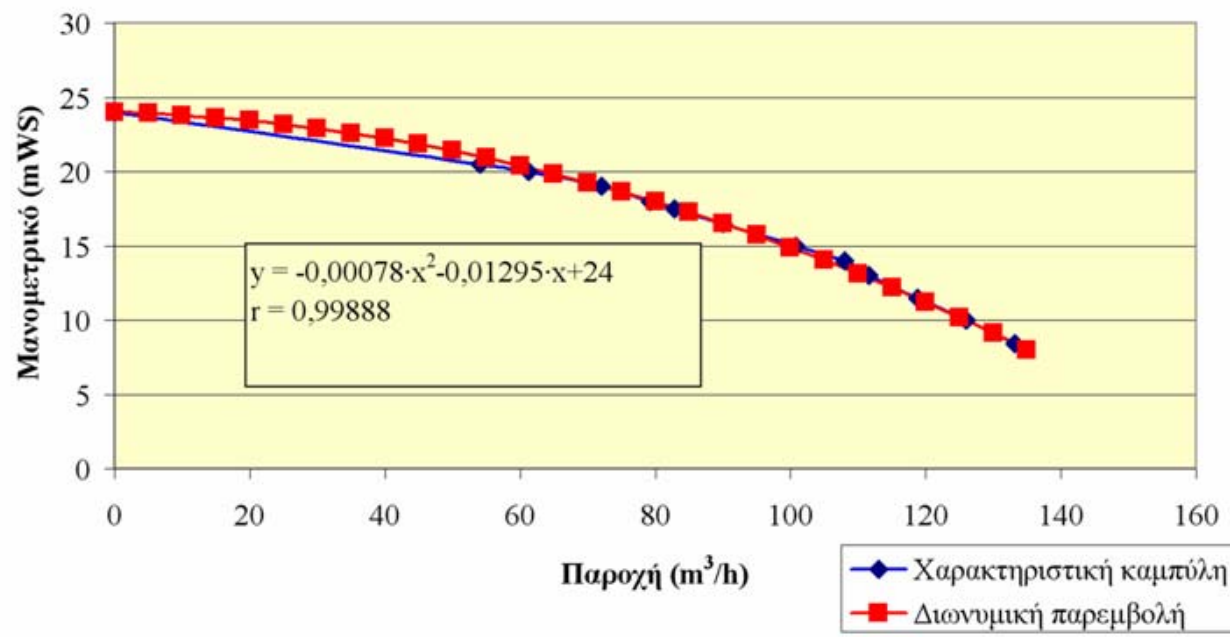
Τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκατεστημένων αντλιών

Χαρακτηριστικό αντλίας	Σύστημα 1	Σύστημα 2
Κατασκευαστής αντλίας	Caprari	Caprari
Τύπος	E9S50 / 1B	E10S50 / 5CD
Τύπος πτερωτής	Μικτής ροής	Μικτής ροής
Αριθμός πτερωτών (βαθμίδων)	1	5
Αριθμός στροφών (rpm)	2.900	2.900
Παροχή (m ³ /h)	100	150
Μανομετρικό εγκατάστασης (mWS)	14,9	120,0
Ισχύς κινητήρα (kW)	5,5	66,0
Βαθμός απόδοσης στο 75-100% του φορτίου (%)	75,0 – 75,5	88,0 – 87,5
Συντελεστής ισχύος στο 75-100% του φορτίου (%)	0,715 – 0,795	0,795 – 0,835

Χαρακτηριστική καμπύλη μανομετρικού παροχής για την αντλία E9S50 / 1B

Χαρακτηριστική καμπύλη μανομετρικού παροχής για την αντλία E9S50 / 1B για τις ονομαστικές στροφές της αντλίας $n=2.900\text{rpm}$

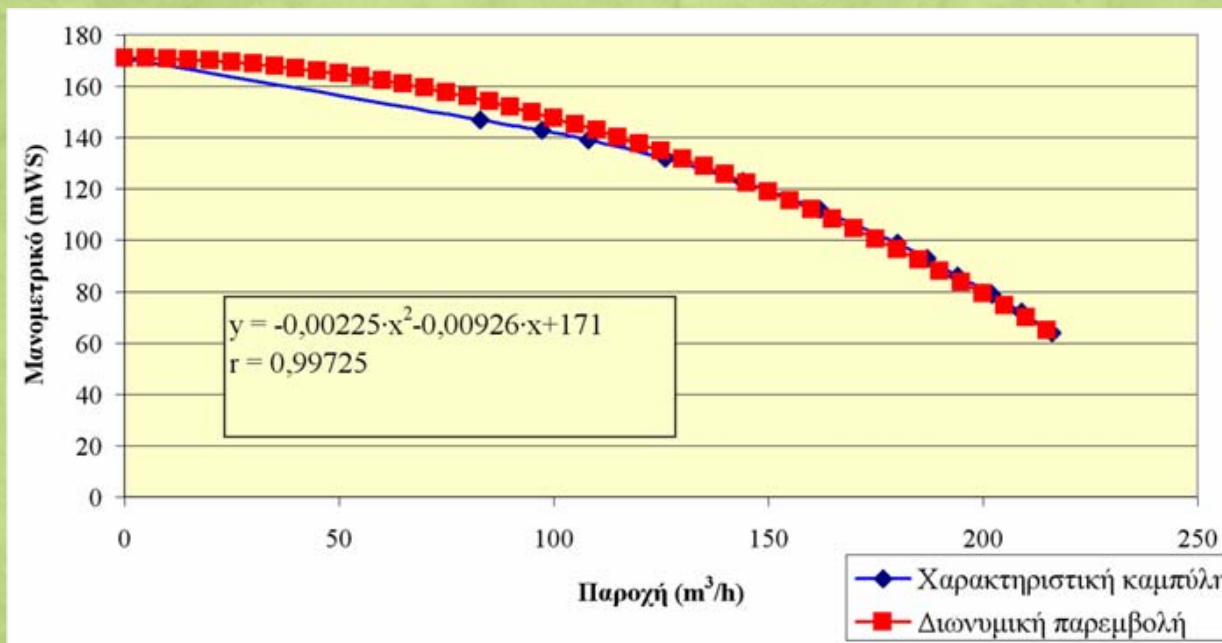
Q (m ³ /h)	0	54,0	61,2	72,0	79,2	82,8	90,0	100,8	108,0	111,6	118,8	126,0	133,2
H (mWS)	24,0	20,5	20,0	19,0	18,0	17,5	16,5	15,0	14,0	13,0	11,5	10,0	8,4



Χαρακτηριστική καμπύλη μανομετρικού παροχής για την αντλία E10S50 / 5CD

Χαρακτηριστική καμπύλη μανομετρικού παροχής για την αντλία E10S50 / 5CD για τις ονομαστικές στροφές της αντλίας $n=2.900\text{rpm}$

Q (m ³ /h)	0	82,8	97,2	108	126	144	162	180	187	194	202	209	216
H (mWS)	171	147	143	139	132	123	112	99	93	86	79	72	64



Διωνυμική παρεμβολή και ομοιότητα

- Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών προσεγγίζονται από διώνυμα με εφαρμογή κλασικών αριθμητικών μεθόδων (παρεμβολή κατά Langrange ή Newton).
- Η γενική μορφή της πολυωνυμικής παρεμβολής που εφαρμόζεται στις χαρακτηριστικές καμπύλες είναι:

$$H = a \cdot Q^2 + b \cdot Q + c$$

- Τα πολυώνυμα στα οποία τελικά καταλήγει η εφαρμογή της μεθόδου παρεμβολής παρουσιάζονται στα διαγράμματα των χαρακτηριστικών καμπύλων και είναι:
 - για την αντλία E9S50 / 1B: $H = -0,00078 \cdot Q^2 - 0,001295 \cdot Q + 24$
 - για την αντλία E10S50 / 5CD: $H = -0,00225 \cdot Q^2 - 0,00926 \cdot Q + 171$.
- Οι ανωτέρω διωνυμικές παρεμβολές ισχύουν για τις συγκεκριμένες χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών, δηλαδή για λειτουργία στις ονομαστικές στροφές ($n=2.900\text{rpm}$).

Διωνυμική παρεμβολή και ομοιότητα

- Για λειτουργία των αντλιών με διαφορετικές στροφές από τις ονομαστικές, έστω n' , τότε θα προκύψουν διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες (Q' , H').
- Με βάση τις σχέσεις ομοιότητας των αντλιών:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \& \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

αποδεικνύεται εύκολα ότι για τις δύο αντλίες θα ισχύει η διωνυμική παρεμβολή:

$$H' = a \cdot Q'^2 + b \cdot \left(\frac{n'}{n_{ov}} \right) \cdot Q' + c \cdot \left(\frac{n'}{n_{ov}} \right)^2$$

όπου

a, b, c οι σταθερές των διωνύμων που υπολογίστηκαν για τις ονομαστικές στροφές
 $n_{ov}=2.900rpm$ οι ονομαστικές στροφές των αντλιών.

Διωνυμική παρεμβολή και ομοιότητα

- Η τελευταία σχέση μπορεί να γραφεί διαφορετικά, ως πολυώνυμο δευτέρου βαθμού ως προς τον αριθμό στροφών των αντλιών n' .

$$\frac{c}{n_{ov}^2} \cdot n'^2 + \frac{b \cdot Q'}{n_{ov}} \cdot n' + (a \cdot Q'^2 - H') = 0$$

- Από την ανωτέρω σχέση είναι δυνατός ο υπολογισμός του αριθμού στροφών της αντλίας, για μεταβαλλόμενη παροχή και μανομετρικό λειτουργίας της αντλητικής εγκατάστασης.

Ετήσια κατανάλωση νερού

- Σύμφωνα με τη ΔΕΥΑΚ οι καταγεγραμμένες καταναλώσεις αποτελούν το 65% των αντλούμενων ποσοτήτων νερού.

Οι μη καταγεγραμμένες καταναλώσεις αφορούν απώλειες δικτύου και σφάλματα μετρήσεων υδρομέτρων.

- Μέση ημερήσια κατανάλωση νερού:
 - σύστημα 1: 688,5m³/day
 - σύστημα 2: 394,4m³/day

A/A	Οικισμός	Καταγεγραμμένη κατανάλωση νερού 2008 (m ³)	Συνολική κατανάλωση νερού 2008 (m ³)
1	Ροδίτης	97.190	149.523
2	Θρυλόριο	66.159	101.783
Σύνολο 1:		163.349	251.306
3	Κάλχας	27.606	42.471
4	Στυλάριο	12.092	18.603
5	Σιδεράδες	5.668	8.720
6	Γρατινή	17.622	27.111
7	Ιάμπολις	12.787	19.672
8	Τυχηρό	17.792	27.372
Σύνολο 2:		93.567	143.949

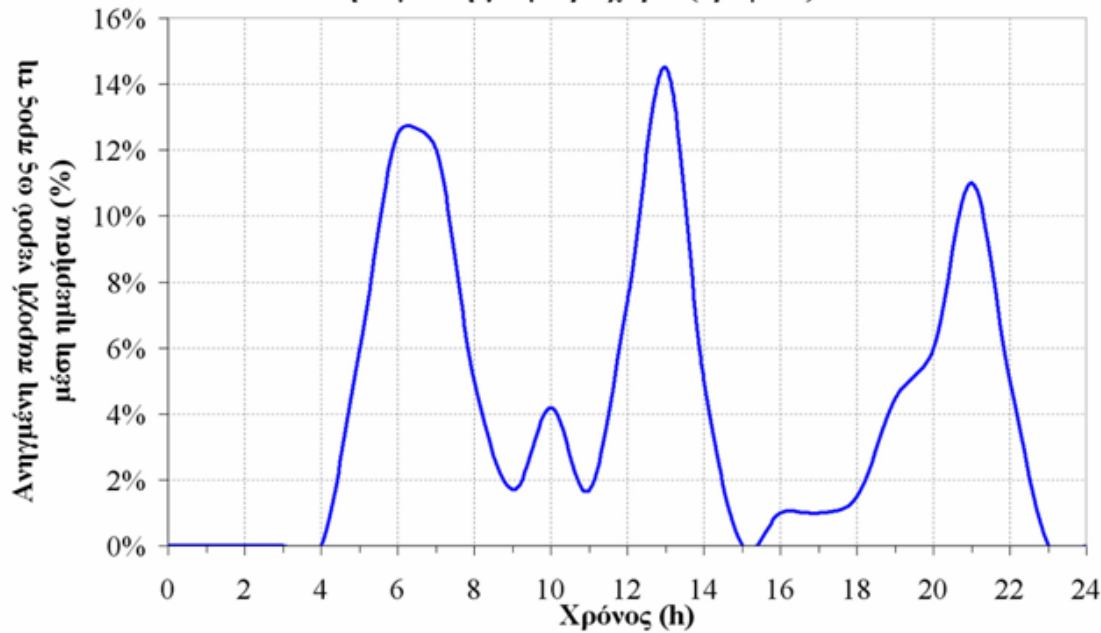
Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης νερού

- Όπως θα φανεί στη συνέχεια, για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας λόγω της ρύθμισης των στροφών λειτουργίας των αντλιών μέσω inverters, είναι απαραίτητη η γνώση της διακύμανσης της ζήτησης νερού ανά ώρα (διαθεσιμότητα ετήσιων χρονοσειρών μέσω ωριαίων τιμών ζήτησης παροχής νερού).
- Για το σκοπό αυτό, ελλείψει στοιχείων μετρήσεων, υιοθετούνται δύο διαφορετικά προφίλ διακύμανσης νερού ανά 24ωρο, βάσει σχετικής βιβλιογραφίας (Αντλίες. ΣΜΗΒΕ, 1985).
- Τα προφίλ αυτά αφορούν σε ένα μικρό χωριό και σε μία επαρχιακή πόλη.

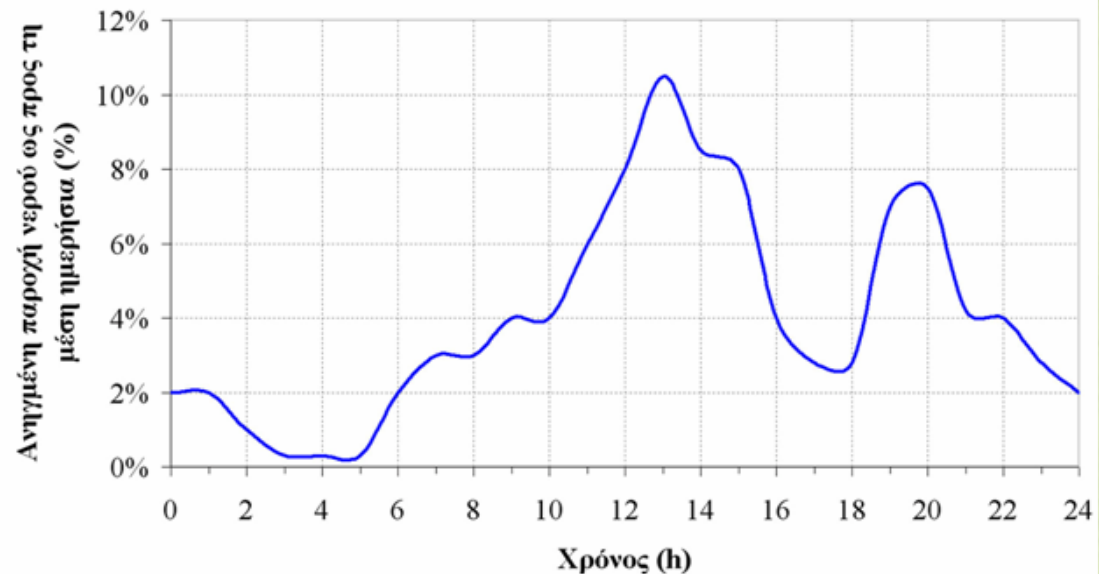
Ώρα ημέρας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μικρό χωριό (προφίλ 1) (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	12,5	12,0	5,0	1,7	4,2	1,7	7,4	14,5	5,0	0,0	1,0	1,0	1,5	4,5	6,0	11,0	5,0	0,0	0,0
Επαρχιακή πόλη (προφίλ 2) (%)	2,0	1,0	0,3	0,3	0,3	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	6,0	8,0	10,5	8,5	8,0	4,0	2,8	2,8	7,0	7,5	4,2	4,0	2,8	2,0

Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης νερού

Τυπική καμπύλη για μικρό χωριό (προφίλ 1)



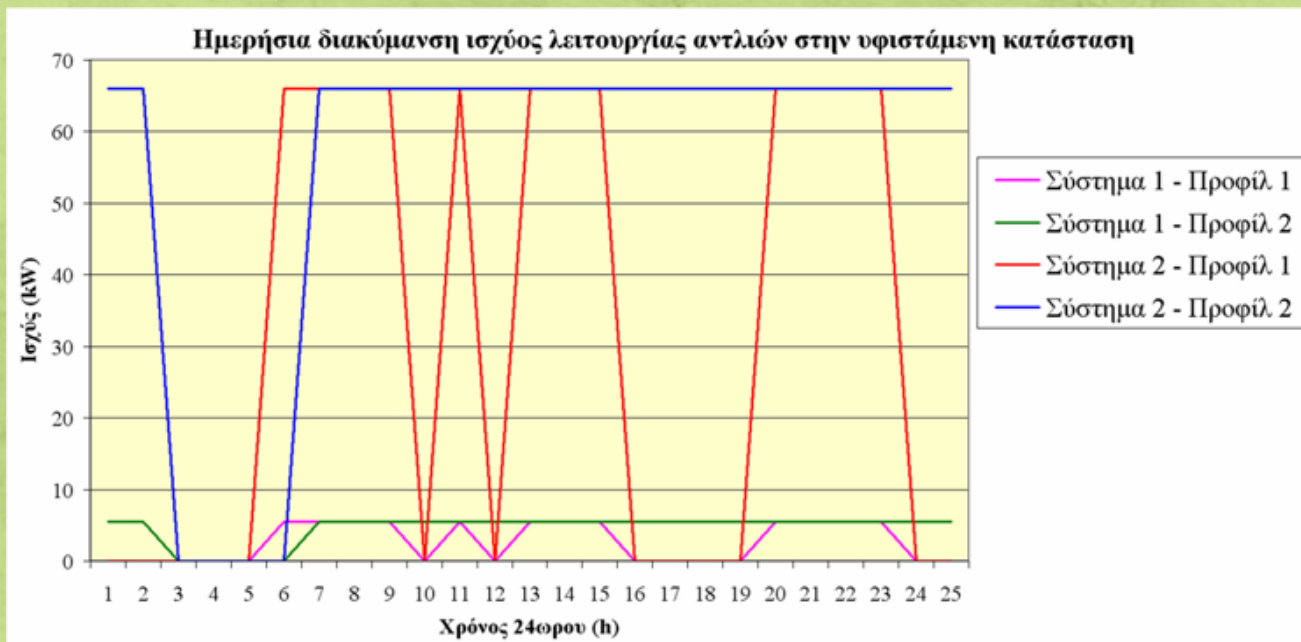
Τυπική καμπύλη για πόλη υπαίθρου (προφίλ 2)



Υφιστάμενη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

- Για τον υπολογισμό της υφιστάμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται η παραδοχή ότι οι αντλίες λειτουργούν όταν η μέση ωριαία ζήτηση για παροχή νερού γίνει μεγαλύτερη από το 2% της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού.
- Στην περίπτωση αυτή, στην υφιστάμενη κατάσταση, ελλείψει δυνατότητας ρύθμισης στροφών αντλιών, όποτε οι αντλίες τίθενται σε λειτουργία, τούτες λειτουργούν σε ονομαστική ισχύ, δηλαδή:
 - για την αντλία E9S50 / 1B: $N_1 = 5,5\text{kW}$
 - για την αντλία E10S50 / 5CD: $N_2 = 66,0\text{kW}$.
- Με βάση τα ανωτέρω υπολογίζεται τελικά η ημερήσια διακύμανση της ισχύος λειτουργίας των αντλιών στην υφιστάμενη κατάσταση.

Υφιστάμενη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας



	Σύστημα 1		Σύστημα 2	
	Προφίλ 1	Προφίλ 2	Προφίλ 1	Προφίλ 2
Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	66	116	792	1.386
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	24.090	42.158	289.080	505.890

Κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters

Ρύθμιση στροφών αντλιών με την εισαγωγή inverters

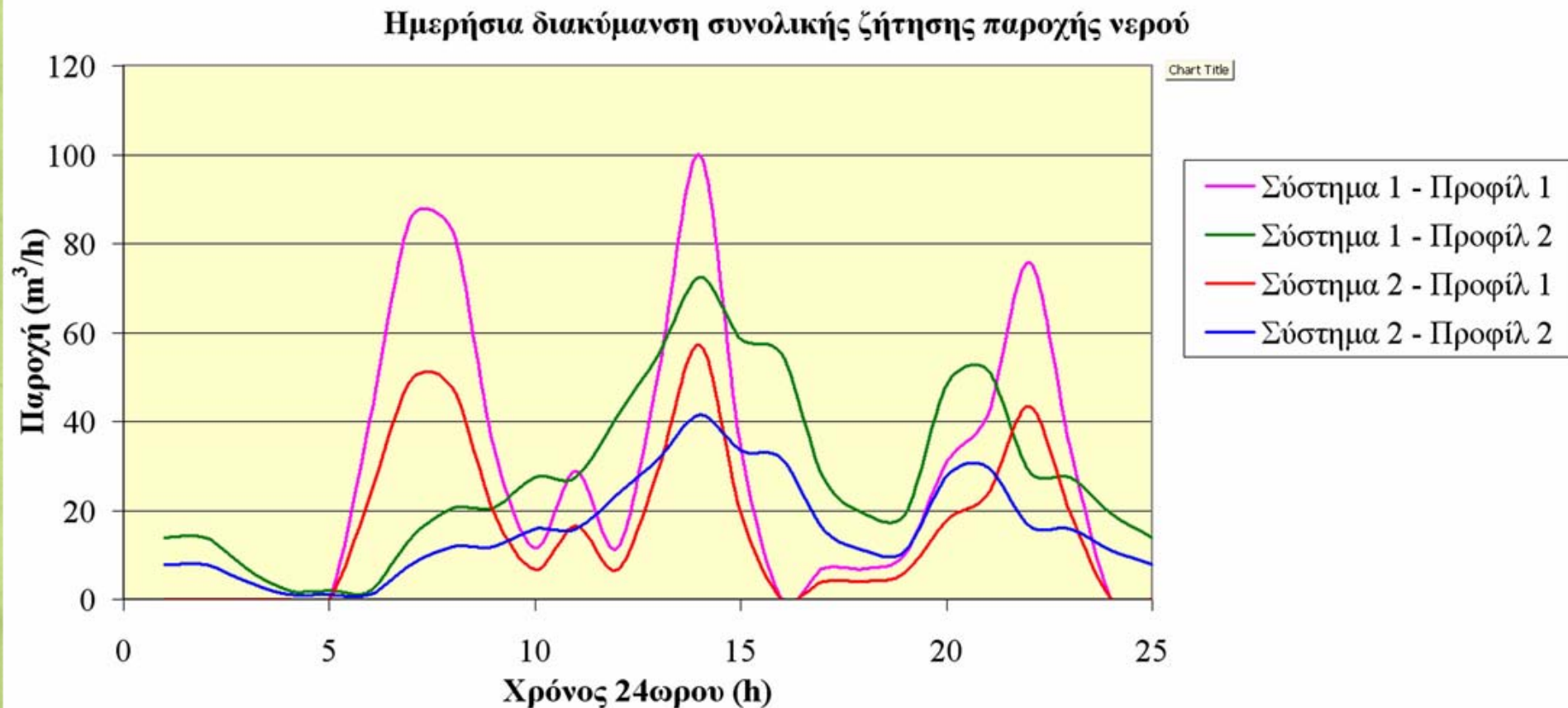
- Με την εισαγωγή inverters είναι δυνατή η λειτουργία των αντλιών σε διαφορετικές στροφές από τις ονομαστικές, ανάλογα με τη ζήτηση της παροχής νερού.
- Στην περίπτωση αυτή, για μεταβαλλόμενη παροχή Q και θεωρώντας, κατά προσέγγιση, σταθερό μανομετρικό άντλησης, είναι δυνατός ο υπολογισμός του απαιτούμενου αριθμού στροφών των αντλιών, χρησιμοποιώντας τη γενική σχέση:

$$\frac{c}{n_{ov}^2} \cdot n'^2 + \frac{b \cdot Q'}{n_{ov}} \cdot n' + (a \cdot Q'^2 - H') = 0$$

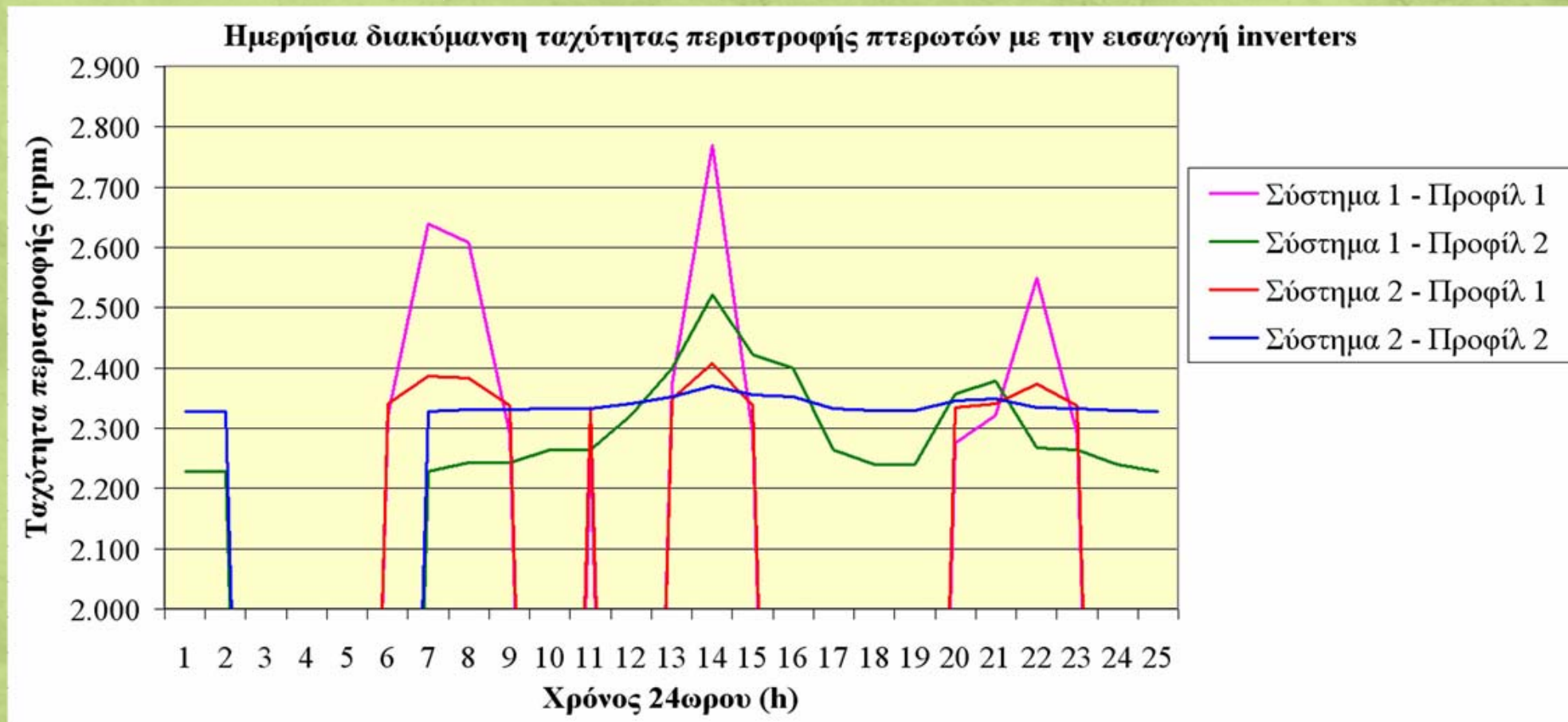
χρησιμοποιώντας τα a , b , c για κάθε αντλία χωριστά, τη μεταβαλλόμενη παροχή, όπως προκύπτει από τα προφίλ διακύμανσης και το σταθερό μανομετρικό της κάθε αντλητικής εγκατάστασης (14,9m και 120m).

- Στην πραγματικότητα, καθώς η παροχή μεταβάλλεται, μεταβάλλονται και οι απώλειες ροής στους αγωγούς μεταφοράς, συνεπώς μεταβάλλεται και το ολικό μανομετρικό της εγκατάστασης.

Ημερήσιες καμπύλες ζήτησης παροχής νερού



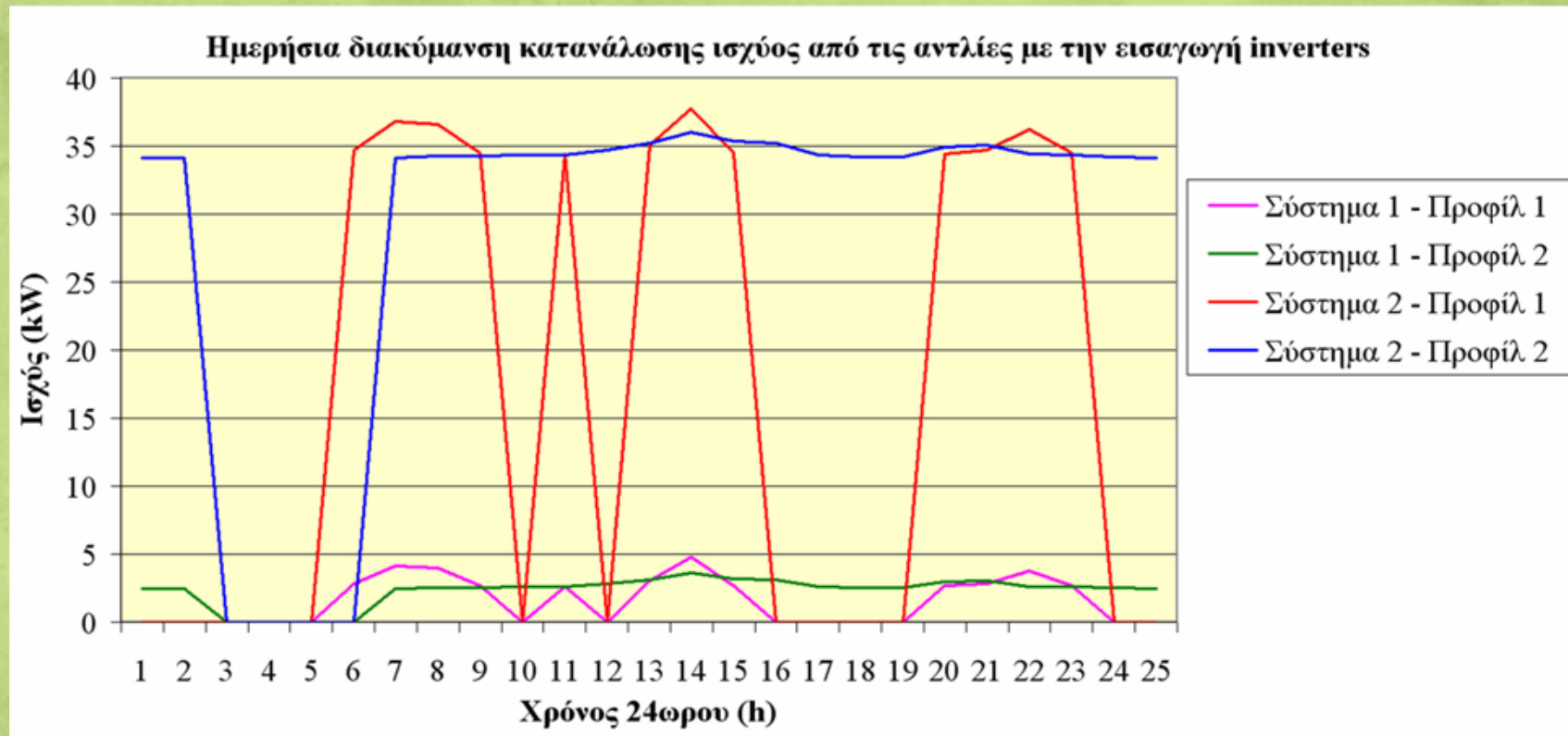
Ημερήσιες καμπύλες ζήτησης παροχής νερού



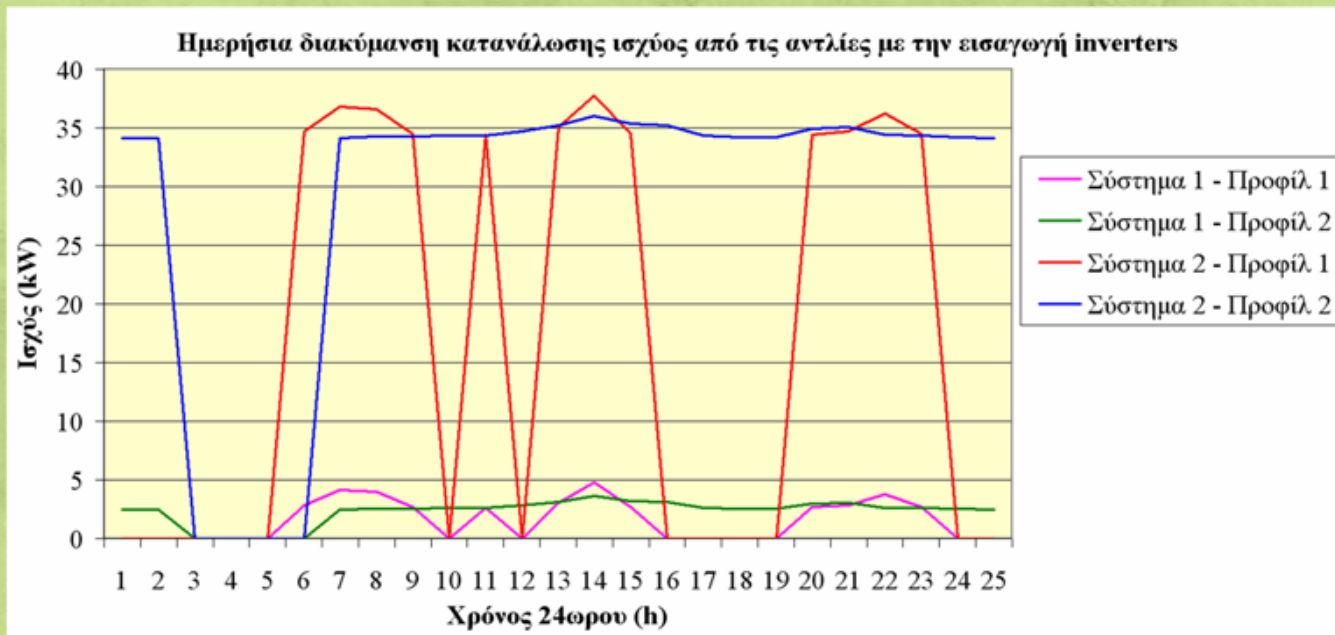
Ισχύς λειτουργίας αντλιών συναρτήσει των στροφών

- Έχοντας υπολογίσει τις στροφές λειτουργίας των αντλιών, η κατανάλωση ισχύος προκύπτει από τη σχέση ομοιότητας:

$$\frac{N'}{N_{ov.}} = \left(\frac{n'}{n_{ov.}} \right)^3$$



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters



	Σύστημα 1		Σύστημα 2	
	Προφίλ 1	Προφίλ 2	Προφίλ 1	Προφίλ 2
Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	39	58	424	726
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	14.143	21.025	154.861	265.033

Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters

Μέγεθος	Σύστημα 1		Σύστημα 2	
	Προφίλ 1	Προφίλ 2	Προφίλ 1	Προφίλ 2
Ετήσια κατανάλωση νερού (m ³)	251.306		143.949	
Ετήσια υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	24.090	42.158	289.080	505.890
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters (kWh)	14.143	21.025	154.861	265.033
Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	9.947	21.132	134.219	240.857
Ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας (%)	41,29	50,13	46,43	47,61
Ειδική υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/m ³)	0,0959	0,1678	2,0082	3,5144
Ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters (kWh/m ³)	0,0563	0,0837	1,0758	1,8412
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και στα δύο συστήματα (kWh)	Προφίλ 1		Προφίλ 2	
	144.166		261.989	

Αντιστάθμιση έργου ισχύος με πυκνωτές

Προτεινόμενη αντιστάθμιση

- Λόγω του μέγεθους του φορτίου αλλά και της αυτόνομης λειτουργίας των αντλιών, προτείνεται η τοπική αντιστάθμιση, για κάθε ζευγάρι αντλιών.
- Η ισχύς των πυκνωτών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_c = P \cdot \left[\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1} - \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_2}}{\cos \varphi_2} \right] \Leftrightarrow Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

όπου:

Q_c : η απαιτούμενη άεργος συνολική ισχύς των πυκνωτών

P : η κατανάλωση ενεργού ισχύος από τις αντλίες

$\cos \varphi_1$: ο συντελεστής ισχύος της υφιστάμενης εγκατάστασης

$\cos \varphi_2$: ο συντελεστής ισχύος που επιδιώκεται για την εγκατάσταση μετά την αντιστάθμιση.

Άεργη ισχύς πυκνωτών

Μέγεθος	Σύστημα 1	Σύστημα 2
Ονομαστική ισχύς αντλίας (kW)	5,5	66,0
Αρχικός συντελεστής ισχύς $\cos\phi_1$ (75 – 100% φορτίου)	0,715 – 0,795	0,795 – 0,835
Επιθυμητός συντελεστής ισχύς $\cos\phi_2$	0,98	0,98
Απαιτούμενη χωρητική ισχύς πυκνωτών (kVAR)	4,3 – 3,1	37,0 – 30,1
Ονομαστική χωρητική ισχύς πυκνωτών (kVAR)	5	40

- Κατά τη φάση της προμήθειας, θα πρέπει να ελεγχθεί η ισχύς των πυκνωτών να μην υπερβαίνει το 90% της εν κενώ άεργου ισχύος. Κι αυτό γιατί σε μεγαλύτερη αντιστάθμιση μπορεί να έχουμε αυτοδιέγερση του κινητήρα σε περίπτωση απόζευξης του από το δίκτυο.

Τοποθέτηση φίλτρων αρμονικών δικτύου

- Λόγω της τοποθέτησης ρυθμιστή στροφών στους κινητήρες των αντλιών, θα δημιουργηθούν αρμονικές συνιστώσες που μπορεί να προκαλέσουν (εκτός των άλλων) καταστροφή των πυκνωτών.
- Για το λόγο αυτό προτείνεται η τοποθέτηση φίλτρων αρμονικών στο δίκτυο.

Εξοικονόμηση έργου ενέργειας

- Οι υπολογισμοί από εδώ και στο εξής θα γίνουν υιοθετώντας το 1^ο προφίλ ζήτησης παροχής νερού, το οποίο φαίνεται να είναι περισσότερο ρεαλιστικό για την περιοχή μελέτης, ενώ επίσης παρουσιάζεται ως το συντηρητικότερο όσο αφορά τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας.
- Η μείωση της έργου ενέργειας που θα επιτευχθεί με τη χρήση των πυκνωτών υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\tan\varphi = \frac{A}{W}$$

όπου:

- A: έργο ενέργεια (kVARh)
- W: καταναλισκόμενη ενέργεια μέσω ζήτησης ενεργού ισχύος (kWh).

Εξοικονόμηση έργου ενέργειας

- Θεωρώντας ως αρχικό συντελεστή ισχύος τον αναφερόμενο από τον κατασκευαστή για το 75% του φορτίου προκύπτουν τα αποτελέσματα του πίνακα:

Μέγεθος	Χωρίς inverter		Με inverter	
	Σύστημα 1	Σύστημα 2	Σύστημα 1	Σύστημα 2
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	24.090	289.080	14.143	154.861
Αρχικός συντελεστής ισχύος $\cos\phi_1$	0,715	0,795	0,715	0,795
Ετήσια κατανάλωση έργου ενέργειας στην υφιστάμενη λειτουργία (kVARh)	23.555	220.577	13.829	118.164
Τελικός συντελεστής ισχύος $\cos\phi_2$	0,98	0,98	0,98	0,98
Ετήσια κατανάλωση έργου ενέργειας μετά την αντιστάθμιση (kVARh)	4.892	58.700	2.872	31.446
Ετήσια εξοικονόμηση έργου ενέργειας (kVARh)	18.663	161.877	10.957	86.718
Ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης έργου ενέργειας (%)	79,23	73,39	79,23	73,39

Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας μετά την εισαγωγή inverters και πυκνωτών

- Η συνολική εξοικονόμηση έργου ενέργειας, λαμβάνοντας συνολικά υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας και την τελική όπως προκύπτει μετά την εισαγωγή inverters και πυκνωτών:

Μέγεθος	Σύστημα 1	Σύστημα 2
Ετήσια κατανάλωση έργου ενέργειας στην υφιστάμενη λειτουργία (kVARh)	23.555	220.577
Ετήσια κατανάλωση έργου ενέργειας μετά την αντιστάθμιση και την εισαγωγή inverters (kVARh)	2.872	31.446
Ετήσια εξοικονόμηση έργου ενέργειας (kVARh)	20.683	189.131
Ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης έργου ενέργειας (%)	87,81	85,74

Οικονομικά στοιχεία έργου

Αρχικό κόστος παρεμβάσεων

A/A	Περιγραφή	Κόστος (€)
1	Προμήθεια και τοποθέτηση πίνακα αυτοματισμού αντλιών που περιλαμβάνει: α. δύο inverters για αντλίες ισχύος 5,5kW με εναλλασσόμενη λειτουργία β. φίλτρο αρμονικών μέχρι 5^{ης} τάξης γ. πυκνωτές ισχύος έως 5kVAR	5.300
2	Προμήθεια και τοποθέτηση πίνακα αυτοματισμού αντλιών που περιλαμβάνει: α. δύο inverters για αντλίες ισχύος 66,0kW με εναλλασσόμενη λειτουργία β. φίλτρο αρμονικών μέχρι 5^{ης} τάξης γ. πυκνωτές ισχύος έως 40kVAR	23.000
	Άθροισμα	28.300

Στις ανωτέρω τιμές συμπεριλαμβάνεται 23% Φ.Π.Α.

Περίοδος αποπληρωμής

Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	28.300
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	144.166
Κόστος ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας (€)	16.621
Άτοκη περίοδος αποπληρωμής (έτη)	1,70
Ειδικό κόστος μονάδας εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	0,1963

Τιμή χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας: 0,11529€/kWh (τιμολόγιο Γ22)

Τέλος παρουσίασης

Ευχαριστώ για την προσοχή σας