

Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τόμ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XXI	93 - 102	1990
	Vol.	pag.	Athens

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΟΥΣΑΚΙΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

Γ. ΚΑΝΑΒΑΚΗ¹, Κ. ΚΑΡΥΤΣΑ¹, Α. ΣΩΚΡΑΤΙΔΟΥ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με βάση το βεβαιωμένο γεωθερμικό δυναμικό τεσσάρων παραγωγικών γεωτρήσεων (ΓΠ₁, ΓΠ₂, ΓΠ₃ και ΓΠ₄) του γεωθερμικού πεδίου Σουσακίου, υπολογίστηκε η θερμική ισχύς που μπορούν να αποδώσουν και εξετάστηκαν οι πιθανές σύγχρονες και τεχνικοοικονομικά συμφέρουσες χρήσεις, που μπορούν να προκύψουν, αξιοποιώντας το γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας αυτών των γεωτρήσεων. Οι χρήσεις αυτές όπως έδειξε η μελέτη, είναι η τηλεθέρμανση των Αγίων Θεοδώρων Κορινθίας, η θέρμανση θερμοκηπίων, η θέρμανση δεξαμενών εκτροφής ιχθύων και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Λέξεις κλειδιά: Γεωθερμικό πεδίο, γεωθερμικό δυναμικό, γεωθερμική ισχύς, εξοικονόμηση ενέργειας, κόστος παραγωγής ενέργειας, θερμοκήπιο, τηλεθέρμανση, ιχθυοκαλλιέργεια και αφαλάτωση.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευρύτερη περιοχή Σουσακίου κατατάσσεται στις πιο προνομιούχες περιοχές της χώρας μας από γεωθερμικής άποψης. Ο Marinelli (1971) τη κατάταξε στη τέταρτη κατά σειρά θέση γεωθερμικού ενδιαφέροντος μετά τη Μήλο, Νίσυρο και Λέσβο.

Τον ίδιο χρόνο, ξεκίνησαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. οι έρευνες στην περιοχή. Μέχρι και το 1975 οι έρευνες αυτές, περιέλαβαν την αρχική γεωλογική - γεωθερμική μελέτη (Βουτετάκης και Φυτίκας, 1975).

Το 1978 καταρτίστηκε ένα πολύπλευρο ερευνητικό πρόγραμμα από τη Δ.Ε.Η, με σκοπό την αναζήτηση γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας, μετά από αναγνωριστική - προκαταρκτική έρευνα της Ιταλικής ENEL. Ανατέθηκε έτσι στο ΙΓΜΕ από τη ΔΕΗ, η λεπτομερής και πολύπλευρη έρευνα (γεωλογική, υδρογεωλογική, γεωχημική και γεωφυσική), προχωρώντας παράλληλα η ίδια στη διάνοιξη οκτώ νέων γεωτρήσεων μέσου βάθους 100 m, για τη μέτρηση της γεωθερμικής βαθμίδας. Οι έρευνες αυτές κράτησαν πάνω από δύο χρόνια και είχαν ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό μιας περιοχής, με θερμική ανωμαλία, στην οποία υπήρχε κυκλοφορία ρευστών 63 - 73 °C σε βάθη μέχρι 180 m.

Το 1985 ακολούθησε πάλι από το ΙΓΜΕ επεξεργασία και αξιολόγηση των μέχρι τότε δεδομένων (Φυτίκας και Καβουρίδης, 1985). Τρία χρόνια αργότερα, το ΙΓΜΕ για να μελετήσει τον θερμό υδροφόρο που είχε εντοπιστεί σε βάθη μέχρι 180 m, προχώρησε στην εκτέλεση πέντε ερευνητικών - δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, σε εκλεγμένες θέσεις της περιοχής Σουσακίου. Στη συνέχεια το 1989, εκτελέστηκαν 4 ερευνητικές-παραγωγικές γεωτρήσεις μεγάλης διαμέτρου, με σκοπό την εκτέλεση δοκιμαστικών αντλήσεων και την μελέτη των παραμέτρων του γεωθερμικού πεδίου.

Από τη μελέτη δειγμάτων νερού και αερίων, τη χρήση διαφόρων γεωθερμομέτρων και

¹ Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).

τη μελέτη των υδροθερμικών εξαλλοιώσεων εκτιμήθηκε η ύπαρξη ρευστών μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120 - 150 °C, στον υποκείμενο των οφιολίθων ασβεστόλιθο (Καβουρίδης, 1991). Έτσι το 1992, για την μελέτη του βαθύτερου ταμιευτήρα, η ΓΕΜΕΕ ΑΕ προχώρησε στη διάνοιξη δύο βαθιών γεωτρήσεων.

Αποτέλεσμα των προαναφερθέντων ερευνητικών προγραμμάτων, ήταν η εξακρίβωση δύο γεωθερμικών ταμιευτήρων. Ο ανώτερος ταμιευτήρας, συναντιέται στα κροκαλοπαγή και στους ασβεστόλιθους, σε βάθη από 80 μέχρι και 150 m, με θερμοκρασίες ρευστών 60 - 75 °C (Φυτίκας, 1989). Ο κατώτερος ταμιευτήρας, από τα μέχρι στιγμής δεδομένα, φαίνεται να συναντιέται μέσα στους ασβεστολίθους - δολομίτες (γεωλογικό υπόβαθρο), σε βάθη από 590 - >900 m, με θερμοκρασίες ρευστών 58 - 62 °C (Αθανασούλης και Βουγιουκαλάκης και Βρέλλης και Δόβελος, 1992).

2. ΤΟ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου του 1992, στο γεωθερμικό πεδίο Σουσακίου είχαν διανοιχθεί 6 παραγωγικές γεωτρήσεις από τις οποίες οι 4 (ΓΠ₁, ΓΠ₂, ΓΠ₃, ΓΠ₄) στον ανώτερο και οι 2 (ΣΟΥΣΑΚΙ-1, ΣΟΥΣΑΚΙ-3) στον κατώτερο γεωθερμικό ταμιευτήρα. Οι γεωτρήσεις αυτές απέδωσαν ρευστά οι παροχές και οι θερμοκρασίες των οποίων δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Η χημική ανάλυση της υγρής φάσης των γεωτρήσεων ΓΠ₄ και ΣΟΥΣΑΚΙ-1, από το Ερευ-
Πίν. 1: Οι παροχές και οι θερμοκρασίες των παραγωγικών γεωτρήσεων.

	Γ Ε Ω Τ Ρ Η Σ Η					
	ΓΠ ₁	ΓΠ ₂	ΓΠ ₃	ΓΠ ₄	Σ ₁	Σ ₃
ΠΑΡΟΧΗ, m³/h	81	60	50	90	160	150*
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, °C	63,3	58,8	59,5	75	61-62	58*

νητικό Ινστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών, έδωσε σύνολο διαλυμένων στερεών 46,2 και 49,3 gr/l αντίστοιχα.

Η συνολική διαθέσιμη θερμική ισχύς καθώς και η ισχύς που μπορεί να αποδώσει η κάθε γεώτρηση μόνη της δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίν 2: Η θερμική ισχύς που μπορεί να αποδώσει κάθε γεώτρηση για θερμοκρασία απόρριψης 25 και 30 °C.

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (103 KCal/h)	
		T _{απ} = 30 °C	T _{απ} = 25 °C
1	ΓΠ ₁	2.506	2.882
2	ΓΠ ₂	1.608	1.886
3	ΓΠ ₃	1.373	1.606
4	ΓΠ ₄	3.748	4.164
5	ΓΠ ₁ , ΓΠ ₂ , ΓΠ ₃ , ΓΠ ₄	9.235	10.539
6	ΣΟΥΣΑΚΙ-1*	4.867	5.640
7	ΣΟΥΣΑΚΙ-3	4.056	4.780
8	ΣΟΥΣΑΚΙ-1, ΣΟΥΣΑΚΙ-3	8.923	10.420

*Όταν έγινε η μελέτη δεν είχαν γίνει δοκιμαστικές αντλήσεις για τη γεώτρηση ΣΟΥΣΑΚΙ-3 και έτσι τόσο η παροχή όσο και η θερμοκρασία είναι κατ' εκτίμηση.

3. ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

3.1 Αξιοποίηση ανώτερου γεωθερμικού ταμιευτήρα

Η περιφερειακή θέρμανση οικισμών και πόλεων βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πολλές

χώρες. Ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες τηλεθέρμανσης δημιουργούνται όταν η παραγωγή θερμικής ενέργειας μπορεί να εξασφαλιστεί από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους. Οι θερμικές απαιτήσεις εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες, ενώ οι θερμοκρασίες σχεδιασμού από την χρήση. Για κατοικίες, η απαιτούμενη θερμοκρασία στα υπνοδωμάτια και τις κουζίνες είναι 20 °C, ενώ στους προθαλάμους, διαδρόμους, WC, και κλιμακοστάσια 15 - 17 °C. Το σύστημα της γεωθερμικής τηλεθέρμανσης που εξετάσαμε αποτελείται από :

- το κύκλωμα παραγωγής του ζεστού νερού, το οποίο περιλαμβάνει την παραγωγική γεώτρηση (production well) με την αντλία, τον εναλλάκτη θερμότητας που λόγω της χημικής σύστασης του γεωθερμικού ρευστού κρίνεται απαραίτητος, τις σωληνώσεις μέχρι τον εναλλάκτη, διάφορα όργανα μέτρησης (θερμόμετρα, πιεσόμετρα,...).

- το κύκλωμα μεταφοράς της θερμότητας, το οποίο περιλαμβάνει το δίκτυο σωληνώσεων από τον εναλλάκτη μέχρι τους υποσταθμούς παράδοσης. Η απόσταση από την θέση του εναλλάκτη στο γεωθερμικό πεδίο μέχρι τους Αγίους Θεοδώρους, είναι περίπου 5500 m (εκτίμηση από τον τοπογραφικό χάρτη).

- υποσταθμοί παράδοσης, όπου η θερμότητα μεταβιβάζεται από το κεντρικό δίκτυο στα επιμέρους κτίρια.

- το κύκλωμα διανομής της θερμότητας, το οποίο περιλαμβάνει τις σωληνώσεις των κτιρίων στα θερμαντικά σώματα και τους λοιπούς καταναλωτές.

- το κύκλωμα επιστροφής του γεωθερμικού ρευστού, όπου το ρευστό από το πρωτεύον κύκλωμα του εναλλάκτη επιστρέφει μέσα στο ταμειυτήρα μέσω της γεώτρησης επανεισαγωγής (injection well).

Λαμβάνοντας υπόψη τα θερμοκρασιακά δεδομένα της Ε.Μ.Υ των τελευταίων δέκα ετών από τον σταθμό της Ελευσίνας και με βάση τον μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας, ο οποίος έπρεπε να ισχύει για ένα κτίριο που βρίσκεται στη ζώνη Β, σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων (1979), υπολογίσθηκαν οι απώλειες θερμότητας από μια διώροφη τετρακατοικία σε 21.800 KCal/h.

Ετσι, οι απώλειες θερμότητας από τις 700 μόνιμες κατοικίες στους Αγίους Θεοδώρους ανέρχονται σε 3.815.000 KCal/h. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες του δικτύου μεταφοράς της θερμικής ενέργειας από το γεωθερμικό πεδίο στις κατοικίες οι συνολικές απώλειες θερμότητας θα είναι $\approx 4.000.000$ KCal/h.

Από τη σύγκριση της θερμικής ισχύος του γεωθερμικού ρευστού με την απαιτούμενη θερμική ισχύ, προκύπτει ότι η τηλεθέρμανση στους Αγίους Θεοδώρους Κορινθίας μπορεί να γίνει με την εκμετάλλευση των γεωτρήσεων ΓΠ₁ και ΓΠ₄. Από την γεώτρηση ΓΠ₁ θα αντλούμε 45 m³/h και θα τα αναμιγνύουμε με τα 90 m³/h της γεώτρησης ΓΠ₄ (σχήμα 1).

Η εγκατάσταση αυτή της τηλεθέρμανσης θα έχει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως :

- Ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από το CO₂, μια που θα εκλείψουν οι ξεχωριστοί για κάθε πολυκατοικία καπνοδόχοι και θα μειωθεί ο χρόνος λειτουργίας των καυστήρων πετρελαίου στο ελάχιστο.

- Χαμηλό κόστος παραγωγής της θερμικής ενέργειας. Αν θεωρήσουμε 25 χρόνια την οικονομική ζωή της εγκατάστασης και 8 % το επιτόκιο δανεισμού τότε για τη ποσότητα των 54,3 · 10⁵ KW_{th} που θα πρέπει να παράγονται ετησίως το κόστος παραγωγής της ενέργειας ανέρχεται σε 9,4 δρχ/KW_{th}.

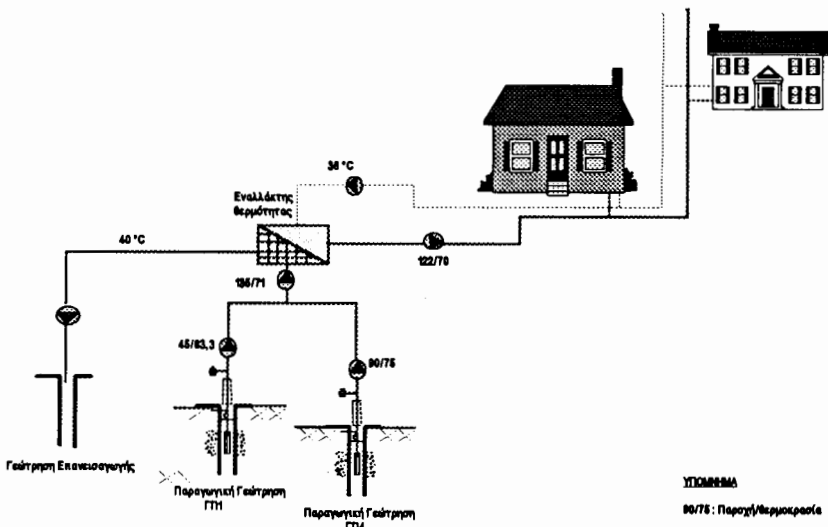
- Μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι βαθμομέρες θέρμανσης των κατοικιών για την περιοχή των Αγίων Θεοδώρων είναι 1224. Για αυτές τις βαθμομέρες η κατανάλωση θερμότητας για ένα χρόνο, για όλη την κοινότητα των Αγίων Θεοδώρων είναι 46,7 · 10⁹ Kcal.

Αν θεωρήσουμε τον βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο 0,85, η εξοικονόμηση πετρελαίου θα είναι περίπου 550 τόνοι ετησίως.

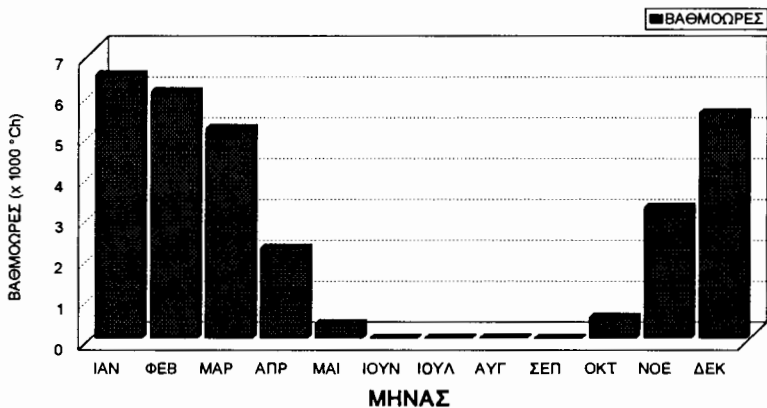
3.2 Αξιοποίηση του κατώτερου γεωθερμικού ταμειυτήρα

Η βελτιστοποίηση που γίνεται, βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του συνολικού παρόντος κόστους ανά χρήστη μέσω της παράλληλης εκτίμησης ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστι-

κών της εγκατάστασης και της τιμής της ονομαστικής παροχής του γεωθερμικού ρευστού, η οποία είναι αρκετή για την εξυπηρέτηση των θερμαντικών αναγκών του συνόλου της κοινότητας. Χρησιμοποιείται το μοντέλο που κατάρτισε ο Λ. Ανδριτσάκης(1992), Μιχ/λος Μιχ/κός. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε έχει τη μορφή προμελέτης σκοπιμότητας εφαρμογής τηλεθέρμανσης και φυσιολογικά αναμένονται κάποιες αποκλίσεις από τις παρούσες



Σχ. 1: Οι γεωτρήσεις και ο εναλλάκτης θερμότητας στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης των Αγίων Θεοδώρων, με τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών των παραγωγικών γεωτρήσεων ΓΠ₁ και ΓΠ₄. Η γεώτρηση Γ χρησιμοποιείται για την απόρριψη του γεωθερμικού ρευστού.



Σχ. 2: Η κατανομή των βαθμοωρών θέρμανσης στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης των Αγίων Θεοδώρων Κορινθίας.

εκτιμήσεις κατά την εκπόνηση ενδεχόμενης μελέτης εφαρμογής, όπου πρέπει να γίνει λεπτομερέστερη ανάλυση.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται ορισμένα από τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν:

Το ελάχιστο παρόν κόστος επιτυγχάνεται για σύνδεση 594 χρηστών, δηλ. ποσοστό 85% του συνόλου. Το κόστος της ενεργειακής μονάδας (KW_{hit}) είναι 6,37 δρχ, στην περίπτωση που ο φορέας δεν επιβαρύνεται με το κόστος διασύνδεσης των χρηστών. Αν συμβεί αυτό

Επιφάνεια οικισμού (m^2):	700.000
Απόσταση παραγωγικής γεώτρησης - οικισμού (m):	6.000
Υψομετρική γεώτρηση παραγωγικής γεώτρησης - οικισμού (m):	50
Απόσταση γεώτρησης επανεισαγωγής - οικισμού (m):	1.000
Υψομετρική διαφορά γεώτρησης επανεισαγωγής - οικισμού (m):	0
Απόσταση γεωτρήσεων παραγωγής - επανεισαγωγής (m):	5.000
Στατική στάθμη παραγωγικής γεώτρησης (m):	0
Βάθος παραγωγικής γεώτρησης (m):	999
Μεταβιβαστικότητα ταμιευτήρα (Dm):	400
Βάθος γεώτρησης επανεισαγωγής (m):	500
Τιμή πετρελαίου (Δραχμές / τόνο):	130.000
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (Δραχμές/KWh):	25
Θερμοκρασία γεωθερμικού ρευστού ($^{\circ}C$):	58
Ειδική θερμοχωρητικότητα γεωθερμικού ρευστού (J/Kgr):	4018,5
Πυκνότης γεωθερμικού ρευστού (Kg/ m^3):	986,9
Παροχή μάζας γεωθερμικού ρευστού δια εναλλακτών (Kg/sec):	20
Διάρκεια θερμικής ζήτησης ανά έτος (Ημέρες):	200
Θερμικές απώλειες προς πλήθος χρηστών (KW/Χρήστη $^{\circ}C$):	0,39
Θερμοκρασία περιβάλλοντος υπολογισμού θερμαντικών σωμάτων ($^{\circ}C$):	0
Από τη βελτιστοποίηση προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα για το δευτερεύον κύκλωμα:	
Ποσοστό ετήσιας συμμετοχής γεωθερμικής ενέργειας:	90%
Ετήσια εξοικονόμηση πετρελαίου:	640,1 ΤΙΠ
Συνολική επένδυση:	405.000.000 δρχ
Ονομαστική θερμοκρασία επιστροφής θερμαντικού ύδατος:	25,05 $^{\circ}C$
Ονομαστική θερμοκρασία αναχώρησης θερμαντικού ύδατος:	75,23 $^{\circ}C$
Αριθμός χρηστών:	594
Μηχανική ισχύς συμπιεστών αντλιών θερμότητας:	0 KW
Συντελεστής παράκαμψης εναλλάκτη:	0

τότε το κόστος της ενεργειακής μονάδας θα φτάσει τις 7,72 δρχ. Το σχήμα της γεωθερμικής τηλεθέρμανσης είναι αρκετά ελκυστικό, όπως προκύπτει από τα οικονομικά στοιχεία. Το γεγονός ότι ο βέλτιστος αριθμός δεν αναδείχθηκε το σύνολο των δυνητικών χρηστών του οικισμού, δηλ. 700, δεν πρέπει να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα, αφού υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο κάποιος από τους κατοίκους να μην επιθυμούν να διασυνδεθούν στο δίκτυο.

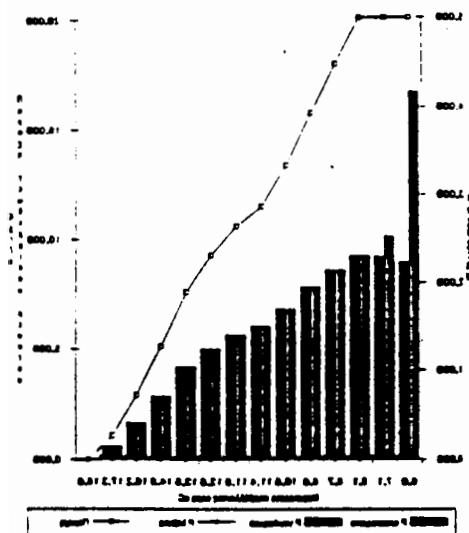
Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η συσχέτιση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος αέρα, της ισχύος που απαιτείται και αποδίδεται από τη γεωθερμική ενέργεια και τον εφεδρικό λέβητα, και της χρησιμοποιούμενης από το σύστημα παροχής γεωθερμικού ρευστού. Παρατηρούμε ότι για τιμές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα μεγαλύτερες των 8,1 $^{\circ}C$, η γεωθερμική ενέργεια καλύπτει πλήρως το απαιτούμενο θερμικό φορτίο, με αποτέλεσμα ο εφεδρικός λέβητας να μη λειτουργεί.

4. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Η ανάπτυξη και η απόδοση των φυτών εξαρτάται από την γενετική τους σύνθεση και από το περιβάλλον. Η επέμβαση με σκοπό την τροποποίηση των γενετικών παραγόντων είναι πολύ δύσκολη και απαιτεί χρόνο ενώ αντίθετα είναι δυνατή η ρύθμιση των παραγόντων του περιβάλλοντος.

Θεωρώντας το φωτισμό επαρκή σε ένα θερμοκήπιο, η θερμοκρασία είναι ο κυριότερος κλιματολογικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τον ρυθμό ανάπτυξης των καλλιεργειών και πολλές άλλες λειτουργίες (φωτοσύνθεση,...). Για να αποδώσει όμως η καλλιέργεια του θερμοκηπίου το μέγιστο δυνατό, απαιτεί μια ορισμένη θερμοκρασία η οποία και ονομάζεται αρίστη. Στην μελέτη αυτή εξετάσαμε τρία είδη καλλιέργειας (τομάτα, αγγούρι και τριαντάφυλλο), οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις των οποίων δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Εξετάσαμε ακόμα τις ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου, για τρία διαφορετικά υλικά κάλυψης απλό πλαστικό, διπλό πλαστικό και γυαλί.

Το σύστημα θέρμανσης των θερμοκηπίων που εξετάσαμε, αποτελείται όπως και στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης, από πέντε κυκλώματα μόνο που μετά τον εναλλάκτη θερμότητας, το ζεστό νερό οδηγείται σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ενέργειας, από όπου η θερμότητα μεταβιβάζεται μέσω του κυκλώματος διανομής της θερμότητας, στα υπό θέρμανση θερμοκήπια. Οι απώλειες θερμότητας από ένα στρέμμα θερμοκηπίου ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και του υλικού κάλυψης συμπεριλαμβανομένων και των θερμικών απω-



Διάγραμμα 1: Συσχέτιση θερμοκρασίας περιβάλλοντος αέρα, ισχύος και παροχής γεωθερμικού ρευστού.

λειών του δικτύου μεταφοράς του ζεστού νερού από τη δεξαμενή θερμότητας στο θερμοκήπιο δίνονται στον πίνακα 4. Στον ίδιο πίνακα δίνεται και ο μέγιστος αριθμός στρεμμάτων τα οποία μπορούν να θερμανθούν με βάση το γεωθερμικό δυναμικό των 6 προαναφερθέντων παραγωγικών γεωτρήσεων.

Τα πλεονεκτήματα από τη θέρμανση των θερμοκηπίων είναι ευρέως γνωστά γι αυτό και δεν θα τα αναφέρουμε. Πρέπει να τονίσουμε όμως ότι η

χρήση της γεωθερμικής ενέργειας θα επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και χαμηλότερο κόστος θέρμανσης. Οι βαθμομέρες θέρμανσης ενός θερμοκηπίου τομάτας, αγγουριού και τριαντάφυλλο είναι αντίστοιχα 531, 844 και 686 (Σχήμα 2).

Αν θεωρήσουμε τον βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο 0,85, η εξοικονόμηση ενέργειας θα κυμανθεί μεταξύ 14 και 30 ΤΙΠ ετησίως, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το υλικό κάλυψης.

Το κόστος παραγωγής της ενέργειας από τη θέρμανση γυάλινων θερμοκηπίων, χρησιμοποιώντας ως θερμικό μέσο το γεωθερμικό ρευστό των παραγωγικών γεωτρήσεων του ανώτερου γεωθερμικού ταμειυτήρα είναι για τη τομάτα 3,35 δρχ/ KW_{hth} , για το αγγούρι 2,36 δρχ/ KW_{hth} και για το τριαντάφυλλο 2,71 δρχ/ KW_{hth} .

5. ΙΧΘΥΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Εξετάσαμε την περίπτωση της χελοκαλλιέργειας μια που προτείνεται από σχετική μελέτη των Τίγκα, Κουσαντδρέα και Πιτσιλή. Το χέλι απαιτεί θερμοκρασία νερού την περίοδο ανάπτυξης των ανοδικών χελιών 20 - 22 °C και την περίοδο πάχυνσης 20 - 23 °C. Η προτει-

νόμηση μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας αξιοποιεί το απορριπτόμενο ζεστό νερό από τα θερμοκήπια (>> 30 °C) και αυτό για τους παρακάτω τρεις λόγους :

- έλλειψη του νερού στην περιοχή

Πίν 3: Απαιτήσεις σε θερμοκρασία διαφόρων καλλιεργειών για την ανάπτυξη των φυτών στο θερμοκήπιο.

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΚΑΛ/ΓΕΙΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡ/ΠΙΟ (°C)		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (°C)
		Ημέρα	Νύκτα	
1	Τομάτα	21 - 26	14 - 17	15 - 17
2	Αγγούρι	20 - 25	18	20
3	Τριαντάφυλλο	21 - 24	16 - 18	15 - 17

- η μεγάλη απόσταση της θάλασσας από το γεωθερμικό πεδίο

- η μείωση του κόστους θέρμανσης των θερμοκηπίων και η μείωση του κόστους παραγωγής.

Έτσι, το ζεστό νερό μετά την έξοδό του από τα θερμοκήπια θα εισέρχεται σε μια ρυθμιστική δεξαμενή (θα ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού και θα το διατηρεί στους ≈29,5 °C) και από εκεί θα εισέρχεται με σταθερή παροχή στις δεξαμενές εκτροφής.

Θεωρώντας ότι η θερμοκρασία του νερού σε μια τσιμέντινη δεξαμενή εκτροφής βάθους 1 m και επιφάνειας 300 m² διατηρείται στο επιθυμητό επίπεδο των 20 °C οι μηνιαίες απώλειες θερμότητας θα είναι 260.044.800 KJ/mo. Μια παροχή 10 m³/h ζεστού νερού από τη ρυθμιστική δεξαμενή στη δεξαμενή εκτροφής θα εξισορροπεί αυτές τις απώλειες, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του νερού εκτροφής να διατηρείται σταθερή στο επιθυμητό επίπεδο των 20 °C επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα ανανέωση του νερού της τάξεως του 3 %/h.

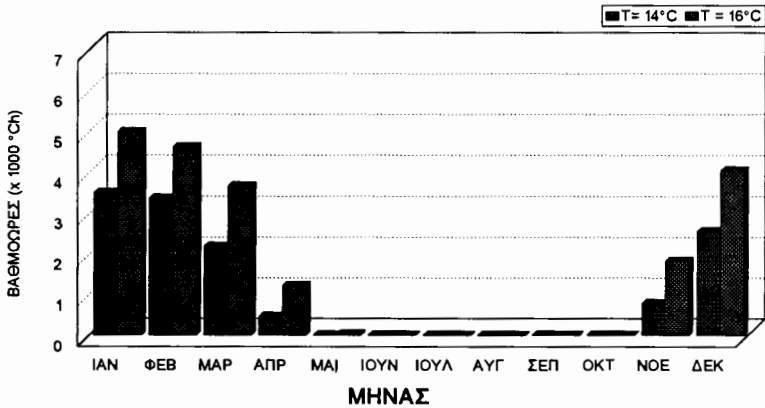
Η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει από την αξιοποίηση του απορριπτόμενου νερού από τα θερμοκήπια με σκοπό τη θέρμανση του νερού εκτροφής μιας δεξαμενής 300 m³ είναι θα είναι περίπου 67 ΤΙΠ ετησίως.

Πίν. 4: Η απαιτούμενη θερμική ισχύς/στρέμμα θερμοκηπίου και ο μέγιστος αριθμός στρεμμάτων που μπορούν να θερμανθούν.

ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ, KCal/h	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΕΜΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΘΕΡΜΑΝΘΟΥΝ	
			Ταμειευτήρας Ανώτερος	Κατώτερος
Τομάτα	Γυαλί	140.000	61	60
	Απλό πλαστικό	163.500	53	51
	Διπλό πλαστικό	91.000	95	92
Αγγούρι	Γυαλί	160.000	54	52
	Απλό πλαστικό	178.500	48	47
	Διπλό πλαστικό	102.500	84	81
Τριαντάφυλλο	Γυαλί	150.000	57	56
	Απλό πλαστικό	171.000	50	49
	Διπλό πλαστικό	96.750	89	86

6. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μία από τις πλέον συμφέρουσες εφαρμογές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας



Σχ. 3: Οι βαθμώρες θέρμανσης θερμοκηπίων για δύο διαφορετικές καλλιέργειες

είναι η αφαλάτωση νερού, επειδή μπορεί να επιλύσει τα σοβαρά υδροδοτικά προβλήματα περιοχών που υποφέρουν από λειψυδρία, με σχετικά χαμηλό κόστος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν είτε να θερμαίνουν το ρεύμα τροφοδοσίας είτε να αφαλατώνονται τα ίδια με ταυτόχρονη αξιοποίηση της ενέργειάς τους, όταν βεβαίως η σύστασή τους κρίνεται κατάλληλη.

Τα πλεονεκτήματα της δεύτερης αυτής περίπτωσης (αφαλάτωση του ίδιου του γεωθερμικού ρευστού) είναι πάρα πολύ σημαντικά. Αφ' ενός μεν αποφεύγονται οι θερμοκρασιακές απώλειες κατά την θερμοεναλλαγή (τουλάχιστον 2-3 °C), αφ' ετέρου δε αξιοποιείται στο μέγιστο η ενέργεια των ρευστών και μειώνεται σημαντικά το κόστος επένδυσης. Παρ' όλα αυτά κατά την αφαλάτωση των ίδιων των γεωθερμικών ρευστών αντιμετωπίζονται σημαντικότερα προβλήματα, όπως αποθέσεων και διαβρώσεων στις εγκαταστάσεις, απομάκρυνσης των ασυμπίκνωτων ενώ παράλληλα τίθεται και θέμα καταλληλότητας του τελικού προϊόντος.

Εξετάσαμε έτσι, τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών του γεωθερμικού πεδίου του Σουσακίου Κορινθίας με σκοπό την αφαλάτωση θαλασσινού νερού γιατί με βάση τα κριτήρια της προηγούμενης παραγράφου, η σύσταση των συγκεκριμένων ρευστών κρίνεται ακατάλληλη για αφαλάτωσή τους.

Η προτεινόμενη μέθοδος αφαλατώσεως (MED ή MES) έχει δοκιμαστεί σε εμπορική κλίμακα στο εξωτερικό, με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική τεχνογνωσία στον τομέα. Μια τέτοια εφαρμογή όπως αναφέρεται από τον Καρύτσα (1992) με γεωθερμική ενέργεια σαν θερμικό μέσο, έχει γίνει στο γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας του East Mesa του Imperial Valley της Καλιφορνίας. Στις επόμενες παραγράφους εξετάζεται η δυνατότητα αξιοποίησης του συνόλου ή μέρους του γεωθερμικού δυναμικού της παραγωγικής γεώτρησης ΓΠ4 (με παροχή 90 m³/h και θερμοκρασία 75°C).

Σαν μέθοδος αφαλάτωσης όπως προαναφέρουμε, προτείνεται η μέθοδος εξάτμισης σε πολλαπλές δράσεις σε εξετμιστήρες είτε με οριζόντια διάταξη των αυλών (μέθοδος MES) ή με κάθετη διάταξη των αυλών (μέθοδος MED). (Καρύτσα 1990, Γελεγίνης 1990). Η προτεινόμενη μονάδα δεν προβλέπεται να χρησιμοποιεί άλλες πηγές ενέργειας, παρά μόνο ηλεκτρική ενέργεια για τις αντλίες και τους κυκλοφορητές της.

Τα αναφερόμενα οικονομικά μεγέθη προέκυψαν από την εμπειριστατωμένη έρευνας στην Ελληνική και διεθνή αγορά που διενεργήθηκε κατά το τελευταίο τετράμηνο από τους μελετητές, βάση των τεχνικών προδιαγραφών που προκαθόρισαν. Ο βέλτιστος σχεδιασμός

των μονάδων αποδεικνύει ότι πιο οικονομική είναι η εφαρμογή εξατμιστήρα οκτώ δράσεων με θερμοκρασία στον διαχωριστή της τάξεως των 50°C με παραγωγή 600 m³/ημέρα με εκτιμώμενο κόστος επένδυσης 450 εκατομμύρια δρχ και κόστος παραγωγής 364 δρχ/m³ (χωρίς επιδότηση) και 249 δρχ/m³ (με επιδότηση 50%).

Στην περίπτωση που μελλοντικά πιστοποιηθεί πολλαπλάσιο γεωθερμικό δυναμικό σε περισσότερες παραγωγικές γεωτρήσεις με παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά (ή και ευνοϊκότερα) της ΓΠ₄ βελτιώνεται κατά πολύ η οικονομικότητα της μονάδας με παράλληλη αύξηση του δυναμικού της μονάδος αυτής.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κοντά στο γεωθερμικό πεδίο Σουσακίου υπάρχουν τόσο βιομηχανικές μονάδες όσο και γεωργικές καλλιεργούμενες εκτάσεις. Η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού θα μπορούσε να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, τόσο στη βιομηχανία όσο και στη γεωργία, δεδομένου ότι, οι θερμικές ανάγκες τους μέχρι σήμερα καλύπτονται κατά κύριο λόγο με τη χρήση πετρελαίου. Πέρα όμως από το ενεργειακό όφελος, η αξιοποίηση της Ανανεώσιμης αυτής Πηγής Ενέργειας, θα συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των αγροτών.

Ένα έντονο πρόβλημα της περιοχής, η έλλειψη νερού ύδρευσης, θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί αφαλατώνοντας θαλασσινό νερό, με θερμικό μέσο το γεωθερμικό ρευστό από τη γεώτρηση ΓΠ₄ του ανώτερου γεωθερμικού ταμειυτήρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗΣ, ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΛΑΚΗΣ, ΒΡΕΛΛΗΣ, ΔΟΒΕΛΟΣ, (1992). Γεωλογική - Τεχνική έκθεση γεωθερμικής γεώτρησης ΣΟΥΣΑΚΙ - 1, ΙΓΜΕ.
- ΑΝΔΡΙΤΣΑΚΗΣ, Ε., (1992). "Εγχειρίδιο κωδικών Η/Υ μελέτης VALOREN 31204", ΚΑΠΕ.
- ΒΡΕΛΛΗΣ, ΚΑΒΟΥΡΙΔΗΣ, ΔΟΒΕΛΟΣ, (1991). Γεωθερμική έρευνα περιοχής Σουσακίου, ΙΓΜΕ.
- ΒΡΕΛΛΗΣ, ΔΟΒΕΛΟΣ, ΣΑΡΑΝΤΕΑΣ, (1992). Συμπληρωματικές δοκιμαστικές αντλήσεις στις γεωτρήσεις ΓΠ4 - ΓΠ1 στο γεωθερμικό πεδίο Σουσακίου, ΙΓΜΕ.
- ΓΕΛΕΓΓΕΝΗΣ, Ι. (1990). Προμελέτη σκοπιμότητας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας σε αφάλατωση, μελέτη περίπτωσης, Νο 1784, ΚΑΠΕ.
- ΓΡΑΦΙΔΕΛΛΗΣ, (1980). Σύγχρονα θερμικήπια.
- COMMISSION OF THE EC, (1983). "Economics and optimization of geothermal district heating in the EC member states. A status of art review".
- HARRISON, NORTIMER, SMARASON, (1987). Geothermal heating (a handbook of engineering economics).
- ΚΑΒΟΥΡΙΔΗΣ, Θ. ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ. (1988). Γεωθερμική έρευνα περιοχής Σουσακίου.
- ΚΑΒΟΥΡΙΔΗΣ, Θ. (1991). Αξιολόγηση ερευνητικών στοιχείων με σκοπό τον προσδιορισμό θέσης βαθιάς γεώτρησης στην περιοχή Σουσακίου, ΙΓΜΕ.
- ΚΑΝΑΒΑΚΗΣ, Γ. (1992). Προμελέτη για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στο Σουσάκι Κορινθίας στις παρακάτω χρήσεις: Τηλεθέρμανση Αγίων Θεοδώρων Κορινθίας, Θέρμανση θερμοκηπίων, Ιχθυοκαλλιέργειες, Νο 2727, ΚΑΠΕ.
- ΚΑΡΥΔΟΓΙΑΝΝΗΣ, (1992). Κριτήρια Οικονομικής Αξιοποίησης Επενδύσεων Α.Π.Ε και Ο.Χ.Ε, ΚΑΠΕ.
- ΚΑΡΥΤΣΑΣ, Κ., (1990). Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας: αρχές, συστήματα εφαρμογών και δυνατότητες για τον Ελληνικό χώρο, εισήγηση σε σεμινάρια του ΤΕΕ και ΕΛΚΕΠΑ.
- ΚΑΡΥΤΣΑΣ, Κ., (1992). Οδηγός γεωθερμικών πεδίων και των εφαρμογών σε αυτά στον Ελληνικό και Διεθνή χώρο, μέρος Δ' : Η γεωθερμία στην Αμερική και στην Ωκεανία, ΚΑΠΕ.
- MARINELLI, G., (1971). Possibility of developing geothermal resources in Greece.
- MORTENSEN, H. et al. "Fundamentals and economic principles in district heating plan-

ning", ASHRAE.

- ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ, ΚΥΡΙΤΣΗ, ΣΟΥΤΕΡ. Θέρμανση θερμοκηπίων, αντλίες θερμότητας, ΕΛΚΕΠΑ.
ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ, (1985). Εισαγωγή στις υδατοκαλλιέργειες.
ΣΩΚΡΑΤΙΔΟΥ, Α., (1992). Γεωθερμική τηλεθέρμανση. Διεθνής εμπειρία - δυνατότητες και
προοπτικές στην Ελλάδα, ΚΑΠΕ.
ΤΙΓΚΑΣ, ΚΟΥΤΣΑΝΔΡΕΑΣ, ΠΙΤΣΙΛΗΣ, (1990). Προμελέτη για την αξιοποίηση της γεωθερμίας
της περιοχής Σουσακίου.
ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ. (1989). Γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα, Εθνικό Συνέ-
δριο Εφαρμογών Γεωθερμίας Θεσσαλονίκη.
ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ., ΚΑΒΟΥΡΙΔΗΣ, Θ. (1985). Geothermal area of Sousaki - Loutraki (Geothermics
Thermal - Mineral water and Hydrogeology p.19-34).