

# ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ



# Τι είναι Γεωθερμία;

Γεωθερμία είναι η «θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης».

☁ Η Γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του 1960 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτό το είδος της Γεωθερμικής Ενέργειας καλείται Γεωθερμία «Υψηλής θερμοκρασίας», με θερμοκρασίες νερού που μπορεί να υπερβαίνουν τους 150°C στο υπέδαφος.

☁ *Δυστυχώς αυτά τα θερμικά αποθέματα βρίσκονται μόνο σε δυσπρόσιτα βάθη και έχουν περιορισμένη εκμετάλλευση.*



# Τι είναι Γεωθερμία ;

Υπάρχει όμως και Γεωθερμία «Χαμηλής θερμοκρασίας», η οποία με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές.

Ουσιαστικά εκμεταλλευόμαστε την θερμική ενέργεια από τον ήλιο και το έδαφος.

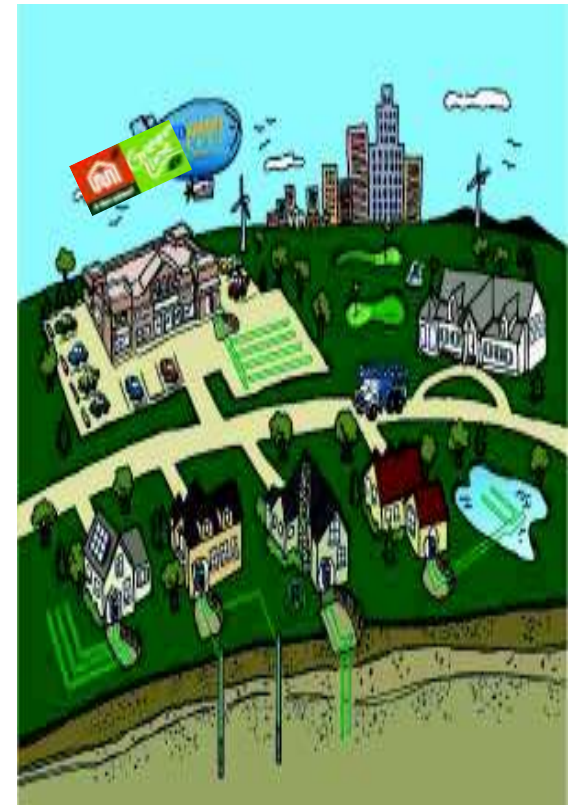
☁ Η μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του αέρα.



# Τι είναι Γεωθερμία ;

Η γεωθερμία είναι δοκιμασμένη.

- ☁ Το πρώτο γεωθερμικό Σύστημα καταγράφεται το 1912 στην Ελβετία.
- ☁ Αντλίες θερμότητας που εκμεταλλεύονται νερό υπεδάφους (ανοιχτού βρόγχου) χρησιμοποιούνται με επιτυχία από τη δεκαετία του '30.
- ☁ Το Ινστιτούτο Edison Electric των ΗΠΑ χρηματοδότησε την έρευνα για κλειστά κυκλώματα στη δεκαετία του '40 και του '50
- ☁ Σουηδοί ερευνητές ξεκίνησαν και πάλι να μελετούν συστήματα κλειστού βρόγχου στη δεκαετία του '70 με τη χρήση του πλαστικού σωλήνα, ο οποίος ήταν κατάλληλος για αυτή την εφαρμογή.



# Από τι αποτελείται ένα Γεωθερμικό σύστημα?

Ένα Γεωθερμικό Σύστημα αποτελείται από:

α) Τον γεωεναλλάκτη με πηγή θερμότητας μία από τις ακόλουθες:

- Κλειστού βρόγχου
  - Κατακόρυφος βρόγχος στο υπέδαφος
  - Οριζόντιος βρόγχος στο υπέδαφος
- Ανοιχτού βρόγχου-νερό υπεδάφους

β) Την Αντλία θερμότητας

γ) Το σύστημα διανομής του νερού  
(ενδοδαπέδια θέρμανση, fan coils)



# Τι είναι Γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου?

## Η γη είναι ένας πελώριος «ηλιακός συλλέκτης»

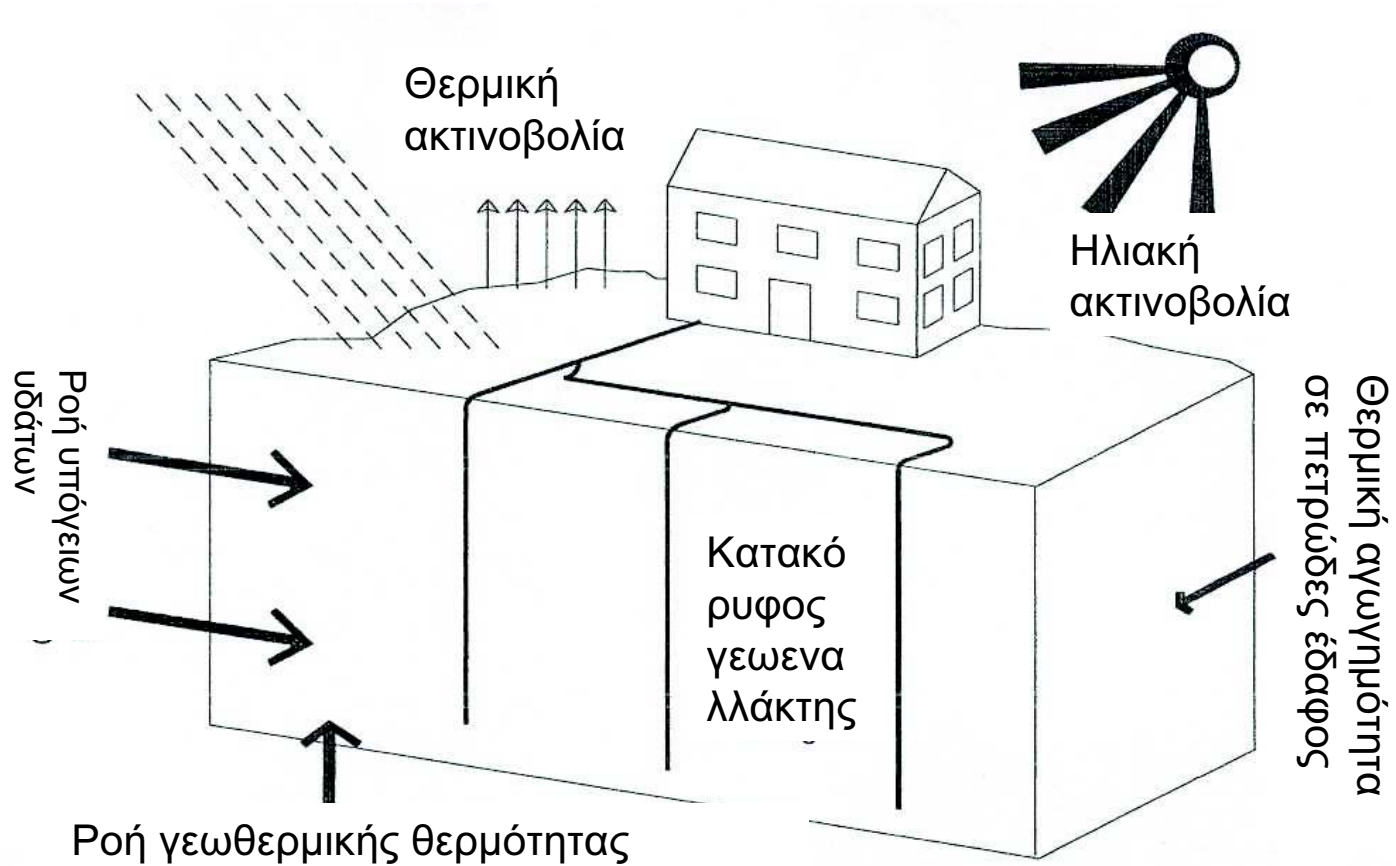
- Ο γεωεναλλάκτης κλειστού τύπου αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλενίου (PE) και επιτρέπει στη γεωθερμική ενέργεια του εδάφους να μεταφερθεί προς και από την αντλία θερμότητας μέσω ενός διαλύματος νερού/γλυκόλης που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες.
- Αξιοποιεί την θερμοκρασία του εδάφους η οποία είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους (περίπου 13-16 °C).





# Τι είναι Γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου;

Θερμική μεταφορά σε μικρά βάθη



# Χαρακτηριστικά λειτουργίας κλειστού βρόγχου

- Το σύστημα λειτουργεί με μικρές θερμοκρασιακές διαφορές 4 °C στον γεωεναλλάκτη αλλά με μεγάλο όγκο μίγματος νερού-γλυκόλης.
- Τα επίπεδα αντίστασης ροής είναι καλό να κρατούνται χαμηλά ώστε να διατηρείται η υψηλή ετήσια απόδοση του συστήματος.
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας γεωεναλλάκτη στα 3 bar.
- Ταχύτητα μίγματος νερού –γλυκόλης στο γεωεναλλάκτη μεταξύ 0,3 – 0,7 m/sec.
- Ο γεωεναλλάκτης λειτουργεί ως «πηγή» και «κάδος απόρριψης» της θερμότητας.





# Τι είναι Οριζόντιος Γεωεναλλάκτης;

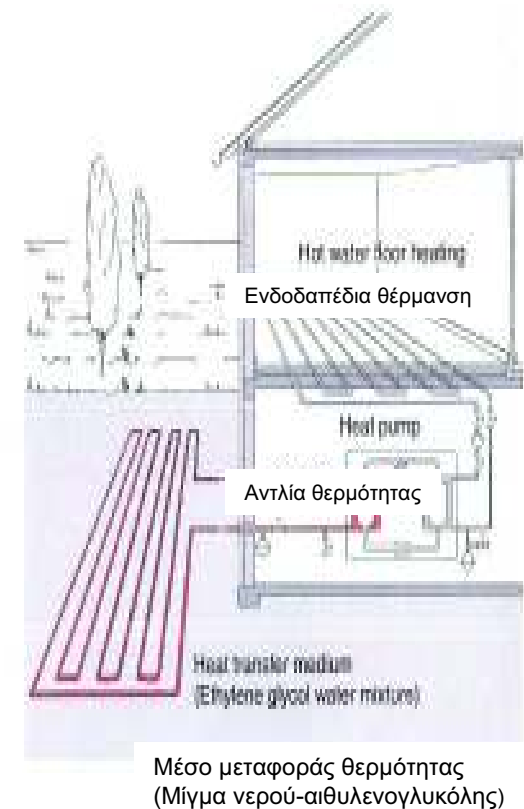
Στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου εγκαθίσταται δίκτυο σωληνώσεων σε βάθος 1,2-1,5 m.

Η εγκατάσταση των σωληνώσεων μπορεί να γίνει είτε:

- Ανοίγοντας τάφρους του απαιτούμενου βάθους και μήκους
- Είτε με τη διάνοιξη όλου του χώρου που θα αποτελέσει τον γεωεναλλάκτη.

Γίνεται στήριξη των εξωτερικών συλλεκτών PP-r παροχών ανάλογων της επιφάνειας του γεωεναλλάκτη.

Εγκαθίστανται τα κυκλώματα του γεωεναλλάκτη μήκους 60m, από σωλήνα πολυαιθυλενίου PE 100 διατομής  $\varnothing$  25x2,3.



# Τι είναι Οριζόντιος Γεωεναλλάκτης;

Χαρακτηριστικό του σωλήνα είναι ο αυξημένος χρόνος αντοχής στη δοκιμή τεχνητής υπεροξειδωσης (Oxidation Induction Time), που του δίνει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης αντοχής στη γήρανση υπό δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας (Environmental Stress Cracking Resistance), όπως είναι αυτές των υπόγειων εγκαταστάσεων (θαμμένοι στο έδαφος).

Οι αποστάσεις μεταξύ των σωληνώσεων είναι τουλάχιστον 0,4m.

Γίνεται πλήρωση των κυκλωμάτων με μίγμα νερού γλυκόλης (περιεκτικότητα γλυκόλης 30-35%), με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντλίας από τη βαλβίδα πλήρωσης του συλλέκτη.



# Τι είναι Οριζόντιος Γεωεναλλάκτης;

Η σύνδεση των συλλεκτών με την αντλία γεωθερμίας γίνεται με σωλήνες PPR.

Η διατομή των σωληνώσεων ορίζεται από τον τύπο της αντλίας και από τη μελέτη.

Οι συλλέκτες φέρουν εξαεριστικά και οι προσαγωγές και οι επιστροφές των σωληνώσεων πρέπει να μονωθούν.

Τοποθετούνται σε μικρότερο βάθος από τον γεωεναλλάκτη για την καλύτερη εξαέρωση του δικτύου και για να αποφύγουμε τον κίνδυνο διαρροής μίγματος νερού-γλυκόλης

Κατασκευάζονται φρεάτια για πρόσβαση στους συλλέκτες.

Το δίκτυο δοκιμάζεται υπό πίεση.



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία;

- Τις αποστάσεις μεταξύ των σωληνώσεων
- Την μόνωση των σωληνώσεων κοντά στο συλλέκτη
- Την απόσταση του γεωεναλλάκτη από το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης της κατοικίας (τουλάχιστον 1m)
- Τις ισομήκεις αποστάσεις των σωληνώσεων προσαγωγής επιστροφής από τον συλλέκτη του γεωεναλλάκτη προς την αντλία θερμότητας
- Για προστασία των σωληνώσεων, οι σωλήνες θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε στρώμα άμμου.
- Τη θέση του συλλέκτη , κεντρικά του γεωεναλλάκτη
- Την σωστή ανάμιξη νερού –γλυκόλης



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία;

Τον τύπο της γλυκόλης που θα χρησιμοποιήσουμε  
Συνήθεις τύποι ψυκτικών υγρών ως μέσο για τη μεταφορά θερμότητας

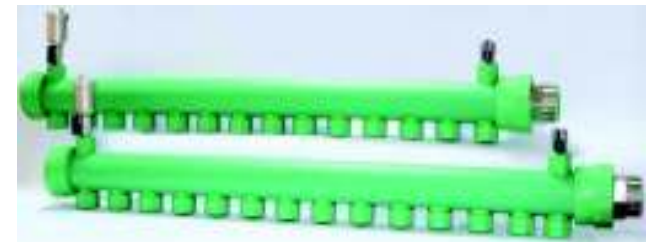
Όνομα	Συνώνυμο	Χημικός τύπος	WGK	Σχόλια
Συνήθη ψυκτικά υγρά				
Ethanediol	Αιθυλενογλυκόλη	$C_2H_6O_2$	1*)	
1.2- Propanediol	Προπυλενογλυκόλη	$C_3H_8O_2$	1*)	
Άλλα ψυκτικά υγρά				
Χλωριούχο ασβέστιο		$CaCl_2$	1*)	Διαβρωτικό
Αιθανόλη	Αιθυλική αλκοόλη	$C_2H_5OH$	1*)	

\*) Σύμφωνα με τον κανονισμό που αφορά σε ουσίες επιβλαβής για το νερό (VwVWS) και χρονολογείται 18.04.1996 καταχωρείται ως ουσία μη επιβλαβής.



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία;

- Την πλήρωση και εξαέρωση του δικτύου.  
Στη διάρκεια της πρώτης χρονιάς λειτουργίας του συστήματος μπορεί να χρειαστεί συμπλήρωση γλυκόλης στο δίκτυο 1 ή 2 φορές.
- Η πυκνότητα & υγρασία του εδάφους είναι σημαντικά στοιχεία για τη σχεδίαση του βρόγχου





# Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία;

- Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα τόσο καλύτερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία τόσο καλύτερα γίνεται η μεταφορά θερμότητας.
- Δενδροφύτευση επιτρέπεται περιμετρικά του γεωεναλλάκτη.
- Η επιφάνεια του γεωεναλλάκτη δεν πρέπει να είναι στεγανή ή να οικοδομηθεί
- Σε εγκαταστάσεις μέχρι 30 Kw δεν απαιτείται άδεια και γεωλογική μελέτη.



# Απόληψη θερμότητας από οριζόντιους εναλλάκτες

Σύσταση εδάφους	Ειδική Απόληψη Θερμότητας	
	Για 1800 h/έτος	Για 2400 h/έτος
Ξηρό μη συνεκτικό έδαφος	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Συνεκτικά εδάφη, υγρά	20-30 W/m <sup>2</sup>	16-24 W/m <sup>2</sup>
Κορεσμένη με νερό άμμος	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>

# Σχεδιασμός συστήματος με οριζόντιο γεωεναλλάκτη

Έστω θερμικές απαιτήσεις κτιρίου 25 Kw.

Βαθμός απόδοσης προτεινόμενης αντλίας θερμότητας  
COP=5.

Υπολογισμός:

Επιφάνεια γεωεναλλάκτη =  $\frac{\text{Ονομαστική ισχύς αντλίας} \times (1 - 1/\text{COP})}{\text{Αποδιδόμενη ενέργεια από γεωεναλλάκτη}}$

Επιφάνεια γεωεναλλάκτη =  $\frac{25.000 \text{ W} \times (1 - 1/5,0)}{25 \text{ W/m}^2}$  = 800 m<sup>2</sup>

# Τι είναι Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης ;

Γεωτρήσεις βάθους 20-120 m πραγματοποιούνται

- Είτε στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχοντος κτιρίου, σε απόσταση ασφαλείας 2 m από το κτίριο είτε,
- πριν τα θεμέλια, σε νεόδμητο κτίριο.

Η απόδοση του κατακόρυφου γεωεναλλάκτη επηρεάζεται κυρίως από τη σύνθεση το εδάφους στο οποίο εγκαθίσταται.

Σε κάθε γεώτρηση τοποθετούνται 2 ζεύγη σωληνώσεων μήκους αντίστοιχου της γεώτρησης, που φέρουν στο κάτω άκρο τους ακροσωλήνιο .



# Τι είναι Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης ;

Χρησιμοποιούνται σωλήνες πολυαιθυλενίου PE 100 με διατομή  $\Phi 32 \times 3.0$ , και εξαρτήματα του ίδιου υλικού, που συνδέονται με αυτογενή συγκόλληση.

Για την ευκολότερη και αρτιότερη σωλήνωση της γεώτρησης από τον γεωτροπανιστή, η διάταξη των τεσσάρων σωληνώσεων με το ακροσωλήνιο γεμίζει με το μίγμα νερού-γλυκόλης, είτε πρόκειται για ξηρή γεώτρηση είτε για γεώτρηση στην οποία υπάρχει ποσότητα νερού που δυσχεραίνει το κατέβασμα των σωληνώσεων.



# Τι είναι Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης ;

Επίσης χρησιμοποιείτε βαρίδιο που προσαρμόζεται στο ακροσωλήνιο. Ταυτόχρονα με τη διάταξη των σωληνώσεων, κατεβαίνει στη γεώτρηση και ο σωλήνας που απαιτείται για το γέμισμα της με μίγμα μπετονίτη.

Η γεώτρηση γεμίζει με μίγμα μπετονίτη από το ακροσωλήνιο ως την επιφάνεια χωρίς κενά και παγίδευση αέρα.





# Τι είναι Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης ;

Με την σφράγιση, αποτρέπεται η εισχώρηση μολυσματικών υλικών και η μη επιτρεπτή άντληση υπόγειων υδάτων.

Εξασφαλίζεται η αρτιότερη εναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος.

Τα ζεύγη σωληνώσεων των κατακόρυφων εναλλακτών συνδέονται παράλληλα σε συλλέκτη.

Ο συλλέκτης συνδέεται με την γεωθερμική αντλία.

Το δίκτυο δοκιμάζεται σε πίεση 1,5 φορές της πίεσης λειτουργίας του συστήματος.



# Τι είναι Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης ;



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατακόρυφη γεωθερμία;

- Την απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων (τουλάχιστον 6m).
- Οι συνδέσεις των ακροσωληνίων να γίνονται από την παραγωγό βιομηχανία σύμφωνα με την οδηγία DVS 2207 και 2208 και να δοκιμάζονται σε πίεση και ροή σύμφωνα με το DIN 4279-7.
- Την διατήρηση των αποστάσεων μεταξύ των σωληνώσεων που τοποθετούνται στη γεώτρηση, με την χρήση των κατάλληλων αποστατών.



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατακόρυφη γεωθερμία;

- Την σωστή σωλήνωση των γεωτρήσεων και το σφράγισμα της γεώτρησης.
- Το μίγμα μπετονίτη πρέπει να έχει χαρακτηριστικά προστασίας από τον παγετό και την καλύτερη δυνατή θερμοαγωγιμότητα. Προτείνεται η ανάμιξη του με τσιμεντο ειδικού τύπου.
- Την απόσταση των κατακόρυφων και οριζόντιων σωληνώσεων του γεωεναλλάκτη από το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης της κατοικίας (τουλάχιστον 1m)



# Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατακόρυφη γεωθερμία;

- Στις εγκαταστάσεις κατακόρυφων γεωεναλλακτών συνήθως απαιτείται άδεια.
- Για εφαρμογές άνω των 30 Kw και σε περιπτώσεις όπου η σύνθεση του υπεδάφους δεν είναι ξεκάθαρη πιθανόν να χρειαστεί δοκιμαστική γεώτρηση για την εκπόνηση γεωλογικής μελέτης. Στη συνέχεια η γεώτρηση αυτή θα σωληνωθεί και θα αποτελέσει τμήμα του γεωεναλλάκτη της εφαρμογής.





## Ειδική Απόληψη Θερμότητας για κατακόρυφους γεωεναλλάκτες σύμφωνα με το VDI 4640

Είδος πετρωμάτων υπεδάφους	Ειδική Απόληψη Θερμότητας	
	Για 1800 h/έτος	Για 2400 h/έτος
Ξηρές φερτές ύλες	25 W/m	20 W/m
Αμμοχάλικο, άμμος-ξηρή	<25 W/m	<20 W/m
Αμμοχάλικο, άμμος- κορεσμένη με νερό	65-80 W/m	55-65 W/m
Αργιλώδες έδαφος, υγρό	35-50 W/m	30-40 W/m
Ασβεστόλιθος (συμπαγής)	55-70 W/m	45-60 W/m
Ψαμμίτες	65-80 W/m	55-65 W/m
Γρανίτης	65-85 W/m	55-70 W/m



# Σχεδιασμός συστήματος με κατακόρυφο γεωεναλλάκτη

Έστω θερμικές απαιτήσεις κτιρίου 25 Kw.

Βαθμός απόδοσης προτεινόμενης αντλίας θερμότητας COP=5.

Υπολογισμός:

$$\text{Μήκος γεωεναλλάκτη} = \frac{\text{Ονομαστική ισχύς αντλίας} \times (1 - 1/\text{COP})}{\text{Αποδιδόμενη ενέργεια από γεωεναλλάκτη}}$$

$$\text{Μήκος γεωεναλλάκτη} = \frac{25.000 \text{ W} \times (1 - 1/5,0)}{65 \text{ W/m}^2} = 307,7 \text{ m}$$

# Τι είναι ένας Γεωναλλάκτης ανοιχτού τύπου ;

Σε εφαρμογές γεωεναλλάκτη ανοιχτού τύπου χρησιμοποιούμε άμεσα, τα υπόγεια ύδατα για την μεταφορά θερμότητας προς και από την αντλία.

Για αυτή την εφαρμογή απαιτούνται δύο ανοιχτές γεωτρήσεις.

Το νερό αντλείται από το πρώτο πηγάδι, μεταφέρεται στην αντλία, θερμαίνεται ή ψύχεται και επιστρέφει στο υπέδαφος μέσω της δεύτερης γεώτρησης.

Για κάθε Kw ισχύος του εναλλάκτη απαιτούνται περίπου 0,25 m<sup>3</sup>/h.



Πηγάδι  
αναρρόφησης

Πηγάδι  
επιστροφής

# Τι πρέπει να προσέξουμε στον γεωεναλλάκτη ανοιχτού βρόγχου;

Η απόσταση των γεωτρήσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 m και το δεύτερο πηγάδι να βρίσκεται στην κατεύθυνση ροής των υπόγειων υδάτων.



# Τι πρέπει να προσέξουμε στον γεωεναλλάκτη ανοιχτού βρόγχου;

Η υποβρύχια αντλία που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι ανθεκτική στη διάβρωση.

Συστοιχία φίλτρων πρέπει να τοποθετηθούν στην προσαγωγή των υδάτων στην αντλία θερμότητας ( ο τύπος του φίλτρου εξαρτάται από την σύσταση του αντλούμενου νερού).

Το κατώτερο άκρο του σωλήνα στη γεώτρηση επαναεισαγωγής πρέπει να επεκτείνεται χαμηλότερα από την επιφάνεια του νερού όταν αυτό βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

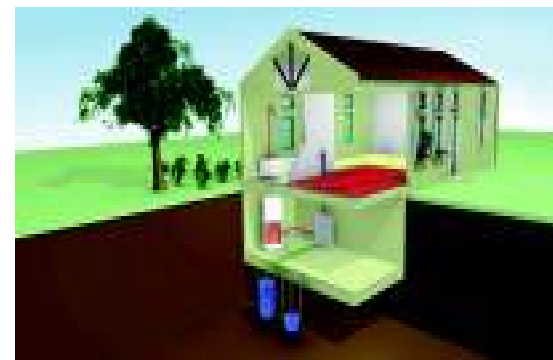


# Τι πρέπει να προσέξουμε στον γεωεναλλάκτη ανοιχτού βρόγχου;

Οι σωλήνες που μεταφέρουν υπόγεια ύδατα πρέπει να τοποθετούνται στο απαιτούμενο βάθος για την αποφυγή του παγώματος τους ή να μονώνονται.

Η παροχή της γεώτρησης πρέπει να είναι μόνιμη και επαρκής και να καλύπτει την ονομαστική ροή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.

Η θερμοκρασία του νερού να είναι τουλάχιστον 10°C.



# Τι πρέπει να προσέξουμε στον γεωεναλλάκτη ανοιχτού βρόγχου;

Να τηρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές/κανονισμοί - για την εφαρμογή απαιτείται άδεια.

Ανάλογα με την σύνθεση του νερού το φαινόμενο της διάβρωσης των μεταλλικών εξαρτημάτων της εφαρμογής ποικίλει οπότε θα πρέπει να εξετάζεται σύμφωνα με το DIN 50930.

Σε μεγάλα συστήματα πιθανόν να ζητηθεί ανάλυση όλων των κύριων συστατικών του νερού και γενικές παράμετροι του ( θερμοκρασία, pH, περιεκτικότητα O<sub>2</sub> ,αγωγιμότητα, πιθανότητα οξειδοαναγωγής, ασβέστιο, μαγνήσιο κ.α.)





# Σχεδιασμός συστήματος ανοιχτού βρόγχου

Έστω θερμικές απαιτήσεις κτιρίου 25 Kw.

Βαθμός απόδοσης προτεινόμενης αντλίας θερμότητας COP=5.

Θερμοκρασιακή διαφορά στον εξατμιστή 5°C.

Απαιτούμενη παροχή γεώτρησης 5 m<sup>3</sup>/h.

