

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ



Διπλωματική Εργασία:

*Σύγκριση βαθμού απόδοσης Θερμοηλεκτρικών Μονάδων σε 3
περιοχές της Ελλάδος με εναλλακτικά συστήματα ψύξης*

Όνοματεπώνυμο: Κωνσταντίνος Σφετσιώρης
Αρ. Φοιτ. Μητρώου: 02102085
Επιβλέπων Καθηγητής: Κ^{ος} Ε. Κακαράς
Ακαδημαϊκό Έτος: 2007-2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	4
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1	
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ	
ΣΤΑΘΜΩΝ	
1.1 Θερμοδυναμικός κύκλος Clausius Rankine.....	7
1.2 Θερμικός βαθμός απόδοσης.....	8
Κεφάλαιο 2	
ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
2.1 Συμπυκνωτές.....	11
2.1.1 Είδη συμπυκνωτών.....	13
2.1.2 Υπολογισμοί.....	14
2.2 Ψυκτικά συστήματα.....	16
2.2.1 Ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας.....	16
2.2.2 Ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας και περαιτέρω ψύξη αυτού σε πύργο ψύξης.....	17
2.2.3 Υγροί πύργοι ψύξης.....	18
2.2.3.1 Εισαγωγή.....	18
2.2.3.2 Αρχή λειτουργίας.....	21
Κεφάλαιο 3	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ	
ΙΣΧΥΟΣ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	
3.1 Εισαγωγή.....	24
3.1.1 Βαθμός απόδοσης μονάδας.....	24
3.1.2 Gatecycle.....	24
3.2 Περιγραφή των υπό εξέταση μονάδων.....	27
3.3 Δεδομένα ατμόσφαιρας και θάλασσας στις υπό εξέταση περιοχές.....	29
3.3.1 Ατμοσφαιρικά δεδομένα.....	29
3.3.2 Δεδομένα θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας.....	32
3.3.3 Συγκριτικοί πίνακες μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών ατμόσφαιρας και επιφάνειας θάλασσας.....	36
3.4 Υπολογισμός βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος των υπό εξέταση μονάδων.....	38
3.4.1 Λιθανθρακική μονάδα 800 MW.....	38
3.4.2 Αποτελέσματα από το Gatecycle για τη λιθανθρακική μονάδα.....	41
3.4.3 Μονάδα συνδυασμένου κύκλου 550 MW.....	56
3.4.4 Αποτελέσματα από το Gatecycle για τη μονάδα συνδυασμένου κύκλου.....	57

Κεφάλαιο 4

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1	Εισαγωγή.....	70
4.2	Λιθανθρακική μονάδα 800 MW.....	71
4.3	Μονάδα συνδυασμένου κύκλου 550 MW.....	72
4.4	Σύγκριση 2 μονάδων.....	73

Κεφάλαιο 5

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
--------------------------	----

Βιβλιογραφία.....	75
-------------------	----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο ατμοκινητήρων και λεβήτων του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή, κ. Εμμανουήλ Κακαρά, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και για την υποστήριξη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ κ. Βασίλειο Βράγκο για την καθοδήγηση που μου προσέφερε, για τις πολύ χρήσιμες υποδείξεις του και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ κ. Άγγελο Δουκέλη για τη βοήθεια που μου προσέφερε στη συλλογή στοιχείων για τη διπλωματική εργασία και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Αντώνη Κουμανάκο για τη βοήθεια και υποστήριξη του στο χειρισμό του Gatecycle.

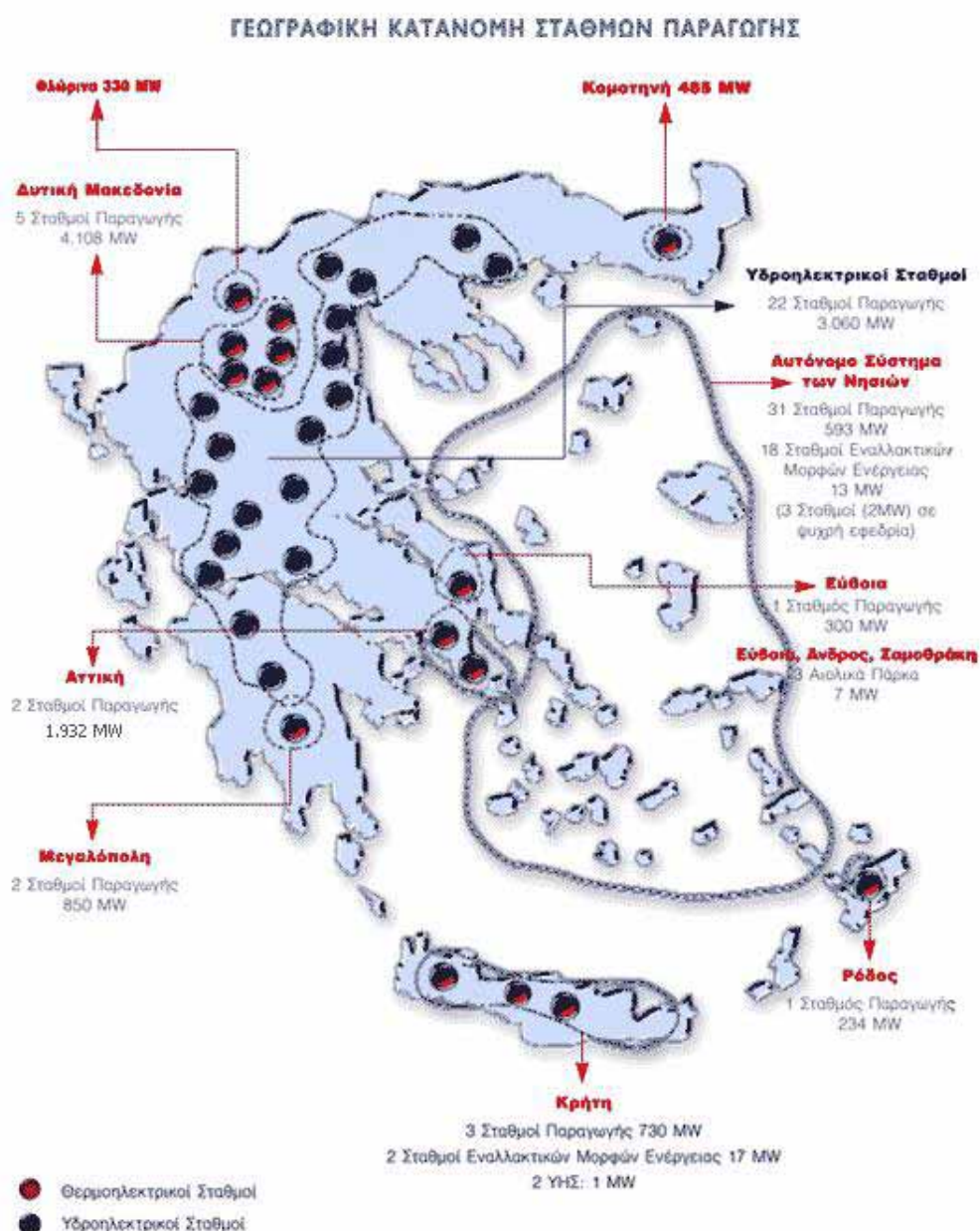
Ευχαριστώ τον Μηχανολόγο Μηχανικό Ευστάθιο Φραγκογιαννόπουλο για τις χρήσιμες συμβουλές του.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση τους σε κάθε δύσκολη στιγμή της διπλωματικής εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθεί με την μελέτη της μηνιαίας μεταβολής του βαθμού απόδοσης μονάδων για εναλλακτικά συστήματα ψύξης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε 3 περιοχές της Ελλάδος. Θα χρησιμοποιηθούν οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών για τα έτη 1956-2001.

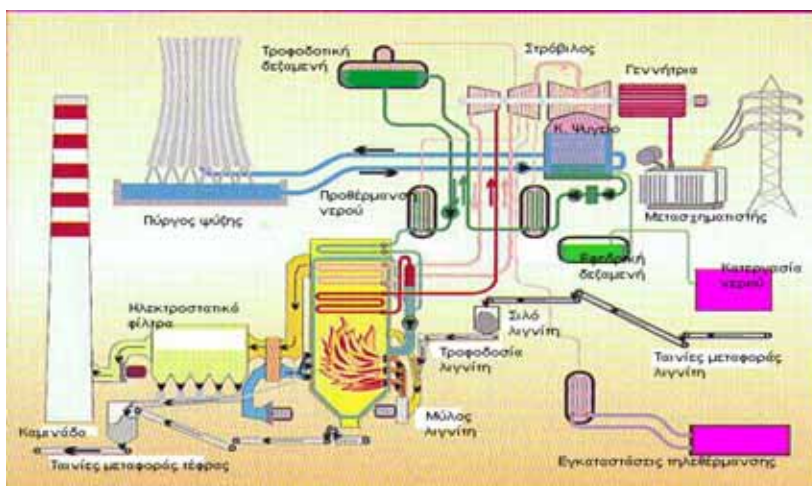
Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί. Στο σχήμα α βλέπουμε σε ποιες περιοχές έχουν εγκατασταθεί τέτοιες μονάδες. Επίσης το σχήμα δείχνει και τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς.



Σχήμα α: Χάρτης Ελληνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας [10]

Νέοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί προβλέπονται τόσο στη Βόρεια, στη Κεντρική όσο και στη Νότια Ελλάδα. Αυτό σημαίνει ότι οι μονάδες λειτουργούν με διαφορετικές συνθήκες ατμόσφαιρας (θερμοκρασία, υγρασία) και διαφορετικές συνθήκες ψυκτικού νερού (θερμοκρασία θάλασσας) σε κάθε περιοχή. Αυτό θα μελετήσει η παρούσα διπλωματική εργασία, μελετώντας την εξέλιξη του βαθμού απόδοσης σε 3 διαφορετικές περιοχές της χώρας: **Αλιβέρι**, **Χρυσούπολη** (Καβάλα) και **Σούδα** (Κρήτη)

Στο σχήμα β φαίνεται το διάγραμμα ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού με πύργο ψύξης.:



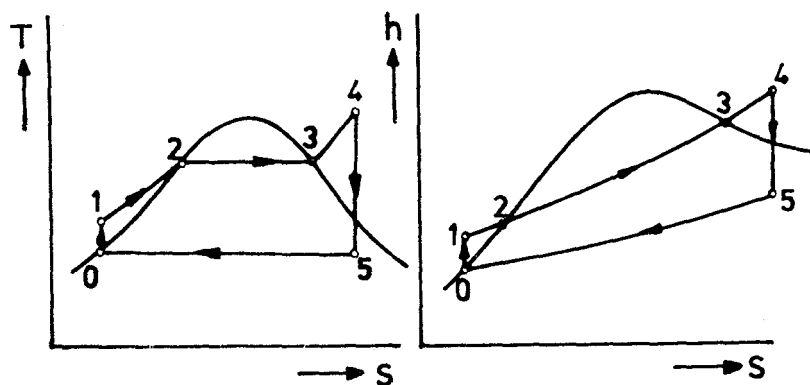
Σχήμα β: Διάγραμμα ατμοηλεκτρικού σταθμού [6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Βασικές αρχές λειτουργίας Θερμοηλεκτρικών Σταθμών

1.1 Θερμοδυναμικός κύκλος Clausius – Rankine

Ένας θερμοηλεκτρικός σταθμός αποτελείται από διάφορες επιμέρους εγκαταστάσεις. Από την τροφοδοτική δεξαμενή το νερό με τη βοήθεια της τροφοδοτικής αντλίας και αύξηση της πίεσής του οδηγείται στον Ατμοπαραγωγό. Εδώ το νερό θερμαίνεται, ατμοποιείται και τελικώς υπερθερμαίνεται. Από τον Ατμοπαραγωγό με μια σειρά ασφαλιστικών οργάνων και βαλβίδων ρύθμισης, ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται στο στρόβιλο όπου αποτονώνεται με απόδοση έργου σε μια γεννήτρια. Ο ατμός εισάγεται στο συμπυκνωτή όπου ψύχεται και υγροποιείται. Στη συνέχεια με την αντλία του συμπυκνώματος οδηγείται στην τροφοδοτική δεξαμενή. Ο αντίστοιχος θερμοδυναμικός κύκλος Clausius – Rankine στα διαγράμματα $T - s$ και $H - s$ φαίνεται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Κύκλος Clausius – Rankine στα διαγράμματα $T - s$ και $H - s$

όπου:

- 0-1: Αύξηση πίεσης τροφοδοτικού νερού
- 1-2: Προθέρμανση νερού μέχρι θερμοκρασίας ζέσης
- 2-3: Ατμοποίηση
- 3-4: Υπερθέρμανση
- 4-5: Εκτόνωση ατμού στο στρόβιλο
- 5-0: Συμπύκνωση ατμού

1.2 Βαθμός απόδοσης μονάδας

Ο θερμοκός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_{th} = \frac{(h_4 - h_5) - (h_1 - h_0)}{h_4 - h_1} = 1 - \frac{h_5 - h_0}{h_4 - h_1} \quad (1.1)$$

Αυτός είναι ο μικτός βαθμός απόδοσης. Ο καθαρός βαθμός απόδοσης προκύπτει αν αφαιρέσουμε τις ιδιοκαταναλώσεις των διαφόρων εγκαταστάσεων της μονάδας.

Από τον κύκλο του Clausius – Rankine παρατηρείται ότι ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης προσδιορίζεται από την κατάσταση του ατμού προ του στροβίλου (σημείο 4) και την κατάσταση εισόδου του συμπυκνωτή (σημείο 5). Το τελικό σημείο της εκτόνωσης βρίσκεται πάντα εντός της περιοχής του υγρού ατμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του ατμού κατά την έξοδο του από τον στροβίλο να θεωρηθεί ίδια με την θερμοκρασία του συμπυκνώματος και με την μέση θερμοκρασία απαγωγής της θερμότητας.

Για την απαγωγή της θερμότητας χρησιμοποιούνται νερό ή αέρας (κυρίως χρησιμοποιείται νερό γιατί έχει καλύτερο συντελεστή μετάδοσης θερμότητας από τον αέρα), των οποίων οι θερμοκρασίες εξαρτώνται από τη θέση του σταθμού και την χρονική περίοδο που εξετάζεται. Έτσι υφίσταται σοβαρές χρονικές διακυμάνσεις. Αυτό μελετάει η παρούσα διπλωματική εργασία.

Για να δει κανείς τις αλλαγές στον βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης ανάλογα με τη θερμοκρασία του συμπυκνώματος, παρουσιάζεται το παρακάτω παράδειγμα:

Παράδειγμα:

Έστω ότι η πίεση και η θερμοκρασία του φρέσκου ατμού είναι: $P_4 = 290bar$ και $T_4 = 600^{\circ}C$. Υποθέτουμε επίσης ότι η θερμοκρασία του συμπυκνώματος είναι $T_5 = 25^{\circ}C$. Από το διάγραμμα T,s προκύπτει: $P_5 = 0,035bar$.

Για $P_4 = 290bar$ και $T_4 = 600^{\circ}C$ από το διάγραμμα h-s προκύπτει:

$$h_4 = 3452 \frac{kJ}{kg}$$

Με αδιαβατική αποτόνωση μέχρι 0,035 bar:

$$h_5 = 1860 \frac{kJ}{kg}$$

Μετά τη συμπύκνωση του ατμού στο συμπυκνωτή η θερμοκρασία του συμπυκνώματος θα είναι $T_w = 25^{\circ}C$ και $h' = 104,77 \frac{kJ}{kg}$ οπότε ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης του κύκλου θα είναι:

$$n_{th} = \frac{3452 - 1860}{3452 - 104,77} = \frac{1612}{3347,23} = 47,5\%$$

Αν τώρα η θερμοκρασία συμπυκνώματος είναι $T_5 = T_w = 35^{\circ}C$ θα είναι:
 $P_5 = 0,06bar$, οπότε με αδιαβατική αποτόνωση μέχρι $0,06bar$ θα είναι:

$$h_5 = 1930 \frac{kJ}{kg}$$

Επίσης αφού $T_w = 35^{\circ}C$ προκύπτει $h' = 146,56 \frac{kJ}{kg}$ οπότε ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης του κύκλου θα είναι τώρα:

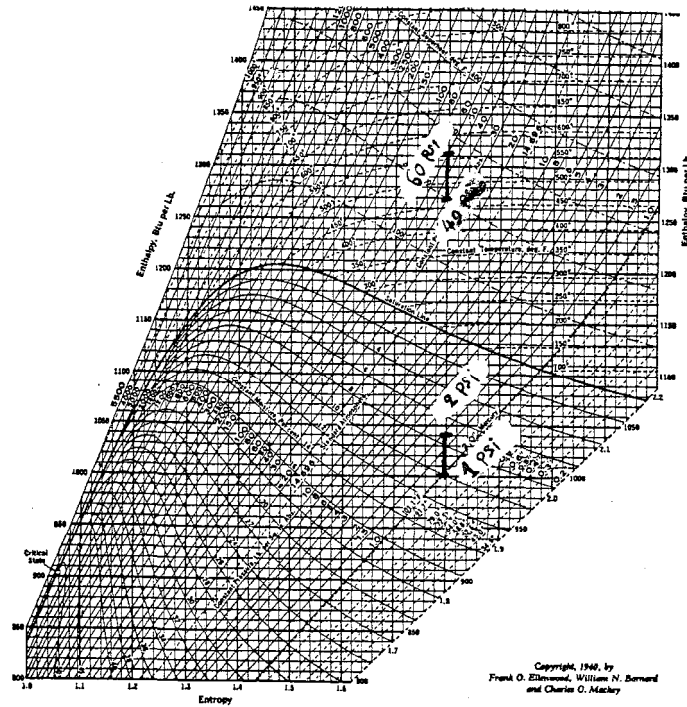
$$n_{th(καίν)} = \frac{3452 - 1920}{3452 - 146,56} = \frac{1532}{3305,44} = 46,3\%$$

Όπως παρατηρεί κανείς, με διαφορά $10^{\circ}C$ στη θερμοκρασία συμπυκνώματος, η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται στις 1,2 ποσοστιαίες μονάδες..

Έτσι όσο χαμηλότερα είναι η πίεση και η θερμοκρασία του ατμού στον συμπυκνωτή, τόσο αυξάνει ο βαθμός απόδοσης της μονάδας, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αξία του συμπυκνωτή στην εγκατάσταση να είναι πολύ σημαντική.

Όταν η συμπύκνωση γίνεται σε χαμηλή σχετική θερμοκρασία, δημιουργείται στο συμπυκνωτή υποπίεση που είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την απόδοση έργου από το στρόβιλο.

Η ευεργετική επίδραση της υποπίεσης στην έξοδο του στροβίλου μπορεί να γίνει κατανοητή από το γεγονός ότι η ενθαλπική πτώση για δεδομένη πτώση πίεσης είναι πολύ μεγαλύτερη σε χαμηλές πιέσεις. Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό αν δει κανείς το διάγραμμα Mollier οπότε παρατηρεί την εικόνα που φαίνεται ποιοτικά στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Εικόνα ισόθλιπτων στο διάγραμμα Mollier. Φαίνεται ότι σε μικρές πιέσεις το ίδιο Δh αντιστοιχεί σε μικρότερη μεταβολή πίεσης.

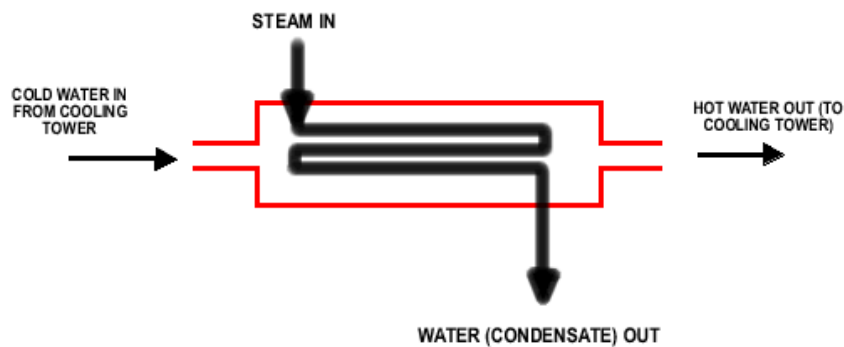
Έτσι για παράδειγμα μια ενθαλπική πτώση $50 \frac{kJ}{kg}$ από μια αρχική πίεση 20 bar απαιτεί πτώση πίεσης της τάξεως των 3 bar, ενώ από μια αρχική πίεση 0,5 bar πτώση πίεσης της τάξης των 0,15 bar. Αυτό μας δείχνει ότι η πτώση πίεσης στον συμπυκνωτή ισοδυναμεί με πολύ μεγαλύτερη αύξηση πίεσης στην αντλία τροφοδοσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Συμπυκνωτές και ψυκτικά συστήματα

2.1 Συμπυκνωτές

Οι συμπυκνωτές συμπυκνώνουν τον ατμό που βγαίνει από τον στρόβιλο. Το συμπύκνωμα αυτό καταλήγει με τη βοήθεια κατάλληλων αντλιών στη δεξαμενή τροφοδοτικού νερού.



FUNCTIONAL ARRANGEMENT OF A POWER PLANT CONDENSER

Σχήμα 2.1: Τυπική Λειτουργία συμπυκνωτή [11]

Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας όπου ατμός υπό χαμηλή πίεση και θερμοκρασία συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυκτικού μέσου που μπορεί να είναι νερό ή αέρας.

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται συμπυκνωτές διαφόρων τύπων:



Σχήμα 2.2: Επιφανειακός συμπυκνωτής [12]



Σχήμα 2.3: Επιφανειακός συμπυκνωτής στη μονάδα 5 του Λαυρίου [13]



Σχήμα 2.4: Επιφανειακός συμπυκνωτής Graham [14]

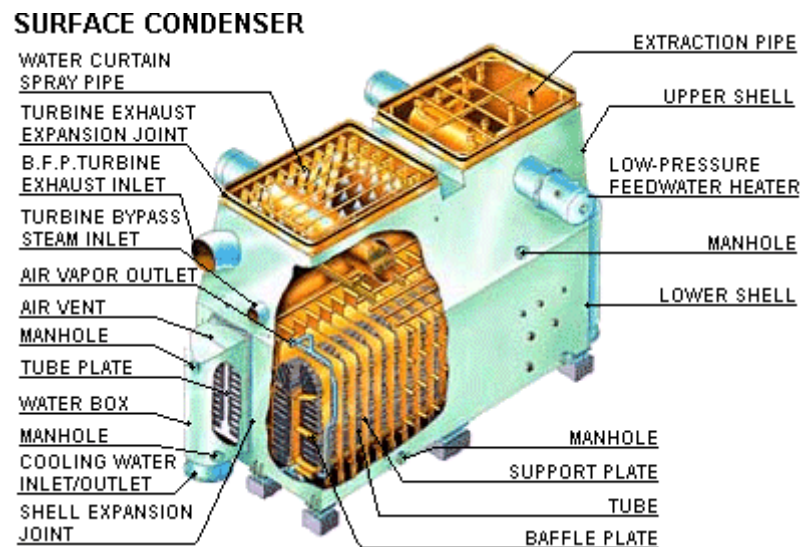


Σχήμα 2.5: Επιφανειακός συμπυκνωτής Foster Wheeler [15]

Ο συμπυκνωτής αποτελείται από:

- Τον κυρίως συμπυκνωτή
- Αντλίες ψυκτικού νερού ή ανεμιστήρες ψυκτικού αέρα
- Αντλίες συμπυκνώματος
- Συσκευές αναρρόφησης του αέρα και δημιουργίας κενού
- Σωλήνες, βαλβίδες

Στο σχήμα 2.6 αναλύονται τα μέρη ενός επιφανειακού συμπυκνωτή:



Σχήμα 2.6: Μέρη ενός συμπυκνωτή [12]

2.1.1 Είδη συμπυκνωτών

Ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που θα χρησιμοποιηθεί, οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε:

- Συμπυκνωτές με νερό σαν ψυκτικό μέσο.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται στους περισσότερους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Η αναγκαιότητα του διαχωρισμού ψυκτικού νερού και συμπυκνώματος καθιστά επιβεβλημένη τη χρησιμοποίηση επιφανειακών συμπυκνωτών.

Διακρίνεται εδώ η ψύξη με νερό κατευθείαν από θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι και η ψύξη σε κλειστό κύκλωμα με εγκατάσταση ψύξης του ψυκτικού νερού (πύργοι ψύξης, κ.λπ.). Το επόμενο κεφάλαιο θα ασχοληθεί με τα ψυκτικά συστήματα.

- Συμπυκνωτές με αέρα σαν ψυκτικό μέσο

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε μέρη όπου το νερό είναι πολύ σπάνιο. Διακρίνεται εδώ η άμεση συμπύκνωση, όπου χρησιμοποιούνται αερόψυκτοι επιφανειακοί συμπυκνωτές, και η έμμεση συμπύκνωση όπου χρησιμοποιούνται υδρόψυκτοι συμπυκνωτές με ψεκασμό νερού με ψύξη του ψυκτικού νερού σε αερόψυκτους επιφανειακούς εναλλάκτες θερμότητας.

2.1.2 Υπολογισμοί

Επιφανειακοί συμπυκνωτές με ψυκτικό μέσο νερό

Η απαγόμενη θερμότητα δίνεται από τη σχέση :

$$Q = \dot{m}_D (h - h_k) \quad [\text{kW}] \quad (2.1)$$

όπου:

\dot{m}_D = ποσότητα εισερχόμενου ατμού (kg/s)

h = ενθαλπία ατμού (kJ/kg)

h_k = ενθαλπία συμπυκνώματος (kJ/kg)

Σε καλούς συμπυκνωτές μπορεί να υποτεθεί ότι το συμπύκνωμα δεν είναι υπόψυκτο και λαμβάνεται:

$$h_k = h' = c_p \cdot \theta_s \quad (2.2)$$

όπου:

θ_s = θερμοκρασία κορεσμού στην είσοδο του συμπυκνωτή ($^{\circ}\text{C}$)

h' = ενθαλπία κορεσμού (kJ/kg)

c_p = ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/kg·K)

Η θερμοκρασία του συμπυκνώματος θ_k μπορεί να είναι μερικά δέκατα μέχρι έναν περίπου βαθμό Κελσίου υψηλότερη του θ_s επειδή μέσα στο συμπυκνωτή λαμβάνει χώρα μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ατμού σε πίεση.

Ο υπολογισμός των συμπυκνωτών γίνεται κατά κανόνα στο φορτίο του στροβίλου με τον καλύτερο βαθμό απόδοσης. Στην περίπτωση αύξησης της παροχής ατμού και, συνεπώς, του θερμικού φορτίου που εισέρχεται στο συμπυκνωτή, αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισόδου και εξόδου του ψυκτικού μέσου και, κατά συνέπεια, αυξάνει η πίεση του συμπυκνώματος (χειροτερεύει το κενό του συμπυκνωτή).

Η θερμότητα που εισέρχεται στους σωλήνες του συμπυκνωτή δίνεται ακόμη από τη σχέση:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta\theta_L \text{ [kW]} \quad (2.3)$$

όπου:

k = συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας ($W / m^2 \cdot K$)

A = Ψυκτική επιφάνεια (m^2)

Η μέση λογαριθμική θερμοκρασία δίνεται από την σχέση :

$$\Delta\theta_L = \frac{\theta_a - \theta_e}{\ln \frac{\theta_s - \theta_e}{\theta_s - \theta_a}} = \frac{\Delta\theta_1 - \Delta\theta_2}{\ln \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}} \text{ [K]} \quad (2.4)$$

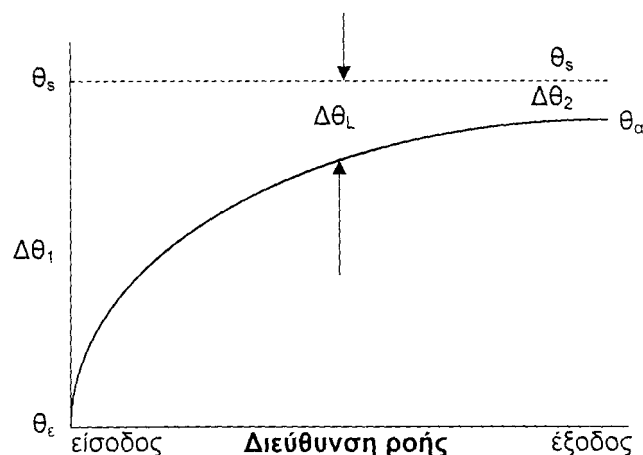
όπου:

θ_a = θερμοκρασία εξόδου ψυκτικού νερού ($^{\circ}C$)

θ_e = θερμοκρασία εισόδου ψυκτικού νερού ($^{\circ}C$)

θ_s = θερμοκρασία συμπύκνωσης ($^{\circ}C$)

Η διαφορά $\Delta\theta_2 = \theta_s - \theta_a$ είναι ένα χαρακτηριστικό μέγεθος του συμπυκνωτή (GRÄDIGKEIT).



Σχήμα 2.7: Διάγραμμα Gradigkeit [1]

Η αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης γίνεται με 3 τρόπους:

1. με μείωση της θερμοκρασίας εισόδου του ψυκτικού νερού (όπως θα φανεί και στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας)
2. με αύξηση της παροχής του ψυκτικού νερού που οδηγεί σε μείωση του $\Delta\theta_1$ με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας συμπίκνωσης
3. με μείωση του $\Delta\theta_2$ που οδηγεί σε χρησιμοποίηση μεγαλύτερου σε μέγεθος συμπυκνωτή.

2.2 Ψυκτικά συστήματα

Παρακάτω θα αναλύσουμε τα διάφορα ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στις μονάδες ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή εγκατάστασης αυτών (επάρκεια νερού, συνθήκες περιβάλλοντος).

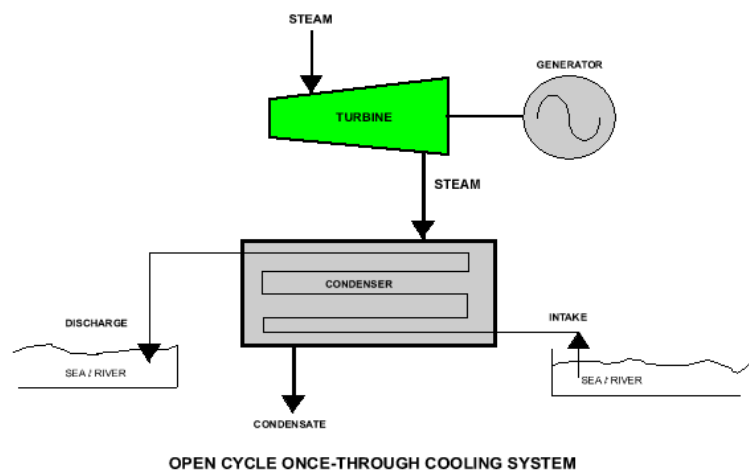
Τα ψυκτικά συστήματα του νερού κυκλοφορίας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Ανοικτά συστήματα ψύξης
- Κλειστά συστήματα ψύξης

Τα **ανοικτά συστήματα ψύξης** χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες, την *ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας* και την *ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας με περαιτέρω ψύξη αυτού με πύργο ψύξης*.

2.2.1 Ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας

Στο παρακάτω σχήμα 2.8 παρουσιάζεται ένα ανοικτό ψυκτικό σύστημα χωρίς πύργο ψύξης:



Σχήμα 2.8: Ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας [11]

Ο ατμός εξερχόμενος από τον στρόβιλο εισέρχεται σε ένα επιφανειακό συμπυκνωτή όπου συμπυκνώνεται με τη βοήθεια νερού ψύξης που προέρχεται από ποταμό ή από τη θάλασσα όπως φαίνεται στο σχήμα 2.8.

Τα **πλεονεκτήματα** αυτής της μεθόδου είναι:

- Απλό στη κατασκευή και στη λειτουργία του.
- Στη θάλασσα επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και άρα πετυχαίνεται υψηλός βαθμός απόδοσης, όπως θα φανεί και στη συνέχεια.
- Δεν είναι δαπανηρή.

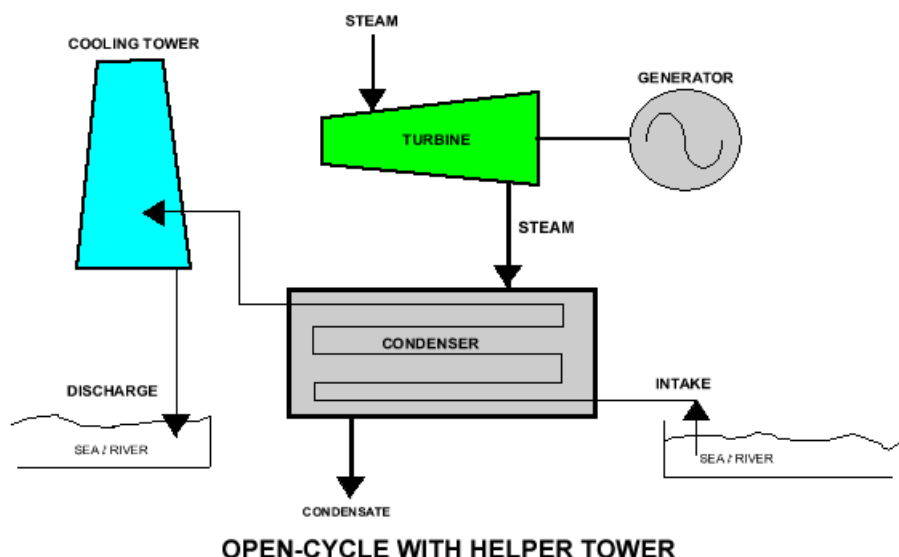
Τα **μειονεκτήματα** είναι τα εξής:

- Οι ποσότητες νερού που διατίθενται συνήθως για αυτό το σκοπό είναι περιορισμένες.
- Η δυνατότητα φόρτισης των υδάτων είναι περιορισμένη
- Ο θερμικός σταθμός επιβάλλεται να γίνει εκεί που υπάρχει το ψυκτικό νερό.
- Υπάρχει ο κίνδυνος επικαθήσεων και διαβρώσεων στο ψυκτικό κύκλωμα

Επειδή το νερό που εξέρχεται από τον συμπυκνωτή έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία και αποβάλλεται στη θάλασσα ή στον ποταμό, αποτελεί κίνδυνο για τους οργανισμούς που ζούνε στη θάλασσα. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνεται περιβαλλοντική μελέτη για να λαμβάνονται υπ' όψη τα όρια που επιβάλλονται σε κάθε περιοχή. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοσθεί η δεύτερη μέθοδος:

2.2.2 Ψύξη με νερό ποταμού ή θάλασσας και περαιτέρω ψύξη αυτού σε πύργο ψύξης

Στο παρακάτω σχήμα 2.9 παρουσιάζεται ένα ανοικτό ψυκτικό σύστημα με πύργο ψύξης:

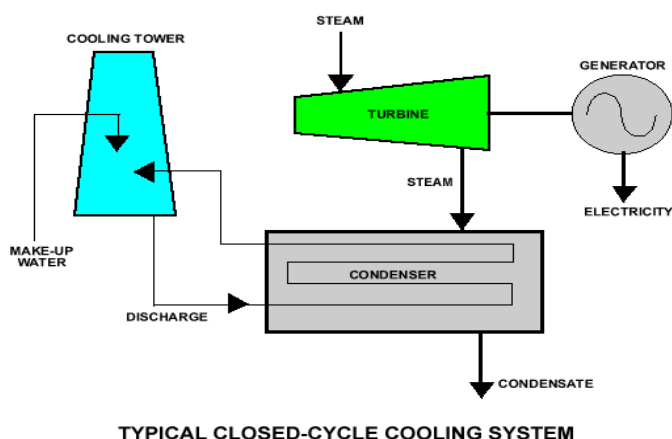


Σχήμα 2.9: Ψύξη με βοήθεια και πύργου ψύξης [11]

Η μέθοδος αυτή είναι ίδια με πριν, απλά το νερό που εξέρχεται από τον συμπυκνωτή, πριν καταλήξει στη θάλασσα, στη λίμνη ή στο ποταμό, διέρχεται από τον πύργο ψύξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το θερμικό φορτίο που προέρχεται από τους σταθμούς να αποβάλλεται κατά ένα μέρος στη θάλασσα και κατά ένα μέρος στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στα **κλειστά ψυκτικά συστήματα** έχουμε τους υγρούς πύργους ψύξης που παρουσιάζονται παρακάτω και τα αεροψυγεία με τα οποία δεν θα ασχοληθεί η παρούσα διπλωματική εργασία. Στα αεροψυγεία δεν απαιτείται καθόλου ψυκτικό νερό, η θερμοκρασία συμπύκνωσης όμως είναι αισθητά υψηλότερη ιδίως το καλοκαίρι, που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Στα κλειστά ψυκτικά συστήματα με πύργους ψύξης το θερμικό φορτίο των θερμοηλεκτρικών σταθμών καταλήγει στην ατμόσφαιρα. Επίσης η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στα ανοιχτά ψυκτικά συστήματα.

Στο σχήμα 2.10 παρουσιάζεται ένα κλειστό σύστημα με πύργο ψύξης:



Σχήμα 2.10: Κλειστό σύστημα ψύξης με πύργο ψύξης [11]

2.2.3 Υγροί πύργοι ψύξης

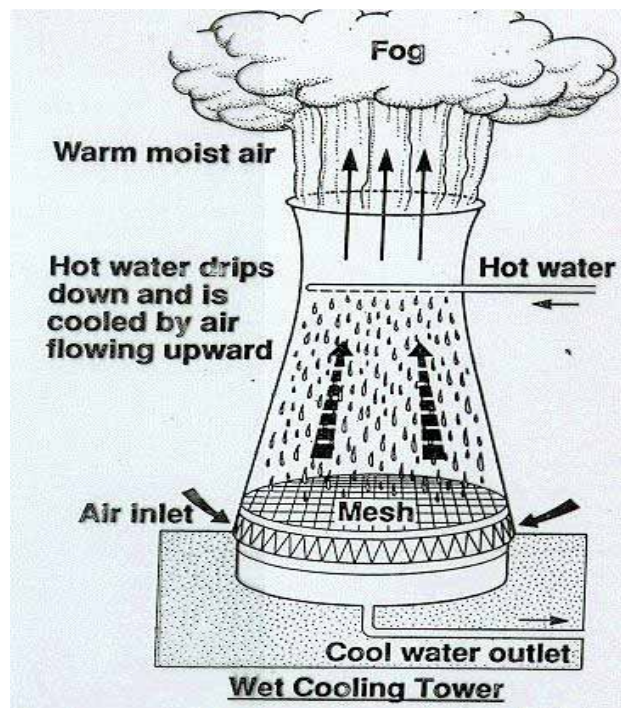
2.2.3.1 Εισαγωγή

Ο ατμός που εξέρχεται από το στρόβιλο συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυκτικού νερού σε επιφανειακό συμπυκνωτή. Το νερό ψύξης στη συνέχεια ψύχεται σε έναν υγρό πύργο ψύξης.



Σχήμα 2.11: Υγρός πύργος ψύξης [17]

Ο υγρός πύργος ψύξης υψώνεται πάνω από μία δεξαμενή νερού σχήματος τετραγωνικού ή τις περισσότερες φορές κυλινδρικού. Είναι μία κυλινδρική ή τετράπλευρη κατασκευή επί της οποίας υπάρχει το σύστημα κατανομής και ψύξης του νερού. Το νερό κατανέμεται σε μεγάλο αριθμό καναλιών, απ όπου με μικρές σπές πέφτει σε πιατάκια διασκορπισμού και κυλιέται σε κυματοειδείς επιφάνειες, ερχόμενο σε άμεση επαφή με τον από κάτω προς τα άνω προσαγόμενο αέρα όπου και ψύχεται.



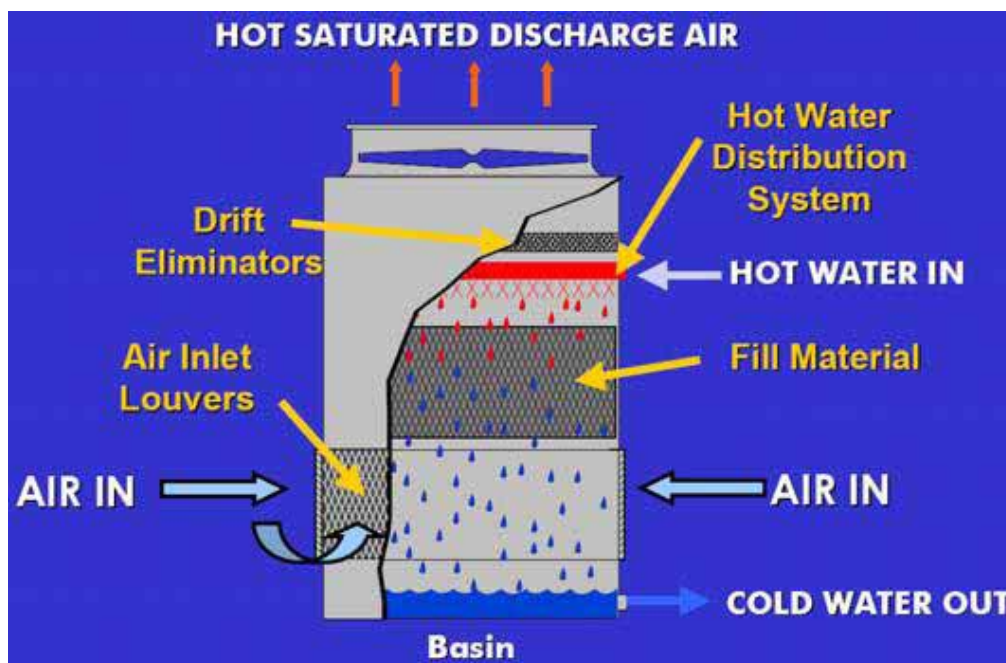
Σχήμα 2.12: Λειτουργία υγρού πύργου ψύξης φυσικού ελκυσμού [7]

Σαν υλικά για το υδραυλικό τμήμα κατανομής του νερού χρησιμοποιούνται ξύλο ή Pvc. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν αμιαντοσιμέντο, το οποίο έχει σχεδόν απεριόριστη διάρκεια ζωής εφόσον το νερό ψύξης έχει υποστεί την κατάλληλη χημική κατεργασία. Τον τελευταίο καιρό χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο πλαστικά υλικά, αφού έχει γίνει πλέον γνωστή η επίδραση της σκόνης αμιάντου στους ανθρώπινους οργανισμούς. Το ξύλο έχει το πλεονέκτημα των χαμηλών εξόδων εγκατάστασης, υστερεί όμως στη διάρκεια ζωής έναντι του αμιαντοσιμέντου. Η διάβρωση παρεμποδίζεται προσθέτοντας χρωμικά άλατα στο νερό. Τονίζεται ότι ο σχηματισμός αποθέσεων αλάτων αποφεύγεται ελέγχοντας το pH του νερού.

Ο αέρας εισάγεται κάτω από την επιφάνεια κατανομής και ψύξης του νερού από ανοίγματα στην περιφέρεια του πύργου και διαρρέει την επιφάνεια του, είτε σε αντηροή, είτε με διασταυρούμενη ροή, είτε με καθαρά διασταυρούμενη ροή.

Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται είτε φυσικά (πύργοι ψύξης φυσικού ελκυσμού) ή με την χρήση ανεμιστήρων (πύργοι ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα).

Συνήθως σε εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους (παραγωγή ισχύος <150 MW) χρησιμοποιείται μηχανικός αερισμός είτε έχουμε αντηροή των ρευμάτων είτε διασταυρούμενη ροή.



Σχήμα 2.13: Λειτουργία πύργου ψύξης μηχανικής ροής αέρα [7]

Η πλειονότητα των πύργων ψύξης με πληρωτικά υλικά κατασκευάζονται από fiberglass (το περίβλημα), πλαστικό (το πληρωτικό υλικό) και ανοξείδωτο χάλυβα (τα στηρίγματα).

Σε πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις ψύξης νερού δηλαδή σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς που μας ενδιαφέρει χρησιμοποιούνται συνήθως πύργοι φυσικού ελκυσμού και βεβιασμένης κυκλοφορίας. Οι πύργοι φυσικού ελκυσμού έχουν μεγάλο όγκο (π.χ. διάμετρος 60 m και ύψος 100 m), οπότε δεν πρέπει να έχουμε περιορισμό ύψους για την εγκατάσταση. Επίσης αυτού τους είδους οι πύργοι είναι κατάλληλοι για χώρες με εύκρατο κλίμα όπως είναι η Ελλάδα.

Ο αέρας που εξέρχεται από τους πύργους ψύξης περιέχει νερό κυκλοφορίας υπό μορφή σταγονιδίων. Οι σταγόνες μέχρι περίπου 10 μm κατατάσσονται στην ομίχλη και στον υπερκεκορεσμένο αέρα, ενώ οι σταγόνες με διάμετρο > 10 μm στο μηχανικά παρασυρόμενο νερό το οποίο δεν συγκροτείται από τον εξοπλισμό διαχωρισμού του νερού και αέρα του πύργου ψύξης. Ένα μέρος από τα εκπεμπόμενα σταγονίδια εξατμίζεται και το υπόλοιπο συμπυκνώνεται και πέφτει σαν βροχή στο έδαφος.

Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι δεν επηρεάζεται το τοπικό κλίμα από τους πύργους ψύξης.

Έτσι συνοψίζοντας, τα κυριότερα λειτουργικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κλειστών πύργων ψύξης είναι:

Πλεονεκτήματα

1. Αποφυγή της θερμικής φόρτισης
2. Υπάρχει μικρή εξάρτηση του τύπου κατασκευής του σταθμού από τον τόπο όπου υπάρχει το ψυκτικό νερό (νερό προσθήκης όσο περίπου και η ατμοπαραγωγή). Αυτό συμβαίνει γιατί απαιτείται μικρότερη ποσότητα νερού μόνο για εξατμισμό και blowdown. (Ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χρησιμοποιείται περίπου 1,5–3% του ψυκτικού νερού κυκλοφορίας όταν χρησιμοποιείται γλυκό νερό σαν ψυκτικό και 4-8% για θαλασσινό νερό).

Μειονεκτήματα

1. Υψηλά έξοδα εγκατάστασης.
2. Υψηλά έξοδα λειτουργίας γιατί συνεχώς πρέπει να προστίθεται νέο νερό στο κύκλωμα.
3. Υπάρχουν κίνδυνοι διαβρώσεων.
4. Υψηλότερο θερμοκρασιακό επίπεδο ψύξης

2.2.3.2 Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας του πύργου ψύξης είναι:

Το κατιονιζόμενο νερό έρχεται σε επαφή με τον εισαγόμενο ατμοσφαιρικό αέρα στον πύργο ψύξης. Κατά τη διάρκεια παραμονής του αέρα μέσα στον πύργο παρατηρούνται δύο φαινόμενα:

A) Το νερό ψύχεται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας με τους κλασικούς κανόνες της συναγωγής.

B) Ένα μέρος του νερού εξατμίζεται. Το νερό σε μορφή υδρατμών περιέρχεται στον αέρα ο οποίος λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας και του χαμηλότερου βαθμού κορεσμού είναι σε θέση να το απορροφήσει. Η απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα λαμβάνεται από το υπόλοιπο νερό το οποίο συνεπώς ψύχεται.

Με αυτόν τον τρόπο απομακρύνεται κατά μέσο όρο το 80 % της αποβαλλόμενης θερμότητας, ενώ το υπόλοιπο 20% αποβάλλεται με συναγωγή.

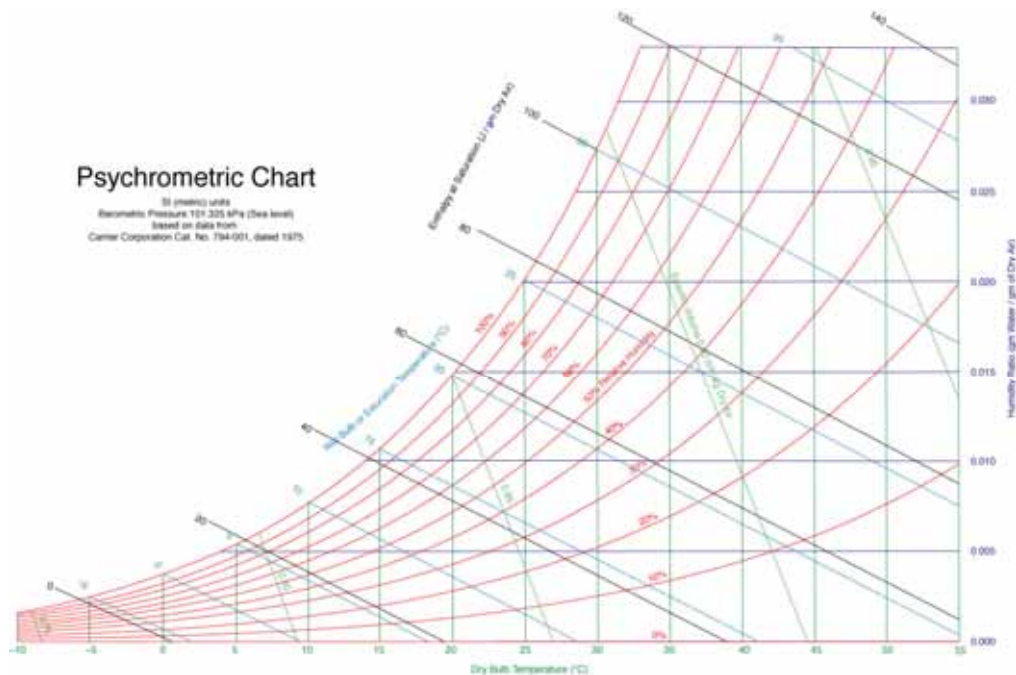
Επειδή ο αέρας που βγαίνει είναι περίπου κορεσμένος και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, την στιγμή που εξέρχεται από τον πύργο ψύξης ψύχεται και αποβάλλει μέρος από την θερμοκρασία που έχει απορροφήσει. Έτσι εμφανίζεται ένα σύννεφο υδρατμών πάνω από τους πύργους ψύξης (ορατό πλούμι).

Στη συνέχεια παρατίθενται οι ορισμοί των θερμοκρασιών ξηρού και υγρού βολβού που θα χρειαστούν παρακάτω στην εργασία.

Όταν σταθερό διερχόμενο ρεύμα ψύχει υγρή επιφάνεια υλικού εμποτισμένου με καθαρό νερό, τότε μετά από ικανό χρόνο και υπό συνθήκες αδιαβατικής μεταβολής η θερμοκρασία της υγρής επιφάνειας δεν μεταβάλλεται πλέον. Η θερμοκρασία αυτή που είναι μικρότερη της θερμοκρασίας του αέρα (*θερμοκρασία ξηρού βολβού*) καλείται *θερμοκρασία υγρού βολβού* (WBT) και είναι συνάρτηση της υγρασίας του αέρα.

Θερμοκρασία ξηρού βολβού (DBT) είναι η θερμοκρασία αερίου ή μίγματος αερίων π.χ ατμοσφαιρικού αέρα, που μετράται με μία από τις γνωστές θερμομετρικές διατάξεις ακριβείας.

Γνωρίζοντας τη θερμοκρασία ξηρού βολβού και την σχετική υγρασία που επικρατεί στη συγκεκριμένη θερμοκρασία, μπορούμε από το παρακάτω ψυχομετρικό διάγραμμα (σχήμα 2.14) να υπολογίσουμε την εκάστοτε θερμοκρασία υγρού βολβού:



Σχήμα 2.14: Ψυχομετρικό διάγραμμα [18]

Για παράδειγμα αν η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι 30°C και η σχετική υγρασία 40% από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η θερμοκρασία υγρού βολβού θα είναι 20°C , ενώ για την ίδια θερμοκρασία ατμόσφαιρας έχουμε σχετική υγρασία 60%, η θερμοκρασία υγρού βολβού θα είναι 24°C περίπου.

Το πλεονέκτημα που εμφανίζει ο υγρός πύργος ψύξης είναι ότι και για θερμοκρασία αέρα ξηρού βολβού μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία εισόδου του νερού, ο πύργος ψύξης ψύχει το νερό, από τη στιγμή που η θερμοκρασία υγρού βολβού είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία εισόδου του νερού.

Για παράδειγμα, έστω ότι η θερμοκρασία εισόδου του νερού είναι 35°C . Στη μια περίπτωση η θερμοκρασία ατμόσφαιρας είναι 28°C και στην άλλη 40°C . Στη 1^η περίπτωση θα μπορούσε να γίνει ψύξη του νερού με απλή συναγωγή, αλλά όχι στη 2^η περίπτωση. Όμως ο πύργος ψύξης λειτουργεί σε τιμές θερμοκρασιών υγρού βολβού που στη 2^η περίπτωση θα είναι περίπου $23-27^{\circ}\text{C}$, όποτε μπορεί να ψυχθεί το νερό. Λόγω ψύξης με βάση την θερμοκρασία υγρού βολβού το νερό είναι πιθανό να ψυχθεί ακόμα και σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του εισερχόμενου αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Υπολογισμός βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος Θερμοηλεκτρικών Σταθμών

3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Βαθμός Απόδοσης Μονάδας

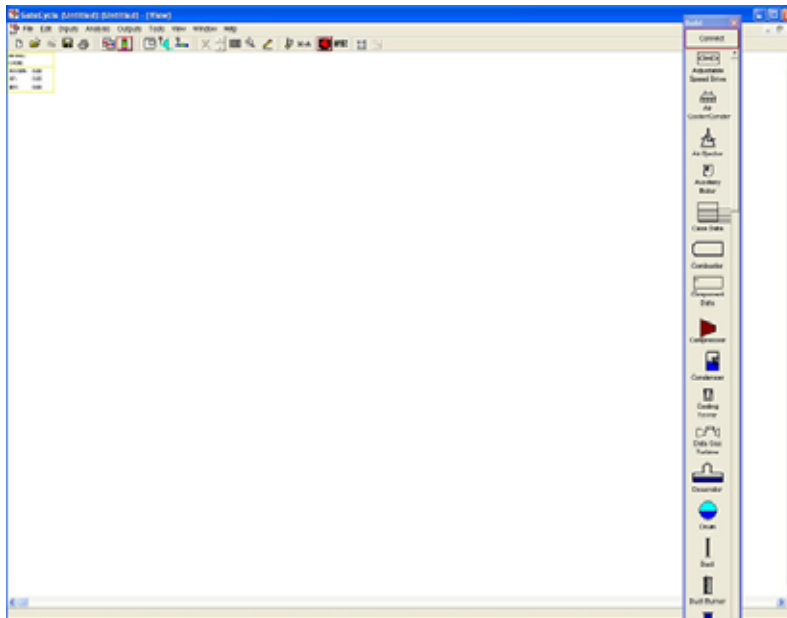
Αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 ο ορισμός του θερμικού βαθμού απόδοσης και του καθαρού βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθεί με την εξέλιξη του καθαρού βαθμού απόδοσης κατά τη διάρκεια του έτους σε 2 σταθμούς σε 3 διαφορετικές περιοχές που αναφέρονται παρακάτω. Η μελέτη αυτή θα πραγματοποιηθεί με το Gatecycle.



Το Gatecycle 5.51 της Ge Enter Software είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης της λειτουργίας των 2 υπό μελέτη μονάδων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

3.1.2 Gatecycle

Το Gatecycle βοηθά έτσι ώστε να σχεδιαστεί η εξεταζόμενη μονάδα στην οθόνη του υπολογιστή. Όταν ξεκινά το πρόγραμμα η πρώτη εικόνα που εμφανίζεται είναι η ακόλουθη:



Σχήμα 3.1: Επιφάνεια σχεδίασης στο Gatecycle

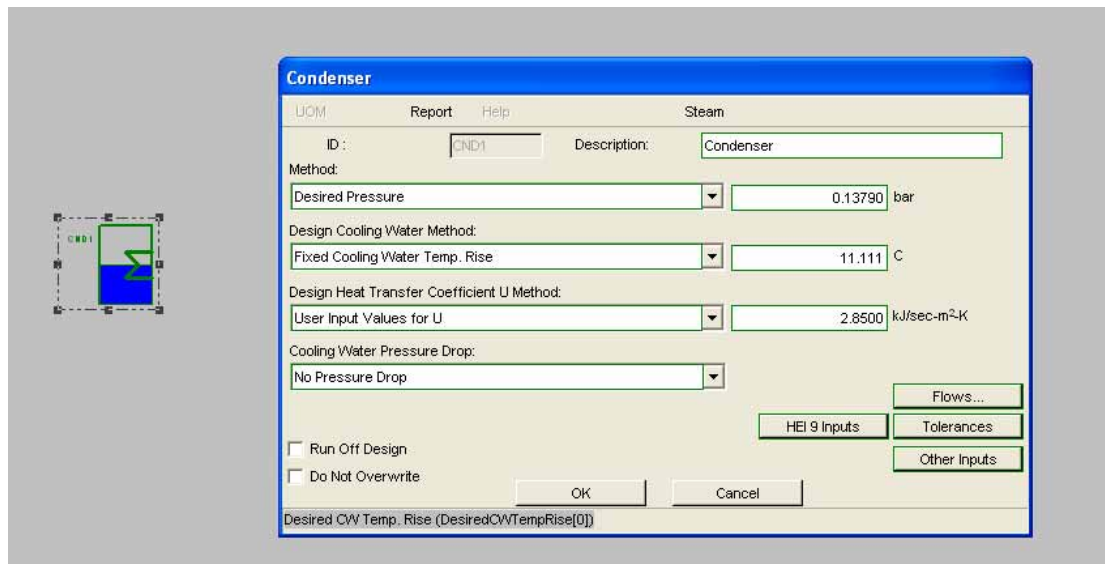
Κάθε εξάρτημα του ΑΗΣ αναπαρίσταται με ένα εικονίδιο στη δεξιά στήλη όπως φαίνεται στο σχήμα. (Για τον συμπιεστή , για τον συμπυκνωτή  κτλ.)

Αφού τοποθετηθεί το κάθε εξάρτημα με τη μορφή εικονιδίου στην επιφάνεια σχεδίασης θα πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει πατώντας το κουμπί connect που ενώνει τα 2 εικονίδια. Δημιουργούνται έτσι αγωγοί που το πρόγραμμα τους ονομάζει streams και τους συμβολίζει με το λατινικό γράμμα S.


Όταν τοποθετηθεί το εικονίδιο ενός στοιχείου του ΑΗΣ τότε πρέπει ο σχεδιαστής να εισάγει κάποια απαραίτητα δεδομένα που περιγράφουν τη λειτουργία του, για να μπορέσει το λογισμικό στη συνέχεια να υπολογίσει τα υπόλοιπα μεγέθη.

Η εισαγωγή των απαραίτητων τιμών λειτουργίας γίνεται σε ένα παράθυρο που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο στοιχείο, το οποίο ανοίγει αυτόματα όταν γίνει διπλό κλικ πάνω στο αντίστοιχο εικονίδιο.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το παράθυρο εισαγωγής για έναν συμπυκνωτή:

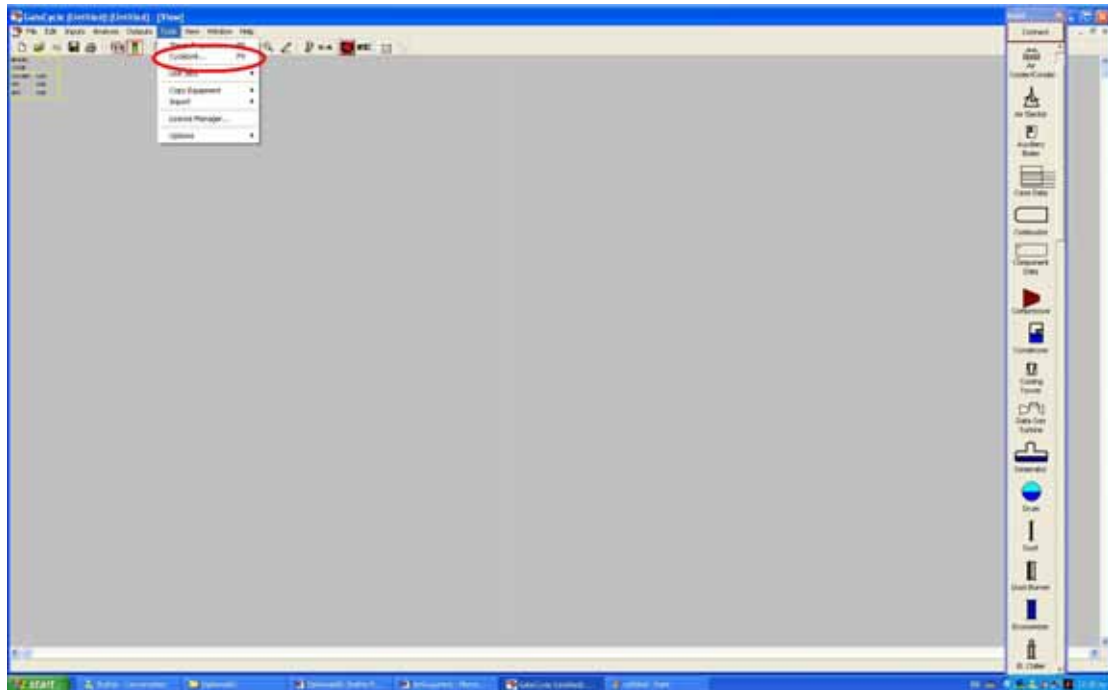


Σχήμα 3.2: Παράθυρο εισαγωγής τιμών για συμπυκνωτή στο Gatecycle

Αφού έχουν τοποθετηθεί όλα τα εικονίδια (εξαρτήματα) και έχουν γίνει οι απαραίτητες συνδέσεις μπορεί να γίνει η προσομοίωση του σταθμού. Αυτό συμβαίνει πατώντας το εικονίδιο . Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν ασχολείται με τον σχεδιασμό κάποιων μονάδων στο Gatecycle και για αυτό το λόγο δεν θα εστιαστεί στα λάθη που μπορεί να προκύψουν στα «τρεξίματα» του Gatecycle κατά τον σχεδιασμό (έλλειψη εισαγωγής δεδομένων, λανθασμένα δεδομένα κτλ). Οι 2 μονάδες που θα αναλυθούν παρακάτω συγκλίνουν εξ αρχής χωρίς προβλήματα.

Μια πρακτική εφαρμογή του Gatecycle είναι το CycleLink. Πατώντας Tools→CycleLink, όπως φαίνεται στο σχήμα με κόκκινο κύκλο (σχήμα 3.3), ενεργοποιείται η εφαρμογή, ανοίγοντας ένα παράθυρο του Microsoft Excel (σχήμα 3.4), όπου παρέχεται η δυνατότητα να συσχετιστεί το φύλλο Excel με το Gatecycle

έτσι ώστε να εισάγονται τα δεδομένα που χρειάζονται για να υπολογιστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.



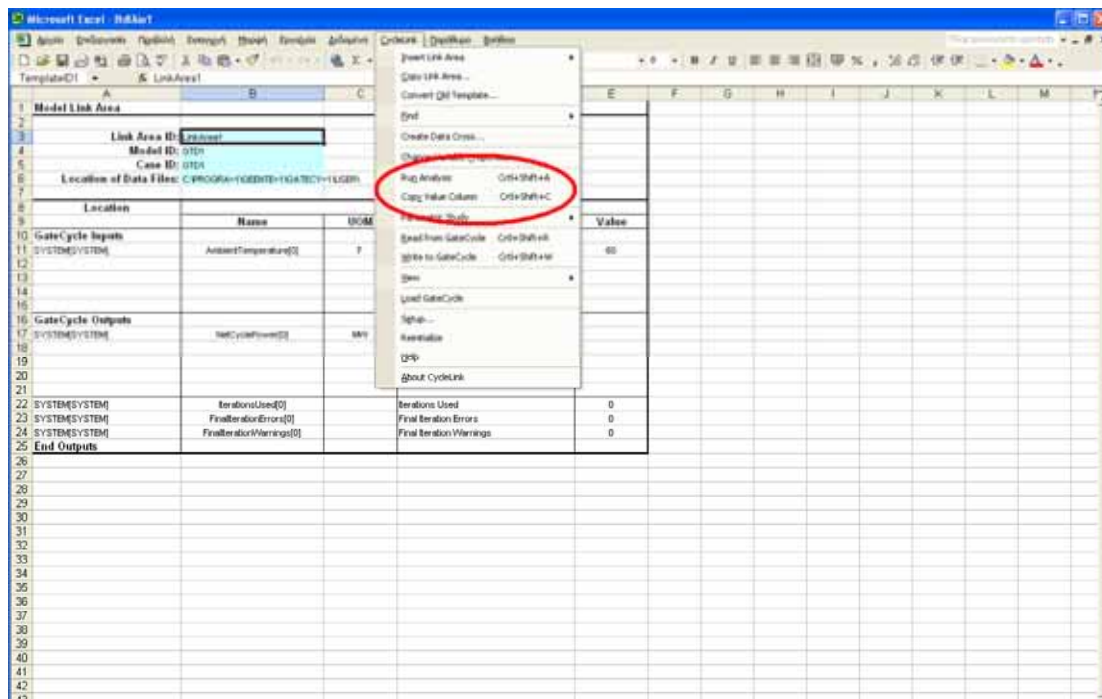
Σχήμα 3.3: CycleLink

Location	Name	UOM	Description	Value
GateCycle Inputs	AmbientTemperature[0]	F	Ambient Temperature	80
GateCycle Outputs	FuelCyclePower[0]	MW	Fuel Cell Power	
IterationCount[0]			Iterations Used	0
FinalIterationError[0]			Final Iteration Error	0
FinalIterationWarning[0]			Final Iteration Warnings	0
End Outputs				

Σχήμα 3.4: Εισαγωγή τιμών στο Excel μέσω CycleLink

Στο Link Area id με δεξί κλικ μπορεί να συσχετιστεί το μοντέλο και η περίπτωση που θα τρέχει το Gatecycle. Στο Gatecycle Inputs εισάγονται τα δεδομένα που θέλει ο χειριστής του προγράμματος και στο Gatecycle Outputs προκύπτουν τα αποτελέσματα μετά τα τρεξίματα. Το Gatecycle τρέχει μέσα από το Microsoft Excel

πατώντας το κουμπί CycleLink → Run Analysis όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα με κόκκινο κύκλο:



Σχήμα 3.5: “Τρέξιμο” του Gatecycle μέσω Cyclelink

Αφού τρέξει το πρόγραμμα, στο κάτω μέρος του ορθογωνίου εμφανίζονται οι κύκλοι που έχουν «τρέξει» μέχρι να υπάρξει σύγκλιση, τα λάθη που προκύπτουν καθώς και οι προειδοποιήσεις κατά τη διάρκεια των τρεξιμάτων.

Πατώντας το κουμπί Copy Value Column αντιγράφονται τα αποτελέσματα δεξιά στο φύλλο εργασίας για να μπορεί μετά ο χειρίστης να εισάγει άλλα δεδομένα, να προκύψουν άλλα αποτελέσματα κτλ.

3.2 Περιγραφή των υπό εξέταση μονάδων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται 2 μονάδες για την μηνιαία μεταβολή του βαθμού απόδοσης τους μέσα στο χρόνο καθώς και την εξέλιξη της παραγόμενης ισχύος τους. Η μία μονάδα είναι ισχύος 800 MW με καύσιμο λιθάνθρακα και η άλλη είναι η μονάδα συνδυασμένου κύκλου με μονάδα ατμού ισχύος 550MW. Η μονάδα χρησιμοποιεί για καύσιμο φυσικό αέριο.

Λιθανθρακική μονάδα ισχύος 800 MW

Η μονάδα αυτή είναι λιθανθρακικός ΑΗΣ ισχύος 800 MW.

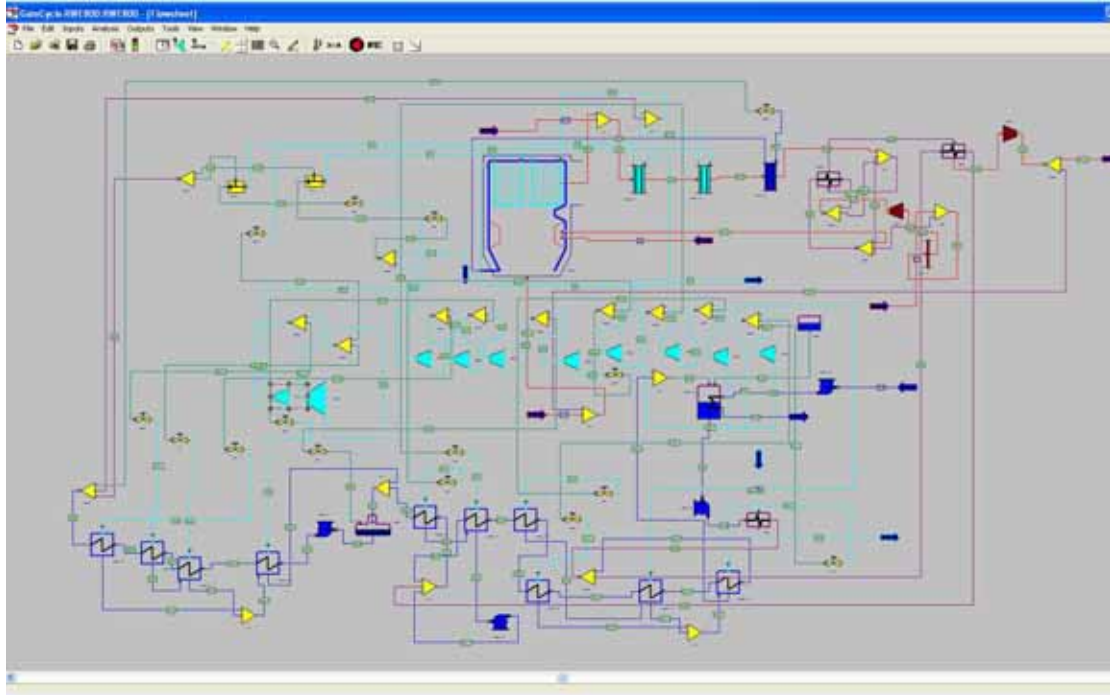
Το **κύκλωμα νερού/ ατμού** αποτελείται από:

- ατμοστρόβιλο τριών βαθμίδων (υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης)
- δέκα προθερμάνσεις νερού δι’ ατμού.

Το **κύκλωμα του καυσαερίου** περιλαμβάνει:

- τον ατμοποιητή
- δύο υπερθερμαντές
- δύο αναθερμαντές,
- τον οικονομητήρα και
- ένα προθερμαντήρα αέρος (LUVO).

Στο σχήμα φαίνεται το εικονικό μοντέλο του σταθμού στην επιφάνεια σχεδίασης στο Gatecycle.



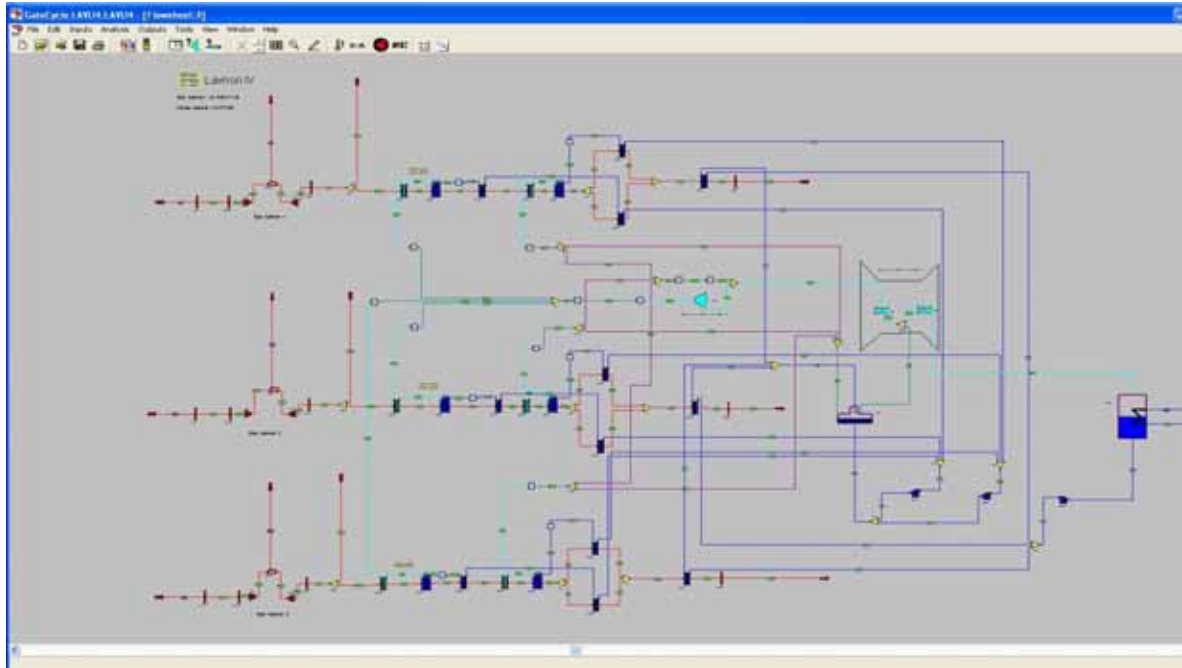
Σχήμα 3.6: Εικονικό μοντέλο λιθανθρακικής μονάδας Coal 800 στο Gatecycle

Μονάδα συνδρασμένου κύκλου 550 MW

Η μονάδα αυτή παράγει καθαρή ισχύ 550 MW με βαθμό απόδοσης 50,79%. Αποτελείται από:

- τρεις αεροστρόβιλους βαθμού απόδοσης 33,55%
- τρεις λέβητες ανάκτησης θερμότητας δύο πιέσεων
- ένα ατμοστρόβιλο

Στο σχήμα φαίνεται το εικονικό μοντέλο του σταθμού στην επιφάνεια σχεδίασης στο Gatecycle.



Σχήμα 3.7: Εικονικό μοντέλο μονάδας συνδυασμένου κύκλου στο Gatecycle

3.3 Δεδομένα ατμόσφαιρας και θάλασσας στις υπό εξέταση περιοχές

Οι περιοχές που εξετάζονται όπως αναφέρθηκε πιο πάνω είναι οι: **Αλιβέρι (Εύβοια)** , **Χρυσούπολη (Καβάλα)** και **Σούδα (Κρήτη)**. Έτσι μελετάται η εγκατάσταση των 2 μονάδων στην Ελλάδα στον Βόρεια Ελλάδα (Καβάλα), στη Κεντρική Ελλάδα (Αλιβέρι) και στη Νότια Ελλάδα (Σούδα) με σκοπό να εξετασθούν διάφορες κλιματολογικές συνθήκες.

3.3.1 Ατμοσφαιρικά δεδομένα

Τα ατμοσφαιρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία ελήφθησαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και αφορούν τα έτη 1957-2001 (Αλιβέρι), 1984-2001 (Καβάλα), 1958-2001 (Σούδα)

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης οι τιμές που θα εισαχθούν στο Gatecycle αφορούν τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ξηρού βολβού (DBT) και μέσες μηνιαίες σχετικές υγρασίες (Rel. Hum average) για όλα τα έτη στις εκάστοτε περιοχές.

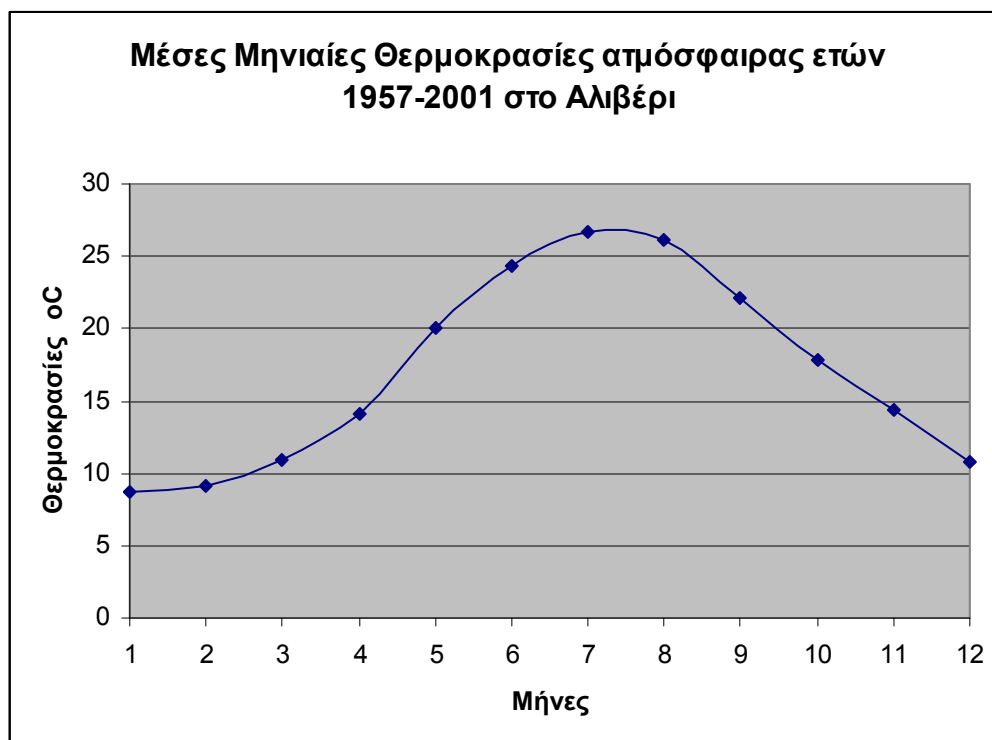
Αλιβέρι

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών για την περιοχή του Αλιβερίου είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
DBT average	°C	8,7	9,1	10,9	14,1	20,0	24,3	26,7	26,1	22,1	17,9	14,4	10,8
Rel. Hum average	%	76,9	73,9	71,9	65,7	58,3	48,3	46,9	49,2	57,9	68,3	75,5	77,5

Πίνακας 3.1: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών στο Αλιβέρι

Το διάγραμμα της μεταβολής των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας στο Αλιβέρι είναι:



Σχήμα 3.8: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στο Αλιβέρι

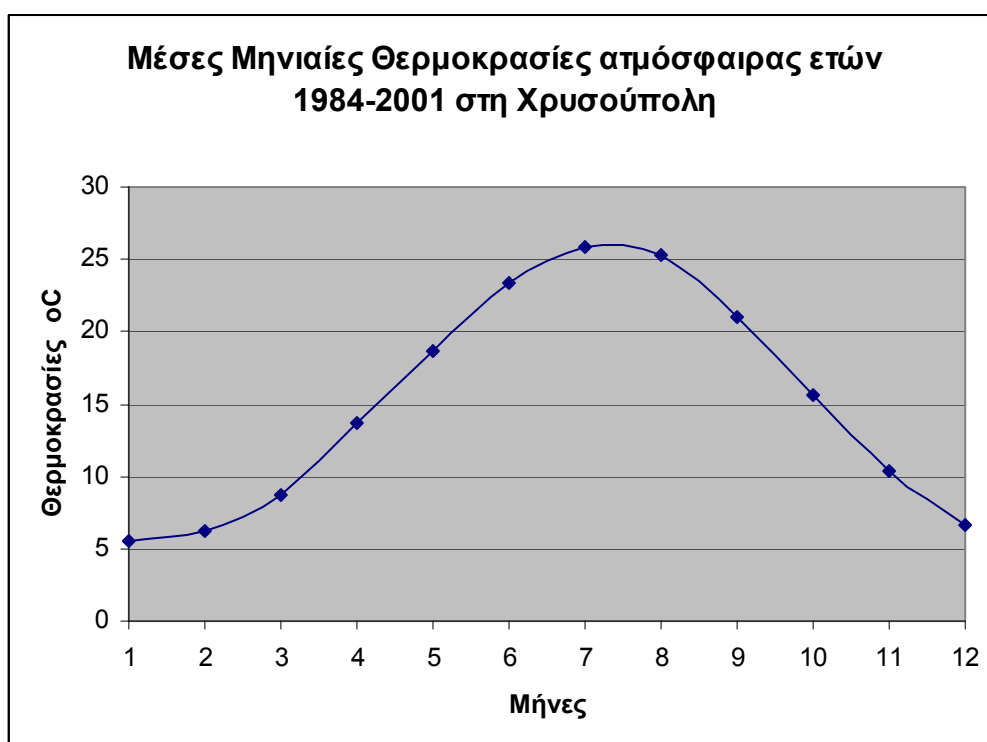
Χρυσούπολη

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών για την περιοχή της Χρυσούπολης είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
DBT average	^o C	5,5	6,2	8,7	13,7	18,6	23,4	25,9	25,3	21,0	15,6	10,4	6,6
Rel. Hum average	%	74,4	72,4	72,3	72,0	67,3	62,8	57,5	59,0	65,0	69,7	75,3	75,0

Πίνακας 3.2: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών στη Χρυσούπολη

Το διάγραμμα της μεταβολής των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας στη Χρυσούπολη είναι:



Σχήμα 3.9: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη Χρυσούπολη

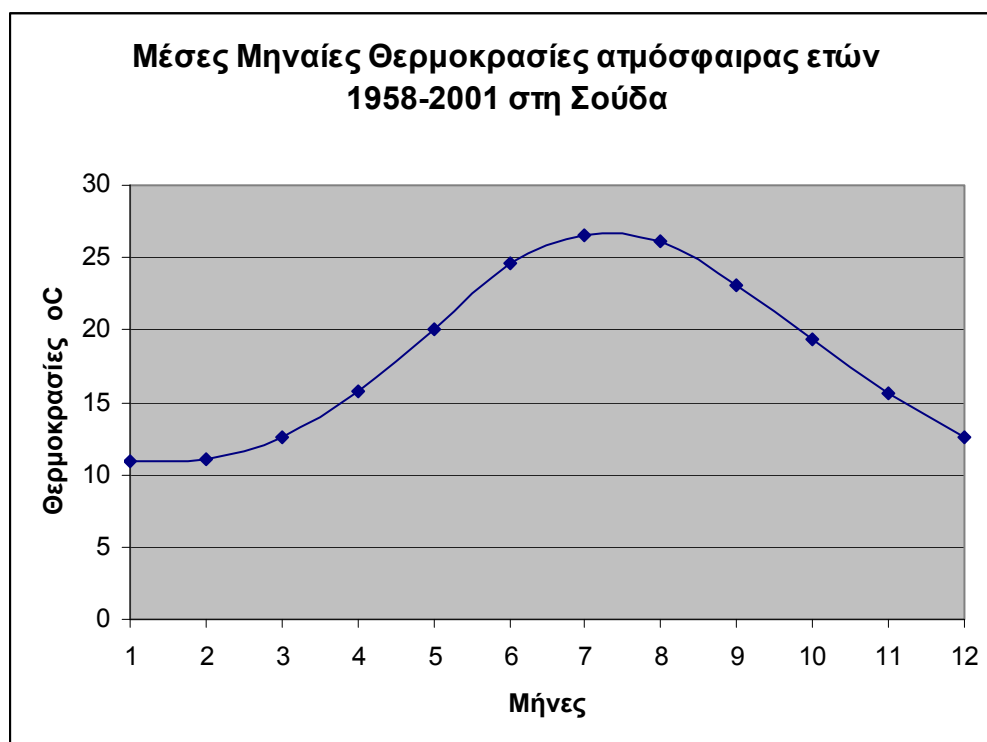
Σούδα

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών για την περιοχή της Σούδας είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
DBT average	$^{\circ}C$	10,9	11,0	12,6	15,8	20,1	24,6	26,6	26,1	23,1	19,3	15,6	12,6
Rel. Hum average	%	73,3	71,1	70,0	64,7	58,3	50,4	50,1	54,2	61,2	68,4	72,0	73,0

Πίνακας 3.3: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και σχετικών υγρασιών στη Σούδα

Το διάγραμμα της μεταβολής των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας που προκύπτει στη Σούδα είναι



Σχήμα 3.10: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη Σούδα

3.3.2 Δεδομένα θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας

Τα στοιχεία για τις θερμοκρασίες επιφάνειας θάλασσας (SWT) ελήφθησαν από την Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού και αφορούν για το Αλιβέρι τα έτη 1971-2004 και για τη Χρυσούπολη τα έτη 1965-2006. Για την περιοχή της Σούδας δεν υπήρχαν δεδομένα και έτσι χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από την περιοχή των Χανίων για τα έτη 1971-2006.

Στο Gatecycle θα εισαχθούν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες επιφάνειας θάλασσας όπως δίνονται από την Υδρογραφική Υπηρεσία (SWT average).

Επίσης επειδή οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί δεν λαμβάνουν το νερό από την επιφάνεια της θάλασσας αλλά από ένα βάθος 10 μέτρων περίπου, θα διαμορφωθούν οι τιμές σε σχέση με αυτές που δίνονται στους πίνακες ως εξής: -2°C για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο και -2.5°C για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο λόγω μεγαλύτερης σε ένταση και διάρκεια ακτινοβολίας του ήλιου.

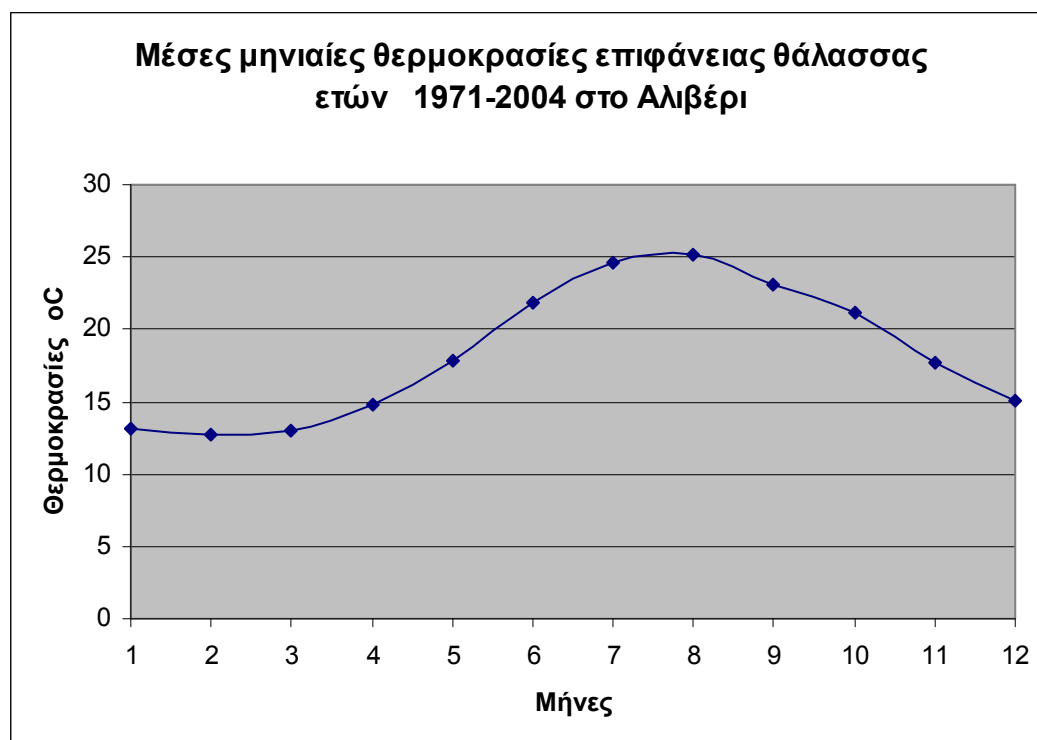
Αλιβέρι

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας για την περιοχή του Αλιβερίου είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
SWT average	$^{\circ}\text{C}$	13,1	12,7	13,0	14,8	17,9	21,9	24,6	25,1	23,1	21,1	17,7	15,1

Πίνακας 3.4: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στο Αλιβέρι

Το διάγραμμα για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες επιφάνειας θαλάσσης στο Αλιβέρι είναι:



Σχήμα 3.11: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στο Αλιβέρι

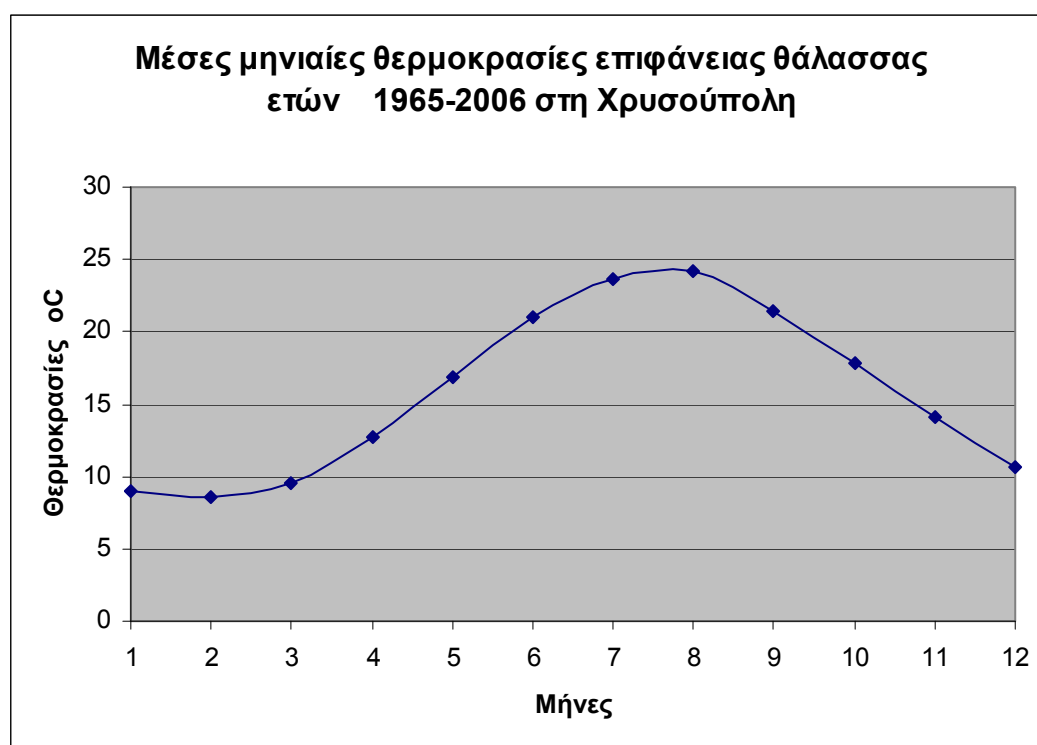
Χρυσούπολη

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στην Χρυσούπολη είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
SWT average	°C	9,0	8,6	9,5	12,7	16,9	21,0	23,7	24,2	21,4	17,9	14,1	10,7

Πίνακας 3.5: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στη Χρυσούπολη

Το διάγραμμα για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες επιφάνειας θαλάσσης στη Χρυσούπολη είναι:



Σχήμα 3.12: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στη Χρυσούπολη

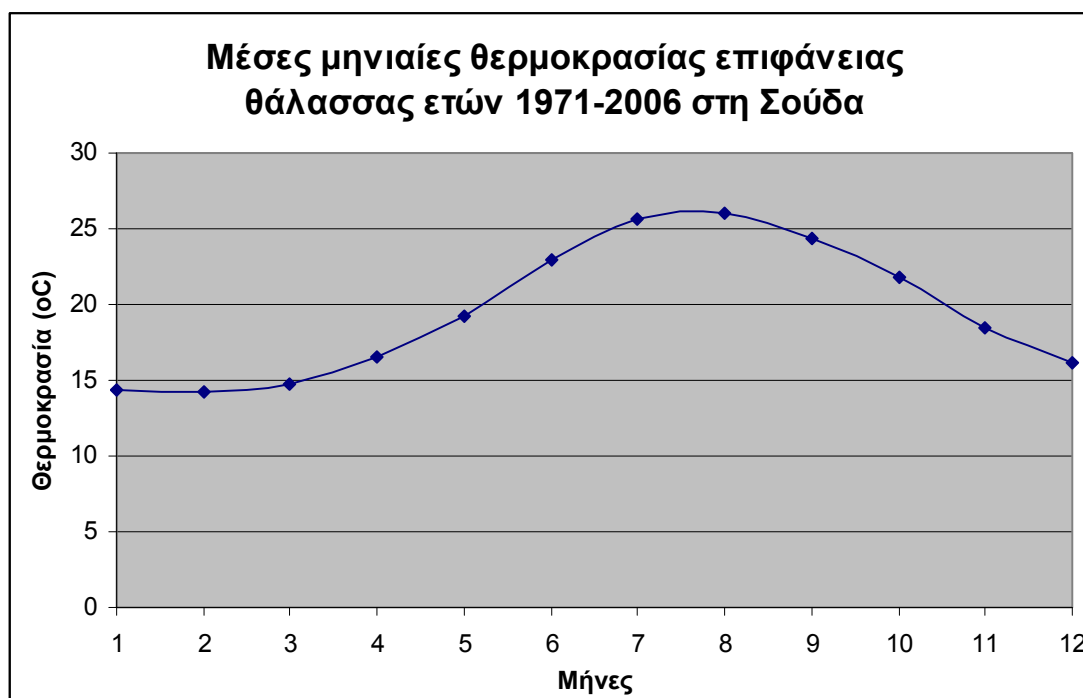
Σούδα

Οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στη Σούδα είναι:

		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
SWT average	$^{\circ}\text{C}$	14,3	14,2	14,7	16,6	19,2	22,9	25,6	26,0	24,4	21,8	18,5	16,1

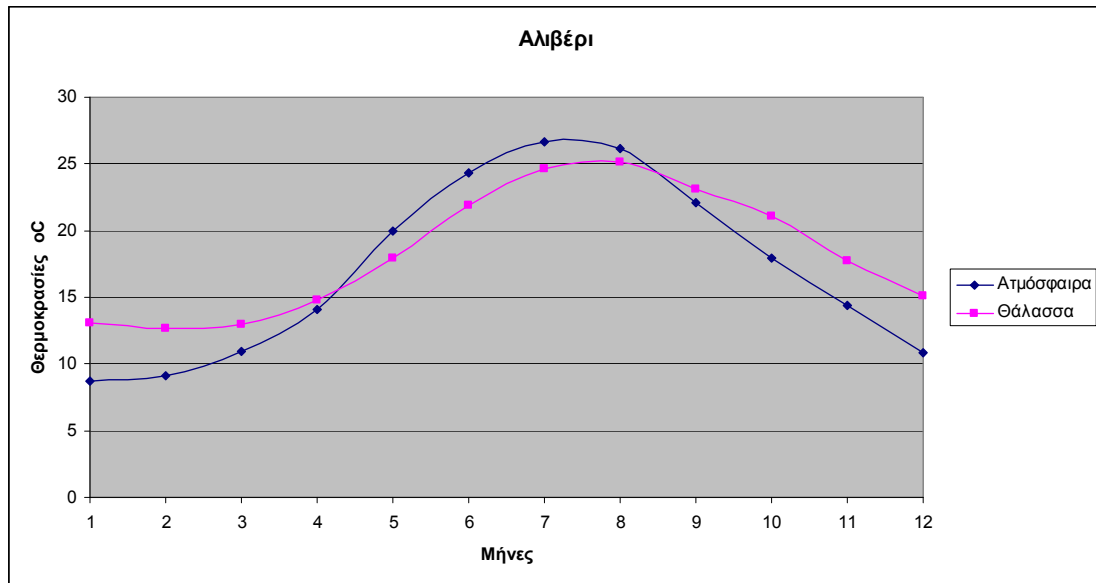
Πίνακας 3.6: Δεδομένα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στη Σούδα

Το διάγραμμα για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες επιφάνειας θαλάσσης στη Σούδα είναι:

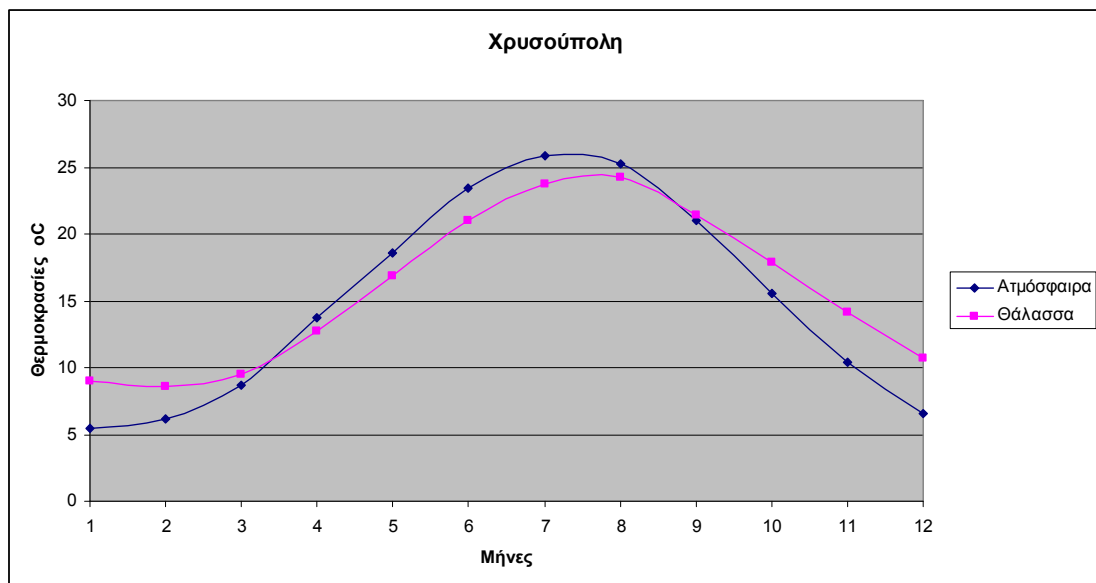


Σχήμα 3.13: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών επιφάνειας θάλασσας στη Σούδα

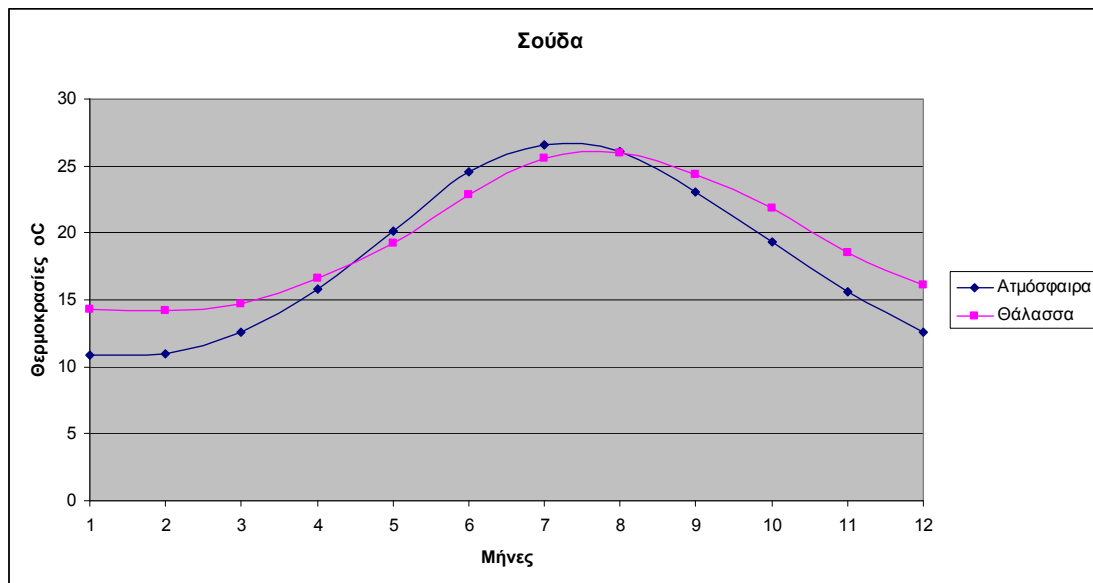
3.3.3 Συγκριτικοί πίνακες μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών ατμόσφαιρας και επιφάνειας θάλασσας



Σχήμα 3.14: Μεταβολή μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών ατμόσφαιρας και επιφάνειας θάλασσας στο Αλιβέρι



Σχήμα 3.15: Μεταβολή μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών ατμόσφαιρας και επιφάνειας θάλασσας στη Χρυσούπολη



Σχήμα 3.16: Μεταβολή μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών ατμόσφαιρας και επιφάνειας θάλασσας στη Σούδα

Τα συγκριτικά διαγράμματα δείχνουν ότι οι θερμοκρασίες στους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες στην επιφάνεια της θάλασσας είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει γιατί η θάλασσα παρουσιάζει μια χρονική υστέρηση στη ψύξη της σε σχέση με την ατμόσφαιρα.

Το γεγονός αυτό επηρεάζει άμεσα και την απόδοση στη λειτουργία των θερμοηλεκτρικών σταθμών, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας.

3.4 Υπολογισμός βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος των υπό μελέτη μονάδων

3.4.1 Λιθανθρακική μονάδα 800 MW

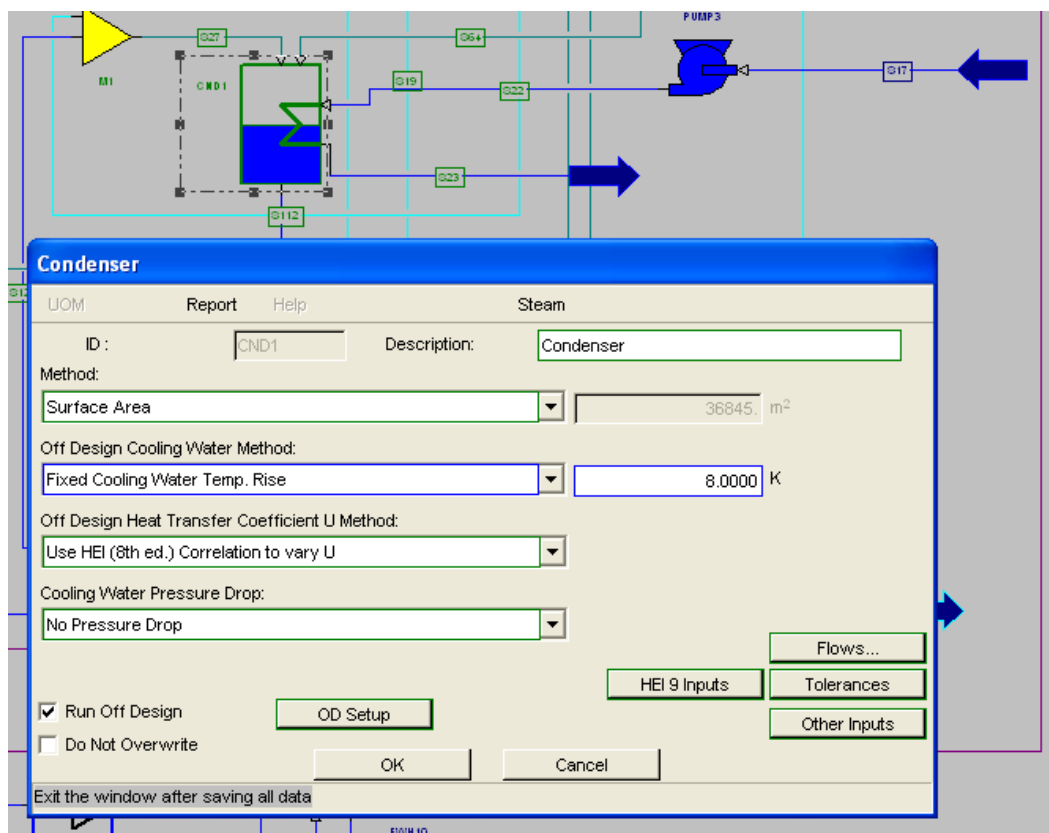
Η μελέτη στην λιθανθρακική μονάδα ισχύος 800 MW έγινε με τη χρήση του προγράμματος Gatecycle για τις περιοχές Αλιβέρι, Χρυσούπολη και Σούδα.

Τα ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην μονάδα αυτή ήταν:

- Ψύξη με νερό θάλασσας (επιφανειακές θερμοκρασίες)
- Ψύξη με νερό θάλασσας (επιφανειακές θερμοκρασίες $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ κατά περίπτωση)
- Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού
- Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

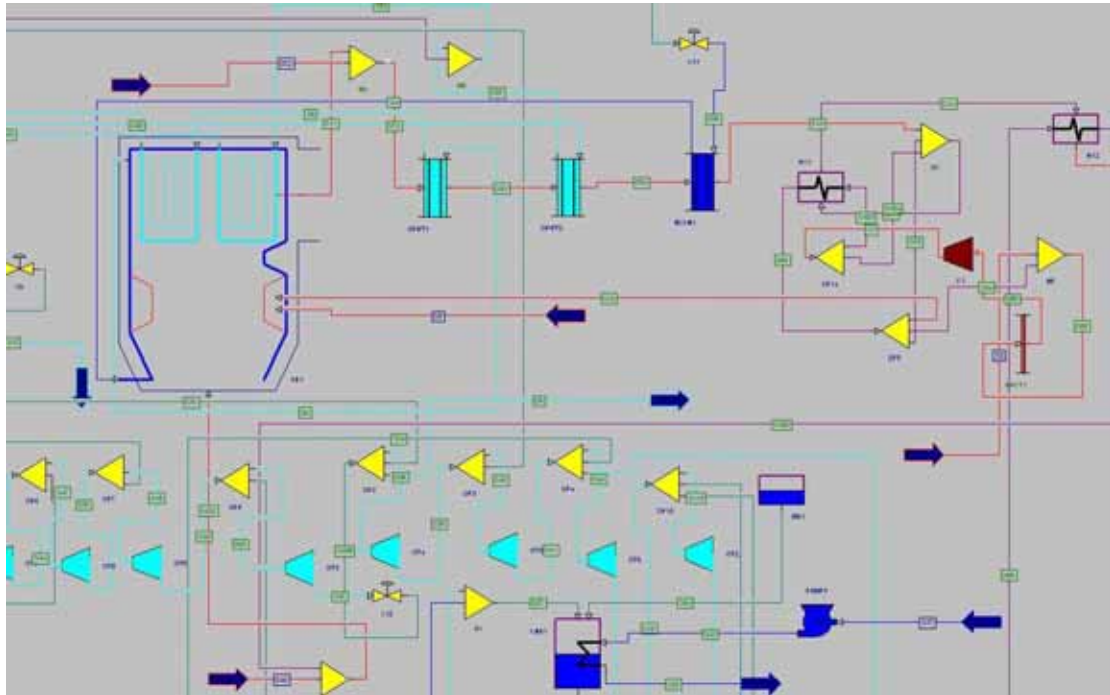
Σε αυτή τη περίπτωση ο συμπυκνωτής λαμβάνει το ψυκτικό νερό από την θάλασσα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην επιφάνεια της και το αποβάλλει στη θάλασσα με θερμοκρασίες αυξημένες κατά 8 K (συνήθης ΔT για ανοικτά κυκλώματα), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα από το Gatecycle:



Σχήμα 3.17: Συμπυκνωτής με ψυκτικό νερό από τη θάλασσα στη λιθανθρακική μονάδα 800 MW στο Gatecycle

Οι θερμοκρασίες της επιφάνειας θάλασσας εισάγονται στο stream S17 πριν την αντλία PUMP3.

Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν στις εκάστοτε περιοχές (θερμοκρασία ατμόσφαιρας, σχετική υγρασία) εισάγονται στα stream S3, S72, S2 και S16 όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.18: Εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα στη λιθανθρακική μονάδα 800 MW στο Gatecycle.

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Ισχύει ότι και στη πρώτη περίπτωση με τη διαφορά στο ότι το ψυκτικό νερό βρίσκεται σε θερμοκρασία μειωμένη κατά 2 ή 2,5 βαθμούς Κελσίου από την επιφανειακή κατά περίπτωση όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Σε αυτή τη περίπτωση το ψυκτικό νερό δεν προέρχεται από τη θάλασσα αλλά από τον πύργο ψύξης. Πρόκειται για ένα κλειστό κύκλωμα συμπυκνωτή – πύργου ψύξης, στο οποίο ο συμπυκνωτής λαμβάνει νερό από το πύργο ψύξης και το αποβάλλει στο πύργο ψύξης. Το ψυκτικό σύστημα για κλειστά κυκλώματα διαστασιολογείται για διαφορά θερμοκρασίας εισόδου – εξόδου νερού στο συμπυκνωτή 10-12 K. Εδώ γίνεται η επιλογή $\Delta T=11$ K.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία η θερμοκρασία εισόδου του νερού ψύξης στο πύργο ψύξης προέκυψε από την εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$HWT = f(WBT) = 0,008477 \cdot (WBT)^2 + 0,656426 \cdot (WBT) + 20,923150$$

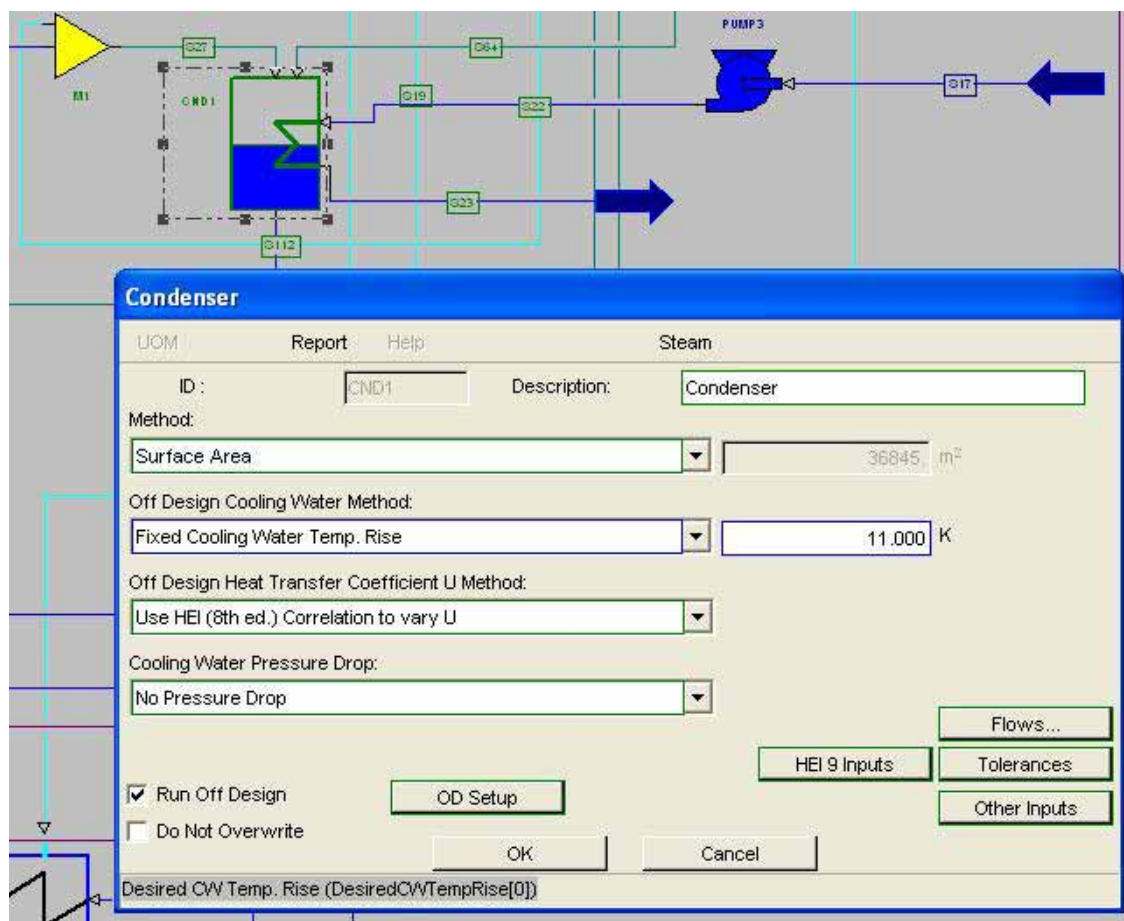
όπου:

WBT= θερμοκρασία υγρού βολβού ατμόσφαιρας

Το πολυώνυμο προέκυψε από διαστασιολόγηση των πύργων ψύξης για τις μελετούμενες συνθήκες στα πλαίσια μελετών του εργαστηρίου. Η διαστασιολόγηση έγινε για ακραίες συνθήκες DBT=40°C και WBT=25°C. Για αυτές τις συνθήκες προέκυψε βαθμός απόδοσης n=42,66%.

Το ψυκτικό νερό που εισάγεται στον συμπυκνωτή έχει θερμοκρασία CWT (θερμοκρασία εξόδου νερού πύργου ψύξης) ίση με: CWT=HWT-11.

Έτσι στο Gatecycle στο Stream S17 εισάγονται οι παραπάνω θερμοκρασίες CWT και στον συμπυκνωτή έχουμε ΔT=11 K, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 3.19: Συμπυκνωτής με ψυκτικό νερό από πύργο ψύξης στη λιθανθρακική μονάδα στο Gatecycle

Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Ισχύει ότι και στην προηγούμενη περίπτωση με τη διαφορά στο ότι η θερμοκρασία HWT προκύπτει από τη σχέση:

$$HWT = f(WBT) = 0,004600 \cdot (WBT)^2 + 0,353500 \cdot (WBT) + 31,307353$$

Και σε αυτή τη περίπτωση το πολυώνυμο προέκυψε από διαστασιολόγηση των πύργων ψύξης για τις μελετούμενες συνθήκες στα πλαίσια μελετών του εργαστηρίου. Η διαστασιολόγηση έγινε για ακραίες συνθήκες DBT=40°C και WBT=25°C. Για αυτές τις συνθήκες προέκυψε βαθμός απόδοσης η=42,66%.

Στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας εφαρμόζονται οι 4 αυτές μέθοδοι ψύξης στις 3 εξεταζόμενες περιοχές της Ελλάδας.

3.4.2 Αποτελέσματα από το Gatecycle για τη λιθανθρακική μονάδα

Αλιβέρι

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Με την εισαγωγή των τιμών στο Excel με τη χρήση του Cyclelink έχουμε για την 1^η περίπτωση ψύξης τα εξής αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη λιθανθρακική μονάδα:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	13,1	44,59	755,36
Φεβρουάριος	9,1	12,7	44,61	755,86
Μάρτιος	10,9	13,0	44,64	756,23
Απρίλιος	14,1	14,8	44,46	753,23
Μάιος	20,0	17,9	44,19	748,67
Ιούνιος	24,3	21,9	43,81	742,30
Ιούλιος	26,7	24,6	43,55	737,83
Αύγουστος	26,1	25,1	43,51	737,17
Σεπτέμβριος	22,1	23,1	43,68	739,97
Οκτώβριος	17,9	21,1	43,86	743,02
Νοέμβριος	14,4	17,7	44,17	748,36
Δεκέμβριος	10,8	15,1	44,40	752,24

Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στο Αλιβέρι

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Μετά από εισαγωγή των τιμών των θερμοκρασιών θάλασσας και των ατμοσφαιρικών συνθηκών στο Gatecycle μέσω του Cyclelink για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	11,1	44,77	758,45
Φεβρουάριος	9,1	10,7	44,80	759,04
Μάρτιος	10,9	11,0	44,82	759,39
Απρίλιος	14,1	12,8	44,65	756,42
Μάιος	20,0	15,4	44,43	752,69
Ιούνιος	24,3	19,4	44,07	746,58
Ιούλιος	26,7	22,1	43,81	742,17
Αύγουστος	26,1	22,6	43,77	741,53
Σεπτέμβριος	22,1	20,6	43,93	744,28
Οκτώβριος	17,9	19,1	44,06	746,41
Νοέμβριος	14,4	15,7	44,36	751,58
Δεκέμβριος	10,8	13,1	44,59	755,44

Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στο Αλιβέρι

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Στη συγκεκριμένη μέθοδο χρειάζονται οι θερμοκρασίες υγρού βολβού ατμόσφαιρας για να υπολογιστούν οι τιμές των θερμοκρασιών HWT και κατ' επέκταση οι CWT.

Οι θερμοκρασίες υγρού βολβού υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του ψυχομετρικού διαγράμματος και παραθέτονται στο παρακάτω πίνακα μαζί με τις θερμοκρασίες ξηρού βολβού και σχετικές υγρασίες που επικρατούν στην περιοχή:

Μήνες	DBT average (°C)	Rel. Hum average (%)	WBT average (°C)
Ιανουάριος	8,7	76,9	6,8
Φεβρουάριος	9,1	73,9	6,9
Μάρτιος	10,9	71,9	8,2
Απρίλιος	14,1	65,7	10,7
Μάιος	20,0	58,3	14,8
Ιούνιος	24,3	48,3	17,3
Ιούλιος	26,7	46,9	19,0
Αύγουστος	26,1	49,2	19,6
Σεπτέμβριος	22,1	57,9	17,5
Οκτώβριος	17,9	68,3	14,8
Νοέμβριος	14,4	75,5	12,3
Δεκέμβριος	10,8	77,5	9,0

Πίνακας 3.9: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες υγρού βολβού WBT στο Αλιβέρι

Έτσι υπολογίζονται οι θερμοκρασίες HWT και οι CWT=HWT-11. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για την παραγόμενη ισχύ:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	14,8	44,16	748,15
Φεβρουάριος	9,1	14,9	44,15	748,00
Μάρτιος	10,9	15,9	44,11	747,26
Απρίλιος	14,1	17,9	43,91	743,93
Μάιος	20,0	21,5	43,58	738,38
Ιούνιος	24,3	23,8	43,37	734,75
Ιούλιος	26,7	26,0	43,15	730,99
Αύγουστος	26,1	25,5	43,20	731,82
Σεπτέμβριος	22,1	24,0	43,34	734,18
Οκτώβριος	17,9	21,5	43,57	738,08
Νοέμβριος	14,4	19,3	43,77	741,53
Δεκέμβριος	10,8	16,5	44,01	745,67

Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργου ψύξης NDCT στο Αλιβέρι

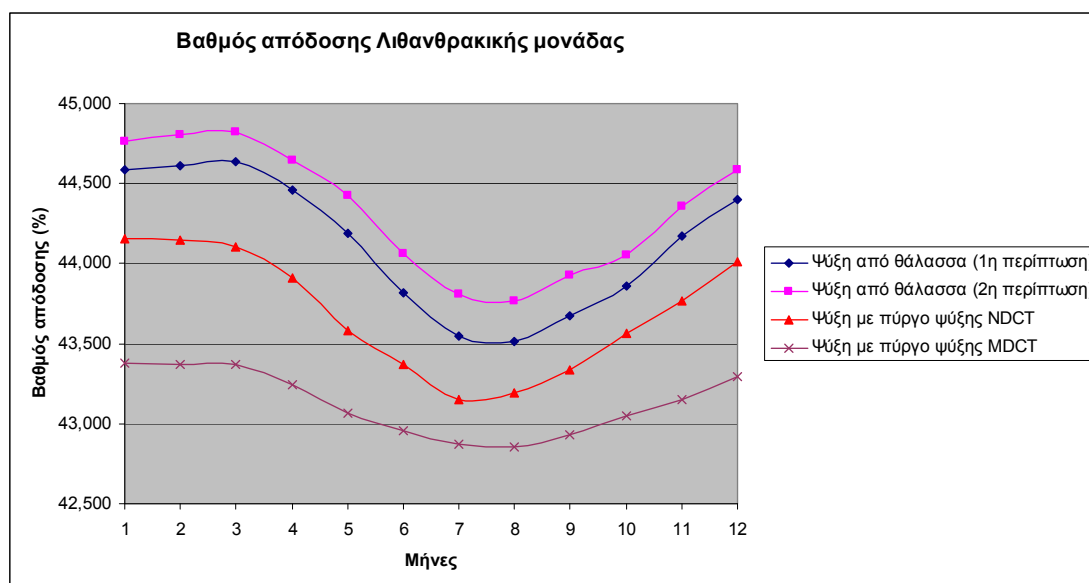
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος για την συγκεκριμένη περίπτωση καθώς και οι νέες CWT μετά από την εφαρμογή του τύπου:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	22,9	43,38	734,95
Φεβρουάριος	9,1	23,0	43,37	734,78
Μάρτιος	10,9	23,5	43,37	734,71
Απρίλιος	14,1	24,6	43,24	732,60
Μάιος	20,0	26,5	43,06	729,59
Ιούνιος	24,3	27,8	42,95	727,71
Ιούλιος	26,7	28,7	42,87	726,36
Αύγουστος	26,1	29,0	42,85	726,02
Σεπτέμβριος	22,1	27,9	42,93	727,27
Οκτώβριος	17,9	26,5	43,05	729,30
Νοέμβριος	14,4	25,4	43,15	731,10
Δεκέμβριος	10,8	23,9	43,29	733,42

Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργου ψύξης MDCT στο Αλιβέρι

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της λιθανθρακικής μονάδας 800 MW και για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στη περιοχή του Αλιβερίου:



Σχήμα 3.20: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στο Αλιβέρι

Καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της ίσης διαστασιολόγησης των 2 πύργων που προαναφέρθηκε για ακραίες συνθήκες θέρους. Ο πύργος φυσικού ελκυσμού εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στον πύργο μηχανικής κυκλοφορίας αέρα έχουμε σχεδόν σταθερή ροή αέρα λόγω χρήσης ανεμιστήρων. Έτσι η συμπεριφορά των 2 πύργων διαφέρει μέσα στο χρόνο από Ιανουάριο μέχρι Δεκέμβριο. Προφανώς είναι δυνατή και άλλου είδους διαστασιολόγηση έτσι ώστε η μέση ετήσια συμπεριφορά των πύργων να είναι η ίδια. Εδώ προτιμήθηκε η ισότητα στις προαναφερθείσες ακραίες συνθήκες. (DBT=40 °C , WBT=25 °C). Αυτό ισχύει για όλη τη διπλωματική εργασία.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Μάρτιο και είναι 44,64% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 43,77% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,87%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 44,16% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και είναι 43,15% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,01%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 43,38% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 42,85% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,53%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,78% τον Ιανουάριο σε 0,27% τον Ιούλιο.

Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,4 - 0,5%.

Χρυσούπολη

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Για την 1^η περίπτωση ψύξης τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη λιθανθρακική μονάδα 800 MW στη Χρυσούπολη είναι:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	9,0	44,95	761,46
Φεβρουάριος	6,2	8,6	44,99	762,20
Μάρτιος	8,7	9,5	44,92	761,05
Απρίλιος	13,7	12,7	44,65	756,45
Μάιος	18,6	16,9	44,27	750,09
Ιούνιος	23,4	21,0	43,89	743,56
Ιούλιος	25,9	23,7	43,62	739,00
Αύγουστος	25,3	24,2	43,56	738,01
Σεπτέμβριος	21,0	21,4	43,83	742,56
Οκτώβριος	15,6	17,9	44,16	748,11
Νοέμβριος	10,4	14,1	44,50	753,85
Δεκέμβριος	6,6	10,7	44,80	758,95

Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στη Χρυσούπολη

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος της λιθανθρακικής μονάδας:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	7,0	45,13	764,56
Φεβρουάριος	6,2	6,6	45,17	765,26
Μάρτιος	8,7	7,5	45,10	764,12
Απρίλιος	13,7	10,7	44,82	759,26
Μάιος	18,6	14,4	44,51	754,01
Ιούνιος	23,4	18,5	44,15	747,96
Ιούλιος	25,9	21,2	43,88	743,37
Αύγουστος	25,3	21,7	43,83	742,52
Σεπτέμβριος	21,0	18,9	44,08	746,85
Οκτώβριος	15,6	15,9	44,35	751,33
Νοέμβριος	10,4	12,1	44,68	757,02
Δεκέμβριος	6,6	8,7	44,98	762,03

Πίνακας 3.13: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στη Χρυσούπολη

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Οι θερμοκρασίες υγρού βολβού υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του ψυχομετρικού διαγράμματος και παραθέτονται στο παρακάτω πίνακα μαζί με τις θερμοκρασίες ξηρού βολβού και σχετικές υγρασίες που επικρατούν στην περιοχή:

Μήνες	DBT average (°C)	Rel. Hum average (%)	WBT average (°C)
Ιανουάριος	5,5	74,4	3,7
Φεβρουάριος	6,2	72,4	4,2
Μάρτιος	8,7	72,3	6,5
Απρίλιος	13,7	72,0	10,0
Μάιος	18,6	67,3	15,0
Ιούνιος	23,4	62,8	18,6
Ιούλιος	25,9	57,5	20,0
Αύγουστος	25,3	59,0	19,7
Σεπτέμβριος	21,0	65,0	16,8
Οκτώβριος	15,6	69,7	12,5
Νοέμβριος	10,4	75,3	8,3
Δεκέμβριος	6,6	75,0	4,8

Πίνακας 3.14: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες υγρού βολβού WBT στη Χρυσούπολη

Έτσι υπολογίζονται οι θερμοκρασίες HWT και οι CWT=HWT-11. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για

την παραγόμενη ισχύ καθώς και οι θερμοκρασίες DBT και CWT που υπολογίστηκαν:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	12,5	44,37	751,66
Φεβρουάριος	6,2	12,8	44,34	751,28
Μάρτιος	8,7	14,5	44,20	748,75
Απρίλιος	13,7	17,3	43,96	744,77
Μάιος	18,6	21,7	43,55	737,87
Ιούνιος	23,4	25,1	43,22	732,29
Ιούλιος	25,9	26,4	43,09	729,96
Αύγουστος	25,3	26,1	43,11	730,34
Σεπτέμβριος	21,0	23,3	43,38	734,97
Οκτώβριος	15,6	19,5	43,75	741,26
Νοέμβριος	10,4	15,9	44,06	746,54
Δεκέμβριος	6,6	13,3	44,30	750,47

Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης NDCT στη Χρυσούπολη

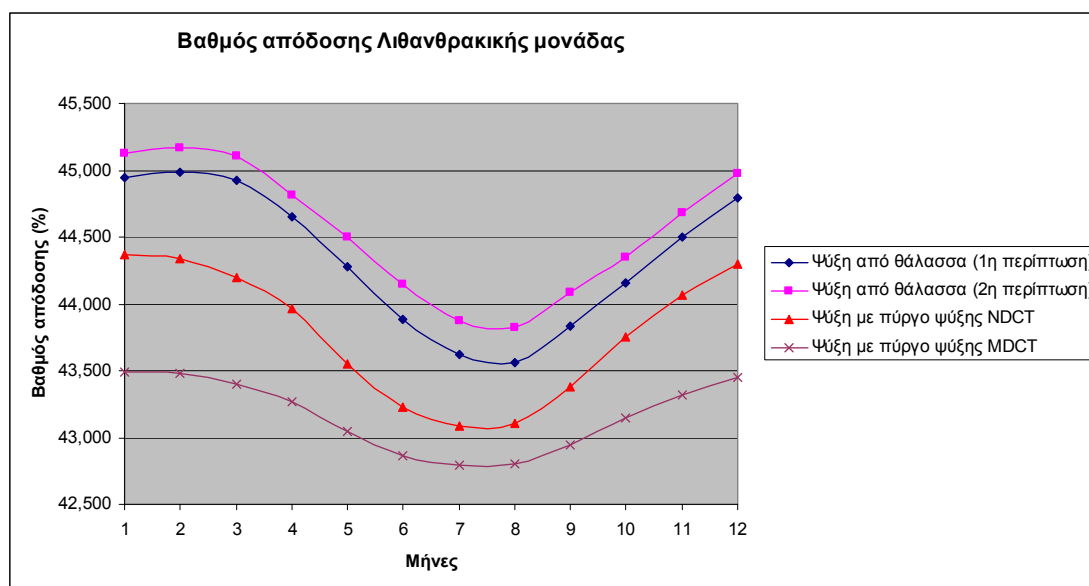
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος της λιθανθρακικής μονάδας για την συγκεκριμένη περίπτωση καθώς και οι νέες CWT μετά από την εφαρμογή του τύπου:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	21,7	43,49	736,82
Φεβρουάριος	6,2	21,9	43,48	736,62
Μάρτιος	8,7	22,8	43,40	735,24
Απρίλιος	13,7	24,3	43,27	733,00
Μάιος	18,6	26,6	43,04	729,22
Ιούνιος	23,4	28,5	42,87	726,22
Ιούλιος	25,9	29,2	42,80	725,05
Αύγουστος	25,3	29,1	42,80	725,14
Σεπτέμβριος	21,0	27,5	42,95	727,59
Οκτώβριος	15,6	25,4	43,15	730,96
Νοέμβριος	10,4	23,6	43,32	733,96
Δεκέμβριος	6,6	22,1	43,45	736,20

Πίνακας 3.16: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης MDCT στη Χρυσούπολη

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της λιθανθρακικής μονάδας και για τις 4 ψυκτικές μεθόδους στη περιοχή της Χρυσούπολης:



Σχήμα 3.21: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στη Χρυσούπολη

Η συμπεριφορά της μονάδας δεν αλλάζει από περιοχή σε περιοχή, παρά μόνο οι τιμές. Έτσι, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της ίσης διαστασιολόγησης των 2 πύργων που προαναφέρθηκε για ακραίες συνθήκες θέρους όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 45,17% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 43,83% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,34%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 44,37% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και είναι 43,09% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,28%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 43,49% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο και είναι 42,80% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,69%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,88% τον Ιανουάριο σε 0,29% τον Ιούλιο.

Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,7 - 0,8%.

Σούδα

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Για την 1^η περίπτωση ψύξης τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη λιθανθρακική μονάδα στη Σούδα είναι:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	14,3	44,49	753,69
Φεβρουάριος	11,0	14,2	44,49	753,67
Μάρτιος	12,6	14,7	44,45	753,15
Απρίλιος	15,8	16,6	44,29	750,36
Μάιος	20,1	19,2	44,06	746,52
Ιούνιος	24,6	22,9	43,71	740,56
Ιούλιος	26,6	25,6	43,44	736,00
Αύγουστος	26,1	26,0	43,39	735,17
Σεπτέμβριος	23,1	24,4	43,54	737,66
Οκτώβριος	19,3	21,8	43,79	741,81
Νοέμβριος	15,6	18,5	44,10	747,10
Δεκέμβριος	12,6	16,1	44,32	750,83

Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στη Σούδα

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος της λιθανθρακικής μονάδας:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	12,3	44,67	756,77
Φεβρουάριος	11,0	12,2	44,66	756,75
Μάρτιος	12,6	12,7	44,68	756,88
Απρίλιος	15,8	14,6	44,49	753,67
Μάιος	20,1	16,7	44,30	750,61
Ιούνιος	24,6	20,4	43,97	744,87
Ιούλιος	26,6	23,1	43,70	740,37
Αύγουστος	26,1	23,5	43,65	739,56
Σεπτέμβριος	23,1	21,9	43,80	741,99
Οκτώβριος	19,3	19,8	43,99	745,24
Νοέμβριος	15,6	16,5	44,29	750,36
Δεκέμβριος	12,6	14,1	44,51	754,02

Πίνακας 3.18: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στη Σούδα

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Οι θερμοκρασίες υγρού βολβού παραθέτονται στο παρακάτω πίνακα μαζί με τις θερμοκρασίες ξηρού βολβού και σχετικές υγρασίες που επικρατούν στην περιοχή:

Μήνες	DBT average (°C)	Rel. Hum average (%)	WBT average (°C)
Ιανουάριος	10,9	73,3	8,6
Φεβρουάριος	11,0	71,1	8,5
Μάρτιος	12,6	70,0	9,8
Απρίλιος	15,8	64,7	12,2
Μάιος	20,1	58,3	15,1
Ιούνιος	24,6	50,4	17,7
Ιούλιος	26,6	50,1	19,3
Αύγουστος	26,1	54,2	19,6
Σεπτέμβριος	23,1	61,2	18,1
Οκτώβριος	19,3	68,4	15,7
Νοέμβριος	15,6	72,0	12,8
Δεκέμβριος	12,6	73,0	10,1

Πίνακας 3.19: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες υγρού βολβού WBT στη Σούδα

Έτσι υπολογίζονται οι θερμοκρασίες HWT και οι $CWT=HWT-11$. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για την παραγόμενη ισχύ καθώς και οι θερμοκρασίες DBT και CWT που υπολογίστηκαν:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	16,2	44,05	746,23
Φεβρουάριος	11,0	16,1	44,04	746,17
Μάρτιος	12,6	17,2	44,00	745,45
Απρίλιος	15,8	19,2	43,80	741,98
Μάιος	20,1	21,8	43,56	737,93
Ιούνιος	24,6	24,2	43,33	734,07
Ιούλιος	26,6	25,8	43,18	731,52
Αύγουστος	26,1	26,0	43,14	730,85
Σεπτέμβριος	23,1	24,6	43,27	733,11
Οκτώβριος	19,3	22,3	43,48	736,70
Νοέμβριος	15,6	19,7	43,73	740,81
Δεκέμβριος	12,6	17,4	43,94	744,39

Πίνακας 3.20: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης NDCT στη Σούδα

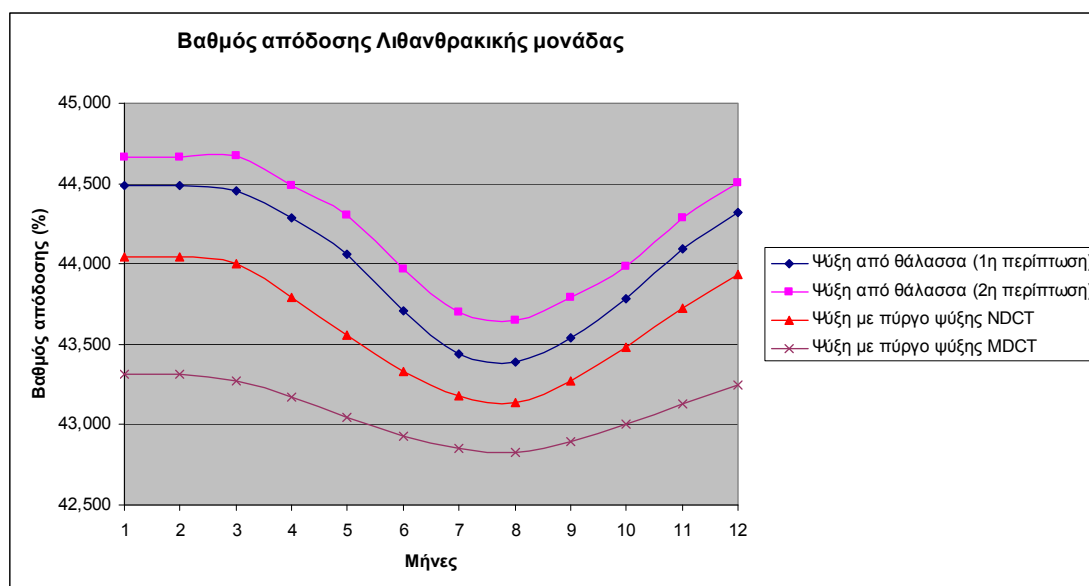
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος της λιθανθρακικής μονάδας για την συγκεκριμένη περίπτωση καθώς και οι νέες CWT μετά από την εφαρμογή του τύπου:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	23,7	43,32	733,88
Φεβρουάριος	11,0	23,6	43,31	733,78
Μάρτιος	12,6	24,2	43,27	733,05
Απρίλιος	15,8	25,3	43,17	731,37
Μάιος	20,1	26,7	43,05	729,31
Ιούνιος	24,6	28,0	42,93	727,33
Ιούλιος	26,6	28,8	42,85	725,97
Αύγουστος	26,1	29,0	42,83	725,59
Σεπτέμβριος	23,1	28,2	42,89	726,69
Οκτώβριος	19,3	26,9	43,00	728,51
Νοέμβριος	15,6	25,6	43,13	730,74
Δεκέμβριος	12,6	24,3	43,25	732,70

Πίνακας 3.21: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης MDCT στη Σούδα

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της λιθανθρακικής μονάδας και για τις 4 ψυκτικές μεθόδους στη περιοχή της Σούδας:



Σχήμα 3.22: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στη Σούδα

Και σε αυτή τη περιοχή προκύπτουν ίδια συμπεράσματα. Έτσι, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα για τους γνωστούς λόγους.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Μάρτιο και είναι 44,68% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 43,65%. Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,33%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 44,05% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 43,14%. Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,91%

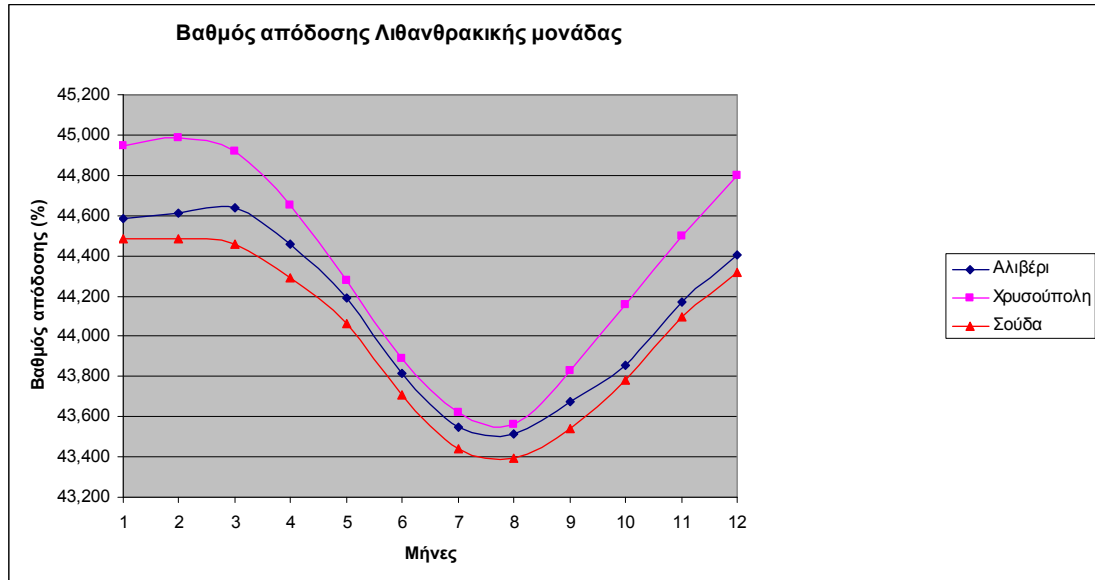
Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 43,32% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο και είναι 42,83%. Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,49%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,73% τον Ιανουάριο σε 0,31% τον Αύγουστο.

Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,5 - 0,7%.

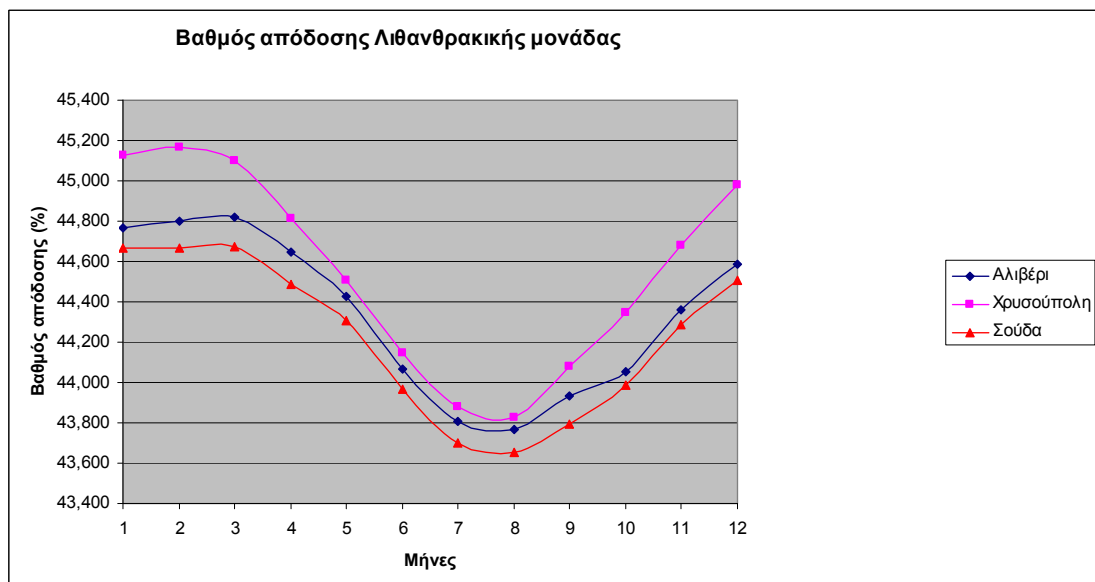
Στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας γίνεται μια σύγκριση των 3 περιοχών στις ίδιες μεθόδους ψύξης.

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)



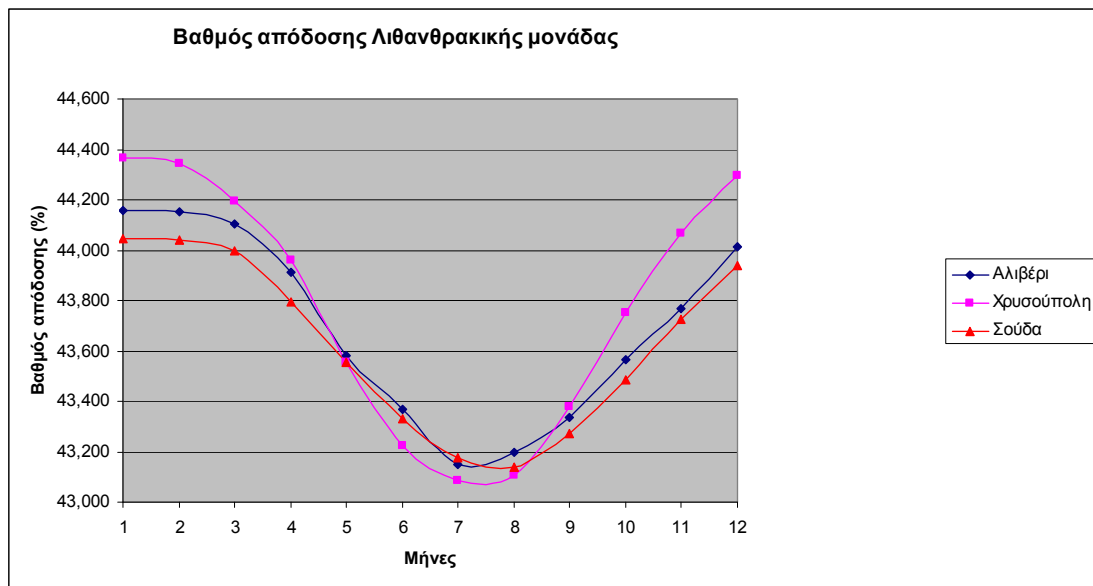
Σχήμα 3.23: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)



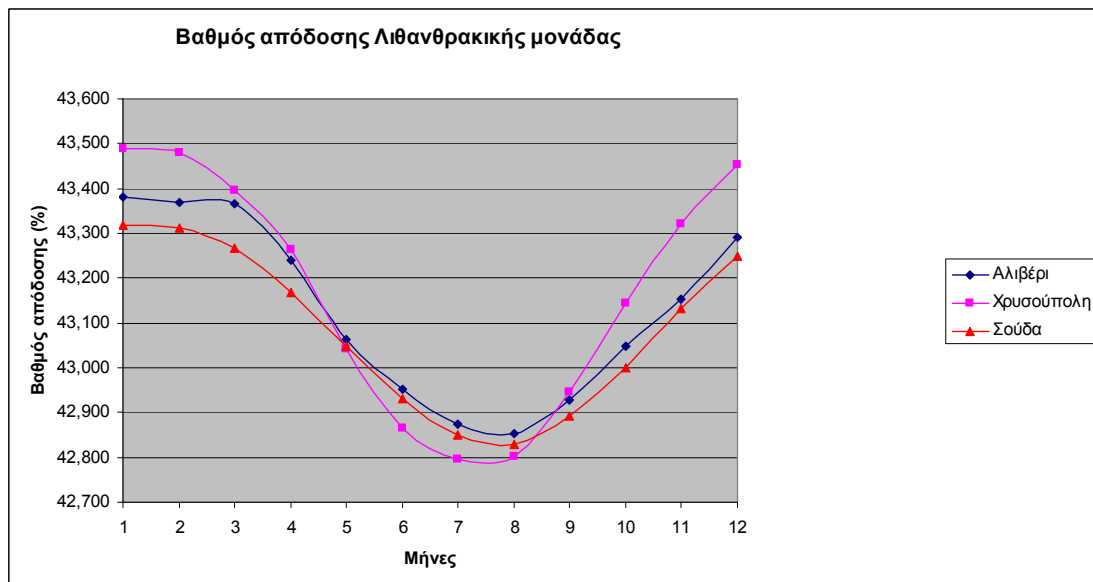
Σχήμα 3.24: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)



Σχήμα 3.25: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με πύργο ψύξης NDCT

Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)



Σχήμα 3.26: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με πύργο ψύξης MDCT

Όπως παρατηρείται από τα 4 παραπάνω διαγράμματα, καλύτερος βαθμός απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στη Χρυσούπολη προκύπτει όταν εφαρμόζεται η μέθοδος με νερό ψύξης από τη θάλασσα. Αυτό είναι λογικό, γιατί στη

Βόρεια Ελλάδα έχουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες άρα και καλύτερη ψύξη και έτσι καλύτερο συνολικά βαθμό απόδοσης.

Όταν όμως χρησιμοποιείται η μέθοδος με πύργο ψύξης MDCT ή NDCT παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών (Ιούνιος , Ιούλιος, Αύγουστος) ο βαθμός απόδοσης στη Χρυσούπολη είναι ο χειρότερος και από τις 3 περιοχές. Αυτό αποδίδεται στη διαφορετική συμπεριφορά του πύργου λόγω υψηλότερης υγρασίας και συνεπώς υψηλότερης θερμοκρασίας υγρού βολβού.

3.4.3 Μονάδα συνδυασμένου κύκλου 550 MW

Η μελέτη στην μονάδα συνδυασμένου κύκλου έγινε με τη χρήση του προγράμματος Gatecycle για τις περιοχές **Αλιβέρι**, **Χρυσούπολη** και **Σούδα**.

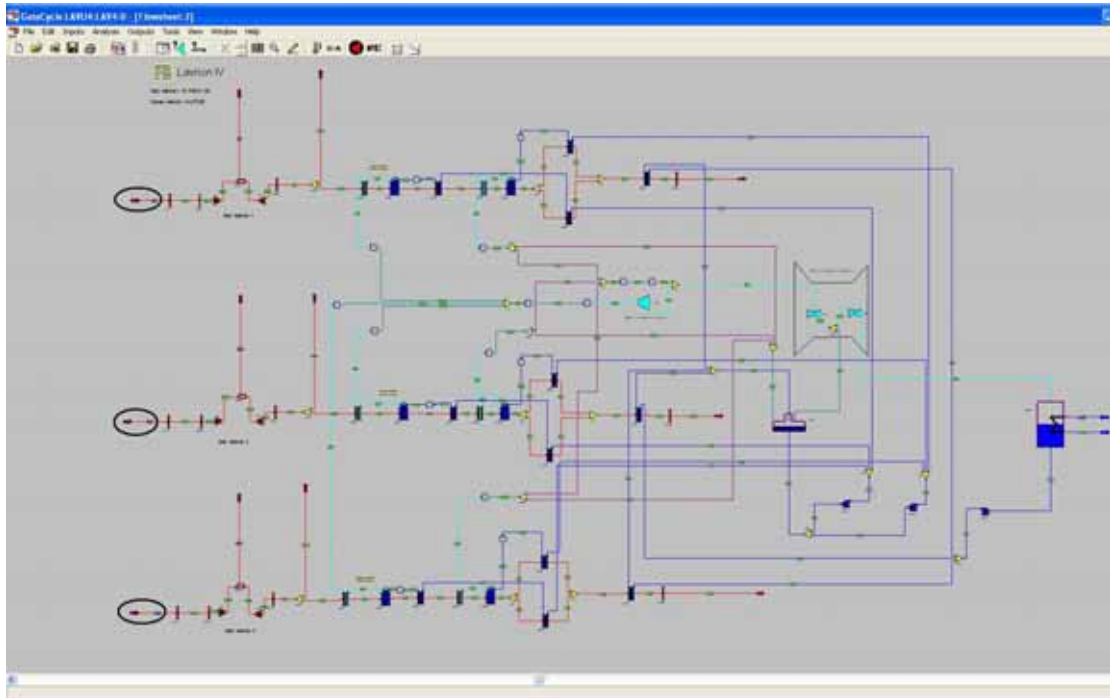
Τα ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην μονάδα αυτή ήταν:

- Ψύξη με νερό θάλασσας (επιφανειακές θερμοκρασίες)
- Ψύξη με νερό θάλασσας (επιφανειακές θερμοκρασίες $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ κατά περίπτωση)
- Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού
- Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Όπως και στη λιθανθρακική μονάδα ο συμπυκνωτής λαμβάνει το ψυκτικό νερό από την θάλασσα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην επιφάνεια της και το αποβάλλει στη θάλασσα με θερμοκρασίες αυξημένες κατά 8 K.

Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν στις εκάστοτε περιοχές (θερμοκρασία ατμόσφαιρας, σχετική υγρασία) εισάγονται στα κυκλωμένα με μαύρο χρώμα streams όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.27: Εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου στο Gatecycle

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Ισχύει ότι και στη λιθανθρακική μονάδα.

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Ισχύει ότι και στη λιθανθρακική μονάδα.

Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Ισχύει ότι και στη λιθανθρακική μονάδα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από το Gatecycle για τις 3 περιοχές και τις 3 διαφορετικές ψυκτικές μεθόδους.

3.4.4 Αποτελέσματα από το Gatecycle για τη μονάδα συνδυασμένου κύκλου

Αλιβέρι

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Με την εισαγωγή των τιμών στο Excel με τη χρήση του Cyclelink έχουμε για την 1^η περίπτωση ψύξης τα παρακάτω αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	13,1	50,47	554,07
Φεβρουάριος	9,1	12,7	50,50	553,91
Μάρτιος	10,9	13,0	50,48	551,53
Απρίλιος	14,1	14,8	50,34	546,08
Μάιος	20,0	17,9	50,10	536,47
Ιούνιος	24,3	21,9	49,76	527,42
Ιούλιος	26,7	24,6	49,53	522,36
Αύγουστος	26,1	25,1	49,49	522,73
Σεπτέμβριος	22,1	23,1	49,66	529,52
Οκτώβριος	17,9	21,1	49,84	536,57
Νοέμβριος	14,4	17,7	50,12	543,80
Δεκέμβριος	10,8	15,1	50,33	550,13

Πίνακας 3.22: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στο Αλιβέρι

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	11,1	50,62	555,66
Φεβρουάριος	9,1	10,7	50,65	555,40
Μάρτιος	10,9	11,0	50,63	553,18
Απρίλιος	14,1	12,8	50,49	547,70
Μάιος	20,0	15,4	50,29	538,55
Ιούνιος	24,3	19,4	49,97	529,62
Ιούλιος	26,7	22,1	49,74	524,57
Αύγουστος	26,1	22,6	49,70	524,95
Σεπτέμβριος	22,1	20,6	49,87	531,76
Οκτώβριος	17,9	19,1	49,99	538,31
Νοέμβριος	14,4	15,7	50,27	545,42
Δεκέμβριος	10,8	13,1	50,47	551,72

Πίνακας 3.23: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στο Αλιβέρι

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για την παραγόμενη ισχύ:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	14,8	50,04	549,35
Φεβρουάριος	9,1	14,9	50,04	548,83
Μάρτιος	10,9	15,9	49,96	545,87
Απρίλιος	14,1	17,9	49,80	540,21
Μάιος	20,0	21,5	49,50	530,10
Ιούνιος	24,3	23,8	49,30	522,51
Ιούλιος	26,7	26,0	49,10	518,72
Αύγουστος	26,1	25,5	49,15	518,36
Σεπτέμβριος	22,1	24,0	49,28	525,50
Οκτώβριος	17,9	21,5	49,50	532,94
Νοέμβριος	14,4	19,3	49,69	539,10
Δεκέμβριος	10,8	16,5	49,91	545,53

Πίνακας 3.24: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης NDCT στο Αλιβέρι

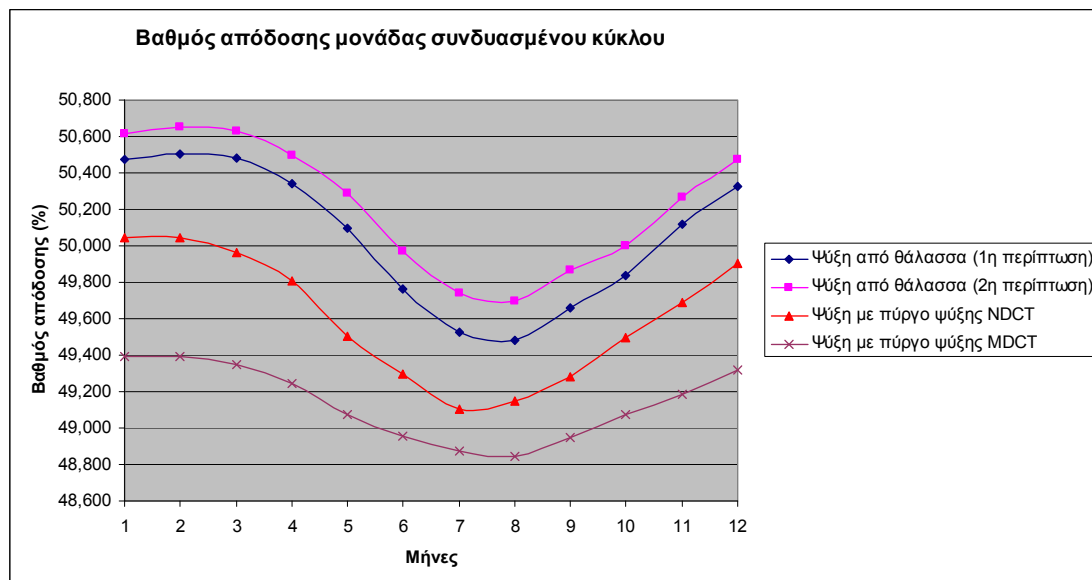
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος για την συγκεκριμένη περίπτωση:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	8,7	22,9	49,39	542,25
Φεβρουάριος	9,1	22,9	49,39	541,72
Μάρτιος	10,9	23,5	49,35	539,11
Απρίλιος	14,1	24,6	49,25	534,17
Μάιος	20,0	26,5	49,07	525,49
Ιούνιος	24,3	27,8	48,96	518,89
Ιούλιος	26,7	28,7	48,87	515,45
Αύγουστος	26,1	29,0	48,85	515,99
Σεπτέμβριος	22,1	27,9	48,95	521,97
Οκτώβριος	17,9	26,5	49,08	528,40
Νοέμβριος	14,4	25,4	49,19	533,66
Δεκέμβριος	10,8	23,9	49,32	539,08

Πίνακας 3.25: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης MDCT στο Αλιβέρι

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της μονάδας συνδυασμένου κύκλου και για τις 4 ψυκτικές μεθόδους στη περιοχή του Αλιβερίου:



Σχήμα 3.28: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στο Αλιβέρι

Όπως και στη λιθανθρακική μονάδα καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης

παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαστασιολόγησης που έχει επιλεγεί για τους 2 πύργους.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 50,65% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 49,70% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,95%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και Φεβρουάριο και είναι 50,04% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και είναι 49,10% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,94%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και Φεβρουάριο και είναι 49,39% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 48,85% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,54%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,65% τον Ιανουάριο σε 0,25% τον Ιούλιο.

Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,5 - 0,6%.

Χρυσούπολη

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	9,0	50,79	561,30
Φεβρουάριος	6,2	8,6	50,83	560,79
Μάρτιος	8,7	9,5	50,76	557,12
Απρίλιος	13,7	12,7	50,52	548,74
Μάιος	18,6	16,9	50,19	539,61
Ιούνιος	23,4	21,0	49,84	530,72
Ιούλιος	25,9	23,7	49,61	525,25
Αύγουστος	25,3	24,2	49,56	525,48
Σεπτέμβριος	21,0	21,4	49,80	532,79
Οκτώβριος	15,6	17,9	50,00	541,88
Νοέμβριος	10,4	14,1	50,39	551,16
Δεκέμβριος	6,6	10,7	50,65	558,36

Πίνακας 3.26: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στη Χρυσούπολη

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	7,0	50,93	562,75
Φεβρουάριος	6,2	6,6	50,96	562,24
Μάρτιος	8,7	7,5	50,90	558,59
Απρίλιος	13,7	10,7	50,66	550,31
Μάιος	18,6	14,4	50,38	541,65
Ιούνιος	23,4	18,5	50,05	532,94
Ιούλιος	25,9	21,2	49,82	527,52
Αύγουστος	25,3	21,7	49,78	527,75
Σεπτέμβριος	21,0	18,9	50,02	535,09
Οκτώβριος	15,6	15,9	50,25	543,62
Νοέμβριος	10,4	12,1	50,55	552,90
Δεκέμβριος	6,6	8,7	50,80	560,06

Πίνακας 3.27: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στη Χρυσούπολη

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για την παραγόμενη ισχύ:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	12,5	50,21	554,88
Φεβρουάριος	6,2	12,8	50,19	553,74
Μάρτιος	8,7	14,5	50,06	549,40
Απρίλιος	13,7	17,3	49,84	541,41
Μάιος	18,6	21,7	49,48	532,05
Ιούνιος	23,4	25,1	49,19	523,80
Ιούλιος	25,9	26,4	49,07	519,56
Αύγουστος	25,3	26,1	49,10	520,53
Σεπτέμβριος	21,0	23,3	49,34	527,87
Οκτώβριος	15,6	19,5	49,66	537,24
Νοέμβριος	10,4	15,9	49,94	546,21
Δεκέμβριος	6,6	13,3	50,14	552,76

Πίνακας 3.28: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης NDCT στη Χρυσούπολη

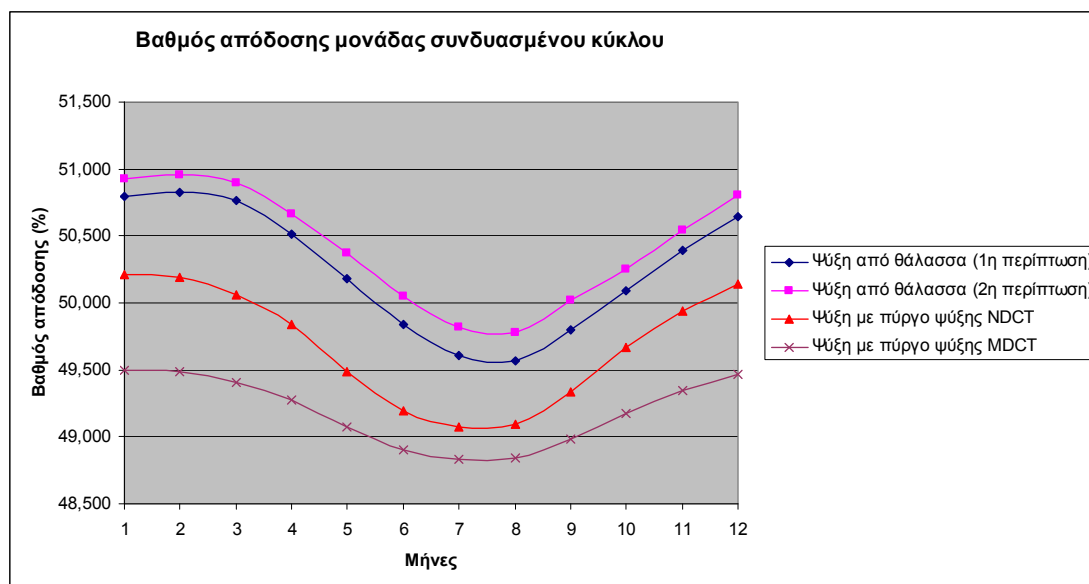
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος για την συγκεκριμένη περίπτωση:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	5,5	21,7	49,50	546,98
Φεβρουάριος	6,2	21,9	49,48	545,98
Μάρτιος	8,7	22,8	49,41	542,25
Απρίλιος	13,7	24,3	49,27	535,25
Μάιος	18,6	26,6	49,07	527,60
Ιούνιος	23,4	28,5	48,90	520,70
Ιούλιος	25,9	29,2	48,83	517,03
Αύγουστος	25,3	29,1	48,85	517,87
Σεπτέμβριος	21,0	27,5	48,99	524,07
Οκτώβριος	15,6	25,4	49,18	531,97
Νοέμβριος	10,4	23,6	49,34	539,73
Δεκέμβριος	6,6	22,1	49,47	545,35

Πίνακας 3.29: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης MDCT στη Χρυσούπολη

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της μονάδας συνδυασμένου κύκλου και για τις 4 ψυκτικές περιπτώσεις στη Χρυσούπολη:



Σχήμα 3.29: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στη Χρυσούπολη

Όπως και στη λιθανθρακική μονάδα καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα για τους λόγους που έχουν αναφερθεί.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 50,96% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 49,78% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,18%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 50,21% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και είναι 49,07% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 1,14%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 49,50% και ο χειρότερος τον μήνα Ιούλιο και είναι 48,83% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,67%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,71% τον Ιανουάριο σε 0,24% τον Ιούλιο.

Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,7 - 0,9%.

Σούδα

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη καθαρή ισχύ στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	14,3	50,37	550,38
Φεβρουάριος	11,0	14,2	50,38	550,24
Μάρτιος	12,6	14,7	50,35	548,02
Απρίλιος	15,8	16,6	50,20	542,54
Μάιος	20,1	19,2	49,99	535,15
Ιούνιος	24,6	22,9	49,67	526,37
Ιούλιος	26,6	25,6	49,44	521,90
Αύγουστος	26,1	26,0	49,41	522,50
Σεπτέμβριος	23,1	24,4	49,55	527,64
Οκτώβριος	19,3	21,8	49,77	534,39
Νοέμβριος	15,6	18,5	50,05	541,53
Δεκέμβριος	12,6	16,1	50,24	546,86

Πίνακας 3.30: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση) στη Σούδα

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Για την 2^η περίπτωση ψύξης προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος:

Μήνες	DBT average (°C)	SWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	12,3	50,53	552,12
Φεβρουάριος	11,0	12,2	50,54	551,98
Μάρτιος	12,6	12,7	50,50	549,75
Απρίλιος	15,8	14,6	50,36	544,28
Μάιος	20,1	16,7	50,19	537,37
Ιούνιος	24,6	20,4	49,89	528,65
Ιούλιος	26,6	23,1	49,65	524,17
Αύγουστος	26,1	23,5	49,62	524,77
Σεπτέμβριος	23,1	21,9	49,76	529,93
Οκτώβριος	19,3	19,8	49,94	536,27
Νοέμβριος	15,6	16,5	50,21	543,31
Δεκέμβριος	12,6	14,1	50,40	548,61

Πίνακας 3.31: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) στη Σούδα

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον βαθμό απόδοσης και για την παραγόμενη ισχύ:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	16,2	49,92	545,41
Φεβρουάριος	11,0	16,1	49,93	545,25
Μάρτιος	12,6	17,2	49,85	542,57
Απρίλιος	15,8	19,2	49,69	537,03
Μάιος	20,1	21,8	49,47	529,66
Ιούνιος	24,6	24,2	49,26	522,05
Ιούλιος	26,6	25,8	49,13	518,59
Αύγουστος	26,1	26,0	49,10	519,28
Σεπτέμβριος	23,1	24,6	49,23	524,30
Οκτώβριος	19,3	22,3	49,43	530,74
Νοέμβριος	15,6	19,7	49,64	537,18
Δεκέμβριος	12,6	17,4	49,82	542,37

Πίνακας 3.32: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης NDCT στη Σούδα

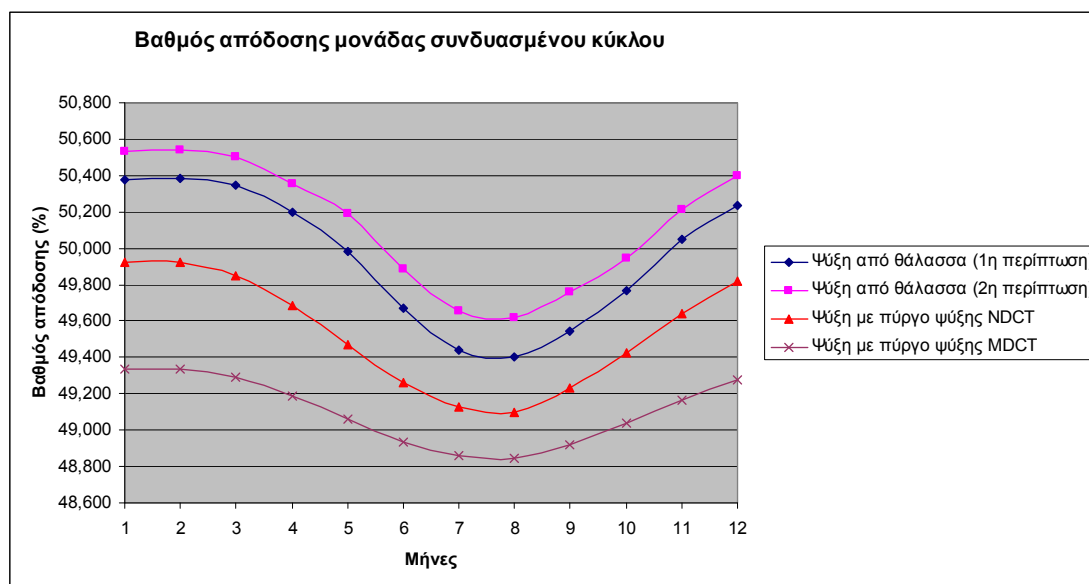
Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα του βαθμού απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος για την συγκεκριμένη περίπτωση:

Μήνες	DBT average (°C)	CWT average (°C)	Βαθμός απόδοσης (%)	Παραγόμενη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	10,9	23,7	49,33	539,01
Φεβρουάριος	11,0	23,6	49,34	538,82
Μάρτιος	12,6	24,2	49,29	536,51
Απρίλιος	15,8	25,3	49,19	531,66
Μάιος	20,1	26,7	49,06	525,26
Ιούνιος	24,6	28,0	48,94	518,60
Ιούλιος	26,6	28,8	48,86	515,78
Αύγουστος	26,1	29,0	48,85	516,59
Σεπτέμβριος	23,1	28,2	48,92	520,99
Οκτώβριος	19,3	26,9	49,04	526,50
Νοέμβριος	15,6	25,6	49,17	531,99
Δεκέμβριος	12,6	24,3	49,27	536,39

Πίνακας 3.33: Αποτελέσματα βαθμού απόδοσης και παραγόμενης ισχύος για ψύξη πύργο ψύξης MDCT στη Σούδα

Παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα με τους **βαθμούς απόδοσης** της μονάδας συνδυασμένου κύκλου και για τις 4 ψυκτικές μεθόδους στη Σούδα:



Σχήμα 3.30: Σύγκριση βαθμού απόδοσης για τις 4 περιπτώσεις ψύξης στη Σούδα

Όπως και στη λιθανθρακική μονάδα καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την χρήση ψυκτικού νερού από τη θάλασσα λαμβανόμενου 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της (2^η περίπτωση). Χειρότερος βαθμός απόδοσης παρατηρείται όταν χρησιμοποιείται πύργος ψύξης βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Στη 2^η περίπτωση ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 50,54% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 49,62% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,78%

Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης NDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 49,93% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 49,10% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,83%

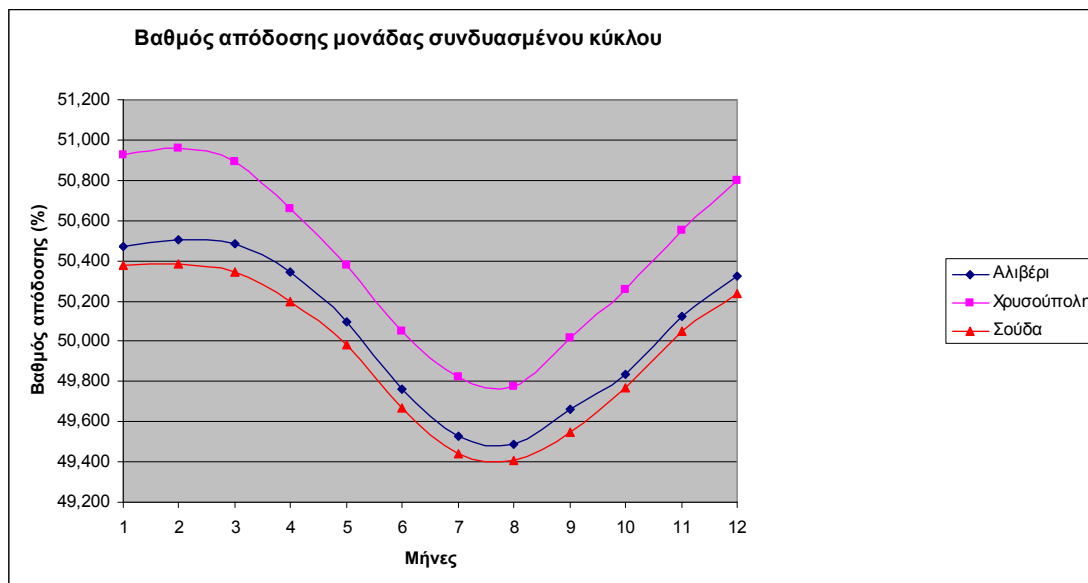
Στη περίπτωση ψύξης με πύργο ψύξης MDCT ο καλύτερος βαθμός απόδοσης μέσα στον χρόνο παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο και είναι 49,34% και ο χειρότερος τον μήνα Αύγουστο και είναι 48,85% . Η διαφορά καλύτερου-χειρότερου βαθμού απόδοσης είναι 0,49%.

Μεταξύ των πύργων ψύξης, καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με τον πύργο ψύξης NDCT καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης κυμαίνεται από 0,59% τον Ιανουάριο σε 0,25% τον Αύγουστο.

.Η διαφορά στο βαθμό απόδοσης από τη χρήση πύργου ψύξης NDCT με αυτόν που επιτυγχάνεται με ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση) κυμαίνεται μεταξύ 0,5 - 0,6%.

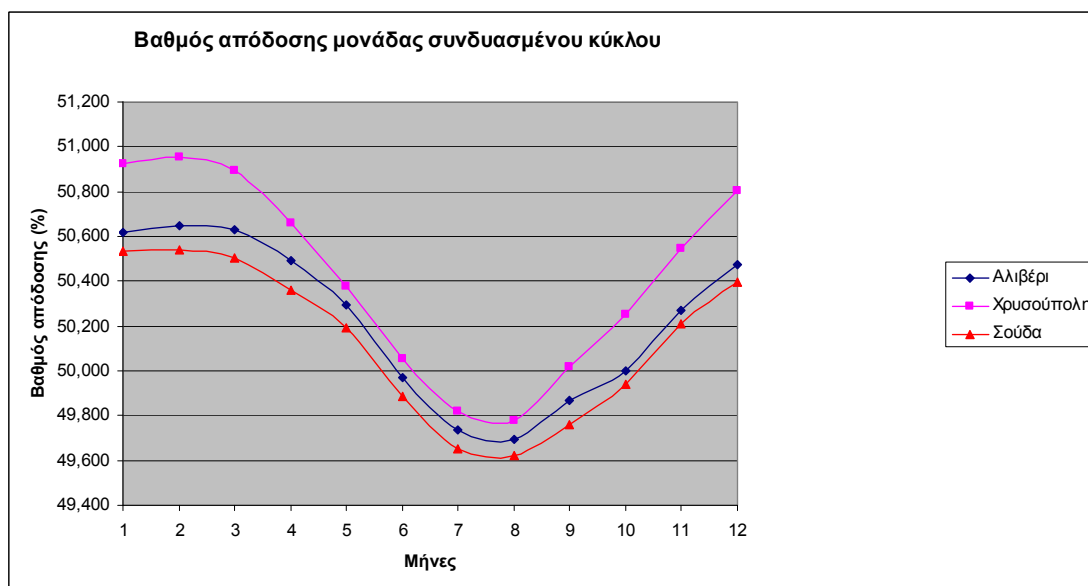
Στη συνέχεια γίνεται μια σύγκριση μεταξύ των ίδιων μεθόδων ψύξης στις 3 διαφορετικές περιοχές:

Ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)



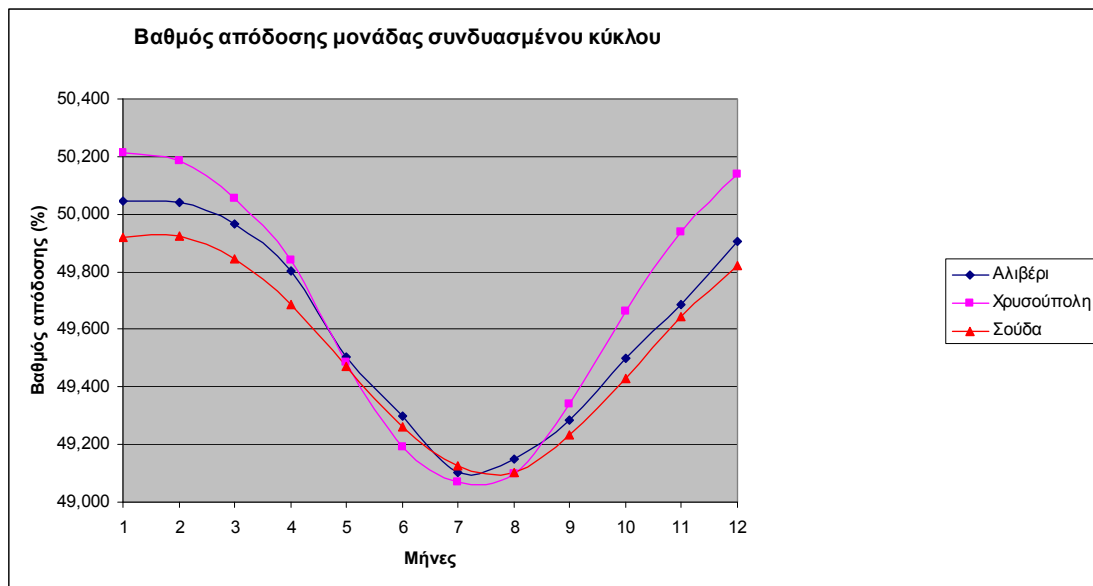
Σχήμα 3.31: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με νερό θάλασσας (1^η περίπτωση)

Ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)



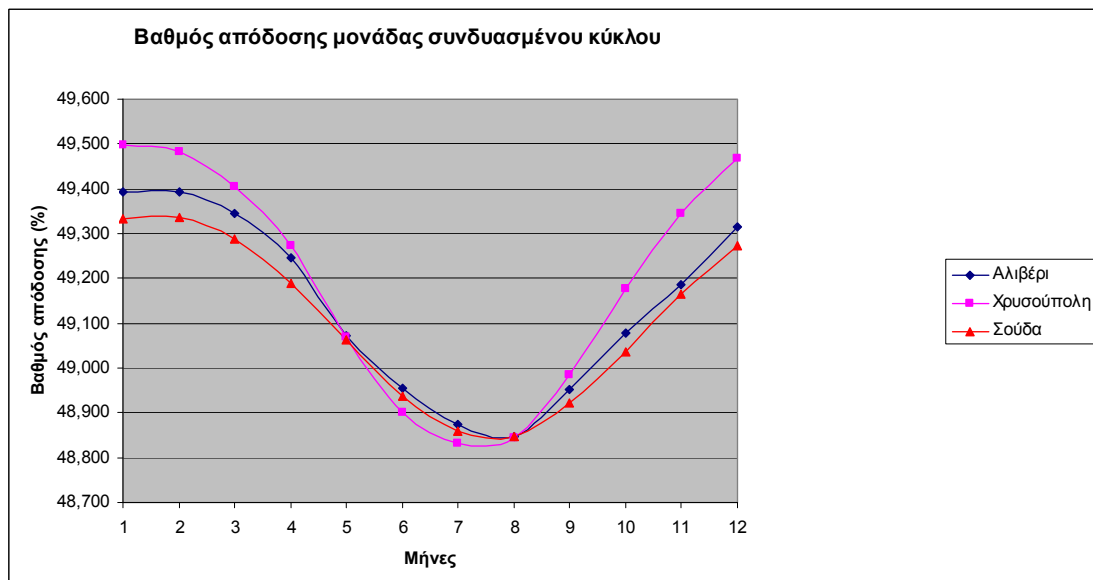
Σχήμα 3.32: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με νερό θάλασσας (2^η περίπτωση)

Ψύξη με πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού (NDCT)



Σχήμα 3.33: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με πύργο ψύξης NDCT

Ψύξη με πύργο ψύξης μηχανικής κυκλοφορίας αέρα (MDCT)



Σχήμα 3.34: Σύγκριση βαθμού απόδοσης στις 3 περιοχές όταν γίνεται ψύξη με πύργο ψύξης MDCT

Ουσιαστικά παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά με τη λιθανθρακική μονάδα.

Στη Χρυσούπολη επιτυγχάνεται για όλη τη διάρκεια του έτους ο καλύτερος βαθμός απόδοσης από τις άλλες περιοχές για ψύξη από τη θάλασσα.

Όταν υπάρχει πύργος ψύξης, βλέπουμε μια ταύτιση βαθμών απόδοσης τον μήνα Μάιο και στις 3 περιοχές και τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο χειρότερο βαθμό απόδοσης στη Χρυσούπολη. Αυτό αποδίδεται στη διαφορετική συμπεριφορά του πύργου λόγω υψηλότερης υγρασίας και συνεπώς υψηλότερης θερμοκρασίας υγρού βολβού. Έτσι προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα με αυτά για τη συμπεριφορά του λιθανθρακικού σταθμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Οικονομικά Στοιχεία

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα υπολογιστεί η απώλεια ενέργειας που προκύπτει όταν χρησιμοποιείται για ψύξη πύργος ψύξης (NDCT ή MDCT) σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας που λαμβάνεται 10 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της. Στη συνέχεια θα υπολογιστεί αυτή η απώλεια και σε € όπως φαίνεται παρακάτω. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι δεν υπολογίζονται οι ιδιοκαταναλώσεις καθώς και το κόστος επένδυσης των πύργων. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται μια μακροσκοπική ανάλυση της απώλειας ενέργειας στις 3 περιοχές. Για να υπολογιστεί η παραγόμενη ενέργεια, γίνεται η υπόθεση ότι οι 2 μονάδες λειτουργούν 20 ώρες την ημέρα για 365 μέρες τον χρόνο.

Οποτε η μηνιαία παραγόμενη ενέργεια θα υπολογιστεί από τον τύπο:

Μηνιαία παραγωγή ενέργειας(KWh)= Μηνιαία παραγωγή ισχύος (KW)·20h(μέρες που έχει ο κάθε μήνας)*

Η ετήσια παραγωγή ενέργειας $E(KWh)$ θα προκύπτει ως το άθροισμα των μηνιαίων παραγωγών ενέργειας.

Η τιμή πώλησης μιας κιλοβατώρας είναι περίπου 0,10€ ανάλογα βέβαια της κατανάλωσης ενέργειας. Στη παρούσα διπλωματική εργασία λαμβάνεται μια μέση τιμή πώλησης της κιλοβατώρας. Οπότε υπολογίζονται και τα έσοδα από τη πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τον τύπο:

Ετήσια έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας €=0,10€·Ετήσια παραγωγή ενέργειας(KWh)

ή

$$TE(€)=0,10€ \cdot E(KWh)$$

4.2 Λιθανθρακική μονάδα 800 MW

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας του λιθανθρακικού σταθμού στις 3 περιοχές και για τα 3 διαφορετικά ψυκτικά συστήματα.

Δεν υπολογίζεται η πρώτη μέθοδος γιατί εδώ μας ενδιαφέρει η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση των πύργων ψύξης σε σχέση με τη ψύξη από τη θάλασσα στον καλύτερο βαθμό απόδοσης, που εμφανίζεται όταν λαμβάνεται το νερό από 10μ. βάθος, όπως φάνηκε και παραπάνω.

Μέθοδοι ψύξης	Αλιβέρι	Χρυσούπολη	Σούδα
↓	E(KWh)	E(KWh)	E(KWh)
Με νερό θάλασσας από βάθος 10 μ.	$65,80 \cdot 10^9$	$66,13 \cdot 10^9$	$65,63 \cdot 10^9$
Με πύργο ψύξης MDCT	$64,01 \cdot 10^9$	$64,07 \cdot 10^9$	$63,94 \cdot 10^9$
Με πύργο ψύξης NDCT	$64,84 \cdot 10^9$	$64,97 \cdot 10^9$	$64,75 \cdot 10^9$

Πίνακας 4.1: Παραγόμενη ετήσια ενέργεια στις 3 περιοχές με 3 συστήματα ψύξης

Παρακάτω υπολογίζονται οι απώλειες ενέργειας από τη χρησιμοποίηση των πύργων ψύξης στις 3 περιοχές σε KWh και σε €.

Στο **Αλιβέρι** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $1,79 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται περίπου στα 179 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $0,96 \cdot 10^9$ KWh και περίπου 96 εκατομμύρια €.

Στη **Χρυσούπολη** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $2,06 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται στα 206 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $1,16 \cdot 10^9$ KWh και 116 εκατομμύρια € περίπου.

Στη **Σούδα** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $1,69 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται στα 169 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $0,88 \cdot 10^9$ KWh και 88 εκατομμύρια €.

4.3 Μονάδα συνδυασμένου κύκλου 550 MW

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας της μονάδας συνδυασμένου κύκλου στις 3 περιοχές και για τα 3 διαφορετικά ψυκτικά συστήματα.

Μέθοδοι ψύξης	Αλιβέρι	Χρυσούπολη	Σούδα
↓	E(KWh)	E(KWh)	E(KWh)
Με νερό θάλασσας από βάθος 10 μ.	$47,43 \cdot 10^9$	$47,85 \cdot 10^9$	$47,24 \cdot 10^9$
Με πύργο ψύξης MDCT	$46,40 \cdot 10^9$	$46,68 \cdot 10^9$	$46,27 \cdot 10^9$
Με πύργο ψύξης NDCT	$46,84 \cdot 10^9$	$47,15 \cdot 10^9$	$46,68 \cdot 10^9$

Πίνακας 4.2: Παραγόμενη ετήσια ενέργεια στις 3 περιοχές με 3 συστήματα ψύξης

Παρακάτω υπολογίζονται οι απώλειες ενέργειας από τη χρησιμοποίηση των πύργων ψύξης στις 3 περιοχές καθώς και τα κόστη από τις απώλειες αυτές.

Στο **Αλιβέρι** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $1,03 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται περίπου στα 103 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $0,59 \cdot 10^9$ KWh και περίπου 59 εκατομμύρια €.

Στη **Χρυσούπολη** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $1,17 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται περίπου στα 117 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $0,70 \cdot 10^9$ KWh και 70 εκατομμύρια € περίπου.

Στη **Σούδα** η απώλεια ενέργειας από τη χρησιμοποίηση πύργου ψύξης MDCT σε σχέση με τη ψύξη με νερό θάλασσας από 10 μ. βάθος είναι $0,97 \cdot 10^9$ KWh. Η απώλεια ανέρχεται στα 97 εκατομμύρια €.

Αντίστοιχα για τον πύργο ψύξης NDCT οι απώλειες είναι $0,56 \cdot 10^9$ KWh και 56 εκατομμύρια €.

4.4 Σύγκριση των δύο μονάδων

Αν θεωρηθεί ότι, εφαρμόζοντας σαν μέθοδο ψύξης το νερό από τη θάλασσα από βάθος 10 μ., έχουμε το 100% της παραγόμενης ενέργειας, τότε για τη περιοχή του **Αλιβερίου** για τις 2 μονάδες και τα 3 ψυκτικά συστήματα θα είναι:

Μέθοδος ψύξης	Λιθανθρακική μονάδα	Μονάδα συνδυασμένου κύκλου	Διαφορά 2 μονάδων
Με νερό θάλασσας από βάθος 10 μ.	100%	100%	0%
Με πύργο ψύξης MDCT	97,3%	97,8%	0,5%
Με πύργο ψύξης NDCT	98,5%	98,8%	0,3%

Πίνακας 4.3: Ποσοστό παραγόμενης ετήσιας ενέργειας (%) στο Αλιβέρι

Για την **Χρυσούπολη** θα είναι:

Μέθοδος ψύξης	Λιθανθρακική μονάδα	Μονάδα συνδυασμένου κύκλου	Διαφορά 2 μονάδων
Με νερό θάλασσας από βάθος 10 μ.	100%	100%	0%
Με πύργο ψύξης MDCT	96,9%	98,2%	1,3%
Με πύργο ψύξης NDCT	97,6%	98,5%	0,9%

Πίνακας 4.4: Ποσοστό παραγόμενης ετήσιας ενέργειας (%) στη Χρυσούπολη

Για τη **Σούδα** θα είναι:

Μέθοδος ψύξης	Λιθανθρακική μονάδα	Μονάδα συνδυασμένου κύκλου	Διαφορά 2 μονάδων
Με νερό θάλασσας από βάθος 10 μ.	100%	100%	0%
Με πύργο ψύξης MDCT	97,4%	98,7%	1,3%
Με πύργο ψύξης NDCT	97,9%	98,8%	0,9%

Πίνακας 4.5: Ποσοστό παραγόμενης ετήσιας ενέργειας (%) στη Σούδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Γενικά συμπεράσματα

Στην διπλωματική εργασία μελετήθηκε η εξέλιξη του βαθμού απόδοσης καθώς και της παραγωγής ισχύος κατά τη διάρκεια του έτους με 3 διαφορετικά ψυκτικά συστήματα σε 3 περιοχές της Ελλάδος. Η μελέτη έγινε σε 2 μονάδες: σε λιθανθρακική μονάδα 800 MW και σε μονάδα συνδυασμένου κύκλου 550 MW.

Το πρώτο γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η πιο συμφέρουσα λύση για τη ψύξη των μονάδων είναι η ψύξη με νερό θάλασσας λαμβανόμενο 10 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας.

Συνολικά καλύτερος βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται όταν οι μονάδες είναι εγκατεστημένες στη Χρυσούπολη. Τους καλοκαιρινούς μήνες όμως αν το ψυκτικό νερό προέρχεται από πύργο ψύξης (NDCT ή MDCT), ο βαθμός απόδοσης στη Χρυσούπολη είναι χειρότερος από τους αντίστοιχους στο Αλιβέρι και στη Σούδα για την ίδια μονάδα.

Η διαφορά μέγιστου με ελάχιστου βαθμού απόδοσης κατά τη διάρκεια του έτους κυμαίνεται από 0,8 έως 1,3% για όλες τις μεθόδους εκτός από την περίπτωση του πύργου ψύξης βεβαιωμένης κυκλοφορίας αέρα που η διαφορά στο βαθμό απόδοσης μέσα στο έτος κυμαίνεται από 0,5% μέχρι 0,7% ανάλογα με τη περιοχή που είναι εγκατεστημένος.

Επίσης για τους ίδιους μήνες η διαφορά ανάμεσα στη μέθοδο ψύξης με νερό θάλασσας (10 μ βάθος) και στη μέθοδο με πύργο ψύξης NDCT κυμαίνεται στο 0,5 - 0,9%.

Αν πρέπει να διαλέξει κανείς ανάμεσα σε πύργο ψύξης φυσικού ελκυσμού και μηχανικής κυκλοφορίας αέρα, καλύτερος βαθμός απόδοσης και κατά συνέπεια καλύτερη παραγωγή ισχύος επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του πύργου ψύξης φυσικού ελκυσμού εάν γίνει η διαστασιολόγηση των πύργων για το design point που στη διπλωματική εργασία είναι οι ακραίες συνθήκες θέρους. Ο πύργος ψύξης φυσικού ελκυσμού παρουσιάζει αρκετά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τον πύργο ψύξης βεβαιωμένης κυκλοφορίας τους χειμερινούς μήνες και σχετική μικρή διαφορά απόδοσης τους θερινούς μήνες. Για την τελική επιλογή πρέπει όμως να εξεταστεί και το αντίστοιχο κόστος επένδυσης και τα λειτουργικά κόστη του κάθε πύργου.

Συγκρίνοντας τους 2 σταθμούς παρατηρείται ότι για όλες τις περιοχές η μεταβολή της απώλειας της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας λόγω αλλαγής συστήματος ψύξης είναι μικρότερη στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου .

Αυτό συμβαίνει γιατί ο βαθμός απόδοσης της λιθανθρακικής μονάδας με ατμοστρόβιλο εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία του ψυκτικού νερού όσο και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη μονάδα συνδυασμένου κύκλου ο βαθμός απόδοσης της μονάδας προκύπτει αν προσθέσουμε την παραγόμενη ισχύ από τον αεριοστρόβιλο και την παραγόμενη ισχύ από τον ατμοστρόβιλο και διαιρέσουμε με τη ποσότητα του καυσίμου που παρέχεται στον αεριοστρόβιλο. Επειδή όμως ο αεριοστρόβιλος συνεισφέρει περίπου τα 2/3 της συνολικά παραγόμενης ισχύος και ο ατμοστρόβιλος το 1/3 της παραγόμενης ισχύος, μπορεί να πει κανείς ότι ο βαθμός απόδοσης της μονάδας συνδυασμένου κύκλου εξαρτάται κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και λιγότερο από τη θερμοκρασία του ψυκτικού νερού. Η τάξη μεγέθους μεταβολών παραμένει η ίδια.

Βιβλιογραφία

1. «**Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί**», Ε. Κακαράς, Εκδόσεις Fountas, 2^η Έκδοση, 2003
2. «**Συσκευές και εγκαταστάσεις Θερμικών Διεργασιών**», Α. Στέγγου – Σαγιά, Αθήνα 2006
3. «**Σημειώσεις ψύξης Α΄ και Β΄ Μέρους**», Σ. Χατζηδάκης, Αθήνα 2003
4. «**Κλιματισμός Μέρος Πρώτο**», Κίμωνος Α. Αντωνόπουλου, Αθήνα 2004
5. «**Λειτουργία Αεριοστροβίλων και Ατμοστροβίλων**», Κ. Μαθιουδάκη, Αθήνα 1997
6. «**Σημειώσεις Βιομηχανικών Συστημάτων ηλεκτρικής Ενέργειας**», Γ. Κυραναστάσης, ΤΕΙ Καβάλας 2001
7. «**Συστήματα ψύξης – Πύργοι ψύξης**», Παρουσίαση Ν. Ανδρίτσος
8. «**Γενικά Κλιματολογικά Στοιχεία**», ΕΜΥ 2008
9. «**Στοιχεία Θερμοκρασίας Επιφάνειας Θάλασσας**», Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού, 2008
10. www.dei.gr
11. http://www.energymanagertraining.com/power_plants/condenser&cooling_system.htm
12. <http://www3.toshiba.co.jp/power/english/thermal/products/turbines/cond.htm>
13. <http://www.fwc.com/GlobalPowerGroup/Projects.cfm?projectname=Lavion%20V>
14. <http://www.piiny.com/graham/graham.html>
15. <http://www.fwc.com/GlobalPowerGroup/IndustrialBoilers/SteamSurfaceCondensersFH.cfm>
16. <http://www.daikin.gr/faq/items/sensible-latent-heat.jsp>
17. <http://www.aquachem.gr/images%20site/OzoneCooling.pdf>
18. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Psy_chrometricChart-SeaLevel-SI.jpg
19. «**Ένταξη μονάδων φυσικού αερίου στο Ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής**», Χ. Αργυριάδης, Ε. Μπονατάκη, Αθήνα 2006