

30ή Ενότητα:

Οι «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» ΑΠΕ V I I. ΑΠΕ με Βάση το Εσωτερικό της Γης (Γεωθερμία Ενσωματωμένη σε Υπόγειο Νερό και σε Υπόγεια Πετρώματα. Αντλίες Θερμότητας). ΑΠΕ με Βάση τη Σελήνη (Παλιρροιακή Ενέργεια)

Εισαγωγή

Στις τελευταίες 6 Ενότητες ασχοληθήκαμε αποκλειστικά με το πολύ σημαντικό Κεφάλαιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τις οποίες ονομάζουμε χάριν συντομίας ΑΠΕ.

Τις ΑΠΕ τις έχουμε χωρίσει ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται σε τρεις κατηγορίες (βλέπε και Πίνακα 19, σελ. 236):

- ΑΠΕ με βάση τον Ήλιο.
- ΑΠΕ με βάση το εσωτερικό της Γης.
- ΑΠΕ με βάση την Σελήνη..

Οι ΑΠΕ τις οποίες έχουμε περιγράψει μέχρι τώρα είναι οι εξής (βλέπε Πίνακα 19, σελ. 236):

- Η παθητική χρήση της άμεσης ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και τον φωτισμό των κτηρίων, η οποία περιγράφεται από την βιοκλιματική αρχιτεκτονική (βλέπε 25^η Ενότητα, σελ. 238).
- Η ενεργητική χρήση της άμεσης ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (ηλιακός θερμοσίφωνας), βλέπε 26^η Ενότητα, σελ. 242
- Η ενεργητική χρήση της άμεσης ηλιακής ενέργειας για την συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ηλιακοί συγκεντρωτές):
 - Με σχήμα παραβολικού πιάτου (βλέπε 26^η Ενότητα, σελ. 247).
 - Με σχήμα παραβολικού αυλακιού (βλέπε 27^η Ενότητα, σελ. 251).
 - Με σχήμα παραβολικού αυλακιού αποτελούμενου από πολλά επίπεδα κάτοπτρα, δηλαδή Fresnel-συλλέκτης, (βλέπε 27^η Ενότητα, σελ. 253) .
 - Με κεντρικό δέκτη επάνω σε πύργο (βλέπε 27^η Ενότητα, σελ. 253).
- Η ενεργητική χρήση της άμεσης ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απ' ευθείας από την ηλιακή ενέργεια (φωτοβολταϊκά), βλέπε 27^η Ενότητα, σελ. 256 .
- Έμμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας. Ενέργεια του νερού (βλέπε 28^η Ενότητα, σελ. 262).
- Έμμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας. Ενέργεια του ανέμου (βλέπε 28^η Ενότητα, σελ. 264)
- Έμμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας. Βιομάζα (βλέπε 29^η Ενότητα, σελ. 274).

Στη σημερινή μας 30ή Ενότητα θα ολοκληρώσουμε την περιγραφή όλων των ΑΠΕ ασχολούμενοι με τις ΑΠΕ που έχουν ως βάση το εσωτερικό της Γης και την Σελήνη.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με Βάση το Εσωτερικό της Γης (Γεωθερμία)

Η Γη μας είναι περίπου μία σφαίρα (πιεσμένη στους πόλους και πλατυσμένη στον ισημερινό) με μία μέση ακτίνα 6 371 χιλιομέτρων. Ο ίδιος ο άνθρωπος έχει κατέβει μόνο μέχρι ένα βάθος περίπου 3,5 χιλιομέτρων, ενώ η πιο βαθιά γεώτρηση έχει φτάσει μέχρι ένα βάθος περίπου 12 χιλιομέτρων. Έτσι οι γνώσεις του ανθρώπου για το εσωτερικό της Γης δεν είναι απόλυτα σίγουρες, δεδομένου ότι βασίζονται μεν σε μετρήσεις (κυρίως σεισμικές), αλλά και σε θεωρίες, υποθέσεις κ.λπ. Έτσι για τα δεδομένα που ακολουθούν είναι δυνατές και αποκλίνουσες γνώμες.

Πάντως απλοποιημένα ισχύει, ότι η γήινη σφαίρα αποτελείται κυρίως από τρία ομόκεντρα στρώματα (όπου το κάθε ένα διαιρείται σε άλλα) και τα οποία τρία είναι τα εξής (στη σειρά από την επιφάνεια της Γης προς το κέντρο της):

1. Το επάνω στρώμα της Γης, που στα πλαίσια της γεωθερμίας ενδιαφέρει περισσότερο, είναι ο φλοιός, που είναι γνωστός και ως λιθόσφαιρα. Το πάχος του είναι μεταβλητό και μάλιστα μικρό κάτω από τους ωκεανούς, μεγαλύτερο κάτω από τις ηπείρους και ακόμη μεγαλύτερο κάτω από τις οροσειρές. Το μέγιστο βάθος της λιθόσφαιρας είναι περίπου 80 έως 100 χιλιόμετρα.
2. Το δεύτερο στρώμα της γης είναι ο μανδύας του οποίου το πάχος είναι περίπου 2 800 χιλιόμετρα. Διακρίνεται δε στον κυρίως μανδύα (προς το κέντρο της Γης) και στον ανώτερο μανδύα (προς την επιφάνεια της Γης).
3. Τέλος το τρίτο και εσωτερικό στρώμα της γης είναι μία σφαίρα που λέγεται πυρήνας και έχει μία ακτίνα περίπου 3 500 χιλιομέτρων. Χωρίζεται δε σε δύο μέρη στον εξωτερικό πυρήνα (προς την επιφάνεια της Γης) και στον εσωτερικό πυρήνα (προς το κέντρο της Γης).

Το σημαντικό είναι ότι ο πυρήνας της Γης είναι πολύ θερμός με μία θερμοκρασία περίπου 5 000°C. Η μεγάλη αυτή θερμοκρασία του πυρήνα της Γης μπορεί να οφείλεται τόσο στο ότι ο πυρήνας της Γης περιέχει υπολειμματική θερμότητα από την περίοδο του σχηματισμού της Γης, όσο και στη διάσπαση ραδιενεργών στοιχείων, κατά την οποία, ως γνωστόν ελευθερώνεται θερμότητα (την διάσπαση των πυρήνων της ύλης, τις ακτινοβολίες και εν γένει τις αρχές της πυρηνικής φυσικής θα Σας τις περιγράψω με πολύ απλό και κατανοητό τρόπο στο τέλος της Ιστοσελίδας μου).

Έτσι η Γη σαν ουράνιο σώμα με έναν τόσο θερμό πυρήνα εκπέμπει θερμότητα μέσω της επιφάνειάς της προς το κρύο Διάστημα που την περιβάλλει. Υπολογίζεται δε ότι η θερμότητα αυτή, που φεύγει ανεκμετάλλευτη στο Διάστημα, είναι μέσα σε μία οποιαδήποτε χρονική περίοδο ένα πολλαπλάσιο των παγκοσμίων αναγκών σε ενέργεια για την ίδια αυτή χρονική περίοδο. Η θερμότητα αυτή, μεταφερόμενη από το κέντρο της Γης προς την επιφάνειά της, θερμαίνει ότι συναντά είτε αυτό είναι νερό είτε είναι πέτρωμα. Η θερμοκρασία από το κέντρο της Γης μέχρι την επιφάνειά της συνεχώς μικραίνει ή αντίστροφα η θερμοκρασία της Γης από την επιφάνειά της μέχρι το κέντρο της συνεχώς μεγαλώνει. Για τα επάνω στρώματα της λιθόσφαιρας, τα οποία, όπως θα εξηγήσουμε στη συνέχεια, μας ενδιαφέρουν περισσότερο, ισχύει για την περιοχή της κεντρικής Ευρώπης και κατά μέσον όρο, ότι η θερμοκρασία του εδάφους μεγαλώνει κατά περίπου 3°C σε κάθε 100 μέτρα που κατεβαίνουμε προς το κέντρο της Γης. Το ποσό της αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος ονομάζεται **γεωθερμική βαθμίδα**.

Όπως εξηγήσαμε προηγουμένως, η θερμότητα της Γης, που εκπέμπεται από το κέντρο της προς το Διάστημα, καθ' οδόν προς την επιφάνειά της θερμαίνει ότι

συναντήσει, είτε αυτό είναι ένας υδροφόρος ορίζοντας είτε είναι πέτρωμα. Όταν λοιπόν αναφερόμαστε στα πλαίσια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στη γεωθερμία, εννοούμε αυτή ακριβώς τη θερμική ενέργεια που έχουν είτε τα κοιτάσματα ζεστού **υπόγειου** νερού είτε τα πετρώματα του επάνω στρώματος της Γης, δηλαδή της λιθόσφαιρας.

Γεωθερμία Ενσωματωμένη σε Υπόγειο Νερό

Καταρχάς θα ασχοληθούμε με την εκμετάλλευση της γεωθερμίας που είναι ενσωματωμένη σε κοιτάσματα ζεστού υπόγειου νερού. Για να μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε τη θερμική ενέργεια του εσωτερικού της Γης, χρειαζόμαστε καταρχάς ένα μέσο μεταφοράς της θερμότητας π. χ. νερό. Επομένως είναι φανερό, ότι η εκμετάλλευση της γεωθερμίας που είναι ενσωματωμένη ήδη σε κοιτάσματα ζεστού **υπόγειου** νερού είναι ο ευκολότερος τρόπος από ότι η εκμετάλλευση της γεωθερμίας που είναι ενσωματωμένη στα πετρώματα της λιθόσφαιρας.

Είναι βέβαια αυτονόητο, ότι η πηγή αυτή θερμότητας έχει τόσο μεγαλύτερη σημασία, όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του **υπόγειου** νερού και όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του. Η ποσότητα του υπόγειου νερού είναι κάτι που εξαρτάται από τον τόπο που βρισκόμαστε, ενώ η θερμοκρασία του εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται το νερό (αφού, όπως αναφέραμε προηγουμένως, για την περιοχή της κεντρικής Ευρώπης η θερμοκρασία του εδάφους μεγαλώνει κατά περίπου 3°C σε κάθε 100 μέτρα που κατεβαίνουμε προς το κέντρο της Γης). Έτσι, δυστυχώς το δυναμικό γεωθερμίας μίας περιοχής είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος στο οποίο βρίσκεται το νερό, οπότε τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το κόστος για τη γεώτρηση προκειμένου να φτάσει το νερό αυτό για εκμετάλλευση στην επιφάνεια της Γης. Π.χ. προκειμένου να φέρουμε στην επιφάνεια νερό θερμοκρασίας 100°C απαιτείται βάσει των προηγουμένων μία γεώτρηση βάθους περισσότερο από 3 000 μέτρα.

Σε ειδικές περιπτώσεις όμως, δηλαδή στις λεγόμενες «**γεωθερμικές ανωμαλίες**», που προέρχονται π.χ. από τεκτονικές διαταραχές, ηφαιστειακούς παράγοντες κ.λπ. είναι δυνατό ζεστό νερό ή ατμός, που κανονικά βρίσκεται σε μεγάλα βάθη, να βρεθεί στην επιφάνεια της Γης ή πολύ κοντά σ' αυτήν. Τέτοια φαινόμενα είναι οι θερμές πηγές, τα γκείζερ (ή θερμοπίδακες, δηλαδή θερμές πηγές που περιοδικά εκτοξεύουν πίδακες νερού και ατμού), οι φουμαρόλες (θερμές πηγές που περιοδικά εκτοξεύουν πίδακες ατμού αλλά και άλλων αερίων) κ.λπ.

Στην περίπτωση που το ζεστό νερό δεν έχει φτάσει από μόνο του στην επιφάνεια της Γης, το μεταφέρουμε εκεί με τη βοήθεια γεωτρήσεων. Η γεωθερμική ενέργεια αυτού του ζεστού νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς μερικά μόνο παραδείγματα των οποίων είναι: θέρμανση ή ψύξη κτηρίων, θέρμανση θερμοκηπίων, θερμά λουτρά, ξήρανση προϊόντων, θέρμανση του νερού σε ιχθυοκαλλιέργειες, αφαλάτωση θαλασσινού νερού κ.λπ. Κλασικό παράδειγμα χρήσης της γεωθερμίας είναι η πρωτεύουσα της Ισλανδίας Ρέικιαβικ (Reykjavik), της οποίας τα σπίτια κατά 90% θερμαίνονται γεωθερμικά. Αλλά και άλλες χώρες όπως π.χ. η Ιταλία αλλά και η Ελλάδα έχουν ένα αρκετά μεγάλο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας. Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ατμοστρόβιλο. Αυτό όμως ενδείκνυται, όταν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες νερού, του οποίου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή, δηλαδή μεγαλύτερη από τουλάχιστο 100°C. Όπως όμως εξηγήσαμε και στην 29^η Ενότητα, σελ. 277, ο βαθμός αποδόσεως μίας στροβιλομηχανής που κινείται με ατμό νερού τόσο χαμηλής θερμοκρασίας είναι πολύ μικρός. Γι' αυτό σ' αυτή την περίπτωση με το ζεστό νερό από το εσωτερικό της Γης δημιουργούμε σε έναν εναλλάκτη

θερμότητας όχι ατμό νερού, αλλά ατμό ενός οργανικού υγρού, όπως π.χ. τολουόλης, πεντανίου ή αμμωνίας επιτυγχάνοντας έτσι ένα μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως της στροβιλομηχανής.

Ένα σημαντικό ερώτημα είναι το τι γίνεται με το ζεστό νερό που φέραμε από το εσωτερικό της Γης, αφού αυτό αποδώσει στον εναλλάκτη θερμότητας τη θερμότητά του (το νερό αυτό θα το ονομάζουμε στη συνέχεια **χρησιμοποιημένο νερό**); Η απάντηση είναι πολλαπλή, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Αν το υπόγειο ρεζερβουάρ του νερού ανανεώνεται, μπορούμε το χρησιμοποιημένο νερό να το διατηρήσουμε στην επιφάνεια της γης, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σαν πόσιμο νερό, αν η σύστασή του είναι κατάλληλη. Αν το υπόγειο ρεζερβουάρ του νερού δεν ανανεώνεται, ή και αν ανανεώνεται αλλά περιέχει διάφορα άλατα, επιστρέφουμε το χρησιμοποιημένο νερό πάλι στο εσωτερικό της Γης, διότι στην πρώτη περίπτωση θα επηρεάζαμε το ισοζύγιο του υπόγειου νερού, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θα είχαμε πρόβλημα με τη διάθεση του χρησιμοποιημένου νερού. Πάντως όλες οι περιπτώσεις που αναφέραμε για τη διαχείριση του χρησιμοποιημένου νερού δεν έχουν απλώς θεωρητικό χαρακτήρα, αλλά έχουν βρει την εφαρμογή τους στην πράξη.

Γεωθερμία Ενσωματωμένη σε Υπόγεια Πετρώματα

Το δυναμικό της γεωθερμίας που είναι ενσωματωμένη σε κοιτάσματα ζεστού υπόγειου νερού είναι περιορισμένο, γι' αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες εκμετάλλευσης της γεωθερμίας όταν αυτή είναι ενσωματωμένη σε πετρώματα του επάνω στρώματος της Γης, δηλαδή της λιθόσφαιρας.

Όπως όμως αναφέραμε και προηγουμένως, για να μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε τη θερμική ενέργεια του εσωτερικού της Γης, χρειαζόμαστε καταρχάς ένα μέσο μεταφοράς της θερμότητας π. χ. νερό. Έτσι η εκμετάλλευση της γεωθερμίας, όταν αυτή είναι ενσωματωμένη σε πετρώματα της λιθόσφαιρας, επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του **υδροθρυμματισμού** ως εξής: Καταρχάς, αν διοχετεύαμε απλά νερό στα υπόγεια ζεστά πετρώματα, τότε η επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας που θα δημιουργούταν (μεταφορά θερμότητας από το ζεστό πέτρωμα στο κρύο νερό), θα ήταν μικρή και έτσι θα ήταν μικρό και το ποσό της θερμότητας που θα μεταφερόταν από το ζεστό πέτρωμα στο κρύο νερό. Γι' αυτό γίνεται πρώτα μία (όπως θα εξηγήσουμε αμέσως) βαθιά γεώτρηση μέχρι να συναντήσουμε ένα ζεστό πέτρωμα κατά προτίμηση **κρυσταλλικό**. Κατόπιν διοχετεύουμε μέσω της γεώτρησης στο ζεστό πέτρωμα επιφανειακό νερό σε μεγάλη ποσότητα και με μεγάλη πίεση. Έτσι επιτυγχάνουμε την υδραυλική αφ' ενός μεν διόγκωση των σχισμών που υπήρχαν ήδη στο πέτρωμα (γι' αυτό και η επιλογή κρυσταλλικού πετρώματος), αφ' εταίρου δε με το θρυμματισμό του πετρώματος τη δημιουργία νέων σχισμών στο πέτρωμα.

Η λειτουργία μίας γεωθερμικής εγκατάστασης με αυτή τη μέθοδο, η οποία λέγεται και Hot- Dry- Rock μέθοδος (δηλαδή ζεστού- ξηρού- πετρώματος), επιτυγχάνεται ως εξής: Μετά αυτή την προεργασία, διοχετεύουμε μέσω της γεώτρησης κρύο νερό υπό πίεση στο ζεστό πέτρωμα. Το νερό διεισδύει στις πολλές σχισμές του ζεστού πετρώματος, το οποίο έχει μεταβληθεί σε ένα εναλλάκτη θερμότητας με μεγάλη επιφάνεια, με αποτέλεσμα η θερμότητα του ζεστού πετρώματος να ζεσταίνει το κρύο νερό. Το ζεστό νερό ανεβαίνει από μία δεύτερη γεώτρηση στην επιφάνεια της Γης και χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς όπως ακριβώς τους περιγράψαμε στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Στην ειδική περίπτωση που θέλουμε να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια ισχύει, όπως και στο προηγούμενο Κεφάλαιο, ότι η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι τουλάχιστο 100°C. Έτσι, αν

π.χ. επιδιώξουμε μία θερμοκρασία του νερού περίπου 150°C, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μία γεώτρηση βάθους περίπου 5 χιλιομέτρων, κάτι το οποίο βέβαια κοστίζει περισσότερα εκατομμύρια Ευρώ.

Γι' αυτό, αν θέλουμε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αυτή τη μέθοδο να είναι συμφέρουσα, θα πρέπει να ληφθούν όλα τα δυνατά μέτρα που αυξάνουν τον βαθμό αποδόσεως. Έτσι όπως περιγράψαμε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο καταρχάς με το ζεστό νερό δημιουργούμε σε έναν εναλλάκτη θερμότητας όχι ατμό νερού, αλλά ατμό ενός οργανικού υγρού, όπως π.χ. τολουόλης, πεντανίου ή αμμωνίας, επιτυγχάνοντας έτσι ένα μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως της στροβιλομηχανής. Επειδή δε το οργανικό υλικό στην έξοδό του από τη στροβιλομηχανή έχει ακόμη θερμική ενέργεια, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση κοντινών κτηρίων, εάν αυτά βέβαια είναι συνδεδεμένα σε ένα τέτοιο δίκτυο (αυτό ονομάζεται Συμπαγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας ΣΗΘ, βλέπε και 29^η Ενότητα σελ.277).

Αντλίες Θερμότητας

Η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας δεν είναι τίποτα διαφορετικό από τη λειτουργία ενός ψυγείου. Το ψυγείο παίρνει θερμότητα από το περιεχόμενό του (δηλαδή π.χ. από τα διάφορα φαγώσιμα που θέλουμε να συντηρήσουμε σε χαμηλές θερμοκρασίες) και την αποδίδει στον εναλλάκτη θερμότητας που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ψυγείου. Το ψυγείο επιπλέον έχει μία αντλία μέσα από την οποία περνά το ψυκτικό υγρό και η οποία αντλία κινείται συνήθως με ένα ηλεκτρικό κινητήρα. Η αντλία θερμότητας αντίστοιχα παίρνει θερμότητα από το Περιβάλλον και τη μεταφέρει π.χ. στο σύστημα θέρμανσης ενός κτηρίου. Επιπλέον η αντλία θερμότητας έχει επίσης μία αντλία μέσα από την οποία περνά το ψυκτικό υγρό και η οποία αντλία κινείται συνήθως σε μικρές αντλίες θερμότητας με ένα ηλεκτρικό κινητήρα, ενώ σε μεγάλες αντλίες θερμότητας με ένα κινητήρα αερίου.

Επειδή, όπως θα εξηγήσουμε στη συνέχεια, με την αντλία θερμότητας μπορούμε είτε να θερμάνουμε είτε να ψύξουμε ένα χώρο, παραμένουμε καταρχάς στο παράδειγμα της θέρμανσης ενός χώρου. Η ενέργεια που καταναλώνει η αντλία θερμότητας (δηλαδή η ενέργεια του ηλεκτρικού κινητήρα ή του κινητήρα αερίου) είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του χώρου που θέλουμε να θερμάνουμε και του Περιβάλλοντος. Όταν θερμαίνουμε ένα χώρο, επιδιώκουμε μία υψηλή θερμοκρασία περίπου 21°C. Αναφέραμε προηγουμένως, ότι όταν χρησιμοποιούμε μία αντλία θερμότητας παίρνουμε τη θερμότητα από το Περιβάλλον. Έτσι μπορούμε να πάρουμε τη θερμότητα είτε από τον αέρα που περιβάλλει το κτήριο είτε από το νερό μίας δεξαμενής ή παρακείμενης λίμνης είτε από το έδαφος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, ότι ακριβώς όταν έχουμε ανάγκη θέρμανσης είναι πιο χαμηλή η θερμοκρασία του περιβάλλοντα αέρα, λιγότερο χαμηλή η θερμοκρασία του νερού και ακόμη λιγότερο χαμηλή η θερμοκρασία του εδάφους. Ειδικά για το έδαφος ισχύει, ότι σε ένα βάθος 1 έως 2 μέτρα η θερμοκρασία του εδάφους και στον πιο βαρύ χειμώνα δεν κατεβαίνει κάτω από τους περίπου 5°C. Έτσι γίνεται φανερό, ότι τουλάχιστο από απόψεως ενέργειας που πρέπει να καταναλώσουμε για τη λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας είναι σκόπιμο να παίρνουμε τη θερμότητα του εδάφους (π.χ. ευκολότερο είναι να παίρνουμε τη θερμότητα από τον περιβάλλοντα αέρα). Αυτός είναι και ο λόγος για το ότι κατατάξαμε την αντλία θερμότητας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με βάση τη γεωθερμία.

Αλλά και κάτι άλλο χρήζει εξηγήσεως, διότι η αντλία θερμότητας συνδέεται πάντα και με κατανάλωση ενέργειας (για την κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα ή του

κινητήρα αερίου). Για την αξιολόγηση μίας αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούμε το δείκτη «βαθμό αποδόσεως» (στα γερμανικά *Arbeitszahl*), ο οποίος είναι το πηλίκο της θερμότητας που παράγεται προς την ενέργεια που καταναλώθηκε για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Έστω λοιπόν, ότι ο βαθμός αποδόσεως ισούται με 3 και ότι η αντλία θερμότητας κινείται με ηλεκτρικό κινητήρα. Αυτό σημαίνει, ότι η θερμότητα που παράγεται είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε. Αν όμως η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε προήλθε από την καύση ενός ορυκτού καυσίμου, δηλαδή με μία διαδικασία που έχει ένα βαθμό αποδόσεως περίπου 1/3, αυτό σημαίνει ότι η θερμική ενέργεια του ορυκτού καυσίμου ήταν τριπλάσια από την ηλεκτρική ενέργεια που παρήχθη. Δηλαδή η θερμική ενέργεια που παρήχθη από την αντλία θερμότητας είναι ίση με τη θερμική ενέργεια του ορυκτού καυσίμου που καταναλώθηκε για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώσαμε για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Οπότε η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας μειώνει την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων μόνο όταν ο βαθμός αποδόσεως είναι μεγαλύτερος του 3. Η κατάσταση είναι απλούστερη, όταν η αντλία θερμότητας κινείται με κινητήρα αερίου, διότι τότε η θερμότητα που παράγεται από την καύση του αερίου είναι η ίδια η θερμότητα του ορυκτού καυσίμου, οπότε η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας (που χρησιμοποιεί κινητήρα αερίου) μειώνει την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων όταν ο βαθμός αποδόσεως είναι μεγαλύτερος του 1.

Όταν για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούμε τη θερμότητα του εδάφους έχουμε δύο δυνατότητες: Στην πρώτη χρησιμοποιούμε ένα σύστημα σωληνώσεων μέσα από το οποίο ρέει το ψυκτικό υγρό και οι σωληνώσεις τοποθετούνται οριζόντια σε ένα βάθος π.χ. 2 μέτρων μέσα στο έδαφος. Αυτή η μέθοδος ενδείκνυται, όταν το οικόπεδο του κτηρίου που θέλουμε να θερμάνουμε έχει έκταση τουλάχιστο μιάμιση φορά από την επιφάνεια του κτηρίου που θέλουμε να θερμάνουμε, διότι μία τέτοια επιφάνεια είναι απαραίτητη για την τοποθέτηση των σωληνώσεων. Στη δεύτερη περίπτωση, όταν δηλαδή το οικόπεδο δεν έχει την απαιτούμενη επιφάνεια, τότε οι σωληνώσεις με το ψυκτικό υγρό τοποθετούνται κατακόρυφα σε ένα αντίστοιχα μεγάλο βάθος με ότι βέβαια προβλήματα (π.χ. μεγάλο βάθος εκσκαφής) συνεπάγεται αυτό.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως η ενέργεια που καταναλώνει η αντλία θερμότητας (δηλαδή η ενέργεια του ηλεκτρικού κινητήρα ή του κινητήρα αερίου) είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του χώρου που θέλουμε να θερμάνουμε και του Περιβάλλοντος. Αφού λοιπόν η θερμοκρασία του Περιβάλλοντος δηλαδή του εδάφους είναι δεδομένη, η ενέργεια που καταναλώνει η αντλία θερμότητας είναι τόσο μικρότερη όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία που έχει το ψυκτικό υγρό όταν το χρησιμοποιούμε για να ζεστάνουμε το κτήριο.

Υπάρχουν δε περιπτώσεις, που παρότι διατηρούμε την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου π.χ. 21°C, είναι σχετικά μικρή η θερμοκρασία που έχει το ψυκτικό υγρό όταν το χρησιμοποιούμε για να ζεστάνουμε το κτήριο (και επομένως είναι μικρή η ενέργεια που καταναλώνουμε). Τέτοιες περιπτώσεις είναι η επιδαπέδια θέρμανση και η θέρμανση με ζεστό αέρα. Και πράγματι έστω ότι θέλουμε να θερμάνουμε ένα χώρο στους 21°C. Στο παράδειγμα της θέρμανσης με ζεστό αέρα αρκεί να ζεστάνουμε τον αέρα που κυκλοφορεί στην αντλία θερμότητας στους 21°C, αφού αυτός ο αέρας κυκλοφορεί στον χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε. Αν όμως δε χρησιμοποιούσαμε ζεστό αέρα για τη θέρμανση του χώρου, αλλά μίαν κεντρική θέρμανση ζεστού νερού, τότε η αντλία θερμότητας θα έπρεπε να θερμάνει το νερό της κεντρικής θέρμανσης μέχρι μία θερμοκρασία μεγαλύτερη των 21°C, ώστε να μπορέσει αυτό το ζεστό νερό μέσα από τους σωλήνες της κεντρικής θέρμανσης να ζεστάνει το χώρο έξω από τους

σωλήνες στους 21°C. Οπότε πράγματι στην περίπτωση της θέρμανσης με ζεστό αέρα απαιτείται λιγότερη ενέργεια.

Όπως αναφέραμε και στην αρχή του Κεφαλαίου η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για τη θέρμανση ενός κτηρίου και για την ψύξη του. Προς τούτο είναι απαραίτητο να αντιστραφεί η ροή του ψυκτικού υγρού.

Πρέπει όμως να τονιστεί εδώ, ότι το δυναμικό της ενέργειας που μπορεί να αποκτηθεί από την ΑΠΕ Γεωθερμία ακόμη και στη χώρα μας είναι πολύ πολύ μικρότερο από το δυναμικό της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τις ΑΠΕ Φωτοβολταϊκά, Ανεμογεννήτριες και Βιομάζα. Αυτό βέβαια δε σημαίνει, ότι δεν πρέπει η ΑΠΕ Γεωθερμία να εφαρμόζεται παντού, όπου αυτό είναι σκόπιμο

Εδώ τελειώσαμε και με την ΑΠΕ Γεωθερμία, οπότε βάσει του Πίνακα 19, σελ. 236 τελειώσαμε με την περιγραφή όλων των ΑΠΕ που έχουν ως βάση τον Ήλιο και το εσωτερικό της Γης

Βλέποντας τον Πίνακα 19, σελ. 236 αντιλαμβανόμαστε όμως αμέσως, ότι η μόνη ΑΠΕ που παρέμεινε είναι η ΑΠΕ που έχει ως βάση τη Σελήνη, δηλαδή η Παλιρροιακή Ενέργεια, την οποία θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με Βάση τη Σελήνη. (Παλιρροιακή Ενέργεια)

Κάθε ουράνιο σώμα έχει μία δύναμη που λέγεται δύναμη της βαρύτητας και διευθύνεται προς το κέντρο του ουρανίου σώματος. Έτσι αν επάνω στη Γη μας αφήσουμε ελεύθερο ένα σώμα που κρατάμε, το σώμα αυτό έλκεται από τη Γη και πέφτει με διεύθυνση προς το κέντρο της Γης. Τώρα παρατηρούμε 2 ουράνια σώματα τη Γη και τη Σελήνη. Η Γη έλκει, δηλαδή τραβάει τη Σελήνη προς το κέντρο της Γης. Αλλά και η Σελήνη σαν ουράνιο σώμα έχει και αυτή δύναμη της βαρύτητας που τραβάει τη Γη προς το κέντρο της Σελήνης. Οι 2 αυτές δυνάμεις όμως είναι ίσες μεταξύ τους και αντίθετες, γι' αυτό και δεν πέφτει το ένα ουράνιο σώμα επάνω στο άλλο. Η Γη όμως στρέφεται μέσα σε μία ημέρα γύρω από τον άξονά της. Έτσι κάθε σημείο της Γης βρίσκεται μία φορά κάθε ημέρα ακριβώς απέναντι στη Σελήνη και δέχεται την έλξη της Σελήνης. Ένα σημείο Α όμως της Γης, που βρίσκεται σε ένα οποιοδήποτε μέρος μέσα στη θάλασσα θα βρεθεί μία φορά κάθε ημέρα ακριβώς απέναντι στη Σελήνη και θα δεχτεί την έλξη της Σελήνης, οπότε το ύψος του νερού στο σημείο Α θα μεγαλώσει. Αντίστροφα όσο λόγω της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της το σημείο Α στη θάλασσα θα απομακρύνεται από τη διεύθυνση προς τη Σελήνη τόσο περισσότερο θα μικραίνει το ύψος του νερού. Αυτό λέγεται για κάθε σημείο Α της Γης πλημμυρίδα εκεί που το νερό σηκώνεται και άμπωτη εκεί που το νερό χαμηλώνει αντίστοιχα.

Η παλιρροιακή ενέργεια λοιπόν οφείλεται στην βαρυτική έλξη των υδάτινων μαζών της Γης από τη Σελήνη. Βέβαια το ίδιο ισχύει και για την βαρυτική έλξη των υδάτινων μαζών της Γης από τον Ήλιο. Η βαρυτική αυτή έλξη που εξασκεί ο Ήλιος ή η Σελήνη στη Γη είναι τόσο πιο μεγάλη, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του Ήλιου ή της Σελήνης αλλά και όσο μικρότερη είναι η απόσταση του Ήλιου από τη Γη ή της Σελήνης από τη Γη. Και ναι μεν ο Ήλιος είναι πολύ πολύ μεγαλύτερος από ότι η Σελήνη αλλά η απόσταση της Σελήνης από τη Γη είναι πολύ πολύ μικρότερη από ότι η απόσταση του Ήλιου από τη Γη. Έτσι αποδεικνύεται εύκολα με ένα τύπο, ότι η βαρυτική έλξη των υδάτινων μαζών της Γης από τη Σελήνη είναι 2,2 φορές μεγαλύτερη από ότι η βαρυτική έλξη των υδάτινων μαζών της Γης από τον Ήλιο. Έτσι απλοποιημένα ισχύει, ότι η παλιρροιακή ενέργεια οφείλεται στη Σελήνη.

Συμπερασματικά ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τη βαρυτική έλξη της Σελήνης εκμεταλλεύεται τη διαφορά στάθμης του νερού κατά τη

πλημμυρίδα και την άμπωτη. Όσο δε μεγαλύτερη είναι η διαφορά στάθμης του νερού σε ένα σημείο, τόσο μεγαλύτερο είναι το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό σε αυτό το σημείο.

Μεγάλη τέτοια διαφορά στάθμης μεταξύ της πλημμυρίδας και της άμπωτης υπάρχει στη Γαλλία, Ουαλία, Αγγλία, ανατολική ακτή της Βορείου Αμερικής και στον Καναδά, οπότε προσφέρεται σε αυτές τις χώρες η εκμετάλλευση της παλιρροιακής ενέργειας.

Αυτό συμβαίνει ήδη π.χ. εδώ και περίπου 50 χρόνια στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Βρετάνη της Γαλλίας.

Το 2011 στη Νότια Κορέα ετέθη σε λειτουργία το μεγαλύτερο παλιρροιακό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως με μία ισχύ 254 MW. Σας υπενθυμίζουμε ότι ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μία ισχύ α MW μπορεί να ηλεκτροδοτήσει χοντρικά μία πόλη α χιλιάδων κατοίκων. Δηλαδή το εργοστάσιο στη Νότια Κορέα που χρησιμοποιεί παλιρροιακή ενέργεια και έχει ισχύ 254 MW μπορεί να ηλεκτροδοτήσει μία πόλη περίπου 254 χιλιάδων κατοίκων.

Σε περισσότερες χώρες έχουν ξεκινήσει προγράμματα κατασκευής παλιρροιακών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μία ισχύ αντίστοιχη της Κορέας, δηλαδή γύρω στα 250 MW. Χαρακτηριστικό όλων αυτών των εργοστασίων είναι, ότι σχεδιάζονται μελλοντικές επεκτάσεις με μία συνολική ισχύ μεγαλύτερη των 1 000 MW για κάθε περιοχή.

Είναι φανερό, ότι η στροβιλομηχανή ανάλογα με το εάν επικρατεί πλημμυρίδα ή άμπωτη δέχεται την κίνηση του νερού από τη μία ή την άλλη πλευρά των πτερυγίων. Αυτό έχει σα συνέπεια το ότι ανάλογα με την περίπτωση, δηλαδή πλημμυρίδα ή άμπωτη τα πτερύγια της στροβιλομηχανής προσαρμόζονται μηχανικά. Για τους Ειδικούς αναφέρουμε, ότι ο πιο γνωστός τύπος μίας παλιρροιακής στροβιλομηχανής είναι η τύπου Kaplan (βλέπε και 28^η Ενότητα, σελ. 264).