

## ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΩΝ

Γ.Γελεγένης<sup>1</sup>, Α.Σωκρατίδου<sup>1</sup>, Λ.Ανδριτσάκης<sup>1</sup> και Ν.Κουμούτσος<sup>2</sup>

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

2 Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ :** Διερευνώνται οι θεμελιώδεις διαφορές της οικονομικής ανάλυσης γεωθερμικών συστημάτων θέρμανσης οικισμών και επισημαίνονται οι ουσιαστικές διαφορές από την αντίστοιχη ανάλυση των λοιπών γεωθερμικών εφαρμογών. Εντοπίζονται οι παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα συστημάτων τηλεθέρμανσης και παρουσιάζεται μοντέλο οικονομικής ανάλυσης των συστημάτων αυτών. Η εφαρμογή του μοντέλου επιδεικνύεται στην περίπτωση του γεωθερμικού πεδίου της Νέας Απολλωνίας του Νομού Θεσσαλονίκης.

**1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Από τα βασικά οικονομικά μεγέθη που καθορίζουν την υλοποίηση μιας επένδυσης είναι τα απαιτούμενα αρχικά κεφάλαια, τα αναμενόμενα κέρδη και η ριψοκινδύνευση που επιχειρείται. Τα συστήματα γεωθερμικής τηλεθέρμανσης ειδικότερα απαιτούν μεγάλες επενδύσεις και έχουν σημαντικό ρίσκο ως προς τα αναμενόμενα έσοδα, στοιχεία τα οποία περιορίζουν τη διάδοση των συστημάτων αυτών, εκτός αν προσφέρονται σχετικά μέτρα επιδότησης και ασφάλειας.

Ωστόσο η γεωθερμική τηλεθέρμανση, εκτός των σημαντικών αναπτυξιακών, ενεργειακών και περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων της, μπορεί να συνιστά μια ιδιαίτερα ελκυστική επιχειρηματική δραστηριότητα, τόσο για τον επενδυτή όσο και για τους τελικούς καταναλωτές ώστε κρίνεται σκόπιμη η παρακίνηση εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων. Για να αντιμετωπισθούν οι ανασταλτικοί παράγοντες που προαναφέρθηκαν, θα πρέπει να προηγηθεί μια λεπτομερής οικονομική ανάλυση των συστημάτων αυτών, κατά την οποία θα μελετώνται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν την οικονομικότητά τους και θα προκύπτουν λύσεις χρηματοδοτικές και διαχείρισης του έργου.

Διάφοροι μελετητές παρουσίασαν κατά καιρούς οικονομικές αναλύσεις της συμπεριφοράς των εξεταζόμενων συστημάτων ([1],[2],[3],[4],[5] και [6]). Μεταξύ αυτών στην εργασία [3] εξετάζεται ολοκληρωτικά το θέμα, με βάση την Ευρωπαϊκή εμπειρία, παρουσιάζοντας την ποιοτική αλλά και ποσοτική διάστασή του. Τα αποτελέσματα όμως της παραπάνω μελέτης δεν προσφέρονται για αξιολόγηση γεωθερμικών συστημάτων στη χώρα μας διότι α)είναι γενικευμένα και ενδεικτικά, β)αναφέρονται σε σχετικά βαθιές λήψεις και γ)οι τιμές των συμβατικών καυσίμων έχουν ήδη διαφοροποιηθεί σημαντικά. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μοντέλο οικονομικής ανάλυσης, το οποίο εφαρμόστηκε σε γεωθερμικά πεδία της Β. Ελλάδας. Τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα του μοντέλου προέκυψαν από προσομοιωτή συστημάτων γεωθερμικής τηλεθέρμανσης που ανέπτυξαν οι συγγραφείς στα πλαίσια σχετικής μελέτης [7]. Στην παρούσα εργασία αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της οικονομικής ανάλυσης των γεωθερμικών συστημάτων, με βάση την Ελληνική πραγματικότητα, περιγράφεται το μοντέλο που αναπτύχθηκε, στο οποίο έχουν συμπεριληφθεί, εκτός των μέχρι τώρα εφαρμοζόμενων παραμέτρων, ο πληθωρισμός και η δυναμική του αριθμού διασυνδεδεμένων χρηστών και τέλος παρουσιάζονται για πρώτη φορά αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης συστήματος γεωθερμικής τηλεθέρμανσης για την περιοχή της Νέας Απολλωνίας.

**2. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ****2.1. ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ**

Οι παράμετροι που κυρίως προσδιορίζουν το μέγεθος της επένδυσης είναι τα χαρακτηριστικά της γεωθερμικής πηγής, η απόσταση του πεδίου από τον οικισμό, το μέγεθος της εφαρμογής, η πυκνότητα δόμησης και τα κλιματολογικά στοιχεία της

περιοχής. Συνήθως η επένδυση είναι σημαντική, λόγω του μεγέθους της εφαρμογής και της επιβάρυνσης με "δευτερεύοντα" εξοπλισμό μεταφοράς και διανομής της ενέργειας.

Η επένδυση εξαρτάται κατά πολύ από την έκταση του δικτύου διανομής. Η επιλογή μιας αρχικής ζώνης θέρμανσης, όπου εντοπίζεται το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, συμβάλλει στον περιορισμό της επένδυσης και του ρίσκου. Θα πρέπει όμως να προβλέπεται η δυνατότητα κάλυψης του φορτίου και σε περίπτωση "οριζόντιας" ή και "κατακόρυφης" επέκτασής του. Σε οικισμούς που οι κεντρικές θερμάνσεις δεν είναι διαδεδομένες, η συνολική επένδυση επιβαρύνεται επιπλέον με το θερμαντικό εξοπλισμό στις κατοικίες, ενώ οι απαιτούμενες επεμβάσεις με τη φυσική και "μεταφορική" έννοια συνιστούν ανασταλτικό παράγοντα. Στην περίπτωση αυτή όμως προσφέρεται η δυνατότητα καταλληλότερης σχεδίασης του συστήματος, επιτρέποντας τη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας και τη βελτίωση της οικονομικότητάς του.

Αν και η γεωθερμική τηλεθέρμανση μπορεί να προσφέρει ελκυστικά οικονομικά στοιχεία, το σχετικό ενδιαφέρον των επενδυτών κρίνεται μάλλον μειωμένο, λόγω του ρίσκου της είσπραξης των εσόδων από πλήθος καταναλωτών. Εξαιτίας του ρίσκου και των αναπτυξιακών πλεονεκτημάτων των συστημάτων αυτών, είναι προσφορότερη η διαχείριση του έργου από φορέα κοινωφελούς μάλλον παρά κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Η υλοποίηση και επιτυχία του συστήματος εξαρτάται από την κατάλληλη ενημέρωση των τελικών ενδιαφερομένων, των κατοίκων.

Το ρίσκο είναι επίσης η αιτία που εταιρείες οι οποίες υλοποιούν έργα με "χρηματοδότηση από τρίτους", αν και αναμειγνύονται σε έργα κοινής ωφέλειας όπως αφαλάτωση, προμήθεια νερού, διαχείριση και επεξεργασία αποβλήτων, αποφεύγουν να εμπλακούν σε έργα τηλεθέρμανσης. Τούτο βέβαια δεν αποκλείει την ανάληψη των εξόδων από την εργοληπτική εταιρεία με τη μορφή δανείου. Για την εξασφάλιση των απαιτούμενων κεφαλαίων θα πρέπει επίσης να εξετάζονται οι περιπτώσεις επιχορήγησης, συμμετοχής των κατοίκων στα πλαίσια Εταιρείας Λαϊκής Βάσης και δανειοδότησης. Ένα έργο γεωθερμικής τηλεθέρμανσης, λόγω των αναπτυξιακών και ενεργειακών χαρακτηριστικών του, μπορεί να επιδοτηθεί από Εθνικό ή Κοινωνικό Πρόγραμμα, όπως είναι ο αναπτυξιακός Νόμος 1892/90 και Προγράμματα της 16ης Γενικής Διεύθυνσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης) ή της 17ης Γενικής Διεύθυνσης (THERMIE). Αλλά και η περίπτωση δανειοδότησης δεν θα πρέπει να απορρίπτεται διότι, για παράδειγμα, με την υπόθεση πληθωρισμού 10 % η εξασφάλιση δανείου με ετήσιο επιτόκιο έως και 16 % θεωρείται συμφέρουσα.

## 2.2. ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΦΟΡΕΑ-ΧΡΗΣΤΩΝ

Στις συμβάσεις διακρίνονται τεχνικοί και οικονομικοί όροι. Στους τεχνικούς όρους προσδιορίζεται η θερμοκρασία άφιξης του θερμού νερού στο χρήστη και ο τρόπος χρέωσης της ενέργειας. Στους οικονομικούς όρους αναγράφεται η τιμή της γεωθερμικής ενέργειας και η εξέλιξή της στο χρόνο, όπως επίσης η αρχική και η τυχόν πάγια επιβάρυνση του χρήστη.

Η θερμοκρασία άφιξης μπορεί να είναι σταθερή ή να μεταβάλλεται σύμφωνα με την εξωτερική θερμοκρασία. Η δεύτερη λύση είναι οικονομικότερη διότι επιτρέπει αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλών θερμοκρασιών με περιορισμένη χρήση βοηθητικού εξοπλισμού ώστε αυξάνεται η συμμετοχή της γεωθερμικής ενέργειας στην ετήσια ζήτηση.

Η χρέωση γίνεται με βάση την παροχή. Τούτο συνιστά κίνητρο για τη μέγιστη απόληψη ενέργειας από τους χρήστες και εξασφαλίζει ορθολογική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Σε περίπτωση μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας άφιξης, προσαρμόζεται γραμμικά η τιμή χρέωσης.

Η τιμή της γεωθερμικής ενέργειας είναι μια καθοριστική παράμετρος, καθώς μεταβολές της μπορεί να ευνοούν έναν από τους δύο συμβαλλόμενους σε βάρος του άλλου. Παρουσιάζεται ως έκπτωση σχετικά με εναλλακτικές λύσεις που προσφέρονται στο χρήστη (πετρέλαιο ή αέριο) και αναπροσαρμόζεται με τον πληθωρισμό και τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.

Η συμφωνία εφαρμογής του πληθωρισμού στην τιμή της γεωθερμικής ενέργειας, εξασφαλίζει στο φορέα τον αρχικά εκτιμώμενο χρόνο απόσβεσης, αλλά, σε περίπτωση αρνητικού πραγματικού πληθωρισμού των τιμών των συμβατικών καυσίμων, η παραπάνω συμφωνία μειώνει την οικονομικότητα της επένδυσης των χρηστών. Η συσχέτιση της αύξησης της τιμής της γεωθερμικής ενέργειας με τους δύο παραπάνω συντελεστές είναι θέμα πολιτικής του φορέα, και ανάλογα με αυτήν μπορεί να εξασφαλίζεται ο φορέας, ο χρήστης ή να επιμερίζονται το ρίσκο. Σε περίπτωση θετικού πραγματικού πληθωρισμού της τιμής των συμβατικών καυσίμων μπορούν να ευνοούνται και ο φορέας και οι χρήστες, καθώς πρόκειται για επένδυση υποκατάστασης καυσίμων από ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

### 2.3. Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΟΡΕΑ

Η βασική διαφοροποίηση της εφαρμογής της τηλεθέρμανσης από άλλες γεωθερμικές εφαρμογές έγκειται ακριβώς στην παρεμβολή του φορέα διαχείρισης πριν από τον τελικό χρήστη. Η διαφοροποίηση πηγάζει από το στόχο ικανοποίησης δύο επενδυτών, του φορέα και του χρήστη, με ουσιαστικά αντικρουόμενα συμφέροντα. Τα αντικρουόμενα συμφέροντα, που αντικατοπτρίζονται στην τιμή μεταπώλησης της ενέργειας, θα πρέπει να συμβιβάζονται μέσα από την κατάλληλη οικονομική διαχείριση και λειτουργία του έργου, ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη και για τους δύο ενδιαφερόμενους.

Αν και φαίνεται να υπάρχει αντιστοίχιση μεταξύ του φορέα διαχείρισης ενός συστήματος τηλεθέρμανσης και του φορέα εκμετάλλευσης ενός γεωθερμικού πεδίου, υπάρχουν σημαντικές διαφορές που δεν επιτρέπουν τη μεταφορά εμπειρίας από τη μια περίπτωση στην άλλη. Οι διαφορές στον τεχνικό τομέα εντοπίζονται στο αντικείμενο του κάθε φορέα. Ο φορέας εκμετάλλευσης ασχολείται κυρίως με τη γεωθερμική πηγή και θα πρέπει να διαθέτει σημαντική τεχνική υποδομή για να καλύψει το φάσμα έρευνας και εκμετάλλευσης. Αντίθετα, ο φορέας διαχείρισης, εκτός των ιδιαιτεροτήτων του γεωθερμικού κυκλώματος (τις οποίες πιθανόν να επωμίζεται ο φορέας εκμετάλλευσης), δεν αντιμετωπίζει προβλήματα νέας ή σύνθετης τεχνολογίας, ώστε μπορεί για παράδειγμα να ανταποκριθεί βασιζόμενος σε εμπειρία διαχείρισης συστήματος ύδρευσης. Στις οικονομικές και διοικητικές δραστηριότητες κάθε φορέα, οι βασικές διαφορές βρίσκονται στους τελικούς καταναλωτές και στην αβεβαιότητα της επένδυσης. Το πλήθος των τελικών καταναλωτών μπορεί να είναι στην περίπτωση του φορέα διαχείρισης έως και κατά δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο, και η "νοοτροπία" τους απέχει από την επενδυτική που αντιμετωπίζει ο φορέας εκμετάλλευσης. Ο φορέας διαχείρισης γνωρίζει την αγορά, αλλά καθώς η ενέργεια που παρέχει δεν αξιοποιείται παραγωγικά, η αβεβαιότητα ως προς την ποσότητα πώλησης είναι συνεχής. Αντίθετα, ο επενδυτικός χαρακτήρας των καταναλωτών για το φορέα εκμετάλλευσης μειώνει το ρίσκο στο στάδιο λειτουργίας ενώ στο αρχικό στάδιο η αβεβαιότητα είναι σημαντική και απαιτείται προσεκτική έρευνα της αγοράς.

Η έκπτωση που προσφέρει ο φορέας στον τελικό χρήστη είναι καθοριστική. Η αύξηση του ποσοστού έκπτωσης μειώνει τα κέρδη του φορέα ανά χρήστη και αυξάνει τον αριθμό των διασυνδεδεμένων χρηστών. Οι δύο αυτές αντίθετες τάσεις οδηγούν στα μέγιστα έσοδα για το φορέα (για την ίδια επένδυση) σε ένα "βέλτιστο" ποσοστό έκπτωσης. Εάν ο φορέας δεν λειτουργεί με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια, απαιτείται διαφορετική προσέγγιση στην εκτίμηση της υποδεδειγμένης έκπτωσης. Συγκεκριμένα, για ένα αναμενόμενο ποσοστό συμμετοχής χρηστών, το ενδεδειγμένο ποσοστό έκπτωσης προκύπτει από την οικονομική ανάλυση του συστήματος με την υπόθεση χρόνου απόσβεσης για το φορέα της τάξης των 8 ετών. Το ποσοστό συμμετοχής των χρηστών πιθανόν να μη φθάσει στην τελική του τιμή από τον πρώτο χρόνο, αλλά να ακολουθήσει μια αυξητική τάση, ο ρυθμός της οποίας θα εξαρτηθεί από α) την ενεργοποίηση του φορέα για ενημέρωση των κατοίκων β) την εξέλιξη των τιμών των συμβατικών καυσίμων και γ) το βαθμό ικανοποίησης των ήδη διασυνδεδεμένων χρηστών. Επομένως, στον υπολογισμό του ποσοστού έκπτωσης θα πρέπει να υποτεθεί μια

δυναμική εξέλιξη του αριθμού των χρηστών και η οικονομική ανάλυση θα προσδιορίσει αντίστοιχα τους σχετικούς στόχους.

Η ακριβής μορφή ενός αναπτυξιακού φορέα διαχείρισης θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα και διάθεση της τοπικής αρχής να αναλάβει την επένδυση ή να την επιμερισθεί με τους κατοίκους. Ο επιμερισμός της επένδυσης μειώνει τα συνολικά κέρδη και την παρούσα αξία του έργου για το φορέα, αλλά εξασφαλίζει μεγαλύτερους ρυθμούς επιστροφής λόγω του χαμηλότερου κόστους χρήματος για τους τελικούς καταναλωτές. Κίνητρο για τον επιμερισμό της επένδυσης είναι η συμμετοχή των κατοίκων στο φορέα ή η τιμολόγηση της ενέργειας σύμφωνα με την επενδυτική συμμετοχή τους. Η δεύτερη λύση δεν υποκρύπτει ρίσκο για τον τελικό χρήστη, ενώ παράλληλα η προσφορά σημαντικών εκπτώσεων (μπορούν να ξεπερνούν το 50%) συμβάλει στην εξασφάλιση περισσότερων χρηστών.

#### 2.4. Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες χρηστών α) με σύστημα κεντρικής θέρμανσης, β) με συστήματα ατομικής θέρμανσης (ηλεκτρικά σώματα, σόμπες) και γ) οι μελλοντικοί πιθανοί χρήστες που θα εγκατασταθούν σε οικοδομές υπό ανέγερση. Ο συνδυασμός των περιπτώσεων (β) και (γ) επιτρέπει τη βελτιστοποίηση του συστήματος τηλεθέρμανσης με τη χρήση περισσότερων της μιας κατηγοριών θερμομαντικών σωμάτων (καλοριφέρ και ενδοδαπέδιο σύστημα).

Τα κίνητρα για τη διασύνδεση των χρηστών είναι οικονομικά και ποιότητας υπηρεσιών. Τα οικονομικά οφείλονται στη χαμηλότερη τιμή της γεωθερμικής ενέργειας. Ας σημειωθεί ότι ακόμα και η συμβατική τηλεθέρμανση, παρά τις απώλειες στο δίκτυο, παρουσιάζει ενεργειακό πλεονέκτημα ως προς τις επιμέρους κεντρικές θερμάνσεις, στις οποίες το ενεργειακό κόστος μπορεί να είναι αυξημένο κατά 40%. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από τη χονδρική αγορά καυσίμου και τη σημαντικά υψηλή απόδοση του κεντρικού λέβητα. Η γεωθερμική τηλεθέρμανση ειδικότερα παρέχει "επενδυτικές ευκαιρίες" στους κατοίκους και ίσως είναι η μόνη εφαρμογή που επιτρέπει στη συντηρητική πλειονότητα των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής να επωφεληθούν από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Τα οφέλη ως προς την ποιότητα υπηρεσιών προκύπτουν από την αποφυγή αγοράς καυσίμων, την εξοικονόμηση χώρου και τον περιορισμό της τοπικής ρύπανσης, ενώ για χρήστες με ατομικές θερμάνσεις σημαντικό πλεονέκτημα συνιστά επιπλέον η ποιότητα θέρμανσης που προσφέρουν τα κεντρικά συστήματα. Για την ευκολότερη διεύθυνση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, είναι δυνατόν να επιχειρηθεί σε πρώτη φάση η τηλεθέρμανση δημοτικών κτιρίων, μέσα από ένα δίκτυο με σημαντικές ανοχές για επακόλουθη διασύνδεση και κατοικιών.

Ο χρήστης θα κληθεί να επιβαρυνθεί για τα θερμομαντικά σώματα στην κατοικία του (επωφελούμενος από την αποφυγή αγοράς λέβητα), τους σχετικούς αυτοματισμούς και ίσως με τα έξοδα διασύνδεσης ή και με συμμετοχή του στην επένδυση. Η επιβάρυνση για τα σώματα, σε περίπτωση βελτιστοποίησης του συστήματος, θα είναι μεγαλύτερη από τη συνήθη σε κεντρικές θερμάνσεις, ώστε να μεγιστοποιείται η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας. Τα οικονομικά αποτελέσματα της επένδυσης του χρήστη κρίνεται σκόπιμο να εκτιμηθούν με βάση τα έξοδα αντίστοιχου συστήματος κεντρικής θέρμανσης με πετρέλαιο, που αναλύονται σε κόστος καυσίμου και αποσβέσεων. Ο ρυθμός προεξόφλησης για τον τελικό καταναλωτή μπορεί να θεωρείται μηδενικός.

#### 3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι παράγοντες που αναφέρονται στις παραγράφους του προηγούμενου κεφαλαίου, συμπεριλήφθηκαν κατά την ανάπτυξη μοντέλου της οικονομικής ανάλυσης. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα και οι παράμετροι που απαιτεί η εφαρμογή του μοντέλου, όπως και τα οικονομικά μεγέθη που υπολογίζει.

Τα δεδομένα του μοντέλου προκύπτουν από σχετικό προσομοιωτή βελτιστοποίησης. Οι σχεδιαστικές δυνατότητες του προσομοιωτή επιβεβαιώθηκαν με σύγκριση των αποτελεσμάτων του με δεδομένα από τη διεθνή εμπειρία. Η

σχεδιαστική βελτιστοποίηση προϋποθέτει ως δεδομένη την ισχύ του συστήματος και επομένως το πωλούμενο ποσό ενέργειας στους τελικούς καταναλωτές. Η προδιαγραφή της ποσότητας του τελικού "προϊόντος" ανάγει το κριτήριο βελτιστοποίησης στην ελαχιστοποίηση του σημερινού κόστους εγκατάστασης και 25ετούς λειτουργίας του έργου. Σημειώνεται ότι το κριτήριο συνεκτιμά και την "ποιότητα" του προϊόντος (ενέργεια) συμπεριλαμβάνοντας στην αρχική επένδυση και τα θερμαντικά σώματα των χρηστών, των οποίων το κόστος αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία παροχής ενέργειας. Ο βέλτιστος προτεινόμενος σχεδιασμός εξαρτάται από το ρυθμό προεξόφλησης κεφαλαίου, το ποσοστό επιδότησης της επένδυσης και τη στενότητα κεφαλαίων που πιθανόν να αντιμετωπίζει ο φορέας διαχείρισης. Η βελτιστοποίηση που επιτυγχάνει ο προσομοιωτής αξιολογήθηκε και επιβεβαιώθηκε με το μοντέλο οικονομικής ανάλυσης, που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό.

### Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3.1

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ :** Αρχική επένδυση, Κόστος σύνδεσης, Επιβάρυνση θερμαντικών, Μέγιστος αριθμός και ποσοστό διασύνδεσης χρηστών, Αντικαταστάσεις, Λειτουργικά και καύσιμα ειδικότερα, Πώληση ενέργειας.

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ :** Ρυθμοί προεξόφλησης κεφαλαίων φορέα και χρήστη, Τιμή ενέργειας, Εκπτώση, Πληθωρισμός, Πραγματικός πληθωρισμός ενέργειας, Συντελεστής πληθωρισμού για την έκπτωση, Δάνειο, Επιτόκιο, Επιδότηση, Ποσοστό φορολόγησης, Συμμετοχή του χρήστη και πάγια επιβάρυνση.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ :** Χρόνοι απόσβεσης και ρυθμοί επιστροφής για το φορέα και χρήστες με ή χωρίς εγκαταστημένο σύστημα κεντρικής θέρμανσης.

Η δομή του μοντέλου επιτρέπει την οικονομική ανάλυση του συστήματος για διάφορα σχήματα διαχείρισης και χρηματοδότησης του έργου (φορέας διαχείρισης ιδιώτης ή αναπτυξιακού χαρακτήρα, εφαρμογή δανειοδότησης, επιδότησης ή σημαντικής συμμετοχής των κατοίκων κ.λπ.) και την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος για διάφορα σενάρια μεταβολής των τιμών των καυσίμων, του πληθωρισμού και του αριθμού των διασυνδεδεμένων χρηστών. Αποφεύγοντας τη μονοσήμαντη υπόθεση παραδοχών, επιτυγχάνεται η δυνατότητα διερεύνησης των συνθηκών υπό τις οποίες το σύστημα είναι οικονομικό, και παράλληλα υποδεικνύονται λύσεις για τη χρηματοδότηση και διαχείριση του έργου. Με την εισαγωγή παραμέτρου παγίων εξόδων των χρηστών, μπορεί να υπολογισθεί η οικονομικότητα του συστήματος σε περίπτωση που οι χρήστες αγοράζουν την ελάχιστη προδιαγραφόμενη από τη σύμβαση ενέργεια, ή αντίστροφα μπορεί να προσδιορισθεί η ελάχιστη αυτή υποχρέωση των χρηστών, ώστε να εξασφαλίζεται η απόσβεση του συστήματος.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου αναφέρονται και στους δύο επενδυτές που εμπλέκονται στο έργο (φορέας και χρήστες) παρουσιάζοντας την απόσβεση και το ρυθμό επιστροφής των κεφαλαίων τους, ενώ διακρίνονται οι περιπτώσεις χρηστών με σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ατομικής θέρμανσης αντίστοιχα. Το μοντέλο, μέσα από τη δυνατότητα επέμβασης και στις χρηματοδοτικές παραμέτρους του συστήματος, επιτρέπει παραμετρική ταυτοποίηση ώστε να επιτυγχάνονται οι επιθυμητοί χρόνοι απόσβεσης για το φορέα διαχείρισης και για τους καταναλωτές, προδιαγράφοντας έτσι χρηματοδοτικές οδηγίες.

Σε περίπτωση περιορισμού των βαθμών ελευθερίας, όσον αφορά τις χρηματοδοτικές παραμέτρους, είναι δυνατόν με τη μέθοδο δοκιμής και σφάλματος, για καλύτερη εποπτεία της συμπεριφοράς του συστήματος, να προσδιορισθούν οι οικονομικές παράμετροι που επιτρέπουν συμβιβασμό των σχετικών οφελών. Επίσης είναι δυνατόν να συνταχθούν προδιαγραφές ειδικότερων συμβάσεων που μπορεί να

συνάπτει ο φορέας με χρήστες, οι οποίοι επιθυμούν συμμετοχή τους στην αρχική επένδυση του συστήματος. Τέλος, με τη θεώρηση 25ετούς απόσβεσης για το φορέα διαχείρισης και με την υπόθεση καθολικής επιβάρυνσής του και με τον εξοπλισμό των χρηστών, είναι δυνατόν, με τη μέθοδο της παραμετρικής ταυτοποίησης, να υπολογισθεί επακριβώς το κόστος της θερμίδας στη θέση κατανάλωσης.

#### 4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΝΕΑΣ ΑΠΟΛΛΩΝΙΑΣ

##### 4.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η κύρια ζώνη γεωθερμικού ενδιαφέροντος στο πεδίο Νέας Απολλωνίας έχει έκταση  $2\text{km}^2$ . Ο ταμιευτήρας βρίσκεται σε βάθος 50–110 m και έχει θερμοκρασίες 34–51°C. Τα γεωθερμικά ρευστά παρουσιάζουν αρτεσιανή ροή και είναι ανθρακικά-θειικά-νατρίουχα, πολύ καλής ποιότητας, έχοντας μόλις 15 gr/l διαλυμένα στερεά. Το βεβαιωμένο δυναμικό του πεδίου είναι  $350\text{ m}^3/\text{h}$  ενώ το πιθανό  $600\text{ m}^3/\text{h}$  [8].

Ο οικισμός της Νέας Απολλωνίας βρίσκεται σε μια ευθεία απόσταση από την περιοχή του πεδίου της τάξης των 3.500 m. Στον οικισμό υπάρχουν 610 κατοικίες, στην πλειοψηφία τους μονοκατοικίες σχετικά νεόκτιστες. Ο οικισμός είναι αραιοκατοικημένος καθώς αντιστοιχούν 420 οικίες/ $\text{km}^2$ . Η ελάχιστη θερμοκρασία στην περιοχή φθάνει τους  $-10,5^\circ\text{C}$ , ενώ οι συνολικά απαιτούμενες βαθμοήμερες θέρμανσης, υποεκτιμημένες καθώς χρησιμοποιήθηκαν μέσες μηνιαίες τιμές, φθάνουν τις 2023. Το θερμικό φορτίο του οικισμού είναι 7.3 MW, ενώ η γεωθερμική τηλεθέρμανση του οικισμού θα επέτρεπε την εξοικονόμηση 1240 TIT ετήσια.

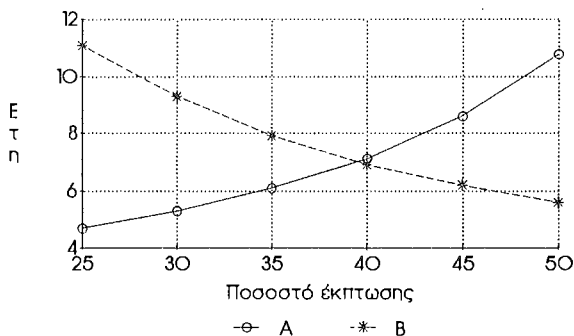
Ηδη έχει ξεκινήσει η εκμετάλλευση του πεδίου με την εγκατάσταση θερμοκηπίων και την ιαματική αξιοποίηση πηγής. Επίσης, στα πλαίσια των Μ.Ο.Π., η Ε.Τ.Β.Α. Α.Ε. εγείρει λουτροθεραπευτήριο για λογαριασμό της Κοινότητας. Ομως, τόσο από την Τοπική Αρχή όσο και από τους κατοίκους υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τη θέρμανση του οικισμού, που θα μπορούσε να εφαρμοσθεί παράλληλα με τις προαναφερθείσες χρήσεις. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον οφείλεται στο μακρό και δριμύ χειμώνα που επικρατεί και στις ανέσεις που προσφέρει ένα σύστημα τηλεθέρμανσης σε ποιότητα θέρμανσης, παροχή θερμού νερού χρήσης αλλά και στη δυνατότητα ανάπτυξης θερμοκηπίων κοντά στον οικισμό.

##### 4.2. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Για τη μελέτη και βέλτιστη σχεδίαση του συστήματος υποτέθηκαν διαθέσιμα  $100\text{ m}^3/\text{h}$  ρευστών  $48^\circ\text{C}$ . Για τη σχεδίαση εξετάσθηκαν συστήματα με ή χωρίς αντλία θερμότητας. Ακολούθησε η διαδικασία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3 και ως βέλτιστο προέκυψε σύστημα με εναλλάκτη, αντλία θερμότητας και εφεδρικό λέβητα, στο οποίο ως θερμαντικά σώματα χρησιμοποιούνται κοινά καλοριφέρ. Το σύστημα καλύπτει τις ανάγκες 398 κατοικιών, δηλαδή του 65,2 % του συνόλου, επιτρέποντας ετήσια υποκατάσταση 810 TIT. Η γεωθερμική ενέργεια καλύπτει μόλις το 45 % του φορτίου αιχμής αλλά, στο σύνολο του έτους, εξυπηρετεί το 85% των αναγκών, ενώ το υπόλοιπο 15% καλύπτεται από πετρέλαιο (13 %) και ηλεκτρική ενέργεια (2 %). Η απαιτούμενη επένδυση είναι 840000 ECU και τα ετήσια έξοδα λειτουργίας και συντήρησης φθάνουν τις 92000 ECU.

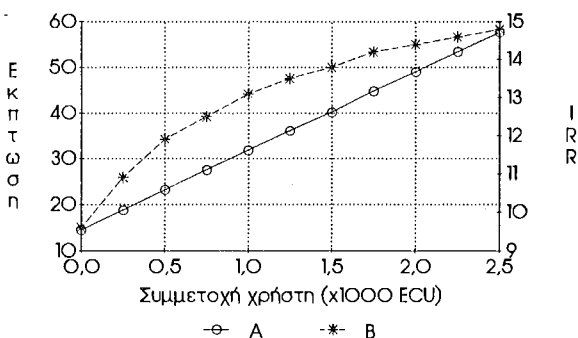
##### 4.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το έργο επιβαρύνεται επιπλέον με τον εξοπλισμό διασύνδεσης του κάθε χρήστη, που φθάνει τα 1500 ECU. Εάν ο χρήστης χρεώνεται με τα έξοδα διασύνδεσης, τότε το ποσοστό έκπτωσης της γεωθερμικής ενέργειας που εξασφαλίζει ίσους χρόνους απόσβεσης για το φορέα και τους χρήστες (συνυπολογίζεται η απόσβεση και των θερμαντικών σωμάτων των χρηστών) είναι 40 % και ο αντίστοιχος κοινός χρόνος απόσβεσης 7 έτη (σχήμα 4.1). Το σχήμα 4.1 έχει προκύψει με την υπόθεση καθολικής συμμετοχής των χρηστών, καθώς δεν έχει προηγηθεί στην περιοχή σχετική έρευνα αγοράς, η οποία, σύμφωνα με μέθοδο που έχει προταθεί [9], θα επέτρεπε την εκτίμηση του αναμενόμενου ποσοστού διασυνδεδεμένων χρηστών.



Σχήμα 4.1: Περίοδοι απόσβεσης για το φορέα διαχείρισης (Α) και για τους χρήστες (Β) διάφορα ποσοστά έκπτωσης της ενέργειας.

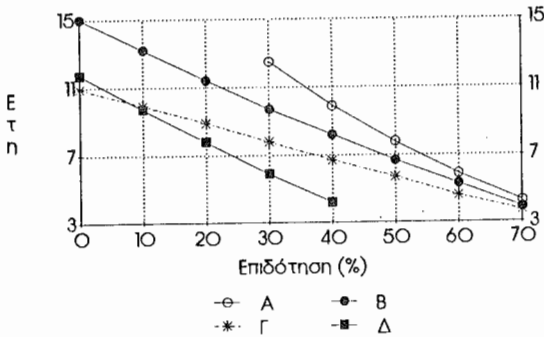
Ο φορέας, εκτός των πλαισίων της παραπάνω κατευθυντήριας (συμμετοχή του χρήστη 1500 ECU, έκπτωση 40 %), μπορεί να συνάπτει διαφοροποιημένες συμβάσεις κατά χρήστη, σύμφωνα με την οικονομική συμμετοχή του στο έργο. Η συσχέτιση των δύο μεγεθών (συμμετοχή-έκπτωση) δίνεται στο σχήμα 4.2, με βάση τον περιορισμό για επταετή απόσβεση των εγκαταστάσεων του φορέα. Η γραμμική μορφή της συσχέτισης, επιτρέπει στο φορέα να συνάπτει τις προτεινόμενες συμβάσεις, δίχως τελικά να επηρεάζεται ο χρόνος απόσβεσης. Από το σχήμα προκύπτει ότι, σε περίπτωση επιβάρυνσης του χρήστη μόνο με τα θερμαντικά σώματά του (μηδενική επιβάρυνση για το σύστημα), μπορεί να του παρέχεται έκπτωση 15 % που θα του επιτρέψει να αποσβέσει το σύστημα θέρμανσης με αποπληθωρισμένο ρυθμό επιστροφής κεφαλαίων 9.5 %.



Σχήμα 4.2: Προτεινόμενα ποσοστά έκπτωσης (Α) και αντίστοιχοι ρυθμοί επιστροφής (IRR) για το χρήστη (Β) για διάφορα ποσά συμμετοχής του.

Όπως προαναφέρθηκε, από το τμήμα του οικισμού που επιλέχθηκε, πιθανότητα δεν θα συνδεθούν όλες οι κατοικίες στο σύστημα. Από την προτεινόμενη έκπτωση (40 %), την απόσβεση της επένδυσης που επιτυγχάνει ο χρήστης (αποπληθωρισμένος ρυθμός επιστροφής 14 %), αλλά και τις εναλλακτικές δυνατότητες διασύνδεσης του χρήστη που επιτρέπουν έως και μηδενική επιβάρυνση του, αναμένεται ότι υπόθεση σύνδεσης του 60 % των κατοικιών της περιορισμένης περιοχής μπορεί να θεωρείται ρεαλιστική. Στην περίπτωση αυτή το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας στην κατανάλωση παραμένει φθηνότερο του κόστους ενέργειας από συμβατικά καύσιμα κατά 20 %, όπου έχουν συνυπολογισθεί και τα αντίστοιχα έξοδα αποσβέσεων. Όμως, η επακόλουθη μείωση των αναμενόμενων εσόδων επιβάλλει την αναζήτηση χρηματοδοτικών λύσεων.

Στο σχήμα 4.3 δίνονται οι χρόνοι απόσβεσης για το φορέα για διάφορα ποσοστά επιδότησης. Εξετάζονται εναλλακτικά σενάρια για την εξέλιξη των τιμών των συμβατικών καυσίμων και η περίπτωση ευνοϊκής δανειοδότησης με πραγματικό επιτόκιο 3 %. Για το χρήστη έχει υποθεθεί έκπτωση 40 % και ως επιβάρυνση τα έξοδα διασύνδεσής του ώστε, για όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις εξασφαλίζει περίοδο απόσβεσης μικρότερη των επτά ετών. Στο πιθανό σενάριο αύξησης των τιμών της ενέργειας κατά 2 % προκύπτει από το σχήμα ότι, εάν ο φορέας δανειοδοτηθεί με 35 %, αρκεί να τύχει επιδότησης μόλις 25 % ώστε να επιτύχει χρόνο απόσβεσης 7 έτη. Στην περίπτωση αυτή, η ελάχιστη κατανάλωση που θα πρέπει να απαιτηθεί από τους χρήστες, για να εξασφαλισθεί η απόσβεση του έργου, φθάνει τα 75 % της αναμενόμενης ετήσιας κατανάλωσης.



Σχήμα 4.3: Περίοδοι απόσβεσης για διάφορα ποσοστά επιδότησης και σενάρια πληθωρισμού ενέργειας και δανειοδότησης: (Α) Μηδενικός πληθωρισμός ενέργειας, (Β) 2% πληθωρισμός ενέργειας, (Γ) 5% πληθωρισμός ενέργειας, (Δ) 2% πληθωρισμός ενέργειας και δάνειο 35%

Η καθυστέρηση διασύνδεσης του αναμενόμενου ποσοστού χρηστών έχει σαν αποτέλεσμα την επιδείνωση των οικονομικών αποτελεσμάτων για το φορέα. Με την οικονομική ανάλυση μπορεί να υπολογισθεί ένας ελάχιστος ετήσιος ρυθμός διασύνδεσης χρηστών ώστε η εκτιμώμενη περίοδος απόσβεσης να μη ξεπερνά ένα μέγιστο αποδεκτό όριο. Στο σχήμα 4.4 δίνονται οι παρούσες αξίες συστήματος τηλεθέρμανσης της Νέας Απολλωνίας, όπου έχουν εφαρμοσθεί οι παραδοχές του προηγούμενου σχήματος 4.3 και το σενάριο Δ, με την υπόθεση επιδότησης 25 % (περίοδος απόσβεσης 6.8 έτη). Από το σχήμα προκύπτει ότι για να μην ξεπεράσει ο χρόνος απόσβεσης τα 11 έτη, θα πρέπει ετήσια να διασυνδέεται στο σύστημα το 20 % των οικιών, ώστε η διασύνδεση του αναμενόμενου ποσοστού να έχει ολοκληρωθεί μέσα σε τρία έτη. Η σταδιακή διασύνδεση οδηγεί σε απώλεια 170000 ECU από την παρούσα αξία του έργου τα τρία πρώτα έτη. Σχετικά με το μέγιστο όριο απόσβεσης που θεωρήθηκε, σημειώνεται ότι τα Ευρωπαϊκά συστήματα γεωθερμικής τηλεθέρμανσης επιτυγχάνουν αντίστοιχους χρόνους της τάξης των 8-12 ετών, ενώ οι φορείς κοινωφελούς χαρακτήρα επιδιώκουν αποσβέσεις της τάξης των 10 ετών.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαφοροποίηση της οικονομικής ανάλυσης γεωθερμικών συστημάτων θέρμανσης οικισμών από την αντίστοιχη ανάλυση των λοιπών σχετικών εφαρμογών, πηγάζει κυρίως από το στόχο ικανοποίησης δύο κατηγοριών επενδυτών με ουσιαστικά αντικρουόμενα συμφέροντα, από τη δυναμική του αριθμού των τελικών χρηστών και από την αβεβαιότητα ως προς την εξέλιξη των τιμών των συμβατικών καυσίμων καθώς αυτή επιδρά στις συμβάσεις μεταξύ των προαναφερόμενων επενδυτών.

Το πλήθος των παραμέτρων που επηρεάζουν σημαντικά τα οικονομικά αποτελέσματα των συστημάτων αυτών και η αβεβαιότητα ως προς τις τιμές και την

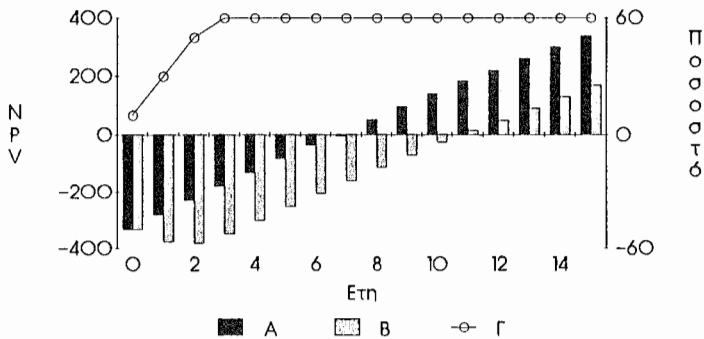


εξέλιξη των παραμέτρων, αντί της μονοσήμαντης υπόθεσης παραδοχών για εξέταση της οικονομικότητάς τους υποδεικνύουν την ανάγκη διερεύνησης των συνθηκών υπό τις οποίες τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά.

Η προτεινόμενη ανάλυση προσφέρει στον επενδυτή δεδομένα που - σε συνδυασμό με την πολιτική που εφαρμόζει, τις "εκτιμήσεις" του για τις γενικότερες οικονομικές εξελίξεις και τη διακινδύνευση που θέλει να αποτολμήσει - θα τον καθοδηγήσουν στην υλοποίηση ή μη της επένδυσης.

Η εφαρμογή του μοντέλου στο πεδίο της Ν. Απολλωνίας, όπου η θερμοκρασία των ρευστών είναι χαμηλή και η δόμηση αραιά, αποδεικνύει την οικονομικότητα συστήματος γεωθερμικής τηλεθέρμανσης για την ομώνυμη Κοινότητα. Συγκεκριμένα, ακόμα και για περιορισμένη συμμετοχή χρηστών, μηδενική επιδότηση και σταθερές τιμές των καυσίμων, η γεωθερμική ενέργεια είναι φθηνότερη των συμβατικών στη θέση κατανάλωσης κατά 20%.

Το σύστημα τηλεθέρμανσης που προτείνεται, για να παρουσιάζει ελκυστικά οικονομικά αποτελέσματα αρκεί να επιδοτηθεί μόλις με 25 % και να αντιμετωπισθεί κατάλληλα η χρηματοδότηση και διαχείριση του έργου.



Σχήμα 4.4: Παρούσα αξία του έργου (x1000 ECU) για την περίπτωση άμεσης διασύνδεσης των χρηστών (Α) και την περίπτωση σταδιακής διασύνδεσης (Β) σύμφωνα με την καμπύλη (Γ).

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Blair P., Cassel T. and Edelstein R. (1982). Geothermal energy investment decisions and commercial development, John Wiley.
2. Desurmont M. and Coudent J. (1982) In Conference on multi district heating, Herring.
3. Harrison R., Charmillon R., Palama A. and Ungemach P. (1983). Economics and optimization of geothermal district heating in EC Member States, CEC DGXII.
4. Harrison R., Mortimer N. and Smarason O. (1990). Geothermal heating. A Handbook of engineering economics, Pergamon Press.
5. Ungemach P. (1982). Proceedings of the International conference on geothermal energy, Florence.
6. Ungemach P. (1991) in Geothermal district heating workshop, Vicenza.
7. Κ.Α.Π.Ε. (1992). Προμελέτη σκοπιμότητας για την εγκατάσταση συστημάτων γεωθερμικής θέρμανσης οικισμών ή/και θερμοκηπίων.
8. Τραγανός Γ. (1990). Η παρούσα κατάσταση και τα αποτελέσματα της Β' φάσης της γεωθερμικής έρευνας στη Δεκάνη Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβη), ΙΓΜΕ
9. Κ.Α.Π.Ε. (1990). Τεχνικές προδιαγραφές για τη τεχνικοοικονομική μελέτη σκοπιμότητας ανάπτυξης και αξιοποίησης του γεωθερμικού πεδίου Ν.Κεσσάνης.