



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική εργασία

« Χωροθέτηση μονάδων παραγωγής Ενέργειας από Γεωθερμία.  
Προτάσεις για την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας »

Διακογιάννης Γιώργος

Επιβλέπων : Ι. Σαγιάς

Αθήνα, 2014



## Περίληψη

Η θερμική ενέργεια της γης βρίσκεται σε αφθονία, αλλά είναι πολύ διεσπαρμένη, σπάνια συγκεντρώνεται, και συχνά βρίσκεται σε βάθη πολύ μεγάλα για να μπορεί να αξιοποιηθεί. Σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας, είναι ότι δεν παρουσιάζει τον διαλείποντα χαρακτήρα των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα, περιορίζεται σε μεμονωμένες άμεσες χρήσεις σε γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας, όπως η θέρμανση θερμοκηπίων, ιαματικά λουτρά.

Τα ΓΣ έχουν γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο για την χάραξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Η χωρική κατανομή του δυναμικού των ΑΠΕ, η ενυπάρχουσα εξάρτηση των ΑΠΕ από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε τοποθεσίας και η ολική εξάρτηση του κόστους από τα χωρικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, καθιστούν τα ΓΣ ένα απαραίτητο εργαλείο όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό των ΑΠΕ.

Στην παρούσα εργασία, αναλύεται η υπάρχουσα κατάσταση και οι δυνατότητες των μεγαλύτερων γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας και προτείνονται τρόποι για την εκμετάλλευσή τους.

## Abstract

The thermal energy of the earth is inexhaustible, though is very scattered, whilst it is rarely concentrated in one place, and can be often found at depths too large to be exploitable. An important advantage of geothermal energy is that it does not have the intermittent qualities of other renewable energy sources. The exploitation of geothermal energy in Greece is limited to isolated direct uses in low-temperature geothermal fields, such as greenhouses, spas.

Geoinformation Systems have become a useful tool for the formation of energy and environment policies. The spatial distribution of the RES dynamics, the existing RES dependence on the specific characteristics of each site and the total cost dependence on the spatial characteristics of a region, makes GS a necessary tool in RES energy planning.

This assignment aims to analyze the current situation and potentiality of larger geothermal fields in Greece, while ways to exploit them are suggested.

<b>1. Εισαγωγή</b> . . . . .	5
<b>2. Γεωθερμία</b> . . . . .	8
2.1 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα . . . . .	9
2.2 Η γεωθερμία στην Ευρώπη και παγκοσμίως. . . . .	12
2.3 Η γεωθερμία στην Ελλάδα . . . . .	16
2.4 Ισχύουσα νομοθεσία . . . . .	22
2.5 Ορισμοί. . . . .	23
2.6 Ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων . . . . .	25
2.7 Τρόποι αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. . . . .	26
2.7.1 Τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας. . . . .	27
2.7.2 Χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας . . . . .	28
2.7.3 Χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας. . . . .	29
Α. Άμεση θέρμανση χώρων . . . . .	29
Β. Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών . . . . .	30
Γ. Υδατοκαλλιέργειες . . . . .	30
Δ. Βιομηχανικές εφαρμογές. . . . .	31
Ε. Θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές . . . . .	31
ΣΤ. Άλλες χρήσεις . . . . .	32
2.8 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την εκμετάλλευση της γεωθερμίας..	35
Α. Εκπομπές αερίων. . . . .	36
Β. Υδάτινη και θερμική ρύπανση . . . . .	38
Γ. Απόθεση στερεών αποβλήτων . . . . .	38
Δ. Χρήση γης και οπτική ρύπανση . . . . .	39
Ε. Θόρυβος . . . . .	39
2.9 Κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από γεωθερμία. . . . .	40
2.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εκμετάλλευσης της γεωθερμίας..	42

<b>3. Γεωπληροφοριακά Συστήματα (ΓΣ)</b> . . . . .	43
3.1 Ορισμός Γεωπληροφοριακών Συστημάτων . . . . .	43
3.2 Γεωπληροφοριακά Συστήματα και ΑΠΕ . . . . .	44
3.3 Στάδια & Διαδικασίες Γεωπληροφοριακών Συστημάτων . . . . .	45
3.3.1 Καθορισμός του προβλήματος . . . . .	45
3.3.2 Διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία . . . . .	46
3.3.3 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. . . . .	48
3.3.4 Συμπεράσματα. . . . .	49
<b>4. Εφαρμογή</b> . . . . .	50
4.1 Μήλος. . . . .	51
4.1.1 Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας ν. Μήλου . . . . .	51
4.1.2 Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας ν. Μήλου . . . . .	60
4.1.3 Προτάσεις εκμετάλλευσης των γεωθερμικών πεδίων της Μήλου...62	
4.2 Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας ν. Νισύρου . . . . .	65
4.3 Ξάνθη. . . . .	70
4.3.1 Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας Νέας Κεσσάνης . . . . .	70
4.3.2 Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας Ερασμίου – Μαγγάνων....71	
4.4 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης..74	
4.5 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Ερατεινού Καβάλας. . . . .	77
4.6 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Συκιών Άρτας . . . . .	80
4.7 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Νιγρίτας Σερρών . . . . .	82
4.8 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Πολύχνιτου Λέσβου . . . . .	85
<b>5. Γενικά συμπεράσματα</b> . . . . .	88
<b>6. Βιβλιογραφία</b> . . . . .	92

## 1. Εισαγωγή

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι η εντυπωσιακότερη απόδειξη της θερμότητας που υπάρχει στο εσωτερικό της γης. Άλλες γεωθερμικές ενδείξεις είναι οι ατμοί, τα θερμά νερά και τα αέρια που σχηματίζουν θερμοπίδακες, θερμές πηγές και ατμίδες. Η θερμική ενέργεια της γης βρίσκεται σε αφθονία, αλλά είναι πολύ διεσπαρμένη, σπάνια συγκεντρώνεται, και συχνά βρίσκεται σε βάθη πολύ μεγάλα για να μπορεί να αξιοποιηθεί. Σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας, είναι ότι δεν παρουσιάζει τον διαλείποντα χαρακτήρα των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και σύμφωνα με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες μας.

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του 18ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο υπέρθερμος φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και για να θερμάνει διάφορα κτήρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία. Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στην Ισλανδία, όπου πλέον καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

Κατά το 2005, 72 χώρες φαίνεται να έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το 1995, όταν είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες. Η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής κατά το 2005, ανήλθε σε 8.927,63 MW. Στην Ευρώπη η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι 1.124,43 MWe (2005). Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας ανήλθε το 2007 στα 28268 MWt.

Σήμερα, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα, περιορίζεται σε μεμονωμένες άμεσες χρήσεις σε γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας, όπως η θέρμανση θερμοκηπίων, ιαματικά λουτρά, και λιγότερο στη θέρμανση οικιών, συνεισφέροντας στην εξοικονόμηση ενέργειας από συμβατικές πηγές και έμμεση μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Στο παρελθόν έχουν γίνει αρκετές έρευνες και μελέτες με στόχο την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας, εστιάζοντας ωστόσο κυρίως στην παραγωγή ενέργειας και δευτερευόντως σε άλλες άμεσες χρήσεις. Οι μελέτες αυτές, έχουν γίνει μεμονωμένα από δημόσιους φορείς και ιδιώτες, αναφέρονται σε συγκεκριμένα πεδία και προτείνουν τρόπους εκμετάλλευσής τους. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις του Δήμου Αλεξανδρούπολης, που είναι φορέας του πεδίου Αρίστινου και εστιάζει στην αξιοποίηση του πεδίου στο άμεσο μέλλον, αλλά και της ΔΕΗ, που εδώ και αρκετά χρόνια κάνει έρευνες στα πεδία της χώρας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στόχος της παρούσας εργασίας, είναι να ερευνηθούν και να αναλυθούν οι δυνατότητες των σημαντικότερων πεδίων της χώρας και στο τέλος να γίνουν προτάσεις για την αξιοποίησή τους, δίνοντας προτεραιότητα στη βελτιστοποίηση του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, γίνεται μία καταγραφή της εξέλιξης της εκμετάλλευσης της γεωθερμίας στην Ελλάδα και τον κόσμο. Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή των τεχνολογιών που υπάρχουν και αφορούν την εκμετάλλευση της γεωθερμίας αλλά και οι διαφορετικές χρήσεις που μπορεί να έχει ένα γεωθερμικό ρευστό. Τέλος, παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών αλλά και οι περιορισμοί που ορίζονται από το ισχύον θεσμικό πλαίσιο.

Το τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται στα Γεωπληροφοριακά Συστήματα και στο πως αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη του στόχου μας. Τα ΓΣ έχουν γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο για την χάραξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Διευκολύνουν τη χωρική ανάλυση χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές γεωεπεξεργασίες ή χαρτογραφικά συναρτησιακά μοντέλα. Η χωρική κατανομή του δυναμικού των ΑΠΕ, η ενυπάρχουσα εξάρτηση των ΑΠΕ από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε τοποθεσίας και η ολική εξάρτηση του κόστους από τα χωρικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής καθιστούν τα ΓΣ ένα απαραίτητο εργαλείο όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό των ΑΠΕ καθώς χωρικά, κοινωνικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα τέτοιο πλαίσιο (Voivontas et al 1998). Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης ΓΣ είναι η ευκολία στη διαχείριση διαθέσιμων δεδομένων στα διάφορα επίπεδα της χωρικής ανάλυσης και η ικανότητα τους να δίνεται έμφαση στις χωρικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα διάφορα σύνολα δεδομένων. Οι βασικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση και εφαρμογή ενός ΓΣ είναι τρεις: ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα. (Κουτσόπουλος, 2002)

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η υπάρχουσα κατάσταση και οι δυνατότητες των μεγαλύτερων γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας και προτείνονται τρόποι για την εκμετάλλευσή τους. Γενικότερα, στην Ελλάδα, συναντάμε πολλά γεωθερμικά πεδία και παρόλο που βρίσκονται σε παρόμοια, μικρά σχετικά βάθη, εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τη θερμοκρασία. Το μικρό βάθος τους, κάνει πιο εύκολη και οικονομική την αξιοποίησή τους. Επειδή τα γεωθερμικά συστήματα, όπως και στις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, χαρακτηρίζονται από μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης και μικρό κόστος λειτουργίας, συμφέρει τόσο από οικονομικής πλευράς, όσο και από ορθολογικής χρήσης της ενέργειας να σχεδιάζονται εφαρμογές σε σειρά. Με αυτό τον τρόπο από την ίδια ποσότητα ζεστού νερού εξάγουμε πολλαπλάσιο ποσό θερμικής ενέργειας, επειδή αξιοποιούμε πολλαπλάσια διαφορά θερμοκρασίας.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που βγήκαν από την ανάλυση των παραπάνω.

Η θερμότητα της γης που προσφέρεται μέσω των γεωθερμικών ρευστών, εκτός από την ηλεκτροπαραγωγή, μπορεί να αντικαταστήσει σε πολλές εφαρμογές την καύση του πετρελαίου (θερμοκήπια, θέρμανση χώρων, κ.ά) με πολύ σημαντικά οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Οι νέες τεχνολογίες στη γεωθερμία εξασφαλίζουν λύσεις με μηδαμινές έως μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



## 2. Γεωθερμία

Η εντυπωσιακότερη απόδειξη της θερμότητας που υπάρχει στο εσωτερικό της γης είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Άλλες γεωθερμικές ενδείξεις είναι οι ατμοί, τα θερμά νερά και τα αέρια που σχηματίζουν θερμοπίδακες, θερμές πηγές και ατμίδες. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος από την επιφάνεια της γης είναι γνωστός με το όνομα γεωθερμική βαθμίδα, και κυμαίνεται από 5 μέχρι 70°C/km, με μέση τιμή τους 30°C/km. Περιοχές με θεωρητικά γεωθερμικό ενδιαφέρον είναι οι περιοχές που διαθέτουν γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από τη μέση τιμή. Τέτοιες περιοχές βρίσκονται συνήθως στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες μας. Η θερμική ενέργεια της γης βρίσκεται σε αφθονία, αλλά είναι πολύ διεσπαρμένη, σπάνια συγκεντρώνεται, και συχνά βρίσκεται σε βάθη πολύ μεγάλα για να μπορεί να αξιοποιηθεί. Μέχρι σήμερα, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει περιοριστεί σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν σε κάποιο φορέα (νερό ή ατμό) να μεταφέρει τη θερμότητα από θερμές ζώνες που βρίσκονται βαθιά στο υπέδαφος στην επιφάνεια ή κοντά σε αυτή. Σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας, είναι ότι δεν παρουσιάζει τον διαλείποντα χαρακτήρα των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι χρήσεις και οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, η οποία συναντάται σε αρκετές περιοχές της γης, ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις αγροτικές διεργασίες (π.χ. ξήρανση σιτηρών), τη θέρμανση οικιών, τη δημιουργία ψύξης κτλ. Η περιοχή των θερμοκρασιών των θερμών νερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτείνεται από τους 20°C (για θέρμανση χώρων με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας) μέχρι τους 280°C (για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος). Ενώ το δυναμικό της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο (αλλά και στην Ελλάδα) είναι σημαντικό, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στο να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά αυτό το δυναμικό. Οι τύποι των περιορισμών είναι τεχνικής φύσεως (διάβρωση, δημιουργία επικαθίσεων), περιβαλλοντικής φύσεως (εκπομπές τοξικών αερίων, θερμική ρύπανση) και οικονομικής φύσεως. Η εκμετάλλευσή της είναι εφικτή μόνο με την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με το θερμικό φορτίο. εξασφαλίζουν ένα οικονομικό αποτέλεσμα.

Η χώρα μας είναι ιδιαίτερα ευνοημένη όσον αφορά στην ύπαρξη γεωθερμικής ενέργειας και τα τελευταία 30 περίπου χρόνια έχει πραγματοποιηθεί αξιολογη βασική έρευνα, εντοπίζοντας ένα σημαντικό αριθμό γεωθερμικών πεδίων και πλήθος γεωθερμικά ελπιδοφόρων περιοχών. Η Ελλάδα, μαζί με την Ιταλία και την Πορτογαλία, είναι οι μόνες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις οποίες υπάρχουν πεδία υψηλής ενθαλπίας (με θερμοκρασία ρευστών μεγαλύτερη των 150°C) και από τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν τα γεωθερμικά ρευστά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η χώρα μας διαθέτει πληθώρα

περιοχών, κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα και στα νησιά του Αιγαίου, με θερμοκρασίες ταμειυτήρων που φτάνουν και μερικές φορές ξεπερνούν τους 100°C. Τα ρευστά των ταμειυτήρων αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση σειράς εφαρμογών όπως θέρμανση χώρων, θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λπ.

## 2.1 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική έως το 2020 επικεντρώνεται στην επίτευξη τριών επιμέρους στόχων για το σύνολο των Κρατών-Μελών, οι οποίοι αφορούν:

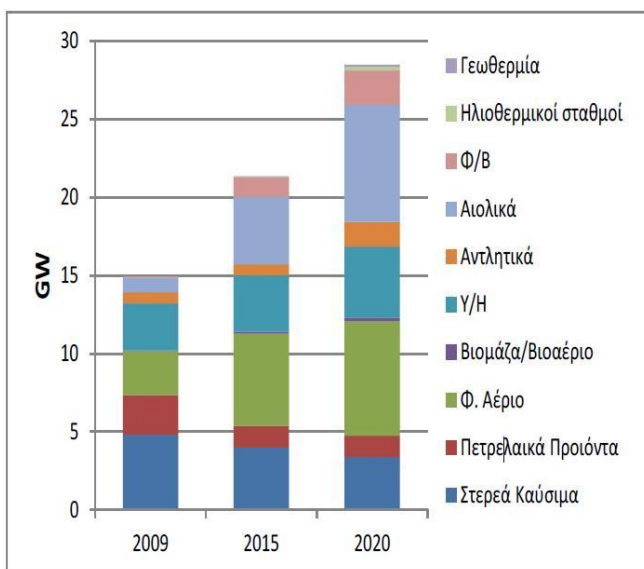
- Στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Οδηγία 2009/29/ΕΚ)
- Στη δειύδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατά 20% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας (Οδηγία 2009/28/ΕΚ)
- Στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και επίτευξη εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας κατά 20%.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και 18% δειύδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Ν. 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%. Συγκεκριμένα ο στόχος αυτός εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε θέρμανση και ψύξη και 10% στις μεταφορές. Η κατεύθυνση αυτή της εθνικής ενεργειακής πολιτικής, διαμορφώνεται τόσο από την ανάγκη αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όσο και για τη διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού με τη βέλτιστη αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού για παραγωγή ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση

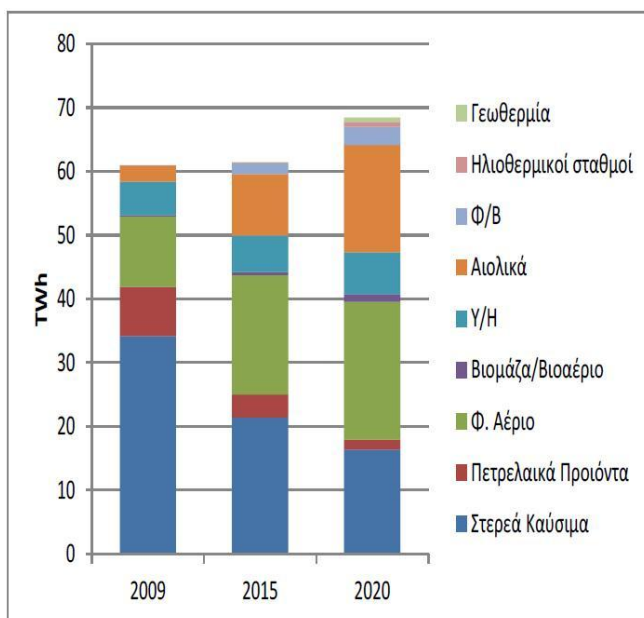
Σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό για το 2050, οι βασικοί άξονες σχεδιασμού είναι η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενη ενέργεια, που επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της μεγιστοποίησης της δειύδωσης των ΑΠΕ και της βέλτιστης αξιοποίησης των εγχώριων ενεργειακών πόρων τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και συνολικά, καθώς και η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050 σε σχέση με τις αντίστοιχες εκπομπές του 2005

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται πώς προβλέπεται να εξελιχθεί η παραγωγή ενέργειας μέχρι το 2020 για να επιτευχθούν οι στόχοι.



**Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Η/Π ανά καύσιμο για την επίτευξη των εθνικών στόχων έως το 2020**

**Πηγή: Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός για το 2050**



**Εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά καύσιμο για την επίτευξη των εθνικών στόχων έως το 2020**

**Πηγή: Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός για το 2050**

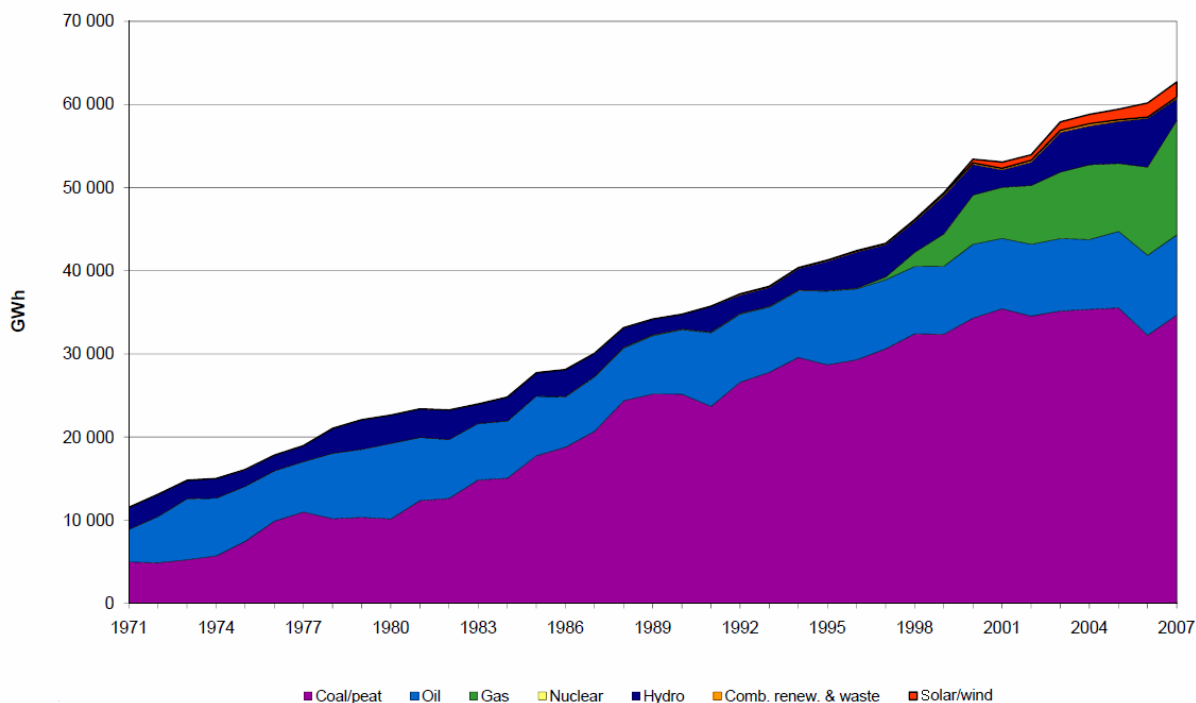
Στην Ελλάδα υπάρχει αφθονία στις πηγές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Η χώρα απολαμβάνει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και στο μεγαλύτερο τμήμα της η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερο από 2.700 ώρες το χρόνο. Αρκετές περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας έχουν σταθερούς και δυνατούς ανέμους σε συνεχή βάση. Λόγω της μορφολογίας του εδάφους, σε πολλά σημεία της ενδοχώρας, κυρίως στη Δυτική Ελλάδα, υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες, που ευνοούν τη δημιουργία μικρών αλλά και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Παράλληλα, η Ελλάδα ως χώρα κυρίως γεωργική, διαθέτει αρκετά αποθέματα βιομάζας κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας (π.χ. αιθανόλη από

ζαχαρότευτλα). Τέλος, είναι προικισμένη και με την ενέργεια του υπεδάφους, τη γεωθερμία, εφόσον σε πολλές περιοχές της χώρας υπάρχουν εξακριβωμένα πεδία υψηλής αλλά και χαμηλής ενθαλπίας.

Για το έτος 2003, η συμμετοχή των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων της βιομάζας και των υδροηλεκτρικών) στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ήταν 5,3%.

### ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΗΓΗ

ΕΛΛΑΔΑ



Βασικό εργαλείο για την υιοθέτηση και εφαρμογή των συγκεκριμένων στόχων αποτελεί ο Ν. 4001/2011 «για τη Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις», καθώς και το Εθνικό Σχέδιο δράσης και ο Ν. 3851/2010 για τις ΑΠΕ

Η μελλοντική εικόνα του ενεργειακού συστήματος όπως προκύπτει από τα δύο σενάρια νέων ενεργειακών πολιτικών μπορεί να συνοψισθεί ως εξής :

1. Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 σε σχέση με το 2005.
2. Ποσοστό 85%-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών.
3. Σταθεροποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
4. Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
5. Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών.
6. Αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 34%-39% μέχρι το 2050.
7. Κυρίαρχο μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης (42%) και σημαντική αύξηση του μεριδίου των μέσων σταθερής τροχιάς τόσο στις επιβατικές (13%) όσο και εμπορευματικές μεταφορές (18%).
8. Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050.
9. Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος.
10. Μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα.
11. Ανάπτυξη μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων

## **2.2 Η γεωθερμία στην Ευρώπη και παγκοσμίως**

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο (Lardarello) της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του 18ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο υπέρθερμος φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και για να θερμάνει διάφορα κτήρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στην Ισλανδία, όπου πλέον καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

Κατά το 2005, 72 χώρες φαίνεται να έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το 1995, όταν είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες.

Στην Ευρώπη, η άμεση θέρμανση χώρων από τη γεωθερμία αντιστοιχεί στο 75% του συνόλου παγκοσμίως, με εγκατεστημένη ισχύ που ανέρχεται σε 3.339,45 MWth (στοιχεία του 2005). Πρώτη σε εγκατεστημένη ισχύ έρχεται η Ισλανδία με 1.375 MWth (το 95% των κτιρίων της πόλης του Ρέικιαβικ θερμαίνονται με γεωθερμικό ρευστό) και δεύτερη η Τουρκία με 901 MWth. Με μεγάλη διαφορά από τις δύο προηγούμενες ακολουθούν η Γαλλία με 243 MWth, η Ιταλία με 131,8 MWth, η Ρωσία με 110 MWth, η Γερμανία με 92,6 MWth, η Πολωνία με 59,2 MWth, και η Ρουμανία με 57,2 MWth. Ενώ υπάρχουν και άλλα κράτη, όπου η ισχύς για αυτή τη χρήση είναι πολύ μικρότερη.

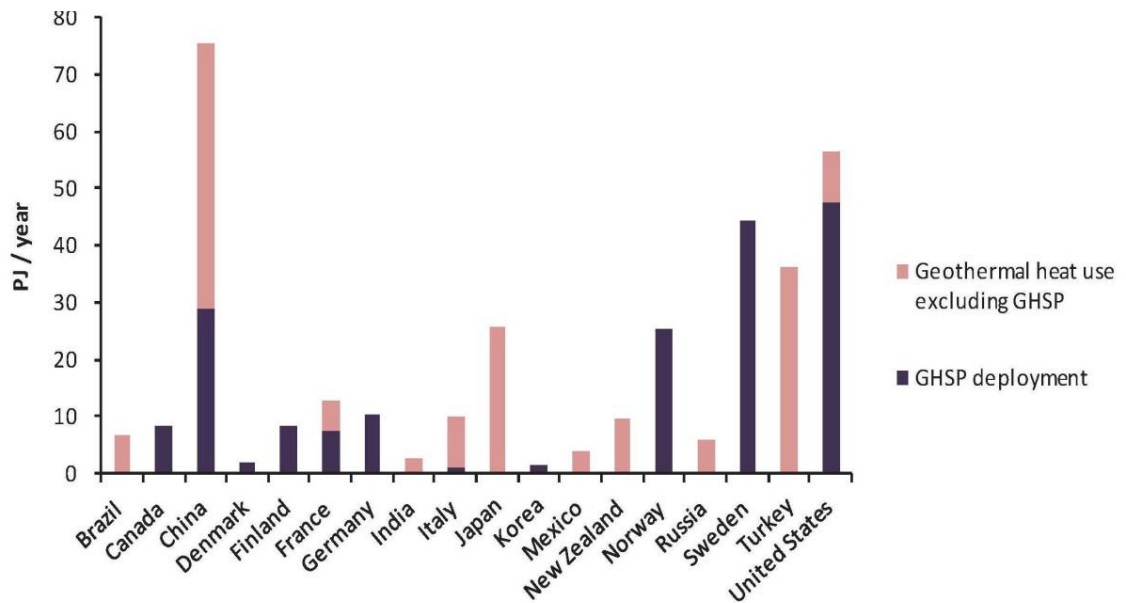
Η θέρμανση θερμοκηπίων από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχεί σε 1.072,9 MWth, πάνω από το 75% του συνόλου παγκοσμίως. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ουγγαρία (196,7 MWth), την Τουρκία (192 MWth), τη Γεωργία (165,7 MWth) και τη Ρωσία (160 MWth)

Η εγκατεστημένη ισχύς για υδατοκαλλιέργειες στην Ευρώπη κατά το 2005 ανήλθε σε 230 MWth (Σχήμα 2.9). Πρώτη σε εγκατεστημένη ισχύ έρχεται η Ιταλία με 91,6 MWth και ακολουθεί η Ισλανδία με 65 MWth.

Οι βιομηχανικές εφαρμογές από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχούν σε 120,3 MWth, περίπου το 25% του συνόλου παγκοσμίως. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ισλανδία (60 MWth), τη Ρωσία (25 MWth), τη Ρουμανία (14,1 MWth), την Ιταλία (10,2 MWth) και τη Γεωργία (7,1 MWth)

Η εγκατεστημένη ισχύς για θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές στην Ευρώπη το 2005 ανήλθε σε 1.476,43 MWth. Πρώτη έρχεται η Τουρκία με 402 MWth και ακολουθεί η Ουγγαρία με 350 MWth.

Οι άλλες χρήσεις από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχούν σε 290,3 MWth, περίπου το 45% του συνόλου αντίστοιχων εφαρμογών στον κόσμο. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ισλανδία (215 MWth), την Ουγγαρία (42,9 MWth) και τη Βουλγαρία (17,1 MWth).



Source: Lund *et al.*, 2010.

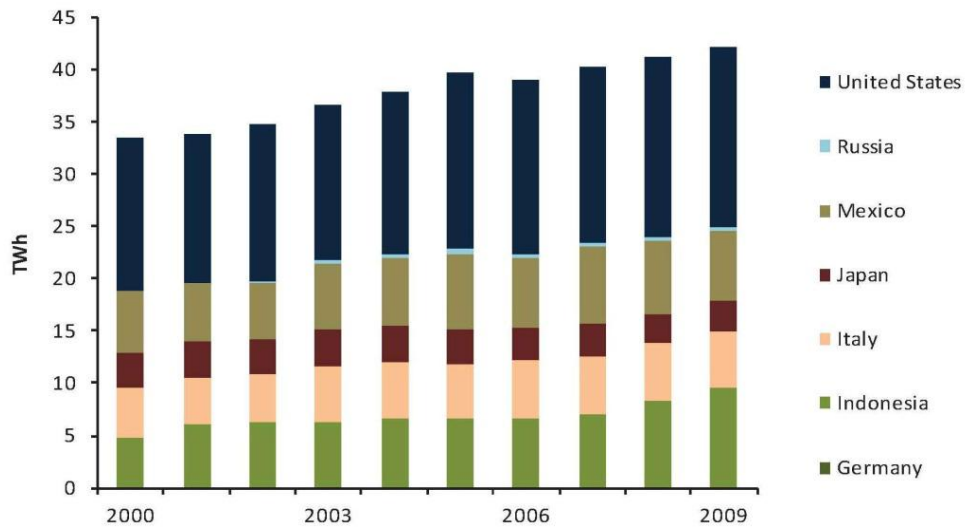
**Θερμική αξιοποίηση Γεωθερμίας και Γεωθερμικών Αντλιών θερμότητας  
(Πηγή IEA Clean energy Progress Report 2011)**

Η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής κατά το 2005, ανήλθε σε 8.927,63 MW. Οι 5 πρώτες χώρες στον τομέα αυτό είναι οι ΗΠΑ (2.564 MWe), οι Φιλιππίνες (1.930 MWe), το Μεξικό (953 MWe), η Ινδονησία (797 MWe) και η Ιταλία (791 MWe)

Στην Ευρώπη η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι 1.124,43 MWe (2005). Πρώτη σε παραγωγή έρχεται η Ιταλία με ισχύ 791 MWe, κυρίως από το γεωθερμικό πεδίο ξηρού ατμού του Larderello, και ακολουθεί η Ισλανδία (202 MWe). Μικρότερες εγκαταστάσεις βρίσκονται στη Ρωσία (79 MWe στη χερσόνησο της Kamchatka), στην Τουρκία (20 MWe), στην Πορτογαλία (16 MWe στα νησιά των Αζόρων) και τη Γαλλία (15 MWe στο νησί της Γουαδελούπης). Επιπλέον οι νέες εξελίξεις περιλαμβάνουν τις εγκαταστάσεις δυαδικού κύκλου 1,25 MWe στην Αυστρία ( στις περιοχές Altheim και Bad Blumau).

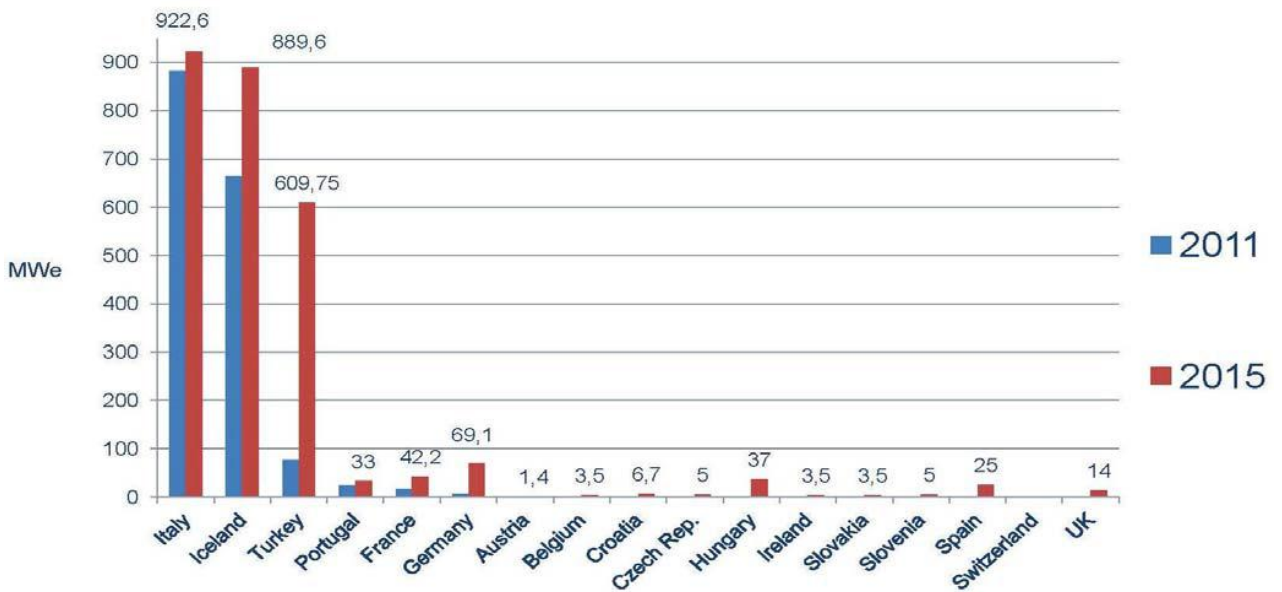
Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας ανήλθε το 2007 στα 28268 MWt, παρουσιάζοντας αύξηση 75% σε σχέση με το 2000, με μέση ετήσια αύξηση 12%. Αντίστοιχα, η χρήση ενέργειας αυξήθηκε κατά 43% σε σχέση με το 2000 και ανήλθε στα 273.372 TJ (75.940 GWh/έτος).

Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με γεωθερμική ενέργεια το 2008 γινόταν σε 24 χώρες. Το 2007 η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στα 9735 MWe, σημειώνοντας αύξηση περισσότερων από 800 MWe σε σχέση με το 2005.



Source: Country submissions and Bertani, 2010.

### Ηλεκτροπαραγωγή από Γεωθερμία (Πηγή IEA Clean energy Progress Report 2011)



### Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη (πηγή EGEC Deep Geothermal Market Report 2011)



## 2.3 Η γεωθερμία στην Ελλάδα

Το δυναμικό για την ανάπτυξη έργων ηλεκτροπαραγωγής από Γεωθερμία βασίζεται στη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων σε κάθε περιοχή καθώς και στο επίπεδο της έρευνας που έχει ήδη πραγματοποιηθεί ή είναι αναγκαία να χρηματοδοτηθεί στο μέλλον.

Τα υπό εκμετάλλευση πεδία περιλαμβάνουν:

- Πεδία στα οποία η μέχρι τώρα έρευνα εγγυάται ότι οι επενδύσεις μπορούν να προωθηθούν άμεσα, όπου περιλαμβάνονται τα πεδία της Μήλου και της Νισύρου.
- Πεδία στα οποία η έρευνα μπορεί να ολοκληρωθεί έτσι ώστε οι αναμενόμενες επενδύσεις να προωθηθούν μέσα στην επόμενη δεκαετία όπου περιλαμβάνονται τα περισσότερα υποψήφια πεδία των νήσων του Αιγαίου και της Θράκης
- Πεδία στα οποία υπάρχει ανάγκη αυξημένης έρευνας η εισαγωγής νέων μεθόδων και τεχνολογιών (enhanced geothermal systems- EGS) τα οποία μπορούν να προγραμματιστούν σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα.

Η Ελλάδα μαζί με την Ιταλία (και την Πορτογαλία στις Αζόρες Νήσους) είναι οι μόνες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις οποίες υπάρχουν πεδία υψηλής ενθαλπίας, δηλαδή περιοχές στις οποίες μπορούν να παραχθούν ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 150°C, τα οποία χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.

Οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν γενικά τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας.

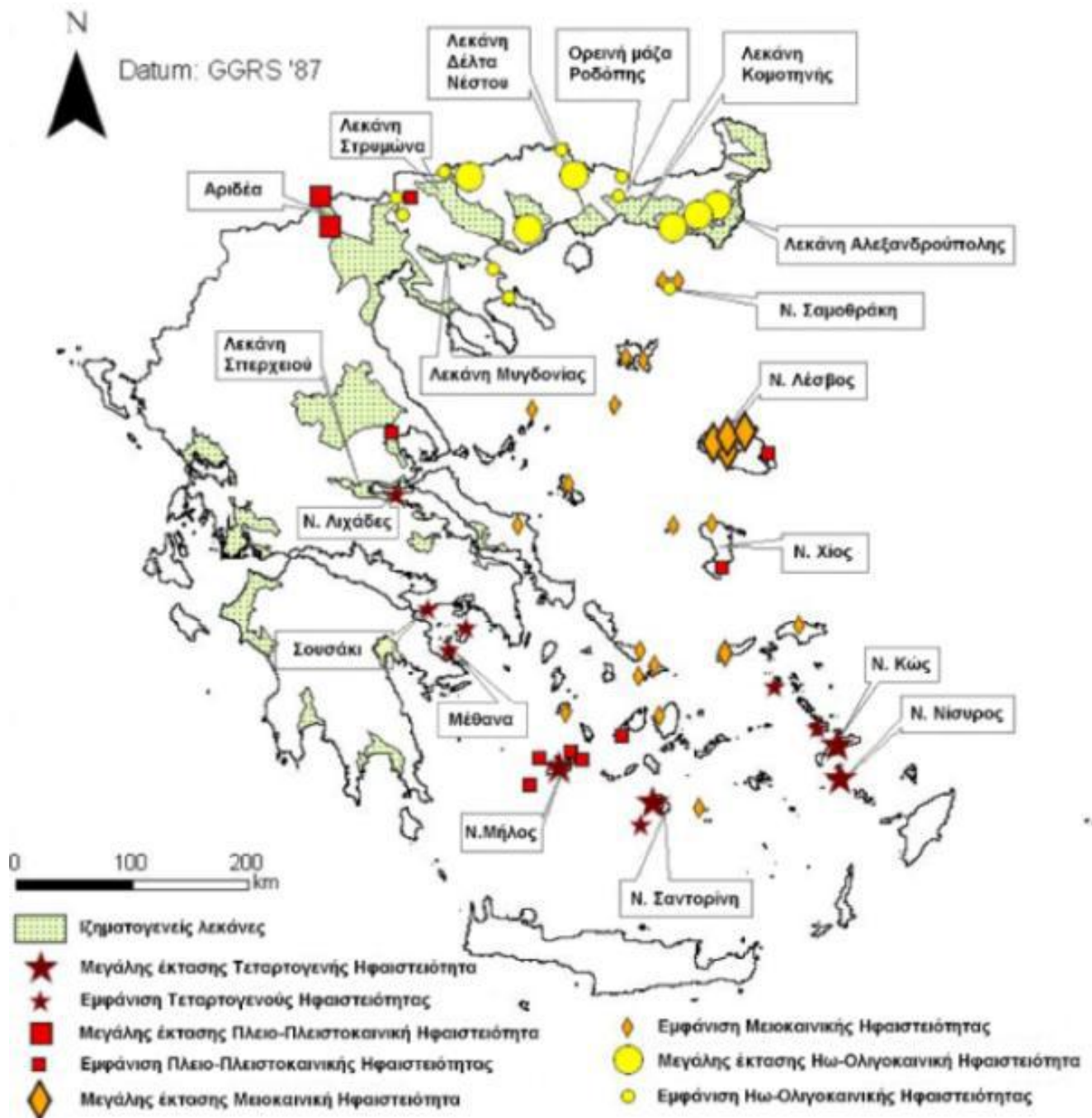
Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) τα γνωστά σήμερα αποθέματα γεωθερμικής ενέργειας, χαμηλής θερμοκρασίας, ανέρχονται σε 200.000 Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) ανά έτος.

Το εκτιμώμενο τεχνικό δυναμικό, το οποίο δύναται να είναι αξιοποιήσιμο σε βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο ορίζοντα, είναι της τάξης των 2000MWe. Το συνολικό μερίδιο των γεωθερμικών σταθμών στην ηλεκτροπαραγωγή το 2050, θα κυμαίνεται περίπου μεταξύ 13% και 15%.

Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής θερμοκρασίας (>130°C) εντοπίζονται στο ηφαιστειακό τόξο του Νότιου Αιγαίου που εκτείνεται από τη νήσο Νίσυρο μέχρι το Σουσάκι-Αγ. Θεοδώρους. Σημαντικότερα απ' αυτά είναι το πεδίο της νήσου Μήλου με απολήψιμο δυναμικό 120 MWe και της Νισύρου με 60 MWe. Τα δύο αυτά πεδία δεν αξιοποιούνται σήμερα στην ηλεκτροπαραγωγή λόγω αντίθεσης των κατοίκων των νησιών. Πολύ ελπιδοφόρες περιοχές για τον εντοπισμό και άλλων πεδίων υψηλής θερμοκρασίας είναι η ν. Κίμωλος, ν. Πολύαιγος, ν. Κως, ν. Γυαλί, ν. Λέσβος, Β. Εύβοια, ν. Σαμοθράκη, κ.ά..

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ν. Λέσβος, όπου από τις μέχρι σήμερα ερευνητικές εργασίες, εντοπίστηκαν σε μικρά βάθη γεωθερμικά ρευστά με

θερμοκρασίες γύρω στους 90°C τα οποία μπορούν να τύχουν αξιοποίησης σε γεωργικές, κτηνοτροφικές και βιομηχανικές εφαρμογές.



Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα (Πηγή: ΚΑΠΕ)

Σήμερα αξιοποιούνται μόνο τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας (από 25 μέχρι 80°C περίπου) τα οποία είναι πολύ περισσότερο διαδεδομένα και βρίσκονται σχεδόν σ' όλη τη χώρα. Αν και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτροπαραγωγή (εκτός από ειδικές περιπτώσεις) αξιοποιούνται όμως σε πολλές άλλες χρήσεις συνεισφέροντας στην εξοικονόμηση ενέργειας από συμβατικές πηγές και έμμεση μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, στην ανάπτυξη νέων παραγωγικών δραστηριοτήτων όπως και των μειονεκτικών περιοχών της χώρας. Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις 70 MW<sub>th</sub>, και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (~45%), και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (~55%) (Π. Πουλόπουλος).

Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς για άμεση θέρμανση χώρων ανέρχεται μόλις σε 1,2 MW<sub>th</sub>, με τη μεγαλύτερη εγκατάσταση να βρίσκεται στα Λουτρά Τραϊανούπολης (C. Karytsas, D. Mendrinou and J. Goldbrunner 2003) του νομού Έβρου.

Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10<sup>η</sup> θέση των κρατών της Ευρώπης, με εγκατεστημένη ισχύ 22,2 MW<sub>th</sub>. Συνολικά καλλιεργούνται περίπου 229,7 στρέμματα με κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα μέσα σε θερμοκήπια, τα οποία είναι καλυμμένα είτε με πλαστικό, είτε με γυαλί (Bakos G., Fidanidis D., Tsagas N. 1999). Τα θερμοκήπια αυτά βρίσκονται κυρίως στη Βορειοανατολική Ελλάδα και τη Λέσβο.

Μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας βρίσκονται στο Πόρτο Λάγος και στο Ν. Εράσμιο - Μάγγανα Ξάνθης, ενώ υπάρχει και μια μονάδα αφαλάτωσης στην Κίμωλο.

Σε 51 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται από 25-90°C, είναι δηλαδή πεδία χαμηλής ενθαλπίας, ενώ μόνο σε 6 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 90°C, είναι δηλαδή πεδία υψηλής ενθαλπίας. Σε 2 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 150°C (325°C στη Μήλο και μεγαλύτερη από 350°C στη Νίσυρο), τα οποία μάλιστα είναι τα σημαντικότερα πεδία υψηλής ενθαλπίας στον ελληνικό χώρο.

Σε βάθη περίπου 5 km υπάρχουν στη Μήλο μαγματικοί θάλαμοι στη φάση της ψύξης, όπου δημιουργούν συνθήκες υψηλής θερμικής ροής. Η τεκτονική ρηγμάτων του μεταμορφωμένου υποβάθρου σε βάθη >500m δημιουργεί αυξημένη περατότητα γεωλογικούς σχηματισμούς (γεωθερμικός ταμειυτήρας). Υπάρχουν στο κεντρικό και στο ανατολικό τμήμα του νησιού ζεστά εδάφη, θερμές πηγές και ατμίδες με θερμοκρασία 75-102°C.

Η ΔΕΗ το 1974 - 1981 εκτέλεσε 5 γεωτρήσεις σε βάθη 1000 -1400 m (κυρίως στην περιοχή της Ζεφυρίας), όπου εντοπίστηκαν γεωθερμικοί ταμειυτήρες με θερμοκρασίες 290 - 320°C. Μερικές από τις γεωτρήσεις αυτές μπορούν να παράγουν υγρό ατμό με απόδοση 40-120 t<sub>h</sub>/h και θερμοκρασία 180 - 240°C (στην έξοδο της κεφαλής της γεώτρησης). Το συνολικό δυναμικό του πεδίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται άνω των 120MW.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται όλα τα καταγεγραμμένα γεωθερμικά πεδία που υπάρχουν στον Ελληνικό χώρο.

Πεδία χαμηλής ενθαλπίας

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΕΔΙΟΥ (km <sup>2</sup> )	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (°C)	ΒΑΘΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (m)	ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /h)
Άγκιστρο Σερρών	1,5	40 - 48	100 - 300	80
Σιδηρόκαστρο Σερρών	4	40 - 75	30 - 500	200
Λιθότοπος Ηρακλείας	45	40 - 62	300 - 450	---
Θερμά Νιγρίτας Σερρών	10	40 - 64	70 - 500	1.000
Λαγκαδάς Θεσσαλονίκης	6	33 - 40	<210	300
Λεκάνη Ανθεμούντα Θεσ/νικης	13	25 - 40	>100	15
Ελαιοχώρια Χαλκιδικής	25	42	250	---
Σάνη - Αφυτος Κασσάνδρας	5	35 - 45	500	100
Αρίστηνο Αλεξανδρούπολης	20	30 - 90	150 - 450	200
Σάππες Ροδοπης	9	30 - 40	50 - 380	100
Λίμνη Μητρικού	7	30 - 40	350 - 500	---
Ν.Κεσσάνη Ξάνθης	25	40 - 83	160 - 500	>300
Ν.Εράσμιο-Μάγγανα Ξάνθης	16	27 - 68	350 - 500	250
Ερατεινό Καβάλας	14	65 - 70	650	300
Ακροπόταμος Καβάλας	6,9	45 - 90	100-185 / 240-515	415
Σουσαάκι Κορινθίας	3	60 - 76 / <75	50-200 / 600-900	600
Συκιές Άρτας	10	32 - 51	>320	100
Άργενος Λέσβου	1	90	<150	300
Στύψη Λέσβου	20	90	150 - 200	---
Πολιχνίτος Λέσβου	10	65 - 95	50 - 200	300
Νένητα Χίου	5	78 - 82	300 - 500	60
Σαντορίνη	25	30 - 65	50 - 250	---
Μήλος	63	60 - 99	50 - 200	750

Σούδα Χανίων	---	32	---	---
Ιεράπετρα Λασιθίου	---	25	---	---
Κυλλήνη Ηλείας	---	35	---	---
Καϊάφας Ηλείας	---	35 - 40	---	---
Μέθανα Αττικής	---	32 - 38	---	---
Αντίρριο Αιτωλοακαρνανίας	---	38	---	---
Λουτράκι Κορινθίας	---	32	---	---
Θερμοπύλες Φθιώτιδας	---	37 - 39	---	1.000
Πλατύστομο Φθιώτιδας	---	25 - 35	---	10
Υπάτη Φθιώτιδας	---	32	---	---
Καμένα Βούρλα Φθιώτιδας	---	24 - 48	---	---
Αιδηψός Ευβοίας	---	72 - 85	---	240
Ληλάντιο Πεδίο Ευβοίας	---	29 - 31	---	---
Βούλα Αττικής	---	30	---	---
Κίμωλος	---	25 - 61	---	200
Αγ. Φωκάς	---	45	---	---
Αγ. Κήρυκος	---	50	---	---
Αμάραντος Ιωαννίνων	---	25	---	---
Ζάζαρη Χειμαδίτιδα Φλώρινας	---	29 - 33	---	15
Αλεξάνδρεια Ημαθίας	---	38	---	200
Σκύδρα Πέλλας	---	27 - 40	---	---
Αριδαία Πέλλας	---	24 - 40	---	200
Νυμφόπετρα Θεσσαλονίκης	---	39 - 40	---	200

Ίβηρα Σερρών	---	40	---	---
Αγ. Παρασκευή Χαλκιδικής	---	41	---	---
Τυχερό Θράκης	---	35	---	350
Θέρμη Λήμνου	---	44	---	---
Καλλονή Λέσβου	---	45	---	---
Γέρας Λέσβου	---	38	---	---
Λισβόρι Λέσβου	---	65	---	---
Αγιάσματα Χίου	---	38	---	---

Πεδία υψιλής ενθαλπίας

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΕΔΙΟΥ (km <sup>2</sup> )	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΒΑΘΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (m)	ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /h)	ΠΙΕΣΗ (atm)
Μήλος	50	280 - 320	1.000 - 1.380	339	11 - 29
Νίσυρος	3,5	>350	1.400 - 1.900	75	12



## 2.4 Ισχύουσα νομοθεσία

Η ισχύουσα νομοθεσία που αφορά στην ενεργειακή χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αποτελείται από τους κάτωθι νόμους, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις:

- Ν. 3175/03 ΦΕΚ 207 Α΄ 29-8-2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση, κ.α. διατάξεις»
- Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ Α΄ 85/04.06.2010).
- Ν. 4001/2011 (ΦΕΚ Α΄ 179/22.08.2011).
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27-1-2004, ΦΕΚ 208Β΄, «Χαρακτηρισμός των Γεωθερμικών Πεδίων».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ18508/5552/207/19-10-2004, ΦΕΚ 1595Β΄, «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ8411/ΓΔΦΠ2373/117/6-5-2005, ΦΕΚ 635Β΄, «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/8-7-2005, ΦΕΚ 1012Β΄, «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9Β/Φ166/οικ20076/ΓΔΦΠ5258/329/24-10-2005, ΦΕΚ 1530Β΄, «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών».
- Π.Δ. με αρ. 78, ΦΕΚ 80Α΄/13-4-2006, «Διάρθρωση, στελέχωση και αρμοδιότητες της Διεύθυνσης Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων».
- Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ

Σε ότι αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή ισχύουν τα παρακάτω :

- Ν. 3468/2006, ΦΕΚ 129 Α΄ «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»
- Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.18359/14-9-2006,ΦΕΚ 1442Β΄ «Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν.3468/2006».
- Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.1725/25-1-2007, ΦΕΚ 148Β΄ «Καθορισμός τύπου και περιεχομένου συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω Συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006».

- Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.5707/13-3-2007 ΦΕΚ 448 Β' «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε. αι μέσω Συμπαγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης».
- Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.13310/18-6-2007 ΦΕΚ 1153 Β' «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε.».
- Ν. 3734/2009

Η διαδικασία εκμίσθωσης του γεωθερμικού δυναμικού απαρτίζεται από τους κάτωθι νόμους και υπουργικές αποφάσεις:

- Νόμος 3175/2003 (ΦΕΚ.207Α/29-8-2003) «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανσης και άλλες διατάξεις»
- Νόμος 1475/1984 (ΦΕΚ.131Α/11-9-1984) «Αξιοποίηση Γεωθερμικού Δυναμικού όπως τροποποιήθηκε με το Ν.2244/94 (άρθρο 8) )ΦΕΚ.168Α/7-10-94)
- Μεταλλευτικός Κώδικας Υ.Α 2223 ΦΕΚ 122714/06/11
- Η Υ.Α Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27.1.2004 (ΦΕΚ.208Β) «Χαρακτηρισμός γεωθερμικών πεδίων»
- Η Υ.Α.Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/19-7-2005 (ΦΕΚ. 1012Β) «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας»
- Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ8411/ΓΔΦΠ2373/117/12-5-2005 (ΦΕΚ.635Β) «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της Χώρας»
- Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ20076/ΓΔΦΠ5258/359/7-11-2005 (ΦΕΚ.1530Β) «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών»

## 2.5 Ορισμοί

Ο Νόμος 3175/2003 (ΦΕΚ Α' 207) υπό τον τίτλο «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις», ορίζει τις βασικές έννοιες της γεωθερμικής ενέργειας, όπως φαίνονται παρακάτω:

- **Γεωθερμικό δυναμικό** είναι το σύνολο των γηγενών φυσικών ατμών, των θερμών νερών, επιφανειακών ή υπόγειων, και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών, που υπερβαίνουν τους είκοσι πέντε βαθμούς Κελσίου (25°C).
- **Γεωθερμικό πεδίο** είναι ο ενιαίος μεταλλευτικός χώρος μέσα στον οποίο εντοπίζεται αυτοτελές γεωθερμικό δυναμικό.
- **Προϊόν του γεωθερμικού πεδίου** θεωρείται το αξιοποιήσιμο θερμοενεργειακό του περιεχόμενο.
- **Παραπροϊόντα** θεωρούνται άλλα προϊόντα που συμπαράγονται εκτός από το θερμοενεργειακό περιεχόμενο του πεδίου.
- **Υποπροϊόν** θεωρείται το γεωθερμικό ρευστό που απομένει, ύστερα από την απόληψη των κατά τα ανωτέρω προϊόντων και παραπροϊόντων.



Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Χαμηλής θερμοκρασίας** όταν η θερμοκρασία του προϊόντος κυμαίνεται από 25°C-90°C.
- **Μέσης θερμοκρασίας** για θερμοκρασίες 90 - 150° C
- **Υψηλής θερμοκρασίας** όταν η θερμοκρασία του προϊόντος υπερβαίνει τους 150°C.
- **Βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο** είναι το πεδίο του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι πιστοποιημένα με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας με ερευνητικές εργασίες. Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και ο βαθμός αξιοπιστίας των εκτιμήσεων προκειμένου ένα γεωθερμικό πεδίο να χαρακτηριστεί βεβαιωμένο.
- **Πιθανό γεωθερμικό πεδίο** είναι το πεδίο, του οποίου τα χαρακτηριστικά εκτιμώνται από προκαταρκτικά ερευνητικά έργα. Με την υπουργική απόφαση της προηγούμενης περιπτώσεως καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και ο βαθμός αξιοπιστίας των εκτιμήσεων προκειμένου ένα γεωθερμικό πεδίο να χαρακτηριστεί πιθανό.
- **Διαχείριση του γεωθερμικού πεδίου** είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην παραγωγική εξόρυξη του γεωθερμικού ρευστού, την ορθολογική αξιοποίηση προϊόντος και παραπροϊόντων, τη διανομή και ελεύθερη διάθεσή του σε τρίτους για κάθε είδους εφαρμογές και την περιβαλλοντικά συμβατή διάθεση των υποπροϊόντων.

Όταν μιλάμε για **γεωθερμικούς πόρους**, συνήθως αναφερόμαστε στους προσβάσιμους πόρους, δηλαδή στους χρήσιμους πόρους που μπορούν να ανακτηθούν σήμερα με οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο και στους πόρους που σήμερα δεν είναι οικονομικοί, αλλά θα μπορούσαν να γίνουν οικονομικοί στο μέλλον. Επομένως, μέρη όπου η εκμετάλλευση της γεωθερμίας είναι δυνατή, είναι εκεί όπου υπάρχουν ταμιευτήρες σχετικά κοντά στην επιφάνεια, ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτούς μέσω γεωτρήσεων. Επίσης και όπου οι γεωλογικές διεργασίες έχουν επιτρέψει στο μάγμα να ανέλθει ψηλά μέσα στον φλοιό. Τέτοιες περιοχές είναι:

- 1) Εκείνες όπου οι μεγάλες ωκεάνιες και κρυσταλλικές πλάκες συγκρούονται μεταξύ τους, και η μία διολισθαίνει κάτω από την άλλη (π.χ. βόρεια της Κρήτης η αφρικανική πλάκα καταβυθίζεται κάτω από την ευρωπαϊκή πλάκα).
- 2) Τα επίκεντρα όπου οι πλάκες απομακρύνονται η μια από την άλλη (Ισλανδία, Ατλαντικός Ωκεανός κ.λπ.).
- 3) Τα θερμά σημεία στον φλοιό όπου υπάρχει συνεχής έκλυση μάγματος στην επιφάνεια. Καθώς η πλάκα κινείται συνεχώς κατά μήκος των σημείων αυτών, δημιουργούνται αλυσίδες ηφαιστειών, όπως π.χ. στα νησιά της Χαβάης

## 2.6 Ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι:

- Το είδος των γεωθερμικών πόρων,
- Ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών,
- Ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά,
- Το είδος της εστίας θερμότητας,
- Αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα, κ.ά.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως **υψηλής θερμοκρασίας** (για θερμοκρασίες πάνω από 150° C), **μέσης θερμοκρασίας** (για θερμοκρασίες 90 - 150° C) και **χαμηλής θερμοκρασίας** (για θερμοκρασίες μικρότερες από 90° C). Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων:

1) Τα **υδροθερμικά συστήματα** ή πόροι (hydrothermal systems or resources), τα οποία είναι υπόγεια φυσικά, θερμά ρευστά και βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες. Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με ανοδική κυκλοφορία του νερού (υγρό ή ατμός), το οποίο θερμαίνεται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζεται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα είναι ουσιαστικά τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και συστήματα συναγωγής (convective systems) ή δυναμικά συστήματα, επειδή η θερμότητα μεταφέρεται με το μηχανισμό της συναγωγής. Άλλα υδροθερμικά συστήματα μεταφοράς οφείλονται στην κυκλοφορία μετεωρικού νερού μέσω ρηγμάτων και περατών σχηματισμών, όπου, λόγω μεγάλου βάθους ή μαγματικών διεισδύσεων, θερμαίνεται και ακολουθεί ανοδική πορεία.

2) Τα **γεωπιεσμένα συστήματα** (geopressured systems), τα οποία αποτελούνται από ρευστά που έχουν εγκλωβιστεί από μη περατά πετρώματα σε μεγάλο βάθος. Μέσα στους περατούς ιζηματογενείς σχηματισμούς υπάρχει ζεστό νερό που παγιδεύτηκε κατά την απόθεση των ιζημάτων, εγκλωβισμένο από στεγανά περιβάλλοντα πετρώματα, υπό πίεση αρκετά μεγαλύτερη της υδροστατικής που αντιστοιχεί στο βάθος. Περιέχουν επίσης και μεγάλες ποσότητες μεθανίου. Παρόλο που τεχνολογικά η εκμετάλλευσή τους φαίνεται εφικτή, το μεγάλο κόστος που προκύπτει από την εκμετάλλευση σε μεγάλα βάθη και από τη χρονική διάρκειά της, καθιστούν τους γεωθερμικούς ταμιευτήρες υπό πίεση μη αξιοποιήσιμους.

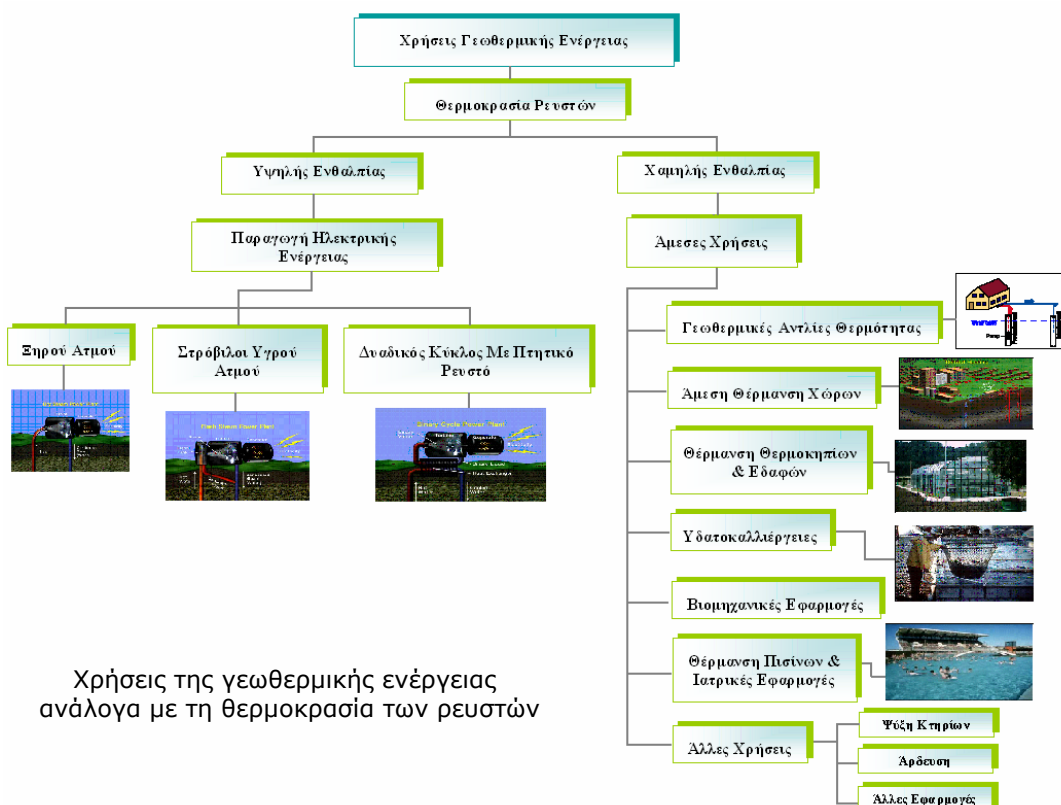
3) Τα **μαγματικά συστήματα** (magma systems), στα οποία η απόληψη της θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε σχετικά μικρό βάθος, γίνεται με συμβατική τεχνολογία και μικρό σχετικά κόστος.

4) Τα **συστήματα βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων** (hot dry rock systems), όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή, όμως η έλλειψη ρωγματώσεων δεν επιτρέπει την κυκλοφορία και ύπαρξη νερού. Το σύστημα

αυτό, συνήθως υψηλής θερμοκρασίας, επιτρέπει την εισαγωγή κρύου νερού από γεώτρηση, τη θέρμανση του στον τεχνικό ταμειυτήρα και την εξαγωγή ως ζεστού νερού από άλλη γεώτρηση. Αν και τεχνολογικά φαίνεται εφικτή η αξιοποίηση των βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων, η εκτίμηση της θερμικής απόδοσης του συστήματος και του ρυθμού απωλειών πρέπει να αξιολογηθούν ώστε να καταστεί οικονομικά βιώσιμη μια τέτοια εκμετάλλευση.

5) **Συστήματα αγωγιμότητας**, τα οποία αναφέρονται σε γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας που θερμαίνονται με αγωγή και εμφανίζονται σε ιζηματογενείς λεκάνες.

## 2.7 Τρόποι αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας



Οι κύριες ανάγκες τις οποίες καλούνται να καλύψουν οι γεωθερμικές τεχνολογίες, αξιοποιώντας τη γεωθερμική ενέργεια, αναλύονται σε ηλεκτροπαραγωγή και κάλυψη κυρίως θερμικών αναγκών. Επίσης η αξιοποίηση της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους σε μικρά βάθη με συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας καλύπτει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης.

### 2.7.1 Τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας

Η τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτάται από τη μορφή στην οποία βρίσκεται η γεωθερμική ενέργεια. Το γεωθερμικό δυναμικό μπορεί να ταξινομηθεί στις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- Θερμά ξηρά πετρώματα τα οποία απαντώνται παντού σε βάθη 3-5 km με θερμοκρασία 100-150°C λόγω αύξησης της θερμοκρασίας της γης με το βάθος κατά μέσο όρο 30°C κάθε 1000 μέτρα. Η εκμετάλλευση αυτής της κατηγορίας, βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο και γίνεται με διάνοιξη 2-3 γεωτρήσεων μεγάλου βάθους και υδραυλική θραύση του πετρώματος μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργηθούν δίοδοι διαπερατοί από το νερό (ρωγμές). Στη συνέχεια νερό διοχετεύεται στο πέτρωμα, όπου θερμαίνεται και αντλείται στην επιφάνεια από τη γεώτρηση παραγωγής.

- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 150°C - 300+°C σε μικρά σχετικά βάθη σε ορισμένες περιοχές που αποτελούν τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας. Τέτοια γεωθερμικά πεδία αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης, όπως είναι η Μήλος και η Νίσυρος. Αυτά τα πεδία, αξιοποιούνται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε με κύκλο υγρού ατμού (H<sub>2</sub>O) για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 150°C, είτε με κύκλο οργανικής ουσίας ή αμμωνίας για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 80°C. Η αξιοποίηση της υπολειπόμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση-τηλεψύξη είναι επίσης εφικτή.

- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 25°C - 100+°C σε μικρά σχετικά βάθη σε ορισμένες περιοχές που αποτελούν τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Στη περίπτωση αυτή, το θερμό νερό μεταφέρεται στην επιφάνεια δια μέσου γεωτρήσεων, συνήθως με άντληση. Κατόπιν τροφοδοτεί τα συστήματα θέρμανσης εφόσον η χημική του σύσταση το επιτρέπει, ή εναλλακτικά μεταδίδει τη θερμότητά του σε δευτερεύον κλειστό κύκλωμα ζεστού νερού μέσω εναλλακτών θερμότητας. Μετά τη χρήση, το γεωθερμικό νερό είτε απορρίπτεται σε επιφανειακούς αποδέκτες (κανάλια, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) εφόσον ικανοποιούνται οι προδιαγραφές προστασίας περιβάλλοντος, είτε διοχετεύεται ξανά στους υδροφόρους ορίζοντες απ' όπου προήλθε δια μέσου γεωτρήσεων επανεισαγωγής.

- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 15°C-30°C. Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού των υδροφόρων θερμοκρασίας < 25°C γίνεται με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες αφαιρούν θερμότητα από το υπόγειο νερό μειώνοντας τη θερμοκρασία του κατά 5-6 °C, την οποία προσθέτουν στο σύστημα θέρμανσης (αερόθερμα ή / και ενδοδαπέδιο). Η διαδικασία αυτή μπορεί να αναστραφεί, έτσι ώστε η αντλία θερμότητας να παρέχει κλιματισμό (ψύξη) κατά τη θερινή περίοδο. Οι αντλίες θερμότητας υπόγειου νερού καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, ίση με το 1/4-1/6 της θερμικής ενέργειας που παρέχουν

- Εδάφη με σταθερή θερμοκρασία 15°C, που τα συναντάμε παντού, μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού του εδάφους, γίνεται με συνδυασμό υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας και εναλλάκτη θερμότητας εδάφους. Ο εναλλάκτης εδάφους περιλαμβάνει σωλήνες ενταφιασμένες εντός του εδάφους, ή εντός γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορεί νερό σε κλειστό κύκλωμα. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από επίσης μικρές ηλεκτρικές καταναλώσεις, της τάξεως του 1/3-1/5 της θερμικής ενέργειας που παρέχουν

### 2.7.2 Χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας

Ο πλέον συνήθης (και τεχνικοοικονομικά συμφέρον) τρόπος αξιοποίησης των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας είναι η χρήση τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (E. T. Elíasson 2001). Ο τύπος μετατροπής που χρησιμοποιείται εξαρτάται από την κατάσταση του ρευστού (είτε είναι ατμός είτε νερό), τη θερμοκρασία του, την πίεση και την παροχή. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι τρεις:

**Ξηρού ατμού (Θερμοκρασία ρευστών >180°C).** Ο ατμός οδηγείται σε στρόβιλο, ο οποίος θέτει σε λειτουργία γεννήτρια που παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Αυτός είναι ο παλαιότερος τύπος γεωθερμικών εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά στο Larderello στην Ιταλία το 1904 και εξακολουθεί να είναι πολύ αποτελεσματικός. Η τεχνολογία ατμού χρησιμοποιείται σήμερα σε γκεύζερ στη βόρεια Καλιφόρνια, που εξακολουθεί να παραμένει το μεγαλύτερο γεωθερμικό πεδίο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο.

**Στρόβιλοι υγρού ατμού (Θερμοκρασία ρευστών >150°C).** Το γεωθερμικό ρευστό είτε έρχεται ως διφασική ροή από τη γεώτρηση είτε εκτονώνεται σε πίεση χαμηλότερη από την πίεση που επικρατεί στην κεφαλή της γεώτρησης και μετατρέπεται σε διφασικό μίγμα. Το μίγμα αυτό διαχωρίζεται σε κατακόρυφο διαχωριστή και ο ατμός οδηγείται στο στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Εάν η θερμοκρασία και η πίεση του γεωθερμικού υγρού το επιτρέπουν, τότε το υγρό μπορεί να εκτονωθεί για δεύτερη φορά ή και περισσότερες φορές, ώστε να παραχθεί επιπλέον ατμός, που θα αυξήσει σημαντικά την απόδοση της μονάδας. Τέτοια εγκατάσταση λειτουργεί στο Imperial Valley, στην Καλιφόρνια (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν. 2005).

**Διαδικός κύκλος με πτητικό ρευστό ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό (Θερμοκρασία ρευστών >90°C).** Το γεωθερμικό ρευστό χρησιμοποιείται για τη θέρμανση (και εξάτμιση) σε έναν εναλλάκτη του δευτερεύοντος ρευστού (νερό & αμμωνία, ισοβουτάνιο, ισοπεντάνιο, CO2 κ.λπ.) το οποίο έχει μικρότερο σημείο ζέσεως σε σχέση με το νερό. Οι ατμοί του δευτερεύοντος ρευστού οδηγούνται αρχικά στο στρόβιλο και εν συνεχεία

στο συμπυκνωτή. Τέλος το ρευστό από το συμπυκνωτή συμπιέζεται και επανεισάγεται πάλι στον εναλλάκτη μέσω της αντλίας ανακυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου. Μία τέτοια εγκατάσταση λειτουργεί στο Soda Lake, στη Νεβάδα (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν. 2005).

### **2.7.3 Χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας**

Οι πιο διαδεδομένες, άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας είναι:

- Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος
- Άμεση θέρμανση χώρων
- Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών
- Υδατοκαλλιέργειες
- Βιομηχανικές εφαρμογές
- Θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές

#### A. Άμεση θέρμανση χώρων

Η άμεση θέρμανση χώρων είναι η παλαιότερη μορφή χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας και η πλέον διαδεδομένη στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει επίσης την παραγωγή ζεστού νερού για οικιακές χρήσεις. Η τεχνολογία που υιοθετείται είναι απλή. Το γεωθερμικό ρευστό από μία ή δύο γεωτρήσεις αποδίδει θερμότητα στο σύστημα θέρμανσης του ενεργειακού χρήστη, είτε άμεσα, είτε μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Γί αυτή την εφαρμογή απαιτούνται γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 45°C.

Ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης χώρων (κατοικιών, βιομηχανιών ή θερμοκηπίων) αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1) Τμήμα στο πεδίο. Συνίσταται από σειρά γεωτρήσεων, σωληνώσεων συλλογής ρευστών και αν είναι απαραίτητο από αντλίες και εναλλάκτες θερμότητας υγρού-υγρού.

2) Σωληνώσεις μεταφοράς των ρευστών. Αφορά στις σωληνώσεις μεταφοράς των ρευστών ή των νερών που θερμαίνονται από αυτά, από το πεδίο μέχρι την περιοχή όπου βρίσκονται οι χώροι που πρόκειται να θερμανθούν

3) Σύστημα διανομής στην περιοχή ή στην μεμονωμένη οικία.

4) Σύστημα θέρμανσης. Η θέρμανση των χώρων στα κτίρια επιτελείται με τη διέλευση του γεωθερμικού νερού (ή του υγρού που θερμάνθηκε από γεωθερμικό ρευστό) μέσω των εναλλακτών αέρα-υγρού

5) Βοηθητική εγκατάσταση. Εγκατάσταση που θα ικανοποιεί τις αυξημένες ανάγκες για κάποιο χρονικό διάστημα (δεξαμενές, αύξηση της θερμοκρασίας με χρήση συμβατικών καυσίμων) και σύστημα ελέγχου.

6) Δίκτυο σύνδεσης. Δίκτυο αγωγών για σύνδεση με τις κατοικίες, τις βιομηχανίες ή τα θερμοκήπια.

7) Σύστημα διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα από όπου έγινε η άντληση αρχικά.

## B. Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών

Τα θερμαινόμενα θερμοκήπια και εδάφη χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παραγωγής και την πρωίμιση καλλιεργειών. Οι απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας όμως, είναι μεγάλες, με αποτέλεσμα η γεωθερμία να αποτελεί την ιδανική μορφή ενέργειας για αγροτικές εφαρμογές, λόγω του μικρού κόστους της. Τα θερμοκήπια και η θέρμανση εδαφών απαιτούν την παρουσία γεωθερμικών ρευστών σε θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 30°C.

Ο χώρος ενός θερμοκηπίου μπορεί να θερμανθεί με πέντε τρόπους:

α) με εναέριους, επιδαπέδιους σωλήνες ή με σωλήνες τοποθετημένους μέσα στο χώμα (σε βάθος 5-20 cm),

β) με εναλλάκτη αέρα - γεωθερμικού νερού ή νερού λειτουργίας (αερόθερμο),

γ) με τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων στα πλευρικά τοιχώματα του θερμοκηπίου,

δ) με ψεκασμό της οροφής του θερμοκηπίου με γεωθερμικό υγρό ή διέλευση υγρού στα διπλά τοιχώματα της οροφής (κυρίως για αντιπαγετική προστασία) και

ε) με συνδυασμό των προηγούμενων τρόπων (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν. 2005).

## Γ. Υδατοκαλλιέργειες

Η γεωθερμία μπορεί να προσφέρει με οικονομικό τρόπο στη θέρμανση του νερού σε υδατοκαλλιέργειες ψαριών (χέλια, λαβράκια, τσιπούρες, πέστροφες, σολομούς, γατόψαρα κ.α.), θαλάσσιων μαλακόστρακων (π.χ. γαρίδας) και ερπετών με εμπορική αξία (π.χ. αλιγάτορες). Η θέρμανση πραγματοποιείται είτε άμεσα, με την απευθείας εισαγωγή του γεωθερμικού νερού στις δεξαμενές ή λιμνούλες ανάπτυξης, είτε έμμεσα, ύστερα από τη θέρμανση γλυκού ή θαλασσινού νερού. Για την άμεση χρήση του γεωθερμικού νερού απαιτείται να μην υπάρχουν τοξικά συστατικά στο νερό (π.χ. βαρέα μέταλλα, υδρόθειο, αρσενικό κλπ.). Οι υδατοκαλλιέργειες απαιτούν την παρουσία γεωθερμικού ρευστού σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 20°C (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν. 2005).

#### Δ. Βιομηχανικές εφαρμογές

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να είναι οικονομικώς αποδοτική και αξιόπιστη στις βιομηχανικές εφαρμογές. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες όπως η προπαρασκευή κονσερβοποιημένων τροφών, η εμφιάλωση ποτών, η λεύκανση λαχανικών, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων, τροφίμων, δερμάτων, εξαγωγή CO<sub>2</sub> κλπ. Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ρευστών σε διαδικασίες προθέρμανσης ή η ανύψωση της θερμοκρασίας τους με τη χρήση αντλιών θερμότητας ή με συμπληρωματική θέρμανση (με συμβατικά καύσιμα). Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση των γεωθερμικών ρευστών από υφιστάμενη βιομηχανική μονάδα είναι η γειτνίαση της τελευταίας με το γεωθερμικό πεδίο (B. Líndal 1992).

Ένα παράδειγμα βιομηχανικής χρήσης της γεωθερμίας είναι η αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Σε αυτή την περίπτωση τα γεωθερμικά ρευστά χρησιμοποιούνται σαν θερμαντικό μέσο και η αφαλάτωση δύνανται να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυσταδιακής εξάτμισης εν κενό (MES). Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60 °C. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40-50 °C. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για περίπτωση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 75 °C και παροχής 100 m<sup>3</sup>/h επιτυγχάνεται αφαλάτωση 600 m<sup>3</sup>/h την ημέρα.

Η χρήση της γεωθερμικής θερμότητας κατά τη βιομηχανική επεξεργασία διάφορων προϊόντων εφαρμόζεται σε 19 χώρες, όπου οι εγκαταστάσεις είναι γενικά πολύ μεγάλες και η κατανάλωση ενέργειας υψηλή. Άλλα συγκεκριμένα παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών είναι η εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, η παραγωγή χαρτιού, τμημάτων αυτοκινήτων, η ανάκτηση λαδιού, η παστερίωση γάλακτος, η χρήση στη βυρσοδεψία, η χημική ανάκτηση προϊόντων, η παραγωγή με διαχωρισμό του CO<sub>2</sub>, η χρήση σε πλυντήρια, η ξήρανση γης, η επεξεργασία πολτού και χαρτιού και η παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος.

#### Ε. Θέρμανση πισίνων και ιατρικές εφαρμογές

Μία από τις πλέον δημοφιλείς χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο είναι η θέρμανση πισίνων και οι ιατρικές εφαρμογές. Σήμερα, υπάρχει μία πληθώρα από λουτροπόλεις που χρησιμοποιούν το γεωθερμικό νερό είτε για θεραπεία είτε για αναζωογόνηση. Σε ότι αφορά τις θεραπευτικές εφαρμογές, οι δράσεις των γεωθερμικών νερών στον ανθρώπινο οργανισμό διαφέρουν ανάλογα με τη σύσταση τους (θερμοκρασία, μεταλλικά στοιχεία) αλλά και με τον τρόπο χρήσης τους. Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: λουτροθεραπεία, ποσιθεραπεία, εισπνοθεραπεία και λασποθεραπεία. Σε ότι αφορά τις εφαρμογές αναζωογόνησης, πρόκειται για λουτροπόλεις με κέντρα



υγείας και ομορφιάς, κύριος στόχος των οποίων είναι η ξεκούραση και η ανανέωση του ανθρώπινου οργανισμού (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν. 2005).

### ΣΤ. Άλλες χρήσεις

Στις άλλες χρήσεις περιλαμβάνονται η αφαλάτωση θαλασσινού νερού, η ψύξη κτιρίων, η άρδευση αγροτικών καλλιεργειών, το λιώσιμο του χιονιού σε πεζοδρόμια και άλλες εφαρμογές.

Ενδεικτικά, στους παρακάτω πίνακες φαίνονται θερμοκρασίες που απαιτούνται για διάφορες αγροτικές και βιομηχανικές διεργασίες.

Διεργασία	Θερμοκρασία, °C	Διεργασία	Θερμοκρασία, °C
Ξήρανση δημητριακών	40-80	Ιχθυοκαλλιέργεια	15-35
Ξήρανση πράσινων καρπών	80-135	Καλλιέργεια μανιταριών	20-50
Θέρμανση θερμοκηπίων	60-130	Συντήρηση τροφίμων	90-150
Θέρμανση χώματος	20-35	Επεξεργασία γάλακτος	70-120
Θέρμανση ποιμνιοστασίων	25-60	Επεξεργασία κρέατος	40-85

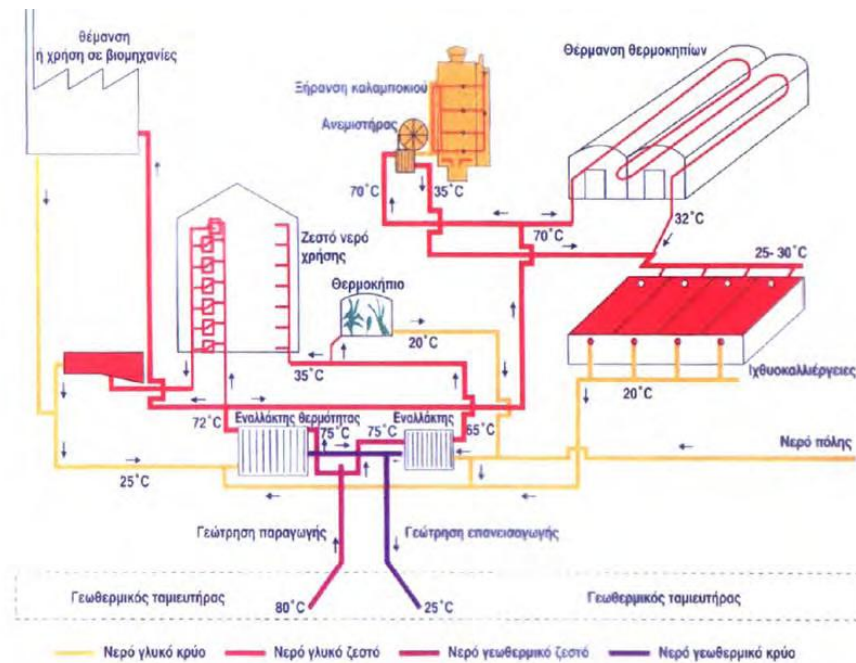
Πηγή Ν. Ανδρίτσος, «Ενέργεια και Περιβάλλον»

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΙΣΧΥΟΣ	Παραγωγή ηλεκτρισμού (με ατμό) >140 °C Παραγωγή ηλεκτρισμού (κύκλος...) >90 °C Πλύσεις, αποστειρώσεις, 21-130 °C παραγωγή πάγου, κλιματισμός, βιομηχανικά ψυγεία, 70-130 °C
ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Αλουμίνες (μέθοδος BAYER) 140-150 °C Παραγωγή αλκοόλης (αιθανόλη) 90-150 °C Φαρμακευτικά 55-125 °C Συνθετικά καουτσούκ 25-36 °C Σάπωνες, απορρυπαντικά 30-55 °C
ΑΓΡΟ-ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	Ξηραντήρα (σανός, καπνός) 30-135 °C Θερμοκήπια 30-130 °C Εκτροφεία ζώων, εκκολαπτήρια 25-60 °C Καλλιέργεια 20-40 °C Θέρμανση εδάφους 20-25 °C Υδατοκαλλιέργειες 15-36 °C
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	Απόσταξη 100-180 °C Κονσερβοποιία 90-140 °C Ζυθοποιία, ποτοποιία 75-150 °C Σπορέλαια 70-150 °C Αποφλοιώση, πατάτες κλπ. 80-200 °C Ζάχαρη (τεύτλα) 50-140 °C Ξηραντήρια δημητριακών 40-50 °C

	Παστερίωση 40-50 °C Σφαγεία & βιομηχανικό κρέας 40-55 °C
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΟΡΥΚΤΩΝ	Γύψος, τσιμέντο, καολίνης, τούβλα 50-150 °C Αφαλάτωση & ανάκτηση ορυκτών 110-120 °C Δευτερεύουσα ανάκτηση πετρελαίου (γεωτρήσεις) 90 °C
ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Επεξεργασία ξύλου 55-150 °C Χαρτοποιία 50-150 °C Υφαντουργία (πλύσιμο- στέγνωμα) 90-134 °C Λουτροθεραπεία, πισίνες 20-80 °C

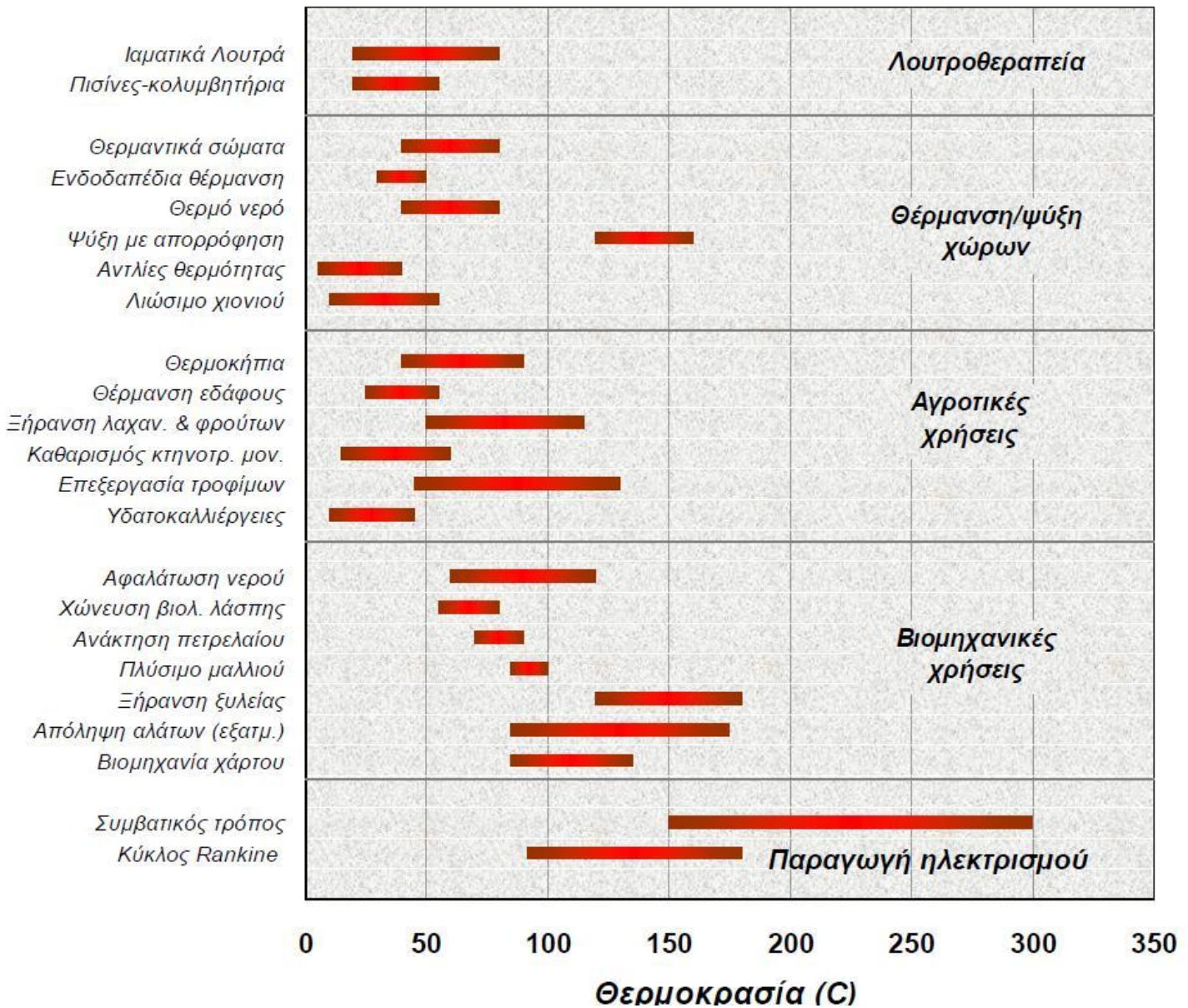
Πηγή Ι. Καστανιάς ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ

Βέβαια, για την καλύτερη και ορθολογικότερη εκμετάλλευση της γεωθερμίας, συνήθως γίνεται σχεδιασμός εφαρμογών σε σειρά, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.



### Συνδυαστικές εφαρμογές

Πηγή: Μ. Φυτίκας, Γεωθερμία στην Ελλάδα: Δυναμικό, Εφαρμογές, Προοπτικές



Τροποποιημένο διάγραμμα lindal

## **2.8 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την εκμετάλλευση της γεωθερμίας**

Από τα αρχικά στάδια κατασκευής μιας γεωθερμικής μονάδας παρατηρούνται οι πρώτες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και είναι συνδεδεμένες με τις γεωτρήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή είτε κατά το στάδιο της έρευνας είτε κατά την παραγωγή. Οι εργασίες εγκατάστασης της εξέδρας της γεώτρησης αλλά και αυτές της διάνοιξης δρόμων ή η επιδιόρθωση αυτών που υπάρχουν ήδη, τροποποιούν λίγο την επιφανειακή μορφολογία της περιοχής, αλλά μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και μικρές ζημιές στην πανίδα και τη χλωρίδα του τοπικού οικοσυστήματος. Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων από την απότομη έξοδο των γεωθερμικών ρευστών αλλά και της ατμόσφαιρας από την διαφυγή αερίων, μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού.

Κατά τη λειτουργία της μονάδας, είναι δυνατό να προκύψουν περιβαλλοντικά προβλήματα από την διαφυγή αερίων όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, μεθάνιο, αμμωνία, βόρειο, αρσενικό και υδράργυρο, και άλλα, που μπορεί να αποτελέσουν πηγές ρύπανσης αν διατεθούν στο επιφανειακό περιβάλλον. Η βέλτιστη πρακτική για τον μηδενισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και για την αντιμετώπιση των υπόλοιπων επιβλαβών αερίων είναι η τεχνική της ολικής επανεισαγωγής των γεωθερμικών ρευστών στον αρχικό ταμειυτήρα. Η άντληση μεγάλων ποσοτήτων ρευστού από τον γεωθερμικό ταμειυτήρα, είναι πιθανό να προκαλέσει καθιζήσεις, επίπτωση, που επίσης προλαμβάνεται με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον αρχικό ταμειυτήρα. Η διαδικασία αυτή, όμως μπορεί να προκαλέσει μια μικρή αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής σε κάποιες περιπτώσεις. Αυτό το ενδεχόμενο, μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο, καθώς τα σεισμικά φαινόμενα που έχουν παρατηρηθεί λόγω εκμετάλλευσης της γεωθερμίας είναι σπάνια αλλά και πολύ μικρής έντασης.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	Πιθανή Ενόχληση			Βαθμός επίδρασης				
	Έδαφος	Χλωρίδα	Πανίδα	Έδαφος	Νερό	Αέρας	Θόρυβος	Οπτική
<b>Εργοστάσιο Ηλεκτροπαραγωγής</b>	M	M	M	M	A	M	Y	Y
<b>Εκπομπές Αερίων</b>								
Υδρόθειο (H <sub>2</sub> S)	M	M	M	X	M	M-Y	A	A
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	M	A	M	X	M	M-Y	A	A
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	X	X	X	X	X	X	A	A
Ραδόνιο (Rn)	X	X	X	X	X	X	A	A
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	X	X	X	X	X	X	A	A
Αρσενικό (As)	X	X	X	X	X	X	A	A
Υδράργυρος (Hg)	X	X	X	X	X	X	A	A
Βόριο (B)	M	M	M	X	X	X	A	A
<b>Υγρά απόβλητα</b>								
Τοξικά στοιχεία (B, Li, As, H <sub>2</sub> S, Hg, Rb, NH <sub>3</sub> )	M	M	M	Y	Y	A	A	M-Y
Θερμοκρασία	A	M	M	A	Y	A	A	A
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	M	M	M	M	Y	A	A	M-Y
<b>Χρήσεις γης</b>	Y	M	M	Y	A	A	A	A

### **A. Εκπομπές αερίων**

Τα μη συμπυκνώσιμα αέρια που εμπεριέχονται στον γεωθερμικό ατμό και μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο. Επίσης, υπάρχει περίπτωση να περιέχουν αμμωνία, υδρογόνο, άζωτο, μεθάνιο και ραδόνιο σε δευτερεύουσες ποσότητες, καθώς επίσης και πτητικά σωματίδια βορίου, αρσενικού και υδραργύρου (R. DiPippo 1991, A. Martzopoulou, Chr. Koroneos and N. Moussiopoulos 2002).

**Υδρόθειο (H<sub>2</sub>S):** Η εκπομπή υδρόθειου αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης. Χαρακτηρίζεται από μία «οσμή κλούβιων αυγών» και ανιχνεύεται από τον άνθρωπο ακόμη και σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,03 ppmv (parts per million by volume) (Πίνακας 3.4). Το υδρόθειο επιταχύνει τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών και αποκλείει τη χρήση ορισμένων μεταλλικών υλικών. Στις γεωθερμικές εγκαταστάσεις με εκπομπές H<sub>2</sub>S θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές για την ανίχνευσή του, ιδιαίτερα για το προσωπικό που εισέρχεται σε κλειστούς χώρους (International Energy Agency (IEA) 1998, Μ. Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, 2004).

**Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>):** Οι ποσότητες CO<sub>2</sub> που εκπέμπονται από γεωθερμικές μονάδες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και από την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από γεωθερμικές μονάδες είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες μορφές ΑΠΕ. Οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg CO<sub>2</sub> ανά MWh, συγκρινόμενες με τα 1000 kg περίπου CO<sub>2</sub> ανά MWh που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα (Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, 2004).

**Άλλα αέρια:** Από τους υπόλοιπους αέριους ρύπους που εκπέμπονται, η αμμωνία μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών, των ρινικών κοιλοτήτων και του αναπνευστικού συστήματος σε συγκεντρώσεις 5 έως 32 ppm, ενώ το ραδόνιο είναι καρκινογόνο εάν εισπνευσθεί. Οι εκπομπές αυτών των δύο αερίων είναι κανονικά σε χαμηλά επίπεδα και δεν προκαλούν ανησυχία. Από τα διάφορα μεταλλικά στοιχεία που εκπέμπονται, το αρσενικό είναι διαβρωτικό στο δέρμα και καρκινογόνο, το βόριο ερεθίζει το δέρμα και τους βλεννογόνους υμένες και η εισπνοή ή η κατάποση του υδραργύρου μπορεί να προκαλέσει νευρολογικές διαταραχές. Όμως, αυτά τα μέταλλα εκπέμπονται γενικά σε τόσο χαμηλές ποσότητες με αποτέλεσμα να μη θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Τα μέταλλα μπορούν επίσης να αποτεθούν στο έδαφος και, εάν διηθούνται εκεί, μπορούν να συμβάλουν στη μόλυνση των υπόγειων νερών. Το βόριο είναι επίσης τοξικό στα φυτά σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (International Energy Agency (IEA) 1998).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της γεωθερμίας είναι αρκετά μικρές και εύκολα ελεγχόμενες. Στην πραγματικότητα, η γεωθερμική ενέργεια παράγει ελάχιστες εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου, υδρόθειου, διοξειδίου του θείου, αμμωνίας, μεθανίου, αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του άνθρακα είναι εξαιρετικά χαμηλές, ειδικά όταν συγκρίνονται με τις εκπομπές από τα συμβατικά καύσιμα, όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί.

<b>Μορφή Ενέργειας</b>	<b>CO<sub>2</sub>(kg/MWh)</b>	<b>NO<sub>x</sub>(kg/MWh)</b>	<b>SO<sub>x</sub>(kg/MWh)</b>
Άνθρακας	1042	4.4	11.8
Πετρέλαιο	839	12.4	1.6
Φυσικό αέριο	453	1.4	0
Γεωθερμία	95	0.3	0.1
Φωτοβολταϊκά	135	0.3	0.4
Βιομάζα	20	1.8	0.5

## **Β. Υδάτινη και θερμική ρύπανση**

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Η σύσταση ενός γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από το είδος και την προέλευση των πετρωμάτων ή του γεωλογικού σχηματισμού του ταμιευτήρα, τη θερμοκρασία και την πίεση.

Η απόρριψη ενός αλμολοίπου, από το οποίο έχει εξαχθεί ή όχι η θερμότητα, δημιουργεί συνήθως περιβαλλοντικό πρόβλημα, τόσο λόγω της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά (αρσενικό, βόριο, φθόριο κτλ.), όσο και λόγω της αρκετά υψηλότερης θερμοκρασίας του σε σχέση με τη θερμοκρασία των αποδεκτών. Πρόσθετο πρόβλημα που συνδέεται με την υδάτινη ρύπανση ή τη ρύπανση του εδάφους, είναι οι τυχόν διαρροές των ρευστών. Ιδιαίτερα προβλήματα διαρροών μπορεί να υπάρξουν κυρίως στα αρχικά στάδια αξιοποίησης του πεδίου (από τα ρευστά που εκρέουν κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων), σε περίπτωση ατυχήματος ή διάρρηξης των σωληνώσεων (παραγωγής και επανεισαγωγής) και από τις μη αποτελεσματικά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες του πολφού διάτρησης ή των γεωθερμικών ρευστών (B. Fridleifsson and D. H. Freeston 1994, R. DiPippo 1991).

## **Γ. Απόθεση στερεών αποβλήτων**

Επιπτώσεις από τη γεωθερμία στο έδαφος ή στο υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν και από την απόθεση στερεών αποβλήτων. Σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις στερεά απόβλητα μπορεί να δημιουργηθούν από τις εξής πηγές: α) λάσπη γεωτρήσεων και θρύμματα των διατρυόμενων σχηματισμών κατά τη διάρκεια της διάτρησης, β) απόβλητα από τις τεχνολογίες δέσμευσης του υδρόθειου (π.χ. στοιχειακό θείο) και γ) στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό νερό (π.χ. πυριτικά άλατα) ή από τον καθαρισμό των σωληνώσεων από τις επικαθίσεις (ανθρακικό ασβέστιο, θειούχες ενώσεις βαρέων μετάλλων, πυριτικές ενώσεις).

Οι ποσότητες στερεών αποβλήτων δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ειδικά όταν συγκρίνονται με απόβλητα από μονάδες που λειτουργούν με συμβατικά

καύσιμα και τα περισσότερα από αυτά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοξικά (Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, 2004, Mary H. Dickson and Mario Fanelli 2004).

#### **Δ. Χρήση γης και οπτική ρύπανση**

Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωθερμικής ενέργειας είναι ότι τη συναντάμε σε ορισμένες μόνο περιοχές και η αξιοποίησή της γίνεται επιτόπου. Το θετικό σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο «συνολικός κύκλος παραγωγής της ενέργειας» περιορίζεται σε μία μόνον περιοχή, κάτι που εξαλείφει την ανάγκη μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά χιλιόμετρα. Η έκταση που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (π.χ. για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο των γεωτρήσεων, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας, ιδιαίτερα αν συνυπολογίσει κανείς τις εκτάσεις που απαιτούνται για την εξόρυξη και την αποθήκευση των καυσίμων ή τη δημιουργία φραγμάτων και τεχνητών λιμνών. Το ίδιο ισχύει και για την οπτική ρύπανση από τις γεωθερμικές μονάδες. Το κυριότερο ορατό τμήμα μίας μονάδας είναι ο πύργος ψύξης. Κατά μέσο όρο, μία γεωθερμική μονάδα καταλαμβάνει έκταση περίπου 400 m<sup>2</sup> (Πίνακας 3.7) για την παραγωγή ενέργειας 1 GWh για 30 χρόνια (P. Brophy 1997).

#### **Ε. Θόρυβος**

Κατά τη φάση λειτουργίας της γεωθερμικής μονάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν αρκετά υψηλά επίπεδα θορύβου, προερχόμενα κυρίως από τους ανεμιστήρες του πύργου ψύξης, τον εκτοξευτή ατμού και το βόμβο των ατμοστροβίλων. Αυτά τα επίπεδα θορύβου ελέγχονται από μόνιμες εγκαταστάσεις σιγαστήρων ή άλλων συσκευών μείωσης του θορύβου.



## **2.9 Κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από γεωθερμία**

Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας είναι απόλυτα συνυφασμένη με την ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου στο οποίο εντοπίζεται αυτοτελές γεωθερμικό δυναμικό υψηλής ενθαλπίας.

Σύμφωνα με το ειδικό χωροταξικό για τις ΑΠΕ, καθορίζονται οι περιοχές στις οποίες θα πρέπει να αποκλείεται η εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ενέργειας από γεωθερμία. Αυτές οι περιοχές είναι:

α. Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και τα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας της παρ. 5 ββ) του άρθρου 50 του ν. 3028/2002, καθώς και των οριοθετημένων αρχαιολογικών ζωνών προστασίας Α που έχουν καθορισθεί κατά τις διατάξεις του άρθρου 91 του ν. 1892/1991 ή καθορίζονται κατά τις διατάξεις του ν. 3028/2002.

β. Τις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης που καθορίζονται κατά τις διατάξεις των άρθρων 19 παρ. 1 και 2 και 21 του ν. 1650/1986.

γ. Τα όρια των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας (Υγρότοποι Ραμσάρ).

δ. Τους πυρήνες των εθνικών δρυμών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης και των αισθητικών δασών.

ε. Τους οικοτόπους προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής.

στ. Τους εντός σχεδίων πόλεων και ορίων οικισμών προ του 1923 ή κάτω των 2.000 κατοίκων περιοχών.

ζ. Τους Π.Ο.Τ.Α. του άρθρου 29 του ν. 2545/97, των Περιοχών Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα του άρθρου 10 του ν. 2742/99, των θεματικών πάρκων και των τουριστικών λιμένων.

η. Τους ατύπως διαμορφωμένους, στο πλαίσιο της εκτός σχεδίου δόμησης, τουριστικών και οικιστικών περιοχών. Ως ατύπως διαμορφωμένες τουριστικές και οικιστικές περιοχές για την εφαρμογή του παρόντος νοούνται οι περιοχές που περιλαμβάνουν 5 τουλάχιστον δομημένες ιδιοκτησίες με χρήση τουριστική ή κατοικία, οι οποίες ανά δύο βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων, και συνολική δυναμικότητα 150 κλίνες τουλάχιστον. Για τον υπολογισμό της δυναμικότητας κάθε δομημένη ιδιοκτησία με χρήση κατοικίας θεωρείται ισοδύναμη με 4 κλίνες ανεξαρτήτως εμβαδού. Οι ανωτέρω περιοχές θα αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της οικείας Π.Π.Ε.Α.

θ. Τις ακτές κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

ι. Τα τμήματα των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά.

Για τις περιοχές που ανήκουν στις κατηγορίες στ, ζ και η, ορίζεται ελάχιστη απόσταση από τα όριά τους τα 500μ.

Στις περιπτώσεις όμως που έχει ήδη εξακριβωθεί η ύπαρξη γεωθερμικού δυναμικού και λόγω της μοναδικής και σημειακής δυνατότητας χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας, δεν είναι εκ των προτέρων δυνατός ο καθορισμός άλλων κατηγοριών ζωνών αποκλεισμού (εκτός των πόλεων, οικισμών και κατοικημένων περιοχών). Στις περιπτώσεις αυτές, οι ειδικότερες προϋποθέσεις χωροθέτησης των ανωτέρω εγκαταστάσεων πρέπει να εξετάζονται στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης του έργου.

## 2.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εκμετάλλευσης της γεωθερμίας

### **Πλεονεκτήματα:**

- Οικονομικά ελκυστική καθώς η τιμή της παραγόμενης KWh από ένα γεωθερμικό σταθμό είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την τιμή της KWh ενός συμβατικού ΑΗΣ.
- Συνεχής παροχή γεωθερμικού ρευστού-συνεχής παραγωγή ενέργειας.
- Αξιόπιστη μορφή ενέργειας με ώριμη τεχνολογία (στροβίλους- εναλλάκτες κλπ).
- Ανανεώσιμη Μορφή Ενέργειας
- Συνεισφέρει στην εξοικονόμηση στερεών καυσίμων.
- Συνεισφέρει στην περιφερειακή ανάπτυξη και στην αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας.
- Εγγώρια πηγή ενέργειας-ενεργειακή ανεξάρτηση.
- Φιλική προς το περιβάλλον
- Απαιτεί την μικρότερη έκταση Γης σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας.

<b>Μορφή Ενέργειας</b>	<b>Απαιτούμενη έκταση ανά παραγόμενη GWhe(m2)</b>
Άνθρακας	3640
Βιοαέριο	3600
Ηλιακά θερμικά	3560
Αιολική	1335
Φωτοβολταϊκά	3237
Γεωθερμία	404

### **Μειονεκτήματα:**

- Λόγω των αιτιών προέλευσης της, η γεωθερμία περιορίζεται γεωγραφικά. Δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε γεωθερμικό σταθμό οπουδήποτε εμείς επιθυμούμε.
- Το γεωθερμικό ρευστό δεν μπορεί να μεταφερθεί. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση του και η παραγωγή ενέργειας πρέπει να γίνει εκεί όπου αυτό αντλείται.

### **3. Γεωπληροφοριακά Συστήματα (ΓΣ)**

#### **3.1 Ορισμός Γεωπληροφοριακών Συστημάτων**

Σύμφωνα με τον ορισμό της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Γεωμετρών (F.I.G.- Federation Internationale des Geometres) ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ή Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μία Βάση Δεδομένων που περιέχει για μία έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη, και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η βάση ενός ΓΣ είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη.

Σύμφωνα με έναν άλλον ορισμό (Μανιάτης 1996) ένα ΓΣ δεν είναι απλά ένα μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες, διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών, αλλά μία νέα, ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και μελέτη του χώρου καθώς και τη λήψη αποφάσεων (Decision Making) που αφορούν τη γη, το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Βασικές διαδικασίες που συγκροτούν ένα ΓΣ και πραγματοποιούνται κατά την λειτουργία του είναι:

- Συλλογή δεδομένων
- Κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων
- Αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων
- Ανάκτηση δεδομένων
- Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
- Απεικόνιση δεδομένων

Τα Γεωπληροφοριακά συστήματα (ΓΣ) έχουν γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο για την χάραξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Διευκολύνουν τη χωρική ανάλυση χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές γεωεπεξεργασίες ή χαρτογραφικά συναρτησιακά μοντέλα, όπως επικάλυψη χάρτη, επιλογή SQL (structured query language) και θεματική ανάλυση (Muselli et al 1999). Ανάμεσα στις διάφορες γεωδιαδικαστικές συναρτήσεις, η χαρτογραφική επικάλυψη είναι η πιο χρήσιμη όπου τα διάφορα επίπεδα μπορεί να αναπαραστήσουν μεταξύ άλλων το ανάγλυφο μιας περιοχής, το ηλεκτρικό δίκτυο, τις απομακρυσμένες περιοχές.

### 3.2 Γεωπληροφοριακά Συστήματα και ΑΠΕ

Τα ΓΣ έχουν φανεί χρήσιμα σε πολλές περιπτώσεις όπως στον αγροτικό και αστικό σχεδιασμό, εισαγωγή δεδομένων για περιφερειακή ανάπτυξη, και για την επιλογή συγκεκριμένων θέσεων ενεργειακών έργων. Ο Yara (1991) ξεκίνησε πρώτος να χρησιμοποιεί τα ΓΣ για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων ενεργειακών συστημάτων με μια έρευνα πάνω στο αιολικό δυναμικό. Πιο πρόσφατα οι Perez και Seals (1995) χαρτογράφησαν το δυναμικό των συνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο ενεργειακών συστημάτων. Άλλες πρόσφατες έρευνες εφάρμοσαν τα ΓΣ στην αφαλάτωση του νερού (Alexoroulou 1995), για την οικοδόμηση κατεστραμμένης περιοχής (Thomas 2002), για τη διαχείριση γης με τη βοήθεια πολυκριτηριακών μεθόδων (Joerin, Musy 2000) και στις εφαρμογές ΑΠΕ (Clarke et al 1996; Rylatt, Lomas 2001; Krewitt, Nitsh 2003).

Η χωρική κατανομή του δυναμικού των ΑΠΕ, η ενυπάρχουσα εξάρτηση των ΑΠΕ από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε τοποθεσίας και η ολική εξάρτηση του κόστους από τα χωρικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής καθιστούν τα ΓΣ ένα απαραίτητο εργαλείο όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό ΑΠΕ καθώς χωρικά, κοινωνικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα τέτοιο πλαίσιο (Voivontas et al 1998). Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης ΓΣ είναι η ευκολία στη διαχείριση διαθέσιμων δεδομένων στα διάφορα επίπεδα της χωρικής ανάλυσης και η ικανότητα τους να δίνεται έμφαση στις χωρικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα διάφορα σύνολα δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, τα ΓΣ είναι ένα χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας τα μέσα για την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση των επιδράσεων και του αιολικού δυναμικού που προέρχονται από τοπικούς περιορισμούς. Ακόμη, παρέχουν την ευχρηστία στο να εμπλουτίζεται η βάση δεδομένων, πάνω στην οποία βασίζονται οι αποφάσεις, με χωρικά δεδομένα που δίνουν επιπρόσθετους περιορισμούς για τις ΑΠΕ, ή μη χωρικά δεδομένα που παρέχουν άλλες τεχνολογικές εναλλακτικές.

Επιπλέον, τα ΓΣ έχουν την ικανότητα να διαχειρίζονται και να προσομοιώνουν τους φυσικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Συνεπώς, τα ΓΣ μπορούν να παίξουν έναν σημαντικό ρόλο σαν εργαλείο Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης όσον αφορά τη βέλτιστη χωροθέτηση μονάδων παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (Baban, Parry 2001).

### 3.3 Στάδια & Διαδικασίες Γεωπληροφοριακών Συστημάτων

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται καθαρά οι σχέσεις αλληλεπίδρασης που διέπουν όχι μόνο τις διαδικασίες μέσα στο ΓΣ αλλά και τη σχέση του ίδιου με το χώρο. Οι βασικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση και εφαρμογή ενός ΓΣ είναι τρεις: ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα. (Κουτσόπουλος, 2002)



Στάδια και Διαδικασίες σε ένα ΓΣ

#### 3.3.1 Καθορισμός του προβλήματος

Για τον καθορισμό του προβλήματος, αρχικά καθορίζεται ο στόχος της μελέτης, καθώς αποτελεί το βασικό άξονα προσανατολισμού της και περιέχει το σκοπό στον οποίο αποβλέπει η μελέτη και οριοθετεί το πρόβλημα προς επίλυση (Κ. Κουτσόπουλος 2000).

Πρέπει όμως να διατυπώνεται σωστά και αναλυτικά και να εστιάζεται σε υπαρκτά προβλήματα ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης της καταλληλότερης τεχνικής για την υλοποίησή του. Είναι βασικά το πρώτο βήμα που απαιτεί μια μελέτη με τη χρήση ΓΣ στην πορεία της, αλλά συγχρόνως είναι και το πιο καθοριστικό. (Κ. Κουτσόπουλος 2002)

Ο προσδιορισμός της φύσης του προβλήματος, τόσο στα μέρη του, όσο και στις διασυνδέσεις τους, είναι φυσικό να διαφέρει από μελέτη σε μελέτη. Στον καθορισμό του προβλήματος οφείλει να υπάρχει αφενός σαφής οριοθέτηση, τόσο του καθορισμού του συνολικού στόχου (goal), όσο και των αντικειμενικών στόχων της ανάπτυξης και χρήσης του ΓΣ (objectives), και αφετέρου μια σειρά προκαταρκτικών ενεργειών, αναγκαίων για μια σαφή προδιαγραφή της βάσης δεδομένων της μελέτης προκειμένου να εξασφαλιστεί η πληρότητα και η διαθεσιμότητα των γεωγραφικών στοιχείων και των

περιγραφικών χαρακτηριστικών τους τα οποία είναι αναγκαία για την ανάλυση και τις άλλες διαδικασίες σε ένα ΓΣ. (Κ. Κουτσόπουλος 2002)

### **3.3.2 Διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία**

Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία αποτελεί το νευραλγικό κέντρο κάθε ΓΣ και αποτελείται από τέσσερα στάδια. Το στάδιο εισόδου όπου τα χωρικά και μη χωρικά στοιχεία κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στον Η/Υ, το στάδιο της διαχείρισης όπου τα χωρικά στοιχεία διαμορφώνονται κατάλληλα (Βάση Δεδομένων) για το στάδιο της Ανάλυσης. Στο τελικό στάδιο της παρουσίασης, η χωρική πληροφορία που προέκυψε από τη διαδικασία της ανάλυσης παρουσιάζεται σε κάποιες από τις γνωστές μορφές. (Κ. Κουτσόπουλος 2002)  
Στοιχεία είναι μια σειρά από αριθμητικά, ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συνόλου, σε μη επεξεργασμένη για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης μορφή, ενώ όταν περάσουν από μια διαδικασία επεξεργασίας και απαντούν σε κάποιο ερώτημα έχουμε πληροφορία. (Κ. Κουτσόπουλος 1990).

Η διαφοροποίηση αφορά κάθε συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης, που σημαίνει ότι πληροφορίες σε κάποιο στάδιο, μπορεί να αποτελέσουν στοιχεία για κάποιο επόμενο.

#### ***Είσοδος***

Το στάδιο εισόδου αναφέρεται στη διαδικασία της αναγνώρισης και συλλογής στοιχείων για συγκεκριμένες εφαρμογές, κυρίως όμως, από τη σκοπιά των ΓΣ, αφορά την αποτύπωση και αποθήκευσή τους. Γενικά, τα αναγκαία σε ένα ΓΣ στοιχεία μπορούν να προέλθουν μέσα από πρωτογενείς διαδικασίες (π.χ. άμεση παρατήρηση ή θεωρητική έρευνα), από την επεξεργασία πρωτόγονων στοιχείων (πχ ψηφιοποίηση) ή τέλος, με την κατευθείαν εισαγωγή στοιχείων από διάφορες τράπεζες στοιχείων (πχ ΓΥΣ).

#### ***Διαχείριση***

Στη διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία, βασικός στόχος είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων (data base), που αποτελεί και την αρχή της διαδικασίας ανάλυσης του αντικειμενικού στόχου του ΓΣ και θα οδηγεί στη διαμόρφωση συμπερασμάτων.

Η έννοια διαχείρισης στα ΓΣ αφορά στον τρόπο με τον οποίο στοιχεία για τη θέση, την τοπολογία και τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών οντοτήτων δομούνται και οργανώνονται και επομένως, αντιστοιχεί στον όρο σύστημα διαχείρισης δεδομένων (database management system – DBMS) και αναφέρεται σε ένα λογισμικό σύστημα για τη διαχείριση (ενημέρωση, συντήρηση και ανάκτηση) των στοιχείων της βάσης δεδομένων. Κατά συνέπεια, το σύστημα διαχείρισης δεδομένων αποτελεί ένα αναπόσπαστο και ίσως το σημαντικότερο τμήμα ενός ΓΣ.

## **Ανάλυση**

Οι τεχνικές ανάλυσης που ένα ΓΣ οφείλει να χρησιμοποιεί, είναι δύσκολο να καθοριστούν εκ των προτέρων, καθώς ο αντικειμενικός σκοπός του ΓΣ, η φύση και μορφή των στοιχείων, και ο συνδυασμός λογισμικού – Η/Υ (software – hardware) που χρησιμοποιούνται από ένα σύστημα, έχουν διαφορετικές απαιτήσεις.

Η χωρική ανάλυση θεωρείται από πολλούς η καρδιά κάθε ΓΣ, αφού περιέχει όλες τις επεξεργασίες και τις μεθόδους που εφαρμόζονται στα γεωγραφικά δεδομένα, ώστε να δημιουργούν πληροφορίες που υποστηρίζουν χωρικές αποφάσεις, αναλύοντας δομές, σχέσεις και διαδικασίες που δεν ήταν εκ των προτέρων αντιληπτές. Με λίγα λόγια η χωρική ανάλυση είναι η διαδικασία μετατροπής δεδομένων σε πολύτιμες πληροφορίες.

Πρέπει να τονιστεί όμως, ότι η ανάλυση δεν είναι μια ανεξάρτητη διαδικασία, αλλά τμήμα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης και κυρίως δεν είναι μια απλή εφαρμογή συγκεκριμένων λειτουργιών, αλλά μια σειρά από απαραίτητα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν μέσα στο πλαίσιο των ΓΣ και τα οποία αναφέρονται:

- Στον καθορισμό των αντικειμένων ανάλυσης καθώς και των κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν σε αυτήν. Για παράδειγμα στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής αντικείμενο ανάλυσης είναι η χωροθέτηση αιολικού πάρκου, ενώ τα κριτήρια που τίθενται να αναφέρονται στις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για τη λειτουργικότητα του και τα οποία εκφράζονται από τον χρήστη ως χωρικές ερωτήσεις.
- Στην προετοιμασία και το διαχωρισμό των στοιχείων που είναι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων και θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση (προσθήκη χωρικών και μη στοιχείων ή αφαίρεσή τους).
- Στην εκτέλεση χωρικών πράξεων από τις οποίες υ α προκύψουν οι χωρικές σχέσεις που θα αναλυθούν (επικαλύψεις, επιλογή βάση εγγύτητας, ένωση οντοτήτων κλπ.)
- Στην ποσοτική ανάλυση. Στο προϊόν της γεωγραφικής ανάλυσης, εκτός από την χωρική πληροφορία και τις ιδιότητες της, που ήδη περιέχει, πρέπει να καταχωρηθεί και πρόσθετη περιγραφική πληροφορία, η οποία θα χρησιμεύσει στην ποσοτική επεξεργασία του αποτελέσματος της ανάλυσης, βάσει κριτηρίων (θέτοντας τις κατάλληλες λογικές ή αριθμητικές ερωτήσεις).
- Στην εκτίμηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Εκτίμηση ως προς την εγκυρότητα τους, ερμηνεία ως προς της αξιοπιστία και την επικύρωση τους. Σε αυτό το στάδιο ο χρήστης καλείται να αποφασίσει εάν θα χρησιμοποιήσει η όχι το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Αν αποφασίσει να μην κρατήσει άλλο μέρος του αποτελέσματος, μπορεί να επαναλάβει κάποιες διαδικασίες τις οποίες κρίνει ότι δεν έδωσαν αποδεκτά αποτελέσματα.

(Κουτσόπουλος - Ανδρουλακάκης, 2012)



### **Έξοδος**

Η έξοδος από τον Η/Υ και ο τρόπος που θα παρουσιαστεί η πληροφορία που η ανάλυση και γενικά το ΓΣ δημιούργησε, είναι καθοριστικός για την αποτελεσματικότητά του. Επομένως, η παρουσίαση της πληροφορίας είναι πρωταρχικής σημασίας για κάθε ΓΣ.

Οι βασικές μορφές εξόδου της πληροφορίας είναι τρεις και περιλαμβάνουν:

- Μη σχεδιαστικές αποδόσεις όπως πίνακες, μαθηματικές συναρτήσεις, μέσοι όροι
- Μορφές γραφημάτων όπως τα ιστογράμματα, τα πολύγωνα συχνότητας
- Χάρτες

### **3.3.3 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν**

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος και του στόχου της παρούσας εργασίας. Τα εργαλεία ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

#### **Ανάλυση εγγύτητας (Proximity Analysis)**

Στο πλαίσιο των ΓΣ, η ερώτηση «που βρίσκεται κάποια οντότητα;» είναι ιδιαίτερα σημαντική και επομένως αναλύσεις που εστιάζονται στην θέση και το παράγωγο της, την απόσταση, αποτελούν μια βασική ομάδα διαδικασιών σε ένα ΓΣ. Αυτές οι αναλύσεις ονομάζονται αναλύσεις εγγύτητας και ουσιαστικά αφορούν στη δημιουργία μιας περιφέρειας (ενός νέου πολυγώνου), η οποία ορίζεται με βάση την εγγύτητα του σε μια υπάρχουσα οντότητα (σημείο, γραμμή, πολύγωνο). Από τις αναλύσεις εγγύτητας οι πιο σημαντικές και διαδεδομένες είναι η δημιουργία ζωνών επιρροής (buffer), η εγγύτητα (near) και η απόσταση από σημείο (Pointdistance).

#### **Ανάλυση επικάλυψης (overlay)**

Η διαδικασία της επικάλυψης είναι ίσως η πιο θεμελιώδης διαδικασία ανάλυσης σε ένα ΓΣ και αυτό γιατί η έννοια των θεματικών επιπέδων και της επικάλυψης τους αποτελεί την πεμπτούσια των συστημάτων αυτών. Ταυτόχρονα όμως είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και επίπονη διαδικασία.

Η επικάλυψη είναι δυνατόν να γίνει είτε μεταξύ πολυγωνικών επιπέδων είτε μεταξύ σημειακών ή γραμμικών επιπέδων με πολυγωνικά επίπεδα. Στην πρώτη περίπτωση δημιουργείται ένα νέο πολυγωνικό επίπεδο, ενώ στην δεύτερη το παραγόμενο είναι σημειακό ή γραμμικό. Οι βασικές μέθοδοι για την επικάλυψη πολυγωνικών, γραμμικών και σημειακών δεδομένων είναι η τομή(intersect), η ένωση(union) και η ταυτότητα (identity).

(Κουτσόπουλος - Ανδρουλακάκης, 2012)

### **3.3.4 Συμπεράσματα**

Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία δημιουργεί και αναλύει την απαραίτητη πληροφορία για τη λύση του προβλήματος που αρχικά προσδιορίστηκε. Στα συμπεράσματα επομένως, πρέπει να φαίνεται η υλοποίηση του στόχου του ΓΣ, και κατ'επέκταση της Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης (ΟΧΠ), καθώς και εναλλακτικές απόψεις για την αντιμετώπιση του αρχικού προβλήματος.

## 4. Εφαρμογή

Στην Ελλάδα, συναντάμε πολλά γεωθερμικά πεδία και παρόλο που βρίσκονται σε παρόμοια, μικρά σχετικά βάθη, εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τη θερμοκρασία. Το μικρό βάθος τους, κάνει πιο εύκολη και οικονομική την αξιοποίησή τους. Επειδή τα γεωθερμικά συστήματα, όπως και στις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, χαρακτηρίζονται από μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης και μικρό κόστος λειτουργίας, συμφέρει τόσο από οικονομικής πλευράς, όσο και από ορθολογικής χρήσης της ενέργειας να σχεδιάζονται εφαρμογές σε σειρά. Με αυτό τον τρόπο από την ίδια ποσότητα ζεστού νερού εξάγουμε πολλαπλάσιο ποσό θερμικής ενέργειας, επειδή αξιοποιούμε πολλαπλάσια διαφορά θερμοκρασίας. Ένας τέτοιος σχεδιασμός περιλαμβάνει ηλεκτροπαραγωγή, τηλεθέρμανση, τηλεψύξη, αφαλάτωση θαλασσινού νερού, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, κλπ.

Για την εκπόνηση της εργασίας, μετά από τη συλλογή των δεδομένων από διάφορες βάσεις δεδομένων, όπως τα «Δημόσια ανοιχτά δεδομένα» (geodata.gov), επιλέξαμε τα πιο μεγάλα γεωθερμικά πεδία για να προτείνουμε χρήσεις – εκμεταλλεύσεις με προοπτική την ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών ακολουθώντας τις αρχές της αειφορείας.

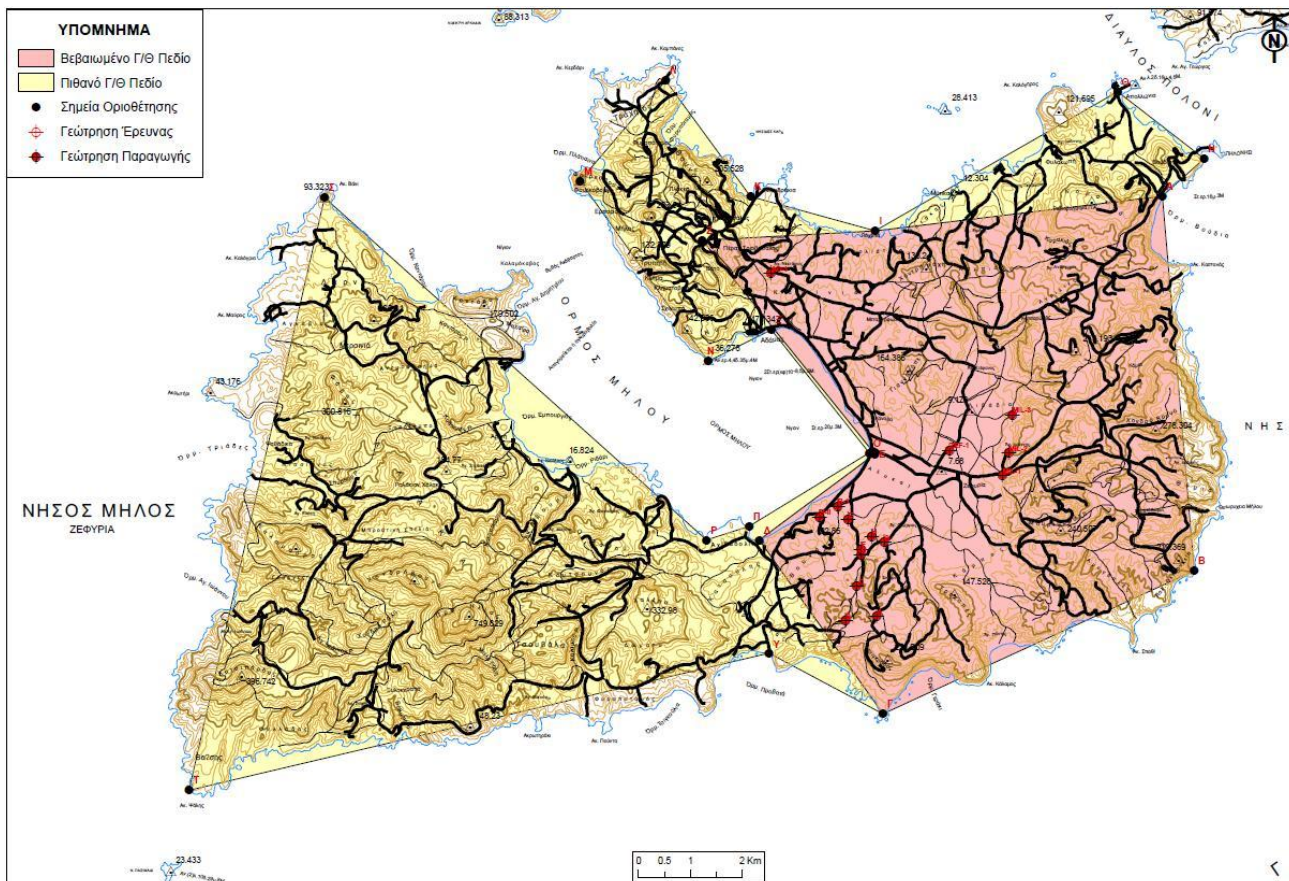
Τα πεδία που επιλέχθηκαν είναι τα εξής:

- Μήλος
- Νίσυρος
- Νέα Κεσσάνη Ξάνθης
- Αρίστηνο Αλεξανδρούπολης
- Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων Ξάνθης
- Ερατεινό Καβάλας
- Συκιών Άρτας
- Νιγρίτας Σερρών
- Πολύχνιτου Λέσβου

Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε κάθε γεωθερμικό πεδίο ξεχωριστά, προκειμένου να προτείνουμε δράσεις για την αξιοποίησή τους.

## 4.1 Μήλος

Η Μήλος, είναι ένα νησί εξαιρετικά πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια, καθώς μεγάλο τμήμα του νησιού έχει χαρακτηριστεί ως βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο, ενώ ολόκληρο το νησί έχει χαρακτηριστεί ως πιθανό γεωθερμικό πεδίο.



Τα γεωθερμικά πεδία της Μήλου  
Πηγή: ΙΓΜΕ

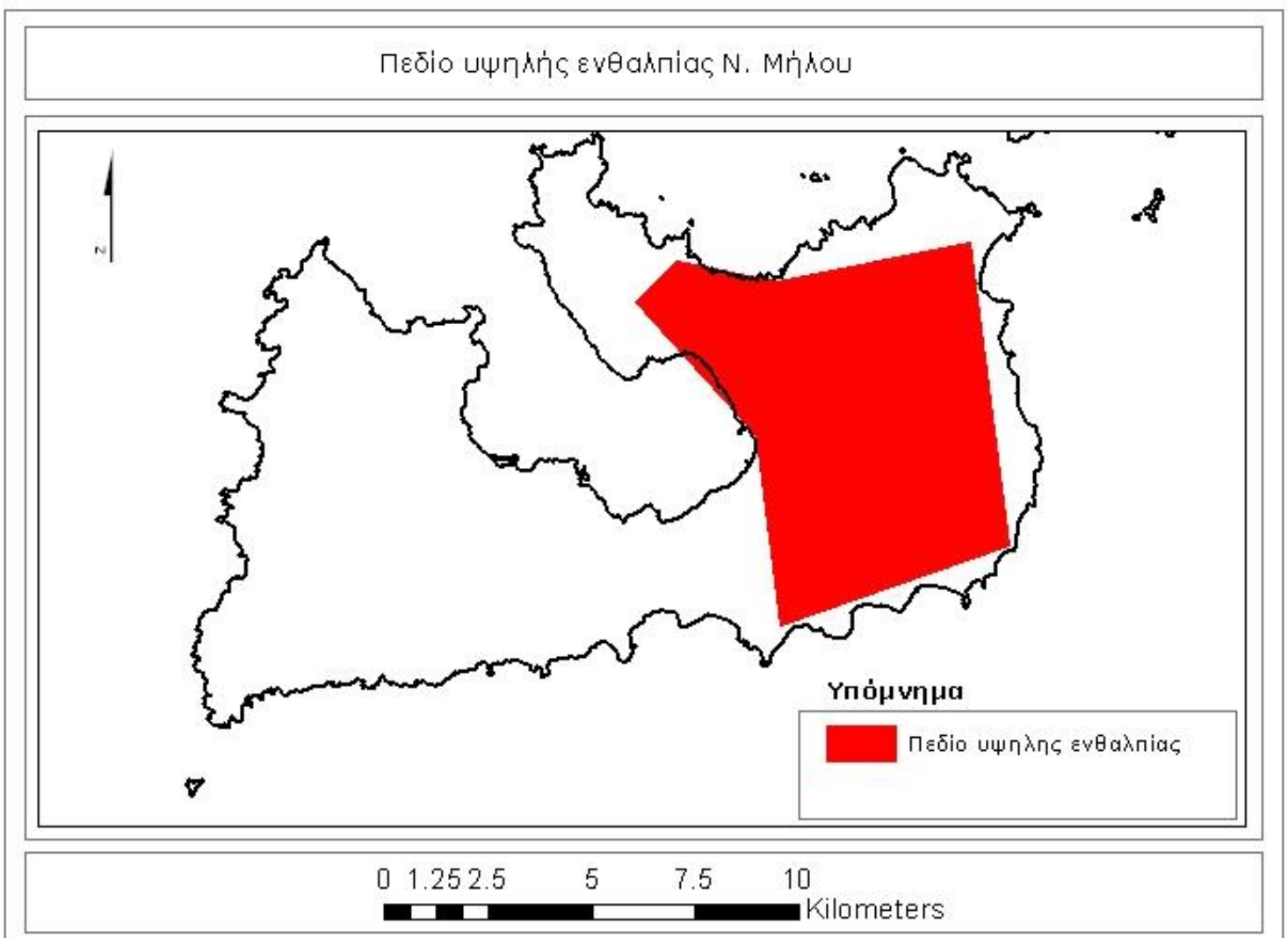
### 4.1.1 Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας ν. Μήλου

Στη Μήλο βρίσκεται το πρώτο γεωθερμικό πεδίο υψηλής θερμοκρασίας που εντοπίστηκε στην Ελλάδα. Ερευνήθηκε σε πρώτη φάση από το ΙΓΜΕ τη δεκαετία του 1970 με την εκτέλεση διαφόρων μεθόδων επιφάνειας μεταξύ των οποίων τη διάνοιξη 48 αβαθών γεωτρήσεων γεωθερμικής βαθμίδας. Στη συνέχεια η ΔΕΗ διάνοιξε πέντε βαθιές γεωτρήσεις έρευνας – παραγωγής και εκτέλεσε δοκιμές παραγωγής. Κατά τη δεκαετία του 1980 εγκαταστάθηκε εκεί και λειτούργησε για λίγο, σε πειραματική βάση, μικρή πιλοτική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 1,8 MWe. Η βιομηχανική αξιοποίηση δεν προχώρησε λόγω αντίθεσης των κατοίκων.

Τα χαρακτηριστικά του βεβαιωμένου αυτού πεδίου έχουν ως εξής :

- Έκταση 50 Km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία (στον πυθμένα των γεωτρήσεων) 280- 320 οC
- Βάθος ταμιευτήρα: 1000 - 1380 m.
- Παραγωγή: 339 ton/h ρευστού εκ των οποίων 200 ton/h κεκορεσμένου ατμού και 139 ton/h θερμού νερού.
- Πίεση 11 - 29 ATM.

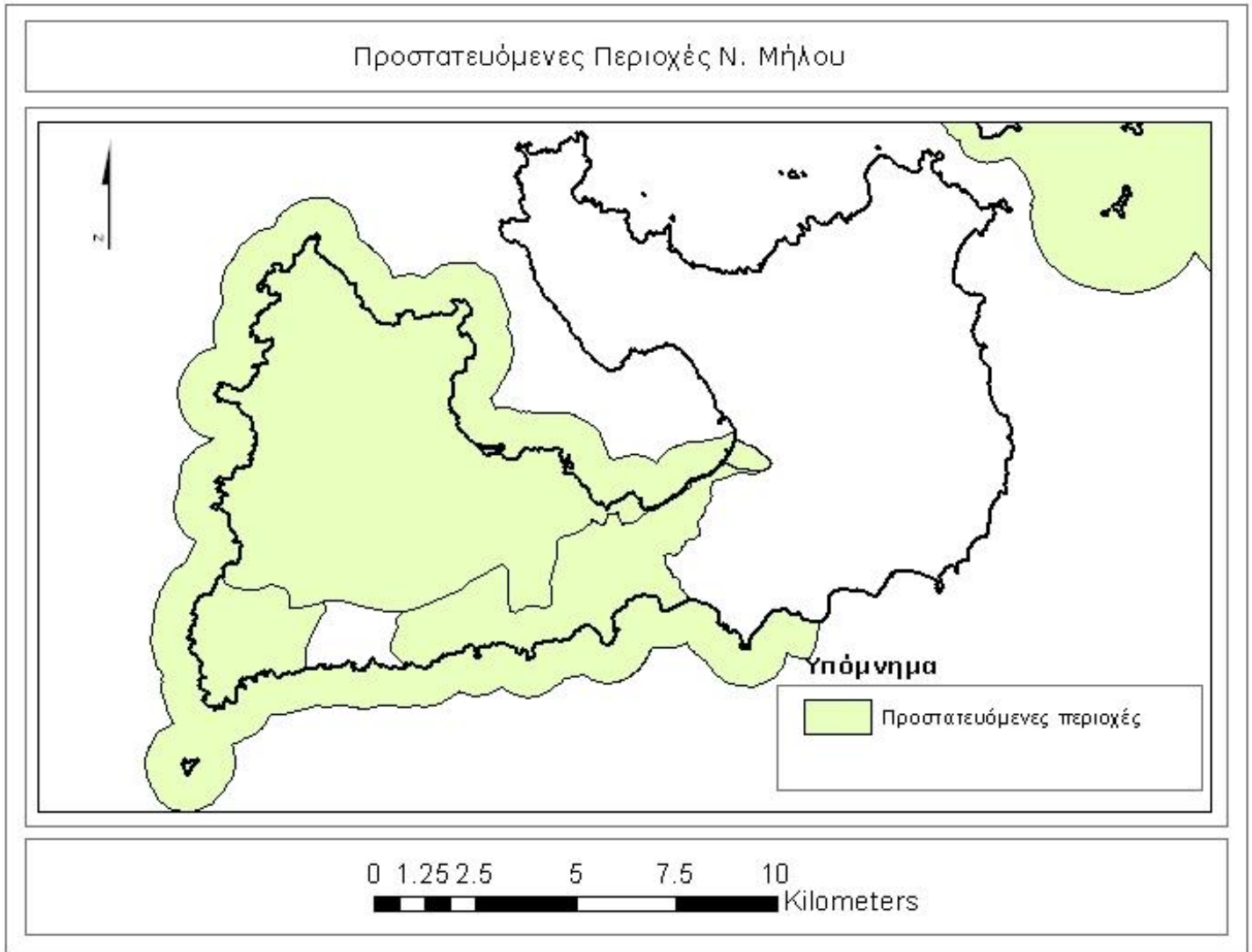
Η εκμετάλλευση που προτείνεται και ενδείκνυται για ένα τέτοιο πεδίο είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ίδιου του νησιού, όσο και για την Κίμωλο και τη Φολέγανδρο που είναι σε κοντινή απόσταση.



Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας Μήλου (ΥΠΕΚΑ)

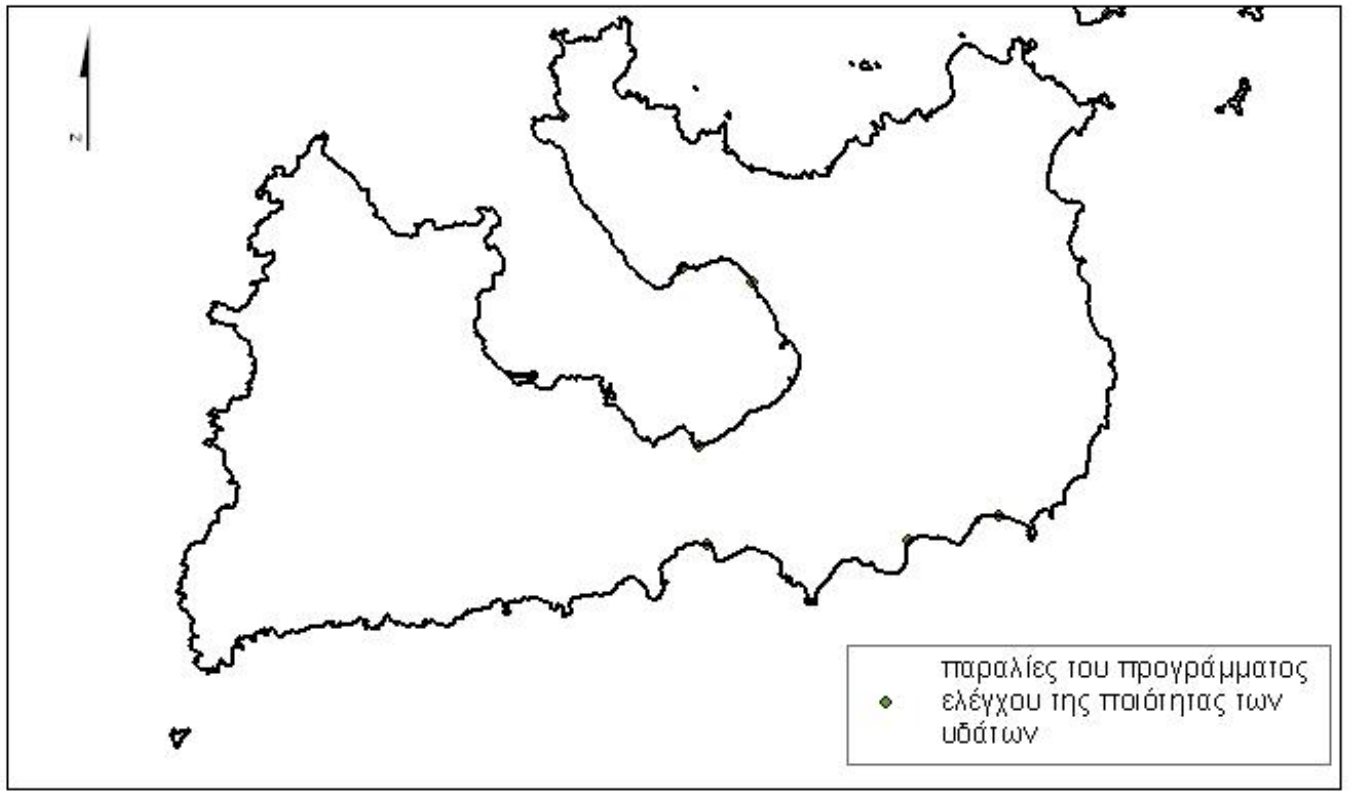
Όπως είδαμε και παραπάνω, το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, πρέπει να βρίσκεται εκτός των ορίων των περιοχών αποκλεισμού που ορίζονται από το Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ.

Με βάση τα δεδομένα που συλλέξαμε και με τη βοήθεια του λογισμικού ARCGIS, καθορίζουμε τις περιοχές αποκλεισμού.



Πηγή : Corine 2000

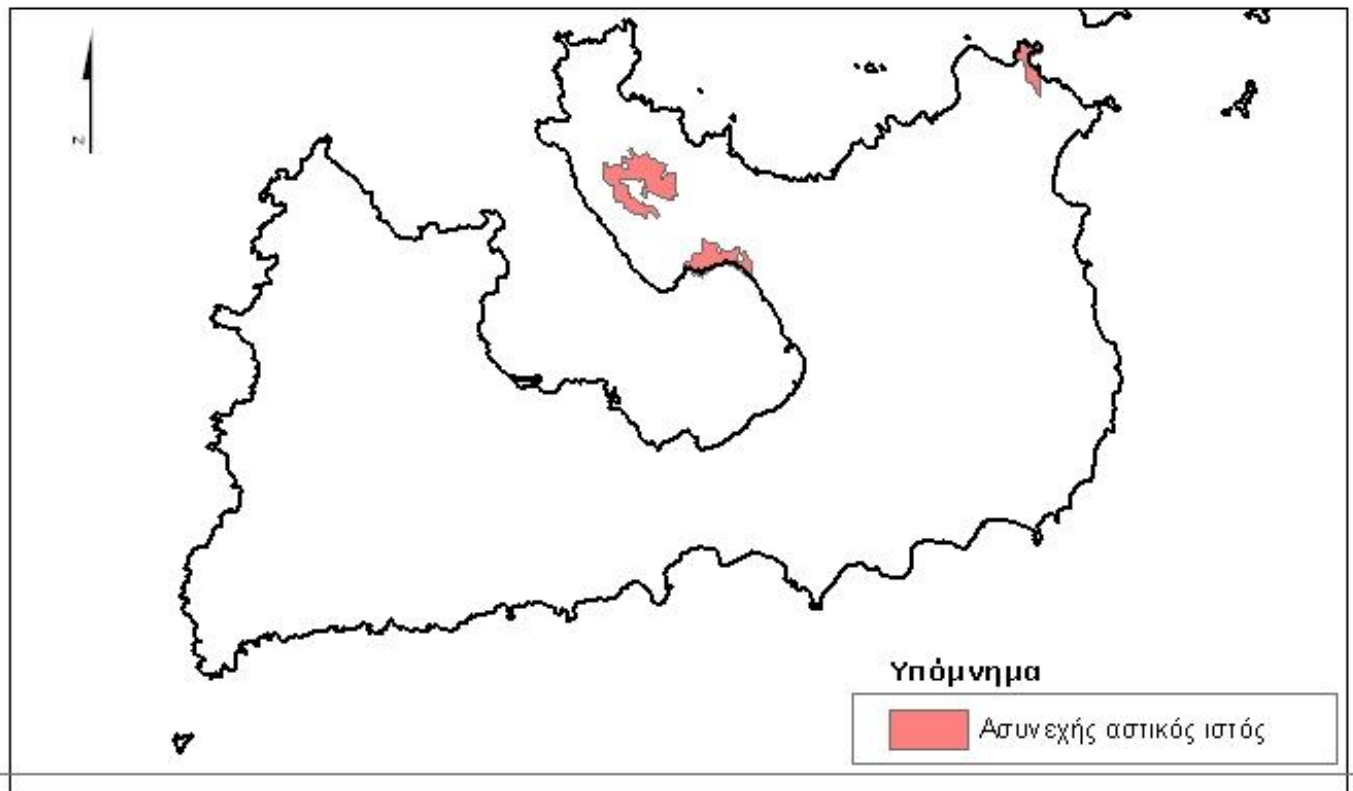
Ακτές κολύμβησης που εντάσσονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης ποιότητας υδάτων του ΥΠΕΚΑ



0 1.25 2.5 5 7.5 10 Kilometers

Πηγή : ΥΠΕΚΑ

## Αστικός Ιστός

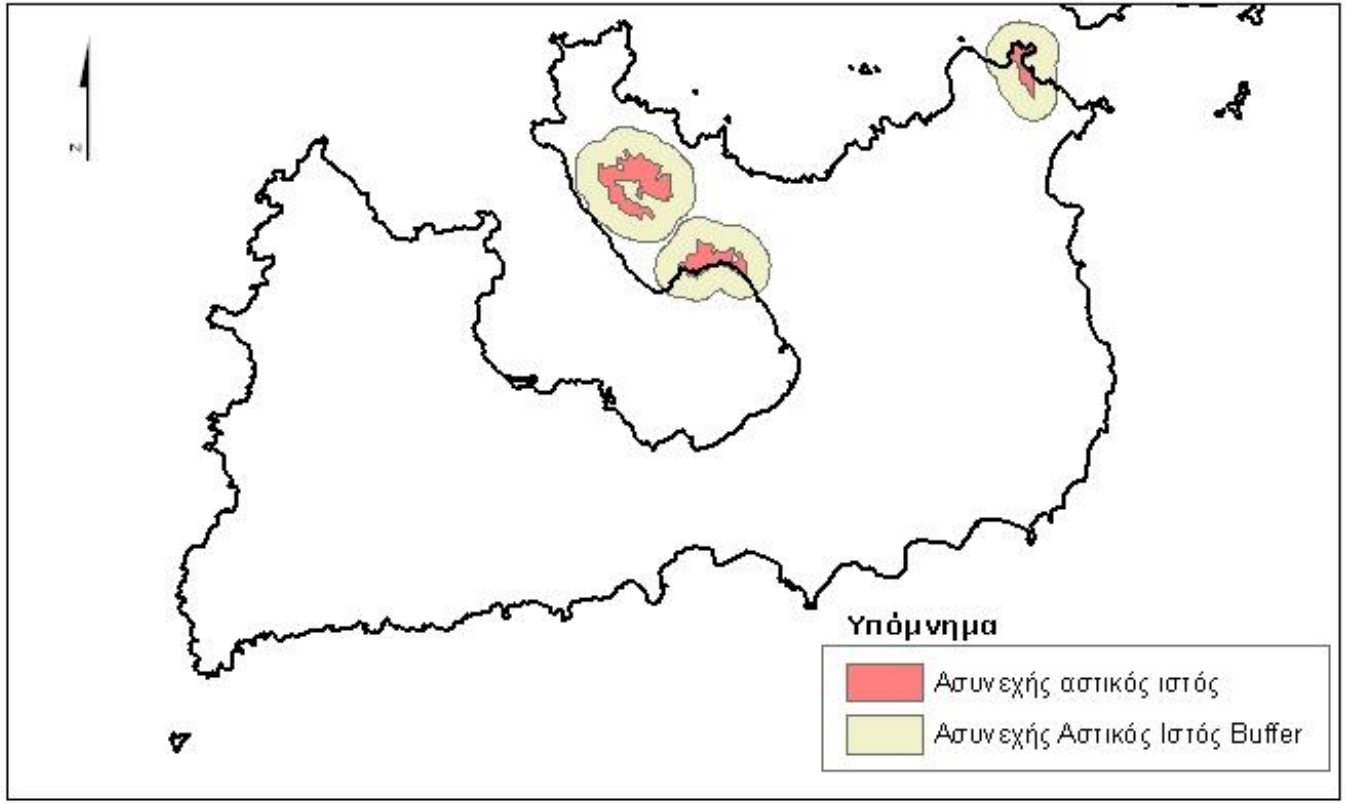


Πηγή : Corine 2000

Ως ελάχιστη απόσταση από τα όρια των οικισμών, για την εγκατάσταση εργοστασίου παραγωγής ενέργειας ορίζονται τα 500 μέτρα. Με τη χρήση του εργαλείου ανάλυσης Buffer, βρίσκουμε τα επιθυμητά όρια.

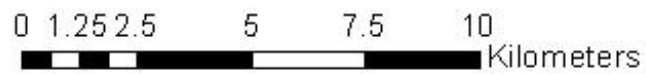
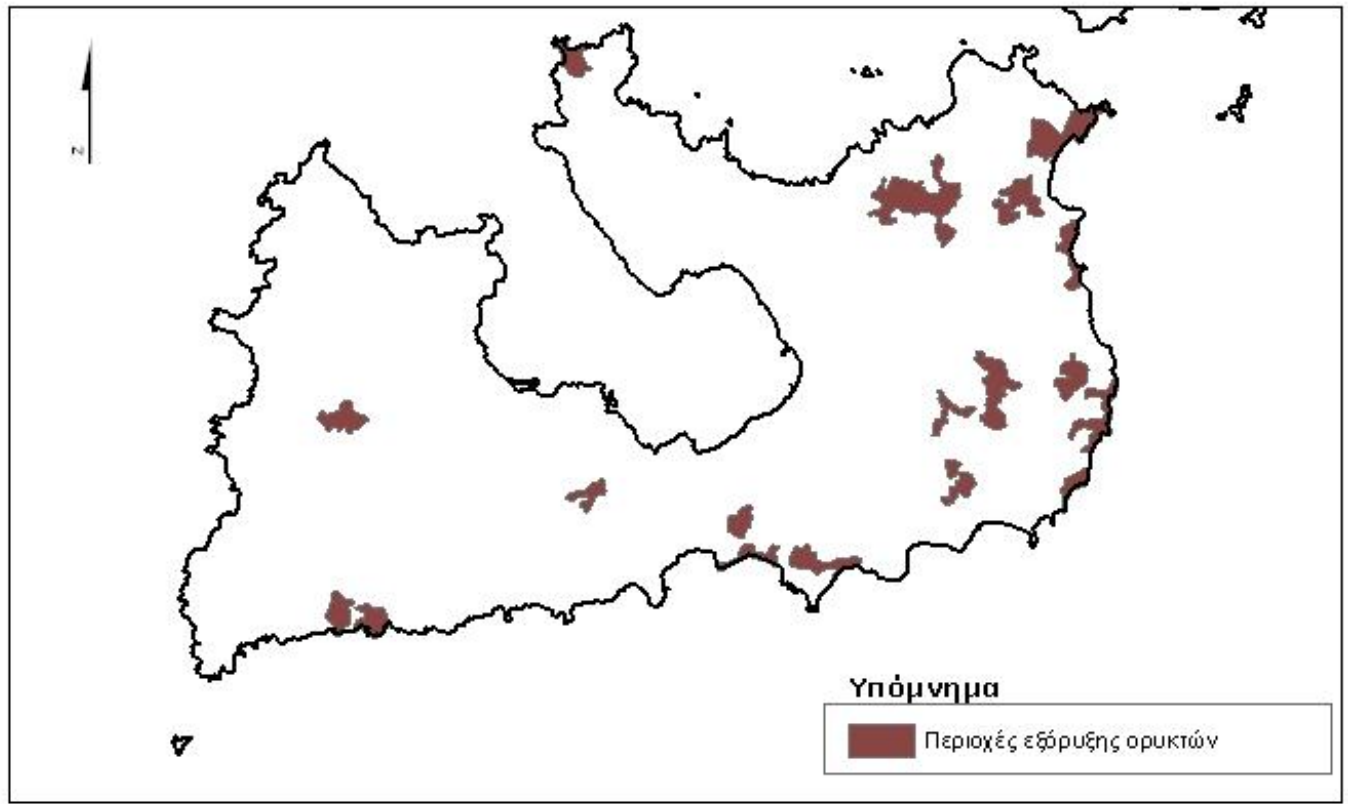


## Αστικός Ιστός



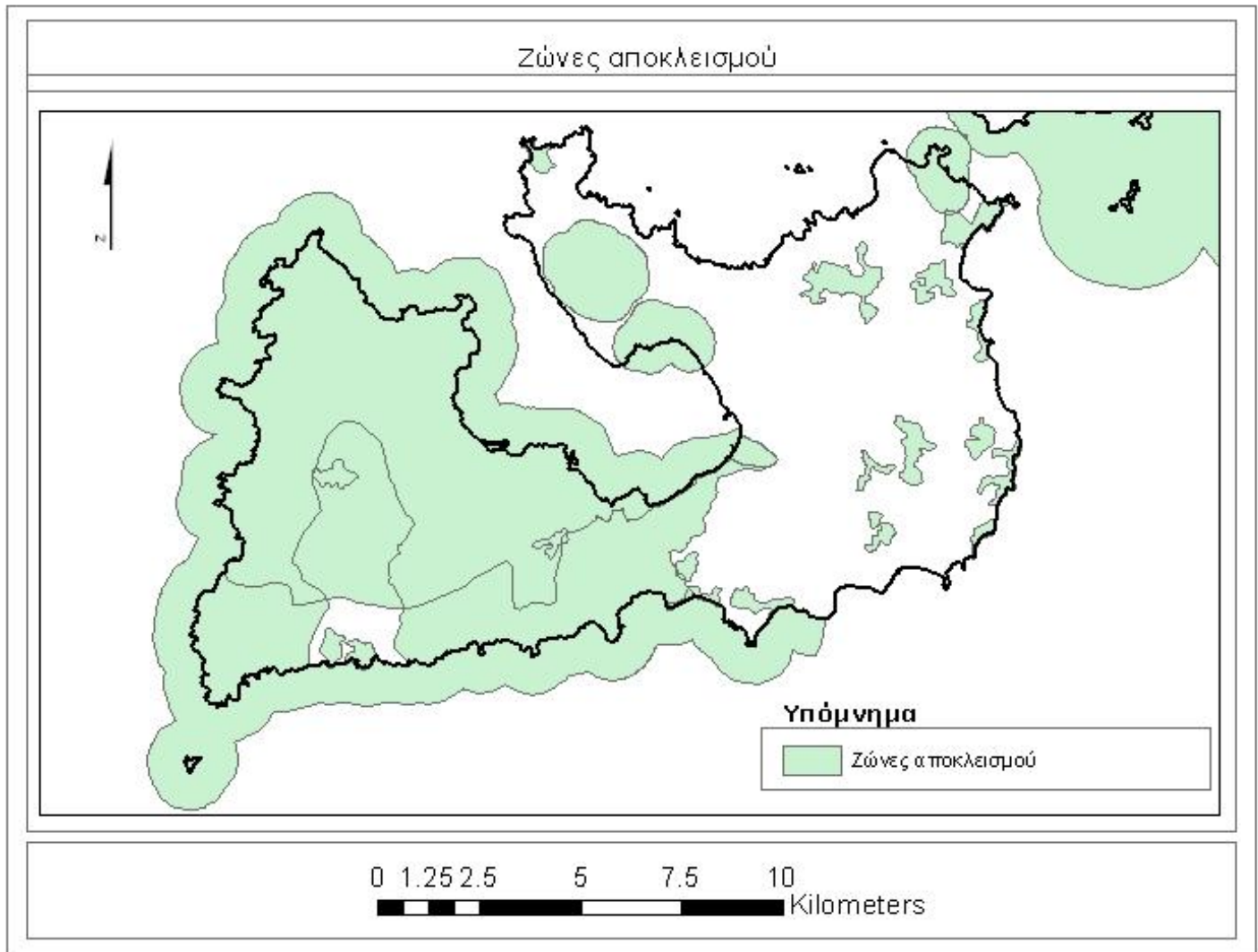
0 1.25 2.5 5 7.5 10  
Kilometers

Λατομικές περιοχές και μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες



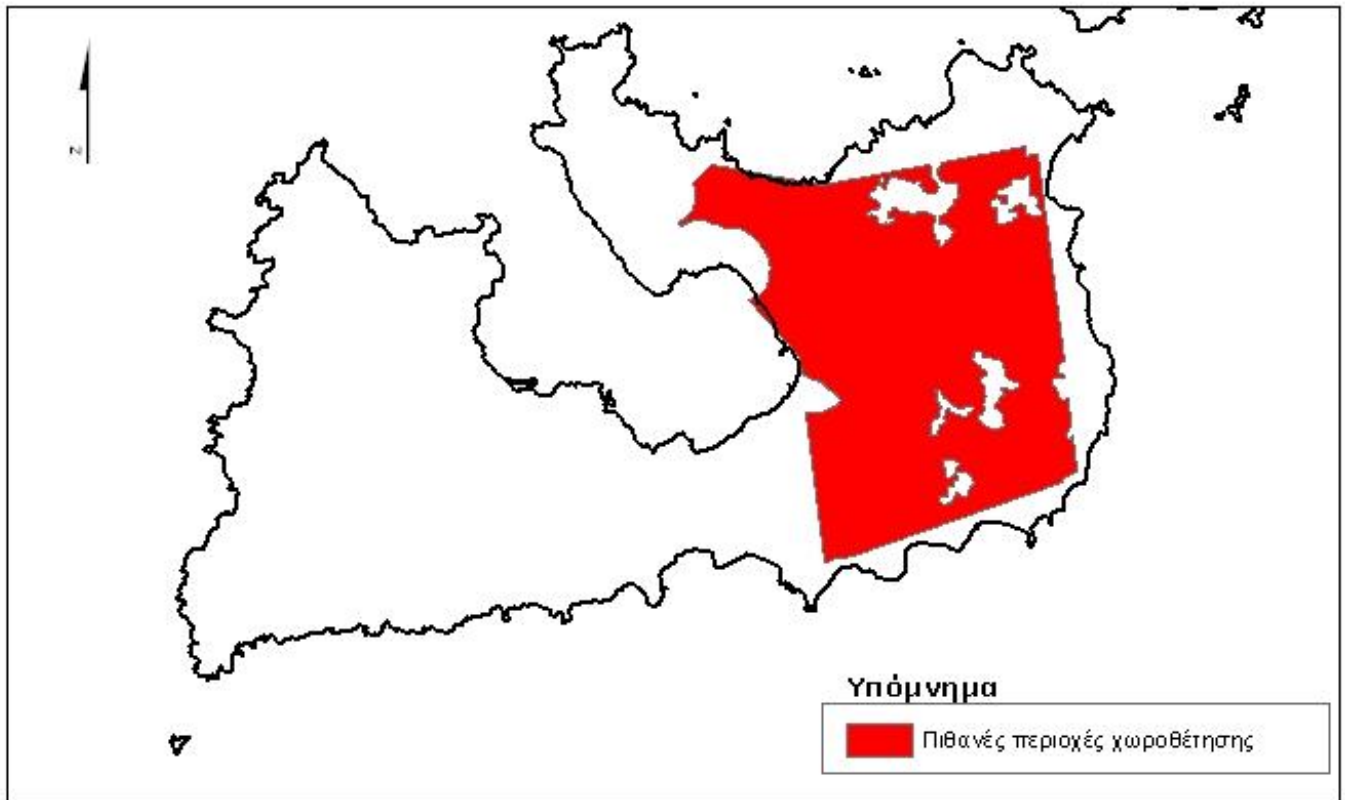
Πηγή : Corine 2000

Για τη δημιουργία της τελικής ζώνης αποκλεισμού που θα περιλαμβάνει σε ένα επίπεδο όλα τα επιμέρους κριτήρια, χρησιμοποιούμε το εργαλείο Union και παράγουμε τον παρακάτω χάρτη.



Με την εντολή Erase, διαγράφουμε τις ζώνες αποκλεισμού από το επίπεδο που περιέχει το γεωθερμικό πεδίο, και παίρνουμε τελικά, τις περιοχές που μπορεί να χωροθετηθεί μια μονάδα παραγωγής ενέργειας. Οι περιοχές αυτές φαίνονται στον παρακάτω χάρτη.

Περιοχές που μπορεί να χωροθετηθεί μονάδα παραγωγής ενέργειας



0 1.25 2.5 5 7.5 10 Kilometers

#### 4.1.2 Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας ν. Μήλου

Παράλληλα με το πεδίο υψηλής ενθαλπίας έχει διαπιστωθεί από τις ερευνητικές εργασίες του ΙΓΜΕ, ότι σ' ολόκληρο το νησί αναπτύσσεται ένα γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας μέχρι του βάθους των 200 μ. περίπου στο οποίο αδιαπέραστοι λιθολογικοί σχηματισμοί το διαχωρίζουν από το υψηλής ενθαλπίας πεδίο που εντοπίζεται σε μεγαλύτερα βάθη.

Τόσο από παλαιότερες ερευνητικές εργασίες του ΙΓΜΕ όσο και νεώτερες της ΜΗΛΟΣ Α.Ε. περιχαράσσεται ένα βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας ενώ ολόκληρο το νησί αποτελεί ένα πιθανό πεδίο.

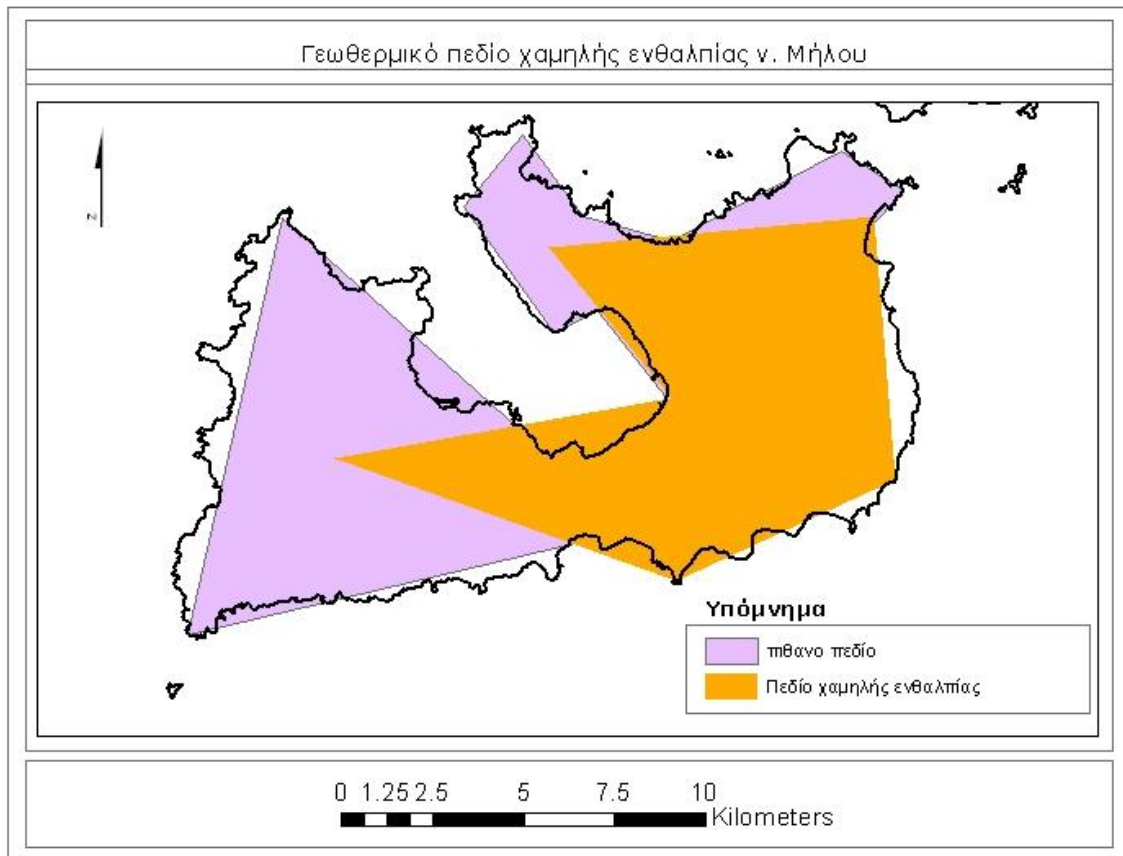
Τα χαρακτηριστικά του **βεβαιωμένου πεδίου** έχουν ως εξής :

- Έκταση 80 Km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία 60- 99 °C
- Βάθος ταμιευτήρα: 50 - 200 m.
- Παροχή: 750 m<sup>3</sup>/h

Τα χαρακτηριστικά **του πιθανού πεδίου** έχουν ως εξής:

- Έκταση 87 Km<sup>2</sup>

Στον συνημμένο χάρτη με πορτοκαλί χρώμα παρουσιάζεται η χωροθέτηση του βεβαιωμένου πεδίου και με μωβ του πιθανού πεδίου (Πηγή : ΥΠΕΚΑ).



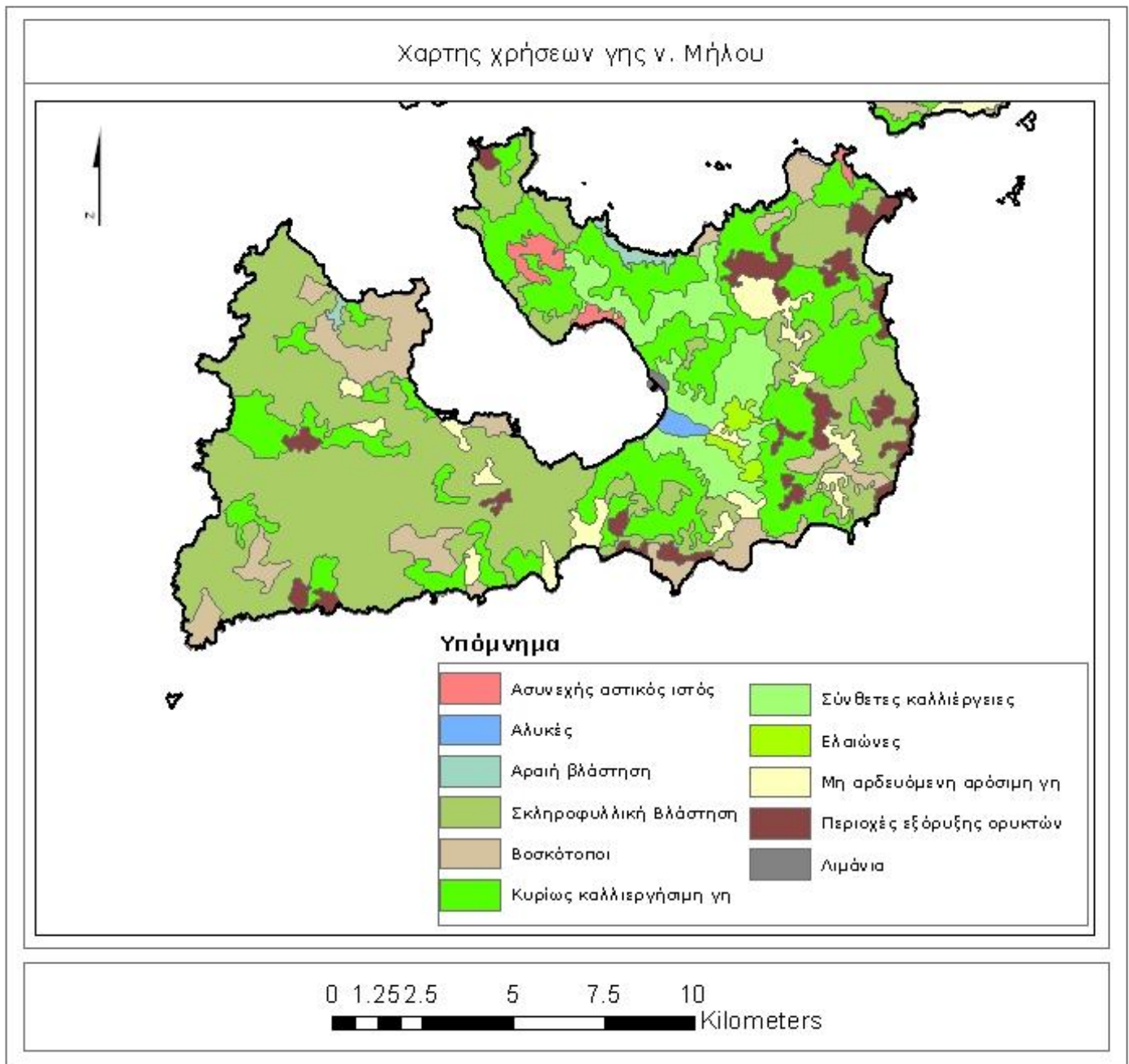
Η θερμοκρασία του βεβαιωμένου πεδίου χαμηλής ενθαλπίας της Μήλου είναι 60 – 99 °C και έχει μεγάλη έκταση, γεγονότα που μας επιτρέπουν πλήθος άμεσων γεωθερμικών εφαρμογών. Παρά το γεγονός ότι οι θερμοκρασίες άντλησης είναι μεγαλύτερες από 60 °C, σχεδιάζοντας εφαρμογές σε σειρά, μπορούμε να πετύχουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες, που θα μας δώσουν τη δυνατότητα για μεγαλύτερη και ορθολογικότερη εκμετάλλευση της θερμοκρασίας του ρευστού.

Ενδεικτικά, κάποιες χρήσεις για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ρευστό τέτοιων θερμοκρασιών μετά τη μετάδοση της θερμότητας σε άλλο υγρό είναι:

- Θέρμανση και ψύξη κτηρίων
- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση εδάφους
- Ξήρανση τροφίμων
- Καθαρισμός κτηνοτροφικών μονάδων
- Επεξεργασία τροφίμων
- Υδατοκαλλιέργειες
- Αφαλάτωση νερού

#### 4.1.3 Προτάσεις εκμετάλλευσης των γεωθερμικών πεδίων της Μήλου

Παρατηρώντας τον χάρτη χρήσεων γης, παρατηρούμε ότι το νησί είναι αραιοκατοικημένο. Στο δυτικό τμήμα του, επικρατεί η σκληρόφυλλη βλάστηση, ενώ οι χρήσεις που επικρατούν στο ανατολικό τμήμα του, είναι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις και οι εξορυστικές περιοχές. Μικρότερες εκτάσεις χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι. Αναλυτικά οι χρήσεις που συναντάμε είναι:



Πηγή : Corine 2000

Τα ορυκτά που συναντάμε στη Μήλο είναι ο μπετονίτης, ο καολίνης, ο περλίτης, η ποζολάνη, ενώ σε μικρότερες ποσότητες υπάρχει το θείο, ο βαρύτης και ο γύψος. Η χρησιμότητά τους στην ελληνική αλλά και στη διεθνή αγορά είναι πολύ μεγάλη και γίνονται σοβαρές εξαγωγές κάθε χρόνο. Ο περλίτης είναι ένα υαλώδες ηφαιστειακό πέτρωμα που, αφού θερμανθεί στους 900ο - 1100οC, διογκώνεται, με αποτέλεσμα να γίνεται ένα άριστο μονωτικό ή βελτιωτικό εδάφους σε καλλιέργειες και θερμοκήπια. Ο μπετονίτης μαζί με αλεσμένο βαρύτη χρησιμοποιείται ως μονωτικό στις γεωτρήσεις πετρελαίου. Ακόμα χρησιμοποιείται στα καλούπια των χυτηρίων, στη μεταλλουργία του σιδήρου και σε διάφορες άλλες χρήσεις. Ο καολίνης είναι πρώτη ύλη στις βιομηχανίες χάρτου, πορσελάνης, χρωμάτων, ειδών υγιεινής, καουτσούκ. Η ποζολάνη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τσιμέντου.

Τα γεωργικά προϊόντα που κύρια καλλιεργούνται είναι: ντομάτες, πεπόνια, καρπούζια, ελιές, πορτοκάλια, μανταρίνια, σταφύλια κ.ά, ενώ τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται οργανωμένες γεωργικές καλλιέργειες υπό μορφή θερμοκηπίων.

Η κτηνοτροφία δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη, μερικοί όμως ασχολούνται μ' αυτή έχοντας κυρίως αιγοπρόβατα ελεύθερης βοσκής.

Η γεωθερμία, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα που θα βοηθήσει τόσο στην ανάπτυξη των ήδη υπαρχόντων δραστηριοτήτων, όσο και να δημιουργήσει νέες προοπτικές ανάπτυξης για το νησί.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ορθολογικότερη εκμετάλλευση επιτυγχάνεται με τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων σε σειρά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η χρήση του υγρού σε διάφορες θερμοκρασίες για διαφορετικές εφαρμογές από την ίδια γεώτρηση.

A. Αρχικά, μπορεί να δημιουργηθεί μια μονάδα παραγωγής ενέργειας, εκμεταλλευόμενοι τις μεγάλες θερμοκρασίες του πεδίου υψηλής ενθαλπίας (280 - 320 °C). Η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από το πεδίο αυτό, είναι αρκετά μεγάλη, αφού παρατηρείται μεγάλη παροχή γεωθερμικού ρευστού και ατμού με μεγάλη πίεση. Όμως, για να μην υπάρξει ιδιαίτερη επιβάρυνση της γύρω περιοχής, θα ήταν καλό η παραγωγή να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη, και απλά να περιορίζεται στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ίδιου του νησιού και της Κιμώλου.

B. Στη συνέχεια, το υγρό που εξέρχεται από τη μονάδα παραγωγής ενέργειας, έχει χαμηλότερη θερμοκρασία, που με την κατάλληλη επεξεργασία (πρόσμιξη με νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας), μπορεί να κατέβει στα επιθυμητά επίπεδα για χρήση σε κάποια άλλη εφαρμογή. Συνήθως, οι βιομηχανικές και οι εξορυκτικές δραστηριότητες, απαιτούν και υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις αγροτικές. Έτσι, το υγρό μπορεί να διανέμεται σε κάποιες βιομηχανικές μονάδες με μικρότερη παροχή από την αρχική, όπου και θα χρησιμοποιείται.



Στις περιοχές εξόρυξης της Μήλου, συναντάμε ορυκτά όπως ο γύψος, και ο καολίνης. Μετά από θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασίες 50 – 150 °C από τον ορυκτό γύψο παράγεται το γυψοκονίαμα, που είναι χρήσιμο τόσο στις οικοδομικές εργασίες, όσο και στη γλυπτική. Ο καολίνης, είναι πέτρωμα αργιλοπυριτικό, και είναι πάντοτε προϊόν αλλοίωσης άλλων αργιλοπυριτικών ορυκτών, κυρίως αστρίων, είτε με αποσάθρωση είτε με υδροθερμική δραστηριότητα σε θερμοκρασίες 50 – 150 °C.

Το γεγονός ότι στη Μήλο δεν υπάρχει πόσιμο νερό, καθιστά αναγκαία τη λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, η οποία υπάρχει και σήμερα στο νησί. Στην υπάρχουσα εγκατάσταση, οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται με χρήση αιολικής ενέργειας. Όμως, με τη χρήση γεωθερμικού ρευστού ή άλλου υγρού που έχει θερμανθεί από το γεωθερμικό ρευστό σε θερμοκρασίες 60 – 120 °C, μπορεί η αφαλάτωση να γίνει πιο οικονομική και αποδοτική.

Μία ακόμα βιομηχανική χρήση της γεωθερμίας, που μπορεί να είναι εφικτή είναι αυτή της χώνευσης βιολογικής λάσπης από τον βιολογικό καθαρισμό σε θερμοκρασίες 55 – 80 °C. Μια τέτοια εγκατάσταση, μπορεί να έχει πολλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς οι πρώτες ύλες μπορεί να αποτελούνται από τα απόβλητα (ιλύς) του υπάρχοντος βιολογικού καθαρισμού και διάφορα ζωικά απόβλητα. Με την κατάλληλη επεξεργασία, τα απόβλητα αυτά μπορούν να παράξουν βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους από τους ίδιους τους κατοίκους του νησιού ( θέρμανση, μετακινήσεις, μαγείρεμα κ.α). Τα υπολείμματα αυτής της διαδικασίας μετά από τον απαραίτητο έλεγχο, μπορούν να αποτελέσουν οργανικό λίπασμα για τις καλλιέργειες.

Γ. Όσον αφορά τις αγροτικές και κτηνοτροφικές εφαρμογές, οι απαιτούμενες θερμοκρασίες είναι ακόμα μικρότερες. Για παράδειγμα τα θερμοκήπια που υπάρχουν στην περιοχή, μπορούν να αντικαταστήσουν τη θέρμανση με πετρέλαιο με θερμότητα προερχόμενη από γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασίες 40 - 90 °C. Στον τομέα της μεταποίησης των αγροτικών προϊόντων, μπορεί να επιτευχθεί η ξήρανση τροφίμων με αέρα ζεσταμένο στην κατάλληλη κάθε φορά θερμοκρασία.

Δ. Τέλος, η θέρμανση και η ψύξη με τηλεθέρμανση των οικισμών και των ξενοδοχείων που υπάρχουν, μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο τις ανάγκες των κατοίκων του νησιού σε πετρέλαιο αλλά και ηλεκτρικό ρεύμα.

## 4.2 Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας ν. Νισύρου

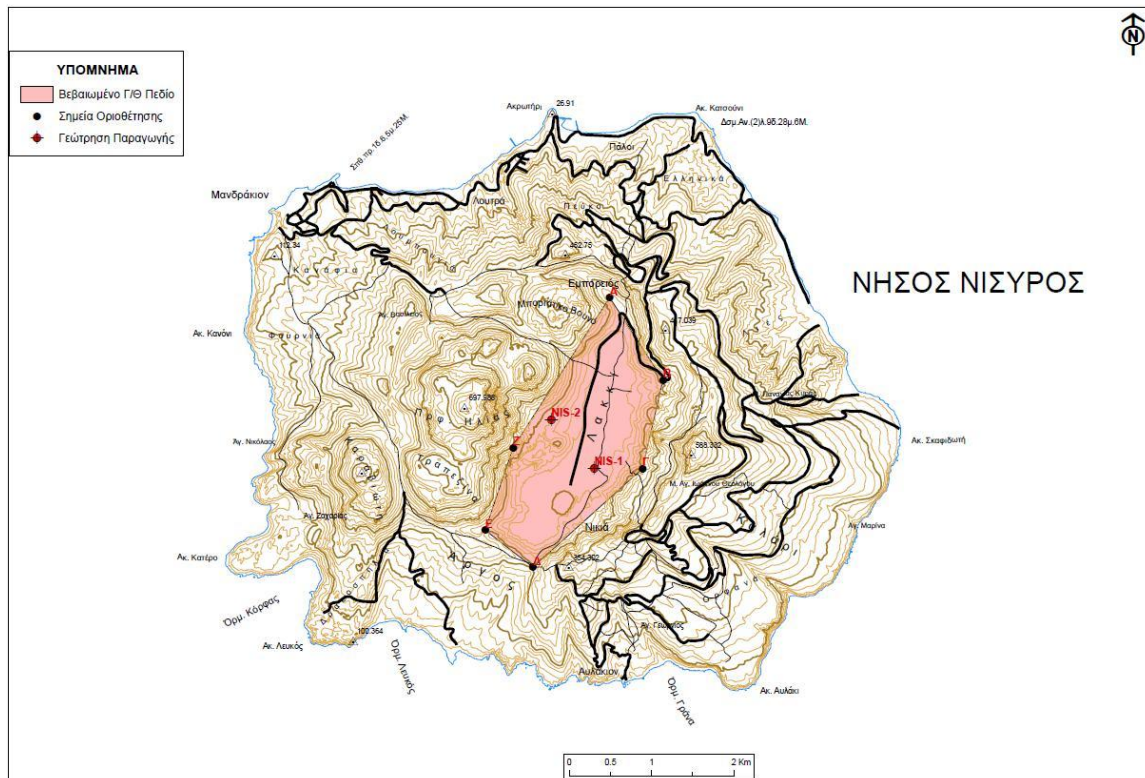
Στη ν. Νίσυρο του νομού Δωδεκανήσων έχει εντοπιστεί το δεύτερο, γνωστό σήμερα, γεωθερμικό πεδίο υψηλής θερμοκρασίας στη χώρα. Οι έρευνες του ΙΓΜΕ άρχισαν και εδώ τη δεκαετία του 1970 λίγο μετά τη Ν. Μήλο. Ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία με την εκτέλεση μεγάλου εύρους ερευνητικών εργασιών επιφάνειας και τη διάνοιξη εννέα αβαθών γεωτρήσεων μέτρησης της γεωθερμικής βαθμίδας.

Κατά τη δεκαετία του 1980 η ΔΕΗ, βασισμένη στα αποτελέσματα των προηγηθεισών ερευνών, διάνοιξε δύο βαθιές γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής μέχρι βάθους 1.820 μ. περίπου.

Από τα υπάρχοντα στοιχεία εκτιμάται ότι το πεδίο θα μπορούσε να παράγει περίπου 20 MWe

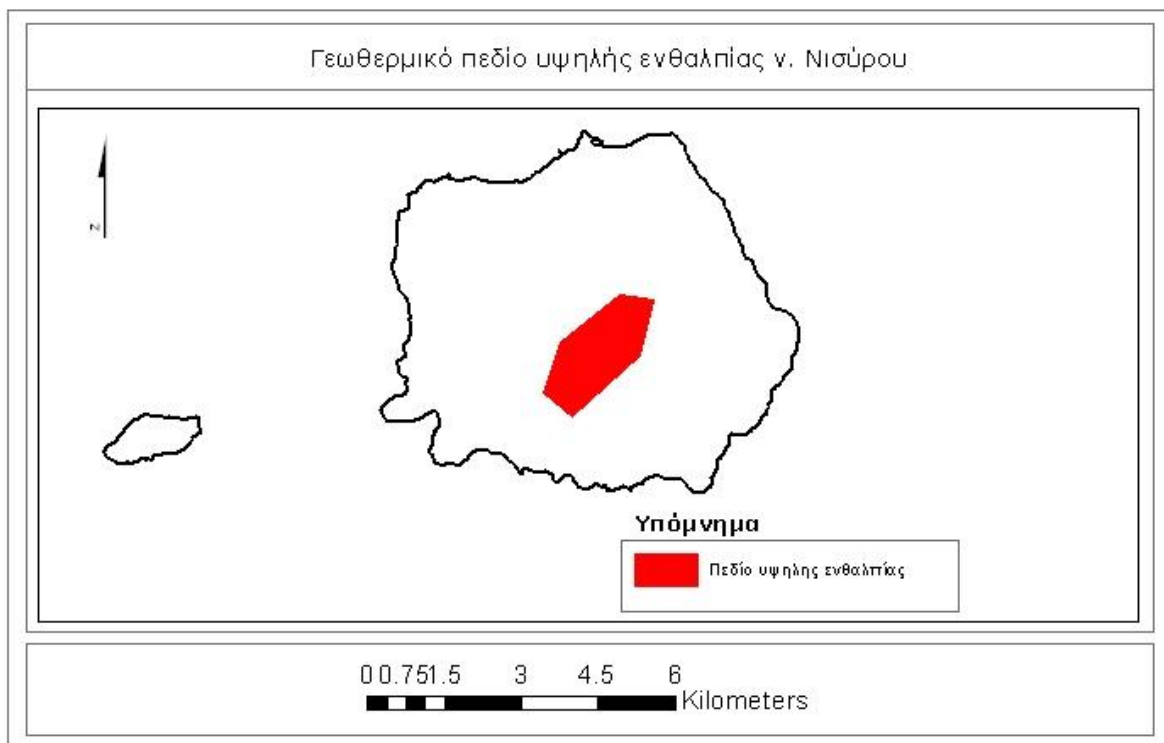
Τα χαρακτηριστικά του βεβαιωμένου αυτού πεδίου έχουν ως εξής :

- Έκταση 3,50 Km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία (στον πυθμένα των γεωτρήσεων) > 350 °C
- Βάθος ταμειυτήρα: 1400 - 1900 m.
- Παροχή: 75 ton/h ρευστού. Λόγος αέριας προς υγρή φάση 27:73.
- Πίεση 12 atm.



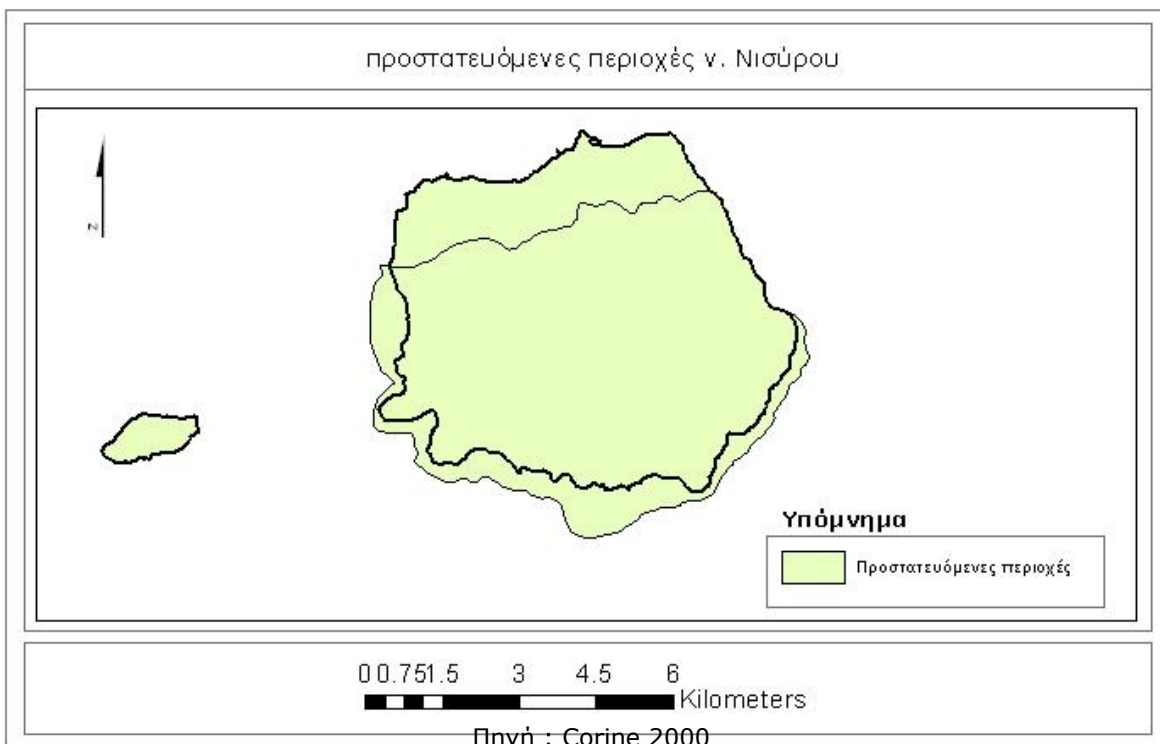
Όπως και στην περίπτωση της Μήλου, η βασική αρχική χρήση που ενδείκνυται είναι αυτή της ηλεκτροπαραγωγής. Στη συνέχεια, τα θερμαινόμενα υγρά θα ακολουθούν μια πορεία μέσα από διαδοχικές εφαρμογές για την πλήρη εκμετάλλευση της θερμότητας.

Αρχικά πρέπει να καθορίσουμε τις περιοχές όπου μπορεί να εγκατασταθεί μία μονάδα παραγωγής ενέργειας από γεωθερμία σύμφωνα με το Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ.



Πηγή : ΥΠΕΚΑ

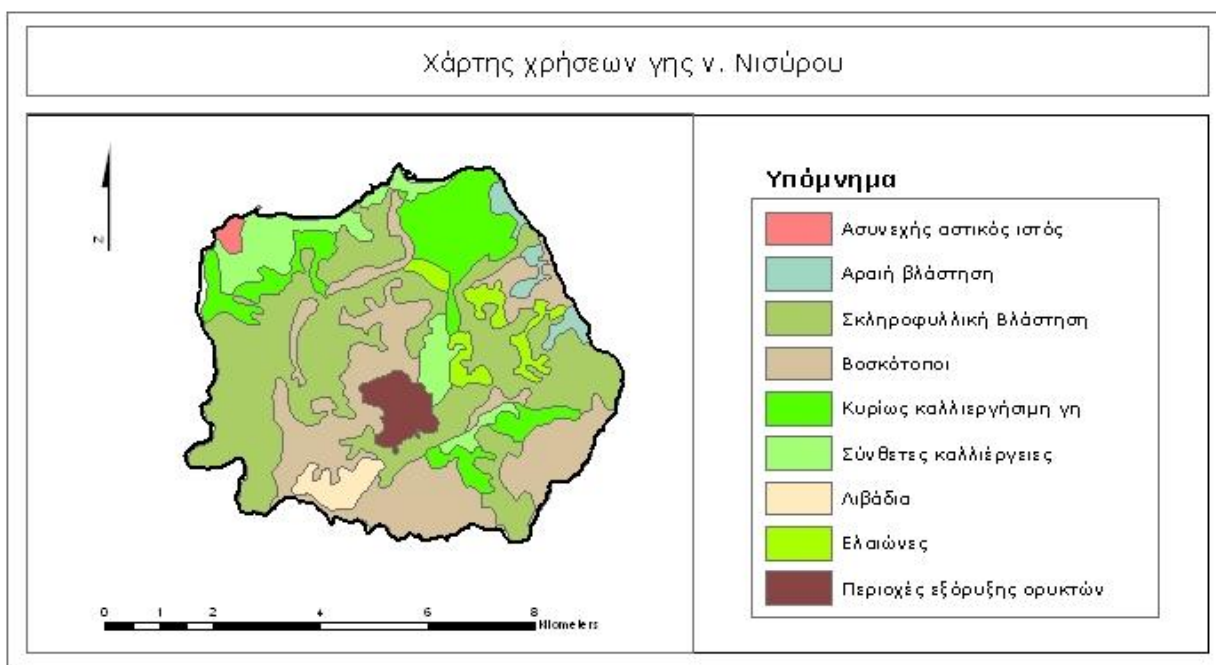
Με τη βοήθεια του λογισμικού ARC GIS, καθορίζουμε τις ζώνες αποκλεισμού.



Όπως φαίνεται στον παραπάνω χάρτη, ολόκληρο το νησί αποτελεί προστατευόμενη περιοχή, και πιο συγκεκριμένα, εντάσσεται στο δίκτυο Natura 2000. Σύμφωνα λοιπόν με το Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ για την εγκατάσταση μονάδας παραγωγής ενέργειας εντός προστατευόμενης περιοχής και λόγω της σημειακότητας της γεωθερμίας, πρέπει να εκπονηθεί ειδική μελέτη.

Παρόλα αυτά, δεν είναι απαγορευτική η άμεση χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για διάφορες εφαρμογές.

Παρατηρώντας τον χάρτη χρήσεων γης του νησιού, βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού καταλαμβάνεται από σκληροφυλλική βλάστηση και βοσκότοπους, ενώ μικρότερη έκταση καταλαμβάνουν διάφορες καλλιεργούμενες εκτάσεις.



Πηγή : Corine 2000

Η Νίσυρος, αποτελείται αποκλειστικά από ηφαιστειακά πετρώματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι ο περλίτης και η κίσηρης, η εκμετάλλευση των οποίων αποτελεί τη βασικότερη απασχόληση των κατοίκων του νησιού για πάρα πολλά χρόνια. Σήμερα, το θέμα της εξορυκτικής δραστηριότητας στη ευρύτερη περιοχή τίθεται κάτω από μια άλλη οπτική γωνιά, αυτή της θεώρησης της Νισύρου ως ενός τόπου ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, ως ενός υπαίθριου γεωλογικού μουσείου, ενός από τα λίγα εναπομείναντα γεω-οικοσυστήματα σε ισορροπία, του οποίου προέχει η υπεράσπιση και διατήρηση.

Στις λίγες καλλιεργούμενες εκτάσεις που υπάρχουν στο νησί, συναντάμε κυρίως αμυγδαλιές, συκιές, αμπέλια και ελιές. Αντίστοιχα με τη γεωργική παραγωγή, μικρή είναι και η ενασχόληση των κατοίκων του νησιού με την κτηνοτροφία.

Το νησί δεν διαθέτει αποθέματα πόσιμου νερού, καθώς οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες (λιγότερο από 50εκ. ανά έτος) και οι λιγοστοί υδροφόροι «μολύνονται» από τα θερμά νερά και αέρια. Η μοναδική πηγή με πόσιμο νερό βρίσκεται στα ανατολικά, κοντά στο μοναστήρι της Παναγιάς Κυράς, παρέχοντας λιγοστό νερό. Οι στέρνες συλλογής βρόχινου νερού έλυναν το πρόβλημα της ύδρευσης στο παρελθόν. Σήμερα, λειτουργεί μία μονάδα αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, δυναμικού 340m<sup>3</sup> το εικοσιτετράωρο. Σε πλήρη λειτουργία θα μπορούσε να εξασφαλίσει το απαιτούμενο για το νησί νερό. Όμως αυτό δεν

συμβαίνει και μεγάλο μέρος του απαιτούμενου νερού εισάγεται από άλλες περιοχές. Η μονάδα αυτή, καλύπτει τις ανάγκες της σε ενέργεια με τη χρήση ανεμογεννήτριας, όπως και στην περίπτωση της Μήλου. Με την αλλαγή της τεχνολογίας της υπάρχουσας εγκατάστασης, για την αξιοποίηση της θερμοκρασίας των γεωθερμικών ρευστών για την αφαλάτωση του νερού, μπορούν να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα, ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης κάλυψη των αναγκών του νησιού σε νερό.

Στον πρωτογενή τομέα, υπάρχουν πολλές εφαρμογές που μπορούν να πραγματοποιηθούν, όπως η εγκατάσταση θερμοκηπίων και ιχθυοκαλλιεργειών σε εναρμόνιση πάντα με το τοπίο. Επίσης, λόγω του ότι το νησί είναι αρκετά απομακρυσμένο από τα μεγάλα αστικά κέντρα, χρήσιμη θα ήταν μια μονάδα συντήρησης τροφίμων με την τεχνολογία της ψύξης με απορρόφηση (120 – 160 °C).

Τέλος, οι ανάγκες των οικισμών και των λοιπών εγκαταστάσεων σε θέρμανση και ψύξη μπορούν να καλυφθούν εξ ολοκλήρου με τη χρήση της γεωθερμίας.



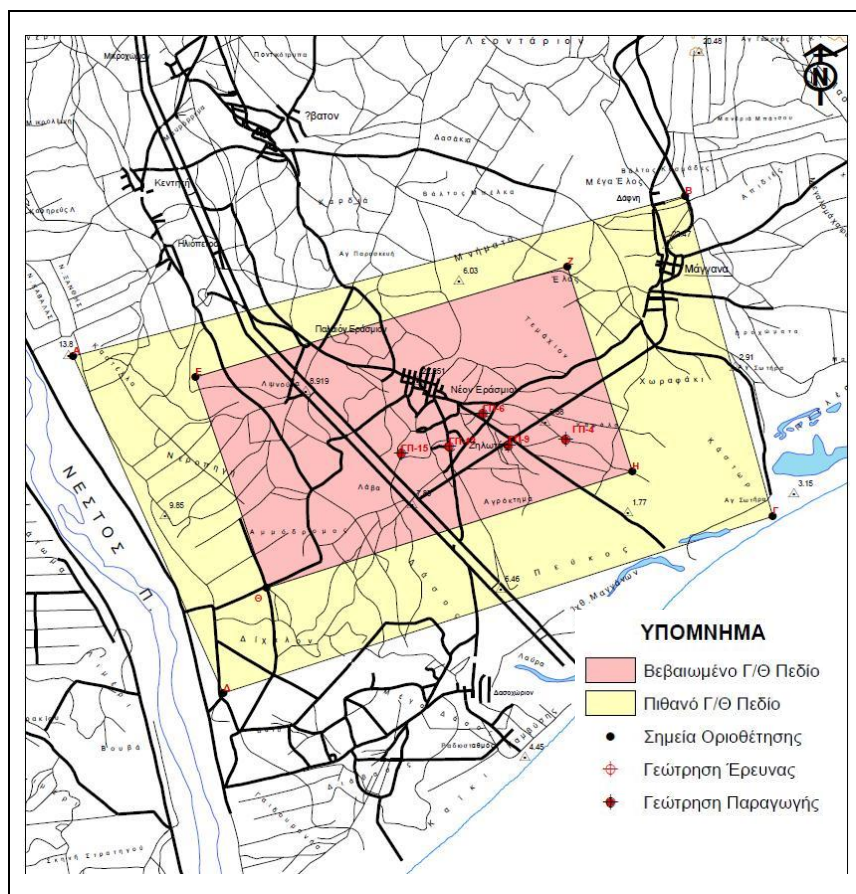


#### 4.3.2 Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας Ερασμίου – Μαγγάνων

Η γεωθερμική περιοχή Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων βρίσκεται στα διοικητικά όρια του Ν. Ξάνθης και εντοπίζεται εντός της Τριτογενούς ταφρογενούς λεκάνης Ξάνθης – Κομοτηνής. Εκτείνεται από τα ανατολικά του οικισμού Μάγγανα έως την παλαιά κοιτή του ποταμού Νέστου, νότια ως την παραλιακή ζώνη και βόρεια ως το Εύλαλο. Στην περιοχή του Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων εκτελέστηκαν γεωτρήσεις έρευνας και 5 γεωτρήσεις έρευνας – παραγωγής, που περιχάραξαν ένα πιθανό και ένα βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο. Ακόμη προσδιόρισαν την κατανομή των θερμοκρασιών με το βάθος, τη στρωματογραφική κατανομή των πετρωμάτων και τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα.

Το βεβαιωμένο πεδίο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

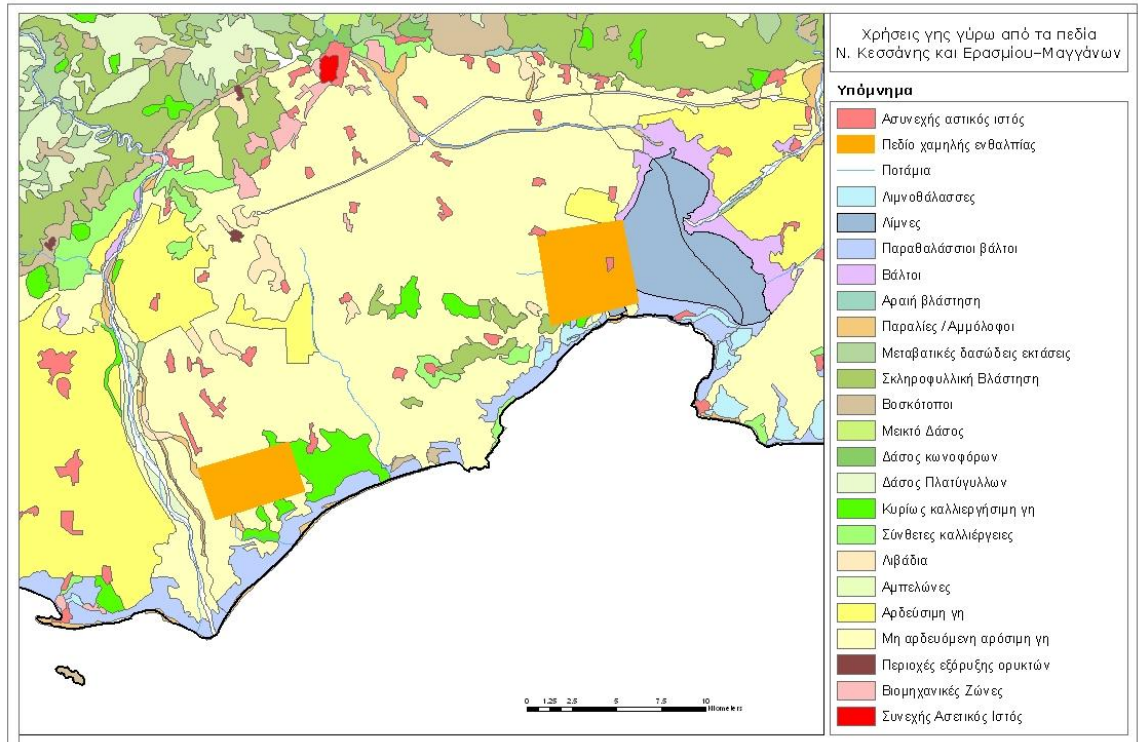
- Έκταση περιοχής ενδιαφέροντος: 16 km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα: 27- 68 °C .
- Βάθος ταμιευτήρα: 350-500m.
- Παροχή: 250 m<sup>3</sup>/h



Πηγή ΙΓΜΕ



Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τα περιγραφικά στοιχεία των δύο πεδίων, παρά τη μεγάλη τους έκταση, είναι σε σχετικά μικρό βάθος και δεν έχουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Η απόσταση μεταξύ τους είναι μικρή, και για αυτό θα προτείνουμε κοινές εκμεταλλεύσεις και για τα δύο. Στον παρακάτω χάρτη αποτυπώνονται οι χρήσεις γης της περιοχής γύρω από τα δύο πεδία.



Πηγή : Corine 2000

Από τον παραπάνω χάρτη, εύκολα μπορούμε να διακρίνουμε ότι στη γύρω περιοχή υπάρχουν μη αρδευόμενες καλλιέργειες, με δημητριακά, όσπρια, δενδροκαλλιέργειες, ανθοκομικές καλλιέργειες και οπωροκηπευτικά. Παράλληλα, παρατηρούμε ότι υπάρχουν αρκετοί οικισμοί, οι οποίοι μπορούν να επωφεληθούν από την γεωθερμία με εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης. Τα δύο πεδία που μελετάμε σε αυτή την ενότητα, χαρακτηρίζονται από χαμηλές μέγιστες θερμοκρασίες 83 °C και 68 °C αντίστοιχα. Αυτό το γεγονός περιορίζει πολύ τις δυνατές εκμεταλλεύσεις, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούμε να αποκομίσουμε σημαντικά οφέλη.

Ακολουθώντας την τακτική σχεδίασης σε σειρά, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αρχική θερμοκρασία των ρευστών για τη δημιουργία εγκαταστάσεων για την θέρμανση και την ψύξη κάποιων οικισμών με τηλεθέρμανση. Η δραστηριότητα αυτή, χρειάζεται θερμοκρασία περίπου 70 °C,

η οποία μπορεί να επιτευχθεί από το πεδίο της Νέας Κεσσάνης, η μεγάλη παροχή του οποίου, μπορεί να συντελέσει στην κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη πολλών κατοίκων. Στη συνέχεια, τα ρευστά με θερμοκρασία περίπου στους 50 °C μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση θερμοκηπίων και ιχθυοκαλλιεργειών, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τον καθαρισμό κτηνοτροφικών μονάδων, όσο και για τη δημιουργία σταθερού περιβάλλοντος ανάπτυξης διάφορων κτηνοτροφικών ειδών.

Η χρήση της γεωθερμίας για την ξήρανση αγροτικών προϊόντων όπως το βαμβάκι, καλαμπόκι και γενικότερα όλα τα δημητριακά που καλλιεργούνται στην περιοχή, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό βήμα στον τομέα της μεταποίησης.

Το 1999 δημιουργήθηκε πιλοτική μονάδα προ-ξηράνσης βαμβακιού που λειτουργεί στη Ν. Κεσσάνη (Σύνδεσμο Δήμων & Κοινοτήτων Ιαματικών Πηγών και Λουτροπόλεων



Εναλλάκτης νερού/αέρα  
Ανεμιστήρας  
Σύστημα τροφοδοσίας του βαμβακιού  
Πύργος ξήρανσης  
Κυκλώνας για το διαχωρισμό του βαμβακιού

Παροχή νερού: 4 m<sup>3</sup>/h  
Θερμ. νερού εισ./εξ. : 70/40°C  
Παροχή αέρα: 1300 m<sup>3</sup>/h  
Θερμ. αέρα εισ./εξ. : 25 /55°C  
Τροφοδοσία βαμβακιού: 100 kg/h  
Υγρασία βαμβακιού, έξοδος: < 7%

Πηγή: Μ. Φυτίκας, Γεωθερμία στην Ελλάδα: Δυναμικό, Εφαρμογές, Προοπτικές

Τέλος, η χαμηλότερη πλέον θερμότητα των ρευστών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το λιώσιμο του χιονιού από τους δρόμους κατά τους χειμερινούς μήνες που είναι πιθανό να υπάρχουν προβλήματα, έτσι ώστε να διευκολύνονται οι μετακινήσεις.

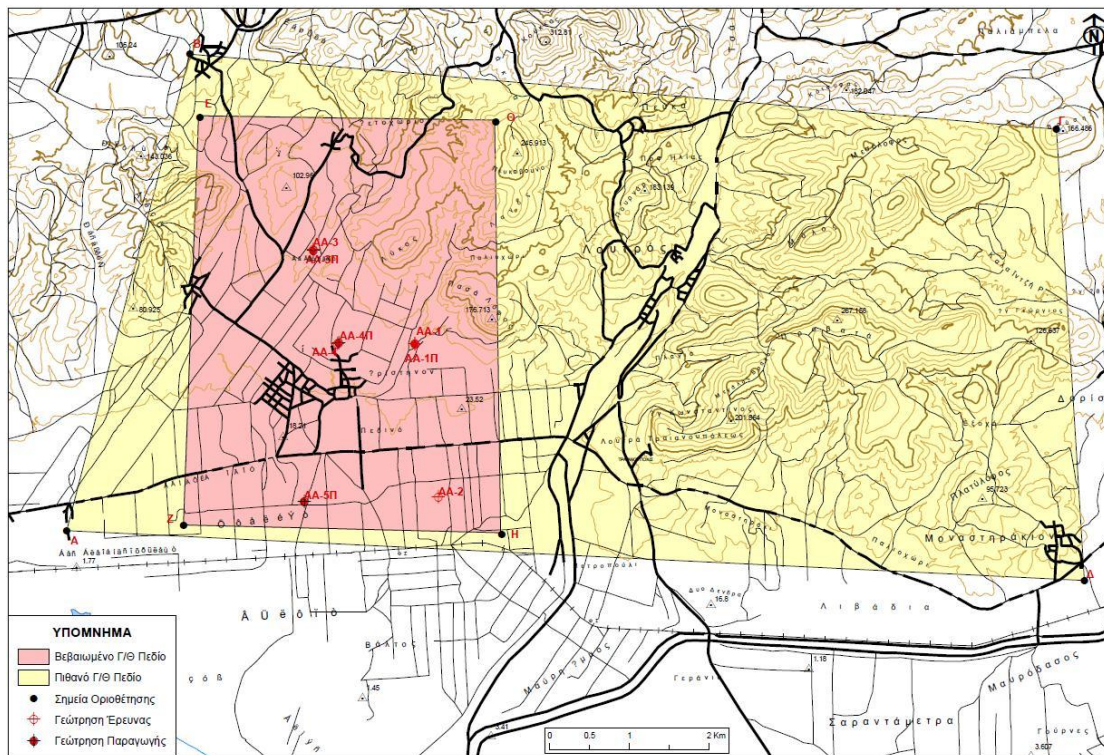
#### 4.4 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης

Στην περιοχή ανατολικά της Αλεξανδρούπολης και στα δυτικά του μεγάλου ιζηματογενούς χώρου της τριτογενούς λεκάνης του Έβρου αναπτύσσεται ένα σημαντικό γεωθερμικό κοίτασμα που φιλοξενεί γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 30°-95°C.

Από τα στοιχεία που προέκυψαν από τη γεωθερμική έρευνα προσδιορίστηκε μία περιοχή πιθανού γεωθερμικού πεδίου 50 km<sup>2</sup> και ένα βεβαιωμένο πεδίο με τα εξής χαρακτηριστικά:

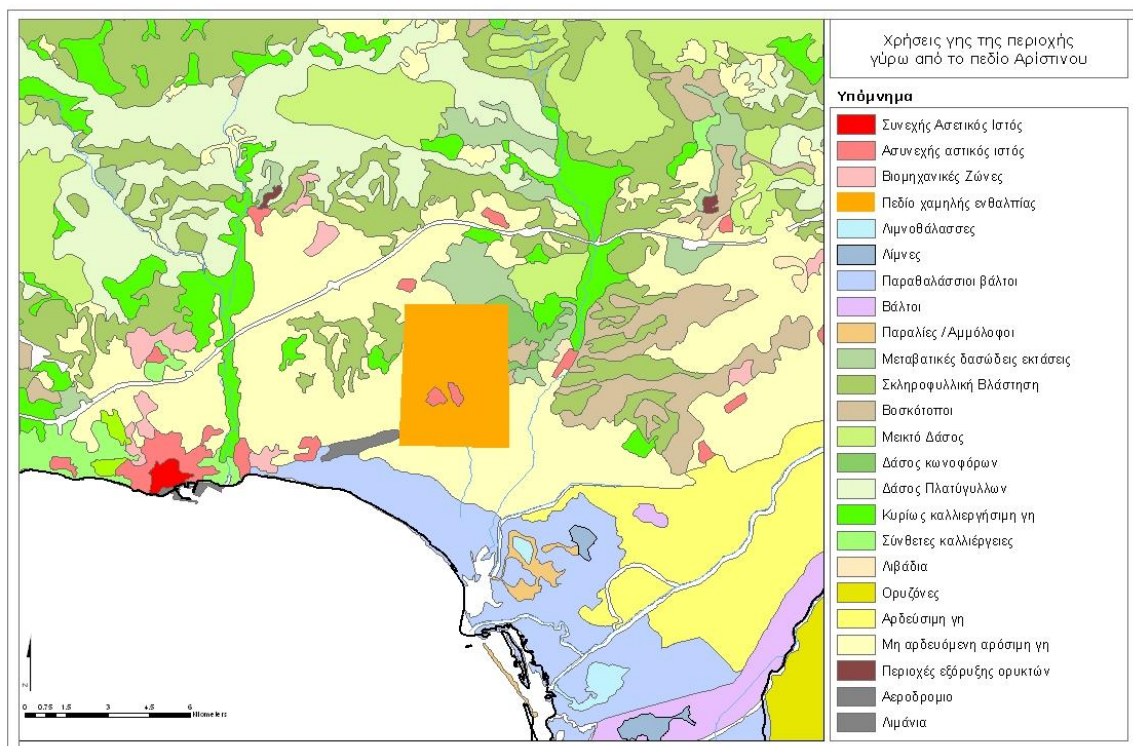
- Έκταση 20 km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα 30 - 90°C .
- Βάθος ταμιευτήρα: 150 – 450 m.
- Παροχή: 200 m<sup>3</sup>/h .

Το πιθανό πεδίο έχει έκταση 50 km<sup>2</sup>.



Γεωθερμικό πεδίο Αρίστηνου  
Πηγή: ΙΓΜΕ





Πηγή : Corine 2000

Στο γεωθερμικό πεδίο σύμφωνα με τα αποτελέσματα γεωτρητικών εργασιών μέχρι βάθους 250m διαπιστώθηκε η ύπαρξη γεωθερμικών ρευστών εκμεταλλεύσιμης παροχής άνω των 100 m<sup>3</sup>/h. Το αξιοποιήσιμο ενεργειακό φορτίο του γεωθερμικού πεδίου, ξεπερνά τα 15 MWt, που υπό προϋποθέσεις, ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 10.000 T.I.Π. Η υπάρχουσα γεώτρηση, από μόνη της μπορεί να θερμάνει 50 στρέμματα θερμοκηπίων κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες, ενώ παράλληλα υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης των ρευστών και σε άλλες παραγωγικές διαδικασίες, όπου απαιτούνται χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές.

Η δυναμική του πεδίου όμως είναι αρκετά μεγαλύτερη, καθώς αναμένεται στο μέλλον να μπορεί να αντληθεί θερμική ενέργεια άνω των 30,0 MWth με δυνατότητα ηλεκτροπαραγωγής της τάξης των 1,5~2,0 MweI. Τα παραπάνω ποσά ενέργειας μπορούν να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες πόλης 30.000 κατοίκων καθώς και την πλήρη κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας.

Η διάθεση του γεωθερμικού δυναμικού μπορεί να γίνει έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν θερμοκηπιακές μονάδες, πτηνοτροφικές μονάδες (μεγάλωμα νεοσσών σε σταθερό περιβάλλον), βουστάσια και τα χοιροστάσια (για ενδυνάμωση της παραγωγικής δυνατότητας), μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (μείωση χρόνου παραγωγής γόνου και προστασία έναντι παγετού), καθώς και υπάρχουσες στην περιοχή βιομηχανικές μονάδες.

Σύμφωνα με το σχέδιο για την αξιοποίηση του πεδίου από τον δήμο Αλεξανδρούπολης, οι προτεινόμενες χρήσεις ανήκουν σε δύο κύριες κατηγορίες χειμερινών χρήσεων και μία κατηγορία θερινής αξιοποίησης μέρους των γεωθερμικών ρευστών:

Στην πρώτη κατηγορία χειμερινών χρήσεων ανήκει το σύνολο των δημοσίων κτιρίων της περιοχής Άνθειας-Αρίστηνου συνολικής καλυμμένης επιφάνειας περίπου 8.000 m<sup>2</sup>(αφορά σε 11 κτίρια μεταξύ των οποίων και το χωριό SOS).

Στην δεύτερη κατηγορία χειμερινών χρήσεων ανήκουν υπάρχουσες και υπό κατασκευή θερμοκηπιακές μονάδες συνολικής έκτασης 50 στρεμμάτων εκ των οποίων 35 στρέμματα υδροπονικών καλλιεργειών κηπευτικών και 15 στρέμματα καλλιέργειας μικροφυκών (spirulina κ.ά). Η Τρίτη επενδυτική κατηγορία είναι η θερινή χρήση σε δημοτικά ξηραντήρια βιομάζας, τα οποία θα κατασκευαστούν και θα λειτουργούν για την παραγωγή pellets.

#### 4.5 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Ερατεινού Καβάλας

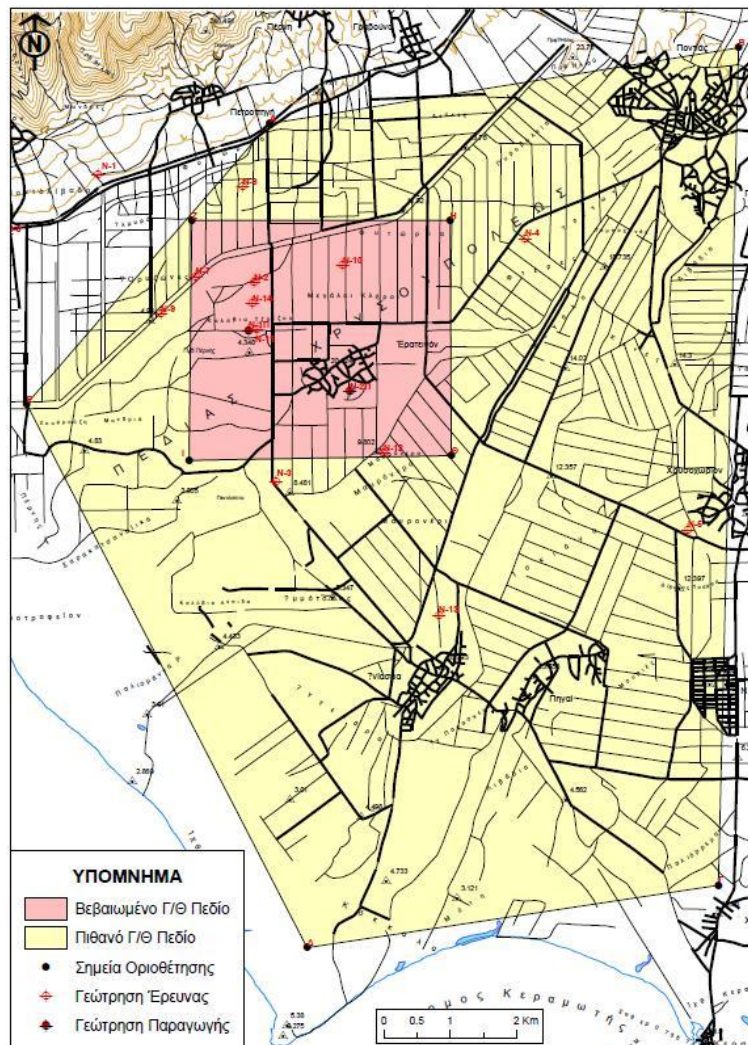
Η περιοχή του γεωθερμικού ενδιαφέροντος στο Δέλτα του Νέστου ανήκει γεωτεκτονικά στη ζώνη της Ροδόπης και διοικητικά στο Νομό Καβάλας. Η γεωθερμική έρευνα στην περιοχή προσδιόρισε ένα τεράστιο χώρο και απέδειξε με την εκτέλεση ερευνητικών και παραγωγικών γεωτρήσεων την ύπαρξη στην περιοχή υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλης γεωθερμικής βαθμίδας.

Από την επεξεργασία των στοιχείων που προέκυψαν από την έρευνα περιχαράχθηκε χώρος με βέβαιο και πιθανό γεωθερμικό πεδίο

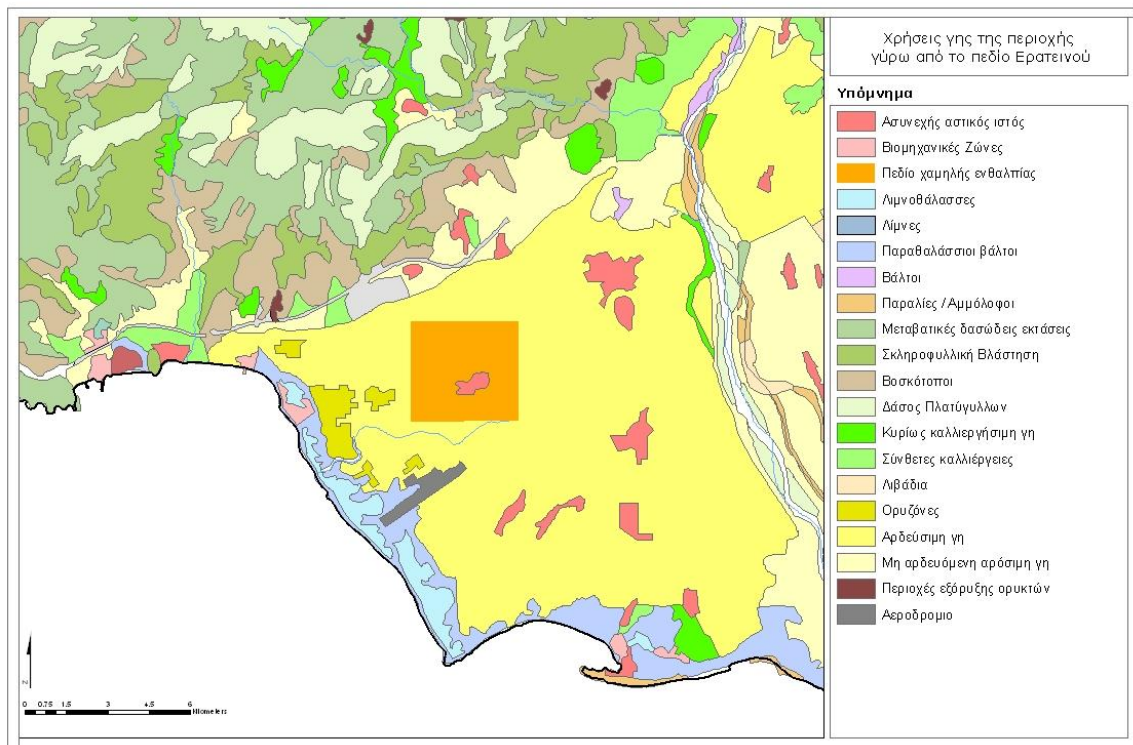
Το βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

- Έκταση 14 km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα 65 - 70οC .
- Βάθος ταμιευτήρα : 650 m.
- Παροχή: 300 m<sup>3</sup>/h .

Το πιθανό πεδίο έχει έκταση 93 km<sup>2</sup>



Γεωθερμικό πεδίο Ερατεινού, Πηγή: ΙΓΜΕ



Πηγή : Corine 2000

Ο νόμιμος φορέας διαχείρισης του γεωθερμικού πεδίου Ερατεινού είναι ο Δήμος Νέστου. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει ενδιαφέρον από τον Δήμο για την αξιοποίηση του πεδίου και για το λόγο αυτό έχουν αρχίσει ήδη να εκπονούνται μελέτες για την εγκατάσταση παραγωγικών γεωτρήσεων. Η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού πόρου, μπορεί να δημιουργήσει πολλές ωφέλειες για την τοπική οικονομία, την αγροτική ανάπτυξη, και τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις.

Ο Δήμος Νέστου, ως κατεξοχήν αγροτική περιοχή, με μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις, κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, με μεγάλο αριθμό συσκευαστηρίων επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων, αποτελεί προνομιακή περιοχή εκμετάλλευσης Βιομάζας και Βιοαερίου.

Τα ρευστά μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστηματικά σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών εκτός εποχής καλλιέργειών (θερμοκήπια, υπεδάφια θέρμανση πρωϊμησης αγροτικών προϊόντων όπως καρπούζια, φράουλες, σπαράγγια) αποδίδοντας εξαγωγή προϊόντα με σημαντικά οφέλη κυρίως στους τοπικούς γεωργούς.

Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν κατάλληλα ξηραντήρια και αφυδατωτήρια προϊόντων, τα οποία μπορεί να λειτουργούν και σε διαφορετική εποχή από τις υπόλοιπες εφαρμογές, με αντίστοιχα οφέλη στους τομείς της οικονομίας και της απασχόλησης.

Η γεωθερμία στην περιοχή προσφέρεται επιπλέον για τη θέρμανση των παρακείμενων κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων για τη δημιουργία σταθερού περιβάλλοντος ανάπτυξης των κτηνοτροφικών ειδών.

Για τις ήδη υπάρχουσες στα παράλια ιχθυοκαλλιέργειες, μπορεί να γίνει θέρμανση του νερού των δεξαμενών για αντιπαγετική προστασία κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά ακόμη και να δημιουργήσει ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης των θερμόφιλων ψαριών(τσιπούρες, λαβράκια, χέλια, γαρίδες κλπ).

Στην περιοχή πολύ κοντά στο Γ/Θ Πεδίο υπάρχει η οργανωμένη βιομηχανική περιοχή της ΕΤΒΑ Καβάλας στην οποία μπορεί να γίνει παροχή του ρευστού για βιομηχανική χρήση και θέρμανση. Παράλληλα στην περιοχή του πεδίου μπορεί να λειτουργήσει και μονάδα Pellet χρησιμοποιώντας τα θερμά νερά του γ/θ πεδίου. Η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να είναι εφικτή μετά από την εγκατάσταση των απαραίτητων υποδομών.

Το Διεθνές Αεροδρόμιο Χρυσούπολης Καβάλας βρίσκεται σε απόσταση μόλις 2 km, οπότε μπορεί να εξεταστεί σοβαρά και το ενδεχόμενο θέρμανσης και ψύξης του. Τέλος, η θέρμανση και ψύξη κατοικιών με τηλεθέρμανση μπορεί να επιτευχθεί με σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

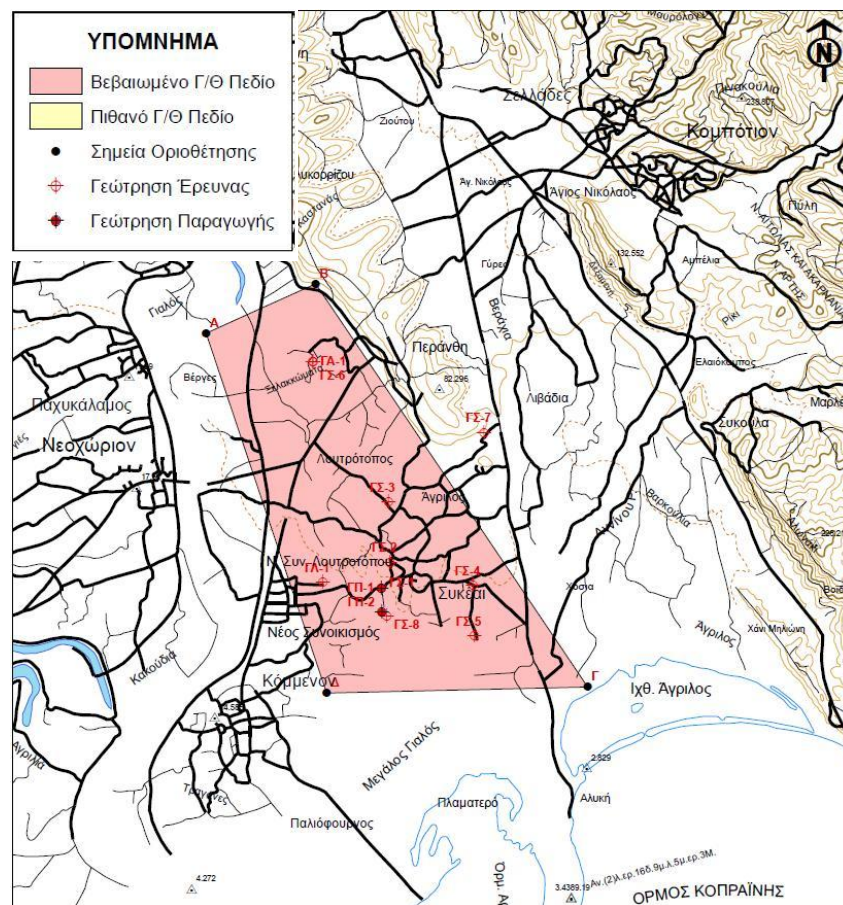


#### 4.6 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Συκιών Άρτας

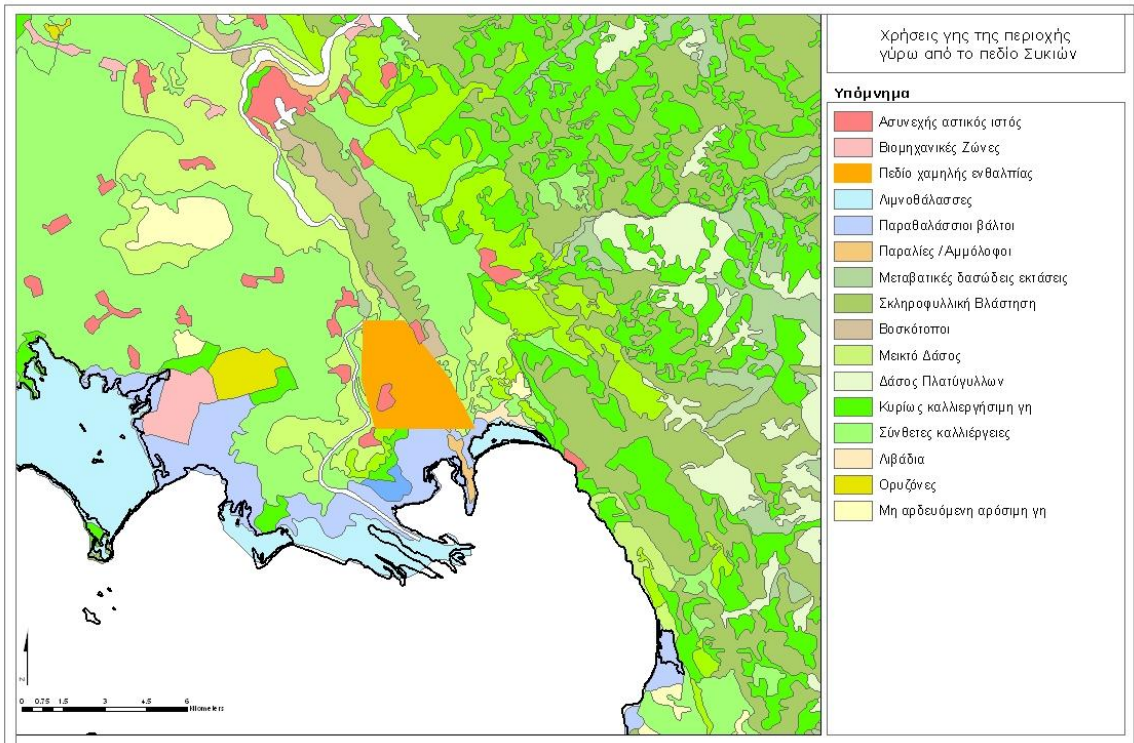
Στα διοικητικά όρια της επαρχίας του Νομού Άρτας στην ιζηματογενή λεκάνη και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή των Συκιών εκτελέστηκαν 11 γεωτρήσεις έρευνας από τις οποίες εντοπίστηκε η περιοχή γεωθερμικού ενδιαφέροντος με μέγιστη θερμοκρασία 51 °C.

Από τα ερευνητικά αποτελέσματα και την εκτέλεση 2 γεωτρήσεων μεγάλης διαμέτρου προσδιορίστηκε περιοχή βεβαιωμένου γεωθερμικού δυναμικού έκτασης 10Km<sup>2</sup> με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα 32 - 51°C .
- Βάθος ταμιευτήρα > 320m.
- Παροχή: 100 m<sup>3</sup>/h .



Γεωθερμικό πεδίο Συκιών, Πηγή: ΙΓΜΕ



Πηγή : Corine 2000

Η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει μετρηθεί στις γεωτρήσεις αυτού του πεδίου είναι 51 °C, πράγμα που σημαίνει ότι οι δραστηριότητες για τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ρευστά αυτά είναι πολύ περιορισμένες, και αφορούν κυρίως αγροτικές εφαρμογές σε θερμοκήπια, θέρμανση του εδάφους, θέρμανση κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, υδατοκαλλιέργειες και ιχθυοκαλλιέργειες. Επίσης, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα ρευστά για θέρμανση χώρων, όμως και αυτή η εκμετάλλευση περιορίζεται τόσο λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας των ρευστών, όσο και λόγω της μικρής παροχής για αυτή τη χρήση.

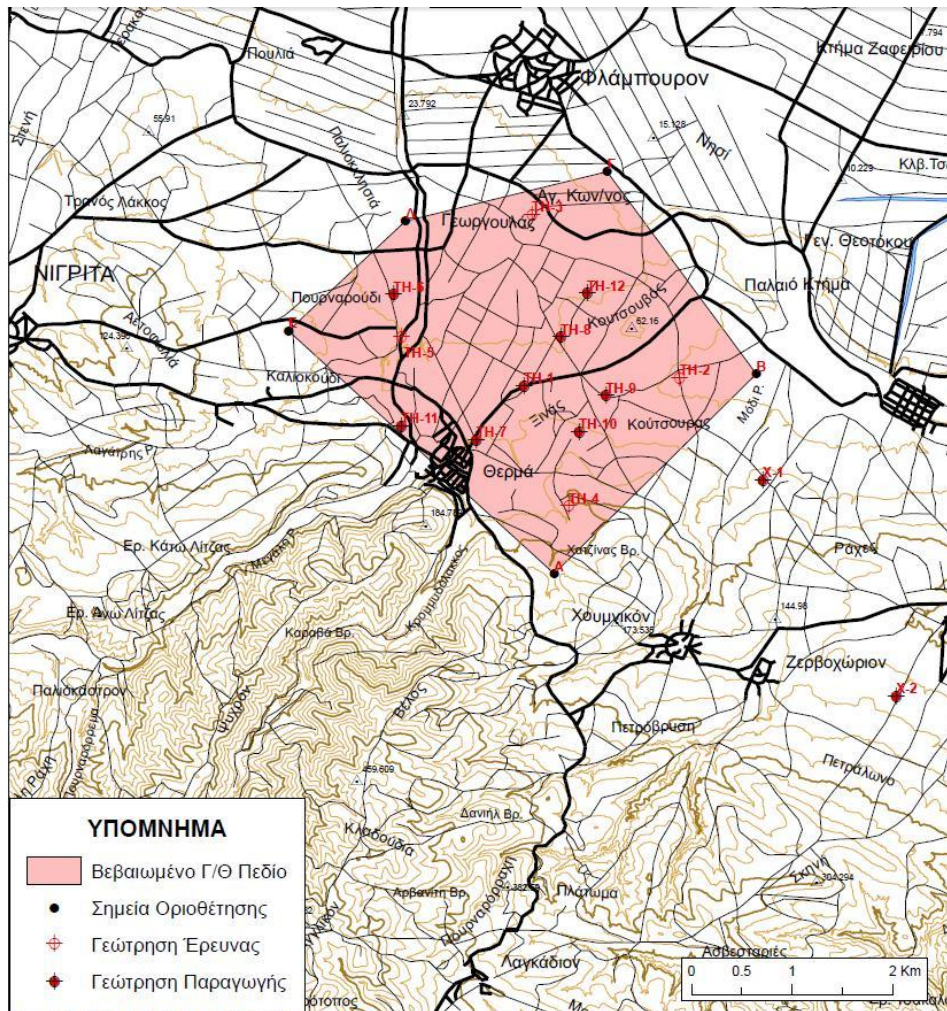


#### 4.7 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Νιγρίτας Σερρών

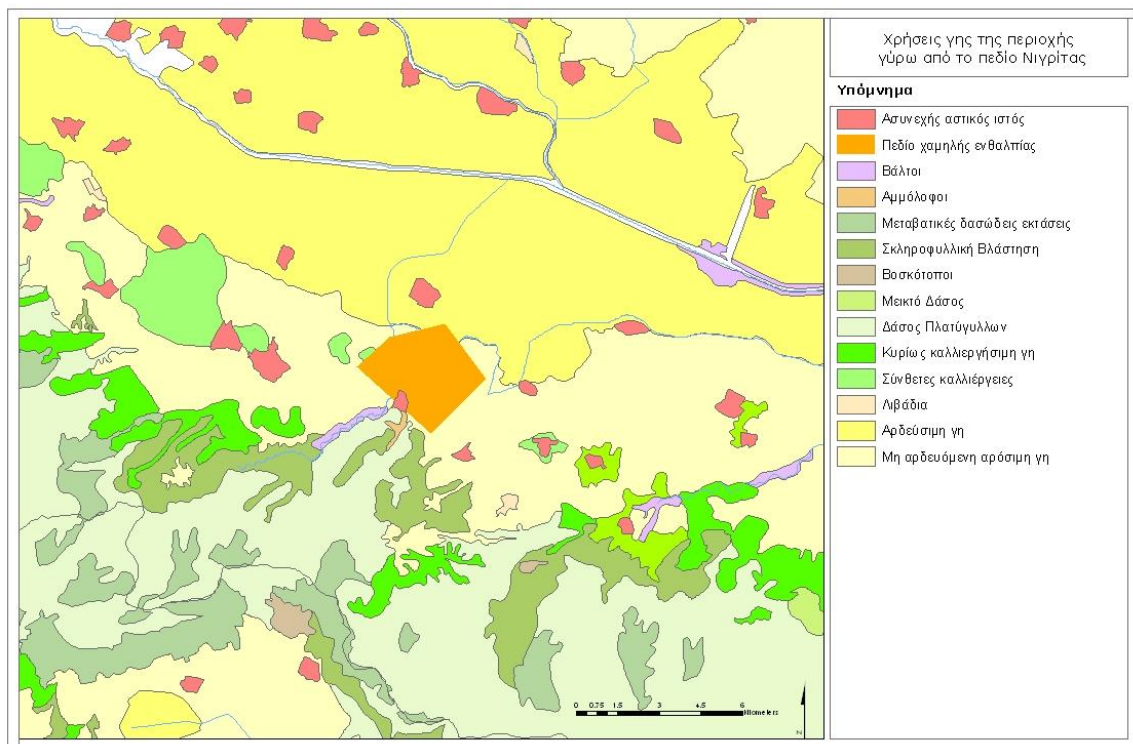
Στα διοικητικά όρια του Ν. Σερρών, στην ιζηματογενή λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα, αναπτύσσεται ένα από τα πιο σημαντικά γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας της χώρας. Στην περιοχή των Θερμών Νιγρίτας εκτελέστηκαν 4 γεωτρήσεις έρευνας και 8 γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής, που προσδιορίζουν την κατανομή των θερμοκρασιών με το βάθος, τη στρωματογραφική κατανομή των πετρωμάτων και τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα, ενώ μερικές εξ' αυτών μπορούν (με κάποιες προϋποθέσεις) να τεθούν προς εκμετάλλευση με σημαντική ποσότητα γεωθερμικών ρευστών για ενεργειακές χρήσεις.

Το βεβαιωμένο πεδίο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά :

- Έκταση: 10km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασίες γεωθερμικού ταμιευτήρα: 40-64οC
- Βάθος ταμιευτήρα: 70-500 μ.
- Παροχή: ~ 1.000 m<sup>3</sup>/h



Γεωθερμικό πεδίο Νιγρίτας, Πηγή: ΙΓΜΕ



Πηγή : Corine 2000

Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις μελέτες του ΙΓΜΕ στην περιοχή, οι θερμοκρασίες των ρευστών είναι πολύ χαμηλές με μεγάλη όμως παροχή. Αυτό σημαίνει ότι παρόλο που είναι λίγες οι εφαρμογές που μπορούν να πραγματοποιηθούν, μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλες εκτάσεις.

Για την αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου προτείνεται η εφαρμογή τηλεκλιματισμού, που περιλαμβάνει θέρμανση και ψύξη τμήματος του πολεοδομικού συγκροτήματος Νιγρίτας με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας, σε συνδυασμό με τη θέρμανση θερμοκηπίων. Οι εφαρμογές αυτές τοποθετούνται σε σειρά, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια και να επιτυγχάνεται μείωση του κόστους κατασκευής.

Είναι φανερό ότι οι προτεινόμενες εφαρμογές πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των συμβατικών καυσίμων και επιπλέον παρέχουν σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος, καθώς αποφεύγεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων CO<sub>2</sub> (> 8.000 τόνοι ετησίως), που θα εκπέμπονταν σε περίπτωση χρήσης πετρελαίου για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών. (ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΘΕΡΜΩΝ ΝΙΓΡΙΤΑΣ, 2004)

Η αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου της Νιγρίτας Σερρών έχει αρχίσει εδώ και μερικά χρόνια. Οι υφιστάμενες χρήσεις του γεωθερμικού πεδίου αφορούν

κυρίως σε αγροτικές χρήσεις και συγκεκριμένα σε 68 στρέμματα θερμοκηπίων, στα οποία καλλιεργούνται κηπευτικά, φύκια (*Spirulina*), λουλούδια, καθώς και σε 30 στρέμματα θέρμανσης εδάφους για καλλιέργεια σπαραγγιών. Επίσης, υπάρχουν ιαματικά λουτρά του ΕΟΤ, τα οποία λειτουργούν μόνο κατά τη θερινή περίοδο.

Τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η υδατοκαλλιέργεια της *Spirulina*, ενός μικροφύκου πλούσιου σε πρωτεΐνες, βιταμίνες, μέταλλα και διάφορα άλλα στοιχεία και συστατικά, που βοηθούν στην καλύτερη διατροφή, ενδυνάμωση της υγείας και του ανθρώπινου οργανισμού. Η καλλιέργεια γίνεται μέσα σε λιμνοδεξαμενές με γλυκό νερό, που θερμαίνεται από γεωθερμικά νερά με τη βοήθεια εναλλακτών θερμότητας, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται και το CO<sub>2</sub> σε ελεγχόμενες ποσότητες (Fournadzhieva et al. 2002)

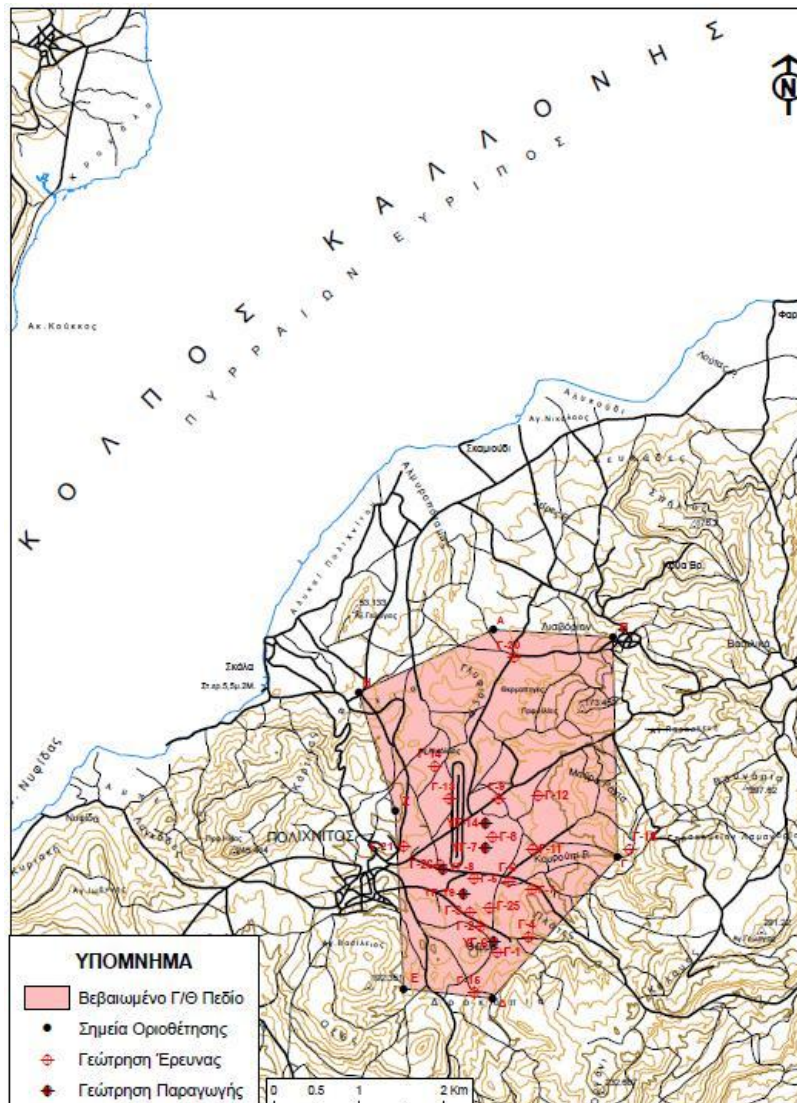


## 4.8 Γεωθερμικό πεδίο Χαμηλής ενθαλπίας Πολύχνιτου Λέσβου

Ο Νομός Λέσβου παρουσιάζει σημαντικό γεωθερμικό ενδιαφέρον λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού θερμών εκδηλώσεων υπό μορφή πηγών. Μία ενδιαφέρουσα περιοχή είναι η περιοχή Πολύχνιτου – Λισβορίου όπου μετρήθηκαν θερμοκρασίες σε πηγές που φθάνουν τους 87οC.

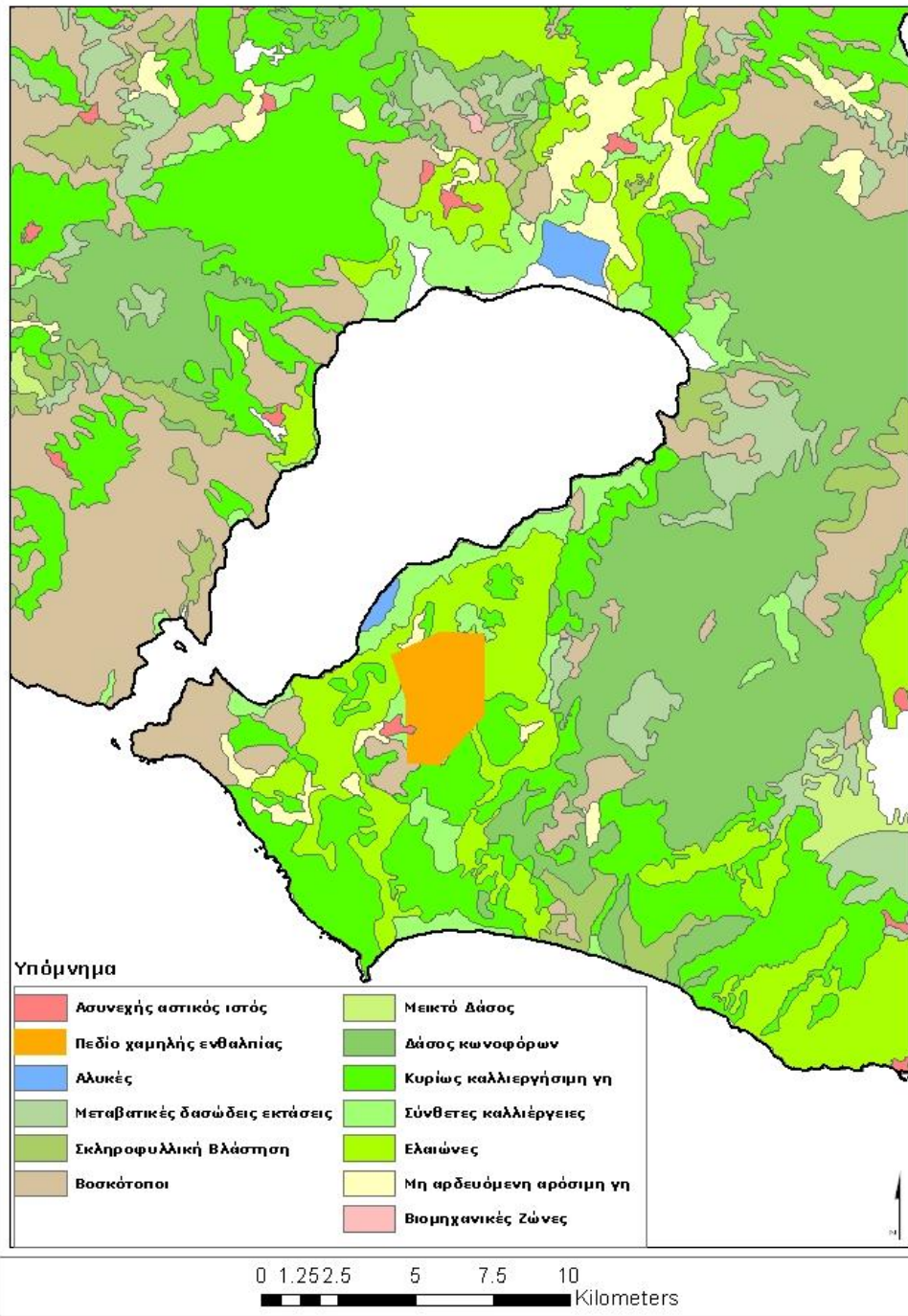
Στην περιοχή εκτελέστηκαν πλήθος ερευνητικών και παραγωγικών γεωτρήσεων από το ΙΓΜΕ από τις οποίες εντοπίστηκε βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο με:

- Έκταση 10 km<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα 65- 95οC .
- Βάθος ταμιευτήρα: 50 – 200 m.
- Παροχή: 300 m<sup>3</sup>/h .



Γεωθερμικό πεδίο Πολύχνιτου, Πηγή: ΙΓΜΕ

Χάρτης χρήσεως γης της ευρύτερης περιοχής του γεωθερμικού πεδίου Πολύχνιτου  
 Πηγή : Corine 2000



Πηγή : Corine 2000

Για την εκμετάλλευσή του συγκεκριμένου γεωθερμικού πεδίου, εδώ και 15 - 16 χρόνια στον Πολύχνιτο έχουν αναπτυχθεί γεωθερμικά θερμοκήπια οπωροκηπευτικών και ανθοκομικών. Οι δυνατότητές του, όμως, είναι αρκετά μεγαλύτερες καθώς παρατηρούνται αρκετά μεγάλες θερμοκρασίες αλλά και σημαντική παροχή ρευστού. Έτσι, είναι εφικτή η εκμετάλλευσή του για μεγαλύτερης κλίμακας θέρμανση θερμοκηπίων, για ανάπτυξη μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, για επεξεργασία αλατιού στις αλυκές, για αφαλάτωση υφάλμυρου νερού για πόση και άρδευση, όπως επίσης και για την ανάπτυξη δικτύου τηλεθέρμανσης για θέρμανση κτιρίων

Προς την κατεύθυνση της τηλεθέρμανσης κτηρίων έχουν γίνει κάποιες πιλοτικές μελέτες από την κοινοπραξία ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ, που προβλέπει τα παρακάτω.

Αρχικά, η θερμότητα των ρευστών διοχετεύεται σε πρότυπα δημοτικά θερμοκήπια και, στη συνέχεια, για παραπέρα αξιοποίηση της θερμοπεριεκτικότητας του νερού και, ανάλογα με τη ζήτηση, τροφοδοτεί 6 δημοτικά κτίρια μέσω τοπικού δικτύου τηλεθέρμανσης. Το κεντρικό κλειστό κύκλωμα νερού έχει παροχή 30 m<sup>3</sup>/h, ενώ η διαφορά θεοκρασίας στον εναλλάκτη είναι 15oC.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, προκύπτει ότι η αποδιδόμενη θερμική ισχύς στα κτίρια είναι 523 kWth και η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια είναι 959.302 kWhth, στη διάρκεια ενός έτους. Πρόκειται για δίκτυο συνολικού μήκους 4.200 μέτρων, με δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης.



## 5. Γενικά συμπεράσματα

Σε έναν κόσμο που δείχνει αυξημένο ενδιαφέρον για το περιβάλλον, δίδεται μεγαλύτερη έμφαση στη χρήση καθαρών και αειφόρων πηγών ενέργειας όπως είναι η γεωθερμική. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμία πρέπει ακόμη να μελετηθούν πληρέστερα, και πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή μεθόδου εκμετάλλευσης και γεωθερμικού πεδίου.

Είναι πλέον γενικά αναγνωρισμένο ότι τα γεωθερμικά πεδία πρέπει να παρακολουθούνται προσεκτικά για αρκετά χρόνια πριν από την ανάπτυξη της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έτσι ώστε να εξασφαλιστεί το πιο βιώσιμο πεδίο σε περιβαλλοντικούς όρους, όπως και η αειφόρος παραγωγή ενέργειας και γενικά η ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον. (Kristmannsdottir H. και Armannsson H. 2003)

Η γεωθερμία αποτελεί μια πολύ σημαντική μορφή ενέργειας, που εκτός από την ηλεκτροπαραγωγή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλήθος άλλων εκμεταλλεύσεων και να προσφέρει προοπτικές ανάπτυξης σε διάφορα επίπεδα για τις περιοχές που βρίσκονται κοντά στα πεδία.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες μας. Η θερμική ενέργεια της γης βρίσκεται σε αφθονία, αλλά είναι πολύ διεσπαρμένη, σπάνια συγκεντρώνεται, και συχνά βρίσκεται σε βάθη πολύ μεγάλα για να μπορεί να αξιοποιηθεί. Η σημειακότητα με την οποία εμφανίζεται, παρόλο που μερικές φορές μπορεί να αποτελεί μειονέκτημα, συνεισφέρει στην περιφερειακή ανάπτυξη και στην αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας.

Η θερμότητα της γης που προσφέρεται μέσω των γεωθερμικών ρευστών, εκτός από την ηλεκτροπαραγωγή, μπορεί να αντικαταστήσει σε πολλές εφαρμογές την καύση του πετρελαίου (θερμοκήπια, θέρμανση χώρων, κ.ά) με πολύ σημαντικά οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Οι νέες τεχνολογίες στη γεωθερμία εξασφαλίζουν λύσεις με μηδαμινές έως μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Παρόλο που οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν γενικά τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας, η εκμετάλλευσή του, ακόμα καλύπτει πολύ μικρό ποσοστό των δυνατοτήτων των βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων.

Σήμερα, αξιοποιούνται μόνο τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας (από 25 μέχρι 80°C περίπου) τα οποία είναι πολύ περισσότερο διαδεδομένα και βρίσκονται σχεδόν σ' όλη τη χώρα. Αν και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτροπαραγωγή (εκτός από ειδικές περιπτώσεις) αξιοποιούνται όμως σε πολλές άλλες χρήσεις συνεισφέροντας στην εξοικονόμηση ενέργειας από συμβατικές πηγές και έμμεση μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, στην ανάπτυξη νέων

παραγωγικών δραστηριοτήτων όπως και των μειονεκτικών περιοχών της χώρας.

Πιο συγκεκριμένα, για τα πεδία που μελετήσαμε, μπορούμε να πούμε τα εξής:

Η Μήλος, είναι ένα νησί εξαιρετικά πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια. Για την αξιοποίηση του πεδίου υψηλής ενθαλπίας, η εκμετάλλευση που ενδείκνυται είναι αυτή της παραγωγής ενέργειας και στη συνέχεια η χρήση των ρευστών που έχουν αντληθεί σε άλλες δραστηριότητες (θέρμανση - ψύξη χώρων, θέρμανση θερμοκηπίων, αφαλάτωση νερού, εξόρυξη ορυκτών, επεξεργασία τροφίμων, κ.ά.). Βέβαια, οι άμεσες χρήσεις, μπορούν να καλυφθούν και από το πεδίο χαμηλής ενθαλπίας που υπάρχει στην περιοχή. Όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας, παρόλο που υπάρχει η δυνατότητα για βιομηχανική παραγωγή, προτείνεται η περιορισμένη παραγωγή προκειμένου να μην επιβαρυνθεί η γύρω περιοχή.

Στη Νίσυρο, έχει εντοπιστεί το δεύτερο γεωθερμικό πεδίο υψηλής θερμοκρασίας στη χώρα. Όπως και στην περίπτωση της Μήλου, η βασική αρχική χρήση που ενδείκνυται είναι αυτή της ηλεκτροπαραγωγής. Στη συνέχεια, τα θερμαινόμενα υγρά θα ακολουθούν μια πορεία μέσα από διαδοχικές εφαρμογές για την πλήρη εκμετάλλευση της θερμότητας. Όπως διαπιστώθηκε, σύμφωνα με τα κριτήρια χωροθέτησης που ορίζονται από το ισχύον νομικό πλαίσιο, για τη χωροθέτηση μονάδας παραγωγής ενέργειας στη Νίσυρο χρειάζεται να γίνει ειδική μελέτη, αφού ολόκληρο το νησί αποτελεί προστατευόμενη περιοχή. Όμως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα γεωθερμικά ρευστά για άμεσες χρήσεις. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για αφαλάτωση, μπορεί να εξασφαλίσει την πλήρη κάλυψη των αναγκών του νησιού σε νερό. Η θέρμανση και ψύξη οικισμών και τουριστικών εγκαταστάσεων, μπορεί να επιτευχθεί και αυτή με τη βοήθεια της γεωθερμικής ενέργειας.

Στην περιοχή της Ξάνθης, συναντάμε δύο σημαντικά γεωθερμικά πεδία. Το γεωθερμικό πεδίο Ν. Κεσσάνης, που περιλαμβάνει τις αναβλύσεις των θερμών πηγών "Λουτρών Γενισιάς" και αποτελεί το πιο μελετημένο γεωθερμικό πεδίο της χώρας, και το πεδίο Ερασμίου - Μαγγάνων. Και τα δύο πεδία, παρά τη μεγάλη τους έκταση, είναι σε σχετικά μικρό βάθος και δεν έχουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό το γεγονός περιορίζει πολύ τις δυνατές εκμεταλλεύσεις, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούμε να αποκομίσουμε σημαντικά οφέλη. Για παράδειγμα, κοντά στα πεδία, υπάρχουν αρκετοί οικισμοί, που μπορούν να επωφεληθούν με εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης. Εκτός από την δυνατότητα εγκατάστασης θερμοκηπίων και ιχθυοκαλλιεργειών, μπορούν να δημιουργηθούν μονάδες για την ξήρανση αγροτικών προϊόντων όπως το βαμβάκι, καλαμπόκι και γενικότερα όλα τα δημητριακά που καλλιεργούνται στην περιοχή.

Στην περιοχή ανατολικά της Αλεξανδρούπολης, αναπτύσσεται ένα σημαντικό γεωθερμικό κοίτασμα που φιλοξενεί γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 30°-95°C. Η δυναμική του πεδίου είναι αρκετά μεγάλη, και μπορεί εκτός των

άλλων να καλύψει τις θερμικές ανάγκες πόλης 30.000 κατοίκων. Η διάθεση του γεωθερμικού δυναμικού μπορεί να γίνει έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν θερμοκηπιακές μονάδες, πτηνοτροφικές μονάδες (μεγάλωμα νεοσσών σε σταθερό περιβάλλον), βουστάσια και τα χοιροστάσια (για ενδυνάμωση της παραγωγικής δυνατότητας), μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (μείωση χρόνου παραγωγής γόνου και προστασία έναντι παγετού), καθώς και υπάρχουσες στην περιοχή βιομηχανικές μονάδες.

Η εκμετάλλευση του γεωθερμικού πεδίου Ερατεινού, μπορεί να δημιουργήσει πολλές ωφέλειες για την τοπική οικονομία, την αγροτική ανάπτυξη, και τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Η σχετικά μικρή θερμοκρασία των ρευστών, μπορεί να περιορίζει το εύρος των εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όμως λόγω της μεγάλης παροχής που προσφέρει το πεδίο μπορεί να αυξηθεί η έκταση των εκμεταλλεύσεων. Έτσι, η θερμότητα, εκτός από γεωργικές και κτηνοτροφικές εφαρμογές, μπορεί να φανεί χρήσιμη για τη θέρμανση και την ψύξη οικισμών.

Όσον αφορά το γεωθερμικό πεδίο Συκιών Άρτας, λόγω των μικρών θερμοκρασιών και της μικρής παροχής, οι δυνατότητές του είναι πολύ περιορισμένες και μπορεί να αφορούν κυρίως γεωργικές δραστηριότητες.

Στη Νιγρίτα Σερρών, το πεδίο που συναντάμε, χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές θερμοκρασίες, αλλά αρκετά μεγάλη παροχή. Άρα, παρόλο που είναι λίγες οι εφαρμογές που μπορούν να πραγματοποιηθούν, μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλες εκτάσεις. Η αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου της Νιγρίτας Σερρών έχει αρχίσει εδώ και μερικά χρόνια. Οι υφιστάμενες χρήσεις του γεωθερμικού πεδίου αφορούν κυρίως σε αγροτικές χρήσεις και ιαματικά λουτρά. Η εκμετάλλευσή του, όμως, μπορεί να επεκταθεί και στον τηλεκλιματισμό, που περιλαμβάνει θέρμανση και ψύξη τμήματος του πολεοδομικού συγκροτήματος Νιγρίτας με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας.

Ο Νομός Λέσβου παρουσιάζει σημαντικό γεωθερμικό ενδιαφέρον λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού θερμών εκδηλώσεων υπό μορφή πηγών. Στην περιοχή Πολύχνιτου - Λισβορίου μετρήθηκαν θερμοκρασίες που φθάνουν τους 87°C. Εδώ και μερικά χρόνια αξιοποιούνται τα θερμά ρευστά σε γεωθερμικά θερμοκήπια. Οι δυνατότητες του πεδίου, όμως, είναι αρκετά μεγαλύτερες καθώς παρατηρούνται αρκετά μεγάλες θερμοκρασίες αλλά και σημαντική παροχή ρευστού. Έτσι, είναι εφικτή η εκμετάλλευσή του για μεγαλύτερης κλίμακας θέρμανση θερμοκηπίων, για ανάπτυξη μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, για επεξεργασία αλατιού στις αλυκές, για αφαλάτωση υφάλμυρου νερού για πόση και άρδευση, όπως επίσης και για την ανάπτυξη δικτύου τηλεθέρμανσης για θέρμανση κτιρίων.

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας. Η συνεχής παροχή ρευστού από τον γεωθερμικό ταμιευτήρα, είναι ίσως το σημαντικότερο από αυτά, καθώς επιτρέπει τη συνεχόμενη χρήση του, χωρίς η λειτουργία της εκάστοτε εγκατάστασης να επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες.

Η αβαθής γεωθερμία είναι εφαρμόσιμη παντού, με πολύ φθηνές ενεργειακά χρήσεις, λόγω ευνοϊκών γεωλογικών συνθηκών σε πολλές περιοχές της χώρας. Η αξιοποίηση της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους σε μικρά βάθη γίνεται με συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και συνήθως καλύπτει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης.

Συνεπώς, η γεωθερμία, αποτελεί μια αξιόπιστη και φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας. Η ορθολογική αξιοποίησή της μπορεί όχι μόνο να προσφέρει νέες προοπτικές ανάπτυξης, αλλά και να αντικαταστήσει σε κάποιες περιπτώσεις άλλα μέσα θέρμανσης, με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άρα τη βελτίωση του περιβάλλοντος.

## 6. Βιβλιογραφία

- *'Technology Roadmap, Geothermal Heat and Power'*, International Energy Agency, 2011.
- *'Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα'* ΚΑΠΕ
- *'Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας ν. Μήλου'*, ΙΓΜΕ
- *'Γεωθερμικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παροχής θερμικής ενέργειας και αφαλάτωσης MED στη θέση «Βουνάλια» του Δήμου Μήλου, Νομού Κυκλάδων'*, ΚΑΠΕ, Επιχειρησιακό πλάνο – Στοιχεία βιωσιμότητας της επένδυσης, Αθήνα, 2012
- *'Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας'* Ενεργειακή Αποδοτικότητα και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας -Υποστήριξη των Ενεργειακών Πολιτικών σε Τοπικό Επίπεδο, ΚΑΠΕ
- *'Εθνικός Ενεργειακός σχεδιασμός'*, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα, 2012
- *'Η αξιοποίηση του Ελληνικού γεωθερμικού δυναμικού. Παρούσα κατάσταση και προοπτικές'*, ΤΕΕ, Σύλλογος Μηχανικών Μεταλλείων και μεταλλουργών μηχανικών, Απρίλιος 10-11, 1989, Αθήνα.
- *'Περιβαλλοντικός οδηγός Γεωθερμίας'*, ΥΠΕΚΑ, 2008
- *'Περιγραφή των τύπων κάλυψης γης του Corine'* Ελληνική Ορνιθονομική Εταιρία, 2000
- *'Προτεινόμενο σχέδιο χρηματοδότησης για την ενίσχυση των επενδύσεων στον τομέα της γεωθερμικής ενέργειας'*, GEOFAR.
- *'Τα γεωθερμικά πεδία της χώρας'*, ΙΓΜΕ, Αθήνα, 2007
- Kristmannsdottir H., Armannsson H. *'Περιβαλλοντικές πλευρές της χρήσης γεωθερμικής ενέργειας'*, περιοδικό Geothermics 32, σελ. 451-461, ισλανδία 2003.
- Αβραμίδου Ν., *'Γεωθερμία'*, Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη, 2011
- Αναστασιάδης Γ., Μιχόπουλος Α., Μπαλτζή Α., Μπουσκολίτης Χ. *'Γεωθερμία στην Κεντρική Μακεδονία'*, ΤΕΕ Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 2012
- Ανδρίτσος Ν., *'Ενέργεια και Περιβάλλον'*, Διδακτικές σημειώσεις ,Βόλος, 2008
- Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Παπαχρήστου Μ., Φυτίκας Μ., *'Κατάσταση και προοπτικές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα'*, Ένατο εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας, σελ. 541 – 548, Πάφος 2009.
- Ανδρίτσος Ν., Καράμπελας Α.Ι., Φυτίκας Μ. *'Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα: Παρούσα κατάσταση, τεχνικά προβλήματα, προοπτικές'*, 6ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας. Βελτιστοποίηση Ενεργειακών διεργασιών, Βόλος, 1999

- Αρβανίτης Α, Κολιός Ν., *Γεωθερμικό δυναμικό της Βορείου Ελλάδος και προτάσεις για την ορθολογική Αξιοποίησή του σε αστικές, βιομηχανικές και λοιπές Χρήσεις*, Θεσσαλονίκη, 2008
- Αρβανίτης Α. *Μύθοι και πραγματικότητα για τη Γεωθερμία*, ΙΓΜΕ, Αθήνα, 2008
- Αρβανίτης Α., Εισήγηση, *Έκμετάλλευση της γεωθερμίας στον Νομό Σερρών. Νομικό καθεστώς – Προτάσεις.*
- Ασημακόπουλος Γ. *ΕΠΧΣ & ΑΑ για τις ΑΠΕ* `σελ.164-224 ΕΚΟΤΕΧΝΙΚΑ ,Αθήνα, 2007
- Βασιλάκος Ν. *Απόφαση της ΡΑΕ υπ'αριθμ. 120/2013: Επί της αξιολόγησης του κριτηρίου ενεργειακής αποδοτικότητας για τη χορήγηση άδειας παραγωγής σε γεωθερμικούς σταθμούς*, ΡΑΕ, Αθήνα, 2013
- Γαλανού Ζ. Αικατερίνη *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Χρονική εξέλιξη – σύγκριση*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012
- Γελεγάνης Ι., *Προσδιορισμός χαρακτηριστικών των γεωθερμικών πηγών με χρήση μοντέλων για βέλτιστη αξιοποίησή τους. Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο*, ΕΜΠ, Διδακτορική διατριβή, 1988.
- Γιακουμέλος Ε, Giovanni Riva, Ester Foppapedretti, Carla de Carolis, Χαράλαμπος Μαλαματένιος, Patrizio Signanini, Giancarlo Crema, Micaela Di Fazio, Jozef Gajdoš, Rastislav Rucinský *Ενεργειακή επικαιρότητα* Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας [ΡΑΕ], Αθήνα, 2005
- Γκαγκα Α., Στεργιούλη Μ., *«Νίσυρος»*, Δίκτυο Αειφόρων Νήσων «ΔΑΦΝΗ»', Νοέμβριος 2006.
- Γκάγκα Α., Στεργιούλη Μ., *Έρευνα για την Αειφόρο ανάπτυξη στην Νίσυρο*', ΕΜΠ, Αθήνα, 2006
- Γκαρδιακός Χ. *Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010
- Ελευθεριάδου Ε. *Χωροταξικός – Ενεργειακός σχεδιασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*, Μεταπτυχιακή εργασία, Μυτιλήνη, 2007
- Εφημερίς της κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, τεύχος δεύτερο, Αρ. φύλλου 1530, Αθήνα, 2005
- Ζούζιας Δ., *Αειφόρος ανάπτυξη του ηφαιστείου της Νισύρου και νέα ηφαιστειολογικά χαρακτηριστικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής και με την συμβολή της τηλεπισκόπησης*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Διδακτορική διατριβή, 2011.
- Ιωαννίδου Μ. *Θέρμανση θερμοκηπίων με τη χρήση αβαθούς γεωθερμίας γεωθερμικές αντλίες θερμότητας*, Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών
- Καμακάρης Β. *Η Γεωθερμική Έρευνα στη Νήσο Μήλο – Αξιολόγηση Γεωθερμικών Δεδομένων*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010
- Καρυδάκης Γ.Ι., *Γεωθερμική ενέργεια*, Αθλότυπο, Αθήνα, 2005

- Καρυδάκης Γ.Ι., Ανδρίτσος Ν., Φυτίκας Μ. ' *Εξελίξεις στην ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας στο νομό Σερρών*', 6ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας. Βελτιστοποίηση Ενεργειακών διεργασιών, Βόλος, 1999
- Καρύτσας Κ., Χωροπανίτης Ι., ' *Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση γεωθερμίας*', ΚΑΠΕ, 2009
- Καστανιάς Ι. ' *Ιαματικές πηγές: Η περίπτωση της Ικαρίας*', Διπλωματική εργασία, Κοζάνη, 2003
- Κορωναίος Χ.Ι., ' *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας –Διδακτικές Σημειώσεις*', Αθήνα 2012
- Κουλοβάκης Γ., ' *Γεωθερμική ενέργεια με τη μέθοδο της τηλεθέρμανσης στην περιοχή Πολύχνιτου Λέσβου*', Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μεταπτυχιακή διατριβή, Μυτιλήνη, Νοέμβριος 2009.
- Κουτσόπουλος Κ., ' *ΓΠΣ και Ανάλυση χώρου*', Αθήνα, 2005
- Κυριακής Σ. ' *Μελέτη υβριδικών ανανεώσιμων συστημάτων παραγωγής ενέργειας με Γεωθερμία*', Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010
- Κυριάκης Σ. ' *Μελέτη υβριδικών ανανεώσιμων συστημάτων παραγωγής ενέργειας με Γεωθερμία*', Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα
- Μενδρινός Δ., Καρύτσας Κ. ' *Γεωθερμία, Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, Εμπειρία ΚΑΠΕ*', Μεταλλουργικά Χρονικά, Αθήνα, 2005
- Μπιρμπίλη Μ., Χρηστάκης Κ., Λαμπράκης Ν., Καρίτσας Κ., Ελληνική Γεωλογική Εταιρία, ' *Μελέτη της δυνατότητας αξιοποίησης του γεωθερμικού πεδίου Νιγρίτας Σερρών*', Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004, σελ 1182 – 1191
- Μυστακίδης Ζ., ' *Προβλήματα της Γεωθερμίας*', 2014
- Μυστακίδης Ζ., Ομιλία ' *Η αξιοποίηση της Γεωθερμίας στην ανάπτυξη της περιοχής της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης*', Συντονιστικό συμβούλιο του ΓΕΩΤ.Ε.Ε.
- Νάκου Ε. ' *Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στο νομό Φωκίδας με λογική της ασάφειας και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών*', Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2007
- Νικολάου Σ. ' *Χωροθετικός σχεδιασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε περιβάλλον GIS: Η περίπτωση των αιολικών πάρκων της Κύπρου*', Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013
- Ξυπόλυτου Ε. ' *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Γεωθερμικά Ρευστά Μέσης Ενθαλπίας. Η περίπτωση του Ακροποτάμου Καβάλας*', Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2011
- Παππάς Ι., ' *Ένας οδηγός για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη Νησιωτική Ελλάδα*', Κοινοπραξία Θερμόπολις
- Πολύζου Ο. ' *Γεωθερμία – Βιώσιμη ανάπτυξη και τοπικές κοινωνίες*', Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2007

- Πολυμένη Α. *Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας Ν. Κεσσάνης και Ν. Ερασμίου - Μαγγάνων του νομού Ξάνθης*, Διπλωματική εργασία, Πάτρα, 2010
- Σταματόπουλος Χ. *Συνδυασμός παραγωγής ηλεκτρισμού και πόσιμο νερού με αφαλάτωση από αιολική ενέργεια: Εφαρμογή στη Νίσυρο*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2007
- Φαλέκας Κ. Ι., Γραφείο Ενέργειας & Φυσικών πόρων Δήμου Αλεξανδρούπολης, Αλεξανδρούπολη, 2011-2013
- Φασουλή Μ. *Η γεωθερμική δραστηριότητα στην περιοχή της Κόνιτσας του νομού Ιωαννίνων* Τ.Ε.Ι Κρήτης Τμήμα Φυσικών πόρων και Περιβάλλοντος Διπλωματική εργασία, Χανιά, 2005
- Φυτίκας Μ. *Γεωθερμία στην Ελλάδα :Δυναμικό, Εφαρμογές, Προοπτικές*, ΕΕΠΠ, Σειρά Εισηγήσεων Βιοκλιματικού Σχεδιασμού Γεωθερμία, η μεγάλη αγνοούμενη ΑΠΕ στην Ελλάδα, Αθήνα, 2014
- Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν., *Γεωθερμικές εφαρμογές στις Κυκλάδες και εφαρμογές υψηλής ενθαλπίας*, Συνέδριο ΙΕΝΕ, Σύρος, 2008
- Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν., Δρακούλης Ρ. *Γεωθερμία και τυποποίηση*, Διήμερο Συμπόσιο για την Τυποποίηση ,ΤΕΕ, Αθήνα, 2008
- Χαραλαμπόπουλος Ι. *Θέρμανση - ψύξη βιοκλιματικού οικισμού Σοφάδων "το πλίθινο χωριό" με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Τεχνικοοικονομική μελέτη και σύγκριση αποδοτικότητας σε σχέση με συμβατικά καύσιμα*, Διπλωματική εργασία, Χανιά, 2012
- Χατζηχρήστος Θ., Μαρσέλη Κ., *Τα βασικά του ARCGIS 10.1 για Desktop*, Αθήνα, 2013

## Internet

[www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)  
<http://geodata.gov.gr>  
[www.cres.gr](http://www.cres.gr)  
[www.energia.gr](http://www.energia.gr)  
[www.iea.org](http://www.iea.org)  
<http://environ.survey.ntua.gr>  
<http://regeocities.eu>  
<http://www.ekemilou.org/>  
<http://www.ee.teihal.gr/>  
<http://www.uhhe.gr/>  
<http://www.dafni.net.gr/>  
<http://www.desmie.gr/>  
<http://www.cjkoroneos.com/>  
<http://nisyros.igme.gr/>  
<http://www.nestos.gr/>