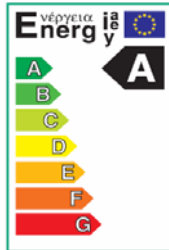




## Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ASHRAE & ΚΑΠΕ

ΗΜΕΡΙΔΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

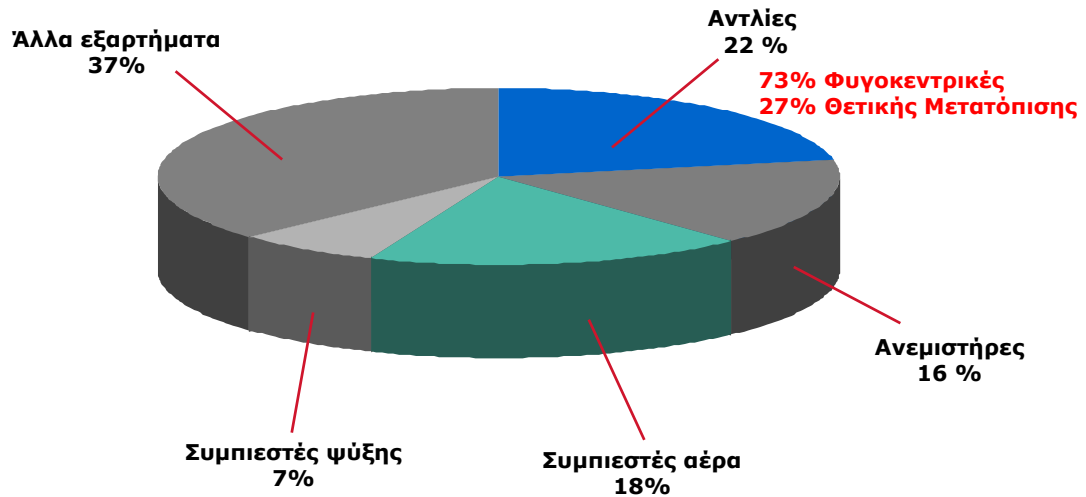


**Εισηγητής:**  
Χρήστος Μποζατζίδης  
Διπλ. Μηχ. Μηχ. Ε.Μ.Π.  
Μηχανικός Εφαρμογών HVAC  
Wilo Hellas ABEE



## Ηλεκτρική Κατανάλωση Αντλιών

Τυπική ηλεκτρική κατανάλωση κινητήρων σε βιομηχανική εγκατάσταση



## Εφαρμογές φυγοκεντρικών αντλιών

Φυγοκεντρικές αντλίες εργάζονται ως υδροδυναμικά ηλεκτροκινούμενα συστήματα σε εφαρμογές:

- > HVAC & R
- > Παροχή νερού (ύδρευση & άρδευση)
- > Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Με κύριους τομείς εφαρμογών:

- > Κτίρια (κατοικίες & επαγγελματικά κτίρια)
- > Δημοτική διαχείριση υδάτων
- > Βιομηχανία

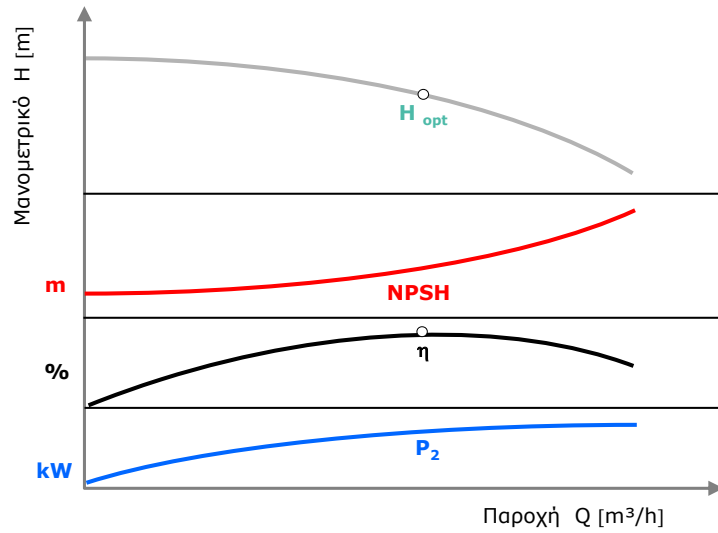


Η ενεργειακή κατανάλωση των φυγοκεντρικών αντλιών μπορεί να μειωθεί παγκοσμίως κατά 40%:

- > Με καλύτερο σχεδιασμό ενός συστήματος
- > Με σωστή διαστασιολόγηση των αντλιών
- > Με επιλογή ενεργειακά αποδοτικών αντλιών
- > Με καλύτερο έλεγχο ενός συστήματος
- > Με σωστή εγκατάσταση και συντήρηση



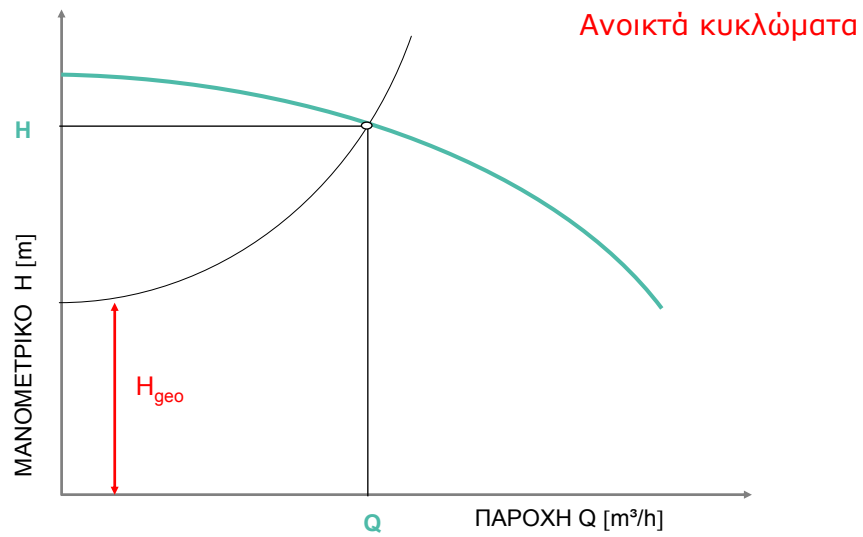
## Χαρακτηριστικά Φυγοκεντρικών Αντλιών



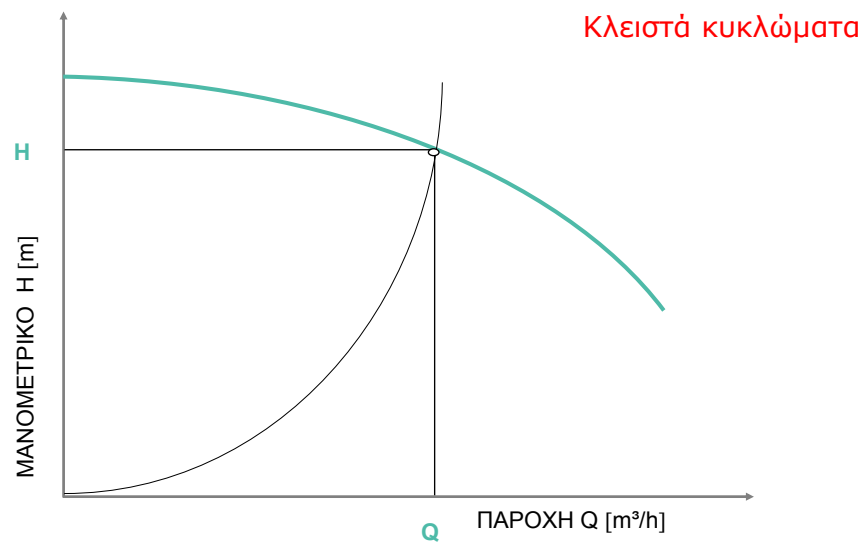
5 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



## Χαρακτηριστική σωλήνωσης



## ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



## Βελτιστοποίηση εγκατεστημένων αντλιών

Οι εγκατεστημένες αντλίες ξεπερνούν κατά 20 φορές τον αριθμό των νέων αντλιών που τοποθετούνται κάθε χρόνο.

Παρουσιάζεται μεγάλο δυναμικό βελτιστοποίησης των εν λειτουργία αντλητικών συστημάτων.

Εκτίμηση: 75% των αντλιών είναι υπερδιαστασιολογημένες τουλάχιστον κατά 20%.





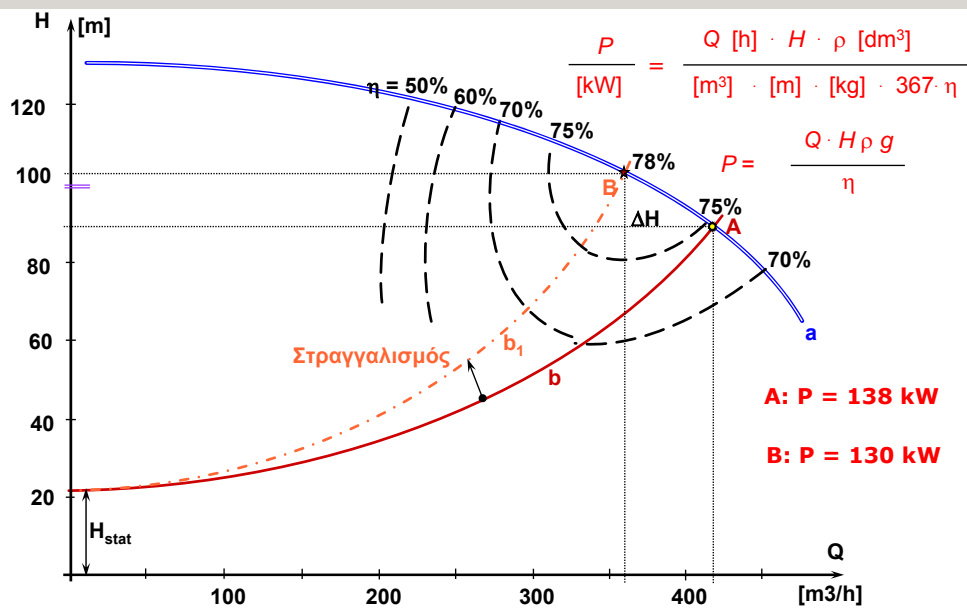
## Υπερδιαστασιολόγηση αντλιών

Κύριες αιτίες υπερδιαστασιολόγησης αντλιών:

- > Επιλογή μεγάλης αντλίας για κάλυψη μελλοντικών αναγκών
- > Υπερβολική προσαύξηση συντελεστών ασφαλείας στον υπολογισμό του απαιτούμενου μανομετρικού
- > Επιλογή αντλίας για κάλυψη μέγιστου φορτίου & κακή ή ανύπαρκτη προσαρμογή σε συνθήκες μερικού φορτίου
- > Επιλογή μεγάλης αντλίας από ανάγκη επίλυσης άλλων προβλημάτων του συστήματος (υδραυλική εξισορρόπηση, διατήρηση πίεσης, περιεκτικότητα αέρα ή/και σωματιδίων στο νερό, κλπ.)



## Τρόποι μείωσης παροχής



10 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Στις επόμενες διαφάνειες διακρίνονται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας στην προσπάθεια μείωσης της παροχής. Στο παράδειγμα αυτό έχουμε ένα ανοικτό σύστημα μεταφοράς νερού. Η αντλία που επιλέχθηκε μας παρέχει 420 m<sup>3</sup>/h ενώ απαιτούνται μόνο 360 m<sup>3</sup>/h.

Η μείωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με

- Στραγγαλισμό
- By-pass
- Μείωση διαμέτρου πτερωτής
- Μείωση στροφών

Θεωρούμε για την πυκνότητα την τιμή  $\rho = 1,0 \text{ kg/dm}^3$  (νερό) και με υδραυλικό βαθμό απόδοσης  $\eta = 74,5\%$  υπολογίζεται για το σημείο λειτουργίας **A** με παροχή  $Q = 420 \text{ m}^3/\text{h}$  απαιτούμενη ισχύς κινητήρα  $P = 138 \text{ kW}$ .

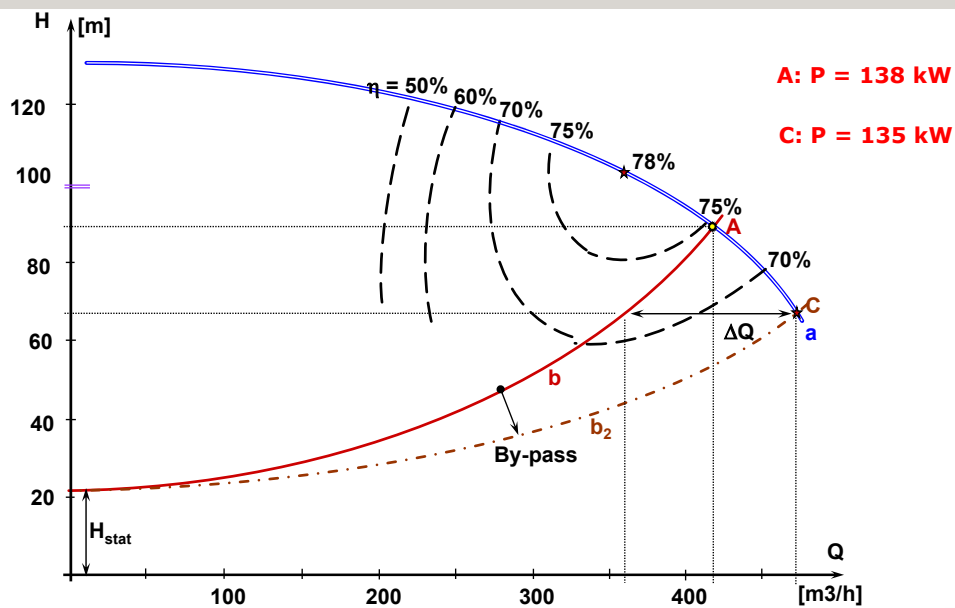
### Στραγγαλισμός

Κατά τον πιο συχνά εφαρμοσμένο στραγγαλισμό τοποθετείται όργανο στραγγαλισμού στον αγωγό κατάθλιψης της αντλίας. Αυξάνει την υδραυλική αντίσταση και αλλάζει έτσι την χαρακτηριστική της εγκατάστασης (καμπύλη **b**<sub>1</sub>). Στο νέο σημείο λειτουργίας **B** διαμορφώνεται η επιθυμητή παροχή  $Q = 360 \text{ m}^3/\text{h}$  με **μανομετρικό**  $H = 103 \text{ m}$  και  $\eta = 78\%$ . Η ισχύς στον κινητήρα είναι πια  $P = 130 \text{ kW}$ .

Στην αρχική χαρακτηριστική το επιθυμητό σημείο λειτουργίας θα ήταν  $Q = 360 \text{ m}^3/\text{h}$  με **μανομετρικό**  $H = 67 \text{ m}$ .

Με τον στραγγαλισμό τα επιπλέον 36 m που προκαλεί η στραγγαλιστική διάταξη αποτελούν άσκοπη σπατάλη ενέργειας.

## Τρόποι μείωσης παροχής



11 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

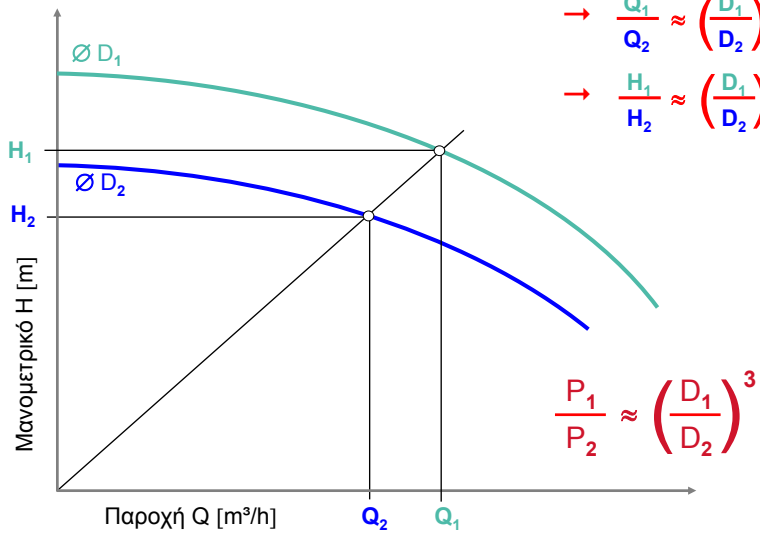


### By-pass

Κατά τη λειτουργία By-pass ένα μέρος της παροχής οδηγείται μέσω διάταξης από την κατάθλιψη της αντλίας στην αναρρόφησή της. Η αντίσταση της εγκατάστασης μειώνεται και διαμορφώνεται η καμπύλη εγκατάστασης  $b_2$  και το σημείο λειτουργίας **C** με  $H = 67 \text{ m}$  και  $Q = 480 \text{ m}^3/\text{h}$ . Από αυτήν την παροχή μια ποσότητα  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  επιστρέφει «άχρηστη» πίσω μέσω του By-pass. Με  $\eta = 65\%$  απαιτείται ισχύς κινητήρα  $P = 135 \text{ kW}$ .

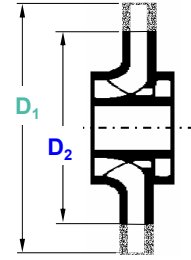
## Τρόποι μείωσης παροχής

Μείωση διαμέτρου πτερωτής

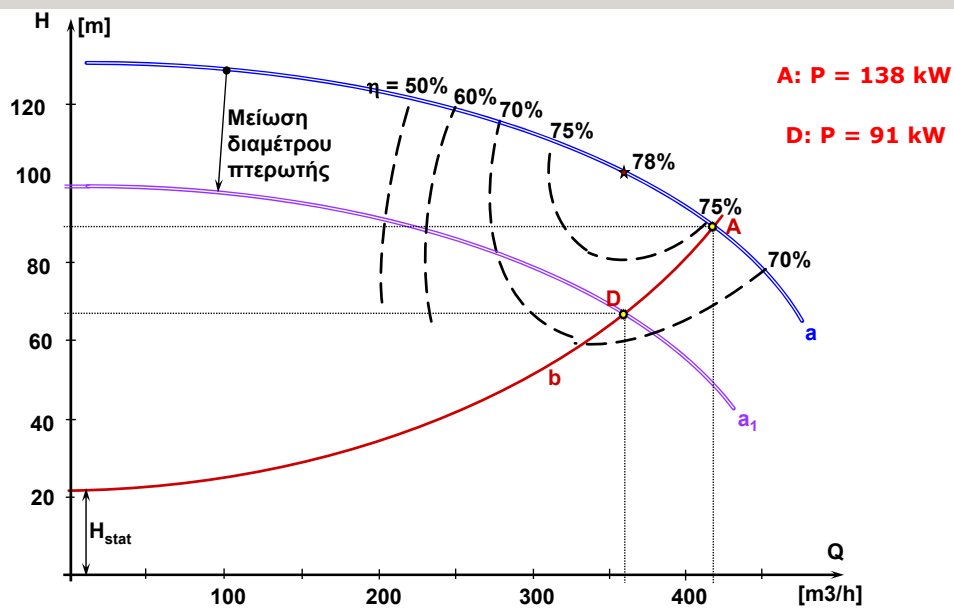


$$\rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad D_2 \approx D_1 \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}$$
$$\rightarrow \frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad D_2 \approx D_1 \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

$$\frac{P_1}{P_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$



## Τρόποι μείωσης παροχής



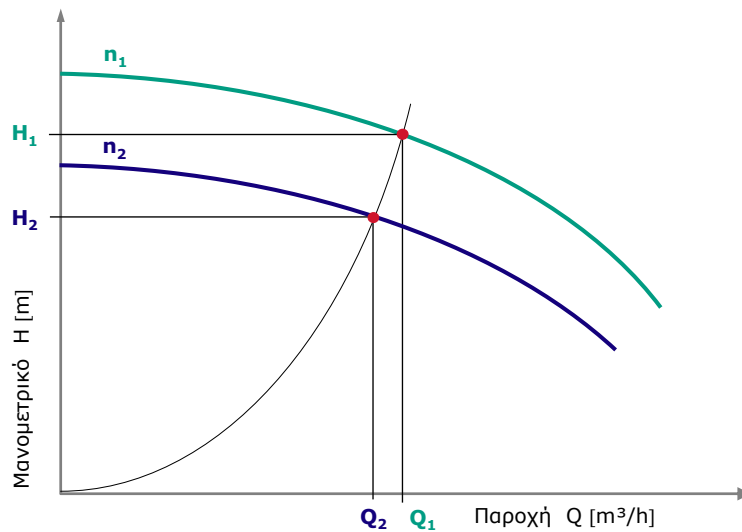
### Μείωση διαμέτρου πτερωτής

Με τη μείωση της διαμέτρου της πτερωτής επηρεάζουμε τη χαρακτηριστική της αντλίας. Έτσι διαμορφώνουμε τη καμπύλη  $a_1$  και καταλήγουμε στο σημείο λειτουργίας **D** με  $H = 67 \text{ m}$  και  $Q = 360 \text{ m}^3/\text{h}$ . Μειώνεται όμως ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης σε  $\eta = 72\%$ . Η ισχύς μειώνεται σημαντικά σε  $P = 91 \text{ kW}$ .

Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι η δυσκολία μελλοντικής αύξησης της απόδοσης της αντλίας.

Επίσης πρέπει να δοθεί προσοχή στο NPSH της αντλίας που επηρεάζεται αρνητικά.

## Τρόποι μείωσης παροχής



$$> \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$> \frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$> \frac{P_1}{P_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

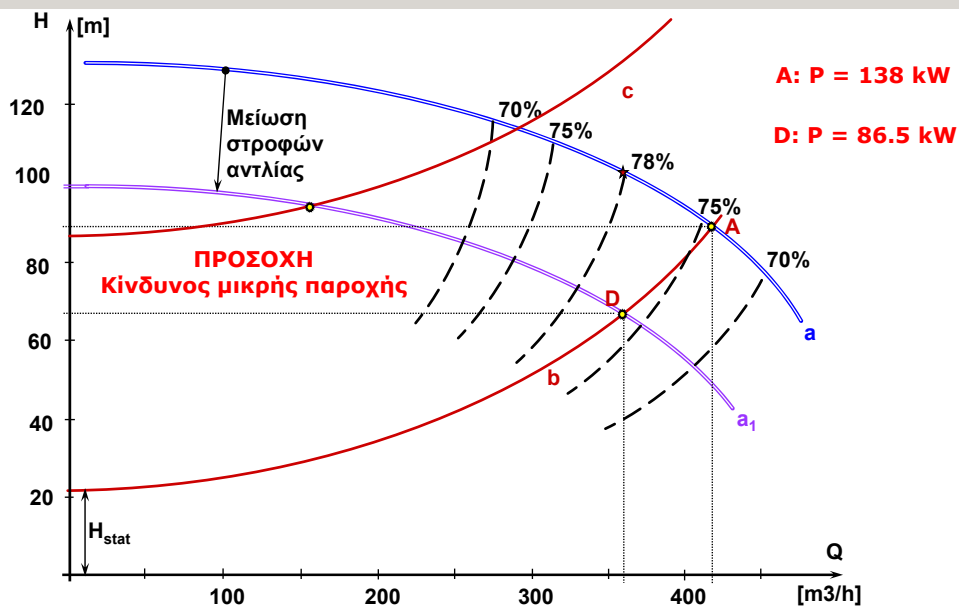


## Μείωση στροφών αντλίας

Οι γνωστοί νόμοι αναλογίας.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Ισχύουν με καλή προσέγγιση μόνο μεταξύ δύο σημείων λειτουργίας που βρίσκονται και τα δύο πάνω σε μια παραβολή στο διάγραμμα  $H - Q$ . Δηλαδή σε κλειστά κυκλώματα μη μεταβαλλόμενα (με σταθερή χαρακτηριστική σωλήνωσης).

## Τρόποι μείωσης παροχής



15 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



### Μείωση στροφών αντλίας

Με τη μείωση των στροφών της αντλίας (μέσω μετατροπέα συχνότητας) επηρεάζουμε και πάλι τη χαρακτηριστική της αντλίας. Έτσι διαμορφώνουμε επίσης τη καμπύλη  $a_1$  και καταλήγουμε στο σημείο λειτουργίας **D** με  $H = 67$  m και  $Q = 360$  m<sup>3</sup>/h όπως και με τη μείωση της διαμέτρου της αντλίας.

Εδώ όμως ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης της αντλίας δεν αλλάζει (όσο κινούμαστε σε παραβολές που ξεκινούν από το 0). Παραμένει σχετικά ανεπηρέαστος. Με  $\eta = 76\%$  η ισχύς μειώνεται ακόμα πιο πολύ σε  $P = 86.5$  kW.

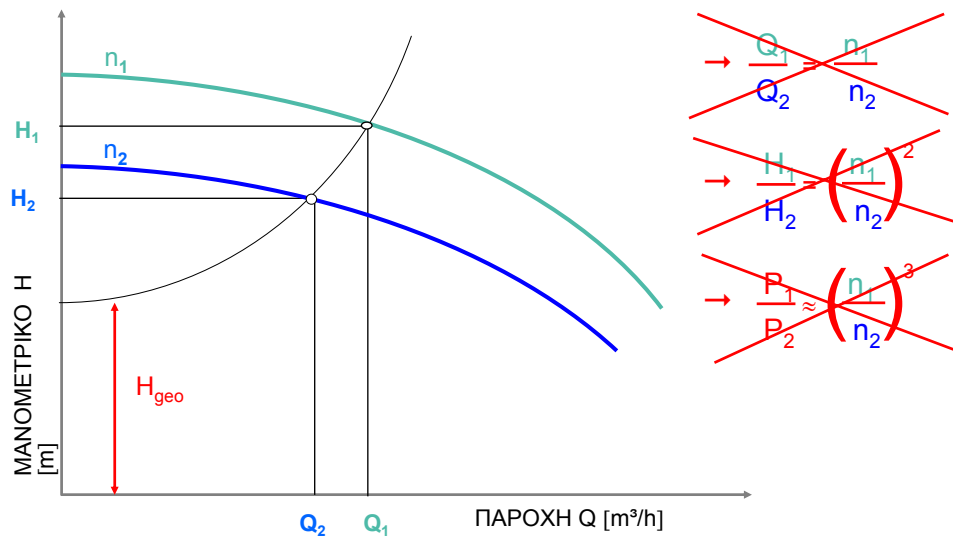
Τα πλεονεκτήματα είναι πολλά:

- Εύκολη μελλοντική προσαρμογή της απόδοσης της αντλίας.
- Μείωση φθοράς κινούμενων μερών εξαιτίας χαμηλότερης ταχύτητας περιστροφής
- Μείωση θορύβου
- Το NPSH της αντλίας δεν επηρεάζεται αρνητικά.

ΠΡΟΣΟΧΗ:

Εγκαταστάσεις με μεγάλα γεωδαιτικά ύψη (καμπύλη  $c$ ) μπορούν να οδηγήσουν και με μικρές μειώσεις στροφών της αντλίας σε επικίνδυνα μικρές παροχές, κάτω από το όριο ασφάλειας λειτουργίας της αντλίας.

## ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



16 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



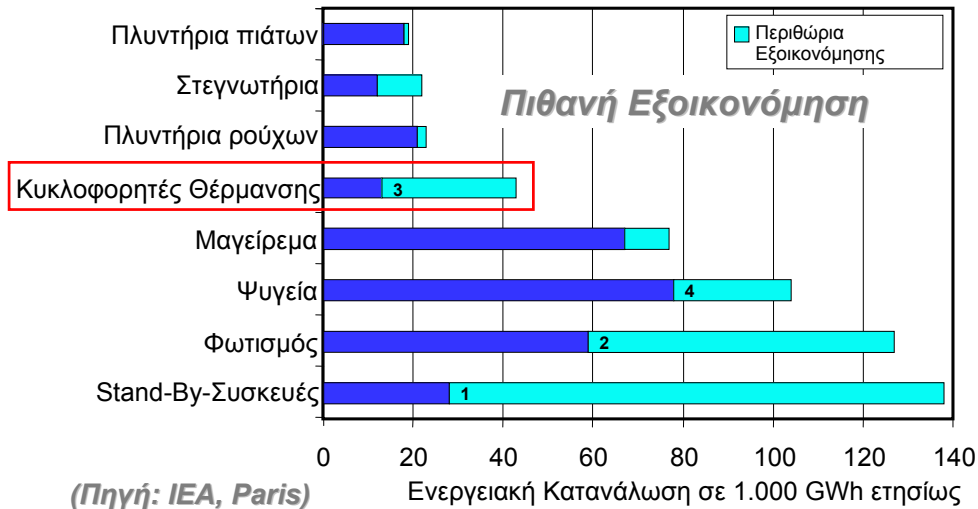
### ΠΡΟΣΟΧΗ:

Σε εγκαταστάσεις με μεγάλα γεωδαιτικά ύψη οι γνωστοί νόμοι αναλογίας παύουν να ισχύουν και μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος συμπεράσματα.



## Ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση σε κατοικίες της Ευρώπης (EU15)

### Πρόγνωση για 2030



17 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

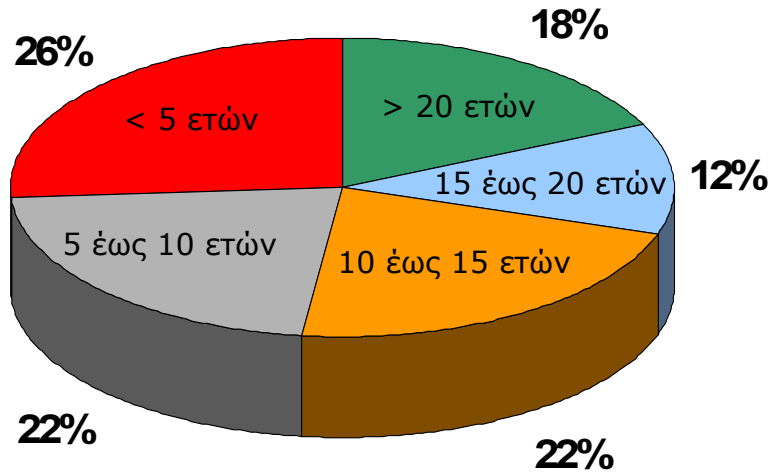


Στην Ευρώπη λειτουργούν περίπου 120.000.000 κυκλοφορητές που καταναλώνουν ετησίως περίπου 60.000 GWh.

Σύμφωνα με την IEA (International Energy Agency Paris), υπάρχει στον τομέα των κυκλοφορητών περιθώριο εξοικονόμησης 70%. Αυτό σημαίνει 42.000 GWh ετησίως που ισοδυναμεί με την ετήσια κατανάλωση ενέργειας όλων των πλυντηρίων ρούχων και πιάτων στην Ευρώπη.

## Κυκλοφορητές Θέρμανσης

52% των κυκλοφορητών είναι πάνω από 10 ετών.  
18% είναι μάλιστα πάνω από 20 ετών.



18 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

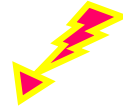


Ο συνήθης βαθμός απόδοσης των υδρολίπαντων κινητήρων κυμαίνεται στο κατώτατο επίπεδο ισχύος  $P_2 < 100 \text{ Watt}$  από 7% έως 30%. Κινητήρες με ισχύ από  $P_2 = 100 \text{ W}$  έως  $P_2 = 500 \text{ W}$  επιτυγχάνουν αποδόσεις 45% έως 65%. Κυκλοφορητές με αυτούς τους κινητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως εξαιτίας της κατασκευής νέων κτιρίων και τον εκσυγχρονισμό εγκαταστάσεων θέρμανσης. Γύρω στα 10 εκατομμύρια κυκλοφορητές εγκαθίστανται ετησίως στην Ευρώπη. Από αυτούς περισσότεροι από 70% χρησιμοποιούνται για αντικατάσταση και ανακατασκευή.

## Κυκλοφορητές Θέρμανσης

**\* Οι κυκλοφορητές θέρμανσης είναι κατά κανόνα υπερδιαστασιοποιημένοι και σταθερών στροφών.**

→ ~ 2 έως 3 φορές μεγαλύτεροι από ότι απαιτείται



→ αυτό συνεπάγεται τη διπλάσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με σωστά διαστασιοποιημένους και μεταβλητών στροφών κυκλοφορητές



Οι κυκλοφορητές σε λειτουργία, αποδεδειγμένα ξεπερνούν κατά δυο έως τρεις φορές τις πραγματικές απαιτήσεις μιας εγκατάστασης θέρμανσης – ψύξης. Και αυτό με τις πιο μετριοπαθείς εκτιμήσεις. Σε εγκαταστάσεις στην Ελλάδα συναντάμε συχνά σε πολυκατοικίες κυκλοφορητές μεγαλύτερους κατά πέντε έως έξι φορές!!!

Παράδειγμα από την πράξη: Πολυκατοικία στην Αθήνα με 10 οροφωδιαμερίσματα αυτονομίας, λέβητας: 150.000 kcal/h, τοποθετημένος κυκλοφορητής: υδρόλιπαντος, φλαντζωτός 3'' (!), σταθερών στροφών, ονομαστική ισχύς κινητήρα: 1350 W. (Επαρκεί και για εγκαταστάσεις 800.000 kcal/h...)

Αντικαταστάθηκε με ηλεκτρονικό κυκλοφορητή υψηλής απόδοσης φλαντζωτό 1 ½'' ονομαστικής ισχύος 200 W (!).

Αναμενόμενη μείωση ετήσιας κατανάλωσης ρεύματος: 85% - 90%!!!

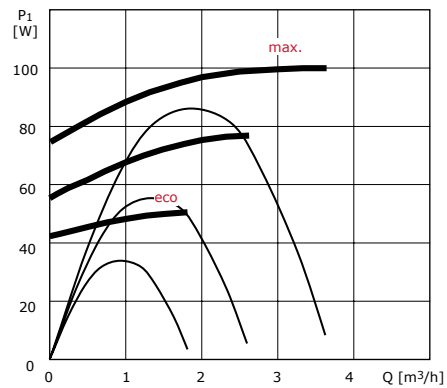
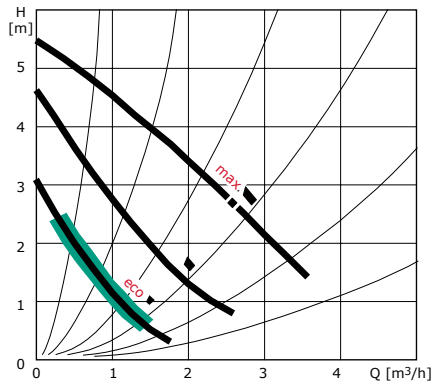
(Επίσης εξαλείφονται θόρυβοι ροής, αέρας και πρόωρη φθορά του κυκλοφορητή).

Ας σημειωθεί εδώ ότι σε εγκαταστάσεις θέρμανσης με σώματα η μείωση της παροχής νερού σε ένα θερμαντικό σώμα κατά 10% - κάτω από την ονομαστική - θα επιφέρει αμελητέα μείωση της απόδοσης του κατά 2%.

Αντίθετα η προσαγωγή κατά 10% περισσότερης παροχής με τη χρήση μεγάλου κυκλοφορητή θα οδηγήσει σε ανύπαρκτο κέρδος (2%) αλλά η ηλεκτρική κατανάλωση μπορεί έως και να διπλασιαστεί.

## Απόδοση κυκλοφορητή

Μείωση ταχύτητας περιστροφής -> Μείωση απόδοσης



20 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



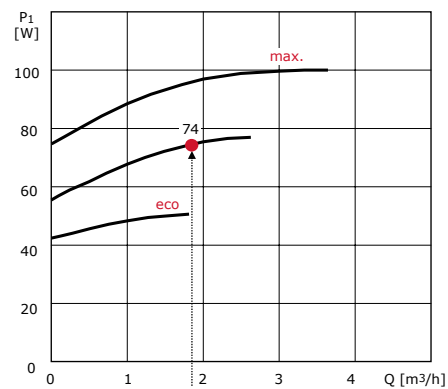
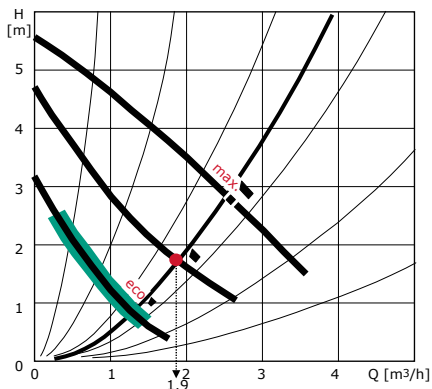
Συχνά επιλέγουμε σε κεντρικές θερμάνσεις μεγάλους κυκλοφορητές έχοντας την «ασφάλεια» ότι μπορούμε να μειώσουμε ενδεχομένως ταχύτητα περιστροφής. Όμως η διαφάνεια δείχνει ότι ο βαθμός απόδοσης μειώνεται στις μικρότερες ταχύτητες.

## Απόδοση κυκλοφορητή

Μείωση ταχύτητας περιστροφής -> Μείωση απόδοσης

Δεύτερο βήμα: Απορ. ισχύς P1 με  $Q = 1.9 \text{ m}^3/\text{h}$

= 74 W



21 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Ένας μεγάλος κυκλοφορητής απορροφά στη μεσαία ταχύτητα 74W.

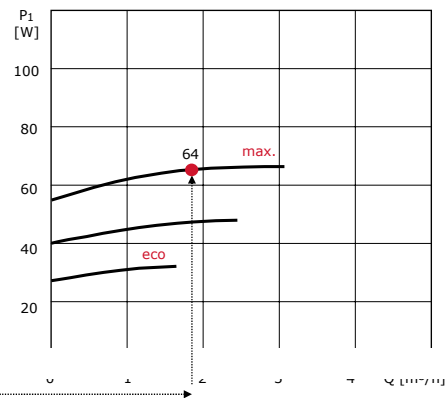
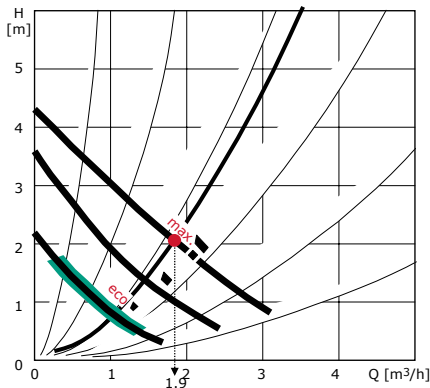
## Απόδοση κυκλοφορητή

Μείωση κατανάλωσης με χρήση μικρότερου κυκλοφορητή

Δεύτερο βήμα: Απορ.ισχύς P1 με Q = 1.9 m<sup>3</sup>/h = 74 W

Μικρότερος κυκλοφορητής μεγ.ταχύτητα: Απορ.ισχύς P1 με Q = 1.9 m<sup>3</sup>/h = 64 W

> Εξοικονόμηση = 10 W



22 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

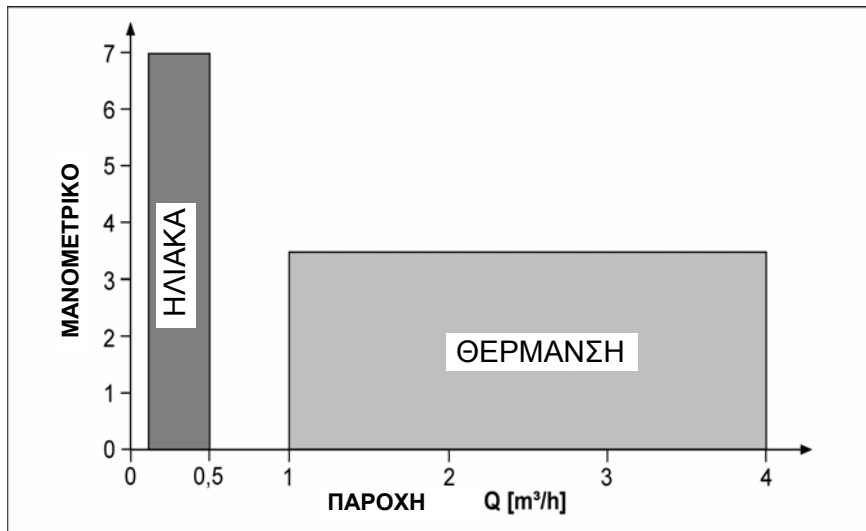


Ένας μικρότερος κυκλοφορητής απορροφά για το ίδιο σημείο λειτουργίας στη μεγάλη σκάλα μόλις 64W.

Τέτοια «κυκλοφορητάκια» εργάζονται 5 7000 ώρες το χρόνο...

Τα περιθώρια εξοικονόμησης είναι πολλά.

## Κυκλοφορητές για ηλιακά συστήματα



23 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Ένα άλλο παράδειγμα αναξιοποίητων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στην ηλεκτρική κατανάλωση των μικρών υδρολίπαντων κυκλοφορητών είναι η επιλογή των κυκλοφορητών στο "κύκλωμα ηλιακών συλλεκτών boiler".

Η παραπάνω διαφάνεια δείχνει τις απαιτήσεις των διαφορετικών συστημάτων και φανερώνει ότι οι συνηθισμένοι κυκλοφορητές θέρμανσης που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά κυκλώματα αναγκάζονται να εργάζονται εντελώς εκτός καμπύλης σε πολύ κακό βαθμό απόδοσης.

Στην πραγματικότητα το κύκλωμα των ηλιακών σε κατοικίες απαιτεί πολύ μικρές παροχές (max 50 l / h x m<sup>2</sup>) αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις σχετικά μεγάλα μανομετρικά λόγω μεγάλων αντιστάσεων ροής (μικρές διατομές σωλήνων, συλλέκτες εν σειρά, κλπ).

Κατασκευαστές κυκλοφορητών προσφέρουν για τέτοιες εφαρμογές ειδικά μοντέλα με ειδικά υδραυλικά χαρακτηριστικά και μικρή κατανάλωση.

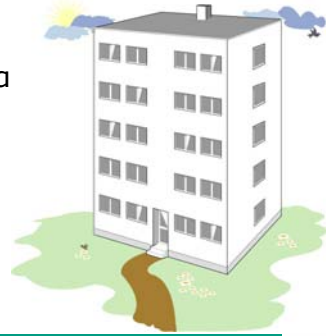
## Κυκλοφορητές Μεταβλητών στροφών – Γιατί;

Κυκλοφορητές σταθερών στροφών δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις!

Αιτίες:

- > Οι κυκλοφορητές επιλέγονται για να καλύψουν το μέγιστο φορτίο
- > Η κατανάλωση ενέργειας ξεπερνάει τις απαιτήσεις το 98% του χρόνου λειτουργίας
- > Εμφανίζονται θόρυβοι ροής, αέρας και φθορές στα εξαρτήματα

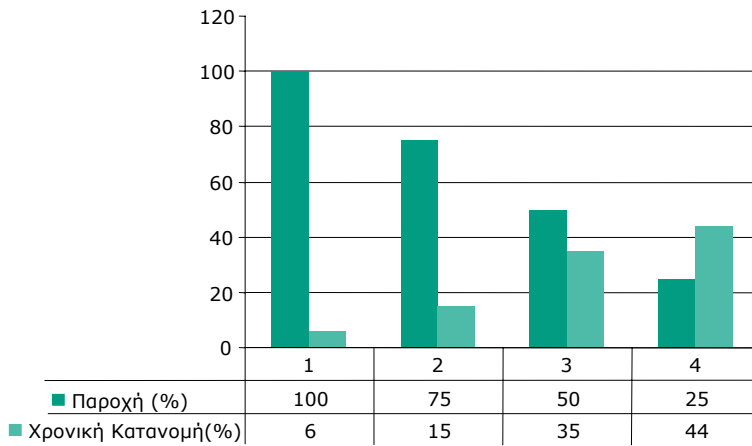
> 98 % του συνολικού χρόνου λειτουργίας





## ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

### Ποσοστιαία κατανομή φορτίου Blue Angel (ως βάση για τις ακόλουθες συγκρίσεις LCC)



25 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Οι αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες και στην εξωτερική θερμοκρασία, η αύξηση της ηλιακής θερμότητας ή οι εσωτερικές πηγές θέρμανσης στα κτίρια από ανθρώπους και συσκευές έχουν σαν συνέπεια το σχεδιασμένο και το μέγιστο φορτίο στον κυκλοφορητή και στο σύστημα θέρμανσης να υφίσταται μόνο μερικές μέρες το χρόνο. Η κανονική κατάσταση λειτουργίας είναι στην πραγματικότητα λειτουργία μερικού φορτίου του κυκλοφορητή και του συστήματος, το οποίο σε ετήσιο μέσο όρο, ανέρχεται σε λιγότερο από το μισό του φορτίου σχεδίασης. Ένας αριθμός θεωρητικών μελετών και πρακτικών ελέγχων σε υπάρχοντα κτίρια οδηγούν σε σπάντα προφίλ φορτίου (βλέπε γράφημα) – επίσης γνωστό ως «Προφίλ Φορτίου Μπλέ Άγγελος» - το οποίο έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ως προφίλ φορτίου για κυκλοφορητές θέρμανσης στις Ευρωπαϊκές κλιματικές ζώνες.

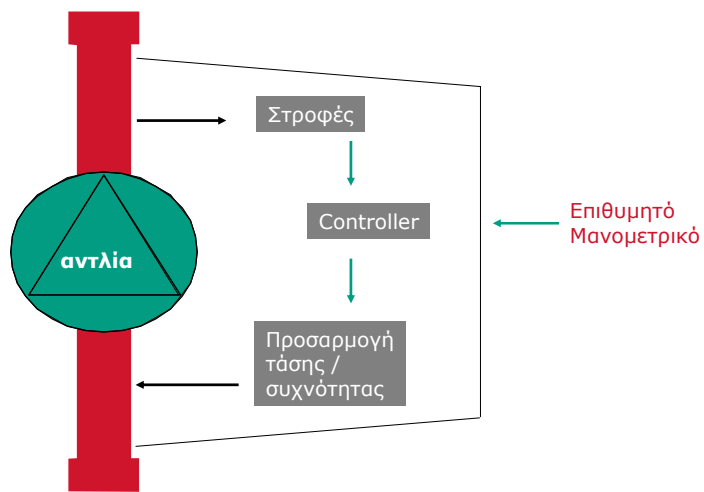
Αυτό το μοντέλο βασίζεται σε μια περίοδο λειτουργίας 6800 ωρών το χρόνο. Αυτή η περίοδος λειτουργίας είναι απολύτως φυσιολογική στο κεντρικό Ευρωπαϊκό κλίμα και οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ένας μέσος όρος 10% της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα κτίριο απαιτείται για τη λειτουργία των κυκλοφορητών.

Το μοντέλο αποδεικνύει ότι η απαιτούμενη παροχή του κυκλοφορητή που απαιτείται για θέρμανση ποικίλει κατά τη διάρκεια του χρόνου ανάμεσα στο 100% σε μια αναλογία χρόνου μόνο 6% και 25% παροχή σε μια αναλογία χρόνου 44%.

Με τη βοήθεια αυτού του σπάντα μοντέλου φορτίου είναι δυνατό να γνωρίζουμε προκαταβολικά την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση και τα κόστη για τη λειτουργία του κυκλοφορητή.

## Ηλεκτρονικός κυκλοφορητής: ένα αυτόνομο σύστημα

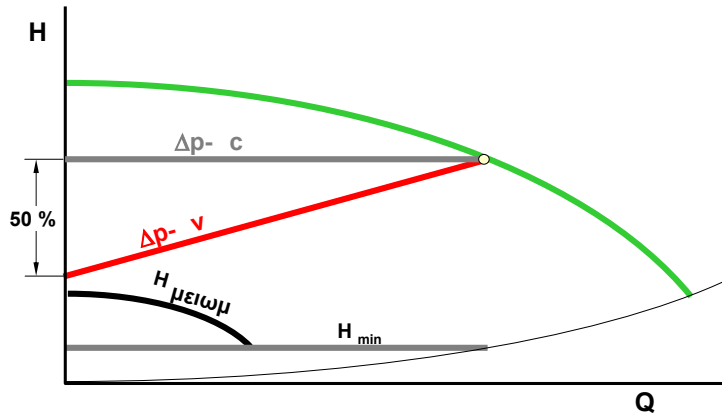
Κύκλωμα ελέγχου  
κυκλοφορητή



Η αρχή λειτουργίας είναι απλή: Το κλείσιμο δίοδων βανών σε παράλληλους κλάδους οδηγεί σε αύξηση του μανομετρικού του ηλεκτρονικού κυκλοφορητή, ο οποίος το αντιλαμβάνεται μέσω ενσωματωμένου συστήματος μέτρησης (οι υδρολίπαντοι ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές καταγράφουν το πραγματικό μανομετρικό έμμεσα, μετρώντας στροφές και απορροφώμενη ισχύ, ενώ οι «μεγάλοι» ηλεκτρονικοί ελαιολίπαντοι κυκλοφορητές μετράνε το μανομετρικό άμεσα με ενσωματωμένο αισθητήριο διαφορικής πίεσης).

Ο κυκλοφορητής ακολουθώς μειώνει στροφές προσπαθώντας να διατηρήσει το μανομετρικό σταθερό σε μια προεπιλεγμένη τιμή. (τρόπος λειτουργίας  $\Delta p - \text{constant}$ ). Με αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται και η παροχή στο πραγματικά απαιτούμενο επίπεδο, μειώνοντας ταυτόχρονα θορύβους ροής και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

## Κυκλοφορητές εξοικονόμησης ενέργειας



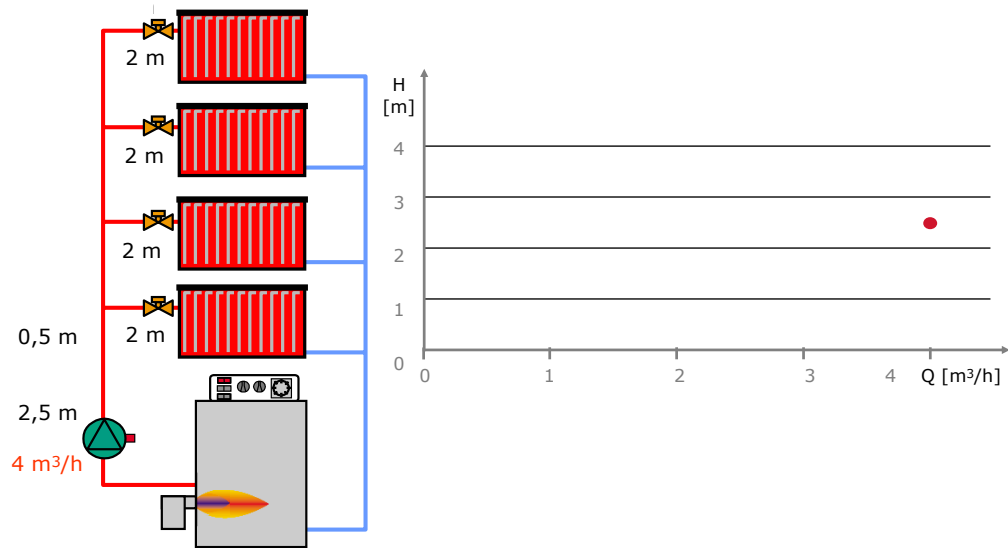
27 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Δεκαετία '90: Εξέλιξη ηλεκτρονικών κυκλοφορητών με πρόσθετες λειτουργίες ρύθμισης όπως

- **$\Delta p$ -variable:** Μεταβλητό μανομετρικό
- **Autopilot:** Αυτόματη μετάβαση σε μειωμένο πρόγραμμα
- **$\Delta p-T$ :** Αυτόματη αλλαγή επιθυμητού μανομετρικού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του νερού

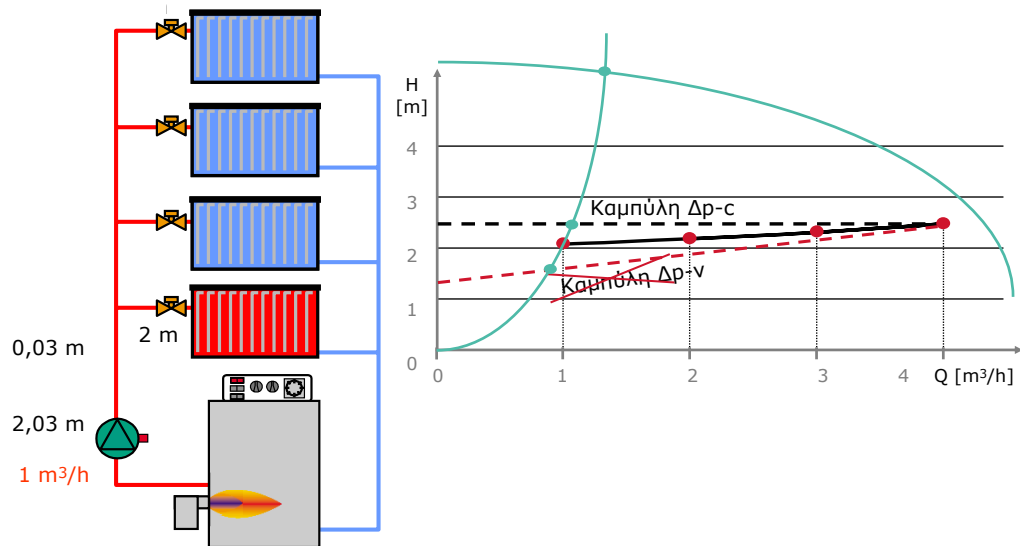
## ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ $\Delta p-c$



28 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



## ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ $\Delta p$ -c



29 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



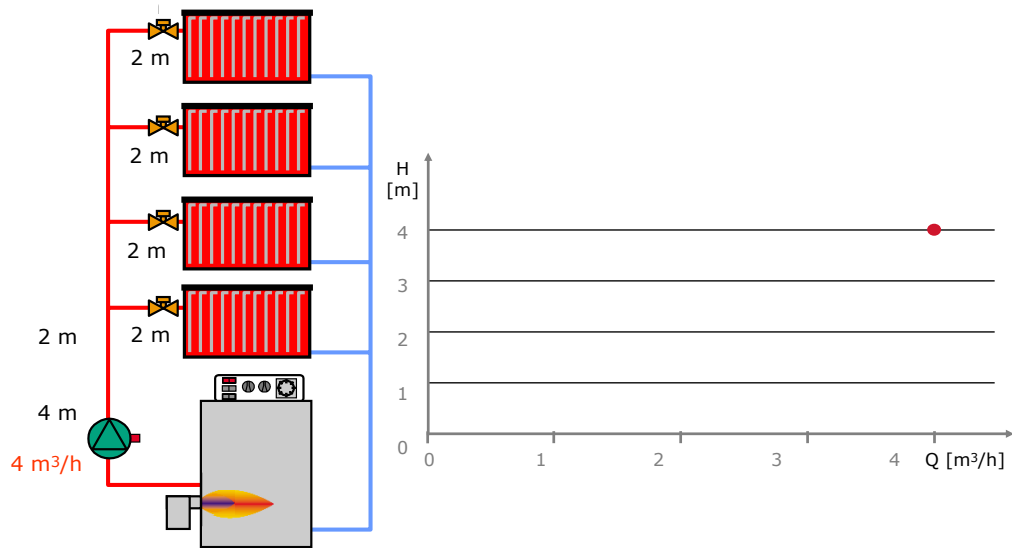
$\Delta p$  c → Διαφορική πίεση σταθερή

Το μανομετρικό που παράγεται από τον κυκλοφορητή ( $H_{\text{set value}}$ ) διατηρείται σταθερό σε όλο το επιτρεπτό εύρος παροχής

Επιλέγεται ως τρόπος ρύθμισης σε μεταβλητά συστήματα όταν η πτώση πίεσης στο κύκλωμα προσαγωγής επιστροφής (στις κεντρικές στήλες) κατά το μέγιστο φορτίο είναι χαμηλή σε σύγκριση με την πτώση πίεσης στους παράλληλους κλάδους (δίοδες βάνες, διακόπτες σωμάτων, FCU, κλπ.):

Ανεξάρτητα από τον αριθμό των παράλληλων κλάδων που είναι ανοικτοί το απαιτούμενο μανομετρικό παραμένει σταθερό.

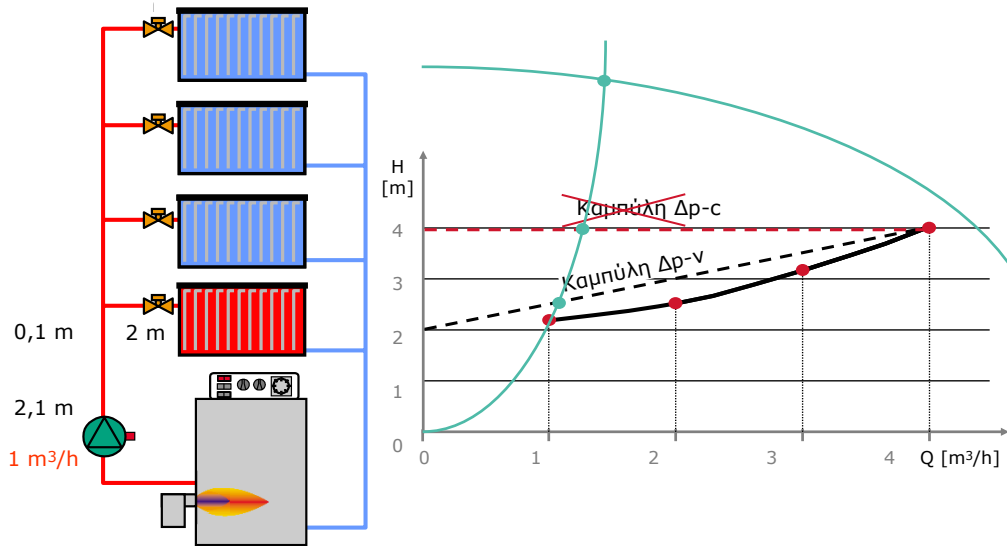
## ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ $\Delta p-v$



30 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



## ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ $\Delta p-v$



31 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



$\Delta p \quad v \rightarrow$  Διαφορική πίεση μεταβλητή

Το μαομετρικό που παράγεται από τον κυκλοφορητή μεταβάλλεται γραμμικά μεταξύ  $H_{\text{set value}}$  και  $1/2 H_{\text{set value}}$

Επιλέγεται ως τρόπος ρύθμισης σε μεταβλητά συστήματα όταν η πτώση πίεσης στο κύκλωμα προσαγωγής πιστροφής (στις κεντρικές στήλες) κατά το μέγιστο φορτίο είναι μεγαλύτερη από την πτώση πίεσης στους παράλληλους κλάδους (δίοδες βάνες, διακόπτες σωμάτων, FCU, κλπ.):

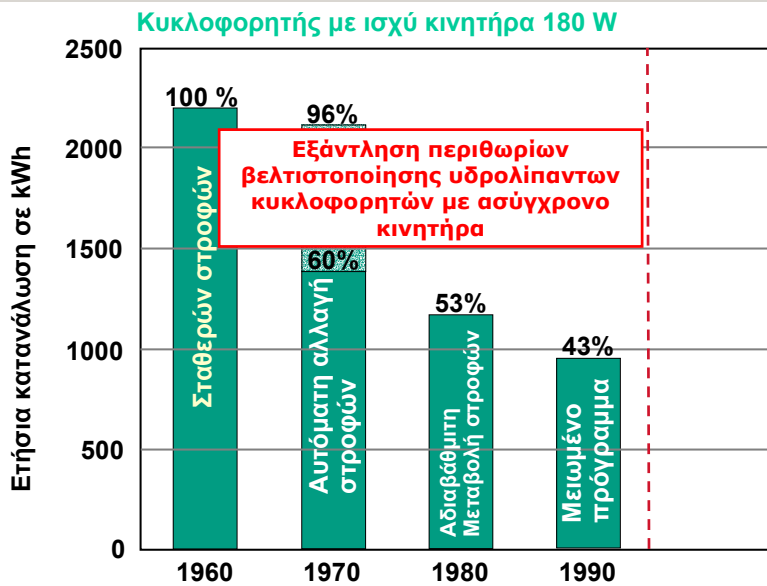
Το απαιτούμενο μαομετρικό μειώνεται ραγδαία καθώς μειώνεται η παροχή.

Υπάρχει με τον τρόπο ρύθμισης  $\Delta p \quad v$  η πιθανότητα υποτροφοδοσίας κάποιου κλάδου.

Ουσιαστικά ο τρόπος λειτουργίας  $\Delta p \quad v$  είναι μία προσομοίωση της πραγματικής ζήτησης που απαιτείται επειδή η μέτρηση του απαιτούμενου μαομετρικού συντελείται στον κυκλοφορητή.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις μπορεί αντί για αυτόν τον τρόπο να τοποθετηθεί ένα αισθητήριο διαφορικής πίεσης στο δυσμενέστερο σημείο της εγκατάστασης ώστε να κρατιέται εκεί μια σταθερή τιμή μαομετρικού.

## Εξέλιξη ηλεκτρικής κατανάλωσης κυκλοφορητών



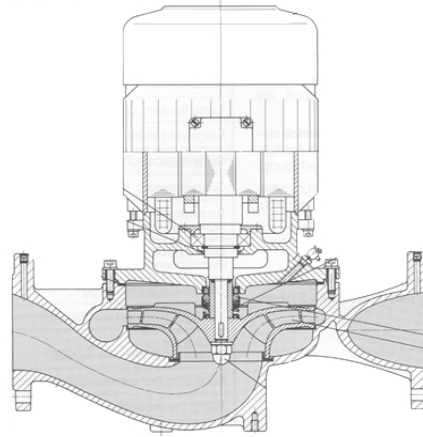
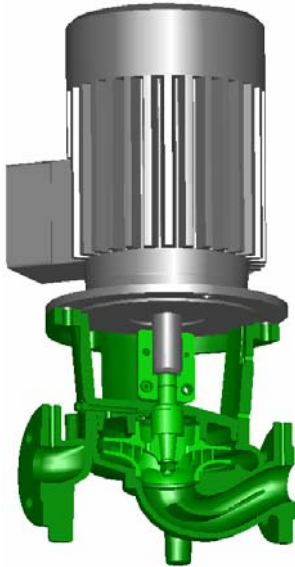
32 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Ο σχετικά χαμηλός βαθμός απόδοσης των υδρολίπαντων κινητήρων (εξαιτίας του ανοξειδωτού χιτωνίου και του μεγάλου διάκενου μεταξύ ρότορα και στάτορα) έθετε όρια στην περαιτέρω ενεργειακή βελτιστοποίηση των υδρολίπαντων κυκλοφορητών. Κι αυτά τα όρια είχαν εξαντληθεί μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '90. Από δω και πέρα χρειαζόταν ένα τεχνολογικό άλμα.



## Ελαιολίπαντοι κυκλοφορητές



33 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού

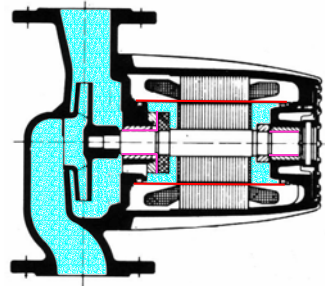
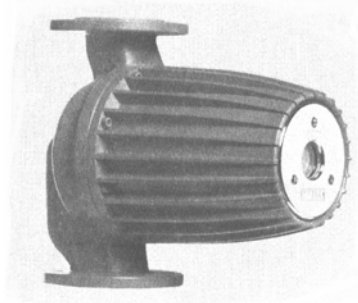


Ή αλλιώς “glanded pumps”, δηλαδή με στεγανοποίηση στον άξονα.

Ή αλλιώς “dry rotor pumps”, “dry runners” , δηλαδή στεγνού ρότορα.

## Υδρολίπαντοι κυκλοφορητές

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ



**Προτέρημα :** αθόρυβη λειτουργία + χωρίς συντήρηση  
**Μειονέκτημα :** χαμηλός βαθμός απόδοσης



Οι κυκλοφορητές που είναι εγκατεστημένοι στην Ευρώπη είναι σε συντριπτικό βαθμό υδρολίπαντοι (glandless pumps, wet rotor pumps, wet runners). Αυτή η ειδική κατασκευή του ηλεκτρικού κινητήρα επικράτησε από τη δεκαετία του '60, αφού αποδείχθηκε ιδανική λύση για τους κυκλοφορητές που απαιτούνται στα περισσότερα κτίρια και που σπάνια ξεπερνούν τα 1500 Watt σε ισχύ (συνήθως είναι μεταξύ 50 και 200 Watt). Οι κύριοι λόγοι της απόλυτης επικράτησης των υδρολίπαντων κυκλοφορητών σε βάρος των ελαιολιπαντων ήταν η μη ανάγκη συντήρησης (αφού απουσιάζουν ρουλεμάν και στεγανοποίηση άξονα) και η αθόρυβη λειτουργία (απουσιάζει η θορυβώδης πτερωτή αέρος των αερόψυκτων κινητήρων).

Όμως ο βαθμός απόδοσης των υδρολίπαντων κινητήρων εξαιτίας του ανοξειδωτού χιτωνίου και του μεγάλου διάκενου μεταξύ ρότορα και στάτορα παραμένει σχετικά χαμηλός.

## Απόδοση κυκλοφορητών

### Απόδοση συμβατικών υδρολίπαντων κυκλοφορητών

Ονομ. ισχύς κινητήρα $P_2$	$\eta_{motor}$	$\eta_{pump}$	$\eta_{total}$
- 100 W	ap.*15% - ap. 45%	ap. 40% - ap. 65%	ap. 5% - ap. 25%
100 - 500 W	ap. 45% - ap. 65%	ap. 40% - ap. 70%	ap. 20% - ap. 40%
500 - 2500 W	ap. 60% - ap. 70%	ap. 30% - ap. 75%	ap. 30% - ap. 50%

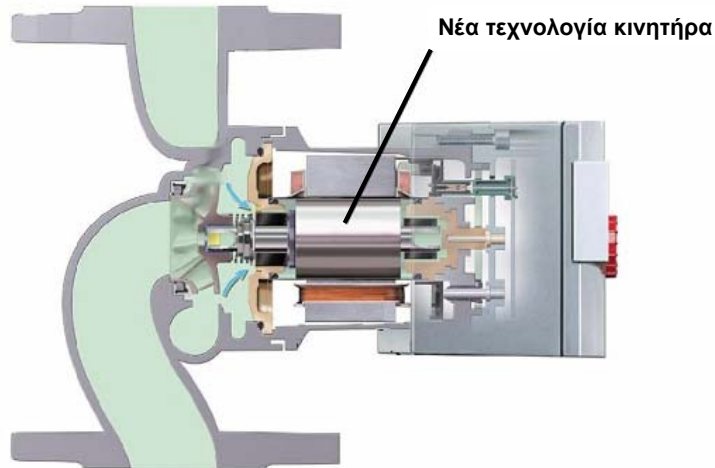
### Απόδοση ελαιλίπαντων κυκλοφορητών

Ονομ. ισχύς κινητήρα $P_2$	$\eta_{motor}$	$\eta_{pump}$	$\eta_{total}$
- 1,5 kW	ap. 75%	ap. 40% - ap. 85%	ap. 30% - ap. 65%
1,5 - 7,5 kW	ap. 85%	ap. 40% - ap. 85%	ap. 35% - ap. 75%
7,5 - 45,0 kW	ap. 90%	ap. 40% - ap. 85%	ap. 40% - ap. 80%



## Εξέλιξη ηλεκτρικής κατανάλωσης κυκλοφορητών

Τεχνολογικό άλμα: Κινητήρας EC – Μόνιμος μαγνήτης ως ρότορας

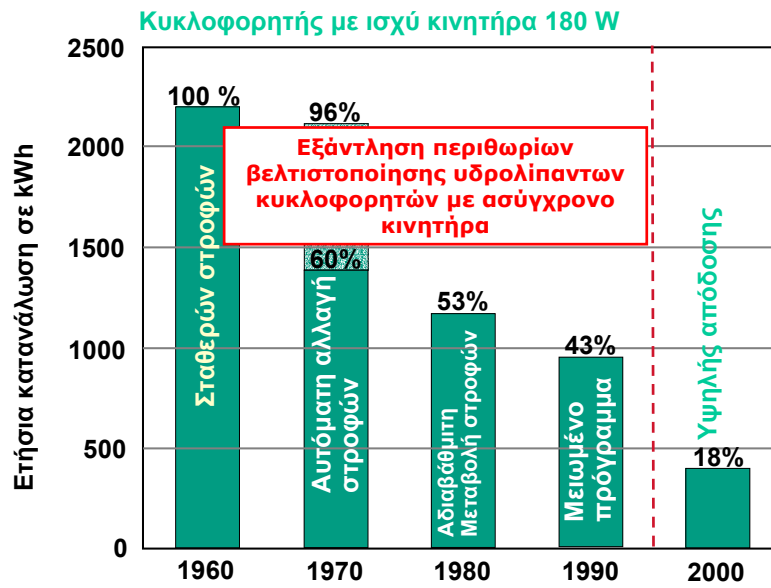


36 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



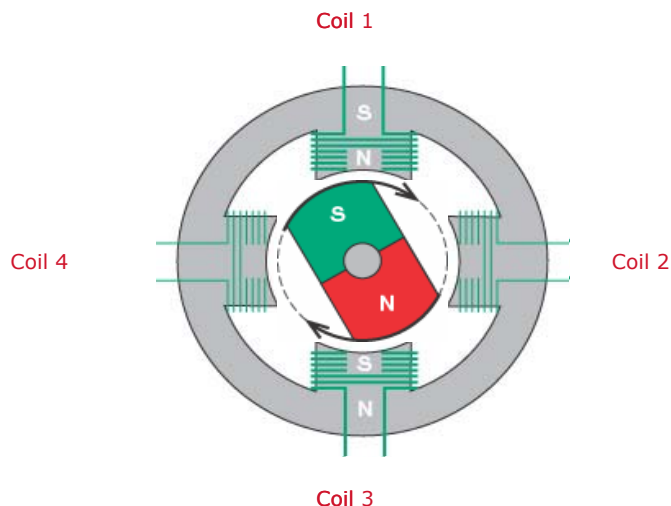
Το τεχνολογικό άλμα ήρθε (και μάλιστα πολύ συμβολικά) με την αρχή της νέας χιλιετίας: Ο κυκλοφορητής υψηλής απόδοσης με κινητήρα EC (Electric Commutated Motor), ένας σύγχρονος κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη για ρότορα (αντί του γνωστού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα).

## Εξέλιξη ηλεκτρικής κατανάλωσης κυκλοφορητών



## Σύγχρονος ηλεκτροκινητήρας (EC-Motor)

### Commutation (current reversal)



#### Αρχή λειτουργίας της ECM-τεχνολογίας

Η αρχή λειτουργίας ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων με μόνιμο μαγνήτη βασίζεται στις εξής φυσικές αρχές:

Η μαγνητική ροή στον κινητήρα παράγεται από τον μόνιμο μαγνήτη στο ρότορα τόσο κατά την ακινησία όσο και κατά την περιστροφή.

Η άσκηση δύναμης δημιουργείται από την αλληλεπίδραση μεταξύ της μαγνητικής ροής του μόνιμου μαγνήτη και της ηλεκτρικής ροής μέσα από τα τυλίγματα, ή αλλιώς μεταξύ ηλεκτρικών (στάτορας) και μαγνητικών πόλων (ρότορας) (έλξη αντίθετων πόλων, N - S).

Η συνεχής περιστροφική κίνηση επιτυγχάνεται με περιοδική αλλαγή των τυλιγμάτων σε συνάρτηση με τη θέση του ρότορα (ηλεκτρονικός έλεγχος του ρεύματος).

Η ταχύτητα περιστροφής είναι σύγχρονη με την ταχύτητα αλλαγής των τυλιγμάτων (σύγχρονος κινητήρας) και ρυθμίζεται αδιαβάθμιτα μέσω ενός μετατροπέα.

Ο εντοπισμός της θέσης του ρότορα πραγματοποιείται με τη βοήθεια αισθητήριων (π.χ. αισθητήριο Hall) ή με μοντέρνες μεθόδους χωρίς αισθητήρια.

Η επαγωγική τάση στα τυλίγματα του στάτορα δημιουργείται από την περιστροφή του μόνιμου μαγνήτη στον ρότορα σε συνάρτηση με την ταχύτητα περιστροφής, αλλά ανεξάρτητα από την ηλεκτρική ροή.

Αυτή η ιδιότητα έχει μεγάλη σημασία για τις διαφορετικές μεθόδους ηλεκτρονικού ελέγχου και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της θέσης του ρότορα χωρίς αισθητήριο.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος πραγματοποιείται με μετατροπέα ο οποίος παρεμβάλλεται μεταξύ ηλεκτρικής τροφοδοσίας και κινητήρα.

Για μείωση του θορύβου η ημιτονοειδής ηλεκτρική ροή δημιουργείται μέσω ηλεκτρονικά ισχύος, τα οποία είναι ενσωματωμένα σε μοντέρνους κινητήρες.

Η απευθείας σύνδεση στο δίκτυο είναι σε αντίθεση με ασύγχρονους κινητήρες αδύνατη.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος πρέπει να ενεργοποιεί τα ακίνητα τυλίγματα του στάτορα κάθε φορά όταν βρίσκονται ως προς το περιστρεφόμενο πεδίο του μαγνήτη σε ευνοϊκή θέση για τη δημιουργία ροπής περιστροφής. Η με αυτόν τον τρόπο χρονικά μεταβαλλόμενη μαγνητική πολικότητα στα τυλίγματα οδηγεί σε αλληλεπίδραση με τη σταθερή πολικότητα του μαγνήτη-ρότορα σε ελκτικές και απωθητικές δυνάμεις και έτσι σε περιστροφική κίνηση.

Ανάλογα με την εκάστοτε κατεύθυνση της ηλεκτρικής ροής σχηματίζεται ένα μαγνητικό πεδίο στον στάτορα με θετικό και αρνητικό πόλο. Ο μόνιμος μαγνήτης-ρότορας που εδράζεται εντός αυτού του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να περιστρέφεται από ελκτικές ή απωθητικές δυνάμεις ομοίων ή αντίθετων πόλων. Η ομοιόμορφη περιστροφική κίνηση προκύπτει από την ομαλά χρονικά μεταβαλλόμενη ηλεκτρική ροή των ξεχωριστών τυλιγμάτων.

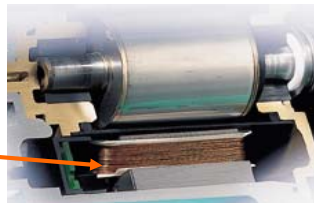
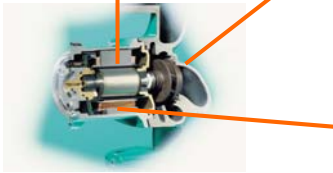
## Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης με EC-κινητήρα

Χιτώνιο από ειδικό  
συνθετικό υλικό



3D περύγια και  
νέος υραυλικός  
σχεδιασμός  
 $n_{max} = 4000 \text{ 1/min}$

**Τεχνολογία μόνιμου  
Μαγνήτη ως ρότορα**



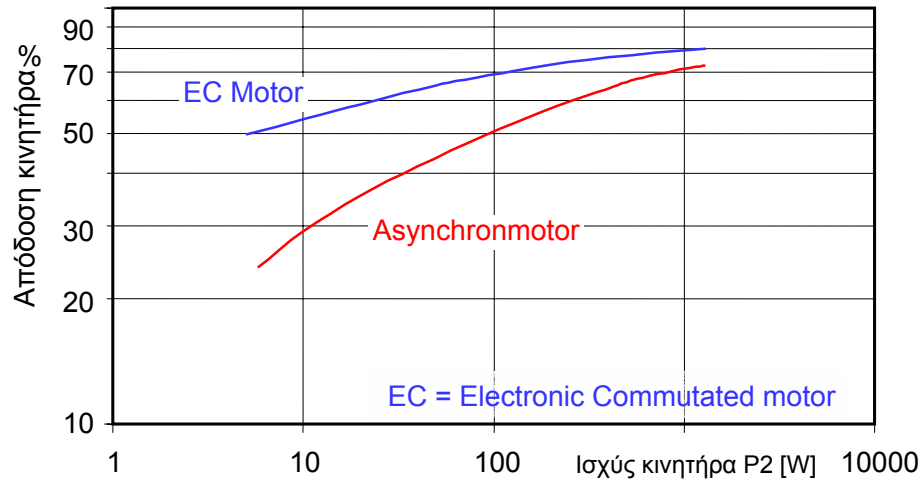
39 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών έδειξαν ξεκάθαρα ένα πλεονέκτημα στην εξέλιξη των σύγχρονων EC κινητήρων με μόνιμο μαγνήτη ως ρότορα σαν τους μελλοντικούς κινητήρες κυκλοφορητών, μια και αυτοί έχουν ξεκάθαρα πιο υψηλή απόδοση από τους ασύγχρονους κινητήρες που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν. Οι κινητήρες EC (γνωστοί και ως Brushless Motors) χρησιμοποιούνται ήδη σε ελαιολίπαντες κατασκευές όπως σε ανεμιστήρες. Δεν υπάρχουν ακόμα πολλά χρόνια εμπειρίας για αυτούς τους κινητήρες με ισχύ που κυμαίνεται από 50W- 1000W. Οι μεγάλες ποσότητες περιορίζονται σε ισχύ κάτω των 50 Watt και ταχύτητες πάνω των 10,000 rpm. Εφαρμογές EC κινητήρων στη τεχνολογία των υδρολίπαντων κυκλοφορητών σε τυπικούς κινητήρες δεν ήταν προηγουμένως γνωστές.

## Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης με EC-κινητήρα

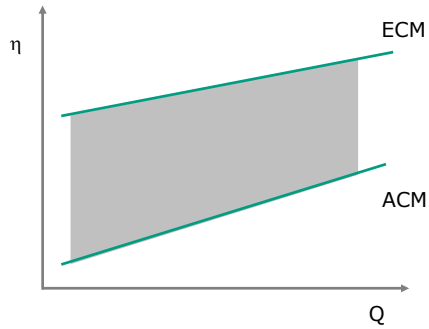
### Σύγκριση βαθμών απόδοσης





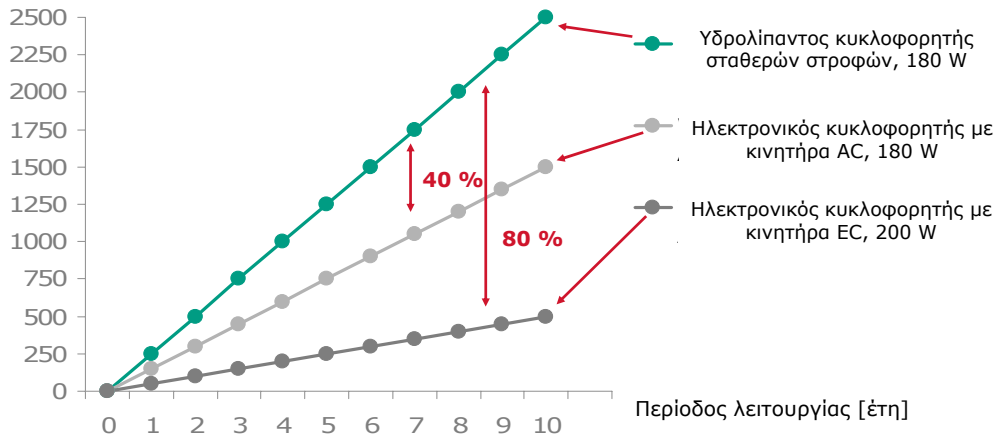
## Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης με EC-κινητήρα

Βελτιωμένος βαθμός απόδοσης ειδικά σε συνθήκες χαμηλού φορτίου



## Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης με EC-κινητήρα

Λειτουργικά έξοδα [ € ]



42 Εξοικονόμηση ενέργειας σε αντλίες νερού



Προϊόντα με υψηλότερους βαθμούς απόδοσης και συνεπώς χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας είναι κατά κανόνα πιο ακριβά στην κατασκευή και επομένως στην τιμή πώλησης από ότι τα συμβατικά προϊόντα. Τα επιπλέον κόστη που οφείλονται στα ηλεκτρονικά έχουν κάνει μέχρι τώρα την είσοδο στην αγορά πολύ δύσκολη. Με τη διαθεσιμότητα των μετατροπέων και την πρόοδο στο πεδίο των ηλεκτρονικών ισχύος και μικροηλεκτρονικών η κατάσταση έχει σαφώς βελτιωθεί. Η EC τεχνολογία του κινητήρα συνδυάζει υψηλά οφέλη για τον καταναλωτή με μικρό χρόνο απόσβεσης του επιπλέον κόστους – ειδικά λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κύκλου ζωής. Διότι τα έξοδα λειτουργίας κατά τη διάρκεια ζωής των κυκλοφορητών, δηλαδή ειδικότερα η κατανάλωση ρεύματος, ανέρχονται σε πολλαπλάσιο του κόστους αγοράς.

## Ενεργειακή Σήμανση Κυκλοφορητών

- \* Προαιρετική πρωτοβουλία Ευρωπαίων κατασκευαστών υδρολίπαντων κυκλοφορητών
- \* Πιστοποιημένο από ΕΥ

Euro Pump  
Diamant Building  
80 Bd A Reyers, 1030 Brussels, Belgium  
www.europump.org - secretariat@europump.org



Circulating Pumps  
UK Office  
Oldmedow Road, Hardwick Industrial Estate  
Kings Lynn, Norfolk PE30 4PP, UK  
www.circulatingpumps.net - info@circulatingpumps.net

Circulator manufacturers participating in the labelling scheme:

  
Südstrasse 10, 3110 Münsingen, Switzerland  
www.biral.ch - info@biral.ch

  
Poul Due Jensens Vej 7, 8850 Bjerringbro, Denmark  
www.grundfos.com - svaakaae@grundfos.com

  
Sydvestvej 57-59, 2600 Glostrup, Denmark  
www.smedegaard.com - info@smedegaard.dk

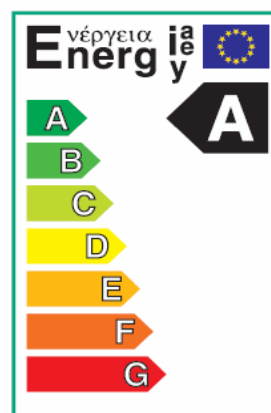
  
Nortkirchenstraße 100, 44263 Dortmund, Germany  
www.wilo.com - wilo@wilo.de



Το 2005 οι κορυφαίοι κατασκευαστές υδρολίπαντων κυκλοφορητών στην Ευρώπη συμφώνησαν να δεσμευτούν για την καθιέρωση της Ενεργειακής Σήμανσης στους κυκλοφορητές. Η ευρέως αναγνωρίσιμη Ενεργειακή Σήμανση έχει στόχο να ευαισθητοποιήσει τους ιδιοκτήτες και χρήστες κτιρίων, ώστε να προτιμούν ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες.

## Ενεργειακή Σήμανση

Κλάση	Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EEI)
A	$EEI < 0,4$
B	$0,4 \leq EEI < 0,6$
C	$0,6 \leq EEI < 0,8$
D	$0,8 \leq EEI < 1,0$
E	$1,0 \leq EEI < 1,2$
F	$1,2 \leq EEI < 1,4$
G	$1,4 \leq EEI$



> Η εξοικονόμηση ενέργειας από κλάση σε κλάση αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε 22%.



Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης πετυχαίνουν δείκτες EEI μεταξύ 0,26 έως 0,31 (ανάλογα τον τύπο)

Ένας ηλεκτρονικός κυκλοφορητής υψηλής απόδοσης ενεργειακής κλάσης A καταναλώνει έως και 80% λιγότερη ενέργεια από τον κυκλοφορητή αναφοράς (κλάσης D). Με αναμενόμενη διάρκεια ζωής 12-15 χρόνων σίγουρα αποτελεί μια πολύ καλή επένδυση, τόσο για τον ιδιοκτήτη όσο και για το περιβάλλον.

## Κυκλοφορητές Υψηλής Απόδοσης με EC-κινητήρα

Αν εφαρμοστεί η τεχνολογία ECM σε όλες τις εγκαταστάσεις θέρμανσης της Γερμανίας θα μπορούσαν να κλείσουν 4 θερμοηλεκτρικοί σταθμοί ή ένας πυρηνικός σταθμός.

> Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>

