

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CHP ΜΕ CHP**

ΠΛΑΤΗ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Καθηγητής Πέτρος Α. Πηλαβάκης

ΚΟΖΑΝΗ ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

Περίληψη

Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής μελέτης, διερευνήθηκε η δυνατότητα αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος CHP της Κοζάνης που παράγει ηλεκτρισμό και θερμότητα, σε ένα νέο σύστημα τριπαραγωγής CHCP που θα παράγει ταυτόχρονα ηλεκτρισμό, θερμότητα και ψύξη.

Για να πραγματοποιηθεί η παρούσα τεχνικό-οικονομική σύγκριση θεωρήθηκε ως δεδομένο το υπάρχων σύστημα τηλεθέρμανσης της Κοζάνης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για το σύστημα τηλεψύξης. Για το σύστημα συμπαραγωγής και για να είναι η σύγκριση αναλογική προστέθηκαν τόσο κλιματιστικά στα κτίρια, όσο και θερμαντικά σώματα. Για το σύστημα τριπαραγωγής υπολογίστηκε επιπλέον ένας ψύκτης απορρόφησης, εγκατεστημένος εκτός Κοζάνης, και στα κτίρια αντικατάσταση των θερμαντικών σωμάτων με fan-coils.

Η τριπαραγωγή στην Κοζάνη αποτελεί επικερδής επιλογή παραγωγής θέρμανσης και ψύξης, με περιβαλλοντικά, ενεργειακά και οικονομικά οφέλη τοπικού και περιφερειακού χαρακτήρα, και είναι ταυτόχρονα ένα έργο πιλότος για παρόμοιες εγκαταστάσεις σε άλλες περιοχές της χώρας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Αριθ. Εισαγ. 2932
Ημερομηνία 21-7-10

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Δρ. Π. Α. Πηλαβάκη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ένα ιδιαίτερα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Δρ. Απόστολο Πολυζάκη, για τα στοιχεία, τις γνώσεις και τη συνεχή συνεργασία που είχα μαζί του.

Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες στο προσωπικό του Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου, καθώς και στον Μηχανολόγο Μηχανικό της Τηλεθέρμανσης Πτολεμαΐδας, Νικόλαο Πετρίδη για τα στοιχεία και την βοήθεια που μου παρείχαν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Χρήστο και Αναστασία Πλατή καθώς και την αδερφή μου Δέσποινα Πλατή, για την αμέριστη συμπαράσταση που επέδειξαν σε όλους τους τομείς.

Πλατή Ελισάβετ

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 2 |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ..... | 3 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ..... | 4 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 7 |
| Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση ενεργειακής κατάστασης στην Ελλάδα..... | 8 |
| 1.1 Ενέργεια στην Ελλάδα..... | 9 |
| 1.2 Ιστορική ανασκόπηση ηλεκτρικής ενέργειας..... | 9 |
| 1.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας..... | 10 |
| 1.4 Ελληνικά κοιτάσματα λιγνίτη (Ορυχεία)..... | 10 |
| 1.5 Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας..... | 11 |
| Κεφάλαιο 2: Τριπαραγωγή..... | 12 |
| 2.1 Τι είναι τριπαραγωγή;..... | 12 |
| 2.2 Πλεονεκτήματα της τριπαραγωγής..... | 14 |
| 2.3 Που ταιριάζει η τριπαραγωγή; | |
| Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση του Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου..... | 15 |
| 3.1 Λειτουργία μονάδας..... | 16 |
| 3.2 Διακίνηση λιγνίτη..... | 18 |
| 3.3 Λέβητες..... | 20 |
| 3.4 Στρόβιλοι-Γεννήτριες..... | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 Ψυκτικό νερό..... | 25 |
| 3.6 Σύστημα υδροδότησης..... | 26 |
| 3.7 Ηλεκτροστατικά φίλτρα..... | 27 |
| 3.8 Αποκομιδή τέφρας..... | 29 |
| 3.9 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων..... | 29 |
| 3.10 Εκπομπές CO ₂ | 31 |
| Κεφάλαιο 4: Παρουσίαση Τηλεθέρμανσης..... | 33 |
| 4.1 Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού- θερμότητας..... | 34 |
| 4.2 Τηλεθέρμανση Κοζάνης..... | 35 |
| 4.2.1 Ιστορικό έργου..... | 36 |
| 4.2.2 Περιγραφή εγκαταστάσεων..... | 37 |
| 4.3 Τιμολογιακή πολιτική | 40 |
| 4.4 Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης..... | 43 |
| 4.5 Οικονομικά στοιχεία- οφέλη τηλεθέρμανσης | 44 |
| 4.6 Περιβαλλοντικά οφέλη τηλεθέρμανσης..... | 45 |
| Κεφάλαιο 5: Τεχνολογία Τριπαραγωγής CHCP..... | 48 |
| 5.1 Αρχή λειτουργίας..... | 50 |
| 5.2 Μεταφορά και διανομή ψυχρού νερού..... | 57 |
| 5.2.1 Δίκτυα σωληνώσεων | 57 |
| 5.2.2 Μονώσεις Δικτύων..... | 58 |
| 5.2.3 Συνδέσεις Καταναλωτών..... | 60 |
| 5.3 Εκτίμηση Ψυκτικών Φορτίων..... | 62 |
| 5.3.1 Ψυκτικό φορτίο | 62 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.2 Εξωτερικά και εσωτερικά φορτία..... | 63 |
| 5.3.3 Εσωτερικές συνθήκες άνεσης-ευεξία..... | 64 |
| 5.3.4 Εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος..... | 67 |
| 5.3.5 Επιλογή περιοχής τηλεψύξης..... | 67 |
| 5.4 Εκτίμηση περιβαλλοντικών και ενεργειακών ωφελειών..... | 68 |
| Κεφάλαιο 6: Οικονομικά Στοιχεία Τριπαραγωγής CHCP..... | 69 |
| 6.1 Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης..... | 70 |
| 6.2 Κόστος λειτουργίας | 75 |
| 6.3 Καθαρή Παρούσα Αξία..... | 77 |
| Συμπεράσματα..... | 83 |
| Βιβλιογραφία..... | 85 |
| Παράρτημα..... | 87 |

Εισαγωγή

Η εργασία σκοπεύει να βοηθήσει τους αναγνώστες στο να αντιληφθούν την μεγάλη Απόδοση του συστήματος τριπαραγωγής και τα περιβαλλοντικά του οφέλη. Η εργασία χωρίζεται σε έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστούν οι τρόποι παραγωγής μορφών ενέργειας στην Ελλάδα, ιδιαίτερα της ηλεκτρικής και της θερμικής.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιέχει πληροφορίες για τον ορισμό της τριπαραγωγής και τα πλεονεκτήματά της.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά τεχνολογικά στοιχεία του ατμοηλεκτρικού εργοστασίου του Αγίου Δημητρίου Κοζάνης.

Στο τέταρτο γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση της Τηλεθέρμανσης και ειδικότερα της Κοζάνης. Επιπλέον γίνεται αναλύονται τα οικονομικά και λειτουργικά στοιχεία της.

Το πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζει την τεχνολογία κατασκευής και λειτουργίας ενός πρότυπου συστήματος τηλεψύξης με την συνεργασία του ήδη υπάρχοντος δικτύου τηλεθέρμανσης.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται εκτίμηση του συστήματος της τριπαραγωγής, στον οικονομικό τομέα της λειτουργίας του, βάση της Ελληνικής πραγματικότητας, βοηθώντας τους χρήστες να αποφασίσουν εάν η χρήση της τεχνολογίας είναι ή όχι επικερδής. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία.

Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση της ενεργειακής κατάστασης στην Ελλάδα

Με το πέρασμα των χρόνων και την συνεχόμενη αύξηση της παραγωγής και των απαιτήσεων διαβίωσης του πληθυσμού των ανεπτυγμένων κρατών ο ρυθμός επιβάρυνσης από την ανθρώπινη δραστηριότητα ξεπέρασε κατά πολύ τις φυσικές δυνατότητες του πλανήτη μας για την εξουδετέρωση της οποιασδήποτε περιβαλλοντικής όχλησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσεων που δεν επιτρέπουν την επάνοδο των οικοσυστημάτων του πλανήτη στην φυσική τους ισορροπία. Η ενέργεια, σε όλες τις μορφές (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική) και σε όλες τις φάσεις (παραγωγή, μεταφορά, τελική χρήση, απόρριψη) αποτελεί σημαντική πηγή περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Το 90% των ανθρωπογενών εκπομπών SO₂ και NO_x, καθώς και το 75%-90% των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂, προέρχεται από την παραγωγή και χρήση της ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι στις μέρες μας ουσιαστικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής των κρατών. Ενώ παλαιότερα η βασική παράμετρος λήψης των αποφάσεων ήταν η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, σήμερα θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η οποία, μάλιστα, είναι «υπερσυννοριακού» χαρακτήρα. Τα προβλήματα αυτά, που εντείνονται περισσότερο με το πέρασμα των χρόνων, δεν άφησαν αδιάφορη τη διεθνή κοινότητα, ή τουλάχιστον ένα μέρος της (περιβαλλοντικές οργανώσεις, ελάχιστες ευαισθητοποιημένες κυβερνήσεις).

Για την αύξηση των εκπομπών CO₂ η διεθνής κοινότητα συμφώνησε (διάσκεψη του Ρίο – 1992, διάσκεψη του Κιότο – 1997, διάσκεψη της Χάγης – 2000) ότι αποτελεί επιτακτική ανάγκη η παγκόσμια αντίδραση στη διαφαινόμενη, εξαιτίας της αύξησης αυτής, κλιματική μεταβολή. Υπήρξαν βέβαια ισχυρές αντιδράσεις ορισμένων ανεπτυγμένων χωρών βιομηχανικά κρατών (π.χ. Η.Π.Α., Ιαπωνία), με αποτέλεσμα να μην αναληφθούν οι αναμενόμενες δεσμεύσεις, εκτός από τις εξαιρέσεις, όπως αυτή της Ε.Ε., η οποία έχει θέσει στόχους.

Η συμβολή της τηλεθέρμανσης, ως δικτύου μεταφοράς θερμικής ενέργειας και της συμπαραγωγής, ως μεθόδου ενεργειακής μετατροπής, στην εξοικονόμηση και την ορθολογική χρήση της ενέργειας αποτελούν επιτακτικές λύσεις στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

1.1 Η ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσιεύονται στην ετήσια έκθεση για την ενέργεια της Ε.Ε. (Annual Energy Review), χαρακτηρίζεται από ένα πολύ σπάταλο και ρυπογόνο ενεργειακό σύστημα, με σημαντικά περιθώρια βελτίωσης.

Η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι μικρή, σε σχέση με το υπάρχον εκμεταλλεύσιμο δυναμικό. Αποτελεί ενεργειακό σύστημα σημαντικά εξαρτώμενο από την εισαγόμενη ενέργεια, με κυρίαρχα τα υγρά καύσιμα. Η κατά κεφαλή κατανάλωση της ενέργειας, ανέρχεται στο 65% του Ευρωπαϊκού μέσου όρου. Η ένταση της ενέργειας εμφανίζει αυξητικές τάσεις, όπως και οι εκπομπές CO₂.

Η συμμετοχή των πρωτογενών μορφών ενέργειας στο ισοζύγιο της χώρας είναι:

- ΑΠΕ 6%
- Αέριο 0,1%
- Πετρέλαιο 59%
- Στερεά καύσιμα 34%

Η ενέργεια καταναλώνεται ως εξής:

- Τριτογενής- οικιακός τομέας 36%,
- Βιομηχανία 25%,
- Μεταφορές 39%

Το 75% της συνολικής ζήτησης ενέργειας των νοικοκυριών στη Βόρεια Ελλάδα είναι θερμότητα για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των χώρων.

1.2 Ιστορική ανασκόπηση ηλεκτρικής ενέργειας

Το 1889 φτάνει ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα με το φωτισμό του ιστορικού κέντρου της Αθήνας. Από τότε και μέχρι τη δημιουργία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), δημιουργήθηκαν πολλές μικρές ηλεκτρικές επιχειρήσεις, που ηλεκτροδοτούσαν μικρό τμήμα της χώρας με ωράρια και δυσβάσταχτα τιμολόγια. Το

1950 δημιουργείται η Δ.Ε.Η. , συνενώνοντας όλες τις παραπάνω εταιρίες. Το 2000, η Δ.Ε.Η. παρείχε το 99,1% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνονται σε όλη την επικράτεια.

1.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η Δ.Ε.Η. χρησιμοποιεί θερμικούς σταθμούς (με καύσιμα: λιγνίτη, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ενώ από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας χρησιμοποιεί την ηλιακή ,την αιολική και τη γεωθερμία. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 96 συνολικά σταθμών της Δ.Ε.Η. ανερχόταν στο 1^ο εξάμηνο του 2004 στα 12.224 MW. Η καθαρή παραγωγή το 2003 έφτασε τις 52,2 TWh.

1.4 Ελληνικά κοιτάσματα λιγνίτη (Ορυχεία)

Ο μοναδικός ενεργειακός πόρος της χώρας του οποίου τα αποθέματα επιτρέπουν μια μακροχρόνια εκμετάλλευση είναι ο λιγνίτης. Το καύσιμο αυτό είναι φτωχό από ενεργειακής απόψεως. Τα αποθέματά του φτάνουν τα 3.200 εκατ. εκμεταλλεύσιμους τόνους και βρίσκονται συγκεντρωμένα κυρίως σε δύο περιοχές:

- Στη λιγνιτοφόρο λεκάνη Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου, όπου λειτουργούν τέσσερα λιγνιτωρυχεία που είναι τα ορυχεία: Νότιου Πεδίου, Καρδίας, Κύριου Πεδίου και Αμυνταίου (συμπεριλαμβανομένου και του ορυχείου στη Φλώρινα). Η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε το 2003 σε 54,58 εκατ. τόνους.
- Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης, όπου λειτουργούν εκεί τα ορυχεία Χωρεμίου, Μαραθούσας και Κυπαρίσσων. Το 2003 η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε σε 13,54 εκατ. τόνους.

Το 99% του λιγνίτη χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή με καύση σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Η Ελλάδα εισάγει κάρβουνο καλύτερης ποιότητας από τη Νότια Αφρική, τη Ρωσία, τη Βενεζουέλα και την Κολομβία με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας του καυσίμου.

1.5 Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

Η επιχειρησιακή μονάδα της μεταφοράς έχει στην κυριότητά της το σύστημα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και το εν λόγω σύστημα είναι ιδιοκτησία της Δ.Ε.Η. , σύμφωνα με τη σχετική αποκλειστική άδεια ιδιοκτησίας του συστήματος μεταφοράς, η Ανώνυμη Εταιρία «Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας» (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) έχει πλέον την ευθύνη για τη λειτουργία, τη συντήρηση και την ανάπτυξη του, καθώς και της πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο.

Ο παραπάνω διαχωρισμός έγινε σύμφωνα με τον Νόμο 2773/99. Στα τέλη του 2004 η Δ.Ε.Η. κατείχε ποσοστό 49% στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. και παραμένει ο μοναδικός διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την οδηγία 96/92/ΕΚ της Ε.Ε. Το ποσοστό του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. που κατέχει η Δ.Ε.Η. πρόκειται να μειωθεί με την εισαγωγή άλλων ανεξάρτητων παραγωγών.

Η μέγιστη ισχύς του διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς είναι 14.040 MVA. Το ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας διακρίνεται στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ε.Δ.Σ.) (ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο σύστημα) και στο Νησιωτικό Σύστημα, που χωρίζεται στα υποσυστήματα Ρόδου και Κρήτης.

Κεφάλαιο 2: Τριπαραγωγή

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να ερευνηθούν οι τεχνικές και οικονομικές εφαρμογές της τριπαραγωγής. Η εργασία παρουσιάζει με ρεαλιστικό τρόπο:

1. Την τεχνολογία και
2. Την οικονομική συμπεριφορά ενός συστήματος τριπαραγωγής.

2.1 Τι είναι τριπαραγωγή;

Ο πιο συνήθης τρόπος για να καλυφθεί η ανάγκη του ηλεκτρισμού είναι μέσω του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου, ενώ η ανάγκη για θερμότητα καλύπτεται συνήθως από την ανάφλεξη καυσίμου μέσα σε λέβητα, σε κλίβανο κλπ. Ωστόσο, υφίσταται συνεχή μείωση καυσίμων λόγω της αυξανόμενης κατανάλωσής τους. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζεται η τεχνολογία CHP.

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας στο πλαίσιο μιας και μόνο διαδικασίας. Με το συμβατικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωτές, πύργοι ψύξης κλπ.), είτε μέσω των καυσαερίων (αεροστρόβιλοι κλπ.). Με τη μέθοδο της συμπαραγωγής, σημαντικό μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται ωφέλιμα.

Τα δύο πιο συνηθισμένα είδη ενέργειας είναι η μηχανική και η θερμική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια συνήθως χρησιμοποιείται για την κίνηση των γεννητριών. Η παραγόμενη μηχανική ενέργεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση του βοηθητικού εξοπλισμού, όπως οι αντλίες και οι συμπιεστές. Σχετικά με την παραγόμενη θερμική ενέργεια, αυτή μπορεί να χρησιμοποιείται είτε για θέρμανση είτε για ψύξη. Η ψύξη πραγματοποιείται μέσω μιας μονάδας απορρόφησης που δρα σε ζεστό νερό, ατμό ή θερμό αέριο.

Έτσι, η τριπαραγωγή CHCP, που είναι η επέκταση του CHP συστήματος για την παραγωγή ψύξης, μπορεί να οριστεί ως η μετατροπή μιας μοναδικής πηγής καυσίμου σε παραγωγή τριών ειδών ενέργειας: ηλεκτρικής, θερμικής (από θερμό

νερό ή ατμό) και ψύξης (από ψυχρό νερό) καταλήγοντας σε χαμηλότερη μόλυνση και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από το να παράγονται τα τρία αυτά προϊόντα ξεχωριστά.

Στα συστήματα συμπαραγωγής για θερμική και ηλεκτρική ενέργεια προτιμώνται οι ψύκτες λόγω του ότι δεν χρησιμοποιείται το “chlorofluoro carbons”. Ο εξοπλισμός της ψύξης βασίζεται κυρίως στους σωλήνες ψυχρού νερού για τους χρήστες.

Το σύστημα της τηλεψύξης χρησιμοποιεί ψύκτες απορρόφησης, οι οποίοι, συχνά, ήδη υφίστανται στα συστήματα τηλεθέρμανσης. Έτσι, τηλεθέρμανση και τηλεψύξη έχουν τον ίδιο ανεφοδιασμό για την εγκατάσταση συμπαραγωγής.

Η τηλεψύξη μπορεί να είναι μια καινούρια εφαρμογή, αλλά ήδη χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στην Ιαπωνία. Στην Ευρώπη μπορεί να είναι γνωστή η τεχνολογία αυτής, ωστόσο δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως, με εξαίρεση την Σουηδία. Ένα ακόμη εμπόδιο που αντιμετωπίζει η Ευρώπη, εκτός από το κόστος εγκατάστασης που συνεχώς αυξάνει, είναι ότι σε χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπου οι εφαρμογές μπορούν να είναι καταλληλότερες, υπάρχει λιγότερη εμπειρία στην τηλεθέρμανση με συνέπεια την λιγότερη προμήθεια σε αυτόν τον τόπο ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός συμβατικού ηλεκτρικού εργοστασίου μεγάλες ποσότητες από θερμότητα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα είτε μέσω ψυχρού κυκλώματος (συμπυκνωτές ατμού, πύργοι ψύξης, ψύκτες νερού σε Diesel ή Otto μηχανές κλπ) είτε μέσω εξαγωγής αερίου. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας μπορεί να επανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση απόδοσης από 30%- 50% σε 80%- 90% μέσω της τριπαραγωγής.

Η τριπαραγωγή περιλαμβάνει μια σειρά από τεχνολογίες, αλλά συνήθως εμπεριέχεται ένας βασικός κινητήρας, μια ηλεκτρική γεννήτρια, ένα σύστημα επανάκτησης θερμότητας και ένα σύστημα τηλεψύξης.

Σε συμβατική ηλεκτρική παραγωγή οι απώλειες είναι κοντά στο 5%-10% και συνδέονται με τη μεταφορά και τη διανομή του ηλεκτρισμού από τους σχετικώς απομακρυσμένους σταθμούς ενέργειας σε σχέση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτές οι απώλειες είναι μεγαλύτερες όταν ο ηλεκτρισμός διανέμεται σε απομονωμένους καταναλωτές.

Η ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα της τριπαραγωγής κανονικά χρησιμοποιείται τοπικά και έτσι οι απώλειες της μεταφοράς και της διανομής θεωρούνται αμελητέες. Επειδή η μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ευκολότερη και φθηνότερη από τη

μεταφερόμενη θερμότητα σε μακρινές αποστάσεις, οι εγκαταστάσεις συμπαραγωγής συνήθως τοποθετούνται στο κοντινότερο μέρος που καταναλώνονται. Επιπλέον, ένας συμπληρωματικός λέβητας είναι απαραίτητος.

2.2 Πλεονεκτήματα της τριπαραγωγής

Η τριπαραγωγή έχει αισιόδοξες προοπτικές με αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτον, αυξάνεται η απόδοση λόγω της μετατροπής ενέργειας και της χρήσης της. Μία καλά σχεδιασμένη και λειτουργική μελέτη συμπαραγωγής μπορεί να καταφέρει μία καλύτερη ενεργειακή απόδοση από μία συμβατική εγκατάσταση. Αυτό έχει θετικές επιδράσεις, τόσο στην ενέργεια όσο και στην οικονομία. Τα κέρδη της τριπαραγωγής προκύπτουν από την «οικονομική» χρήση του ηλεκτρισμού. Αυτό επιτυγχάνεται από την επαναχρησιμοποίηση της θερμότητας αποδοτικά. Με έναν πρόχειρο υπολογισμό, η συμπαραγωγή είναι ταιριαστή εκεί που υπάρχουν σταθερές απαιτήσεις για θερμότητα ή ψύξη, το λιγότερο 4500 ώρες το χρόνο.

Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι οι χαμηλότερες εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον, ιδιαίτερα του CO₂, του κύριου αερίου που προκαλεί φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σε μερικές περιπτώσεις τα καύσιμα βιομάζας, όπως τα αγροτικά καύσιμα στη συμπαραγωγή, χρησιμοποιούνται σαν καύσιμα στη συμπαραγωγή. Αυτό αυξάνει την αποτελεσματικότητα στο κόστος και μειώνονται τα επιπλέον έξοδα.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι αποφεύγονται οι απώλειες στη μεταφορά και αυξάνεται η ελαστικότητα στον τρόπο χρήσης του φυσικού αερίου ως μεταφορέα ενέργειας παρέχοντας επιπλέον για βιομηχανικούς και εμπορικούς χρήστες και μεγάλα κόστη σώζονται προσφέροντας παρεχόμενη θερμότητα και ψύξη και στους απλούς χρήστες.

Επίσης, η τριπαραγωγή βελτιώνει την περιοχή και γενικά την ασφάλεια στην παροχή της τοπικής παραγωγής. Μέσω της τριπαραγωγής μειώνεται ο κίνδυνος να μείνουν οι καταναλωτές χωρίς παροχή ηλεκτρικού ρεύματος ή θερμότητας ή ψύξης. Επιπλέον, μέσω της συμπαραγωγής δημιουργείται μεγαλύτερη ασφάλεια για την χρήση ενέργειας, καθώς υπάρχει συνεχώς μείωση των καυσίμων στην Ευρώπη.

2.3 Που ταιριάζει η τριπαραγωγή;

Τα τελευταία χρόνια η συμπαραγωγή θεωρείται εύχρηστη πρόταση για την εφαρμογή της σε ένα μεγάλο βεληνεκές εφαρμογών. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν βιομηχανίες, δημόσια και εμπορικά κτίρια και οι οποίες παρατίθενται παρακάτω:

Βιομηχανίες:

Φαρμακευτικές και παραγωγής χημικών, κατασκευής χαρτιού και ξύλου, ζυθοποιίες, απόσταξης, κεραμικής, τούβλων, τσιμέντου, τροφής και ύφανσης, ορυκτών πόρων, διυλιστήρια, σιδήρου και χάλυβα, βιομηχανία μηχανών, κηπουρικής.

Κτίρια:

Τηθέρμανση, ξενοδοχεία, εμπορικά κτίρια, νοσοκομεία, κέντρα αισθητικής, σχολεία και πανεπιστήμια, αεροδρόμια, φυλακές, αστυνομικά τμήματα, στρατώνες κλπ, super markets και πολυκαταστήματα, κτίρια με γραφεία, οικιακά σπίτια.

Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση του Α.Η.Σ. Αγ.Δημητρίου και ανάλυση εσωτερικού περιβάλλοντος

Στην Δυτική Μακεδονία και συγκεκριμένα στους Νομούς Κοζάνης και Φλώρινας είναι εγκατεστημένοι επτά σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, έξι λιγνιτικοί και ένας υδροηλεκτρικός. Απαρτίζονται από 21 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 4.813 MW, η οποία εγκαταστάθηκε διαδοχικά στους σταθμούς από το 1959 μέχρι και το 2003.

Ο ατμοηλεκτρικός σταθμός (Α.Η.Σ.) Αγ. Δημητρίου είναι εγκατεστημένος στο Νομό Κοζάνης, σε υψόμετρο 678 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Βρίσκεται κοντά στην Εγνατία Οδό και σε απόσταση 18 χιλιομέτρων από την πόλη της Κοζάνης. Το όνομα του σταθμού προέρχεται από το κοντινό χωριό Άγιος Δημήτριος το οποίο και απέχει μόλις 1000 μέτρα.

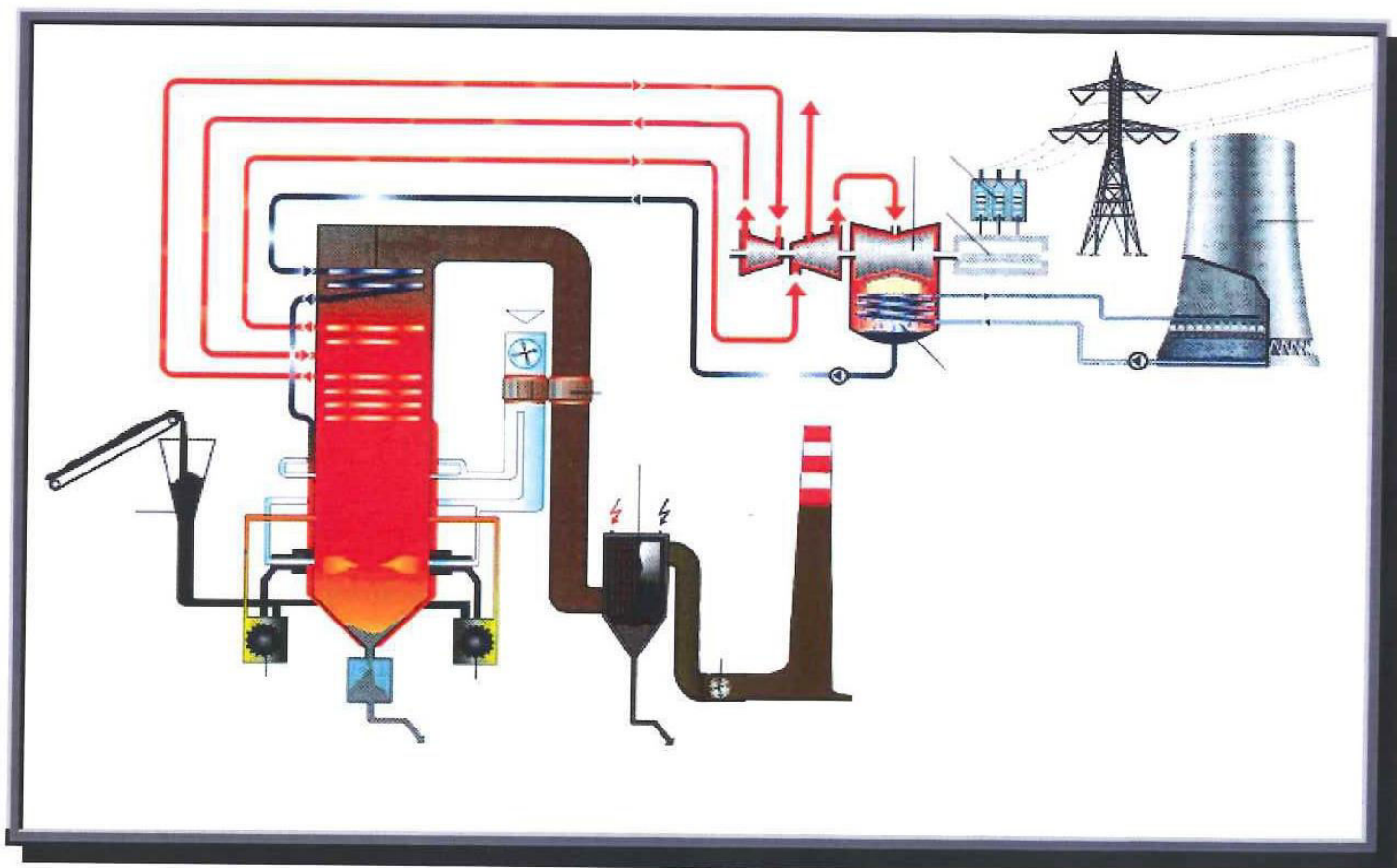
Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα γενικά κατασκευαστικά στοιχεία των πέντε μονάδων που απαρτίζουν τον Α.Η.Σ. καθώς και το έτος κατασκευής τους.

Πίνακας 1: Κατασκευαστικά στοιχεία μονάδων

| ΜΟΝΑΔΕΣ | I | II | III | IV | V |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|
| Κατασκευαστής Λέβητα | STEIN INDUSTRY | STEIN INDUSTRY | EVT | EVT | WAAGNER BIRO |
| Κατασκευαστής Στροβίλου | ALSTHOM | ALSTHOM | TPE | TPE | ANSALDO |
| Έργα Πολιτικού Μηχανικού | ΕΡΓΑΣ | ΕΡΓΑΣ | ΕΡΓΑΣ | ΕΡΓΑΣ | ΑΕΓΕΚ |
| Έτος Κατασκευής | 1984 | 1984 | 1985 | 1986 | 1997 |
| Ισχύς (MW) | 300 | 300 | 310 | 310 | 375 |

3.1 Λειτουργία μονάδας

Ο Α.Η.Σ. αποτελείται από πέντε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, συνολικής ισχύος 1595 MW και είναι ο μεγαλύτερος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Η συνολική έκταση των εγκαταστάσεών του είναι 3.236 στρέμματα και ως καύσιμο χρησιμοποιείται ο τοπικός λιγνίτης.



Εικόνα 1 : Σχηματική διάταξη Α.Η.Σ.

Η καύση του λιγνίτη πραγματοποιείται στο λέβητα (θάλαμο καύσης) και η θερμική ενέργεια που παράγεται απορροφάται από το αφρατωμένο νερό που κυκλοφορεί στους αυλούς του λέβητα, με αποτέλεσμα την ατμοποίηση του νερού και την δημιουργία υπέρθερμου ατμού.

Ο υπέρθερμος ατμός (Υ/Θ) οδηγείται στο στρόβιλο υψηλής πίεσης, όπου εκτονώνεται παράγοντας έργο (περιστρέφοντας τον πτερυγιοφόρο άξονα του στροβίλου).

Ακολούθως ο ατμός οδηγείται εκ νέου στο λέβητα για αναθέρμανση (αύξηση της θερμοκρασίας, Α/Θ) και στη συνέχεια στο στρόβιλο μέσης και χαμηλής πίεσης, όπου εκτονώνεται και πάλι παράγοντας έργο. Έπειτα καταλήγει στο κύριο ψυγείο της μονάδας, όπου συμπυκνώνεται με την βοήθεια ψυκτικού νερού, το οποίο απάγει την θερμότητα του προς συμπύκνωση ατμού.

Στην συνέχεια μέσω αντλιών, αφού προθερμανθεί, σε δύο στάδια, σε εναλλάκτες θερμότητας οδηγείται εκ νέου στο λέβητα, μέσω των τροφοδοτικών αντλιών για ατμοποίηση, ολοκληρώνοντας έτσι τον θερμικό κύκλο.

Η θερμική ενέργεια που απάγεται από το ψυκτικό νερό στο κύριο ψυγείο, αποβάλλεται στη συνέχεια στον πύργο ψύξης με καταιονισμό για να επανέλθει πλέον με χαμηλότερη θερμοκρασία εκ νέου στο κύριο ψυγείο μέσω δύο αγωγών κυκλοφορίας, ώστε να κλείσει ο ψυκτικός κύκλος. Κατά τη διαδικασία του καταιονισμού στον πύργο ψύξης, χάνεται μία ποσότητα νερού με την μορφή ατμού και σταγονιδίων.

Στον άξονα του στροβίλου που περιστρέφεται με 3000 στρ./λεπτό, είναι συνδεδεμένη η γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική και μέσω ενός μετασχηματιστή ανυψώσεως 21/400 KV, τροφοδοτεί το Εθνικό Δίκτυο Υπερυψηλής Τάσης (400 KV).

Για την παραγωγή 1 KWh απαιτείται καύση περίπου 1,80 Kg λιγνίτη, θερμογόνου δύναμης 1.300 Kcal/Kg και κατανάλωση 2,5 λίτρων ψυκτικού νερού.

3.2 Διακίνηση λιγνίτη

Όσον αφορά το λιγνίτη, ο Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου τροφοδοτείται από το ορυχείο του Νότιου Πεδίου το οποίο απέχει από το σταθμό 16,5 Km περίπου. Η μεταφορά πραγματοποιείται κυρίως με ταινιόδρους και σε μικρές ποσότητες με φορτηγά αυτοκίνητα.



Εικόνα 2 : Αυλή λιγνίτη

Ο λιγνίτης παραλαμβάνεται από το σταθμό μέσω συστήματος ταινιόδρομων με τρία μηχανήματα (απολήπτες-αποθέτες) τα οποία έχουν τη δυνατότητα απόθεσης, απόληψης ή απ' ευθείας τροφοδότησης λιγνίτη. Η ονομαστική ικανότητα παραλαβής λιγνίτη των ταινιόδρομων είναι 6.000 ton/h, ο δε λιγνίτης που μεταφέρουν μπορεί να αποθηκευτεί στην αυλή λιγνίτη (μέσω των τριών αποθετών ικανότητας 3.500 ton/h ο καθένας) ή να προωθηθεί απ' ευθείας στο σύστημα σπαστήρων.

Στο σύστημα σπαστήρων, ο λιγνίτης θρυμματίζεται σε κομμάτια μέγιστης διαμέτρου 4 cm για να μεταφερθεί ακολούθως στα σιλό λιγνίτη των μονάδων.

Η ημερήσια κατανάλωση λιγνίτη του σταθμού όταν οι μονάδες λειτουργούν σε πλήρες φορτίο είναι της τάξης των 68.000 ton, ενώ η ετήσια κατανάλωση λιγνίτη ανά μονάδα φαίνεται στον Πίνακα 2 .

Πίνακας 2 : Ετήσια κατανάλωση λιγνίτη ανά μονάδα

| Μονάδες | I | II | III | IV | V | Σύνολο |
|--|----------|-----------|------------|-----------|----------|---------------|
| Ετήσια Κατανάλωση Λιγνίτη (εκατ. Τόνοι) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 18,5 |

Επίσης κατά τη διάρκεια εκκινήσεων και κρατήσεων των μονάδων καθώς και για υποστήριξη της καύσης, όταν η ποιότητα του λιγνίτη είναι χαμηλότερη της προδιαγραφόμενης (Πίνακας 3), χρησιμοποιείται πετρέλαιο (diesel) το οποίο είναι αποθηκευμένο σε δεξαμενή χωρητικότητας 5.000 m³.

Πίνακας 3 : Χαρακτηριστικά συμβατικού καυσίμου

| | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Κατώτατη Θερμαντική Ικανότητα | 1300 Kcal/Kg ή 5440 KJ/Kg |
| Ολική Υγρασία | 57,2% |
| Τέφρα Λιγνίτη | 13,0% |

3.3 Λέβητες

Η διαδικασία της καύσης λιγνίτη λαμβάνει χώρα σε λέβητες εφαπτόμενης καύσης (με καυστήρες κονιοποιημένου λιγνίτη υπό γωνία), με υποπίεση στο θάλαμο καύσης. Η στεγανοποίηση του πυθμένα του λέβητα γίνεται μέσω του νερού της τεφρολεκάνης. Συμμετρικά γύρω από κάθε λέβητα είναι εγκατεστημένοι 8 μύλοι, με τους αντίστοιχους τροφοδότες, στους οποίους οδηγείται ο λιγνίτης μέσω των σιλό λιγνίτη κάθε μονάδας.

Στον οχετό αναρρόφησης καυσαερίων των μύλων, μεταφέρεται ο λιγνίτης μέσω της πλακοταινίας του τροφοδότη, όπου αναμιγνύεται με τα καυσαέρια και ξηραίνεται. Κατά τη διαδικασία αυτή εξατμίζεται το 80% της υγρασίας του καυσίμου, δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις ευθρυπτότητας και άλεσης του λιγνίτη στους μύλους.

Μέσω των καυσαερίων, ο λιγνίτης καταθλίβεται στην εστία του λέβητα, όπου αναμιγνύεται με τον απαιτούμενο αέρα καύσης (που προσάγεται με δύο ανεμιστήρες) και καίγεται.

Τα παραγόμενα καυσαέρια, από την καύση του λιγνίτη, απάγονται από το λέβητα και οδηγούνται μέσω ηλεκτροστατικών φίλτρων στην καμινάδα με δύο ανεμιστήρες.

Στο λέβητα είναι εγκατεστημένοι περιφερειακά οι αυλοί ανόδου, όπου κυκλοφορεί βεβιασμένα αφαλατωμένο νερό. Αφού θερμανθεί το νερό αυτό στη θερμοκρασία εξάτμισής του, οδηγείται στο διαχωριστή, για να ξεχωρίσει το νερό με τον ατμό.

Από το διαχωριστή ο ατμός οδηγείται μέσω συλλεκτών στους αυλούς υπέρθερμου ατμού. Μετά την υπερθέρμανση ο ατμός εισάγεται στο στρόβιλο υψηλής πίεσης, απ' όπου εξερχόμενος οδηγείται εκ νέου στο λέβητα (στους αυλούς του αναθερμαντή) και αναθερμαίνεται για να οδηγηθεί και πάλι στο στρόβιλο μέσης πίεσης.

Στο τέλος της διαδρομής των καυσαερίων του λέβητα βρίσκονται οι αυλοί του οικονομητήρα, όπου γίνεται η πρώτη προθέρμανση του νερού, προτού οδηγηθεί στους αυλούς ανόδου.

Οι λέβητες των μονάδων I-II-III και IV έχουν ύψος 80 μέτρων, ενώ της μονάδας V 100 μέτρα και είναι αναρτημένοι (για λόγους διαστολών) από την οροφή του λεβητοστασίου. Στον Πίνακα 4 φαίνονται τα γενικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά Λεβήτων Μονάδων

| Μονάδες | I | II | III | IV | V |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Τύπος Λέβητα | SULZER | SULZER | SULZER | SULZER | SULZER |
| Μέγιστη Ατμοπαραγωγή (T/h) | 916 | 916 | 950 | 950 | 1.029 |
| Ροή Υ/Θ Ατμού (T/h) | 853,8 | 853,8 | 887,2 | 887,2 | 993,1 |
| Πίεση Υ/Θ Ατμού (bar) | 171,4 | 171,4 | 171,3 | 171,3 | 199,0 |
| Θερμοκρασία Υ/Θ Ατμού (°C) | 542 | 542 | 542 | 542 | 540 |
| Πίεση Α/Θ Ατμού (bar) | 40,1 | 40,1 | 39,7 | 39,7 | 32,6 |
| Θερμοκρασία Α/Θ Ατμού (°C) | 542 | 542 | 542 | 542 | 540 |
| Θερμοκρασία Τροφοδοτικού Νερού (°C) | 248 | 248 | 257 | 257 | 238 |
| Βαθμός Απόδοσης (%) | 87 | 87 | 87 | 87 | 88 |

3.4 Στρόβιλοι-Γεννήτριες



Εικόνα 3 : Στρόβιλοι μονάδων

Ο στρόβιλος κάθε μονάδας αποτελείται από τρία πολυβάθμια συγκροτήματα εκτόνωσης της υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης. Και τα τρία συγκροτήματα έχουν τον ίδιο άξονα περιστροφής, ενώ στον άξονα είναι προσαρμοσμένα κινητά πτερύγια, τα οποία είναι κατασκευασμένα από ειδικά κράματα μετάλλων. Τα γενικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5 : Χαρακτηριστικά Στροβίλων Μονάδων

| Στρόβιλος | I | II | III | IV | V |
|-------------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|
| Τύπος Στροβίλου | TANDEM | TANDEM | TANDEM | TANDEM | TANDEM |
| Στροφές Στροβίλου (RPM) | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Βαθμός Απόδοσης (%) | 45,29 | 45,29 | 45,55 | 45,55 | 46,53 |

Στον άξονα του στροβίλου, που περιστρέφεται με ταχύτητα 3000 στρ./λεπτό, είναι προσαρμοσμένος ο ρότορας της γεννήτριας, με το πεδίο διέγερσής της. Οι γεννήτριες των μονάδων είναι σύγχρονες διπολικές, η δε παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι τάσεως 21.000 Volt και συχνότητας 50 Hz και τα γενικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6 : Χαρακτηριστικά Γεννητριών Μονάδων

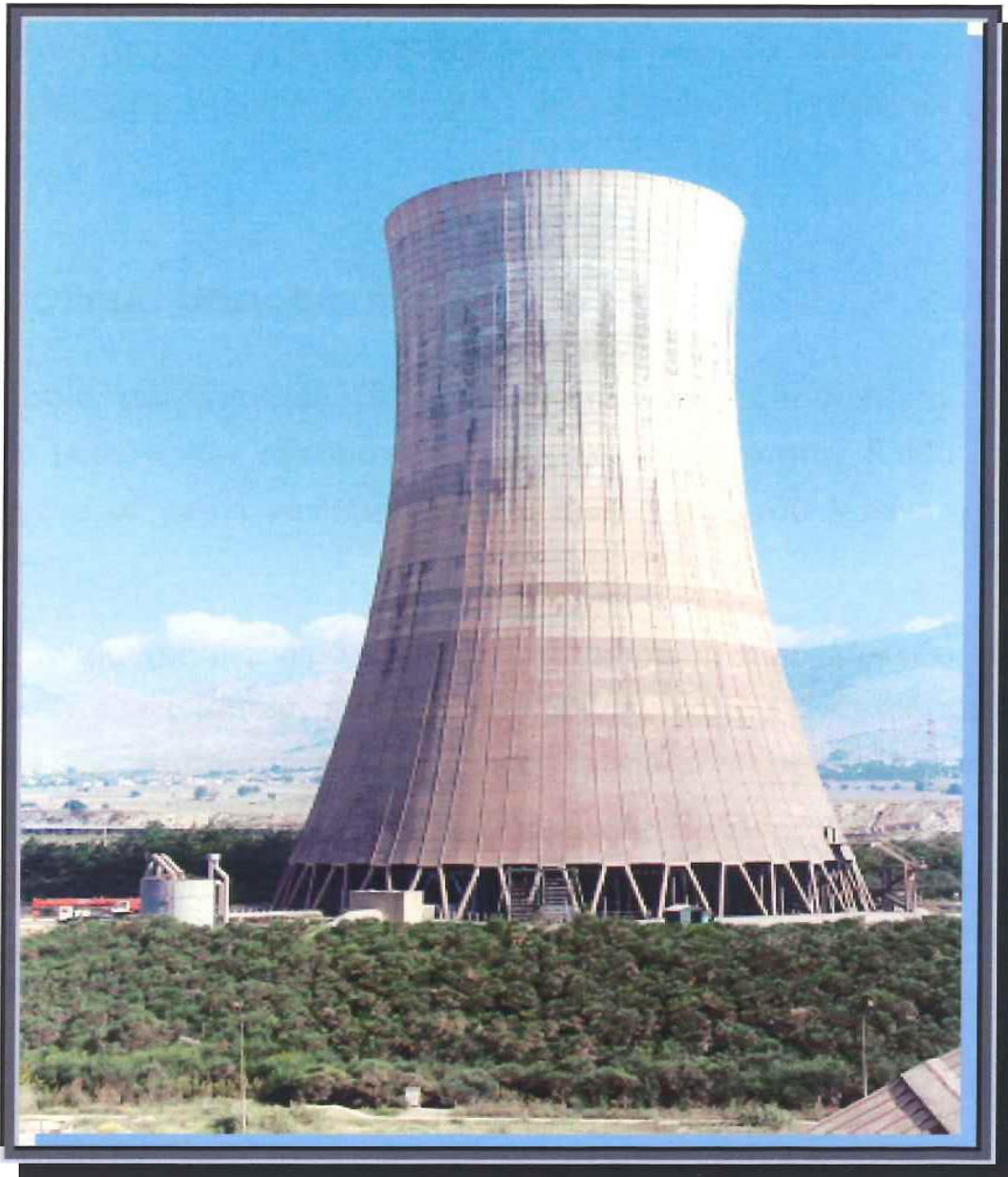
| Γεννήτρια | I | II | III | IV | V |
|-----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|
| Φαινόμενη Ισχύς (MVA) | 335,0 | 335,0 | 344,0 | 344,0 | 431,5 |
| Συντελεστής Ισχύος | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,85 |
| Τάση Γεννήτριας (KV) | 21 | 21 | 20 | 20 | 21 |
| Ένταση Γεννήτριας (A) | 9.164 | 9.164 | 9.940 | 9.940 | 11.863 |

Για την ψύξη του στάτη και ρότορα της γεννήτριας χρησιμοποιείται αέριο υδρογόνο και επιπλέον για την ψύξη του στάτη χρησιμοποιείται απιονισμένο νερό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα στις μπάρες του στάτη που είναι κοίλες.

3.5 Ψυκτικό νερό

Για τη συμπύκνωση του εξερχόμενου ατμού από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης, καθώς και για την ψύξη των διάφορων βοηθητικών μηχανημάτων λειτουργεί κλειστό κύκλωμα ψύξης, το οποίο είναι τύπου ανοικτής ανακυκλοφορίας.

Βασικό στοιχείο του ψυκτικού κυκλώματος είναι ο πύργος ψύξης, στον οποίο καταιονίζεται το θερμό νερό που επιστρέφει από το κύριο ψυγείο και τα μηχανήματα, και εκτίθεται σε αντίθετα διερχόμενο ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα που εισάγεται από τη βάση του πύργου.



Εικόνα 4: Πύργος ψύξης

Οι πύργοι ψύξης των μονάδων I, II έχουν ύψος 95 μέτρα, των μονάδων III, IV 104 μέτρα και της μονάδας V 108 μέτρα.

Το νερό, αφού ψυχθεί από τον καταιονισμό και τη μερική εξάτμισή του μέσα στον πύργο ψύξης, συγκεντρώνεται στη λεκάνη του πύργου και από εκεί παραλαμβάνεται από τις αντλίες κυκλοφορίας και επαναχρησιμοποιείται.

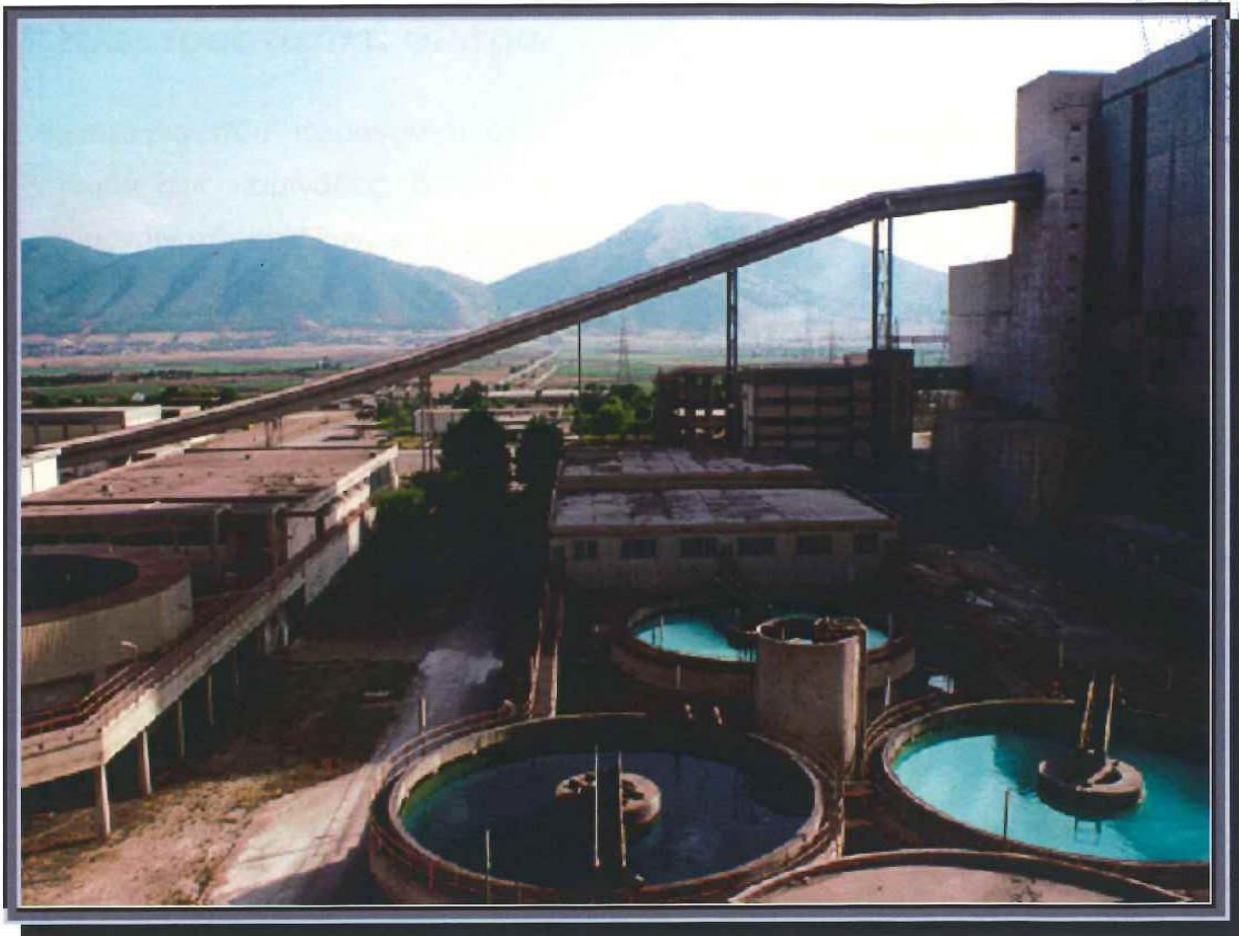
Η ποσότητα του εξατμιζόμενου νερού είναι περίπου $1,7 \text{ m}^3/\text{MWh}$. Επειδή όμως η εξάτμιση αυτή προκαλεί συμπύκνωση των διαλυμένων αλάτων του ψυκτικού νερού, ένα μέρος αυτού πρέπει να απομακρύνεται από το κύκλωμα. Για το λόγο αυτό μία ποσότητα ψυκτικού νερού της τάξης των $0,8 \text{ m}^3/\text{MWh}$ αποβάλλεται από το κύκλωμα (στρατσώνα του πύργου ψύξης).

Οι απώλειες αυτές αναπληρώνονται με νέο νερό του συστήματος υδροδότησης από το οποίο έχει απομακρυνθεί η παροδική σκληρότητα. Το νερό αυτό παράγεται στις εγκαταστάσεις αποσκλήρυνσης-διήθησης των μονάδων του σταθμού.

3.6 Σύστημα υδροδότησης

Η τροφοδοσία του σταθμού με ακατέργαστο νερό εξασφαλίζεται από τη λίμνη Πολυφύτου μέσω τριών αντλιοστασίων συνολικής ικανότητας $8.500 \text{ m}^3/\text{h}$ που είναι εγκατεστημένα σε σειρά και εξυπηρετούν τους Α.Η.Σ. του λεκανοπεδίου Κοζάνης-Πτολεμαΐδας.

Το βιομηχανικής χρήσης νερό χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση των απωλειών των ψυκτικών κυκλωμάτων, του θερμικού κύκλου και για ανάγκες πυρόσβεσης του σταθμού. Η μέγιστη ποσότητα βιομηχανικού νερού που καταναλώνεται είναι περίπου $4.200 \text{ m}^3/\text{h}$, ενώ η ετήσια κατανάλωση νερού ανά μονάδα φαίνεται στον Πίνακα 7. Από αυτό το νερό η μεγαλύτερη ποσότητα χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση των απωλειών των κυκλωμάτων ψύξης, αφού προηγουμένως υποστεί μερική αποσκλήρυνση, με αποβολή της παροδικής του σκληρότητας με χρήση υδρασβέστου.



Εικόνα 5: Σύστημα υδροδότησης

Η αποσκλήρυνση του ψυκτικού νερού είναι απαραίτητη για να μην δημιουργηθούν καθαλατώσεις στις σωληνώσεις του ψυκτικού κυκλώματος. Μία ποσότητα αποσκληρυμένου νερού τροφοδοτεί το σύστημα αφαλάτωσης (απιονισμού) που λειτουργεί με τη χρήση ιοντοεναλλακτικών ρητίνων, για την παραγωγή του αφαλατωμένου νερού που απαιτείται για τις ανάγκες του θερμικού κύκλου των μονάδων του σταθμού.

Πίνακας 7 : Ετήσια Κατανάλωση Νερού

| Μονάδες | I | II | III | IV | V |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| (εκατ. Τόνοι) | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 6,0 |

3.7 Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση του λιγνίτη στους λέβητες, πριν οδηγηθούν στις καμινάδες, διέρχονται από ογκώδεις διατάξεις κατακράτησης των αιωρούμενων σωματιδίων, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα (Η/Φ).



Εικόνα 6 : Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Στα Η/Φ, τα σωματίδια της τέφρας, εκτίθενται σε συνεχές ηλεκτρικό πεδίο υψηλής τάσης (40 έως 50 KV), με αποτέλεσμα τη μετατροπή τους σε ιόντα που τελικά συλλέγονται από τα ηλεκτρόδια συλλογής (πλάκες συλλογής) των φίλτρων. Ένα σύστημα σφυριών αποκολλά την τέφρα από τα ηλεκτρόδια συλλογής, που τελικά συγκεντρώνεται στα σιλό των Η/Φ.

Τα καυσαέρια, αφού απαλλαγούν από την τέφρα στα Η/Φ, οδεύουν προς τις καμινάδες, οι οποίες είναι διπλού τοιχώματος και έχουν ύψος 200 μέτρα.

3.8 Αποκομιδή τέφρας

Από τα σιλό των ηλεκτροστατικών φίλτρων η τέφρα που κατακρατήθηκε από τα καυσαέρια (ιπτάμενη τέφρα) οδηγείται, με τη χρήση συστήματος αέρα, σε ένα κεντρικό σιλό από σκυρόδεμα. Στη βάση του κεντρικό σιλό είναι εγκατεστημένο ένα σύστημα υγραντών, το οποίο αφού διαβρέξει την τέφρα, την οδηγεί στους ταινιόδρομους, στους οποίους αποτίθεται και η τέφρα των τεφρολεκανών, που είναι εγκατεστημένες κάτω από τους λέβητες των μονάδων (υγρή τέφρα).

Οι ταινιόδρομοι, συνολικού μήκους 11 χλμ. μεταφέρουν την τέφρα στο ορυχείο και την αποθέτουν μαζί με τα άγονα υλικά εκσκαφής στους χώρους που αφαιρέθηκε ο λιγνίτης. Στη συνέχεια οι χώροι αυτοί επικαλύπτονται με φυτική γη και είναι ξανά κατάλληλοι για καλλιέργειες.

Στο σταθμό υπάρχουν και εγκαταστάσεις φόρτωσης της τέφρας σε κλειστά σιλοφόρα αυτοκίνητα για πώλησή της στις τσιμεντοβιομηχανίες.

3.9 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Ο σταθμός διαθέτει τέσσερα ανεξάρτητα συστήματα, για να επεξεργαστεί τα απόβλητά του (Πίνακας 8):

Συγκρότημα εξουδετέρωσης υγρών βιομηχανικών απόνερων που προέρχονται από τις αναγεννήσεις των ιοντοεναλλακτικών ρητίνων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του αφαλατωμένου νερού και τον καθαρισμό του συμπυκνώματος των μονάδων.

Συγκρότημα βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, δύο όμοιων κλάδων με ικανότητα επεξεργασίας μέχρι 100 m³/ημέρα. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος στηρίζεται στη μέθοδο «παρατεταμένου αερισμού ενεργοποιημένης λάσπης». Προ του συγκροτήματος αυτού υπάρχει εγκατάσταση συλλογής των λιπών και λαδιών.

Συγκρότημα κατεργασίας βιομηχανικών υγρών απόνερων ονομαζόμενο S1. Στο συγκρότημα αυτό, που είναι ικανότητας κατεργασίας 650 m³/h, γίνεται εξουδετέρωση, κροκίδωση και μερική διαύγαση με καθίζηση, στα βιομηχανικά απόνερα του σταθμού (υπερχειλίση τεφρολεκανών, νερά από την ψύξη των μηχανημάτων, βρόχινα νερά κλπ).

Συγκρότημα τελικής επεξεργασίας των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και των νερών της βροχής του σταθμού, που ονομάζεται S3. Στο συγκρότημα αυτό, που είναι ικανότητας 2000 m³/h, συγκεντρώνονται όλα τα απόβλητα του σταθμού, δηλαδή τα ήδη κατεργασμένα απόβλητα από τα συστήματα βιολογικού καθαρισμού και S1, τα απόνερα του συστήματος λιγνίτη καθώς και οι υπερχειλίσεις των πύργων ψύξης. Στις εγκαταστάσεις του γίνεται πρωτοβάθμια καθίζηση, κροκίδωση δευτεροβάθμια καθίζηση και τελική ρύθμιση της οξύτητας των επεξεργασμένων απόνερων (pH), ούτως ώστε τα εξερχόμενα από το σταθμό νερά να είναι κατάλληλα για όλες τις χρήσεις πλην πόσης.



Εικόνα 7 : Δεξαμενή καθίζησης

Πίνακας 8 : Ετήσια Επεξεργασία Αποβλήτων

| Απόβλητα | Νερό | Λάσπη |
|---------------|------|-------|
| (εκατ. Τόνοι) | 10,0 | 2,0 |
| | | |

3.10 Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με τους όρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κάθε χώρα είναι υποχρεωμένη να υποβάλει προς έγκριση ένα εθνικό σχέδιο κατανομής ρύπων του CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου από της βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αν εγκριθεί το σχέδιο, τότε η ποσότητα που έχει υπολογιστεί, εφόσον ξεπεραστεί, πληρώνεται από τον παραβάτη 40 ευρώ τον κάθε επιπλέον τόνο. Αν είναι μικρότερη, δίνει περιθώρια πώλησης σε άλλους μέχρι την εγκριθείσα ποσότητα.

Στην Ελλάδα έχει επιτραπεί αύξηση των ρύπων κατά 25% σε σχέση με το 1990, με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο. Παρ' όλα τα μεγάλα περιθώρια, οι ρυθμοί κάλυψης τους έχουν ήδη υπερβεί. Υπολογίζεται μάλιστα ότι μέχρι το 2010, η αύξηση των ρύπων θα είναι της τάξης του 38% σε σύγκριση με το 1990. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο εκτιμάται ότι η Ελλάδα θα κληθεί να πληρώσει πρόστιμο της τάξης των εκατόν πενήντα εκατομμυρίων ευρώ στην καλύτερη περίπτωση, και στην χειρότερη ενάμιση δις.

Η Δ.Ε.Η. για κάθε παραγόμενο MW εκπέμπει 863 κιλά CO₂ τη στιγμή που ο ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι κάτω των 350 κιλών ανά MW. Για τον Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου παρατίθεται το παρακάτω δελτίο εκπομπών CO₂ με τη μέθοδο σταθερών συντελεστών.

| ΔΕΛΤΙΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ | | |
|--|---------------|----------------|
| Μέθοδος Σταθερών Συντελεστών | | |
| Μετρούμενο Μέγεθος | Σύνολο | |
| ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ | | |
| Σύνολο CO ₂ (Μέθοδος Συντελεστών) | tn | 11.047.647,604 |
| Παραχθείσα Ενέργεια | MWh | 10.000.140,000 |
| Εξαχθείσα Ενέργεια | MWh | 9.020.389,000 |
| tn CO ₂ /MWh Παραχθείσας | tn/MWh | 1,105 |
| tn CO ₂ /MWh Εξαχθείσας | tn/MWh | 1,225 |
| tn CO ₂ /TJ Καυσίμου | tn/MWh | 122,083 |
| Σύνολο Θερμότητας Καυσίμων | GJ | 90.492.802,048 |

Κεφάλαιο 4: Παρουσίαση Τηλεθέρμανσης

Σαν εγκατάσταση τηλεθέρμανσης χαρακτηρίζεται η συνολική εγκατάσταση που σκοπό έχει να τροφοδοτήσει με θερμότητα έναν καταναλωτή ή σύνολο καταναλωτών, μέσω ενός δικτύου μεταφοράς και διανομής της θερμότητας αυτής, από μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας. Διαφέρει από την κλασική μέθοδο παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας, σύμφωνα με την οποία η εγκατάσταση παραγωγής βρίσκεται στον τόπο κατανάλωσης, π.χ. οικιακοί λέβητες. Γι' αυτό και ονομάστηκε τηλεθέρμανση (ο όρος αυτός στη Γερμανική αποδίδεται «Fernwärme» και στην Αγγλική «district heating»).

Η θερμότητα μπορεί να προορίζεται για θέρμανση χώρων και παρασκευή θερμού νερού χρήσης, οπότε η εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως τηλεθέρμανση πόλεων και οικισμών. Αν προορίζεται για βιομηχανική ή γεωργική χρήση χαρακτηρίζεται αντίστοιχα βιομηχανική και αγροτοβιοτεχνική θερμότητα. Η παραπάνω διάκριση είναι σκόπιμη εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασιακής απαίτησης της θερμότητας και ανεξάρτητα από την ισχύ τους.

Έτσι, τα θερμικά φορτία για θέρμανση χώρων απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 80°C, σε γραμμές μεταφοράς θερμικής ενέργειας. Τα αγροτοβιοτεχνικά φορτία (θερμοκήπια- ξηραντήρια κλπ) απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ τα βιομηχανικά φορτία καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών.

Η μεταφορά και διανομή της θερμικής ενέργειας γίνεται με κατάλληλα εγκατεστημένα συστήματα αγωγών και ο φορέας μεταφοράς θερμότητας είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό (δηλαδή νερό σε θερμοκρασίες πάνω από 100°C, το οποίο σε ατμοσφαιρική πίεση θα γινόταν ατμός, παραμένει όμως νερό σε υψηλότερες πιέσεις που επικρατούν στο σύστημα, μεγαλύτερες των 3 atm) ή ατμός. Οι αγωγοί, στο σύνολο τους σχεδόν, είναι χαλύβδινοι και περιβάλλονται από θερμομονωτικό υλικό για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Σήμερα οι αγωγοί είναι πλέον υπόγειοι, προμονωμένοι και ο καταναλωτής τροφοδοτείται άμεσα ή με την παρεμβολή θερμικού εναλλάκτη. Για την κυκλοφορία του θερμού/ υπέρθερμου νερού στα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται αντλίες- κυκλοφορητές.

Η παραγωγή της θερμικής ενέργειας μπορεί να είναι αυτόνομη είτε συνδυασμένη με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας- θερμότητας). Για συγκεκριμένη εγκατάσταση τηλεθέρμανσης η θερμότητα μπορεί να

παράγεται σε περισσότερα από ένα κέντρα παραγωγής, τα οποία διασυνδέονται μεταξύ τους, όπως και με τους καταναλωτές.

Η πρωτογενής ενέργεια για την παραγωγή της θερμότητας στους σταθμούς παραγωγής ή συμπαραγωγής, μπορεί να προέρχεται από συμβατικά ορυκτά καύσιμα (λιγνίτης, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) ή πυρηνικά (σε θερμοδυναμικούς κύκλους συμπαραγωγής) ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (γεωθερμία, ηλιακή ενέργεια, βιομάζα κλπ).

Σήμερα στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης το συνδεδεμένο θερμικό φορτίο ανέρχεται σε περισσότερα από 210.000 Gcal/h. Ακολουθεί η Γερμανία (στην περιοχή της πρώην Δυτικής) με συνδεδεμένη ισχύ πάνω από 20.000 Gcal/h, η Πολωνία με 17.000 Gcal/h, οι Η.Π.Α. με 13.000- 15.000 Gcal/h. Σημειώνεται ότι το σύνολο σχεδόν των εγκαταστάσεων τηλεθέρμανσης των Η.Π.Α. χρησιμοποιεί σαν φορέα θερμότητας τον ατμό και οι περισσότερες από τις μισές εγκαταστάσεις στηρίζονται σε αυτόνομη παραγωγή θερμότητας και όχι στη συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας-ηλεκτρικής ενέργειας. Ακολουθούν η Δανία και η Σουηδία με τουλάχιστον 10.000 Gcal/h η καθεμία. Στις χώρες αυτές υπάρχουν πόλεις στις οποίες περισσότερο από το 90% του πληθυσμού θερμαίνεται από εγκατάσταση τηλεθέρμανσης.

Στον ελληνικό χώρο η πρώτη, μικρού μεγέθους, εγκατάσταση τηλεθέρμανσης λειτουργεί από το 1960 θερμαίνοντας τον οικισμό της ΔΕΗ στο προάστιο Εορδαίας, από τον Α.Η.Σ. Πτολεμαΐδας. Σήμερα το συνδεδεμένο θερμικό φορτίο ξεπερνά κατά πολύ τα 300 Gcal/h στις πόλεις της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου-Φιλώτα καθώς και η τηλεθέρμανση Μεγαλόπολης. Ταυτόχρονα έχουν εκπονηθεί ή εκπονούνται πλήθος μελετών σκοπιμότητας ή διερευνητικών μελετών οι οποίες αναφέρονται στην ανάπτυξη ή βελτίωση συστημάτων τηλεθέρμανσης.

4.1 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών ενός καταναλωτή ή ομάδας καταναλωτών είναι η αγορά του ηλεκτρισμού από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιου καυσίμου για την παραγωγή της θερμότητας.

Κατά τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική, στις θερμικές μηχανές, σύμφωνα και με το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα (παράγοντας Carnot), ένα

μεγάλο μέρος της θερμικής ενέργειας αποβάλλεται στο περιβάλλον με πολύ χαμηλή θερμοκρασία.

Έτσι, κατά την λειτουργία ενός συμβατικού θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως είναι οι λιγνιτικοί σταθμοί της ΔΕΗ, αλλά και οι νέοι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου με φυσικό αέριο), μεγάλα ποσά θερμότητας αποβάλλονται στο περιβάλλον.

Αντίστοιχα, το γνωστό σε όλους μας αυτοκίνητο κινείται καταναλώνοντας ποσότητες καυσίμου τέσσερις και πέντε φορές περισσότερες από το απαραίτητο για την κίνησή του μηχανικό έργο, απορρίπτοντας στο περιβάλλον την επιπλέον θερμότητα κύρια μέσω των καυσαερίων και του ψυκτικού νερού. Εάν δεσμευθεί η απορριπτόμενη θερμότητα για να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα, τότε η διαδικασία αυτή είναι η συμπαραγωγή, η οποία οδηγεί σε πολύ καλούς ολικούς βαθμούς απόδοσης της ενεργειακής μετατροπής.

Συμπαραγωγή, δηλαδή, είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. στο τέλος του περασμένου αιώνα. Γνώρισε ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία μέχρι και τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Η διαθεσιμότητα όμως των υγρών καυσίμων και η ανάπτυξη δικτύων μεταφοράς και διανομής φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας για αρκετές δεκαετίες οδήγησαν τις βιομηχανίες σε εγκατάλειψη των συστημάτων συμπαραγωγής.

Η συμπαραγωγή άρχισε να αναπτύσσεται με αρκετά γρήγορους ρυθμούς στις βιομηχανίες της Ε.Ε. και των Η.Π.Α. μετά το 1973, όταν εξαιτίας των πετρελαϊκών κρίσεων, οι τιμές των υγρών καυσίμων αυξήθηκαν απότομα. Σήμερα βρίσκει εφαρμογή και σε μεγαλύτερου μεγέθους εγκαταστάσεις, όχι απαραίτητα βιομηχανικές, σε συνδυασμό με τα δίκτυα τηλεθερμάνσεων, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα της μεταφοράς της θερμότητας σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις.

4.2 Τηλεθέρμανση Κοζάνης

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Κοζάνης (Δ.Ε.Υ.Α.Κ.) φορέας λειτουργίας της Τηλεθέρμανσης ιδρύθηκε το 1985 και άρχισε να λειτουργεί το 1988 με αντικείμενο την εκμετάλλευση, λειτουργία, συντήρηση, κατασκευή και διοίκηση των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης της πόλης της Κοζάνης.

Νωρίτερα οι υπηρεσίες αυτές ήταν αρμοδιότητα του Δήμου Κοζάνης. Το 1995 το αντικείμενο της επιχείρησης διευρύνθηκε με την προσθήκη περισσότερων αρμοδιοτήτων όπως μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, διοίκηση, και λειτουργία του δικτύου τηλεθέρμανσης, με κύριο στόχο την καλύτερη και αρτιότερη εξυπηρέτηση των δημοτών.

Το έργο ξεκίνησε στα πλαίσια του κοινοτικού προγράμματος Valoren, ολοκληρώθηκε το 1993, η διασύνδεση με τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ στον Α.Η.Σ. του Αγ. Δημητρίου έγινε εντός του 1994 και η επέκταση του δικτύου τηλεθέρμανσης στην ευρύτερη περιοχή της πόλης ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1998. Προβλέπεται στα προσεχή επόμενα 5 χρόνια να ολοκληρωθεί το δίκτυο διανομής στις επεκτάσεις του σχεδίου πόλεως.

4.2.1 Ιστορικό έργου

Το 1989 ανατέθηκε στην Αναπτυξιακή Κοζάνης (ΑΝ.ΚΟ.) προγραμματική σύμβαση στα πλαίσια του προγράμματος Valoren η εκπόνηση της οριστικής μελέτης του έργου της τηλεθέρμανσης της πόλης της Κοζάνης η οποία παραδόθηκε σε δύο φάσεις.

Α' Φάση: τον Οκτώβριο του 1990 όπου παρουσιάζονται και προσδιορίζονται οι βασικές επιλογές της μελέτης.

Β' Φάση: τον Νοέμβριο του 1991 που περιλαμβάνει την οριστική μελέτη εφαρμογής του έργου με τα εξής τμήματα:

- μελέτη του έργου μεταφοράς θερμικής ενέργειας
- μελέτη των αντλιοστασίων μεταφοράς και διανομής
- μελέτη του δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας
- μελέτη του λεβητοστασίου αιχμής.

Το χαμηλό κόστος της θερμικής ενέργειας από τους ΑΗΣ, η μικρή σχετικά απόσταση της Κοζάνης από αυτούς, τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής (βαρύς χειμώνας), πυκνή δόμηση της πόλης της Κοζάνης, και η πολύ καλή (55%) χρηματοδότηση από το πρόγραμμα Valoren, ήταν οι βασικοί παράγοντες που οδήγησαν στα αισιόδοξα αποτελέσματα των τεchnοοικονομικών αναλύσεων και της μελέτης βιωσιμότητας του έργου.

4.2.2 Περιγραφή εγκαταστάσεων

Η εγκατάσταση τηλεθέρμανσης σκοπό έχει να τροφοδοτήσει την πόλη με θερμότητα για θέρμανση χώρων και παρασκευή θερμού νερού χρήσης. Το θερμικό φορτίο αιχμής εκτιμήθηκε σε 100 MW (ετήσια θερμική ζήτηση περίπου 160000 MWH) για το έτος κορεσμού. Σήμερα έχει ξεπερασθεί και είναι 125 MW με ετήσια θερμική ζήτηση περίπου 220000 MWH.

Το 60% του θερμικού φορτίου αιχμής παράγεται στην μονάδα βάσης που είναι οι μονάδες 3 4 και 5 του ΑΗΣ του Αγ. Δημητρίου. Το υπόλοιπο 40% όταν αυτό απαιτείται παράγεται σε λεβητοστάσιο αιχμής που κατασκευάσθηκε για το σκοπό αυτό στην είσοδο της πόλης. Η ετήσια παραγωγή θερμότητας κατανέμεται κατά 90% στη μονάδα βάσης και 10% στη μονάδα αιχμής. Για την κυκλοφορία στο κλειστό δισωλήνιο σύστημα του μέσου μεταφοράς θερμότητας, που είναι υπέρθερμο νερό, υπάρχουν εγκατεστημένα στο σύστημα τρία αντλιοστάσια (Α1,Α2,Α3). Το συνολικό σύστημα τηλεθέρμανσης είναι σχεδιασμένο να εξυπηρετεί τις καταναλώσεις με θερμοκρασίες υπέρθερμου νερού προσαγωγής οι οποίες θα κυμαίνονται εποχιακά μεταξύ 90°C και 120°C. Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις κτιρίων επιτρέπουν θερμοκρασίες επιστροφής κυμαινόμενες εποχιακά μεταξύ 55°C και 70°C.

Πίνακας 10: Τιμή σύνδεσης καταναλωτών.

| ΜΕΣΟ ΕΜΒΑΔΟ ΟΙΚΟΔΟ- ΜΗΣ m ² | ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΑΛΛΑ- ΚΤΗ Mcal | ΧΡΕΩΣΗ (ΜΕ ΦΠΑ) ΕΝΑΛΛΑ- ΚΤΗ € | ΧΡΕΩΣΗ (ΜΕ ΦΠΑ) Μ2 ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ € | ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΕΩΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ € | ΧΡΕΩΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙ- ΣΜΑΤΟΣ €/m ² |
|---|--------------------------------|--|--|--------------------------------------|---|
| 150 | 20 | 2.524 | 396 | 2.920 | 19 |
| 250 | 40 | 2.641 | 660 | 3.302 | 13 |
| 500 | 60 | 3.375 | 1.321 | 4.696 | 9 |
| 1.000 | 80 | 4.402 | 2.641 | 7.043 | 7 |
| 1.300 | 100 | 4.989 | 3.434 | 8.423 | 6 |
| 2.000 | 150 | 5.576 | 5.282 | 10.858 | 5 |
| 2.700 | 200 | 5.869 | 7.131 | 13.001 | 5 |
| 3.600 | 250 | 6.456 | 9.508 | 15.964 | 4 |
| 4.500 | 300 | 7.043 | 11.886 | 18.929 | 4 |
| 5.500 | 360 | 7.630 | 14.527 | 22.157 | 4 |

Οι μορφολογία του εδάφους και η υδραυλικές συνθήκες του δικτύου οδήγησαν στο σχεδιασμό ενός δικτύου διανομής ονομαστικής πίεσης 25 bar. Η επιλογή της ικανότητας των αντλιοστασίων και ο τρόπος ρύθμισης της παροχής (με μεταβολή των αριθμών στροφών των αντλιών) έγινε ώστε να εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η τροφοδοσία των πιο απομακρυσμένων καταναλωτών. Το δίκτυο διανομής αποτελείται από αγωγούς μονωμένους και εγκατεστημένους απευθείας στο έδαφος. Οι αγωγοί φέρουν μόνωση από πολυουρεθάνη και προστατευτικό περίβλημα από πολυαιθυλένιο.

Το λεβητοστάσιο αιχμής αποτελείται από 3 λέβητες των 10MW ο καθένας και ένα λέβητα 27,5 MW. Οι λέβητες είναι φλογοαυλωτοί τριπλής διαδρομής και ο καθένας φέρει δύο καυστήρες πετρελαίου και υγραερίου. Το αντλιοστάσιο A1 αποτελείται από 6 αντλητικά συγκροτήματα παράλληλα μεταξύ τους. Τα 2 αντλητικά συγκροτήματα είναι παροχής 400m³/h και τα άλλα 4 είναι 630m³/h. Τα αντλιοστάσια A2 και A3 είναι όμοια και το καθένα αποτελείται από 4 αντλητικά συγκροτήματα (3+1 εφεδρικό) παράλληλα μεταξύ τους. Το καθένα είναι παροχής 380 m³/h. Όλα είναι μεταβλητών στροφών με συστήματα μετατροπής συχνότητας (Inverter). Οι αγωγοί μεταφοράς είναι διαμέτρου DN450mm και για την παροχή των 1150 m³/h (70MWth) η ταχύτητα του νερού είναι 2m/s και η πτώση πίεσης 0,66bar/km. Οι εγκαταστάσεις στον ΑΗΣ του Αγ. Δημητρίου αποτελούνται από δύο εναλλάκτες θερμότητας κατακόρυφους και υδραυλωτούς η συνολική απόδοση σε σειρά των εναλλακτών είναι 67 MWth. Επίσης υπάρχει και ένα άλλο ζεύγος εναλλακτών στην 5 μονάδα συνολικής απόδοσης 70 MWth. Το σύστημα των εναλλακτών είναι συνδεδεμένο με δύο μονάδες του ΑΗΣ την 3 και 4 έτσι ώστε να μπορεί η τηλεθέρμανση να λειτουργήσει εναλλακτικά από τη μία ή την άλλη μονάδα. Επίσης το δεύτερο σύστημα εναλλακτών είναι συνδεδεμένο από την 5 μονάδα και λειτουργεί αυτόνομα. Οι θερμικοί υποσταθμοί των κτιρίων διαθέτουν εναλλάκτη τύπου πλακών του οποίου το ένα ρεύμα συνδέεται στο δίκτυο τηλεθέρμανσης και το άλλο στην εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης του κτιρίου.

4.3 Τιμολογιακή πολιτική

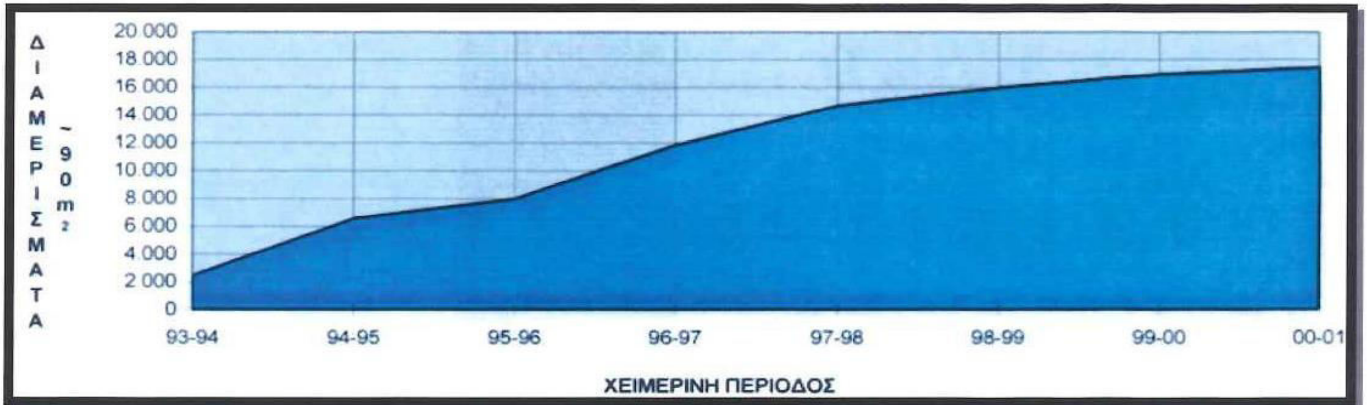
Δύο από τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετώπισε η ΔΕΥΑΚ στην λειτουργία του έργου ήταν ο καθορισμός της τιμής σύνδεσης των καταναλωτών στο δίκτυο διανομής της τηλεθέρμανσης καθώς και η τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας.

Πίνακας 11: Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης

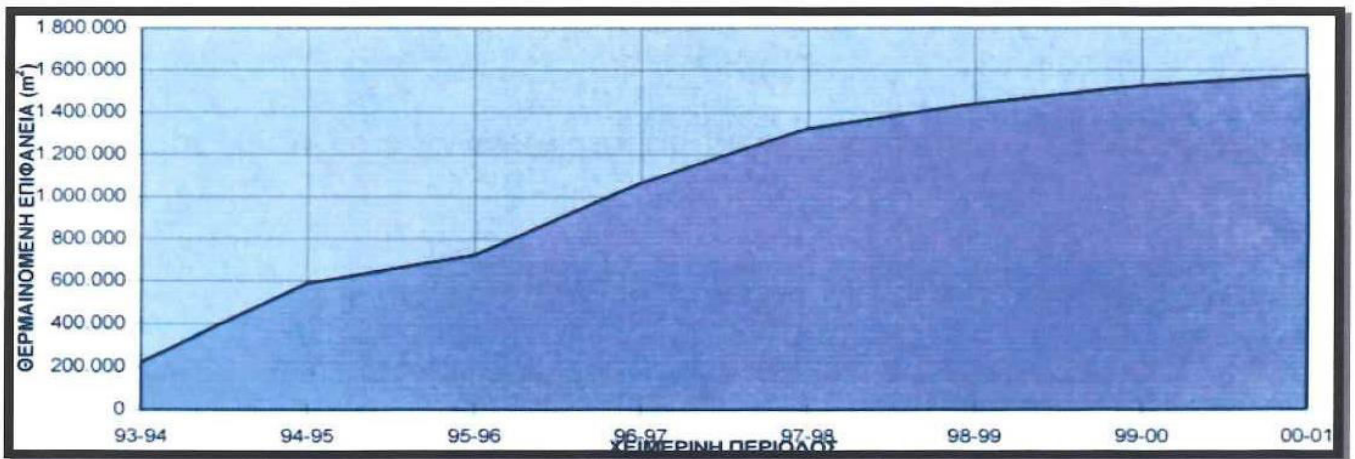
| ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | 93-94 | 94-95 | 95-96 | 96-97 | 97-98 | 98-99 | 99-00 | 00-01 |
|---|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ΟΙΚΟΔΟΜΕΣ | 360 | 850 | 1.080 | 1.934 | 2.834 | 3.186 | 3.355 | 3.460 |
| ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ~ 90 (m ²) | 2.450 | 6.550 | 80.000 | 11.860 | 14.714 | 16.021 | 16.974 | 17.492 |
| ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (m ²) | 220.000 | 590.000 | 723.000 | 1.067.000 | 1.324.266 | 1.441.284 | 1.527.700 | 1.574.250 |



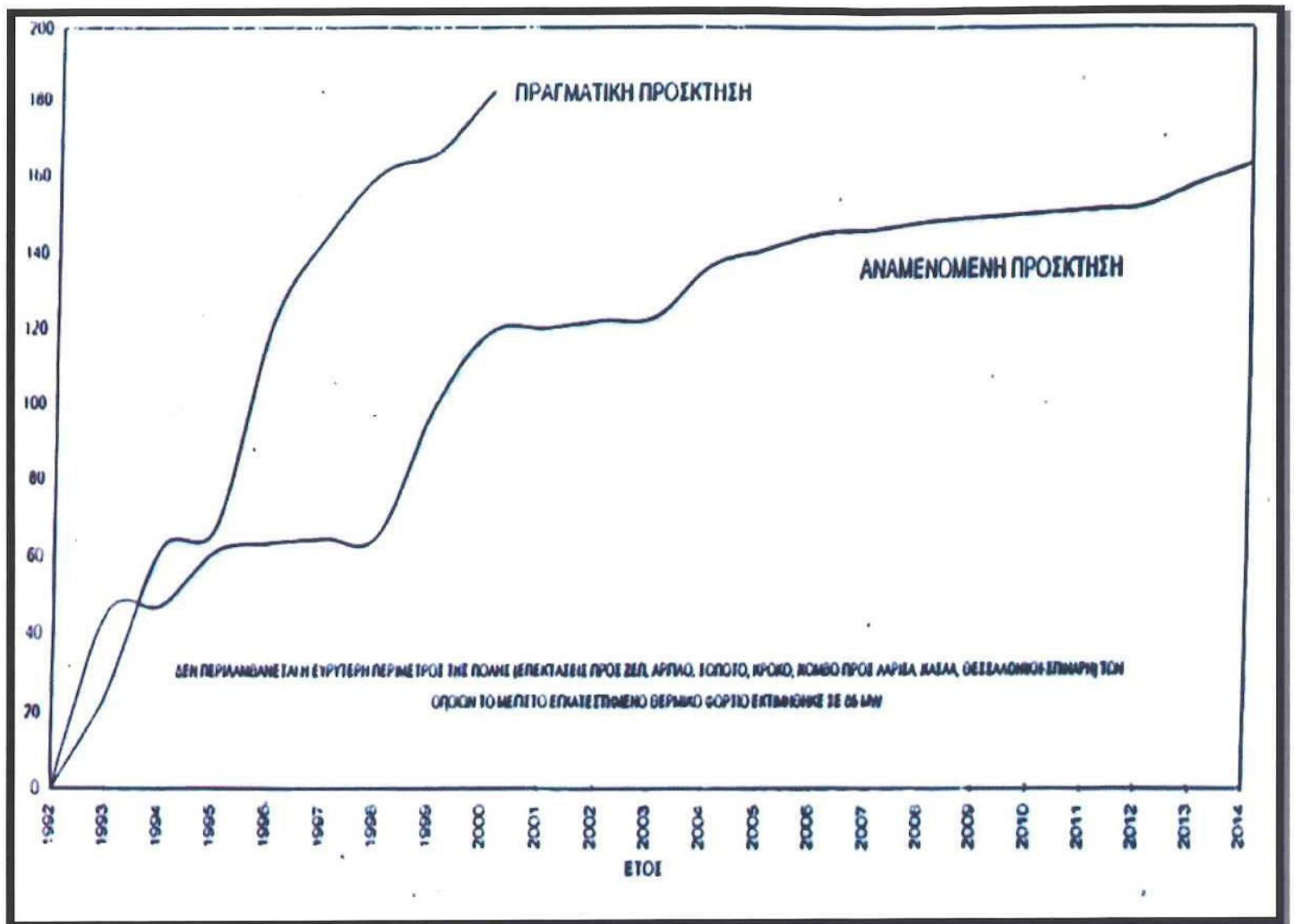
Εικόνα 8: Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης σε οικοδομές



Εικόνα 9: Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης σε διαμερίσματα



Εικόνα 10: Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης σε θερμαινόμενη επιφάνεια



Εικόνα 11: Αναμενόμενη και πραγματική πρόσκτηση θερμικού φορτίου στην τηλεθέρμανση Κοζάνης.

Ο καθορισμός της τιμολογιακής πολιτικής έπρεπε να λαμβάνει υπόψη αφενός μεν τον κοινωνικό χαρακτήρα του έργου αφετέρου δε να στοχεύει στη βιωσιμότητα του και έπρεπε να υλοποιήσει τους παρακάτω στόχους:

1. την προσέλκυση καταναλωτών για σύνδεση στο δίκτυο της τηλεθέρμανσης με γρήγορο ρυθμό.
2. την κάλυψη των χρηματοοικονομικών και λειτουργικών αναγκών της επιχείρησης.

Χρέωση σύνδεσης των καταναλωτών μέχρι σήμερα αποτελείται από το άθροισμα της τιμής χρέωσης του θερμικού υποσταθμού και του γινομένου των μεικτών τετραγωνικών της οικοδομής επί της σημερινής τιμής 2,64€/m².

Τιμή σύνδεσης διαμορφώνεται σύμφωνα με τον πίνακα και ανάλογα με το μέγεθος του υποθερμικού υποσταθμού και του συνολικού εμβαδού της οικοδομής και είναι σε κάθε περίπτωση μικρότερη από την δαπάνη εγκατάστασης συστήματος κεντρικής

θέρμανσης με πετρέλαιο(λέβητας, καυστήρας, δεξαμενή πετρελαίου, καπνοδόχος κλπ).

Η τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας καθορίστηκε αρχικά στα 25,2€/MWh ενώ σήμερα είναι 33,8€/MWh και αποτελεί το 65% της αντίστοιχης τιμής με πετρέλαιο κόστους 0,29€/lit και βαθμό απόδοσης λέβητα 80% δηλαδή θεωρητική έκπτωση 35% σε σχέση με το πετρέλαιο. Στην πράξη η έκπτωση υπερέβη το ποσοστό της 40% με τις ίδιες συνθήκες θέρμανσης από το γεγονός ότι οι θερμικοί υποσταθμοί της τηλεθέρμανσης αντικατέστησαν στις περισσότερες των περιπτώσεων παλιούς λέβητες με αρρύθμιστους καυστήρες.

Έτσι η απόσβεση της εγκατάστασης τηλεθέρμανσης από την διαφορά του λειτουργικού κόστους με πετρέλαιο γίνεται ανάλογα με το μέγεθος της οικοδομής από δύο χρόνια για τις μεγάλες οικοδομές μέχρι 4 για τις μονοκατοικίες. Η τιμή πώλησης παραμένει σταθερή εδώ και επτά χρόνια.

Με την αναφερόμενη τιμολογιακή πολιτική της επιχείρησης έγινε δυνατή η κρίσιμη για την βιωσιμότητα του έργου διεύρυνση της τηλεθέρμανσης στα πρώτα δύο χρόνια λειτουργίας σε 360 και 850 αντίστοιχα οικοδομές ή σε 2450 και 6500 αντίστοιχα διαμερίσματα(καταναλωτές).

Βεβαίως από τον τρίτο χρόνο λειτουργίας και μετά, ενισχυτικός παράγοντας της οικονομικής ωφέλειας από την χρήση τηλεθέρμανσης για τους καταναλωτές ήταν και η αξιοπιστία του έργου και των υπηρεσιών που προσφέρθηκαν από τον φορέα διαχείρισης δηλαδή την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Κοζάνης.

Οι ίδιοι οι καταναλωτές της αρχικής περιόδου αισθάνθηκαν όλα τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου θέρμανσης με αποτέλεσμα να γίνουν οι καλύτεροι διαφημιστές της τηλεθέρμανσης στους συμπολίτες τους.

4.4 Εξέλιξη συνδρομητών τηλεθέρμανσης

Οι στόχοι έχουν υλοποιηθεί πλήρως, για την ακρίβεια έχουν ξεπεραστεί. Ολοκληρώθηκε το δίκτυο της τηλεθέρμανσης με τις παροχές τόσο στην Α' ζώνη όσο και στην υπόλοιπη πόλη της Κοζάνης (Β' και Γ' ζώνες). Η εξέλιξη αυτή παρατίθεται στους παρακάτω πίνακες και σχήματα. Ο αριθμός συνδεδεμένων πελατών τηλεθέρμανσης έχει υπερβεί κάθε αισιόδοξη προσδοκία με αποτέλεσμα η

πραγματική πρόσκτηση θερμικού φορτίου στην τηλεθέρμανση Κοζάνης να είναι διπλάσια της αναμενόμενης.

4.5 Οικονομικά στοιχεία- οφέλη τηλεθέρμανσης

Από τη λειτουργία της τηλεθέρμανσης μέχρι σήμερα προέκυψαν τα παρακάτω οφέλη για την πόλη της Κοζάνης, τους κατοίκους της και την Εθνική Οικονομία.

Έχει εξοικονομηθεί συνάλλαγμα λόγω μη κατανάλωσης 80000 Τ.Ο.Ε.(τόνων ισοδύναμων πετρελαίων) πετρελαίου θέρμανσης και κάθε χρόνο πλέον θα εξοικονομούνται 20000 Τ.Ο.Ε. περίπου πετρελαίου θέρμανσης.

Οι κάτοικοι της πόλης δαπάνησαν για την θέρμανση των κατοικιών τους 10.271.460€ (3,5 δις δρχ.) λιγότερο με αποτέλεσμα να αυξήσουν ανάλογα το διαθέσιμο εισόδημα τους. Στο μέλλον και κάθε χρόνο το ποσό αυτό θα είναι 2.934.702€ (1000 εκ. δρχ.) περίπου.

Η εκτέλεση και η λειτουργία του έργου της τηλεθέρμανσης δημιούργησε νέες θέσεις εργασίας είτε άμεσα είτε έμμεσα και έδωσε νέα ώθηση στην εμπορική και βιοτεχνική δραστηριότητα της πόλης.

Για την λειτουργία της τηλεθέρμανσης ασχολούνται από το 1994 30 άτομα και υπολογίζεται ότι στην κατασκευή του έργου απασχολήθηκαν από το 1993 μέχρι σήμερα 100 άτομα ισοδύναμα πλήρους απασχόλησης ανά έτος .

Τέλος αλλά αξιολογικά πρώτο, η λειτουργία της τηλεθέρμανσης συνείσφερε στην ποιότητα ζωής με το καθαρότερο αστικό περιβάλλον, αφού σταμάτησαν οι καμινάδες των κεντρικών θερμάνσεων με μαζούτ και πετρέλαιο να ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα της πόλης, που είναι ήδη επιβαρημένη από την λειτουργία των Σταθμών παραγωγής ρεύματος της ΔΕΗ.

Η τηλεθέρμανση Κοζάνης είναι ένα έργο που:

- 1) συμβάλει αποφασιστικά στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- 2) δημιούργησε και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας

3) έδωσε στους κατοίκους της πόλης της Κοζάνης την δυνατότητα να απολαμβάνουν την θέρμανση των κατοικιών τους με μειωμένο κόστος

4) δίνει τις δυνατότητες για περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής με παράλληλες δραστηριότητες στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα της οικονομίας, το οποίο μελετήθηκε από την ΑΝ.ΚΟ. Α.Ε. τοπική δημοτική συνεταιριστική αναπτυξιακή εταιρία, υλοποιήθηκε από Ελληνικές Εργοληπτικές Εταιρίες με επίβλεψη της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης-Αποχέτευσης Κοζάνης (Δ.Ε.Υ.Α.Κ.), η οποία λειτουργεί και διαχειρίζεται το έργο.

4.6 Περιβαλλοντικά οφέλη τηλεθέρμανσης

Η τηλεθέρμανση, παρόλο που αποτελεί γνωστή τεχνολογία από τον προηγούμενο αιώνα, τα τελευταία χρόνια αποκτά ιδιαίτερη σημασία ως δίκτυο μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας.

Η αποκεντρωμένη παραγωγή θερμότητας χαμηλής ενθαλπίας (χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης) στον τόπο της κατανάλωσης (π.χ. κεντρικές θερμάνσεις κτιρίων) είναι άμεσα συνδεδεμένη και με τη διαθεσιμότητα και οικονομικότητα των συμβατικών υγρών καυσίμων, που κυριαρχούν ως καύσιμα στον Ελληνικό χώρο.

Η τηλεθέρμανση αποτελεί σήμερα τον μοναδικό τρόπο μεταφοράς θερμότητας από οποιαδήποτε απομακρυσμένη πηγή παραγωγής ή απόρριψης στους καταναλωτές.

Αποτελεί το μέσο για την αξιοποίηση θερμικής ενέργειας, η οποία διαφορετικά θα αποτελούσε βιομηχανικό θερμικό απόβλητο, με όλες τις δυσάρεστες συνέπειες που αυτό συνεπάγεται.

Έτσι, με την εγκατάσταση τηλεθέρμανσης Κοζάνης και κατάλληλη μετατροπή των μονάδων της ΔΕΗ σε συμπαραγωγικές, μέρος της θερμικής ενέργειας που αποτελούσε θερμικό απόβλητο της παραγωγικής διαδικασίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιείται σήμερα θερμαίνοντας τα κτίρια των δύο πόλεων. Η μονάδα της ΔΕΗ που τροφοδοτεί την Κοζάνη βελτίωσε τον ολικό βαθμό απόδοσης κατά 7%, ενώ αντίστοιχα η Κοζάνη εξοικονομεί κάθε χρόνο 15.000 ισοδύναμους τόνους πετρελαίου ή, διαφορετικά, 400 lt/κάτοικο πετρελαίου θέρμανσης.

Η τηλεθέρμανση αποτελεί ταυτόχρονα το μέσο για την αξιοποίηση καυσίμων τα οποία είναι δύσκολα στη διαχείρισή τους ή την αξιοποίηση πηγών θερμικής

ενέργειας, οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση από τις πιθανές καταναλώσεις. Έτσι, με την τηλεθέρμανση πολλοί οικισμοί της Βόρειας Ευρώπης καίνε τα υπολείμματα γεωργικών ή δασικών καλλιεργειών ή ακόμη και προϊόντα ενεργειακών φυτειών, για τη θέρμανση των κτιρίων τους.

Στην Ισλανδία με την βοήθεια δικτύων τηλεθέρμανσης μεταφέρεται η θερμική ενέργεια των θερμοπηγών στις κατοικίες, ενώ στη Σουηδία σε αρκετές περιπτώσεις αντλείται θερμότητα από λίμνες για τηλεθέρμανση οικισμών.



Εικόνα 12: Αντλιοστάσιο Α3 Τηλεθέρμανσης Κοζάνης

Με την τηλεθέρμανση μεταφέρεται εντός πόλεων και κτιρίων θερμότητα, η παραγωγή της οποίας δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί εντός της πόλης ή μέσα στα κτίρια.

Φυσικά η εξοικονόμηση πρωτογενούς ή συμβατικής ενέργειας που επιτυγχάνεται με την βοήθεια της τηλεθέρμανσης συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των εκπομπών ρυπαντών που προέρχονται από την καύση συμβατικών καυσίμων.

Έτσι στην πόλη της Κοζάνης, με την λειτουργία της τηλεθέρμανσης, δεν εκπέμπονται πλέον στην ατμόσφαιρα κάθε έτος 60.000 tn CO₂ και 100tn SO₂, που οφείλονταν στη λειτουργία των καυστήρων των πολυκατοικιών. Ταυτόχρονα ελαττώθηκαν και άλλες

οχλήσεις στη ζωή της πόλης, όπως η διανομή των υγρών καυσίμων στα κτίρια με τα κυκλοφοριακά προβλήματα που συνεπάγεται.

Οι οικισμοί που χρησιμοποιούν τη βιομάζα ως βασικό καύσιμο για την τηλεθέρμανση θεωρείται ότι δεν ρυπαίνουν με CO₂, διότι οι ποσότητες που εκλύονται κατά την καύση δεσμεύτηκαν τις προηγούμενες χρονιές από το φυτό για την ανάπτυξή του.

Ταυτόχρονα στα μεγάλα συστήματα καύσης οποιονδήποτε καυσίμων τα μέτρα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας μπορεί να είναι πρακτικά τέλεια, κάτι που είναι φυσικά αδιανόητο να συμβεί στις αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις κατοικιών και μικρών παραγωγικών μονάδων.

Κεφάλαιο 5: Τεχνολογία Τριπαραγωγής CHCP

Την προηγούμενη δεκαετία υπήρξε μια τεράστια αύξηση στα συστήματα ψύξης. Τα περισσότερα από αυτά βασίζονται στην προμήθεια τους από ηλεκτρική ενέργεια, η οποία γίνεται όλο και πιο ακριβή. Γι' αυτό η αγορά στρέφεται προς άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν διάφορες πηγές εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια, όπως τη θερμική. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν υψηλή αξιοπιστία και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι και πιο οικονομικές.

Ο κλασικός ψυκτικός κύκλος βασίζεται στον ατμοστρόβιλο (vapor compressor) που κινείται με ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια προέρχεται από την απώλεια θερμότητας του αεροστρόβιλου ή του ατμοστρόβιλου ή από μηχανή εσωτερικής καύσης ή από ένα φθηνό καύσιμο (π.χ. φυσικό αέριο) από το οποίο μπορούμε να παράγουμε θερμότητα.

Από το 2^ο Θερμοδυναμικό Θεώρημα προκύπτει ότι μπορεί να μετατραπεί μια θερμοκρασία από χαμηλή σε υψηλή μέσω κάποιου μηχανισμού. Με άλλα λόγια το 2^ο Θερμοδυναμικό Θεώρημα σημαίνει ότι είναι δυνατό να μετατραπεί η θερμότητα από τη ψυχρή στη θερμή περιοχή χωρίς καμία παρέμβαση. Τα ψυκτικά συστήματα και οι αντλίες θερμότητας παρέχουν βοήθεια σε αυτό προσφέροντας θερμότητα, με τη διαφορά ότι το ψυκτικό σύστημα μεταβιβάζει θερμότητα από τη ψυχρή στη θερμή περιοχή. Η διαφορά τους είναι ότι το πρώτο προσφέρει θερμότητα από τη ψυχρή στη θερμή περιοχή και έτσι γίνεται πιο ψυχρή ή πιο κρύα περιοχή. Το ακριβώς αντίθετο γίνεται με την αντλία θερμότητας.

Η λειτουργία του ψυκτικού συστήματος μετρίεται από τα όρια της αποτελεσματικότητας έργου COP_R και ισχύει:

$$COP_R = Q_L / W_{in}$$

Όπου, Q_L : η θερμότητα που βγαίνει από την περιοχή που πρέπει να ψυχθεί και

W_{in} : η ενέργεια που πρέπει να προστεθεί στον κύκλο.

Η ψυκτική ενέργεια μετρίεται συνήθως σε KW ή σε τόνους ψυκτικότητας RT που είναι η ικανότητα του ψυκτικού συστήματος να παγώσει ένα (1) τόνο νερού (θερμοκρασία 0oC) σε πάγο μέσα σε εικοσιτέσσερις ώρες.

Ομοίως ισχύει και για την αντλία θερμότητας:

$$\text{COP}_{\text{HP}} = Q_{\text{H}} / W_{\text{in}}$$

Όπου, Q_{H} : η θερμότητα που εισέρχεται στην περιοχή που πρέπει να θερμανθεί

W_{in} : η ενέργεια που πρέπει να προστεθεί στον κύκλο.

5.1 Αρχή λειτουργίας

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας έχει παρατηρηθεί μια σταθερή αύξηση στη χρήση συστημάτων ψύξης με εφαρμογή ολοένα πιο σύνθετης και υψηλής τεχνολογίας, η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι βασισμένη στη χρήση του ηλεκτρισμού.

Υπολογίζεται διεθνώς ότι πάνω από το 90% των σημερινών ψυκτικών συστημάτων λειτουργούν με ηλεκτρισμό. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, ερευνούνται και άλλοι τρόποι παραγωγής ψύξης. Σήμερα, έπειτα από χρόνια έρευνας και εμπειρίας, τα συστήματα ψύξης που τροφοδοτούνται ενεργειακά από την καύση του αερίου παρουσιάζουν την ίδια αξιοπιστία και ανταγωνιστικότητα με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά.

Ψυκτικός κύκλος απορροφήσεως

Στο ψυκτικό κύκλο συμπίεσεως, το εργαζόμενο μέσο (ψυκτικό μέσο) είναι ένα. Στην πράξη όμως βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή μέθοδοι παραγωγής ψυκτικής ισχύος, που χρησιμοποιούν περισσότερα εργαζόμενα μέσα. Οι πιο συνήθεις από αυτές απαιτούν για τη λειτουργία τους δύο εργαζόμενα μέσα, υπάρχουν όμως μέθοδοι που απαιτούν περισσότερα των δύο.

Η μέθοδος της ψύξης δι' απορροφήσεως χρησιμοποιεί δύο εργαζόμενα σώματα, δηλαδή το ψυκτικό μέσο και το μέσο απορροφήσεως. Δύο κλασσικά ζεύγη παρόμοιων μέσων είναι :

- Αμμωνία-Νερό ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$)
- Νερό-Υδατικό διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$)

Στην πρώτη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορροφήσεως το νερό. Στη δεύτερη περίπτωση ψυκτικό μέσο είναι το νερό και μέσο απορροφήσεως το υδατικό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου. Στην εικόνα 13 παρουσιάζεται διαγραμματικά ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης με χρήση υδατικού διαλύματος βρωμιούχου λιθίου.

Η πρόσδοση θερμότητας στην ατμογεννήτρια έχει σαν αποτέλεσμα την εξάτμιση ποσότητας νερού από το υδατικό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου. Ο υδρατμός που παράγει οδηγείται από την ατμογεννήτρια στον συμπυκνωτή. Στον συμπυκνωτή ο υδρατμός συμπυκνώνεται λόγω της ανακυκλοφορίας του νερού ψύξης. Το νερό σε υγρή μορφή πλέον, αφού στραγγαλιστεί, καταλήγει στον ατμοποιητή όπου ατμοποιείται πάλι απορροφώντας θερμότητα από το κύκλωμα του ψυχόμενου νερού. Για αύξηση της απόδοσης του ψυκτικού φαινομένου στον ατμοποιητή εκτονώνεται στον απορροφητή όπου απορροφάται από το πλούσιο διάλυμα βρωμιούχου λιθίου που καταλήγει σε αυτόν από την ανεμογεννήτρια. Το διάλυμα που προκύπτει είναι φτωχό σε βρωμιούχο λίθιο και οδηγείται με την βοήθεια της αντλίας διαλύματος στην ατμογεννήτρια για να επαναληφθεί ο ψυκτικός κύκλος.

Συμπερασματικά, οι ψυκτικές διατάξεις δι' απορροφήσεως χρησιμοποιούν για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης, όπως και οι διατάξεις δια συμπίεσεως ατμού και επομένως για να έχουμε συνεχή λειτουργία με επαναχρησιμοποίηση του ψυκτικού μέσου, απαιτείται να γίνει χρήση και της αντιστοίχου συμπυκνώσεως. Η διαφορά των διατάξεων δι' απορροφήσεως έναντι των διατάξεων δια συμπίεσεως έγκειται στη μη χρήση συμπιεστού ατμού ψυκτικού μέσου οιοδήποτε είδους. Για τη μεταφορά του ψυκτικού μέσου από τη χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση συμπυκνώσεως γίνεται χρήση του φαινομένου της απορροφήσεως.

Λόγω της απορροφήσεως αυτής του ατμοποιηθέντος ψυκτικού μέσου υπό του μέσου απορροφήσεως έχουμε στη χαμηλή πίεση υγρό διάλυμα και όχι ατμό, το οποίο πρέπει να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε με τη βοήθεια μηχανικής αντλίας είτε δια χρήσεως κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας.

Στη δεύτερη περίπτωση, που εφαρμόζεται στις ψυκτικές διατάξεις δι' απορροφήσεως με αδρανές αέριο, δεν απαιτείται ουδεμία μηχανική ενέργεια. Αυτό εκτός των άλλων συνεπάγεται την πλήρη έλλειψη κινούμενων μελών στις διατάξεις αυτές, που τις καθιστά τελείως αθόρυβες κατά την λειτουργία τους.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μηχανική αντλία στις διατάξεις δι' απορροφήσεως η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια είναι μηδαμινή σε σύγκριση προς την αντίστοιχη των ψυκτικών εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπιεστή ατμού.

Χαρακτηριστικό λοιπόν γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων δι' απορροφήσεως είναι ότι απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια και ότι παράγουν την ψυκτική ισχύ μόνο δια χρήσεως θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια απαιτείται για τον εκ

νέου διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσω απορροφήσεως στην υψηλή πίεση όπου ευρίσκονται. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη.

Η πρόσδοση θερμότητας που απαιτείται για την συντήρηση του κύκλου μπορεί να αποδοθεί από υπέρθερμο νερό 105-180°C, από κεκορεσμένο ατμό 0,5-10 bar ή από ζεστό νερό θερμοκρασίας 85-90°C για μικρές ψυκτικές ισχύεις. Ωστόσο η προσδιδόμενη θερμότητα στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης μπορεί να παρέχεται άμεσα από τη φλόγα ενός ενσωματωμένου στο σύστημα καυστήρα αερίου (direct flame absorption systems). Εναλλακτικά, το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή του ζεστού ή υπέρθερμου νερού καθώς και του κεκορεσμένου ατμού χαμηλής και μέσης πίεσης, ανάλογα βέβαια με την εφαρμογή.

Στην περίπτωση που η θερμότητα προέρχεται άμεσα από καύση, η θερμοκρασία διαθέσεως της θερμότητας είναι αρκετά υψηλή. Όσο υψηλότερη θερμοκρασία έχει η θερμότητα που προδίδεται για την λειτουργία της ψυκτικής διατάξεως δι' απορροφήσεως, τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης δύναται να επιτευχθεί.

Με διατάξεις αμμωνίας-νερού μπορεί να επιτευχθούν θερμοκρασίες παραγωγής ψυκτικής ισχύος μέχρι και -70°C με μονοβάθμια εγκατάσταση. Τη θερμοκρασία αυτή καμία μονοβάθμια διάταξη συμπίεσεως ατμού δε μπορεί να πλησιάσει, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου λόγου συμπίεσεως που απαιτείται. Η πλειοψηφία των συστημάτων απορρόφησης αμμωνίας-νερού χρησιμοποιείται σε μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές, κυρίως στον κλάδο των τροφίμων, σε εφαρμογές όπου η θερμοκρασία ψύξης είναι κάτω των 0°C. Ωστόσο, ο κύκλος της αμμωνίας χρησιμοποιείται και σε μικρές μηχανές όπως ψύκτες νερού για τροφοδότηση κλιματιστικών μονάδων ψυκτικής ισχύος μέχρι και 50000 kcal/h (58 kW). Στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε άλλες χώρες, ο ψυκτικός κύκλος δια απορροφήσεως αμμωνίας-νερού χρησιμοποιείται επίσης και για ψυγεία οικιακής χρήσης αλλά και σε σκάφη ή οχήματα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η απαιτούμενη θερμότητα που προσδίδεται για να λειτουργήσει ο κύκλος παρέχεται από καυστήρα φυσικού αερίου ο οποίος τοποθετείται μέσα στο σώμα της ψυκτικής μηχανής.

Οι διατάξεις νερού-διαλύματος βρωμιούχου λιθίου έχουν περιορισμένη δυνατότητα θερμοκρασίας ατμοποίησης. Ο περιορισμός εδώ οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό, που χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο, στερεοποιείται στους 0°C. Οι διατάξεις αυτές δεν εργάζονται ποτέ σε θερμοκρασίες κάτω από τους 4°C και χρησιμοποιούνται

κυρίως σε εγκαταστάσεις κλιματισμού ή και σε αντίστοιχες εφαρμογές στη βιομηχανία, ψυκτική ικανότητα που κυμαίνεται από 30000 έως 4000000 kcal/h (35kW-4650 kW).

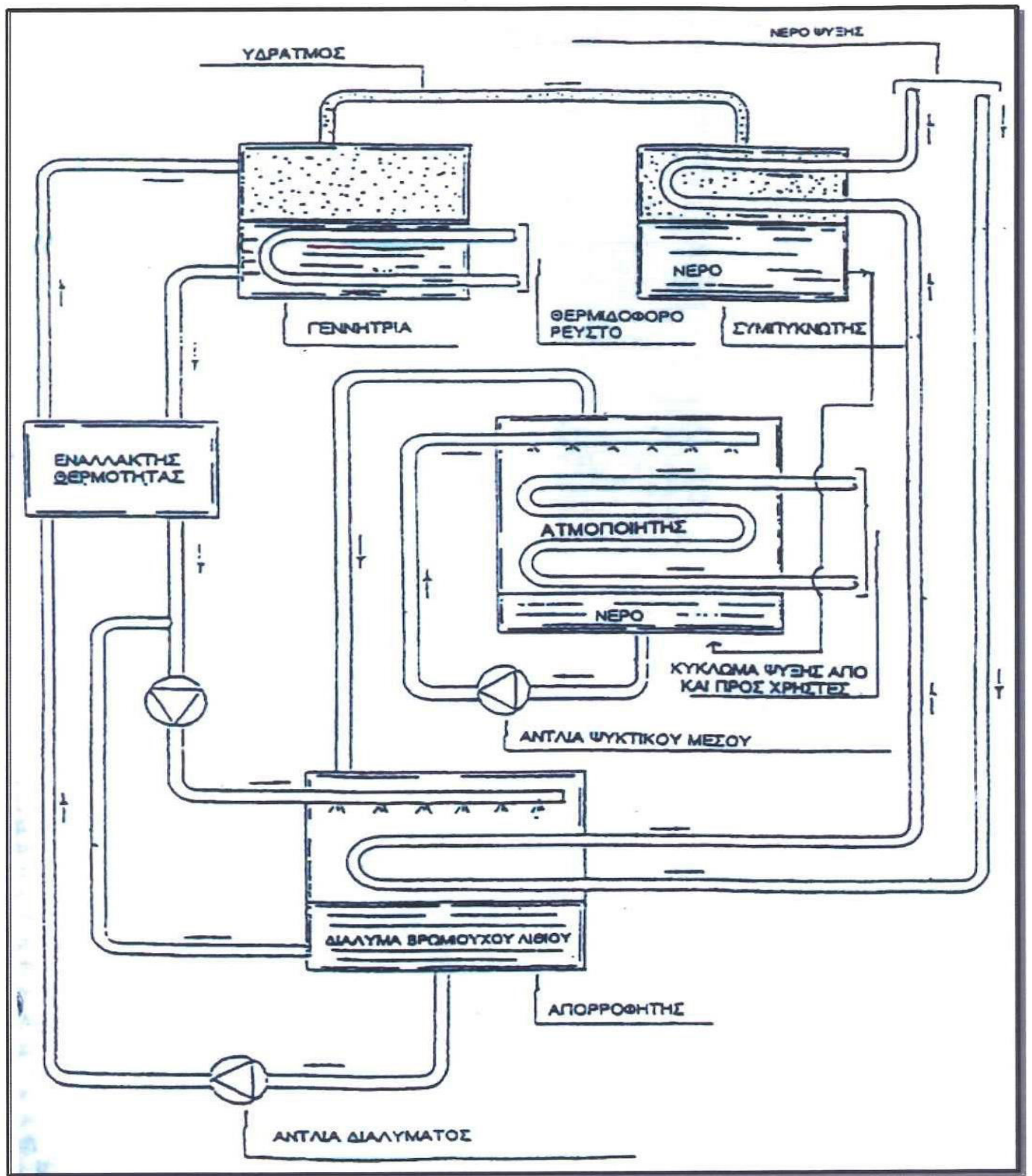
Ανάλογα με το θερμοκρασιακό επίπεδο με το οποίο προσδίδεται η θερμότητα στον ψυκτικό κύκλο διακρίνονται δύο ειδών ψυκτικές διατάξεις δι' απορροφήσεως:

- διατάξεις μονού κελύφους
- διατάξεις διπλού κελύφους

Το σύστημα απορρόφησης που απεικονίζεται στο σχήμα είναι ένα σύστημα απορρόφησης μονού κελύφους. Τα συστήματα αυτά έχουν ένα συντελεστή συμπεριφοράς (COP) που κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 0,7. Η πρόσδοση της θερμότητας στα συστήματα απορρόφησης μονού κελύφους λαμβάνει χώρα σε χαμηλό σχετικό θερμοκρασιακό επίπεδο και πραγματοποιείται είτε με ζεστό νερό ή με ατμό χαμηλής πίεσης.

Τα συστήματα απορρόφησης διπλού κελύφους αποτελούν κατ' ουσίαν τεχνολογική εξέλιξη των αντίστοιχων μονού κελύφους. Ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) τέτοιων συστημάτων κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1,2. Τα συστήματα απορρόφησης άμεσης καύσης φυσικού αερίου είναι συνήθως διπλού κελύφους. Τα συστήματα απορρόφησης διπλού κελύφους μπορούν εναλλακτικά να χρησιμοποιηθούν κεκορεσμένο ατμό πίεσης μεγαλύτερης από 3,5 bar ή υπέρθερμο νερό θερμοκρασίας τουλάχιστον 160°C για τη πρόσδοση της θερμότητας στον ψυκτικό κύκλο.

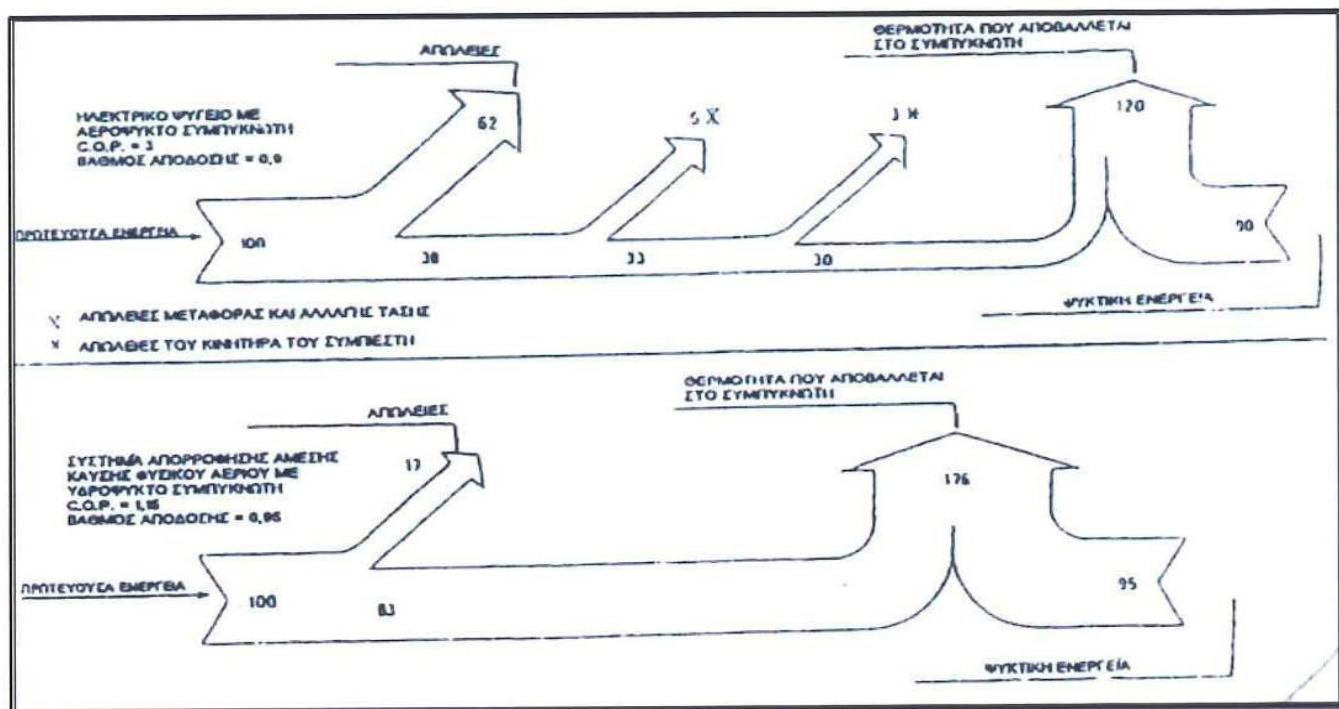
Η διαφορά της δομής ενός συστήματος απορρόφησης διπλού κελύφους από την αντίστοιχη δομή ενός συστήματος απορρόφησης μονού κελύφους έγκειται στην ύπαρξη μιας επιπλέον γεννήτριας υψηλής πίεσης και ενός επιπλέον εναλλάκτη θερμότητας του ψυκτικού μέσου. Ένα σύστημα απορρόφησης διπλού κελύφους βρωμιούχου λιθίου απεικονίζεται στο σχήμα 13.



Εικόνα 13: Κύκλος απορρόφησης με χρήση υδατικού διαλύματος βρωμιούχου λιθίου

Ενεργειακή σύγκριση ενεργειακών συστημάτων

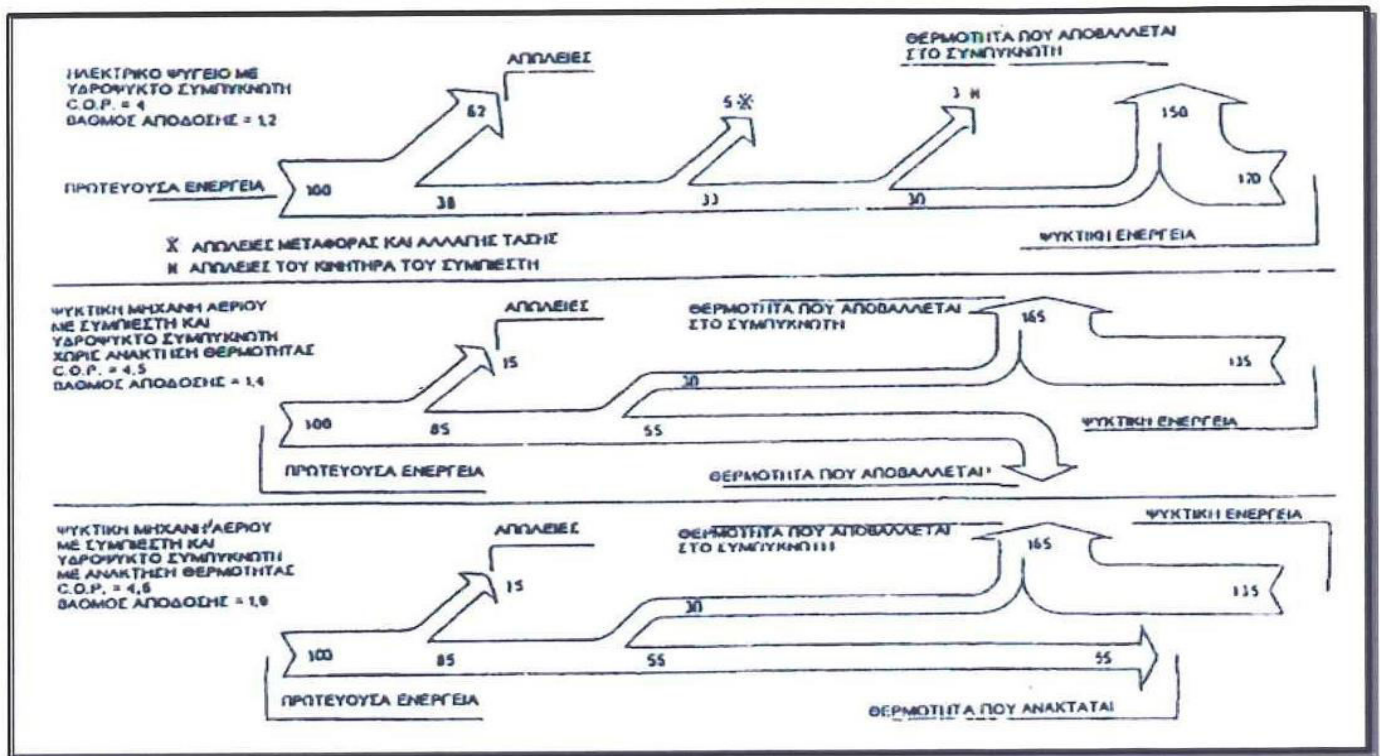
Στην εικόνα 14 απεικονίζεται ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) καθώς και ο βαθμός απόδοσης ενός ηλεκτρικού ψυκτικού συστήματος με αερόψυκτο συμπυκνωτή και ενός συστήματος απορρόφησης άμεσης καύσης φυσικού αερίου με υδρόψυκτο συμπυκνωτή. Διευκρινίζεται ότι ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως ο λόγος της ψυκτικής απόδοσης προς την απαιτούμενη πρωτογενή ενέργεια.



Εικόνα 14: Βαθμοί απόδοσης ηλεκτρικού ψυγείου με αερόψυκτο συμπυκνωτή και ψυκτικής μηχανής απορρόφησης που λειτουργεί με αέριο και φέρει υδρόψυκτο συμπυκνωτή

Αντίστοιχα στην εικόνα 15 παρουσιάζονται συγκριτικά ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) και ο βαθμός απόδοσης τριών ψυκτικών συστημάτων:

- ενός ηλεκτρικού ψυκτικού συστήματος με υδρόψυκτο συμπυκνωτή
- ενός ψυκτικού συστήματος με συμπιεστή που κινείται από θερμική μηχανή καύσης φυσικού αερίου, με υδρόψυκτο συμπυκνωτή και χωρίς ανακομιστή θερμότητας (ανάκτηση θερμότητας από τα αέρια καύσης της θερμικής μηχανής που κινεί το συμπιεστή) και ενός ψυκτικού συστήματος με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά του τελευταίου αλλά με ανάκτηση θερμότητας από τα αέρια καύσης της θερμικής μηχανής που κινεί το συμπιεστή.



Εικόνα 15: Βαθμοί απόδοσης ηλεκτρικού ψυγείου με υδρόψυκτο συμπυκνωτή, και μηχανών αερίου με συμπιεστή και υδρόψυκτο συμπυκνωτή με ή χωρίς ανάκτηση θερμότητας

Όπως προκύπτει από τις εικόνες 14 και 15, η χρήση των ψυκτικών συστημάτων καύσης αερίου σε εφαρμογές όπου είναι τεχνικά δυνατή, φαίνεται να πλεονεκτεί των αντίστοιχων ηλεκτρικών σε θέματα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

5.2 Μεταφορά και διανομή ψυχρού νερού

5.2.1 Δίκτυα σωληνώσεων

Τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ψυχρού και ζεστού νερού τ/θ και τ/ψ διακρίνονται:

Ανάλογα με την δυνατότητα επεκτασιμότητας τους σε :

α) κλειστά δίκτυα (δίκτυα σε νοσοκομεία, αεροδρόμια κλπ) χωρίς την δυνατότητα επέκτασης και

β) σε ανοιχτά δίκτυα όπως είναι τα δίκτυα εντός των πόλεων όπου ανάλογα με τις ανάγκες είναι δυνατή η επέκταση των δικτύων.

Ανάλογα με την δυνατότητα τροφοδοσίας τους σε :

α) ακτινωτά όπου ο κάθε καταναλωτής τροφοδοτείται μόνον από μία πηγή και

β) τύπου βρόγχου όπου ο κάθε καταναλωτής έχει την δυνατότητα να τροφοδοτείται από περισσότερες από μία πηγές.

Ανάλογα με τις σωληνώσεις για ψύξη και για θέρμανση σε

α) δισωλήνια όπου το ίδιο το δίκτυο δύο σωληνώσεων προσαγωγής και επιστροφής χρησιμοποιείται εναλλακτικά είτε για ψύξη είτε για θέρμανση,

β) τρισωλήνια δίκτυα όπου υπάρχει ξεχωριστός αγωγός προσαγωγής για το ψυχρό και το θερμό και κοινός αγωγός επιστροφής και

γ) τετρασωλήνιο δίκτυο όπου υπάρχουν δύο ξεχωριστά δισωλήνια δίκτυα για την ψύξη και την θέρμανση.

Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης σε :

α) υπόγεια απ' ευθείας στο έδαφος με προμονωμένους αγωγούς,

β) υπόγεια μέσα σε επισκέψιμες ή μη σήραγγες ,

γ) υπέργεια πάνω σε κατάλληλες στηρίξεις.

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής των αγωγών κυρίως σε :

α)χαλυβδοσωλήνες

β)πλαστικούς (PEX κλπ)

5.2.2 Μονώσεις Δικτύων

Τα δίκτυα των αγωγών τηλεψύξης μονώνονται για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος αφορά την αποφυγή μετάδοσης θερμότητας από το θερμό περιβάλλον προς το ψυχρό νερό και ο δεύτερος την αποφυγή της εξωτερικής διάβρωσης σε χαλύβδινα δίκτυα λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών επάνω στις επιφάνειες.

Σε ορισμένες βόρειες κυρίως χώρες υπάρχουν υπόγεια δίκτυα τ/ψ τα οποία δεν είναι μονωμένα λόγω μικρής θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του ρευστού μεταφοράς και του εδάφους. Ωστόσο αυτό δεν ισχύει σε περιπτώσεις όπως η χώρα μας. Είναι απαραίτητο λοιπόν ιδιαίτερα στους αγωγούς προσαγωγής η μόνωση τους ιδιαίτερα στα χαλύβδινα δίκτυα. Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο οι υφιστάμενοι αγωγοί του δικτύου της τ/θ Κοζάνης είναι προμονωμένοι και έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Πληρούν τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές περί προμονωμένων αγωγών δικτύων τηλεθέρμανσης EN253, EN489.

Οι προμονωμένοι αγωγοί του δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας αποτελούνται από τον εσωτερικό χαλύβδινο σωλήνα, από τη μόνωση και από τον εξωτερικό προστατευτικό σωλήνα.

Τα υλικά αποτελούν ένα σώμα (bonded system) με ελάχιστη αντοχή σε δύναμη διάτμησης μεταξύ του αγωγού και της μόνωσης $0.2 \text{ N/mm} \times du/di$. Όπου du : η εξωτερική διάμετρος του χαλύβδινου αγωγού και di : η εξωτερική διάμετρος του περιβλήματος.

Οι διαστάσεις των εσωτερικών χαλύβδινων αγωγών και το πάχος της μόνωσης (διάμετρος περιβλήματος) δίνονται στον παρακάτω πίνακα 10 (κατά ISO4200/DIN 2458).

Πίνακας 12: Διαστάσεις προμονωμένων αγωγών δικτύων διανομής θερμού νερού

| Ονομαστική διάμετρος (mm) | Εξωτερική διάμετρος χαλυβδο- σωλήνα (mm) | Πάχος τοιχώματος χαλυβδο- σωλήνα (mm) | Εξ. Διάμετρος περιβλήματος πολυαιθυ- λανίου (mm) | Ελάχιστο πάχος πολυαιθυ- λενίου (mm) |
|---------------------------------|--|---|---|--|
| 25 | 33,7 | 2,6 | 90 | 2,2 |
| 32 | 42,4 | 2,6 | 110 | 2,5 |
| 40 | 48,3 | 2,6 | 110 | 2,5 |
| 50 | 60,3 | 2,9 | 125 | 2,5 |
| 65 | 76,1 | 2,9 | 140 | 3,0 |
| 80 | 88,9 | 3,2 | 160 | 3,0 |
| 100 | 114,3 | 3,6 | 200 | 3,2 |
| 125 | 139,7 | 3,6 | 225 | 3,5 |
| 150 | 168,3 | 4,0 | 250 | 3,9 |
| 200 | 219,1 | 4,5 | 315 | 4,9 |
| 250 | 273,0 | 5,0 | 400 | 6,3 |
| 300 | 323,9 | 5,6 | 450 | 7,0 |
| 350 | 355,6 | 5,6 | 500 | 7,8 |
| 400 | 406,4 | 5,6 | 560 | 8,1 |

Είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα κατηγορίας St-37.2/DIN17100 με ραφή κατά μήκος ή ελικοειδή, σύμφωνα και με το DIN1626/3 και συντελεστή συγκόλλησης V=0,9.

Ο προστατευτικός σωλήνας (περίβλημα) των αγωγών είναι κατασκευασμένος από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) πυκνότητας τουλάχιστον 942 kg/m(ISO1183/DIN8074/75),στο οποίο έχουν προστεθεί τα απαραίτητα αντιοξειδωτικά και σταθεροποιητικά υλικά (seamless extruded) και θα υποβληθεί σε κατεργασία Corona.

Η ελάχιστη επιμήκυνση κατά την θραύση είναι 350%, το όριο ροής τουλάχιστον 19N/mm (ISO/DIN6259/1.2) και η δύναμη παραμόρφωσης 20 MPa. Τα πάχη για τις αντίστοιχες διαμέτρους σύμφωνα με το πρότυπο EN253.

Η θερμική μόνωση που τοποθετείται μεταξύ του εσωτερικού χαλύβδινου αγωγού και του περιβλήματος αποτελείται από στερεό αφρό πολυουρεθάνης (PURE) με τουλάχιστον 88% κλειστές κυψέλες (ISO4590-method 1), ελάχιστης πυκνότητας πυρήνα 60 kg/m (ISO845) και μέσης συνολικής πυκνότητας 80 kg/m, με αντοχή σε συμπίεση τουλάχιστον 300kpa.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης δεν ξεπερνά τα 0.027W/m.k στους 50C (ISO8457). Σε περίπτωση που η διόγκωση της μόνωσης πραγματοποιείται με μη επιβλαβή στο περιβάλλον μέθοδο (χρήση CO₂ αντί φθοροχλωροπαραγωγών), η αγωγιμότητα δεν ξεπερνά τα 0.031W/m.K στους 50°C.

Η απορρόφηση νερού σε εμβάπτιση είναι μικρότερη του 5% κατόγκον σε διάστημα ενός μήνα. Είναι μέγιστης θερμοκρασίας λειτουργίας 130°C.

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω τεχνικές προδιαγραφές των εγκατεστημένων αγωγών τηλεθέρμανσης, αυτές καλύπτουν και τις προδιαγραφές των αγωγών για τηλεψύξη.

5.2.3 Συνδέσεις καταναλωτών

Οι συνδέσεις των καταναλωτών στο δίκτυο της τηλεψύξης γίνονται μέσω υποσταθμών με δύο διαφορετικά συστήματα: με το άμεσο σύστημα και με το έμμεσο σύστημα. Η βασική διαφορά τους είναι η ύπαρξη στο έμμεσο σύστημα υδραυλικού διαχωρισμού με την παρεμβολή εναλλάκτη θερμότητας, μεταξύ του δικτύου του καταναλωτή και του δικτύου διανομής.

Κύρια πλεονεκτήματα του άμεσου συστήματος είναι το χαμηλό κόστος του υποσταθμού και η εκμετάλλευση της μέγιστης διαφοράς θερμοκρασίας του δικτύου

διανομής. Βασικά μειονεκτήματα του συστήματος είναι ο έλεγχος των αυξομειώσεων των πιέσεων και των παροχών στους καταναλωτές και το αυξημένο κόστος της χημικής κατεργασίας του νερού.

Στο έμμεσο σύστημα –που έχει και η Κοζάνη– λόγω του υδραυλικού διαχωρισμού δεν υπάρχουν προβλήματα ρύθμισης παροχών και πιέσεων και χημικής κατεργασίας του νερού του δικτύου διανομής. Από την άλλη υπάρχει μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης λόγω εναλλάκτη θερμότητας.

Εγκαταστάσεις τηλεψύξης συναντάμε σήμερα σε πολλές χώρες με διαφορετικά συστήματα λειτουργίας. Ιδιαίτερα ανεπτυγμένη η τ/ψ είναι στην Σουηδία, Γαλλία, Γερμανία, Η.Π.Α. και Ιαπωνία. Τριπαραγωγή με ψύκτες απορρόφησης συναντάμε στις Η.Π.Α., Ιαπωνία και Γερμανία.

5.3 Εκτίμηση ψυκτικών φορτίων

5.3.1 Ψυκτικό φορτίο

Ψυκτικό φορτίο είναι το φορτίο που πρέπει να αποδοθεί στο χώρο από την εγκατάσταση κλιματισμού. Το μέγεθος του ψυκτικού φορτίου πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να επιτυγχάνονται οι εσωτερικές συνθήκες του αέρα του χώρου που έχουν ήδη προδιαγραφεί. Αυτές οι εσωτερικές συνθήκες του αέρα του χώρου, έτσι παραδείγματος χάρη υπάρχουν διαφορές στα κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, κατοικίες κ.λ.π., ως προς την απαιτούμενη κατάσταση του αέρα.

Το ψυκτικό φορτίο εξαρτάται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Την τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο, κλιματολογικές συνθήκες, περιβάλλον.
- Τον προσανατολισμό του κτιρίου.
- Την ύπαρξη μηχανισμών ηλιακής προστασίας, φαινόμενα σκίασης από γειτονικές κατασκευές.
- Τις διαστάσεις του χώρου :μήκος ,ύψος πλάτος.
- Τα είδη και τον συνδυασμό των δομικών στοιχείων της κατασκευής του κτιρίου.
- Την αποθήκευση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία του χώρου.
- Τα άτομα: ο αριθμός, ο χρόνος παραμονής, η φύση δραστηριότητας.
- Τον φωτισμό: η ισχύς, το είδος φωτιστικών.
- Τους κινητήρες, τις οικιακές και ηλεκτρονικές συσκευές: θέση, ισχύς, χρήση.
- Τον αερισμό.

5.3.2 Εξωτερικά και εσωτερικά φορτία

Πρακτικά το ψυκτικό φορτίο υπολογίζεται από τις επιμέρους πηγές θερμότητας, οι οποίες μπορούν να χωριστούν σε εξωτερικά και εσωτερικά φορτία.

Εξωτερικά φορτία

Τα εξωτερικά φορτία συνίστανται σε:

- Θερμότητα μεταφερόμενη δια μέσου των εξωτερικών τοιχωμάτων. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία επί των τοίχων και της οροφής σε συνδυασμό με την εξωτερική υψηλή θερμοκρασία προκαλεί αυτή τη ροή θερμότητας μέσα στο χώρο.
- Θερμότητα μεταφερόμενη δια μέσου των εσωτερικών τοιχωμάτων. Η διαφορά θερμοκρασίας με γειτονικούς χώρους που δεν κλιματίζονται προκαλεί ροή θερμότητας.
- Θερμοπερατότητα μέσω παραθύρων.
- Θερμότητα που εισέρχεται με τον αέρα αερισμού του χώρου. Η θερμότητα αυτή προκαλεί ένα πρόσθετο φορτίο ψύξης που πρέπει να απομακρυνθεί.

Εσωτερικά φορτία

Τα εσωτερικά φορτία συνίστανται σε:

- Αποδιδόμενη θερμότητα από τους ανθρώπους. Το ανθρώπινο σώμα με τον μεταβολισμό του παράγει θερμότητα και την απελευθερώνει με ακτινοβολία, επαφή-μεταφορά, εξάτμιση και με την αναπνοή. Το ποσό της παραγόμενης και απελευθερούμενης θερμότητας εξαρτάται από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και την στάθμη ενεργητικότητας των ατόμων.
- Αποδιδόμενη θερμότητα από ηλεκτροκινητήρες. Κάθε ηλεκτροκινητήρας κατά την διάρκεια της λειτουργίας που αποδίδει θερμότητα στον χώρο.

- Αποδιδόμενη θερμότητα από φωτισμό. Τα φώτα μετατρέπουν την φωτιστική ισχύ σε φως και θερμότητα. Μέρος της θερμότητας ακτινοβολείται και μερικώς αποθηκεύεται.
- Αποδιδόμενη θερμότητα από διάφορες συσκευές. Ανάλογα με την χρήση του κλιματιζόμενου χώρου υπάρχουν και συσκευές που απελευθερώνουν θερμότητα στο χώρο.

5.3.3 Εσωτερικές συνθήκες άνεσης-ευεξία

Η θερμική ευεξία του ατόμου εξαρτάται από την εναλλαγή θερμότητας του σώματος του με το περιβάλλον και από την δραστηριότητα του. Η εναλλαγή αυτή της θερμότητας είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος, η κίνηση του αέρα, η ακτινοβολία του χώρου, η κατακόρυφη διαφορά θερμοκρασίας στο χώρο, η δραστηριότητα του ατόμου, επιτυγχάνονται αποδεκτές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή οι λεγόμενες συνθήκες άνεσης ή ευεξίας.

Οι σχέσεις οι οποίες περιγράφουν αυτούς τους παράγοντες είναι πολύπλοκες. Επομένως δεν μπορούν να καθοριστούν αυστηρά οριακές τιμές των παραγόντων αυτών ως προς την επίτευξη ενός περιβάλλοντος ευεξίας. Παρ' όλα αυτά όμως μπορούν να αναφερθούν μέσες τιμές της κατάστασης του αέρα στις οποίες ο άνθρωπος αισθάνεται πιο ευχάριστα. Η κατάσταση αυτή του αέρα καθορίζεται από τα εξής μεγέθη:

- Τη θερμοκρασία του αέρα.
- Τη θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν τον άνθρωπο.
- Την υγρασία του αέρα.
- Την κίνηση του αέρα.

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων χρησιμοποιούνται δύο από τα παραπάνω μεγέθη: η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα. Τα δύο αυτά μεγέθη αποτελούν τις «εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού».

Ο καθορισμός των συνθηκών αυτών γίνεται με τα ζεύγη τιμών:

- Θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου-σχετικής υγρασίας
- Θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου-θερμοκρασίας υγρού θερμομέτρου.

Στον πίνακα 13 παρακάτω, ο οποίος περιέχεται στην τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, δίνονται συνιστώμενες τιμές για τις συνθήκες σχεδιασμού το καλοκαίρι σε διάφορα είδη χώρων.

Για γενικές εφαρμογές κλιματισμού μπορεί να λαμβάνεται θερμοκρασία σχεδιασμού ξηρού θερμομέτρου 26.Κριτήριο για την εκλογή της σχετικής υγρασίας είναι η όσο το δυνατό μικρότερη κατανάλωση ενέργειας με σύγχρονη όμως πλήρωση των συνθηκών ευεξίας στον κλιματιζόμενο χώρο.

Πίνακας 13 : Συνιστώμενες τιμές σχεδιασμού το καλοκαίρι (ΤΟΤΕΕ, 1986)

| ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C | ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ % |
|------------------------------------|----------------|-------------------|
| Κατοικίες | 25-26 | 40-50 |
| Κτίρια γραφείων | 25-26 | 40-50 |
| Βιβλιοθήκες Μουσεία | 22 | 40-55 |
| Εστιατόρια και κέντρα διασκεδάσεως | 23-26 | 50-60 |
| Εκπαιδευτικά κτίρια | 26 | 45-50 |
| Νοσοκομεία | 24 | 45-50 |
| α)Αίθουσες | 20-24 | 50-60 |
| β)Χειρουργεία | 24 | 50-60 |
| γ) Αναρρωτήρια | | |

Το καλοκαίρι όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλή η θερμοκρασία του χώρου πρέπει να εκλέγεται τόσο υψηλότερη όσο μικρότερο είναι το πιθανό διάστημα παραμονής ενός ατόμου στο χώρο. Για παραμονή μίας ή δύο ωρών συνίσταται η θερμοκρασία του χώρου που κλιματίζεται να διατηρείται κοντά στο μέσο όρο που προκύπτει από την εξωτερική θερμοκρασία και την θερμοκρασία των 20.

5.3.4 Εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος

Οι εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας ανέμων κ.λ.π. μεταβάλλονται περιοδικά τόσο σε 24ωρη όσο και σε ετήσια βάση.

Κατά τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο καθορισμός των εξωτερικών συνθηκών του περιβάλλοντος. Λόγω της μεταβολής των συνθηκών που αναφέραμε, ο καθορισμός τους είναι δύσκολος.

Στον ελλαδικό χώρο τα απαραίτητα στοιχεία που αναφέρονται στις εξωτερικές συνθήκες σχεδιασμού το καλοκαίρι βρίσκονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86. Από τους σχετικούς πίνακες αυτής της τεχνικής οδηγίας πήραμε τα δεδομένα για την πόλη της Κοζάνης (γεωγραφικό πλάτος 40 30). Για τον μήνα Αύγουστο ο οποίος θεωρείται ως ο θερμότερος μήνας, έχουμε μέση ελάχιστη θερμοκρασία 14.1, μέση μέγιστη 29, άρα ημερήσια διακύμανση 14.9. Η θερμοκρασία για τις συνθήκες σχεδιασμού 1% είναι 33.5.

5.3.5 Επιλογή περιοχής τηλεψύξης

Προκειμένου να προχωρήσουμε στην εκτίμηση των ψυκτικών φορτίων απαραίτητο είναι να επιλεγεί καταρχήν η περιοχή στην οποία θα αναπτυχθεί η τηλεψύξη. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού από αυτή θα εξαρτηθεί τόσο η τεχνική λύση όσο και η οικονομικότητα της επένδυσης.

Θεωρούμε αυτονόητο ότι σε πρώτη φάση θα πρέπει η ανάπτυξη της τ/ψ να γίνει σε περιοχές με ικανοποιητική συγκέντρωση ψυκτικού φορτίου και δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων κλιματισμού. Τέτοιες περιοχές είναι όπου έχουμε εμπορικές χρήσεις (καταστήματα, τράπεζες κλπ), δημόσιες και δημοτικές υπηρεσίες κλπ. Σε περιοχές με αμιγείς χρήσεις κατοικίας θεωρούμε ότι παρόλη την ανάπτυξη του επιπέδου ποιότητας της ζωής εντούτοις δεν είναι ανεπτυγμένη όσο οι εμπορικές εφαρμογές.

5.4 Εκτίμηση περιβαλλοντικών και ενεργειακών ωφελειών

Η τριπαραγωγή (όπως και η συμπαραγωγή) σε συνδυασμό με τηλεψύξη έχει σαφή περιβαλλοντικά οφέλη έναντι των ηλεκτρικά οδηγούμενων μηχανών παραγωγής ψύξης δεδομένου ότι στην τελευταία περίπτωση η υψηλής ποιότητας ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε εγκαταστάσεις με έναν βαθμό απόδοσης περίπου 30%, ενώ στην περίπτωση της τριπαραγωγής ο συνολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης φθάνει το 70-85% (ADENE, et al., 2003). Η επιτυχημένη εγκατάσταση τριπαραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου περίπου 25% συγκρινόμενη με την συμβατική ηλεκτροπαραγωγή (ADENE, et al., 2003). Αναλογικά λοιπόν στην τριπαραγωγή υπάρχει μείωση στις εκπομπές αέριων ρύπων και στην ρύπανση της ατμόσφαιρας. Επισημαίνουμε στο σημείο αυτό στη συγκεκριμένη περίπτωση η χρήση μονοβάθμιων ψυκτών απορρόφησης, οι οποίοι έχουν χαμηλό βαθμό απόδοσης ($COP=0,7$), μειώνει τον συνολικό βαθμό απόδοσης, σε αντίθεση με τους διβάθμιους που έχουν $COP=1,2$. Στην περίπτωση της τ/θ Κοζάνης που η θερμοκρασία του νερού δεν ξεπερνά τους $120^{\circ}C$, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν διβάθμιοι διότι απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από $170^{\circ}C$.

Επίσης είναι σημαντικό ότι η αντικατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας από τη τριπαραγωγή οδηγεί σε μείωση των ηλεκτρικών φορτίων αιχμής κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αυξάνοντας την αξιοπιστία του και την ασφάλεια τροφοδοσίας του ενεργειακού συστήματος. Σημειώνουμε ότι τα τελευταία χρόνια η ετήσια αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας έχει μεταφερθεί από τον χειμώνα στους μήνες του καλοκαιριού λόγω των αυξημένων αναγκών σε κλιματισμό των χώρων εργασίας και κατοικίας.

Αναμένεται τα επόμενα χρόνια να λειτουργήσουν νέες εγκαταστάσεις παραγωγής θερμού νερού στον Α Η Σ Αγ. Δημητρίου οι οποίες θα λειτουργούν με ψύξη της απορριπτόμενης θερμοκρασίας των καυσαερίων και όχι με απομάστευση ατμού από τους στροβίλους της μονάδας. Αυτό σημαίνει αύξηση του ενεργειακού βαθμού απόδοσης του σταθμού και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Κεφάλαιο 6: Οικονομικά Στοιχεία Τριπαραγωγής CHCP

Πριν ξεκινήσει μία επένδυση γίνεται μία οικονομική μελέτη. Η τριπαραγωγή ανταγωνίζεται άλλων μεθόδων ψύξης και ως εκ τούτου γίνεται ένας υπολογισμός για να φανεί αν η τριπαραγωγή είναι μια επικερδής επιλογή. Επιπλέον, η τριπαραγωγή είναι μία επένδυση με διάρκεια ζωής εξοπλισμού, στις περισσότερες περιπτώσεις, και ανταγωνίζεται των κλιματιστικών που είναι απλούστερα στην εγκατάσταση. Για την οικονομική μελέτη του συστήματος τριπαραγωγής χρησιμοποιείται το κόστος της επένδυσης, το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησης. Χρησιμοποιείται η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Αν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική τότε υπάρχει δυνατότητα η επένδυση να παρουσιάζει ενδιαφέρον.

Η ΚΠΑ δίδεται από τον τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum (F / (1+i)^t) - INV$$

Όπου F είναι οι χρηματοροές, i το κόστος κεφαλαίου, t ο χρόνος και INV η επένδυση.

Παρακάτω παρατίθεται μια τέτοια σύγκριση, από τη μια στη συμπαραγωγή η θέρμανση γίνεται μέσω τηλεθέρμανσης με τη χρήση από την πλευρά του καταναλωτή θερμαντικών σωμάτων, ενώ η ψύξη γίνεται με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από κλιματιστικά. Κατά την τριπαραγωγή η θέρμανση και η ψύξη πραγματοποιούνται μέσω fan-coils. Στον Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου θα χρειαστεί να γίνει προμήθεια και εγκατάσταση μιας μονοβάθμιας ψυκτικής διάταξης απορρόφησης στην περίπτωση που προκριθεί το σενάριο της τριπαραγωγής.

Για τον υπολογισμό των ετήσιων χρηματοροών απαιτείται να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα:

- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης:

- των απαιτούμενων θερμαντικών σωμάτων και κλιματιστικών για την περίπτωση της συμπαραγωγής και

- της μονοβάθμιας ψυκτικής διάταξης απορρόφησης και των απαιτούμενων fan-coils για την περίπτωση της τριπαραγωγής.

- Το λειτουργικό κόστος για την περίπτωση της συμπαραγωγής και της τριπαραγωγής.
- Το κόστος συντήρησης των κλιματιστικών για την περίπτωση της συμπαραγωγής ως και της διάταξης απορρόφησης και των fan-coils για την τριπαραγωγή.

6.1 Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης

Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης της μονοβάθμιας ψυκτικής διάταξης απορρόφησης στην περίπτωση της τριπαραγωγής δίδεται στον πίνακα 16. Η διάταξη απορρόφησης επιλέγεται με δυναμικότητα 10000 kW [Polyzakis A.L., "Technoeconomic Evaluation of Trigeneration Plant: Gas Turbine Performance absorption cooling and district heating", 2006]. Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θα είναι επομένως ίσο με $10.000 \text{ kW} \cdot 55 \text{ €/kW} = \text{€}550.000$.

Πίνακας 16: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης για μονοβάθμια ψυκτική διάταξη απορρόφησης.

| Δυναμικότητα (kW _c) | 500 | 1.000 | 1.800 | 3.500 | 5.000 | 10.000 |
|--|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | Κόστος (€/kW_c) | | | | | |
| Μονοβάθμια ψυκτική διάταξη απορρόφησης | 185 | 120 | 100 | 85 | 80 | 55 |

Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των απαιτούμενων θερμαντικών σωμάτων και κλιματιστικών για την περίπτωση της συμπαραγωγής και των απαιτούμενων fan-coils για την περίπτωση της τριπαραγωγής υπολογίζεται θεωρώντας αρχικά ότι το 70% της δυναμικότητας θα χρησιμοποιηθεί για οικιακή χρήση, το 20% για βιομηχανική και το 10% για εμπορική. Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στην Κοζάνη παρουσιάζεται στον πίνακα 17 [Πετρίδης Ν., "Σύστημα

Τηλεθέρμανσης της πόλης της Πτολεμαΐδας – Τριπαραγωγή”, Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Πάτρας, 2006].

Πίνακας 17: Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης - ψύξης σε Κοζάνη

| | Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (MWh) | |
|--------|------------------------------------|-------|
| | Θέρμανσης | Ψύξης |
| Κοζάνη | 256.000 | 2053 |

Το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των απαιτούμενων θερμαντικών σωμάτων και κλιματιστικών για την περίπτωση της συμπαραγωγής και των απαιτούμενων fan-coils για την περίπτωση της τριπαραγωγής παρουσιάζεται στους πίνακες 18-20.

Για τον υπολογισμό των απαραίτητων θερμαντικών σωμάτων, επιμερίζεται καταρχήν η συνολική ετήσια θερμική ενέργεια που καταναλώνεται στη Κοζάνη στις τρεις διαφορετικές χρήσεις (οικιακή, βιομηχανική και εμπορική) (βλ. πίνακα 18). Για τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος σε κάθε χρήση, η καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια διαιρείται από τις ώρες λειτουργίας σε κάθε χρήση. Οι ώρες λειτουργίας για θέρμανση εκτιμώνται για οκτώ μήνες σε καθεμία από τις τρεις διαφορετικές χρήσεις. Για τη μεν βιομηχανική και εμπορική χρήση θεωρείται ότι απαιτείται λειτουργία θέρμανσης τις 22 από τις 30 ημέρες του μήνα, δηλαδή μόνο τις εργάσιμες, και για 8 ώρες κάθε ημέρα. Για την οικιακή χρήση θεωρείται ότι απαιτείται λειτουργία θέρμανσης για τις μεν 22 από τις 30 ημέρες του μήνα, δηλαδή τις εργάσιμες, για 7 ώρες κάθε ημέρα, ενώ για τις υπόλοιπες 8 ημέρες, δηλαδή τα σαββατοκύριακα, εκτιμάται ότι η θέρμανση θα λειτουργεί για 12 ώρες κάθε ημέρα. Στη συνέχεια, από καταλόγους θερμαντικών σωμάτων που κυκλοφορούν στην αγορά (<http://www.celsius.gr/active.aspx?mode=el{180ad2b7-7f64-491e-ade1-072151012fe1}View>), επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος θερμαντικού σώματος για κάθε χρήση και αναγνωρίζεται η ισχύς του κάθε σώματος σε χιλιοθερμίδες ανά ώρα, καθώς και το κόστος κάθε σώματος σε ευρώ. Ο αριθμός των απαραίτητων θερμαντικών σωμάτων για κάθε χρήση προσδιορίζεται εκφράζοντας τη συνολική θερμική ισχύ κάθε χρήσης,

όπως αυτή υπολογίστηκε νωρίτερα, διαιρώντας την από την ισχύ του κάθε σώματος. Τέλος, έχοντας προσδιορίσει τον απαραίτητο αριθμό θερμαντικών σωμάτων για κάθε χρήση, αυτό πολλαπλασιάζεται με το κόστος του σώματος, ώστε να προσδιοριστεί το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θερμαντικών σωμάτων.

Πίνακας 18: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θερμαντικών σωμάτων.

| Θερμαντικά Σώματα | Χρήση | | |
|---|-----------|-------------------|-----------|
| | Οικιακή | Βιομηχανική | Εμπορική |
| Ποσοστό απορρόφησης δυναμικότητας | 70% | 20% | 10% |
| Θερμική κατανάλωση ενέργειας επιμερισμένη (MWh) | 179.200 | 51.200 | 25.600 |
| Ώρες λειτουργίας (h) | 2.000 | 1.408 | 1.408 |
| Θερμική ισχύς (kW) | 89.600,00 | 36.363,64 | 18.181,82 |
| Ισχύς θερμ. σώματα (kcal/h) | 3703 | 2819 | 2295 |
| Ισχύς θερμ. σώματα (kW) | 4,31 | 3,28 | 2,67 |
| Απαιτούμενα θερμαντικά σώματα | 20810 | 11094 | 6814 |
| Κόστος θερμαντικού σώματος (€) | 327 | 244 | 199 |
| Ολικό κόστος (€) | | 10.867.792 | |

Για τον υπολογισμό των απαραίτητων κλιματιστικών, επιμερίζεται καταρχήν η συνολική ετήσια ψυκτική ενέργεια που καταναλώνεται στη Κοζάνη για τρεις διαφορετικές χρήσεις (οικιακή, βιομηχανική και εμπορική) (βλ. πίνακα 19). Για τον υπολογισμό της ψυκτικής ισχύος, η καταναλισκόμενη ψυκτική ενέργεια διαιρείται από τις ώρες λειτουργίας σε κάθε χρήση. Οι ώρες λειτουργίας εκτιμώνται σε τρεις μήνες σε καθεμία από τις τρεις διαφορετικές χρήσεις. Για τη μεν βιομηχανική και εμπορική χρήση θεωρείται ότι απαιτείται λειτουργία ψύξης τις 22 από τις 30 ημέρες του μήνα, δηλαδή μόνο τις εργάσιμες, και για 8 ώρες κάθε ημέρα. Για την οικιακή χρήση θεωρείται ότι απαιτείται λειτουργία ψύξης για τις μεν 22 από τις 30 ημέρες του μήνα, δηλαδή τις εργάσιμες, για 6 ώρες κάθε ημέρα, ενώ για τις υπόλοιπες 8 ημέρες, δηλαδή τα σαββατοκύριακα, εκτιμάται ότι η ψύξη θα λειτουργεί για 10 ώρες κάθε ημέρα. Στη συνέχεια, από καταλόγους κλιματιστικών που κυκλοφορούν στην αγορά (<http://www.kotsovolos.gr/site/products.jsp?catid=7473>), επιλέγεται ο κατάλληλος

τύπος κλιματιστικού για κάθε χρήση και αναγνωρίζεται η ισχύς του κάθε σώματος σε BTU ανά ώρα, καθώς και το κόστος κάθε κλιματιστικού σε ευρώ. Ο αριθμός των απαραίτητων κλιματιστικών για κάθε χρήση προσδιορίζεται εκφράζοντας τη συνολική ψυκτική ισχύ κάθε χρήσης, που υπολογίστηκε νωρίτερα διαιρώντας την ισχύ του κάθε κλιματιστικού. Τέλος, έχοντας προσδιορίσει τον απαραίτητο αριθμό κλιματιστικών για κάθε χρήση, αυτό πολλαπλασιάζεται με το μοναδιαίο κόστος κάθε κλιματιστικού, ώστε να προσδιοριστεί το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης κλιματιστικών.

Πίνακας 19:Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ψυκτικών σωμάτων.

| Κλιματιστικά για ψύξη | Χρήση | | |
|---|----------|----------------|----------|
| | Οικιακή | Βιομηχανική | Εμπορική |
| Ποσοστό απορρόφησης δυναμικότητας | 70% | 20% | 10% |
| Ψυκτική κατανάλωση ενέργειας επιμερισμένη (MWh) | 1.437,10 | 410,60 | 205,30 |
| Ώρες λειτουργίας (h) | 636 | 528 | 528 |
| Ψυκτική ισχύς (kW) | 2.259,59 | 777,65 | 388,83 |
| Ισχύς κλιματιστικού (BTU/h) | 7800 | 14.000 | 12.000 |
| Ισχύς κλιματιστικού (kW) | 2,27 | 4,07 | 3,49 |
| Απαιτούμενα μηχανήματα κλιματισμού | 997 | 192 | 112 |
| Κόστος κλιματιστικού (€) | 245 | 599 | 389 |
| Ολικό κόστος (€) | | 402.841 | |

Για τον υπολογισμό των απαραίτητων fan-coil, επιμερίζεται καταρχήν η ετήσια θερμική και ψυκτική ενέργεια που καταναλώνεται στη Κοζάνη στις τρεις διαφορετικές χρήσεις (οικιακή, βιομηχανική και εμπορική) (βλ. πίνακα 20). Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος σε κάθε χρήση, η καταναλισκόμενη συνολική ενέργεια διαιρείται από τις ώρες λειτουργίας. Μέχρι στιγμής, όλοι οι υπολογισμοί είναι ίδιοι με τις περιπτώσεις των θερμαντικών σωμάτων και των κλιματιστικών. Στη συνέχεια, από καταλόγους fan-coil που κυκλοφορούν στην αγορά (http://www.celsius.gr/active.aspx?mode=el%7B617ddf20-8251-4be2-bb76-ba20657_2f645%7DView) επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος fan-coil για κάθε χρήση και αναγνωρίζεται η θερμική και ψυκτική ισχύς του κάθε σώματος σε KW, καθώς και το κόστος κάθε fan-coil σε ευρώ. Ο

αριθμός των απαραίτητων fan-coil για κάθε χρήση προσδιορίζεται από το μεγαλύτερο αριθμό θερμικών ή ψυκτικών σωμάτων. Τέλος, έχοντας προσδιορίσει τον απαραίτητο αριθμό fan-coil για κάθε χρήση, αυτό πολλαπλασιάζεται με το μοναδιαίο κόστος κάθε fan-coil, ώστε να προσδιοριστεί το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης fan-coil.

Πίνακας 20: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης σωμάτων fan-coils.

| Fan-coils | Χρήση | | |
|---|-----------|------------------|-----------|
| | Οικιακή | Βιομηχανική | Εμπορική |
| Ποσοστό απορρόφησης δυναμικότητας | 70% | 20% | 10% |
| Θερμική κατανάλωση ενέργειας επιμερισμένη (MWh) | 179.200 | 51.200 | 25.600 |
| Ώρες λειτουργίας για θέρμανση (h) | 2.000 | 1.408 | 1.408 |
| Θερμική ισχύς (kW) | 89.600,00 | 36.363,64 | 18.181,82 |
| Θερμική ισχύς μονάδας (kW) | 4,81 | 10,56 | 9,02 |
| Ψυκτική κατανάλωση ενέργειας επιμερισμένη (MWh) | 1437,10 | 410,60 | 205,30 |
| Ώρες λειτουργίας για ψύξη (h) | 636 | 528 | 528 |
| Ψυκτική ισχύς (kW) | 2259,59 | 777,65 | 388,83 |
| Ψυκτική ισχύς μονάδας (KW) | 2,07 | 4.35 | 4.05 |
| Απαιτούμενα μηχανήματα | 19720 | 3.623 | 2.112 |
| Κόστος fan-coil (€) | 250 | 254 | 201 |
| Ολικό κόστος (€) | | 6.274.754 | |

Συνοψίζοντας, το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης για κάθε σενάριο παρουσιάζεται στον πίνακα 21.

Πίνακας 21: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης κάθε σεναρίου.

| Εξοπλισμός | Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης (σε €) |
|--|---|
| Συμπαραγωγή | 11.270.633 |
| Θερμαντικά Σώματα | 10.867.792 |
| Ψυκτικά Σώματα | 402.841 |
| Τριπαραγωγή | 6.824.754 |
| Μονοβάθμια ψυκτική διάταξη απορρόφησης | 550.000 |
| Fan-coils | 6.274.754 |

6.2 Λειτουργικό κόστος

Επειδή η ενέργεια για θέρμανση είναι η ίδια και στα δύο σενάρια (συμπαραγωγή και τριπαραγωγή), αυτή θα επιφέρει το ίδιο κόστος στο συνολικό λειτουργικό κόστος του κάθε σεναρίου και επομένως μπορεί να μην ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους με σκοπό τη σύγκριση των δύο σεναρίων. Στην συμπαραγωγή το λειτουργικό κόστος για ψύξη ισούται με το γινόμενο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκουν τα κλιματιστικά για ψύξη επί την τιμή της κιλοβατώρας. Μία kWh κοστίζει €0,09 σύμφωνα με το κοστολόγιο της ΔΕΗ. Το κόστος λειτουργίας παρουσιάζεται στον πίνακα 22.

Πίνακας 22: Κόστος λειτουργίας

| Σενάριο | Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ψύξης (MWh) | COP | Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (MWh) | Κόστος λειτουργίας (€) |
|-----------|--|------|---|------------------------|
| Συμπαγωγή | 2.053 | 3,5 | 586,57 | 52.791,43 |
| Τριπαγωγή | 2.053 | 0,68 | 3019,12 | 271.720,59 |

Το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού εκτιμάται ίσο με το 10% ετησίως του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης κάθε σεναρίου και παρουσιάζεται στον πίνακα 23.

Πίνακας 23: Κόστος συντήρησης

| Σενάριο | Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης (€) | Κόστος συντήρησης (€) |
|-----------|--|-----------------------|
| Συμπαγωγή | 11.270.633 | 1.127.063,30 |
| Τριπαγωγή | 6.824.754 | 682.475,40 |

Συνοψίζοντας, τα κόστη: α) προμήθειας και εγκατάστασης, β) λειτουργίας και γ) συντήρησης για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στον πίνακα 24:

Πίνακας 24: Κόστη σεναρίων υπό σύγκριση.

| Σενάριο | Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης (€) | Κόστος λειτουργίας (€) | Κόστος συντήρησης (€) |
|-------------|--|------------------------|-----------------------|
| Συμπαραγωγή | 11.270.633 | 52.791,43 | 1.127.063,30 |
| Τριπαραγωγή | 6.824.754 | 271.720,59 | 682.475,40 |

6.3 Καθαρή Παρούσα Αξία

Η ΚΠΑ υπολογίζεται για ορίζοντα 15 ετών. Το κόστος κεφαλαίου λαμβάνεται ίσο με 3,5%. Οι χρηματορροές εκφράζουν όλες κόστη και παρουσιάζονται σαν αρνητικές ποσότητες γιατί υπάρχουν μόνο εκροές. Το σενάριο που θα προκριθεί είναι αυτό με την μεγαλύτερη ΚΠΑ.

Στους πίνακες 25 και 26 παρουσιάζονται οι ΚΠΑ για τα δύο σενάρια. Στην προτελευταία γραμμή κάθε πίνακα εμφανίζεται ο συντελεστής $(1+p)^k$, όπου p το κόστος κεφαλαίου και k το έτος λειτουργίας, με τον οποίο διαιρείται η εκάστοτε τρέχουσα ετήσια χρηματορροή, ώστε να εκφραστεί σε παρούσα αξία. Αντίστοιχα, στην τελευταία γραμμή κάθε πίνακα εμφανίζεται η εκάστοτε ετήσια χρηματορροή εκπεφρασμένη σε παρούσα αξία. Το χρωματιστό κελί παρουσιάζει την ΚΠΑ κάθε

σεναρίου. Στον πίνακα 27 παρουσιάζεται η ΚΠΑ της διαφοράς των εκροών των δύο σεναρίων.

:

Πίνακας 25: ΚΠΑ συμπαράγωγής

| Έτος | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Κόστος αγοράς | -11.270.633,0 | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 |
| Κόστος συντήρησης | | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 |
| Χρηματορροή | -11.270.633,0 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 |
| (1+p) ^κ | 1,000 | 1,035 | 1,071 | 1,109 | 1,148 | 1,188 | 1,229 | 1,272 |
| ΚΠΑ: -24.859.504,8 | -11.270.633,0 | -1.139.956,3 | -1.101.407,0 | -1.064.161,4 | -1.028.175,2 | -993.406,0 | -959.812,6 | -927.355,2 |

Συμπαράγωγή

| Έτος | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Κόστος αγοράς | | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 | -52.791,4 |
| Κόστος συντήρησης | | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 | -1.127.063,3 |
| Χρηματορροή | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 | -1.179.854,7 |
| (1+p) ^κ | 1,317 | 1,363 | 1,411 | 1,460 | 1,511 | 1,564 | 1,619 | 1,675 |
| ΚΠΑ: -24.859.504,8 | -895.995,3 | -865.696,0 | -836.421,2 | -808.136,4 | -780.808,2 | -754.404,0 | -728.892,8 | -704.244,2 |

Πίνακας 26: ΚΠΑ τριπαραγωγής

| Έτος | Τριπαραγωγή | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Κόστος αγοράς | -6.824.754,0 | | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 |
| Κόστος συντήρησης | | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 |
| Χρηματορροή | -6.824.754,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 |
| (1+p) ^k | 1,000 | 1,035 | 1,071 | 1,109 | 1,148 | 1,188 | 1,229 | 1,272 | |
| ΚΠΑ: -17.814.621,5 | -6.824.754,0 | -921.928,5 | -890.752,2 | -860.630,1 | -831.526,7 | -803.407,4 | -776.239,1 | -749.989,4 | |
| Έτος | Τριπαραγωγή | | | | | | | | |
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| Κόστος αγοράς | | | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 | -271.720,6 |
| Κόστος συντήρησης | | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 | -682.475,4 |
| Χρηματορροή | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 | -954.196,0 |
| (1+p) ^k | 1,317 | 1,363 | 1,411 | 1,460 | 1,511 | 1,564 | 1,619 | 1,675 | |
| ΚΠΑ: -17.814.621,5 | -724.627,5 | -700.123,2 | -676.447,5 | -653.572,5 | -631.471,0 | -610.116,9 | -589.484,9 | -569.550,6 | |

Πίνακας 27: ΚΠΑ τριπαραγωγή - συμπαραγωγή

| Έτος | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Κόστος αγοράς | 4.445.879,0 | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 |
| Κόστος συντήρησης | | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 |
| Χρηματοροπή | 4.445.879,0 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 |
| (1+p) ^k | 1,0 | 1,035 | 1,071 | 1,109 | 1,148 | 1,188 | 1,229 | 1,272 |
| ΚΠΑ: 7.044.883,43 | 4.445.879,0 | 218.027,8 | 210.654,8 | 203.531,3 | 196.648,6 | 189.998,6 | 183.573,5 | 177.365,7 |

Τριπαραγωγή-Συμπαραγωγή

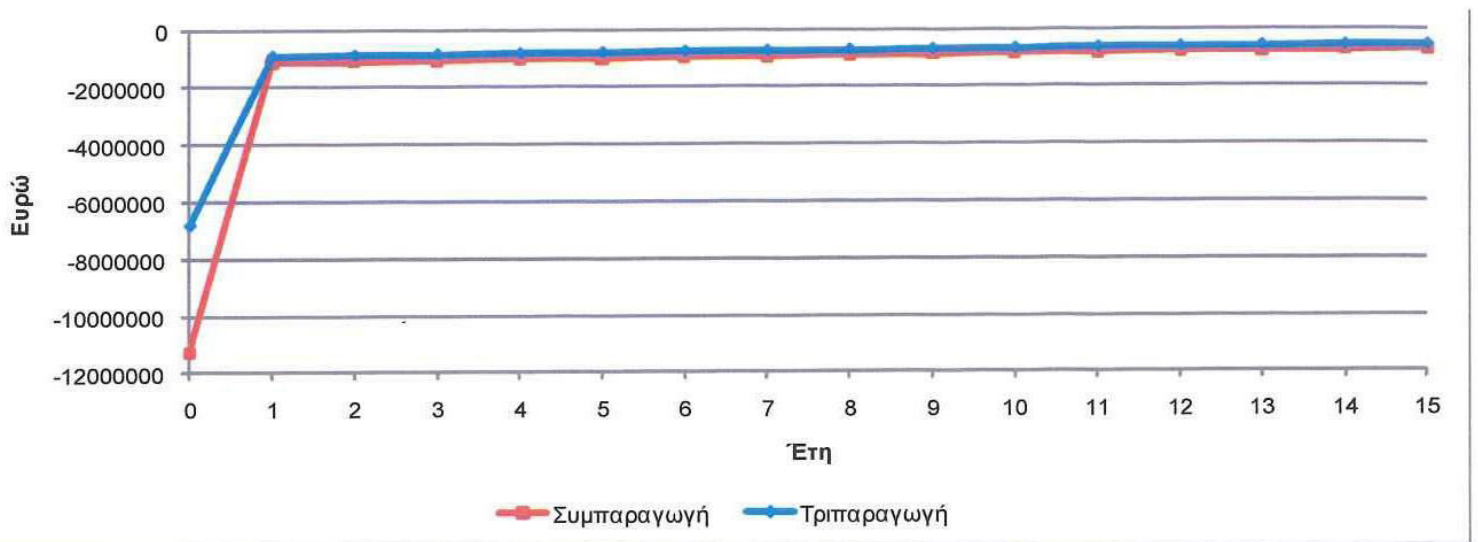
| Έτος | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Κόστος αγοράς | | | | | | | | |
| Κόστος λειτουργίας | | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 | -218.929,2 |
| Κόστος συντήρησης | | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 | 444.587,9 |
| Χρηματοροπή | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 | 225.658,7 |
| (1+p) ^k | 1,317 | 1,363 | 1,411 | 1,460 | 1,511 | 1,564 | 1,619 | 1,675 |
| ΚΠΑ: 7.044.883,43 | 171.367,9 | 165.572,8 | 159.973,7 | 154.564,0 | 149.337,2 | 144.287,1 | 139.407,9 | 134.693,6 |

Η καθαρή παρούσα αξία για το σενάριο της συμπαραγωγής εκτιμάται για ορίζοντα 15 ετών στα -24.859.504,71€, ενώ η καθαρή παρούσα αξία για το σενάριο της τριπαραγωγής εκτιμάται στα -17.814.621,27€ για 15 έτη. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση της τριπαραγωγής επιφέρει συνολικά σε ορίζοντα δεκαπενταετίας πολύ χαμηλότερο συνολικό κόστος. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από την ΚΠΑ της διαφοράς των δύο σεναρίων, η οποία είναι θετική και ίση με €7.044.883,43, δίνοντας πρόκριση στο σενάριο της τριπαραγωγής. Η ποσοστιαία διαφορά των καθαρών παρουσών αξιών υπολογίζεται στο 30%. Έτσι λοιπόν είναι προφανές ότι το σενάριο της τριπαραγωγής είναι κατά πολύ πιο συμφέρον.

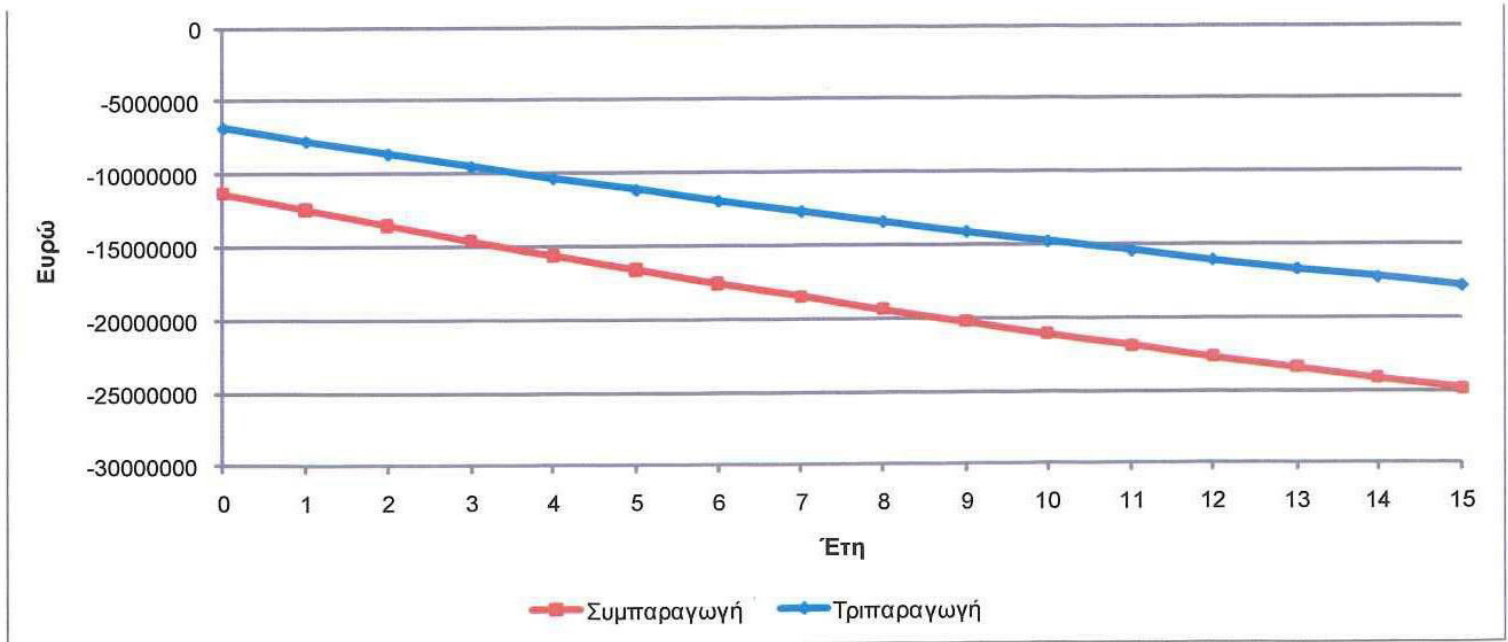
Στην εικόνα 16 φαίνεται χαρακτηριστικά ότι οι ετήσιες χρηματορροές εκπεφρασμένες σε παρούσα αξία στην περίπτωση της τριπαραγωγής είναι μικρότερες σε σύγκριση με αυτές της συμπαραγωγής σε κάθε έτος λειτουργίας, γεγονός που υποδηλώνει ήδη και γραφικά ότι πιο συμφέρον σενάριο είναι αυτό της τριπαραγωγής.

Από την εικόνα 17 εξάγεται το συμπέρασμα ότι ήδη από τον 1^ο χρόνο λειτουργίας είναι συμφερότερη η τριπαραγωγή, ενώ συνολικά στα 15 χρόνια λειτουργίας το σενάριο της τριπαραγωγής είναι πιο συμφέρον κατά 30%. Είναι ακόμα αξιοσημείωτο ότι με κάθε επιπλέον έτος λειτουργίας, η «ψαλίδα» ανοίγει, το οποίο σημαίνει ότι για κάθε επιπλέον έτος λειτουργίας η επένδυση της τριπαραγωγής γίνεται όλο και πιο συμφέρουσα.

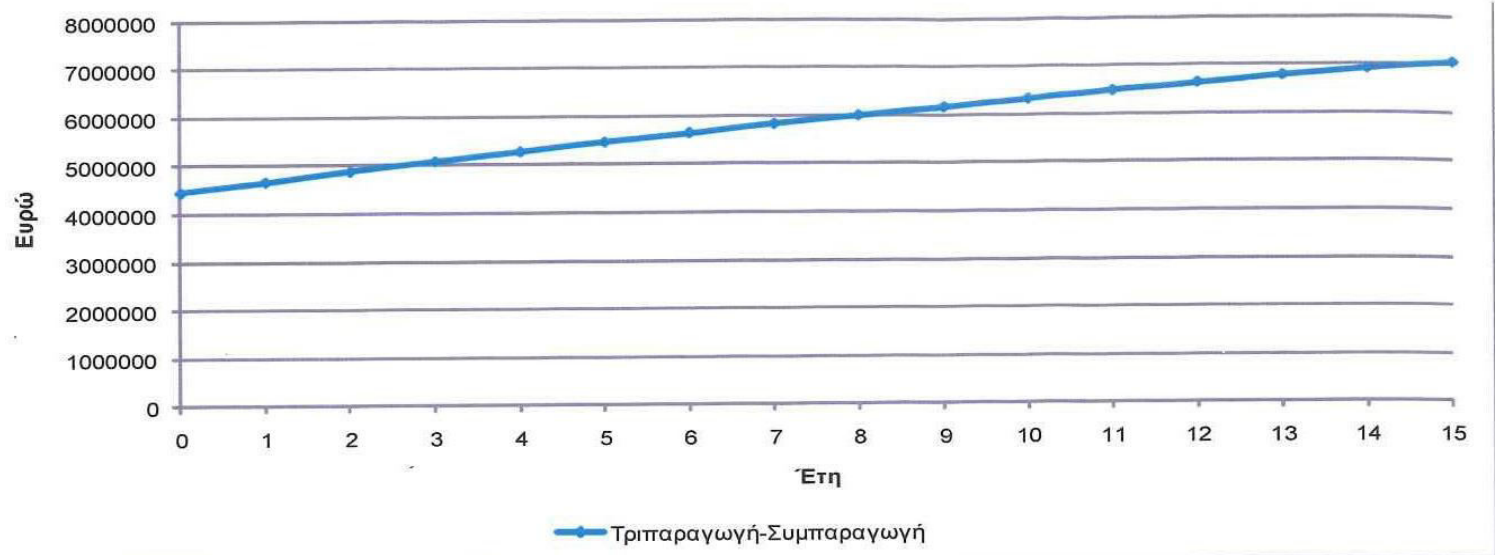
Στην εικόνα 18 επιβεβαιώνεται ότι η ΚΠΑ της διαφοράς των εκροών της συμπαραγωγής από την τριπαραγωγή είναι θετική ποσότητα σε κάθε χρόνο λειτουργίας, γεγονός το οποίο επαληθεύει ότι ήδη από τον 1^ο χρόνο λειτουργίας είναι συμφερότερη η τριπαραγωγή.



Εικόνα 16 : Ετήσια χρηματοροή κάθε σεναρίου



Εικόνα 17: Καθαρή Παρούσα Αξία κάθε σεναρίου



Εικόνα 18: Διαφορά ΚΠΑ Τριταροαγωγή - Συμπαροαγωγή

Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής μελέτης, διερευνήθηκε η δυνατότητα αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος CHP της Κοζάνης που παράγει ηλεκτρισμό και θερμότητα, σε ένα νέο σύστημα τριπαραγωγής CHCP που θα παράγει ταυτόχρονα ηλεκτρισμό, θερμότητα και ψύξη.

Θεωρήθηκε δεδομένος ο υφιστάμενος εξοπλισμός Τηλεθέρμανσης της Κοζάνης για την λειτουργία της τηλεψύξης. Ωστόσο, απαραίτητη είναι και η εγκατάσταση ενός ψύκτη απορρόφησης έξω από την Κοζάνη. Επίσης απαιτούνται μετασκευές του συστήματος θέρμανσης-ψύξης των καταναλωτών για μετατροπή τους σε εγκαταστάσεις fan-coils.

Όσον αφορά το οικονομικό τμήμα, η τριπαραγωγή επιφέρει πολύ χαμηλότερο συνολικό κόστος σε σχέση με την συμπαραγωγή ως προς τον καταναλωτή. Η καθαρή παρούσα αξία για τη συμπαραγωγή εκτιμάται στα -24.859.504,71€ για 15 έτη, ενώ η καθαρή παρούσα αξία για την τριπαραγωγή εκτιμάται στα -17.814.621,27€ για 15 έτη. Μάλιστα για κάθε έτος λειτουργίας η επένδυση της τριπαραγωγής γίνεται όλο και πιο συμφέρουσα.

Όλα αυτά καθιστούν το έργο της τηλεψύξης ιδιαίτερα σημαντικό και απαραίτητο για το συμφέρον των κατοίκων της Κοζάνης.

Βιβλιογραφία

1. Ε.Ξ.Α.Κ.Μ. Α.Β.Ε.Τ.Ε., επίσημη ιστοσελίδα <http://www.exakm.gr>
2. Δ.Ε.Η. Α.Ε., επίσημη ιστοσελίδα <http://www.dei.gr>
3. Τσαταλμασίδης Θ., Μηχανολόγος Μηχανικός, Προϊστάμενος Τομέα Λειτουργίας Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου, Προσωπική επικοινωνία, 2009.
4. “Το χρηματιστήριο των ρύπων”, εφημερίδα Ελευθεροτυπία, 5 Μαρτίου 2005.
5. Polyzakis A.L., “Technoeconomic Evaluation of Trigenation Plant: Gas Turbine Performance absorption cooling and district heating”, 2006.
6. Δ.Ε.Υ.Α.Κ., επίσημη ιστοσελίδα, <http://www.deyakozanis.gr>
7. Κυπριτίδης Ε., Μηχανολόγος Μηχανικός, προϊστάμενος Δ.Ε.Υ.Α. Κοζάνης, Προσωπική επικοινωνία, 2007.
8. Ψωινός Δ.Π., “Οργάνωση και Διοίκηση Εργοστασίων, Τόμος 1: Σκοπιμότητα Λειτουργίας και Σχεδίαση”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1997.
9. Καναβός Ι., “Παραγωγή Ψύξης με χρήση φυσικού αερίου στη βιομηχανία, “-20/+35”, τεύχος Οκτωβρίου-Νοεμβρίου 1999.
10. Πετρίδης Ν., “Σύστημα Τηλεθέρμανσης της πόλης της Πτολεμαΐδας – Τριπαραγωγή”, Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Πάτρας, 2006.
11. Πληροφορίες για τιμοκατάλογο fan-coils και θερμαντικών σωμάτων, www.celsius.gr
12. Πληροφορίες για τιμοκατάλογο κλιματιστικών www.kotsovolos.gr
13. Πληροφορίες για επιτόκια καταθέσεων τραπεζών www.tsig.gr
14. Πληροφορίες για επιτόκια καταθέσεων τραπεζών www.naftemporiki.gr
15. Πληροφορίες για πληθωρισμό www.express.gr
16. Ντάβος Ν., “Μοντελοποίηση Στρατηγικής Διοίκησης για μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις. Εφαρμογή στον Α.Η.Σ. Αγ. Δημητρίου” ,2006

Παράρτημα

Νομοθετικό πλαίσιο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχοντας διακρίνει τα πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής, σε σχέση με τη «χωριστή παραγωγή» θέσπισε για πρώτη φορά το 1997 μια κοινοτική στρατηγική για την προώθηση της συμπαραγωγής.

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στα συμπεράσματά του της 30^{ης} Μαΐου και της 5^{ης} Δεκεμβρίου 2000, ενέκρινε το σχέδιο δράσης της Επιτροπής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και προσδιόρισε την προώθηση της συμπαραγωγής ως έναν από τους βραχυπρόθεσμους τομείς προτεραιότητας.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στο ψήφισμα του της 14^{ης} Μαρτίου 2001, σχετικά με το σχέδιο δράσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, κάλεσε την Επιτροπή να υποβάλει προτάσεις σχετικά με την καθιέρωση κοινών κανόνων για την προώθηση της συμπαραγωγής, όπου αυτό κρίνεται σημαντικό για το περιβάλλον.

Η οδηγία 2003/54/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θεσπίζει κοινούς κανόνες για την παραγωγή, τη μεταφορά, τη διανομή και την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας εντός και εκτός της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον αναφέρει: «Τα κράτη μέλη θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα, χάριν της προστασίας του περιβάλλοντος και της προώθησης εκκολαπτόμενων νέων τεχνολογιών, να προβαίνουν σε πρόσκληση προς υποβολή προσφορών για τη δημιουργία νέου δυναμικού βάσει δημοσιευμένων κριτηρίων. Το νέο δυναμικό αφορά, μεταξύ άλλων, ανανεώσιμες πηγές και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΠΗΘ)».

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 17 Δεκεμβρίου 2003 διαπιστώθηκε η επιτακτική ανάγκη θέσπισης οδηγίας του ΕΚ και του Συμβουλίου για την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας, η ανάγκη για εναρμονισμένους ορισμούς της συμπαραγωγής, ορισμό της μικρο-συμπαραγωγής, την υποστήριξη μικρών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας καθώς και δεσμευτικούς στόχους και χρονοδιαγράμματα για την αύξηση της χρήσης της συμπαραγωγής.

Δύο μήνες αργότερα στις 11 Φεβρουαρίου 2004 δημοσιεύτηκε στην επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οδηγία 2004/8/EK. Σκοπός της οδηγίας

ορίστηκε, η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και η βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού μέσω της δημιουργίας ενός πλαισίου το οποίο θα προωθηθεί και θα αναπτυχθεί η υψηλής απόδοσης συμπαραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα βασίζεται στη ζήτηση για χρήσιμη θερμότητα και στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στην εσωτερική αγορά ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές ιδιαιτερότητες, ιδίως όσον αφορά τις κλιματικές και οικονομικές συνθήκες. Στο κείμενο της οδηγίας αναγνωρίζεται το γεγονός ότι οι δυνατότητες της συμπαραγωγής προς εξοικονόμηση ενέργειας δεν αξιοποιούνται πλήρως στην Κοινότητα. Χαρακτηρίζεται η προώθηση της υψηλής αποδοτικότητας συμπαραγωγής, που βασίζεται στη ζήτηση για χρήσιμη θερμότητα, ως κοινοτική προτεραιότητα με δεδομένα τα πιθανά οφέλη που απορρέουν από την συμπαραγωγή όσον αφορά την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, την αποφυγή απωλειών δικτύου και την μείωση των εκπομπών αερίων, ιδίως αυτών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στη συζήτηση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου στις 12 Δεκεμβρίου 2003, είχε υπογραμμιστεί η ανάγκη ορισμού της μικρο-συμπαραγωγής και η ανάγκη οι εγκαταστάσεις αυτές να χαίρουν μεγαλύτερης υποστήριξης. Στο άρθρο 3 της κοινοτικής οδηγίας 2004/8/EK δίνεται πλήρως ο ορισμός της μικρο-συμπαραγωγής ως εξής: «Μονάδα συμπαραγωγής πολύ μικρής κλίμακας»: μονάδα συνδυασμένης παραγωγής με μέγιστη ισχύ μικρότερη από 50 kWe.

Το ελληνικό κράτος με μια σειρά από νόμους που θέσπισε, λαμβάνοντας υπόψη και τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθόρισε πλήρως το πλαίσιο λειτουργίας των μονάδων συμπαραγωγής.

Η αρχή έγινε με την κατάθεση και την ψήφιση από τη Βουλή των Ελλήνων του νόμου 2773/1999 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και για την ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής. Το καθεστώς που προϋπήρχε σύμφωνα με το νόμο 2244/94 καθόριζε ότι « η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) έχει το αποκλειστικό δικαίωμα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από οποιαδήποτε πηγή, καθώς και της μεταφοράς της σε όλη τη χώρα». Παρόλο την ψήφιση του νόμου 2773/1999 ουσιαστική απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν επιτεύχθη και γι' αυτό το λόγο η ελληνική βουλή ψήφισε τον νόμο 3426/2005 με σκοπό την επιτάχυνση της διαδικασίας για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο νόμος 3468/2006 που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα της κυβέρνησης την 27 Ιουλίου 2006 είναι ο πιο ουσιαστικός όσον αφορά την συμπαραγωγή αφού καθορίζει πλήρως το πλαίσιο λειτουργίας των μονάδων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).

Σύμφωνα με τον νόμο αυτό, «αυτοπαραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε) ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ορίζεται ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μονάδες Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. , κυρίως για δική του χρήση και διοχετεύει τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας αυτής στο Σύστημα ή στο Δίκτυο».

Επίσης, στον παραπάνω νόμο ενσωματώνεται η κοινοτική οδηγία 2004/8/EK και δίνεται ο ορισμός της συμπαραγωγής πολύ μικρής κλίμακας ως: «η μονάδα συμπαραγωγής με εγκαταστημένη ισχύ μικρότερη των πενήντα(50) kWe».

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιώτες απαιτείται σχετική άδεια, η οποία χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης μετά από γνωμοδότηση της Ρυθμιστικής Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε) και εφόσον πληρούνται ορισμένα απαραίτητα κριτήρια. Εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. οι οποίοι δεν συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των πέντε (5) MWe.

Οι περιπτώσεις εξαίρεσης από τη λήψη άδειας παραγωγής διαπιστώνονται με απόφαση της Ρ.Α.Ε. η οποία εκδίδεται εντός δέκα (10) εργάσιμων ημερών από την υποβολή της σχετικής αίτησης, εφόσον η αίτηση αυτή συνοδεύεται από όλα τα αναγκαία στοιχεία ή από τη συμπλήρωση των στοιχείων αυτών.

Η απόφαση αυτή δεν απαιτείται για την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής με εγκατεστημένη ισχύ έως είκοσι (20) kWe, εκτός εάν πρόκειται για μονάδες που εγκαθίστανται σε μη διασυνδεδεμένα νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της Ρ.Α.Ε.

Η εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. απαιτεί στην γενική περίπτωση λήψη σχετικής άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας. Για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. όμως που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής, δεν απαιτείται η λήψη άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας. Για τους σταθμούς αυτούς απαιτείται, σε

κάθε περίπτωση, η περιβαλλοντική αδειοδότηση, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο Αρμόδιος Διαχειριστής αυτών υποχρεούται να απορροφά, κατά προτεραιότητα, την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από σταθμό Α.Π.Ε. Παραγωγού ή αυτοπαραγωγού, καθώς και από τις μονάδες Α.Π.Ε. Υβριδικού Σταθμού και, ακολούθως το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει Αυτοπαραγωγός από σταθμό Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Για την ένταξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, περιλαμβανομένου και του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, ο Διαχειριστής του Συστήματος, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου ή ο Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής συνδέονται με το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, υποχρεούνται να συνάπτουν σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο της άδειας παραγωγής της.

Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να παρατείνεται για δέκα (10) επιπλέον έτη, μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τρεις (3), τουλάχιστον, μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, τιμολογείται σε μηνιαία βάση. Η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη τιμή, σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh), της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου και του Δικτύου Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

- Τα τιμολόγια απορρόφησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Σ.Η.Θ.Υ.Α. αναπροσαρμόστηκαν σε σχέση με αυτά που είχαν δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως με τον νόμο 3468/06, με βάση την υπουργική απόφαση Δ6///2007/Β-1223, που εκδόθηκε από τον Υπουργό Δημ. Σιούφα στις 4 Ιουλίου 2007 και τα νέα τιμολόγια έχουν αναδρομική ισχύ από τις 1/1/2007. Σύμφωνα με αυτά τα τιμολόγια, η απορρόφηση της ηλεκτρικής ενέργειας κοστολογείται στα 75,82 ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh) για το διασυνδεδεμένο σύστημα και 87,42 ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh) για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα.