



Δημήτρης Μπόζης  
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Μελετητής

Παρουσίαση του συστήματος  
γεωθερμικών αντλιών του Δημαρχείου Πυλαίας

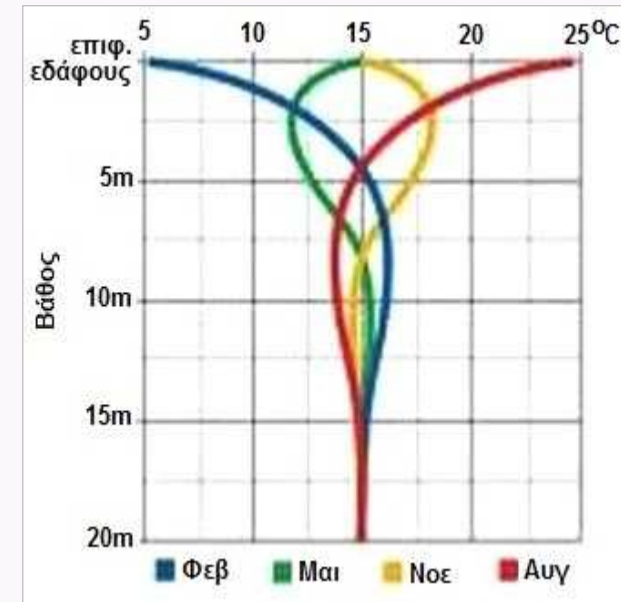
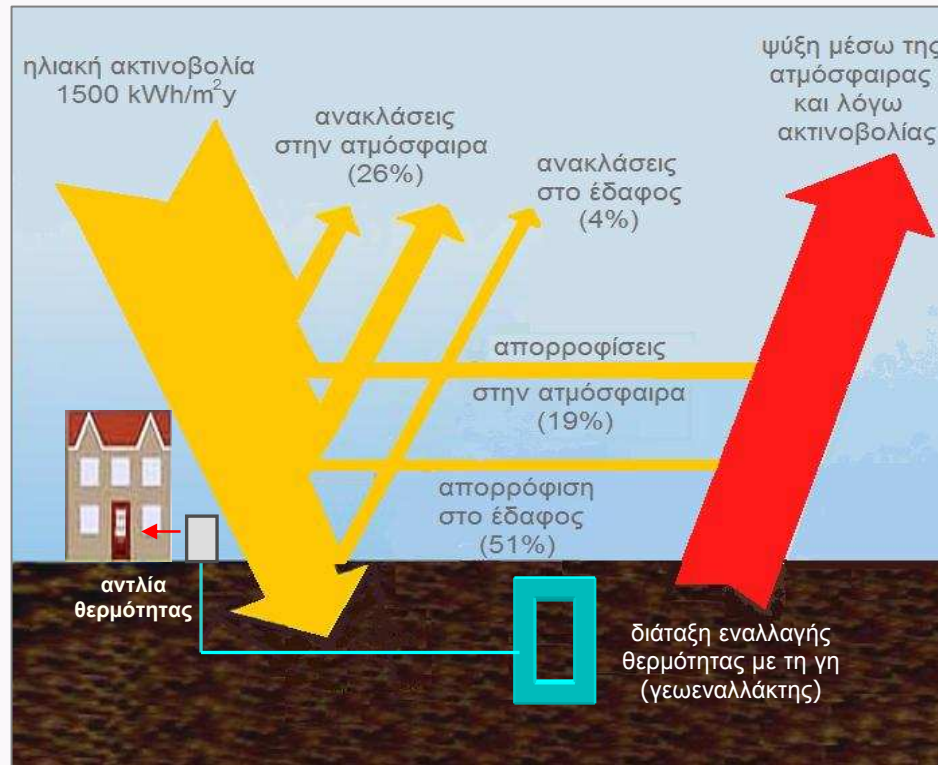
Ημερίδα «Κτίρια σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας -  
Από τη θεωρία στην πράξη»

Affirmative Integrated Energy Design Action  
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Πυλαία, 15 Μαρτίου 2013

- η γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας
  - αντλία θερμότητας
    - συστήματα κλιματισμού με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας
- το σύστημα του Δημαρχείου της Πυλαίας
  - σχεδίαση
  - λειτουργία
  - προτάσεις επεμβάσεων

γεωθερμικά συστήματα χαμηλής ενθαλπίας ή συστήματα ρηχής γεωθερμίας



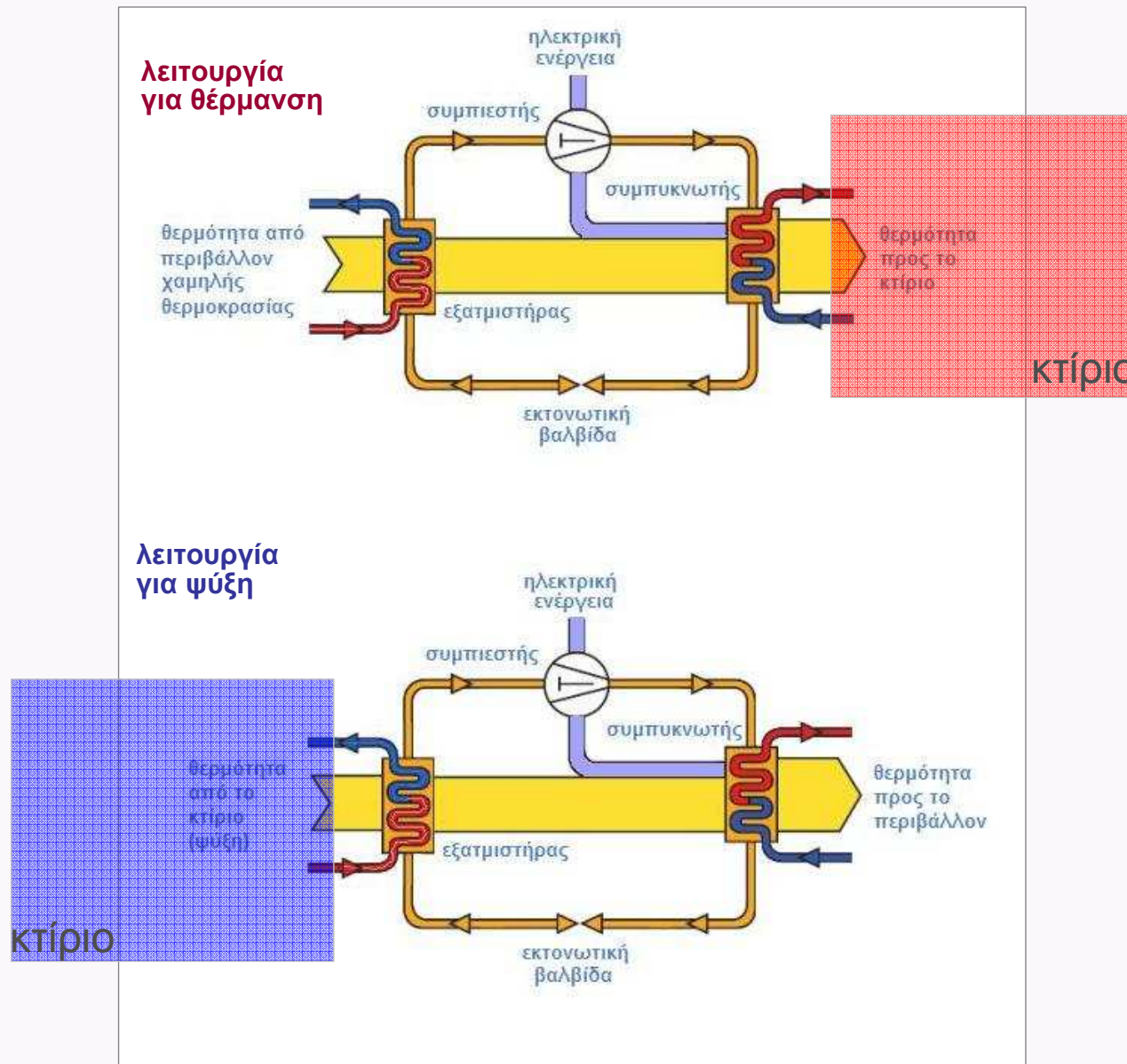
«κινητήριοι μηχανισμός» η ηλιακή ακτινοβολία !

Η θερμοκρασία της γης σε βάθος μεγαλύτερο των 15 m παραμένει σταθερή και ίση περίπου με τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα

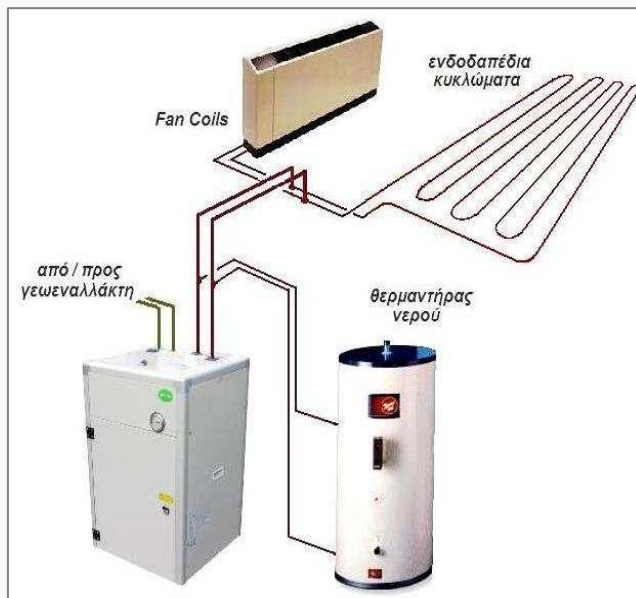
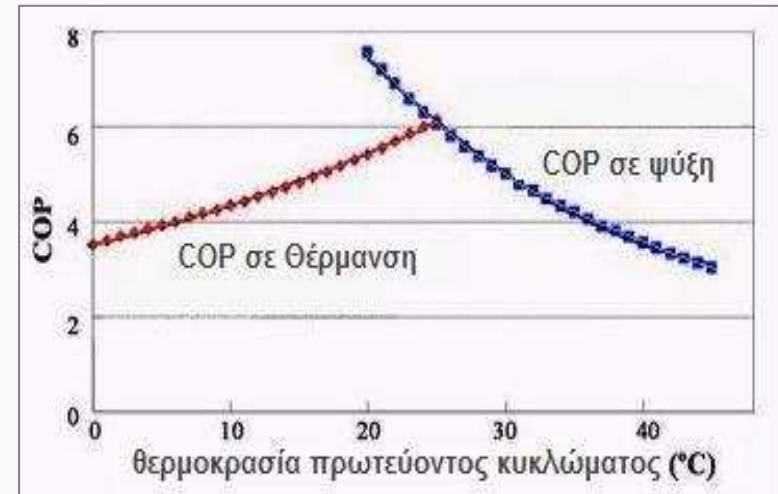
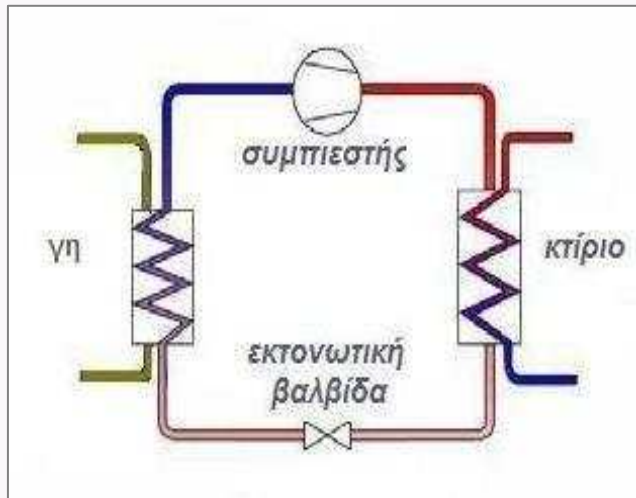
Ηλιακή ακτινοβολία:  $1500 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$

Θερμορροή από το εσωτερικό της γης :  $0.6 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$

Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου για θέρμανση:  $100-150 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$



## γεωθερμικές αντλίες θερμότητας



Η λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας είναι αποδοτικότερη ενεργειακά όταν η διαφορά θερμοκρασίας πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κυκλώματος είναι μικρότερη.

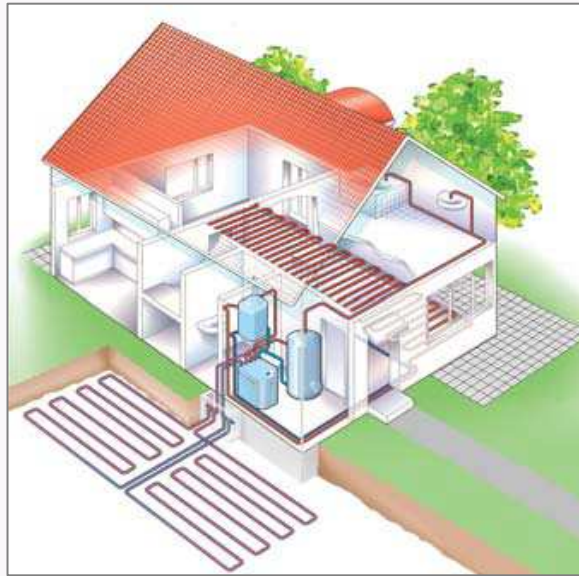
- **θέρμανση** : υψηλή θερμοκρασία γεωεναλλάκτη - χαμηλή θερμοκρασία διανομής
- **ψύξη** : χαμηλή θερμοκρασία γεωεναλλάκτη - υψηλή θερμοκρασία διανομής



- άντληση νερού από πηγάδι ή γεώτρηση και επανέγχυση του νερού στο υδροφόρο στρώμα με τη βοήθεια δεύτερου πηγαδιού ή γεώτρησης
- η αντλία θερμότητας τροφοδοτείται απευθείας με το αντλούμενο νερό ή μέσω εναλλάκτη θερμότητας
- εφαρμόζεται σε συστήματα όλων των μεγεθών, για θέρμανση και ψύξη.



## κλειστά οριζόντια συστήματα



- οριζόντια δίκτυα σωλήνων σε χάνδακες ή σκάμματα βάθους 1,2 έως 2,0 m.
- δίκτυα σωλήνων PE με αντιψυκτικό υγρό σε διάφορες διατάξεις (απλές οδεύσεις, coils, συλλέκτες)
- ή δίκτυα σωλήνων χαλκού με ψυκτικό υγρό απευθείας συνδεδεμένα στην αντλία θερμότητας (συστήματα απευθείας εκτόνωσης - DX)
- εφαρμόζεται κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις όπου υπάρχει διαθέσιμη έκταση κυρίως για θέρμανση

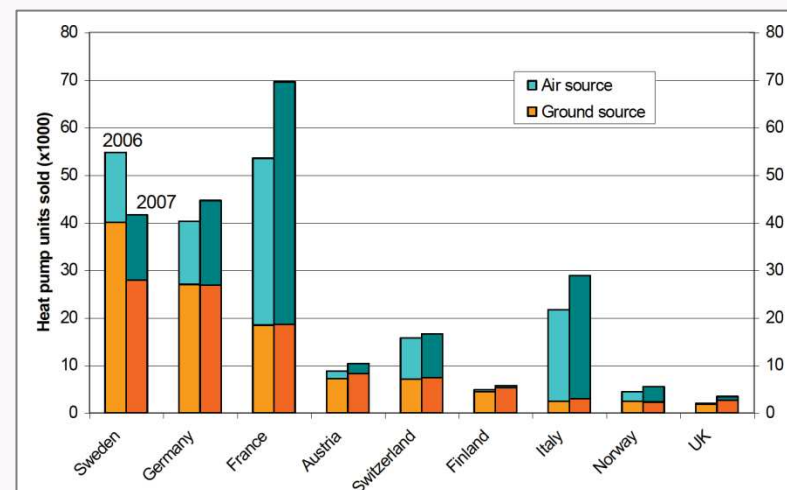
## κλειστά κατακόρυφα συστήματα



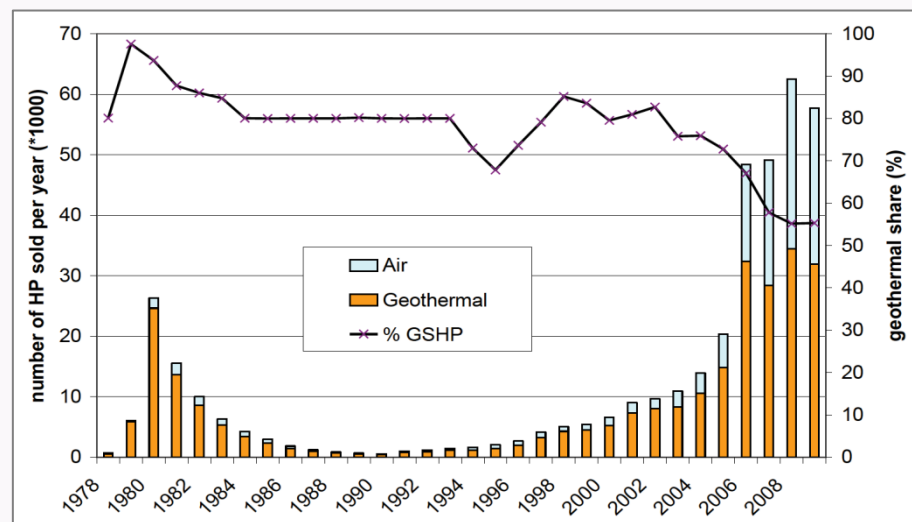
- κατακόρυφοι βρόχοι σωλήνων (πολλαπλά U Tubes) σε βάθη έως 100 m (200 m).
- Φάσεις κατασκευής :
  - γεωτρήσεις
  - βύθιση των σωλήνων
  - πλήρωση της γεώτρησης (grouting) / έλεγχοι πίεσης
  - δικτύωση / πλήρωση με αντιψυκτικό υγρό (συνήθως) / σύνδεση με την αντλία θερμότητας
- εφαρμόζεται σε συστήματα μικρά και μεγάλα, για θέρμανση και ψύξη



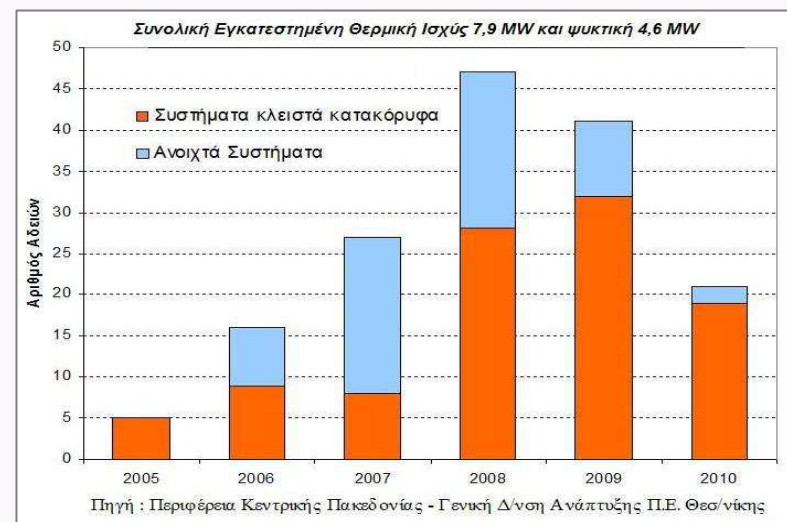
- πρώτη εφαρμογή και αναφορές 1945 - 47 (ΗΠΑ)
- πρώτες εφαρμογές στην Ευρώπη 1970 - 1980
- μεγάλη ανάπτυξη σε Ελβετία και Σουηδία 1980-1990
- «boom» στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη μετά το 2000
- 900.000 συστήματα ήταν εγκατεστημένα στο κόσμο το 2005 (600.000 στις Η.Π.Α. και 200.000 στη Σουηδία) με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ 10.000 MW
- σημαντική διάδοση στην Ελλάδα από το 2005



Πωλήσεις αντλιών θερμότητας 2006/07 στην Ευρώπη (Sanner B, 2011 in Geotrainet Training Manual for Designers)

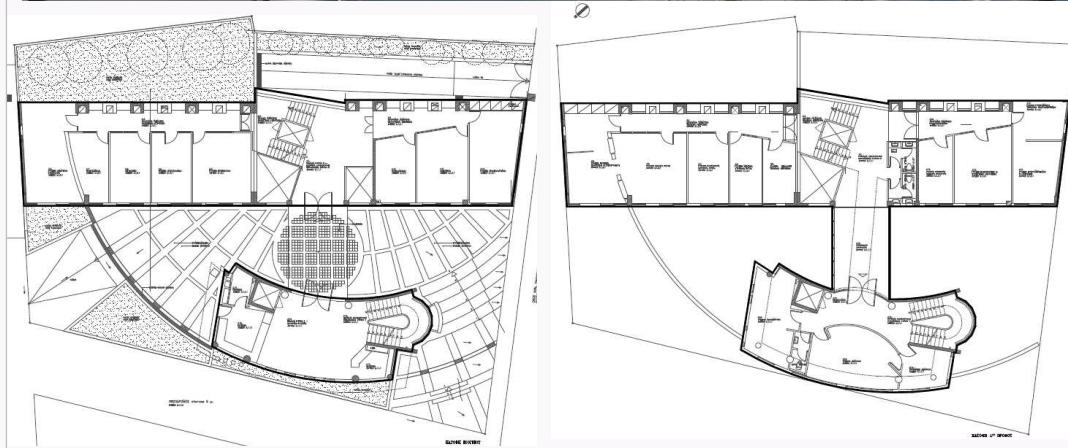


Πωλήσεις αντλιών θερμότητας στη Γερμανία (Sanner B, 2011 in Geotrainet Training Manual for Designers)



Αδειες για γεωθερμικά συστήματα στην πρώην Νομαρχία Θεσ/νίκης

## το δημαρχείο της Πυλαίας - το κτίριο

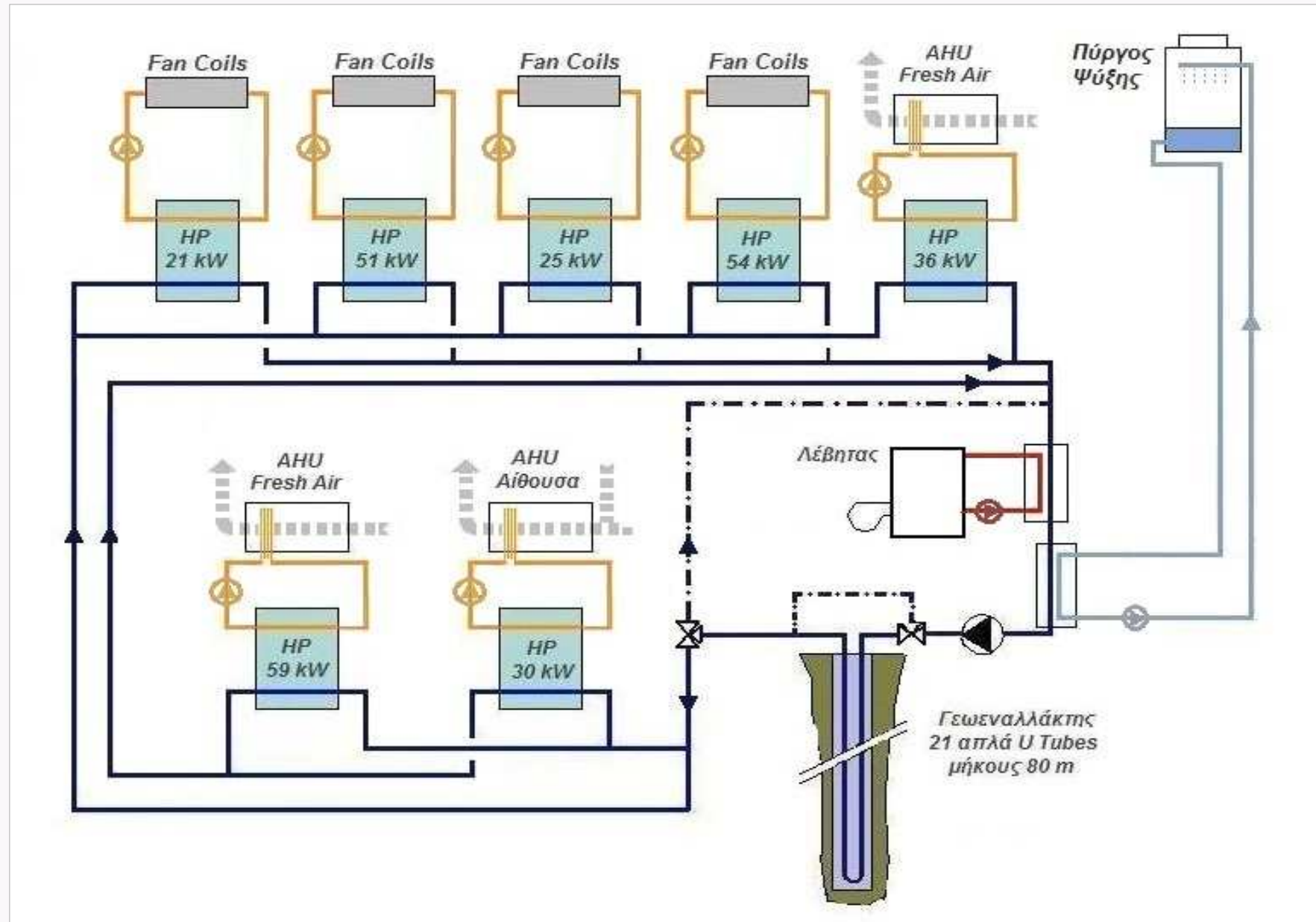


- μελέτη 1995 / κατασκευή 1997 - 2002
- έκταση οικοπέδου 900 m<sup>2</sup>
- έκταση κλιματιζόμενου χώρου 1350 m<sup>2</sup>
- συνολική έκταση 2420 m<sup>2</sup>
- επίπεδο θερμομόνωσης : σημαντικά καλύτερο από αυτό που επέβαλε ο παλιός κανονισμός θερμομόνωσης

μελέτη συστήματος  
καθ. Κ. Πάττας, Δ. Μπόζης, Π. Κικίδης

παρακολούθηση - αξιολόγηση συστήματος  
Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.  
καθ. Ν. Κυριάκης, Δρ. Α. Μιχόπουλος

# το δημαρχείο της Πυλαίας - το σύστημα



- **φορτία** : θέρμανση **150 kW (110 W/m<sup>2</sup>)** / ψύξη **270 kW (200 W/m<sup>2</sup>)**
- **αντλίες Θερμότητας** : αρχικά 11 μονάδες τύπου νερού – νερού με συμπιεστές τύπου scroll ψυκτικό μέσο R22 συνολικής ψυκτικής ισχύος **275 kW**
- ομαδοποίηση των αντλιών θερμότητας :  
μια ομάδα για κάθε θερμοκή ζώνη ώστε να υπάρχει η δυνατότητα κάποιες ζώνες να ψύχονται τη στιγμή που κάποιες άλλες θερμαίνονται
- **γεωεναλλάκτης** :  
3 x 7=21 απλά U Tubes ανά 4,5 m σε βάθος 80m  
(σύνολο 1680 m γεωτρήσεων / 1,24 m γεώτρησης ανά m<sup>2</sup> κλιματιζόμενου χώρου)  
σωλήνες HDPE/Φ40/6mm - U ιδιοκατασκευή  
κυκλοφορία : 48 m<sup>3</sup>/h - αντλία 14,5 kW  
ειδική φόρτιση γεωεναλλάκτη (σχεδίαση): θέρμανση 90 W/m - ψύξη 160 W/m
- **λέβητας** : 116 kW συνδεδεμένος μέσω εναλλάκτη
- **πύργος ψύξης** : 435 kW συνδεδεμένος μέσω εναλλάκτη
- **διανομή** : 60 **Fan Coils** σε τέσσερα κυκλώματα  
2 **κλιματιστικές μονάδες φρέσκου αέρα** (συν. 9100 m<sup>3</sup>/h)  
1 **Κλιματιστική μονάδα χώρου** (αίθουσα δημοτικού συμβουλίου - 6600 m<sup>3</sup>/h)

### τι δεν εγκαταστάθηκε :

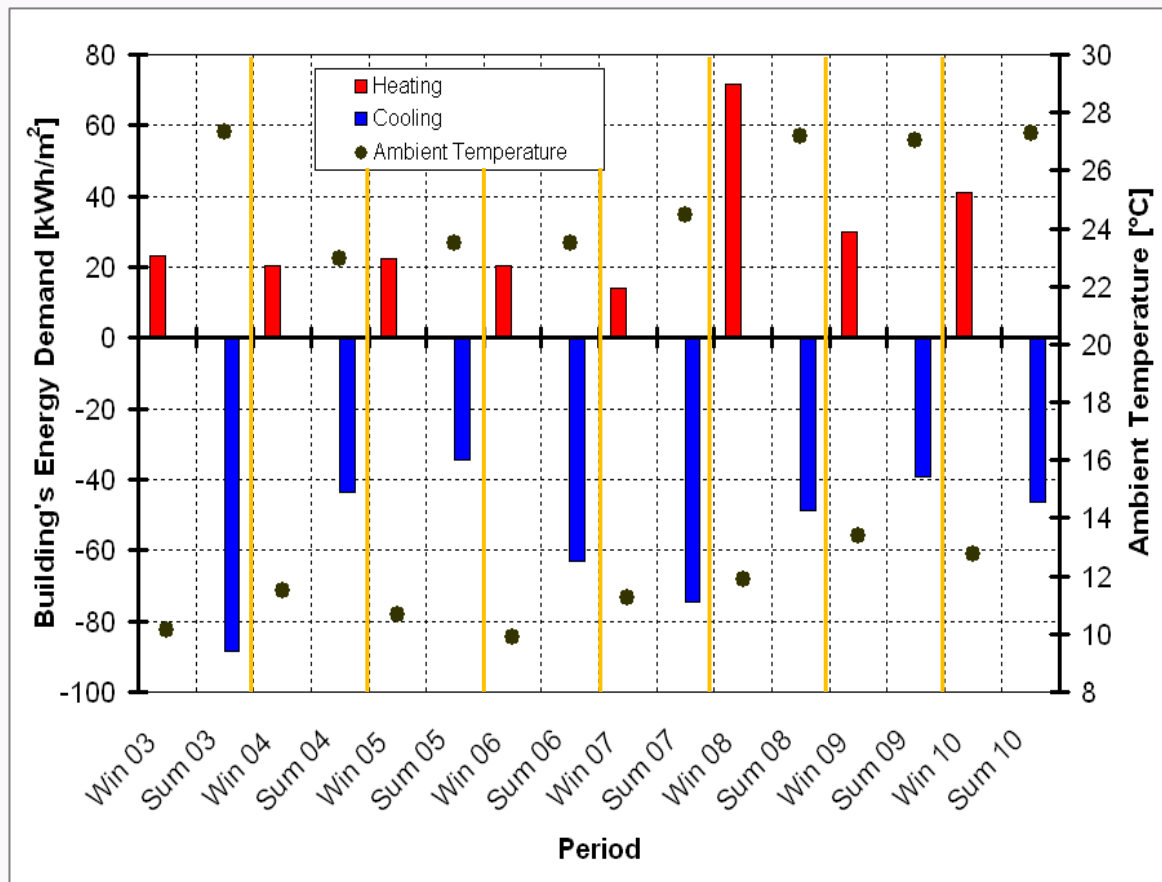
- κυκλώματα ανάκτησης μεταξύ εξαερισμού και εισόδου νωπού αέρα στις ΚΚΜ
- σύστημα κεντρικού ελέγχου (BMS)





στοιχεία  
από

A.Michopoulos, T. Zachariadis, N. Kyriakis  
Operation characteristics and experience of a ground source  
heat pump system with a vertical ground heat exchanger,  
Energy, Volume 51, pp. 349-357, 2013



απαιτήσεις

μεγάλες διαφορές  
από χρόνο σε χρόνο  
(διαφοροποιήσεις στη χρήση,  
έλλειψη αυτόματου ελέγχου  
ωραρίου και τρόπου λειτουργίας)

οι απαιτήσεις ψύξης  
διπλάσιες από τις  
απαιτήσεις θέρμανσης

μέσες ετήσιες απαιτήσεις  
θέρμανση 30 kWh/m<sup>2</sup>  
ψύξη 55 kWh/m<sup>2</sup>

μέγιστη ειδική ισχύς στο ΓΕ  
(ωριαία τιμή)  
απορρόφηση θερμ. 55 W/m  
απόρριψη θερμ. 120 W/m  
ακραία τιμή 210 W/m

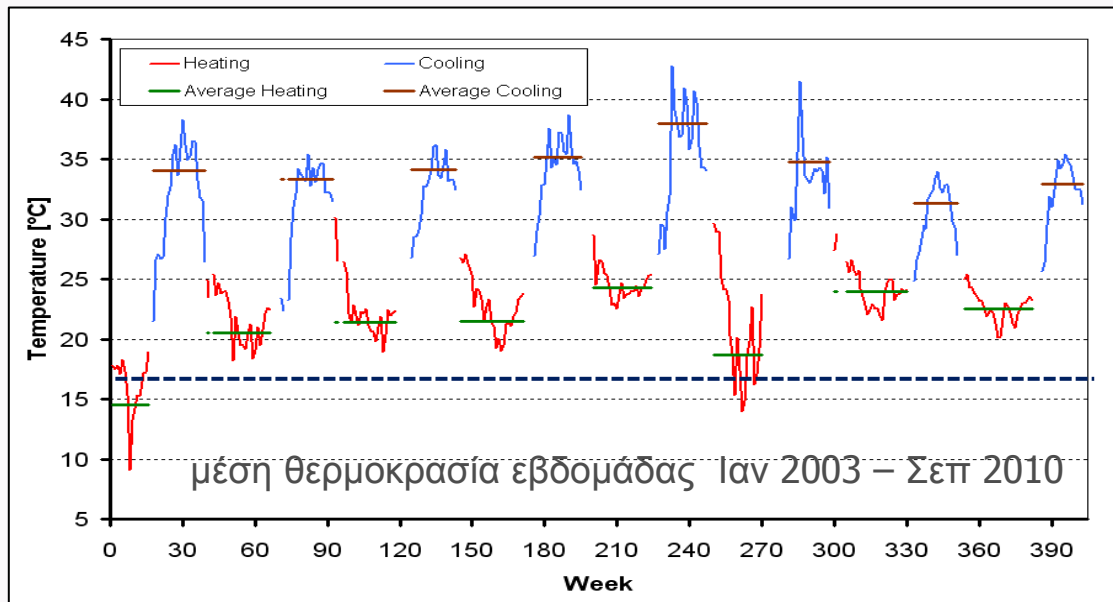
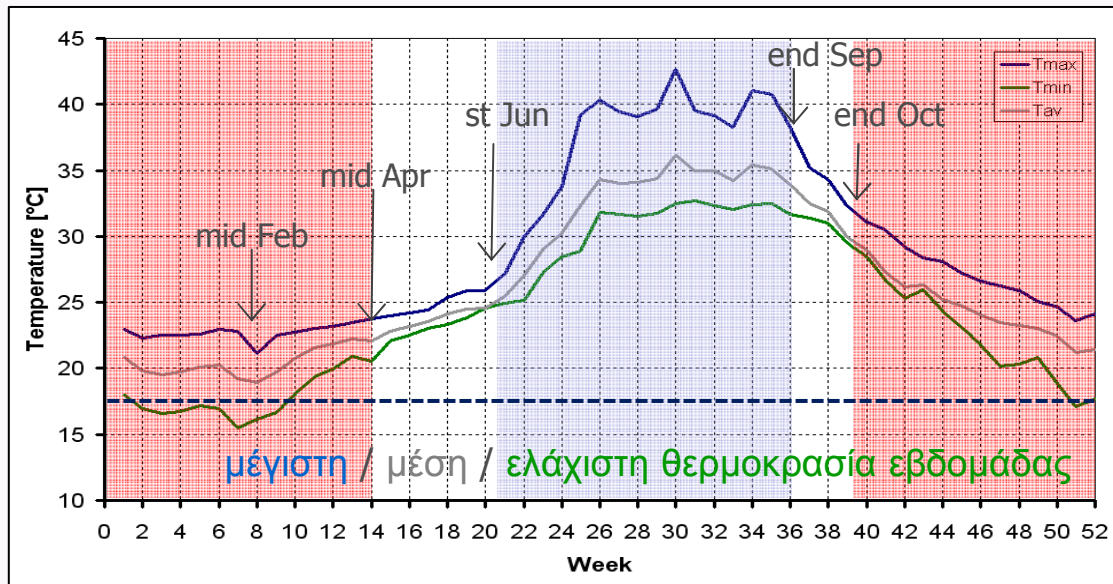
## θερμοκρασίες γεωεναλλάκτη

μέση θερμοκρασία απορρόφησης  
θερμότητας (θέρμανση) 21-24°C

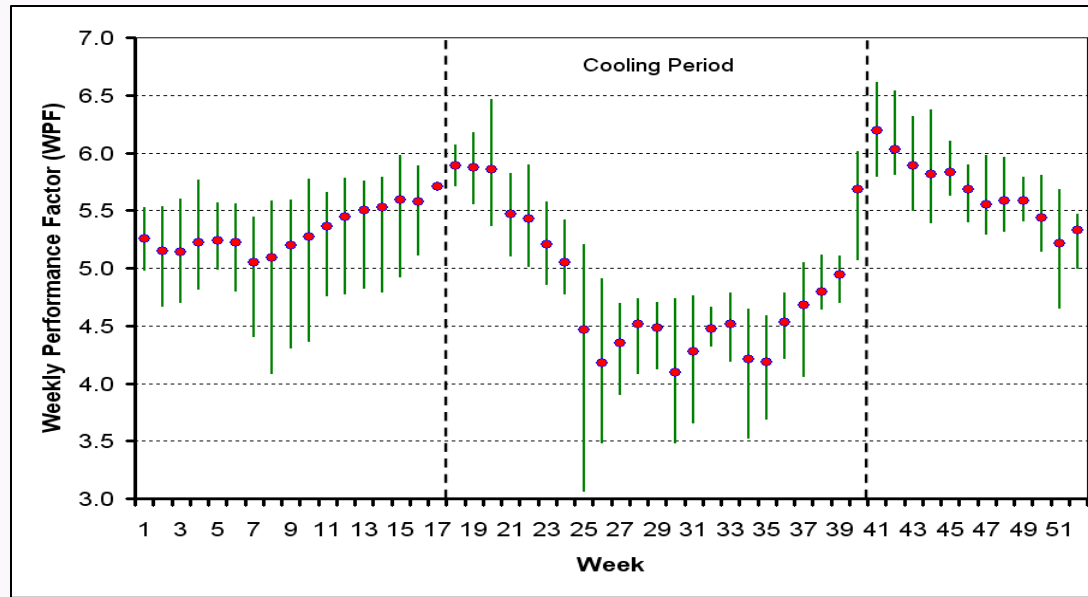
μέση θερμοκρασία απόρριψης  
θερμότητας (ψύξη) 32-35°C

σταδιακή αύξηση της  
θερμοκρασίας τα 5 πρώτα χρόνια

ισορροπία με μέση θερμοκρασία  
γεωεναλλάκτη σημαντικά  
υψηλότερη από τη μέση του  
αδιατάρακτου εδάφους  
(απαιτήσεις ψύξης πολύ  
μεγαλύτερες από αυτές της  
θέρμανσης)



## βαθμοί συμπεριφοράς



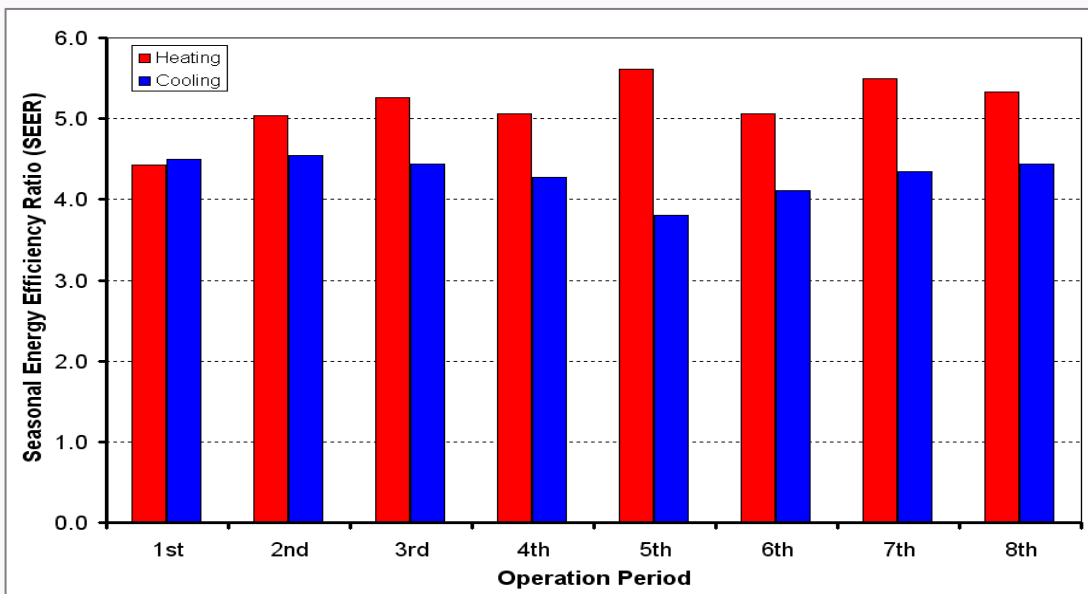
ο μέσος εβδομαδιαίος βαθμός συμπεριφοράς ακολουθεί τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας του γεωεναλλάκτη

μέσος εβδομαδιαίος βαθμός συμπεριφοράς σε θέρμανση  
5,0 – 6,2

μέσος εβδομαδιαίος βαθμός συμπεριφοράς σε ψύξη  
4,1 – 5,9

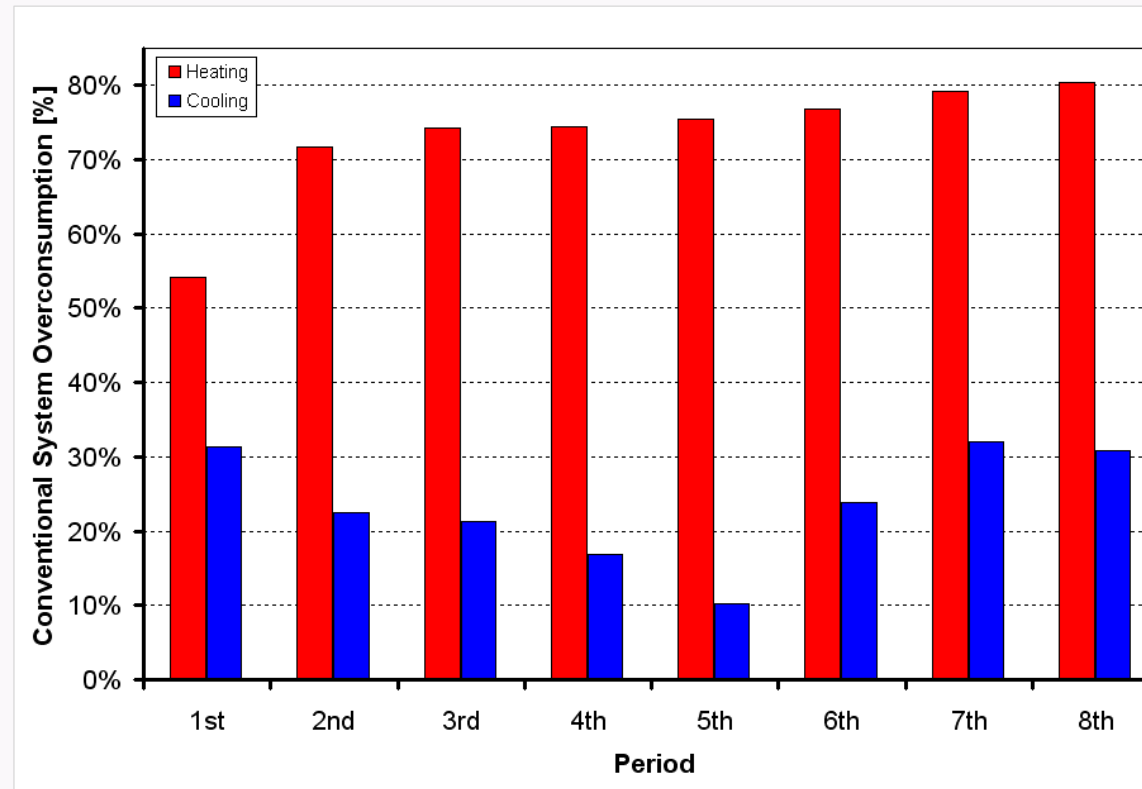
μέσος ετήσιος βαθμός συμπεριφοράς σε θέρμανση : 5,3

μέσος ετήσιος βαθμός συμπεριφοράς σε ψύξη : 4,5





σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας  
ενός συμβατικού συστήματος  
(λέβητας πετρελαίου / αντλίες θερμότητας τύπου split)  
με το εγκατεστημένο  
(γεωθερμικές αντλίες θερμότητας)



σε ετήσια βάση η **επιπλέον** κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας  
του συμβατικού συστήματος είναι:

- μεγαλύτερη από το 70 % της κατανάλωσης του γεωθερμικού στη θέρμανση
- μεγαλύτερη από το 30% της κατανάλωσης του γεωθερμικού στην ψύξη

## το δημαρχείο της Πυλαίας - λειτουργία εκπομπές αέριων ρίπων

το γεωθερμικό σύστημα  
σε σχέση με το συμβατικό

καταναλώνει

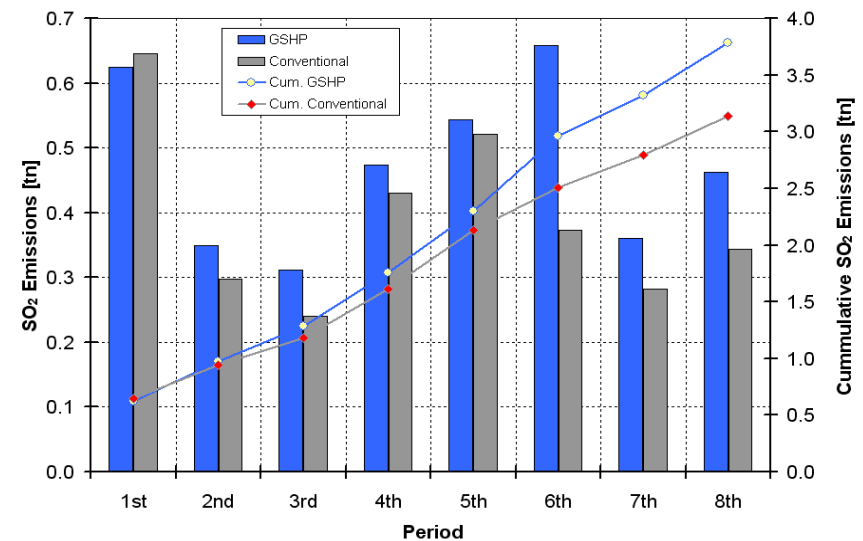
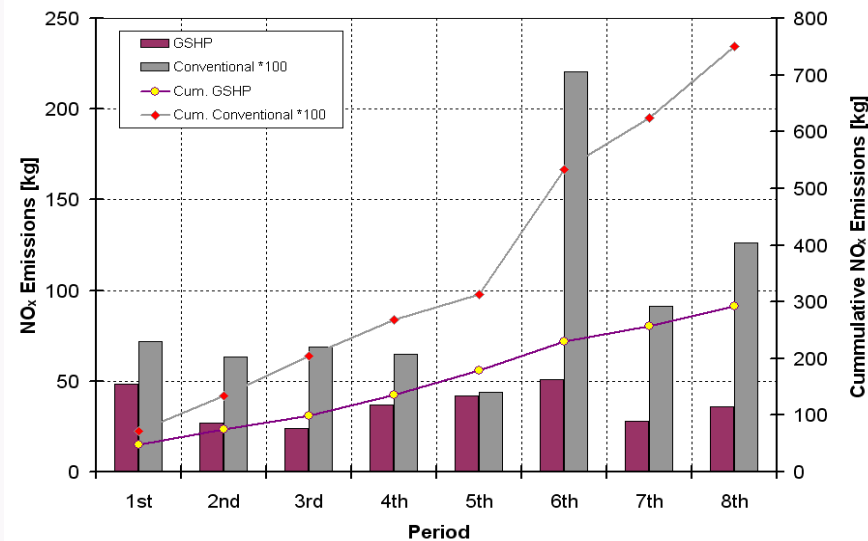
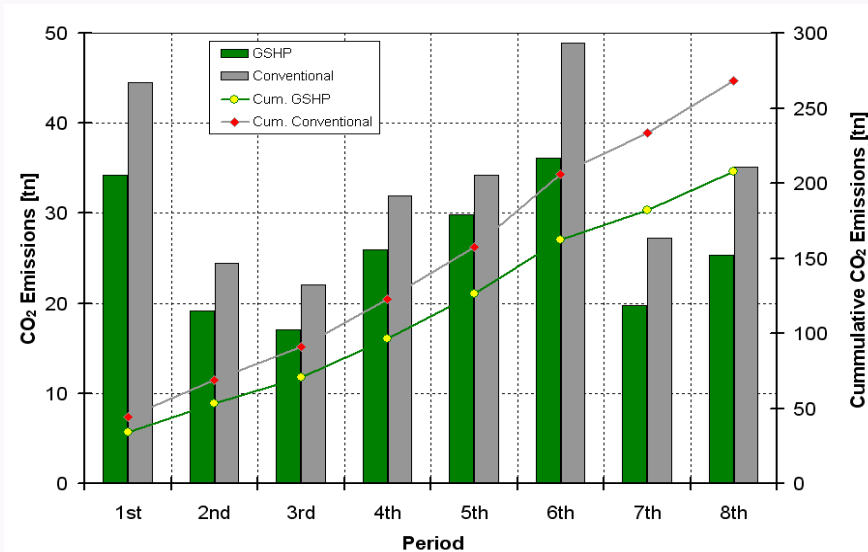
26% λιγότερο πρωτογενή ενέργεια

και εκπέμπει:

23% λιγότερο CO<sub>2</sub>

100% λιγότερο NO<sub>x</sub>

18% περισσότερο SO<sub>2</sub>



### έλεγχος και περιορισμός ζήτησης

- ενημέρωση χρηστών
- έλεγχος ανοίγματος παραθύρων
- εγκατάσταση διατάξεων ανάκτησης μεταξύ αερισμού / εξαερισμού
- έλεγχος λειτουργίας (Σύστημα Κεντρικού Ελέγχου)

### περιορισμός κατανάλωσης

- εγκατάσταση δίοδων βαλβίδων στα Fan Coils και στις Κλιματιστικές Μονάδες παράλληλα με την εγκατάσταση κυκλοφορητών με inverters στα αντίστοιχα κυκλώματα
- αντικατάσταση της αντλίας κυκλοφορίας νερού στις γεωτρήσεις (η μισή παροχή επαρκεί)

### βελτίωση απόδοσης

- αντικατάσταση μονάδων αντλιών θερμότητας και περιορισμός του αριθμού τους
- θέση σε λειτουργία και αποτελεσματικός έλεγχος του πύργου ψύξης

---

Για περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με τη λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος του Δημαρχείου Πυλαίας και τα οφέλη του, επικοινωνήστε με:

Καθ. Νικόλαο Κυριάκη και Δρ. Απόστολο Κ. Μιχόπουλο

Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, Τμήμα Μηχανόλογων ΑΠΘ Τηλ. 2310-996083, 996220

e-mail: [nkyr@auth.gr](mailto:nkyr@auth.gr) και [apmich@auth.gr](mailto:apmich@auth.gr)



ευχαριστώ για την προσοχή σας !

email: [dmbozis@otenet.gr](mailto:dmbozis@otenet.gr)