



Γεωθερμία

Ενότητα 6: Θερμά άνυδρα πετρώματα

Καθηγητής Κωνσταντίνος Λ. Κατσιφάρακης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Θερμά άνυδρα πετρώματα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Θερμά άνυδρα πετρώματα

Τα υδροθερμικά συστήματα περιέχουν μικρό μέρος της θερμικής ενέργειας, που βρίσκεται αποθηκευμένη σε ποσικά στον άνθρωπο βάθη. Η θερμότητα των άνυδρων πετρωμάτων, ίσως είναι 2 ως 3 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη.

Επομένως η εκμετάλλευση του θερμικού περιεχομένου των πετρωμάτων αυτών, που σήμερα βρίσκεται σε πειραματική φάση, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Ιδιαίτερα προσφέρονται πετρώματα περιοχών με αυξημένη θερμική ροή και μικρή θερμική αγωγιμότητα.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (1/8)

Το πρόβλημα της μεταφοράς της θερμότητας από τα άνυδρα θερμά πετρώματα στην επιφάνεια του εδάφους λύνεται με τεχνητή κατάτμηση και διοχέτευση νερού, δηλαδή με τη δημιουργία τεχνητών υδροθερμικών συστημάτων. Το διοχετευόμενο νερό θερμαίνεται καθώς κινείται μέσα στα διάκενα που δημιουργήθηκαν στο θερμό πέτρωμα και στη συνέχεια αντλείται ή ανεβαίνει λόγω άνωσης στην επιφάνεια.

Για να είναι ικανοποιητική η απόδοση του συστήματος τα διάκενα (ή οι ρηγματώσεις) πρέπει:

α) να παρέχουν μεγάλη επιφάνεια επαφής νερού-πετρώματος,

β) να έχουν επαρκή όγκο, ώστε να επιτρέπουν την κίνηση του νερού (με μικρή ταχύτητα) πάνω στις θερμές επιφάνειες του πετρώματος

γ) να έχουν κατάλληλη διάταξη, ώστε να παρέχουν μικρή αντίσταση στη ροή.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (2/8)

Κατάτμηση των πετρωμάτων έχει γίνει με χρήση πυρηνικών ή συμβατικών εκρηκτικών ή με υδραυλικό τρόπο. Χρήση πυρηνικών εκρηκτικών προέβλεπε το αμερικανικό ερευνητικό πρόγραμμα Plowshare. Με τη μέθοδο αυτή τμήμα του πετρώματος καταθρυμματίζεται πλήρως και ο δημιουργούμενος σχηματισμός προσφέρεται για ψηλή απόδοση. Τα μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

α) Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοντά σε κατοικημένες περιοχές, δηλαδή κοντά στους χρήστες, για λόγους ασφάλειας.

β) Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σχετικά μικρά βάθη.

γ) Δεν είναι δυνατό να γίνουν νέες εκρήξεις όταν πέσει η απόδοση του συστήματος, για να μην καταστραφούν οι επιφανειακές εγκαταστάσεις.

δ) εξαρτάται η αξιοποίηση μιας καθαρής ενεργειακής πηγής από πυρηνικά εκρηκτικά.

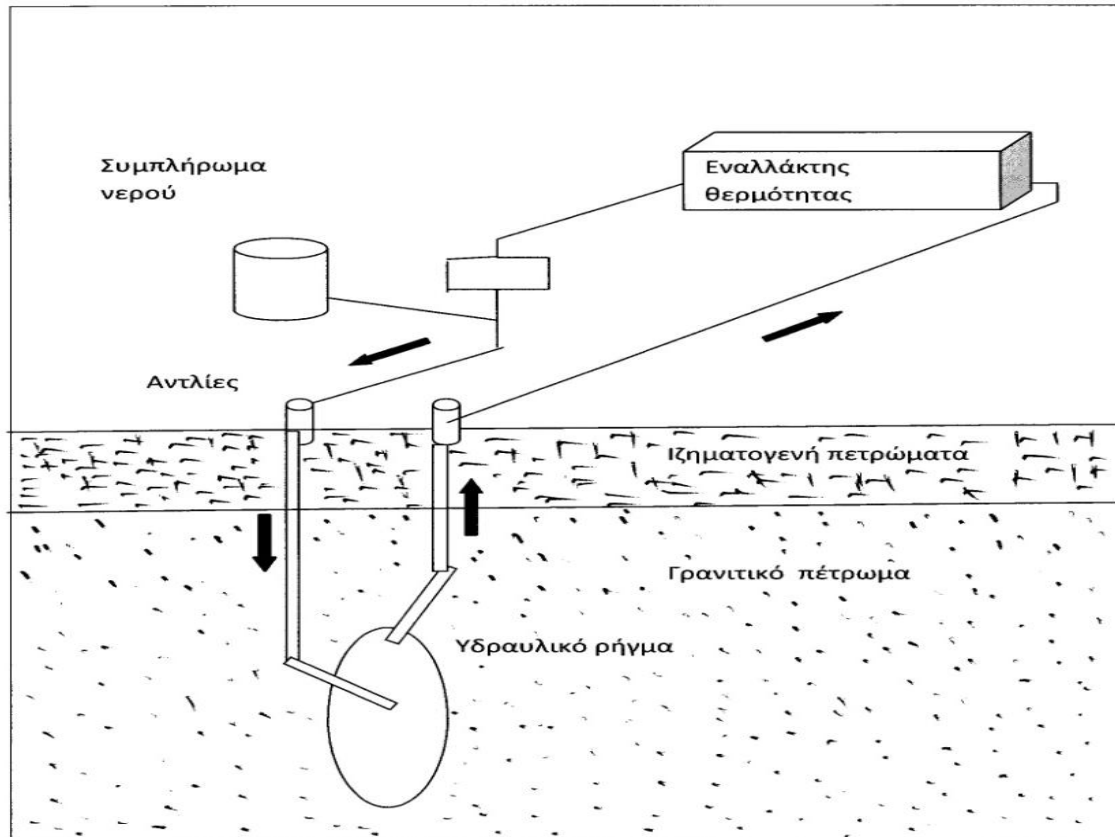


Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (3/8)

Η υδραυλική θραύση των πετρωμάτων γίνεται με επιβολή μεγάλης υδραυλικής πίεσης. Σε γεώτρηση, που έχει διάτρητο σωλήνα στο επιθυμητό βάθος, διοχετεύεται νερό με πίεση. Όταν η πίεση αυτή ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή, τότε δημιουργείται ένα ρήγμα φακοειδούς διατομής, ανοίγματος λίγων mm. Συνήθως η διεύθυνση του ρήγματος είναι περίπου κατακόρυφη. Με συνέχιση της διοχέτευσης νερού, μετά την αρχική θραύση, η διάμετρος του ρήγματος φθάνει την επιθυμητή τιμή. Το ρήγμα αυτό επιτρέπει την υδραυλική επικοινωνία ενός πηγαδιού διοχέτευσης κρύου νερού και ενός πηγαδιού επαναφοράς του νερού μετά την θέρμανσή του, τα οποία συναντούν το ρήγμα στο κάτω και πάνω τμήμα του αντιστοιχώς. Η πίεση κατά τη λειτουργία του συστήματος είναι πολύ μικρότερη από την πίεση θραύσεως. Πρέπει να καλύπτει τις απώλειες φορτίου κατά την κίνηση του νερού από το ένα πηγάδι στο άλλο, που υποβοηθείται από την άνωση, καθώς και την πίεση που απαιτείται στην έξοδο, για να μη βράζει το νερό. Ο βρασμός πρέπει να αποφεύγεται, γιατί η δημιουργία ατμού μειώνει την απόδοση του συστήματος.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (4/8)



Σχήμα 1: Σύστημα εκμετάλλευσης θερμού άνυδρου πετρώματος με υδραυλική θραύση



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (5/8)

Η ιδέα της υδραυλικής θραύσης ξεκίνησε από ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου του Los Alamos, η οποία ανέλαβε και την εκτέλεση ερευνητικού προγράμματος που περιλάμβανε την κατασκευή πειραματικού σταθμού εκμετάλλευσης θερμών άνυδρων πετρωμάτων. Το πρόγραμμα αυτό είχε ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι τα ακόλουθα:

- α) Δεν έχει καμία βλαπτική επίδραση στο περιβάλλον.
- β) Μπορεί να εφαρμοστεί κοντά σε κατοικημένες περιοχές.
- γ) Με την πάροδο του χρόνου αυξάνει ο εκμεταλλεύσιμος όγκος του θερμού πετρώματος, λόγω της συστολής και της θερμικής ρηγμάτωσής του, που οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας του.
- δ) Είναι δυνατή η επέκταση του συστήματος με νέα ρήγματα, όποτε θεωρηθεί αναγκαίο, καθώς η προκαλούμενη μικροσεισμική δραστηριότητα είναι ακίνδυνη.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (6/8)

Η μέθοδος έχει ορισμένες ειδικές απαιτήσεις, όπως:

(α) Σωλήνες γεωτρήσεων με μεγάλη αντοχή σε πιέσεις. Τέτοιοι σωλήνες είναι διαθέσιμοι.

(β) Διακρίβωση της θέσης του ρήγματος στον χώρο, που μπορεί να επιτευχθεί με τοποθέτηση γεωφώνων πριν από την θραύση, ώστε να διανοιχθεί η δεύτερη γεώτρηση στην κατάλληλη θέση.

(γ) Μεγάλη ακρίβεια στη διεύθυνση των γεωτρήσεων.

(δ) Διατήρηση του ανοίγματος του ρήγματος, μετά την μείωση της πίεσης. Για τον λόγο αυτό διοχετεύονται κατάλληλα διαβαθμισμένα τεμάχια σκληρού υλικού (π.χ. χαλαζία), που λειτουργούν ως αντιστηρίγματα.

Τελικά η εφαρμοσμένη έρευνα δείχνει ότι τα τεχνικά προβλήματα που ανακύπτουν, βρίσκουν λύση.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (7/8)

Συνδυασμός συμβατικών εκρηκτικών και υδραυλικής θραύσης δοκιμάσθηκε στο ερευνητικό πρόγραμμα της μεταλλευτικής σχολής του Camborne του Ηνωμένου Βασιλείου, που άρχισε το 1973. Χρησιμοποιήθηκε ειδική εκρηκτική ύλη, που είναι ασφαλής σε θερμοκρασίες μέχρι 300°C. Είναι λοιπόν φανερό ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμότερα πετρώματα.

Το σκεπτικό της μεθόδου είναι το ακόλουθο. Σε πρώτη φάση με τη χρήση των εκρηκτικών αποκαθίσταται υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των πηγαδιών και φυσικών ασυνεχειών του πετρώματος. Κατόπιν οι φυσικές ασυνέχειες διευρύνονται με επιβολή μεγάλου υδραυλικού φορτίου. Σήμερα η έρευνα συνεχίζεται με το κοινό ευρωπαϊκό πρόγραμμα στο Soultz-sous-Forêts της Γαλλίας.



Τεχνητή κατάτμηση πετρωμάτων (8/8)

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο κατάτμησης του θερμού πετρώματος, η λειτουργία του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας προϋποθέτει συνεχή τροφοδοσία με νερό, γιατί μέρος μόνο από το νερό που διοχετεύεται στο ένα πηγάδι ανακτάται από το άλλο. Το υπόλοιπο είτε γεμίζει τον κενό χώρο, που δημιουργείται από τη συστολή του πετρώματος, είτε χάνεται προς άλλες κατευθύνσεις.





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ιωάννης Αυγολούπης
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2012-2013



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ