

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ  
ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ»**

Γιόγκεζας Μάριος του Σταματίου

(Α.Μ 45038)

ΔΕΛΤΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ			
Ακαδ. έτος	2018-2019		
Τίτλος Εργασίας	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ		
Φοιτητ-ές / -ριες	Γκιόγκεζας Μάριος του Σταματίου		
Τμήμα	Μηχανολόγων Μηχανικών		
Επιβλ. Καθ.	Ζαφειράκης Δημήτριος		
Ημερομηνία	09-10-2018		
Λέξεις κλειδιά	Ενεργειακό προφίλ, Συμπαραγωγή, Παραγωγή ενέργειας, Συμπεριφορά εγκατάστασης, Βελτιστοποίηση συστήματος		
<p><b>Περίληψη :</b> Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται μια μικρή παρουσίαση και ανάλυση των ενεργειακών ισοζυγίων κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας, απόδοσης εγκατάστασης και σημείου λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής στις εγκαταστάσεις του νεοσύστατου Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (πρώην ΤΕΙ Πειραιά). Τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα καταγράφηκαν την περίοδο Δεκέμβριος 2016 - Δεκέμβριος 2017. Κρίθηκε αναγκαία, παρά τον αμιγώς τεχνικό σκοπό της εργασίας, να παρουσιαστούν κάποια θεωρητικά στοιχεία σχετικά με την συμπαραγωγή και τις μεθόδους αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Έτσι στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τον ακριβή ορισμό της συμπαραγωγής και τις διαδεδομένες αλλά και σε ερευνητικό επίπεδο τεχνολογίες συμπαραγωγής. Επίσης παρατίθενται τα πεδία εφαρμογών των τεχνολογιών συμπαραγωγής, καθώς και τα πιθανά σενάρια λειτουργίας μιας τέτοιας εγκατάστασης. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης συμπαραγωγής, καθώς και βασικά διαγράμματα σύνδεσης των μηχανών και συσκευών που απαρτίζουν το σύστημα. Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθεται η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία για την εύρεση όλων των παραμέτρων με τις οποίες καταλαβαίνουμε τη συμπεριφορά της εγκατάστασης. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα ζήτησης, παραγωγής και απόδοσης ενέργειας που προέκυψαν από τις μετρήσεις του καταγραφικού προγράμματος του σταθμού, ενώ ακολούθως σχολιάζονται τα αποτελέσματα από τα διαγράμματα και η συμπεριφορά του σταθμού σε διάρκεια λειτουργίας ενός έτους. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο προτείνεται μια λύση με σκοπό την καλύτερη απόδοση και ελαχιστοποίηση των υπαρχουσών απωλειών και εξομάλυνσης λειτουργίας της εγκατάστασης και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την όλη διαδικασία παρατήρησης και βελτιστοποίησης της συμπεριφοράς της εγκατάστασης.</p>			

PROJECT INFORMATION SHEET			
<i>Academic year</i>	2018-2019		
<i>Title</i>	ENERGY ANALYSIS & OPERATION EVALUATION OF THE CO-GENERATION UNIT OF UNIVERSITY OF WEST ATTICA		
<i>Students</i>	Gkiogkezas Marios,		
<i>Department</i>	Mechanical Engineering		
<i>Advisor</i>	Zafeirakis Dimitrios		
<i>Date</i>	09-10-2018		
<i>Keywords</i>	Energy profile, Cogeneration, Power production, Unit behavior, System optimization		
<p><b>Abstract:</b> <i>This thesis deals with a brief presentation and analysis of the energy consumption and energy generation equilibrium, installation performance and operating point of the cogeneration unit at the premises of the newly established University of West Attica (former TEI of Piraeus). The data used were recorded during the period December 2016 - December 2017. It was considered necessary, despite the purely technical aim of the work, to present some theoretical data on cogeneration and storage methods of the produced energy. Thus, in the first chapter are presented information about the precise definition of cogeneration and the widespread as well as on the research level cogeneration technologies. Also, the cogeneration technology application fields, as well as the possible operating scenarios of such an installation, are listed. In the second chapter are presented the characteristics of the cogeneration plant, as well as the basic diagrams of connection of the machines and devices that make up the system. In the third chapter the used methodology is mentioned that allows to calculate all the important parameters for the understanding of the unit's behavior. In the fourth chapter is demonstrated the demand, generation and energy efficiency diagrams resulting from the measurements of the station's data recording program, the results from the charts and the behavior of the station over one year. In the fifth chapter, a solution is proposed (ie a new operating point of the installation) in order to improve the efficiency and minimize the existing losses and smoothen out the operation load of the unit, as well as the conclusions from the observation and optimization of the unit's behavior.</i></p>			

Οι υπογράφοντες υπεύθυνα δηλώνουν ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ» είναι προϊόν δικής μας δουλειάς και ότι όλες οι πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη σύνταξη της αναφέρονται πλήρως.

Μάριος Γκιόγκεζας \_\_\_\_\_



## Περιεχόμενα

### 1 Εισαγωγή

- 1.1 Γενικά για τη συμπαραγωγή
- 1.2 Τεχνολογίες συμπαραγωγής
- 1.3 Αρχή και σενάρια λειτουργίας
- 1.4 Πεδία εφαρμογής και θετικές επιπτώσεις συμπαραγωγής

### 2 Περιγραφή της εγκατάστασης

- 2.1 Χρησιμοποιούμενα πρότυπα και κανονισμοί
- 2.2 Θερμικό κύκλωμα-Γενική περιγραφή
  - 2.2.1 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης
  - 2.2.2 Παροχές νερού, θερμοκρασίες και υδραυλικά χαρακτηριστικά των ρευμάτων
  - 2.2.3 Δίδυμος πύργος ψύξης
  - 2.2.4 Εναλλάκτης θερμότητας απομονώσεως κυκλώματος ψύξης H/Z
  - 2.2.5 Σταθμός διασύνδεσης με λεβητοστάσιο Τεχνικής Υπηρεσίας
  - 2.2.6 Σταθμός διασύνδεσης με λεβητοστάσιο ΣΔΟ
  - 2.2.7 Δοχείο αδράνειας
  - 2.2.8 Αντλίες
  - 2.2.9 Δοχείο διαστολής
  - 2.2.10 Συλλέκτες και σωληνώσεις κυκλοφορίας ζεστού νερού
  - 2.2.11 Σωληνώσεις ψυχρού νερού
  - 2.2.12 Τρίοδες βάνες ρύθμισης
  - 2.2.13 Σωλήνωση πύργου ψύξης
- 2.3 Ηλεκτρική εγκατάσταση
  - 2.3.1 Τοπολογία ηλεκτρικών δικτύων
  - 2.3.2 Δίκτυο και διατάξεις μέσης τάξης και διασύνδεσης
    - 2.3.2.1 Πίνακες μέσης τάσης
      - 2.3.2.2 *Μετασχηματιστής #3*
      - 2.3.2.3 *Καλώδια Μέσης Τάσης*
    - 2.3.3 Δίκτυο Χαμηλής Τάσης παραγωγής και διασύνδεσης
      - 2.3.3.1 Πίνακας χαμηλής τάσης ΣΗΘ υποσταθμού
        - 2.3.3.2 *Καλώδια*
      - 2.3.4 Ηλεκτρική εγκατάσταση container H/Z
        - 2.3.4.1 Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια
          - 2.3.4.2 *Πίνακας ισχύος ζεύξης γεννήτριας*

2.3.5 Ηλεκτρικό σύστημα ψυχοστασίου-αντλιοστασίου

2.3.5.1 Πίνακας κίνησης

2.3.6 Καλωδιώσεις

2.3.7 Γειώσεις

### **3 Μεθοδολογία**

3.1 Μεθοδολογία γραφημάτων συμπεριφοράς εγκατάστασης και εύρεσης κτιρίου με μεγαλύτερη κατανάλωση

3.2 Μεθοδολογία γραφημάτων φυσικού αερίου και κόστους/kw παραγωγής

3.3 Μεθοδολογία εύρεσης γραφημάτων απόδοσης εγκατάστασης για κάθε μήνα

### **4 Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης**

4.1 Γραφήματα ισοζυγίου ενέργειας

4.2 Γραφήματα κατανάλωσης καυσίμου και κόστους παραγωγής ενέργειας

4.3 Γραφήματα απόδοσης

### **5 Τελικά αποτελέσματα**

5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων και πρόταση συσσωρευτών ως λύση

5.2 Σύγκριση ειδών συσσωρευτών

5.3 Συμπεράσματα

### **6 Βιβλιογραφία**

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά για τη συμπαραγωγή

Η γραφειοκρατία αποτελούσε ανέκαθεν ένα τεράστιο εμπόδιο για την ταχύτερη ανάπτυξη της χώρας μας ως προς οποιονδήποτε τομέα και ιδιαίτερα την τεχνολογία. Η τεχνολογία της συμπαραγωγής δεν αποτέλεσε εξαίρεση ώστε να ξεφύγει από τη γραφειοκρατία και να διαδοθεί γρήγορα. Είναι γνωστό πάντως πως αυτή η τεχνολογία έδωσε ένα μεγάλο πλεονέκτημα στην βιομηχανία και παραγωγή, το οποίο ήταν η εκμετάλλευση της απορριπτόμενης θερμότητας. Προφανώς όταν χρησιμοποιούνται συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας, τότε τα τεράστια ποσά θερμότητα μένουν ανεκμετάλλευτα, πράγμα που σημαίνει ότι ένα ποσοστό των αρχικών επενδυσμένων κεφαλαίων θα αργήσει να επιστραφεί στον ιδιοκτήτη. Έτσι οι μονάδες συμπαραγωγής θα παίξουν όλο και περισσότερο σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας και γενικότερης ανάπτυξης της χώρας. Για να προκύψει όμως αυτή η μεταστροφή σε αυτή την τεχνολογία αποτελεί ζωτικής σημασίας η κατανόηση των βασικών εννοιών, μερών, οφελών και κινδύνων που φέρει αυτή η τεχνολογία.

Εξ ορισμού συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Όπως προαναφέρθηκε, η θερμική ενέργεια στην συμπαραγωγή μπορεί να αξιοποιηθεί. Προφανώς η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με σκοπό την θέρμανση, ενώ άμα είναι επιθυμητή η ψύξη ή ο κλιματισμός θα χρειαστούν συνήθως κάποιες μηχανές απορρόφησης που λειτουργούν με τη βοήθεια ατμού ή θερμού νερού. Η συμπαραγωγή για κάλυψη ψυκτικών αναγκών και αναγκών κλιματισμού ονομάζεται τριπαραγωγή. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για ψύξη-κλιματισμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Η θερμότητα σε μια εγκατάσταση συμπαραγωγής, στη περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψύξης μέσω κύκλων απορρόφησης.

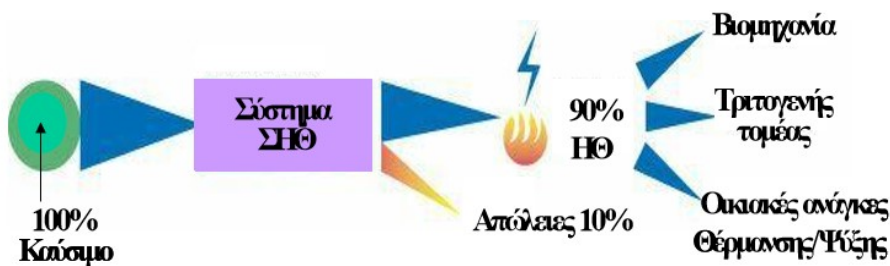
Λόγω ακριβώς αυτής της εκμετάλλευσης της απορριπτόμενης θερμότητας, οι μονάδες συμπαραγωγής έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (η συμβατική ηλεκτροπαραγωγή έχει βαθμό απόδοσης 30-45%, ενώ οι μονάδες συμπαραγωγής έχουν 80-85% βαθμό απόδοσης. Το καύσιμο με το οποίο τα συστήματα συμπαραγωγής αποβαίνουν πιο αποτελεσματικά ως προς την ενεργειακή και οικονομική βιωσιμότητα είναι το φυσικό αέριο. Με αυτό σαν καύσιμο, τα περιβαλλοντικά προβλήματα μειώνονται αισθητά, καθώς κατά την καύση του δεν εκλύονται θειούχες ενώσεις, άρα μειώνεται το φαινόμενο της όξινης βροχής, ενώ γενικά έχει λιγότερες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων. Επίσης δεν υπάρχει ανάγκη για μεγάλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης του καυσίμου, διότι παρέχεται μέσω αγωγών από την Εταιρία Παροχής Αερίου.

Σημαντικό παράγοντα στην βιωσιμότητα μιας μονάδας συμπαραγωγής παίζει η εξεύρεση πόρων και οι υφιστάμενες οικονομικές συνθήκες που θα λειτουργήσει, ενώ ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης και η επιστροφή του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης θα πρέπει να γίνουν εντός λογικών πλαισίων, ώστε να ωθούν την ομαλή λειτουργία και ελάχιστη δυνατή οικονομική δαπάνη σε σχέση με την αξιοποίησης της ενέργειας που πραγματοποιείται.



Τα συστήματα συμπαραγωγής διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα συστήματα “κορυφής” (topping systems) και τα συστήματα “βάσης” (bottoming systems). Στα συστήματα κορυφής, παράγεται πρώτα ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια η αποβαλλόμενη θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται στη θέρμανση χώρων, σε θερμικές διεργασίες κ.λπ. Στα συστήματα βάσης, παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας, όπως συμβαίνει σε εγκαταστάσεις υαλοφυείων, στους φούρνους των χαλυβουργιών κ.λπ., και στη συνέχεια η αποβαλλόμενη θερμότητα, χρησιμοποιείται στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αξίζει να τονισθεί, πως η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η συνολική απόδοση του συστήματος προκύπτει από την συνεισφορά μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας. Δεδομένου ότι από ένα σύστημα συμπαραγωγής προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, ο καθορισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών είναι πιο σύνθετος απ' ό,τι στα απλά συστήματα. Το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Τα αποδοτικότερα συστήματα με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη παραγωγή σχετικά μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Όσο αυξάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία της ανακτώμενης ενέργειας, τόσο μειώνεται ο λόγος της παραγόμενης ισχύος προς τη θερμότητα. Παρακάτω παρουσιάζεται η βασική οργάνωση μιας μονάδας συμπαραγωγής.



Εικόνα 1: Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

## 1.2 Τεχνολογίες συμπαραγωγής

Θα γίνει αναφορά στις πιο γνωστές τεχνολογίες συστημάτων συμπαραγωγής καθώς αυτές είναι που εφαρμόζονται κατά κόρον.

- Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο: Χρησιμοποιείται άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο. Ο ατμός είναι το μέσο με το οποίο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.
- Συμπαραγωγή με αεριοστρόβιλο: Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι τα μόνα κατάλληλα καύσιμα. Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας είναι τα καυσαέρια του θαλάμου καύσης.
- Συμπαραγωγή με συνδυασμένο κύκλο: Η υψηλή θερμότητα και περιεκτικότητα σε οξυγόνο των καυσαερίων του αεριοστροβίλου χρησιμοποιούνται σε μια δεύτερη διεργασία με έναν ατμοστρόβιλο.
- Συμπαραγωγή με παλινδρομική μηχανή: Η χημικά δεσμευμένη ενέργεια του φυσικού αερίου ή του πετρελαίου diesel, για παράδειγμα, μετασχηματίζεται άμεσα με την καύση σε μηχανική ενέργεια.

Όλα τα συστήματα που μόλις παρατέθηκαν ονομάζονται γενικά θερμικές μηχανές. Η λειτουργία μιας θερμικής μηχανής μπορεί να παρασταθεί καλύτερα από ένα θερμοδυναμικό κύκλο (Otto, Diesel, Brayton, Stirling και Rankine).

**Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης- Μηχανή Otto και Diesel:** πιο ευρέως διαδομένες και περισσότερο αποδοτικές διατάξεις ενέργειας για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι οι παλινδρομικές μηχανές ή μηχανές εσωτερικής καύσης (MEK). Διάφοροι τύποι αυτών των μηχανών είναι εμπορικά διαθέσιμοι, αλλά δύο από αυτούς έχουν περισσότερη σημασία σε στατικές εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής. Αυτοί οι δύο τύποι είναι οι τετράχρονες μηχανές με σπινθηριστή (κύκλος Otto) και οι μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση (κύκλος Diesel). Τα κύρια μηχανικά μέρη αυτών των μηχανών είναι τα ίδια, καθώς και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο.

Τα συστήματα ΣΗΘ με κινητήρα Otto έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατασκευάζονται για ισχύ από 15 έως 1300 kW,
- παρουσιάζουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 32-35%
- θερμικό βαθμό απόδοσης 50-60% και ολικό βαθμό απόδοσης 80 - 85%,
- ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την παραγόμενη θερμική ισχύ είναι 0,5 - 0,8
- ο μέσος χρόνος ζωής είναι περίπου 10 έτη

Τα συστήματα ΣΗΘ με κινητήρα Diesel:

- κατασκευάζονται για ισχύ από 100 έως και λίγο μεγαλύτερη των 20000 kW παρουσιάζουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 35-45%
- θερμικό βαθμό απόδοσης 40-45% και ολικό βαθμό απόδοσης 70 - 80%
- ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την παραγόμενη θερμική ισχύ είναι 0,70 - 0,90
- ο μέσος χρόνος ζωής είναι περίπου 15 - 20 έτη

### **Συστήματα αεριοστρόβιλου :**

Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι συνήθως φυσικό αέριο, υγραέριο και ελαφρύ πετρέλαιο.

Διακρίνουμε δυο βασικούς τύπους :

1. ανοιχτού τύπου
2. κλειστού τύπου

### **Αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου:**

- για εφαρμογές μεσαίου μεγέθους εγκαταστημένης ισχύος (~10MW),
- Χρησιμοποιούν και αέρια καύσιμα, που παράγονται, π.χ. κατά την καταλυτική πυρόλυση υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια πετρελαίου
- Μικρός βαθμός απόδοσης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (25 – 35%)
- θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι υψηλή
- καθίστανται ιδανικοί για συμπαραγωγή
- ολικός βαθμός απόδοσης αυξάνεται στο 70 – 85%.
- Διάρκεια ζωής 15 – 20 έτη
- κίνδυνος να μειωθεί δραστικά η ζωή με τη χρήση καυσίμου κακής ποιότητας ή την ανεπαρκή συντήρηση

### **Αεριοστρόβιλοι κλειστού κύκλου:**

- Η εξωτερική καύση επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου στα συστήματα αυτά: άνθρακα, απόβλητα, βιομάζα, υγρά ή αέρια καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα
- υψηλότερη διαθεσιμότητα
- μικρότερες απαιτήσεις συντηρήσεως
- καθαρότητας του εργαζόμενου ρευστού
- ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης αυξάνεται με την ύπαρξη αναγεννητήρα.

## **Συστήματα ατμοστρόβιλου**

- κατάλληλα για απαιτήσεις ισχύος από 500kW έως 100.000kW
- δυνατότητα καύσης στερεών αποβλήτων
- Ο ολικός βαθμός απόδοσης φθάνει το 60 – 85%,
- δεν παρουσιάζεται έντονη πτώση
- έχουν σχετικά χαμηλό βαθμό απόδοσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος (15 – 20%)
- έχουν υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα (90 – 95%)
- μεγάλη διάρκεια ζωής (25 – 35 έτη).

### **Τρεις είναι οι βασικές διατάξεις των ατμοστρόβιλων:**

#### **1. ατμοστρόβιλος αντίθλιψης:**

- απλή μορφή
- μικρότερο κόστος κατασκευής
- καθόλου ανάγκη σε ψυκτικό υγρό
- υψηλότερο ολικό βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως λόγω του ότι δεν αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψυκτών
- είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θέρμανσης
- αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας

#### **2. ατμοστρόβιλος απομαστεύσεως:**

- είναι ακριβότερος της αντίθλιψης
- έχουν μικρότερο ολικό βαθμό απόδοσης (περίπου 80 %)
- ανεξάρτητη ρύθμιση της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος
- ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού

#### **3. ατμοστρόβιλος σε κύκλο βάσεως:**

- ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι 5 - 15% και ο παραγόμενος ηλεκτρισμός προέρχεται από θερμότητα, άρα δεν συνεπάγεται πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου

**Συστήματα συνδυασμένου κύκλου:** δύο θερμοδυναμικοί κύκλοι, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου που ακολουθούν τον κύκλο Joule – Rankine. Ο ατμός που παράγεται στη μονάδα ανακτήσεως τροφοδοτείται στον ατμοστρόβιλο και έτσι παράγεται επιπρόσθετη ηλεκτρική ισχύς και τα θερμικά φορτία παραμένουν στην έξοδο με τη μορφή ατμού χαμηλής πίεσεως, είναι κατάλληλα για διεργασίες. Η ολική απόδοση υπερέρχει αισθητά, ενώ η ισχύς τους κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20 - 400 MW. Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι 70 - 85%, ενώ ο ηλεκτρικός βρίσκεται συνήθως στην περιοχή του 35 - 45%. Ο χρόνος εγκατάστασης ενός συστήματος συνδυασμένου κύκλου είναι 2-3 έτη.

### **Μικροστρόβιλος:**

- υψηλής ταχύτητας
- αποτελείται από αεριοστρόβιλο, συμπιεστή, τη γεννήτρια και τα ηλεκτρονικά ισχύος για τη σύνδεσή τους με το δίκτυο.
- δέχεται καύσιμο το φυσικό αέριο, προπάνιο ελαφρύ diesel και κηροζίνη
- έχει ηλεκτρική απόδοση γύρω στο 30%
- έχει μικρά επίπεδα εκπομπών
- έχει δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας
- δεν χρειάζονται τακτική συντήρηση
- η ισχύς τους κυμαίνεται από 25-80kW, που μπορεί να καλύψει άνετα τις ανάγκες ενός συγκροτήματος κτιρίων
- μικρό μέγεθος και βάρος
- μικρό αριθμό κινούμενων μερών
- χαμηλή στάθμη θορύβου

### **Μηχανές Stirling:**

- εργαζόμενο μέσο, το οποίο μπορεί να είναι ήλιο ή άζωτο
- μεγάλη ευελιξία στο καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- πολύ χαμηλά επίπεδα ρύπων
- κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ από 3 έως 100kW
- λόγος συμπαραγόμενης ηλεκτρικής προς θερμική ενέργεια είναι 0,5 - 0,8,
- ακριβότεροι από τις Μ.Ε.Κ. είναι λιγότερο ρυπογόνοι
- η χημική ρύπανση που προκαλούν είναι αισθητά μικρότερη
- απαιτούν συντήρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα

### 1.3 Αρχή και σενάρια λειτουργίας

Όπως είναι λογικό κάθε διαφορετικό σύστημα συμπαραγωγής επεξεργάζεται διαφορετικά το εργαζόμενο μέσο για να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Στις μηχανές Stirling, η καύση του καυσίμου γίνεται εξωτερικά σε ξεχωριστό θάλαμο καύσης και γι' αυτό το λόγο ονομάζονται και μηχανές εξωτερικής καύσης. Το εργαζόμενο μέσο, συμπιέζεται και εκτονώνεται σε διάταξη κυλίνδρου δύο εμβόλων, με αποτέλεσμα την περιστροφή στροφαλοφόρου άξονα. Το αέριο θερμαίνεται σε εναλλάκτη θερμότητας χωρίς να συμμετέχει στην καύση.

Στους μικροστρόβιλους κατά τη λειτουργία της μηχανής, ο αέρας εισέρχεται στο συμπιεστή και μετά από τη συμπίεσή του διέρχεται από τον προθερμαντήρα, όπου η θερμοκρασία αυξάνεται από τα καυσαέρια εκτόνωσης. Στη συνέχεια, ο αέρας εισέρχεται στον καυστήρα, όπου αναμειγνύεται με το καύσιμο, το οποίο αναφλέγεται και καίγεται. Ο αναφλεκτήρας χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια της εκκίνησης και κατόπιν η φλόγα είναι αυτοσυντηρούμενη. Τα αέρια μετά την καύση διέρχονται από το στρόβιλο μετατρέποντας τη θερμική ενέργεια σε μηχανική. Τα αέρια που εξέρχονται από το στρόβιλο διέρχονται από τον αναθερμαντήρα και στη συνέχεια στον εναλλάκτη θερμότητας για την πρόσδοση θερμότητας και τη θέρμανση νερού.

Στον αμοστρόβιλο, τα παραγόμενα αέρια απόβλητα είναι υψηλής θερμοκρασίας. Μετά τη θερμική διεργασία, τα αέρια αυτά μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανακομιδής θερμότητας (recuperator), όπου παράγεται ατμός που κινεί μια αμοστροβιλογεννήτρια. Έτσι, η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού.

Στους αμοστροβίλους απομαστεύσεως, μέρος του ατμού απομαστεύεται (εξάγεται) από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου, η οποία χρησιμεύει για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού και, συγχρόνως, παρέχεται θερμική ισχύς στον εναλλάκτη, ενώ ο υπόλοιπος ατμός εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή της τάξης των 0,05 – 0,10 bar.

Στους αμοστρόβιλους αντιθλίψεως ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας (20-100 bar και 480-540°C) παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση αμοστρόβιλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός εξέρχεται από το στρόβιλο σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» οφείλεται στο ότι η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (3-20 bar). Επιπλέον, είναι δυνατή η απομάστευση (εξαγωγή) μέρους του ατμού στις επιθυμητές πιέσεις, από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου .

Στους αεριοστροβίλους κλειστού τύπου, το εργαζόμενο ρευστό κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδο του από αυτόν. Καθώς το ρευστό δεν συμμετέχει στην καύση, διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και η χημική διάβρωση του αεριοστρόβιλου από τα προϊόντα της καύσης.

Στους αεριοστροβίλους ανοιχτού τύπου: ο αέρας αναρροφάται από την

ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσεως. Στη συνέχεια, τα καυσαέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο, όπου εκτονώνονται, απελευθερώνοντας ενέργεια, με την οποία κινείται η ηλεκτρογεννήτρια, και διαφεύγουν από αυτόν σε θερμοκρασία 300 – 600 °C. Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης. Η αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας των καυσαερίων σε ένα σύστημα συμπαραγωγής μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- Με άμεση χρήση τους σε θερμικές διεργασίες
- Με διοχέτευσή τους σε μονάδες ανακτήσεως θερμότητας, οι οποίες ονομάζονται λέβητες ανάκτησης θερμότητας ή απλώς λέβητες καυσαερίων.

Σ' αυτούς παράγεται ατμός υψηλής ενθαλπίας, ο οποίος είναι κατάλληλος για παραγωγικές διεργασίες, όπως θερμικές, αλλά και για κίνηση ατμοστροβίλου, συνδεδεμένου με γεννήτρια ή κάποιο άλλο μηχάνημα. Είναι δυνατή η αύξηση του θερμικού περιεχομένου (δηλ. της θερμοκρασίας) των καυσαερίων, και επομένως της αποδιδόμενης θερμότητας, όταν απαιτείται. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, των καυσαερίων. Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα να λειτουργήσουν καυστήρες τοποθετημένοι μετά τον αεριοστρόβιλο, οι οποίοι θα χρησιμοποιούν τα καυσαέρια για την καύση πρόσθετου καυσίμου.

Στους Diesel και Otto, τα μέρη αυτών των μηχανών είναι τα ίδια, καθώς και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο. Το έμβολο συνδέεται σε έναν στροφαλοφόρο άξονα που μετασχηματίζει τη γραμμική κίνηση του εμβόλου, μέσα στον κύλινδρο, σε περιστροφική κίνηση στο στροφαλοφόρο άξονα. Οι περισσότερες μηχανές διαθέτουν πολλαπλούς κυλίνδρους που κινούν ένα κοινό στροφαλοφόρο άξονα. Τόσο οι μηχανές κύκλου Otto, όσο και οι μηχανές Diesel, ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο.

Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο
- συμπίεση με καύση του καυσίμου,
- επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος)
- αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο

Παρ όλες όμως τις διαφορές των διάφορων τεχνολογιών συμπαραγωγής στην επεξεργασία του εργαζόμενου μέσου η κεντρική λειτουργία εκμετάλλευσης θερμότητας και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει σταθερή. Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το σύστημα συμπαραγωγής εκτελεί κάποια σενάρια λειτουργίας:

- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου:** Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η ωφέλιμη παραγωγή θερμότητας του συστήματος συμπαραγωγής είναι ίση με το θερμικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος). Εάν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το φορτίο η πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο, ενώ εάν είναι μικρότερη η συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια αγοράζεται από το δίκτυο.
- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου βάσης:** Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την εγκατάσταση. Εφεδρικοί λέβητες ή καυστήρες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων που η ζήτηση θερμότητας είναι υψηλότερη. Ο κύριος κινητήρας της μονάδας λειτουργεί πάντα υπό πλήρες φορτίο. Εάν η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης υπερβαίνει αυτήν που μπορεί να παρέχει ο κύριος κινητήρας, τότε η υπόλοιπη ποσότητα μπορεί να αγοραστεί από το δίκτυο. Αντίστοιχα, εάν το επιτρέπουν οι ισχύοντες νόμοι, η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στην ηλεκτρική εταιρεία.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου:** Κάθε χρονική στιγμή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με το ηλεκτρικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος ΣΗΘ). Εάν η συμπαραγόμενη θερμότητα είναι μικρότερη από το θερμικό φορτίο ένας βοηθητικός λέβητας υποβοηθά στην κάλυψη των αναγκών, ενώ εάν είναι μεγαλύτερη η πλεονάζουσα θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον μέσω συσκευών ψύξης ή μέσω των καυσαερίων.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου βάσης:** Σε αυτήν τη διάταξη, η μονάδα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, βάσει της καμπύλης των ιστορικών αναγκών. Οι υπόλοιπες ανάγκες σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από το δίκτυο. Οι θερμικές ανάγκες της εγκατάστασης θα μπορούσαν να καλυφθούν από το σύστημα συμπαραγωγής μόνο ή με πρόσθετους λέβητες. Εάν η θερμική ενέργεια που παράγεται σύμφωνα με το ηλεκτρικό φορτίο βάσης υπερβαίνει τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, και εάν το επιτρέπουν οι συνθήκες, η πλεονάζουσα θερμική ενέργεια μπορεί να πωληθεί σε γειτονικούς πελάτες.
- **Μικτή κάλυψη:** Σε ορισμένες χρονικές περιόδους ακολουθείται η λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου, ενώ σε άλλες περιόδους ακολουθείται η λειτουργία κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου. Η απόφαση βασίζεται στην εκτίμηση παραμέτρων όπως είναι τα επίπεδα των φορτίων, η τιμή των καυσίμων και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα.



- **Αυτόνομη λειτουργία:** Υφίσταται πλήρης κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο. Αυτός ο τρόπος απαιτεί να διαθέτει το σύστημα ηλεκτρική και θερμική δυναμικότητα εφεδρείας, έτσι ώστε στην περίπτωση που μια μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιοδήποτε λόγο, οι υπόλοιπες μονάδες να είναι σε θέση να καλύψουν το ηλεκτρικό και το θερμικό φορτίο. Αυτή είναι και η πιο δαπανηρή στρατηγική, τουλάχιστον από την άποψη του αρχικού κόστους του συστήματος.

Όπως γίνεται κατανοητό, σε περίπτωση που έχουμε ένα καλό ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ξεπερνά η παραγωγή την ζήτηση, πρέπει αναγκαστικά να πουλήσουμε την ενέργεια που περισσεύει στο δίκτυο διανομής, εφόσον δεν έχουμε κάποιο μέσο αποθήκευσης. Αν όμως βάσει νόμου δεν έχει δικαίωμα να πληρωθεί ο υπεύθυνος της μονάδας συμπαραγωγής για την έγχυση ηλεκτρισμού στο δίκτυο διανομής, τότε δημιουργείται δυσχέρεια ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Οπότε πρέπει να βρεθούν κάποια μέτρα για να προστατευτούν τα συμφέροντα της εγκατάστασης, αλλά και του χειριστή και του ιδιοκτήτη της, το οποίο σενάριο όμως θα συζητηθεί αργότερα στην εργασία.

#### 1.4 Πεδία εφαρμογής και θετικές επιπτώσεις συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή αναμένεται να επηρεάσει πολλούς τομείς της οικονομίας, της ενεργειακής αγοράς-ζήτησης και του περιβάλλοντος:

- **Επιπτώσεις στην Κατανάλωση Καυσίμων:** Όλα τα συστήματα συμπαραγωγής εξοικονομούν καύσιμο διότι έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Ένα σύστημα συμπαραγωγής ατμοστροβίλου μειώνει την κατανάλωση καυσίμου κατά 15% περίπου (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με μονάδα ατμοστροβίλου και θερμότητας με λέβητα). Μια πρόσθετη βελτίωση του βαθμού εκμετάλλευσης των καυσίμων οφείλεται στο ότι τα συστήματα συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, περιορίζονται οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι της τάξεως του 8-10%.
- **Επιπτώσεις στο Σύστημα Ηλεκτρισμού:** Η διάδοση της συμπαραγωγής αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών και με αυτό τον τρόπο αντιμετωπίζεται η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρα.
- Το μικρότερο μέγεθος και ο βραχύτερος χρόνος εγκατάστασης από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς, προσέφεραν μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε απρόβλεπτες μελλοντικές μεταβολές της ζήτησης ηλεκτρισμού, ενώ επίσης περιόρισαν το χρηματοοικονομικό κόστος που συμβάλλει με τη σειρά του στη μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η συμπαραγωγή συντελεί σε άμεση μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Το καύσιμο που χρησιμοποιεί δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της

χωριστή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται επίσης και από μια έμμεση μείωση ρύπων από τον υπόλοιπο κύκλο καυσίμου: εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση.

Όσον αφορά τώρα τα πεδία εφαρμογών της η συμπαραγωγή εφαρμόζεται κυρίως σε: ΔΕΗ, βιομηχανίες, κτίρια, γεωργία (τα υπολείμματα των αγροτικών διεργασιών γίνονται καύσιμο και η ανακτώμενη θερμότητα χρησιμοποιείται κυρίως για την κάλυψη αναγκών σε θερμοκήπια.

- Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής: Μπορούν να μετατραπούν σε συμπαραγωγικούς σταθμούς και να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες πόλεων ή οικισμών, βιομηχανιών, μονάδων ασφάλτωσης νερού, θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιεργειών, κ.λπ. που βρίσκονται στην περιοχή τους. Η οικονομική απόσταση μεταφοράς δεν ξεπερνά τα 10km, ενώ πολύ σπάνια μπορεί να φθάσει μέχρι τα 30 km.
- Βιομηχανικός Τομέας :Στον βιομηχανικό τομέα, πολλές διεργασίες απαιτούν θερμότητα παράλληλα με τις ανάγκες για ηλεκτρισμό. Η θερμοκρασία, που απαιτείται, οδηγεί στην ακόλουθη κατάταξη:
  - 1 Διεργασίες χαμηλών θερμοκρασιών (μικρότερων των 100oC), π.χ. ξήρανση γεωργικών προϊόντων, θέρμανση ή ψύξη χώρων, θερμό νερό χρήσης
  - 2 Διεργασίες μέτριων θερμοκρασιών (100-300oC), π.χ. διεργασίες στη χαρτοποιία, στην κλωστοϋφαντουργία, στα εργοστάσια ζάχαρης, σε μερικές χημικές βιομηχανίες, κ.λπ. Συνήθως οι διεργασίες αυτές απαιτούν θερμότητα με μορφή ατμού.
  - 3 Διεργασίες υψηλών θερμοκρασιών ( 300-700oC), π.χ. σε μερικές χημικές βιομηχανίες.
  - 4 Διεργασίες πολύ υψηλών θερμοκρασιών (πάνω από 700oC), π.χ. σε εργοστάσια τσιμέντου, μεταλλουργικές βιομηχανίες, υαλουργεία, κ.λπ.

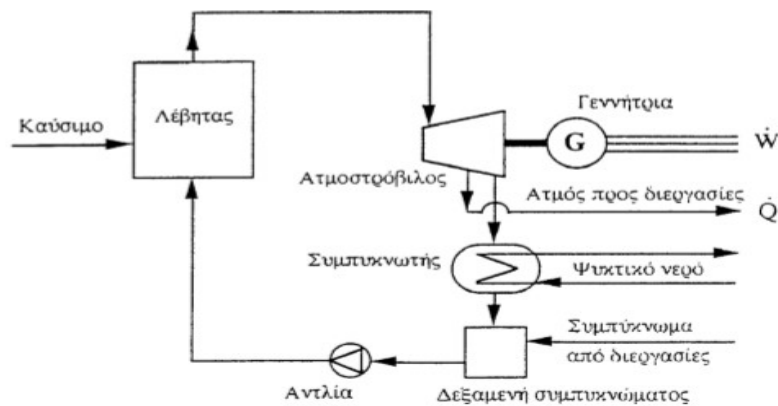
Σημαντικό δυναμικό συμπαραγωγής παρουσιάζουν οι ακόλουθοι βιομηχανικοί κλάδοι: βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, κλωστοϋφαντουργίες, βιομηχανίες χάρτου, χημικές βιομηχανίες, εργοστάσια τσιμέντου, βασικές μεταλλουργικές βιομηχανίες (χαλυβουργεία, εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου, κ.λπ.). Μικρότερο δυναμικό έχουν οι υαλουργίες, βιομηχανίες κεραμικών υλικών, ξυλοβιομηχανίες, κ.λπ.

Εμπορικός τομέας-Τομέας Παροχής Υπηρεσιών: Στον τομέα αυτό ανήκουν τα ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα, σχολεία, κτίρια γραφείων, κατοικίες, κλπ. Η συμπαραγωγή καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό και θερμότητα των κτιρίων (θέρμανση ή ψύξη χώρων, θερμό νερό χρήσης, κλιβανοί, κλπ). Γενικότερα, για μικρές εγκαταστάσεις, μια φθηνή λύση με εύκολη συντήρηση προσφέρουν οι μηχανές αυτοκινήτων, αφού υποστούν μικρές μετατροπές, που έχουν σχέση κυρίως με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο (πχ φυσικό αέριο αντί βενζίνης) και το σύστημα ρύθμισης και ελέγχου. Μειονέκτημα αυτών είναι η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής τους (20000 – 30000 ώρες). Μεγαλύτερες μηχανές βιομηχανικού τύπου, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, αλλά και μεγαλύτερο αρχικό κόστος. Ο ετεροχρονισμός μεταξύ ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου στις κατοικίες, καθώς και η μεταβολή της

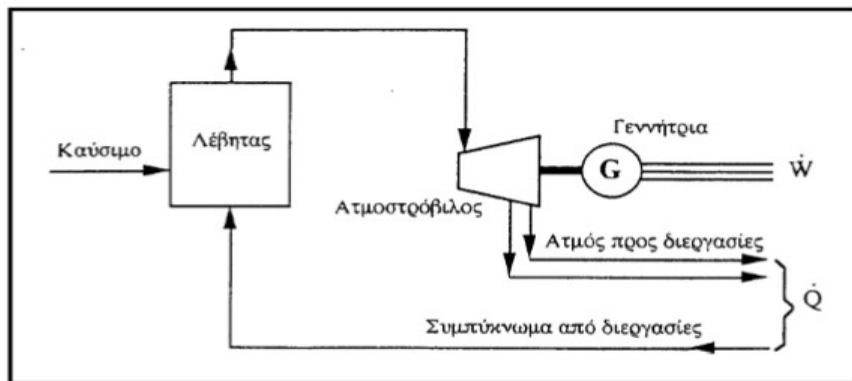
τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια του 24-ώρου, κάνουν συχνά αναγκαία την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης θερμότητας, προκειμένου να επιτευχθεί οικονομική εκμετάλλευση του συστήματος συμπαραγωγής.

- Ο εμπορικός – κτιριακός τομέας μπορεί να διακριθεί σε τρεις κύριους υποτομείς:
  - 1 νοσοκομεία και ξενοδοχεία,
  - 2 πολυκατοικίες,
  - 3 κτίρια γραφείων
  
- αγροτικός τομέας: Υπολείμματα αγροτικών διεργασιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο. Αιθανόλη παράγεται από ανανεώσιμη βιομάζα (πχ κόκκους, σακχαροκάλαμο, κλπ) και είναι καύσιμο κατάλληλο για κινητήρες Otto. Η ανακτώμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για ξήρανση γεωργικών προϊόντων, θέρμανση σπιτιών, θερμοκηπίων, κλπ. .Ο παραγόμενος ατμός καλύπτει τις θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου.

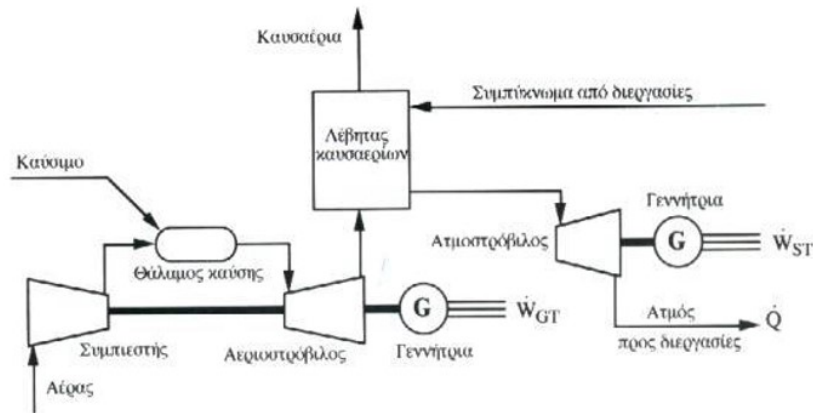
Παρακάτω παρατίθενται τα σχεδιαγράμματα μερικών τεχνολογιών συμπαραγωγής:



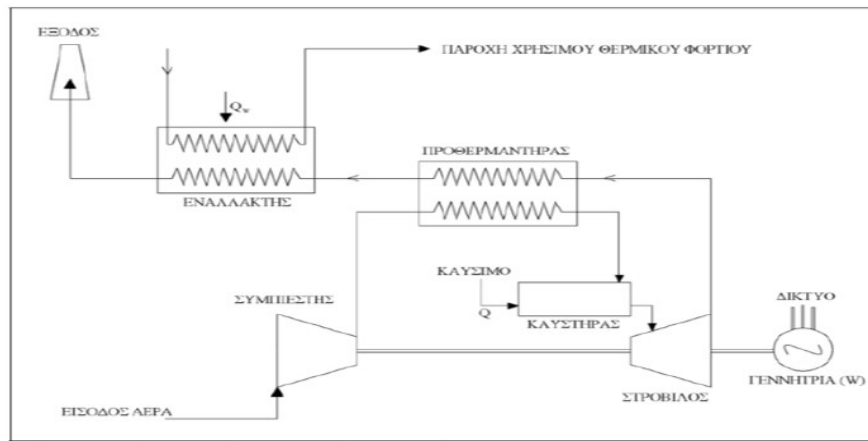
Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα ατμοστρόβιλου απομάστευσης συστήματος συμπαραγωγής



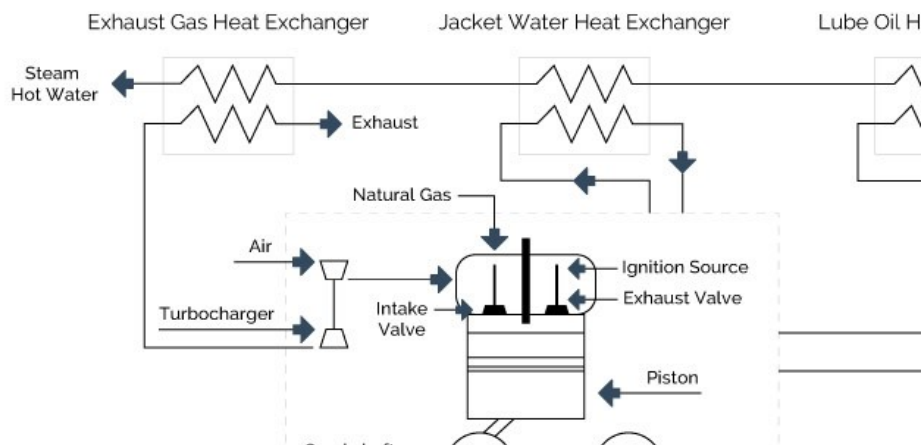
Εικόνα 3: Σχεδιάγραμμα ατμοστρόβιλου αντίθλιψης συστήματος συμπαραγωγής



Εικόνα 4: Σχεδιάγραμμα συνδυασμένου κύκλου ατμοστρόβιλου-αεριοστρόβιλου συστήματος συμπαραγωγής



Εικόνα 5: Σχεδιάγραμμα μικροστρόβιλου συστήματος συμπαραγωγής



Εικόνα 6: Σχεδιάγραμμα MEK Otto συστήματος συμπαραγωγής για παραγωγή ζεστού νερού

## 2 Περιγραφή της εγκατάστασης

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η μονάδα συμπαραγωγής για την Πανεπιστημιούπολη 2 του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής είναι τα ακόλουθα:

- Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) αποτελούμενο από κινητήρα αερίου Caterpillar Energy Solutions GmbH TCG2020V16 και γεννήτρια Marelli MJB 400 LC4 μαζί με όλους τους αναγκαίους αυτοματισμούς λειτουργίας και διασύνδεσης με υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα χαμηλής τάσης εντός container 40 ft για υπαίθρια εγκατάσταση. Το συγκρότημα περιγράφεται αναλυτικά στο τεύχος του του προμηθευτή Caterpillar Energy Solutions GmbH/AEIMA.
- Γραμμή τροφοδοσίας φυσικού αερίου 2 bar.
- Ψυκτική μονάδα νερού (absorption chiller) με απορρόφηση (ΨΜΑ) και τον αναγκαίο πύργο ψύξης.
- Δίκτυο κυκλοφορίας ζεστού νερού με τα εξαρτήματα σύνδεσης προς του υφιστάμενους συλλέκτες των λεβητοστασίων Τεχνικής Υπηρεσίας και ΣΔΟ.
- Δίκτυο κυκλοφορίας κρύου νερού προς τους συλλέκτες του ψυχοστασίου ΣΔΟ.
- Καλώδια ισχύος χαμηλής τάσης με τους αναγκαίους διακόπτες και αυτοματισμούς.
- Μετασχηματιστή ανύψωσης και πεδία διασύνδεσης MT 20 kV
- Βοηθητικά συστήματα: πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης, ύδρευση, αποχέτευση.
- Υπόστεγο για προστασία των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων.

Παρακάτω θα ασχοληθούμε μόνο με το θερμικό κύκλωμα καθώς και τις λοιπές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, αφού αυτά είναι σχετικά με την παρούσα πτυχιακή. Η ενεργητική προστασία, το δίκτυο ύδρευσης, το δίκτυο αποχέτευσης δεν θα αναλυθούν καθώς δεν συνάδουν άμεσα με το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας.

### 2.1 Χρησιμοποιούμενα πρότυπα και κανονισμοί

- AHRI Standard 560: “Standard for Absorption Water Chilling and Water Heating Packages” (2000).
- EN 10255: “Non-Alloy steel tubes suitable for welding and threading- Technical delivery conditions” (2004)
- Harris, N.C.: “Modern Air Conditioning Practice”, 3d Edition, McGraw-Hill 1990.
- ASHRAE Handbook, Fundamentals, SI Edition, Chapter 20, pp20.19-20.20 (1993)
- EN 12828: “Heating systems in buildings. Design for water-based heating systems” (2012+A1:2004)
- EN 13831: “Closed expansion vessels with built-in diaphragm for installation in water” (2007)
- EN 1092-1: “Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated – Part 1: Steel flanges” (2007)

## 2.2 Θερμικό κύκλωμα-Γενική περιγραφή

Το δίκτυο αποτελείται από τις ακόλουθες βασικές συσκευές:

- Ψυκτική μονάδα απορρόφησης
- Δίδυμος πύργος ψύξεως
- Εναλλάκτης θερμότητας απομόνωσης κυκλώματος ψύξης H/Z
- Σταθμοί διασύνδεσης με δίκτυα κεντρικής θέρμανσης (εναλλάκτες θερμότητας με τις αντίστοιχες αντλίες)
- Δοχεία αδράνειας
- Κύρια αντλία κυκλοφορίας
- Αντλία δοχείου αδρανείας
- Αντλία ψυχρού νερού
- Αντλία πύργου ψύξεως
- Δοχεία διαστολής
- Συλλέκτες και σωληνώσεις κυκλοφορίας ζεστού νερού
- Τρίοδες βάνες ρύθμισης

### 2.2.1 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης

Η ψυκτική μονάδα απορρόφησης θα είναι τύπου Carrier 16LJ-24-EL-C, δυναμικότητας 539 kW (153 USRT). Η μονάδα λειτουργεί με κύκλωμα LiBr (βρωμιούχου λιθίου) και είναι εντελώς αυτόνομη και ερμητικά κλειστή. Θα χρησιμοποιεί θερμό νερό από το κλειστό κύκλωμα και θα παράγει ψυχρό νερό 7 °C, συμβατό με τα δίκτυα κλιματισμού του κτιρίου ΣΔΟ.

### 2.2.2 Παροχές νερού, θερμοκρασίες και υδραυλικά χαρακτηριστικά των ρευμάτων

Πίνακας 1: Δεδομένα ρευμάτων εγκατάστασης

Κύκλωμα ζεστού νερού	
T <sub>in</sub> (°C)	90
T <sub>out</sub> (°C)	74
Q (l/sec)	12,1
P <sub>th</sub> (kW)	785
ΔP (kPa)	2,7
Κύκλωμα ψυχρού νερού (κλιματισμός)	
T <sub>in</sub> (°C)	12
T <sub>out</sub> (°C)	7
Q (m <sup>3</sup> /h)	92,6
P <sub>th</sub> (kW)	537
ΔP (kPa)	99,6
Κύκλωμα πύργου ψύξεως	
T <sub>in</sub> (°C)	29,4
T <sub>out</sub> (°C)	35
Q (m <sup>3</sup> /h)	203,3
P <sub>th</sub> (kW)	1322
ΔP (kPa)	113,2

Στην ονομαστική δυναμικότητα η ψυκτική μονάδα θα λειτουργεί με COP 0,69-0,7, ο οποίος θα αυξάνεται αισθητά κατά την λειτουργία σε μερικό φορτίο.

### 2.2.3 Δίδυμος πύργος ψύξης

Για την απόρριψη θερμότητας της ψυκτικής μονάδας προβλέπεται ένας διπλός πύργος ψύξεως (δυο μονάδες MITA PME 4103 E K19). Ο πύργος ψύξης θα λειτουργεί ικανοποιητικά στις συνθήκες που απαιτεί η ψυκτική μονάδα. Οι λεκάνες των δυο μονάδων θα επικοινωνούν υδραυλικά.

Ο πύργος ψύξης θα έχει ρυθμό εξατμίσωσης  $3.66 \text{ m}^3/\text{h}$  στην μέγιστη δυναμικότητα. Η ποσότητα του νερού ψύξης που εξατμίζεται θα συμπληρώνεται από την μονάδα αφαλάτωσης.

Ο πύργος ψύξης θα διαθέτει συνδέσεις με το δίκτυο DN200 (8 in). Επίσης διαθέτει ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα για περιοδική λειτουργία στρατσώνας (blowdown) και χειροκίνητη διάταξη εκκένωσης που θα οδηγούν στην σωλήνωση αποχέτευσης.

### 2.2.4 Εναλλάκτης θερμότητας απομονώσεως κυκλώματος ψύξης H/Z

Ο εναλλάκτης θερμότητας απομόνωσης του δικτύου ζεστού νερού από το κύκλωμα του H/Z είναι πλακοειδής, τύπου Alfa-laval TL10-BFM, κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα ANSI 316. Διαθέτει τέσσερα στόμια συνδέσεως κατάλληλα για φλάντζες DN80.

Πίνακας 2: Στοιχεία ρευμάτων εναλλάκτη θερμότητας

Κύκλωμα	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Παροχή (m <sup>3</sup> /h)	Πτώση πίεσης (kPa)
1	92.0	75.0	34.4	23.65
2	73.5	90.5	34.0	23.71

### 2.2.5 Σταθμός διασύνδεσης με λεβητοστάσιο Τεχνικής Υπηρεσίας

Ο σταθμός αποτελείται από:

- Τοπικό ηλεκτρικό πίνακα
- Αντλία Wilo 40/150-3/2 PN 10
- Εναλλάκτης θερμότητας Alfa-Laval M6-MFG. Ο εναλλάκτης είναι πλακοειδής, κατασκευασμένος με ανοξείδωτο χάλυβα ANSI 316 με συνδέσεις ISO 2 in (DN50, ISO G2B)
- Τρίοδη βάνα ρύθμισης

Η σύνδεση του εναλλάκτη με το δίκτυο κεντρικής θέρμανσης γίνεται παράλληλα με τους λέβητες. Αυτό έχει επιτευχθεί με τροποποίηση των τεμαχίων σωληνώσεων DN150(προσθήκη εξαρτημάτων T και συστολής στο άκρο).

Πίνακας 3: Στοιχεία ρευμάτων εναλλάκτη λεβητοστασίου Τεχνικής Υπηρεσίας

Κύκλωμα	T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	Παροχή (m <sup>3</sup> /h)	Πτώση πίεσης (kPa)
1	90.0	73.0	41.1	69.88
2	63.0	80.0	40.6	69.80

## 2.2.6 Σταθμός διασύνδεσης με λεβητοστάσιο ΣΔΟ

Ο σταθμός αποτελείται από:

- Τοπικό ηλεκτρικό πίνακα
- Αντλία Wilo IL 50/180-7,5/2
- Εναλλάκτη θερμότητας Alfa-Laval M6-MFG. Ο εναλλάκτης είναι πλακοειδής, κατασκευασμένος με ανοξείδωτο χάλυβα ANSI 316 με συνδέσεις ISO 2 in (DN50, ISO G2B)
- Τρίοδη βάνα ρύθμισης

Η σύνδεση του εναλλάκτη με το δίκτυο κεντρικής θέρμανσης γίνεται στο υφιστάμενο διπλό κεντρικό συλλέκτη. Αυτό έχει επιτευχθεί με διάνοιξη νέων οπών στο κάτω μέρος του συλλέκτη, στις πλευρές ζεστού και κρύου νερού.

Πίνακας 4: Στοιχεία ρευμάτων εναλλάκτη λεβητοστασίου ΣΔΟ

Κύκλωμα	T <sub>in</sub> ( <sup>0</sup> C)	T <sub>out</sub> ( <sup>0</sup> C)	Παροχή (m <sup>3</sup> /h)	Πτώση πίεσης (kPa)
1	90.0	73.0	41.1	69.88
2	63.0	80.0	40.6	69.80

## 2.2.7 Δοχείο αδράνειας

Το δοχείο αδράνειας θα είναι πιεστικό, όγκου 15 m<sup>3</sup> (ύψους 5,5 m, διάμετρο 1,19 m με κλίμακα πρόσβασης σε όλο το ύψος). Χρησιμεύει για την αποθήκευση ζεστού νερού κατά τις ώρες μειωμένης κατανάλωσης, το οποίο θα αποδίδεται κατά τις αιχμές της ζήτησης. Η κατάσταση φόρτισης του δοχείου θα προσδιορίζεται με 5 θερμομέτρα εγκατεστημένα σε στάθμες ανά 1,35 m.

## 2.2.8 Αντλίες

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι κατάλληλες για θερμοϋδραυλικά δίκτυα. Τα κελύφη και οι πτερωτές είναι κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο EN-GJL-200 ή EN-GJL-250 και οι άξονες από ανοξείδωτο χάλυβα AISI420 (DIN 1.4021).

Οι αντλίες φέρουν ενσωματωμένους αντίστοιχους τριφασικούς ηλεκτρικούς κινητήρες 2900 rpm. Στο περίβλημα κάθε κινητήρα υπάρχει στεγανό κυτίο συνδέσεων στο οποίο είναι προσβάσιμα τα έξι άκρα των τυλιγμάτων (για συνδεσμολογία αστέρα και/ή τριγώνου) και ακροδέκτες γείωσης.

Πίνακας 5: Αντλίες συστήματος

Θέση	No	Τύπος	Παροχή (m <sup>3</sup> /h)	Πίεση (m YΣ)	Ηλ. ισχύς (kW)	Συνδέσεις
Κύρια αντλία κυκλοφορίας	P1	Wilo IPL 40/165-4/2 PN10	39.4	27.3	4.0	DN40



Αντλία δοχείου αδρανείας	P2	Wilo IP 32/160-1,1/2	5.1	27.3	1.1	DN32
Αντλία πύργου ψύξεως	P3	Wilo IL 100/150-15/2	200	20.7	15.0	DN100
Σταθμός Τεχ.Υπηρ.	P6	Wilo 40/1650-3/2 PN 10	39.4	13.4	3.0	DN40
Σταθμός ΣΔΟ	P7	Wilo IL 50/180-7,5/2	39.4	40.1	7.5	DN50

### 2.2.9 Δοχείο διαστολής

Στο κλειστό κύκλωμα ζεστού νερού και στον συλλέκτη των επιστροφών θα συνδεθούν δυο κλειστά δοχεία διαστολής τύπου Reflex N1000/6.

Τα δοχεία καλύπτουν τις απαιτήσεις της Οδηγίας 97/23ΕΟΚ (PED).

Οι συνδέσεις με τον συλλέκτη επιστροφών γίνονται με σωλήνες DN25, με σπείρωμα R 1'', χωρίς την παρεμβολή βάνας.

Σε κάθε σύνδεση παρεμβάλλεται κατάλληλο αντεσπίστροφο εξάρτημα (ταχυσύνδεσμος) διατομής DN25 (R1), το οποίο επιτρέπει την αποσύνδεση του δοχείου για έλεγχο χωρίς την ανάγκη να εκκενωθεί όλο το δίκτυο.

### 2.2.10 Συλλέκτες και σωληνώσεις κυκλοφορίας ζεστού νερού

Το κύκλωμα ζεστού νερού έχει κατασκευασθεί γύρω από τους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής.

Οι συλλέκτες κατασκευάστηκαν από χαλύβδινους σωλήνες βαρέως τύπου με ραφή, διαμέτρου DN100 (114.3X5.4mm) και επίπεδους συγκολλητούς πυθμένες.

Στους συλλέκτες συνδέονται:

- Η γραμμή προσαγωγής και επιστροφής από τον εναλλάκτη θερμότητας του Η/Ζ και το δοχείο αδρανείας.
- Οι αναχωρήσεις και επιστροφές προς τους εναλλάκτες διασύνδεσης των κτιρίων Τεχνικής Υπηρεσίας και ΣΔΟ.
- Μανόμετρα
- Θερμόμετρα
- Βαλβίδες, εκκενώσεις του δικτύου

Στον συλλέκτη επιστροφών συνδέονται επιπλέον:

- Το δίδυμο δοχείο διαστολής
- Ο αυτόματος πλήρωσης (συμπλήρωση απωλειών δικτύου)

Οι σωληνώσεις ζεστού νερού κατασκευάστηκαν από χαλυβδοσωλήνες DN80 κατά EN 10255 (μη γαλβανισμένους).

Οι συνδέσεις εξαρτημάτων στους σωλήνες είναι κατά κύριο λόγο συγκολλητές, με λυόμενες συνδέσεις (φλάντζες ή ρακόρ) στους συλλέκτες, στις αντλίες, τις βάνες, τους εναλλάκτες θερμότητας και λοιπά σημαντικά στοιχεία δικτύου.

### 2.2.11 Σωληνώσεις ψυχρού νερού

Οι σωληνώσεις ψυχρού νερού προς του συλλέκτες της ΣΔΟ κατασκευάστηκαν από χαλυβδοσωλήνες DN125 (μη γαλβανισμένους)

#### Θερμική μόνωση

Οι σωληνώσεις ψυχρού νερού απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στη θερμική μόνωση για αποφυγή νερού στην επιφάνειά τους σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας και υγρασίας. Ως τέτοιες συνθήκες λαμβάνονται οι 35 °C-85% RH. Οι σωληνώσεις μονώθηκαν με υλικό Frelen 32mm πάχος ή ισοδύναμο πάχος υλικού Armaflex 40mm. Οι δυο σωλήνες καλύφθηκαν με λεπτό στρώμα γαλβανισμένου χαλύβδινου ελάσματος 0.6mm για προστασία της μόνωσης από καιρικές επιδράσεις και ζώα.

### 2.2.12 Τρίοδες βάνες ρύθμισης

Η αυτόματη ρύθμιση της παροχής ενέργειας προς την ψυκτική μονάδα το καλοκαίρι και τους σταθμούς διασύνδεσης θα γίνεται με τρίοδες βαλβίδες παράκαμψης των αντίστοιχων μονάδων (tr3, tr4, tr5).

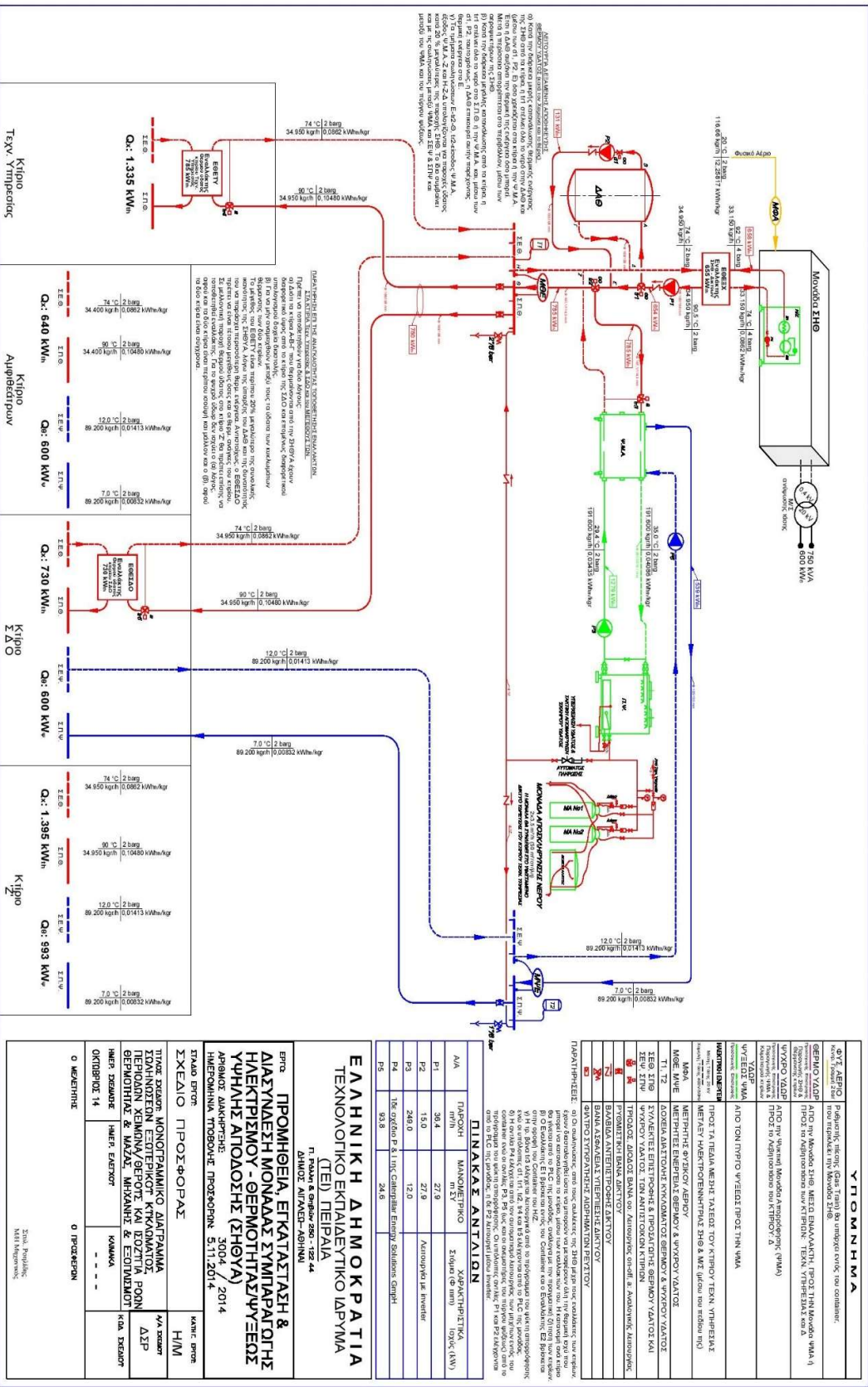
Οι ρυθμιστικές τρίοδες βαλβίδες ελέγχονται από το σύστημα αυτοματισμών, το οποίο ρυθμίζει την ροή παράκαμψης ανάλογα με την θερμοκρασία επιστροφών στα δίκτυα των καταναλωτών.

### 2.2.13 Σωλήνωση πύργου ψύξης

Η σωλήνωση τροφοδοτεί την ψυκτική μονάδα με νερό από τον πύργο ψύξης, η οποία είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χαλυβδοσωλήνα DN200 (8 in) με ραφή.

Οι σωλήνες και τα ειδικά τεμάχια φέρουν διαμόρφωση αυλάκων στα άκρα και συνδέονται με ειδικούς σφικτήρες ώστε να διατηρείται η ακεραιότητα του γαλβανισμού κατά την εγκατάσταση στα σημεία σύνδεσης.

Κλείνοντας το μέρος του θερμικού κυκλώματος, παρουσιάζεται το flow chart της εγκατάστασης που δείχνει όλα τα θερμικά μηχανήματα που λαμβάνουν χώρα στην εγκατάσταση και δείχνει τον τρόπο σύνδεσης των μηχανών και την ροή ενέργειας στο κύκλωμα.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΜΑΘΗΜΑ: ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κτίριο Υπεράπειρος  
Qd: 1.335 kWth  
T<sub>Ε,Θ</sub>: 74 °C, 2 barg  
T<sub>Ε,Υ</sub>: 80 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Θ</sub>: 12,0 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Υ</sub>: 7,0 °C, 2 barg  
Q<sub>Ε,Θ</sub>: 34.600 kgth/h (0,0002 kWh/kg)  
Q<sub>Ε,Υ</sub>: 89.200 kgth/h (0,0002 kWh/kg)

Κτίριο Αιυεράπειρου  
Qd: 640 kWth  
T<sub>Ε,Θ</sub>: 74 °C, 2 barg  
T<sub>Ε,Υ</sub>: 80 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Θ</sub>: 12,0 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Υ</sub>: 7,0 °C, 2 barg  
Q<sub>Ε,Θ</sub>: 34.600 kgth/h (0,0002 kWh/kg)  
Q<sub>Ε,Υ</sub>: 89.200 kgth/h (0,0002 kWh/kg)

Κτίριο Σ.Δ.Ο.  
Qd: 730 kWth  
T<sub>Ε,Θ</sub>: 74 °C, 2 barg  
T<sub>Ε,Υ</sub>: 80 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Θ</sub>: 12,0 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Υ</sub>: 7,0 °C, 2 barg  
Q<sub>Ε,Θ</sub>: 34.600 kgth/h (0,0002 kWh/kg)  
Q<sub>Ε,Υ</sub>: 89.200 kgth/h (0,0002 kWh/kg)

Κτίριο Ζ  
Qd: 593 kWth  
T<sub>Ε,Θ</sub>: 74 °C, 2 barg  
T<sub>Ε,Υ</sub>: 80 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Θ</sub>: 12,0 °C, 2 barg  
T<sub>Ι,Υ</sub>: 7,0 °C, 2 barg  
Q<sub>Ε,Θ</sub>: 34.600 kgth/h (0,0002 kWh/kg)  
Q<sub>Ε,Υ</sub>: 89.200 kgth/h (0,0002 kWh/kg)

ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ	
ΦΥΣ. ΑΕΡΙΟ	Propane (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) or natural gas, low calorific value, low pressure, from Μονάδα ΣΗΘ.
ΘΕΡΜΟ ΥΔΡΟ	Από την Μονάδα ΣΗΘ, ΜΕΣΩ ΕΝΔΟΜΟΝΑΧΗΣ, ΠΡΟΣ ΤΗΝ Μονάδα ΥΔΡ. 1) ΠΡΟΣ τα Αιυεράπειρα και ΚΤΙΡΙΟΝ ΤΕΧΝ. ΥΠΕΡΑΠΕΙΡΟΣ και 2) ΠΡΟΣ τα Υπεράπειρα και ΚΤΙΡΙΟΝ ΤΕΧΝ. ΥΠΕΡΑΠΕΙΡΟΣ.
ΥΠΟΧΛΩΜΑ	Από την Μονάδα ΣΗΘ, μέσω της Μονάδας ΥΔΡ. 1) ΠΡΟΣ τα Αιυεράπειρα και ΚΤΙΡΙΟΝ ΤΕΧΝ. ΥΠΕΡΑΠΕΙΡΟΣ και 2) ΠΡΟΣ τα Υπεράπειρα και ΚΤΙΡΙΟΝ ΤΕΧΝ. ΥΠΕΡΑΠΕΙΡΟΣ.
ΥΔΡΟ	Από τον ΠΥΡΟ ΥΔΡΕΙΟ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΨΑΝΑ.
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ	ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΕΛΑΜ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΕΧΝ. ΥΠΕΡΑΠΕΙΡΟΣ.
ΜΕΛΗ	ΜΕΤΗΤΗΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΑΕΡΙΟΥ & ΥΔΡΟΥ ΥΔΑΤΟΣ.
ΜΕΤΑΦΕΡΟ	ΔΟΜΗΤΕΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΣ & ΠΡΟΣΑΡΤΗΤΕΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΥΔΑΤΟΣ.
ΣΕΒ ΣΤΗΝ	ΣΥΝΑΡΤΗΤΕΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΣ & ΠΡΟΣΑΡΤΗΤΕΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΔΡΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΤΟΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.
ΤΡΟΧΟΣ	ΔΙΟΔΟΣ ΒΑΛΒΑΝΟΝ ΑΝΑΜΕΣΗΣ ΟΔΩΝ ή ΑΝΑΛΩΣΤΕΣ ΑΝΑΜΕΣΗΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΚΤΙΒΙΩΝ ΒΑΛΒΑΝΟΝ.
ΠΡΩΤΟΝ ΚΤΙΒΙΩΝ ΔΙΟΔΟΣ	ΒΑΛΒΑΝΟΝ ΑΝΑΜΕΣΗΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΚΤΙΒΙΩΝ.
ΒΡΕΥΣΟΝ	ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΣ ΑΝΑΜΕΣΗΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΚΤΙΒΙΩΝ.
ΑΠΟ	ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΣ ΑΝΑΜΕΣΗΣ ΒΡΕΥΣΟΥ ΚΤΙΒΙΩΝ.

Α/Α	ΠΛΑΤΩΝΗ	ΜΑΝΟΜΕΤΡΟ	ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΙΣΤΙΚΟ
P1	38,4	27,9	Σύστημα με Inverter
P2	15,0	27,9	Κεντρικός με Inverter
P3	248,0	12,0	
P4	106,0	24,8	106,0 - 24,8
P5	93,8	24,8	

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**  
**(ΤΕΙ) ΠΕΙΡΑΙΑ**  
Τ. Πάσης & Ομήρου 290 - 125 44  
ΔΙΑΜΟΣ ΑΙΛΙΝΕΩΝ - ΑΘΗΝΑ

**ΕΡΓΟ: ΠΡΟΜΩΘΕΙΑ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ & ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΑΧΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΤΟΛΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ-ΥΔΡΕΙΟΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΣΗΘΥΑ)**

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: 5/11/2014  
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΠΡΟΣΚΛΗΣΗΣ: 5/11/2014

ΣΤΑΔΙΟ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΣΤΑΔΙΟΥ	ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΣ ΕΣΤΙΟΝΟΤΗΤΩΝ ΚΤΙΒΙΩΝ/ΑΙΥΕΡΑΠΕΙΡΩΝ ΚΑΙ ΔΟΖΑΤΩΝ ΠΟΝΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ & ΥΔΡΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ & ΕΣΤΙΟΝΟΤΗΤΩΝ	ΚΑΤ. ΣΤΑΔΙΟΥ	ΚΑΤ. ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ
ΗΜΕΡ. ΔΙΑΒΑΣΗΣ	ΗΜΕΡ. ΕΛΕΓΧΟΥ	ΚΑΝΟΝΙΑ	ΚΑΤ. ΣΤΑΔΙΟΥ
ΟΡΟΛΟΠΡΟΣΧ. 14			

Ο ΜΕΤΕΤΗΣ

Εικόνα 7: Flow chart εγκατάστασης

## 2.3 Ηλεκτρική εγκατάσταση

### 2.3.1 Τοπολογία ηλεκτρικών δικτύων

Η μονάδα συμπαραγωγής περιλαμβάνει τις ακόλουθες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:

- Εγκατάσταση παραγωγής και διασύνδεσης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας – τμήμα μέσης τάσεως (20kV).
- Εγκατάσταση παραγωγής και διασύνδεσης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας – τμήμα χαμηλής τάσεως (400V).
- Ηλεκτρική εγκατάσταση container ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z).
- Ηλεκτρικό σύστημα κεντρικής θερμοϋδραυλικής εγκατάστασης.
- Δυο τοπικές εγκαταστάσεις στους χώρους διασύνδεσης με τα δίκτυα θέρμανσης-ψύξης των καταναλωτών (Κτίριο Τεχνικής Υπηρεσίας και ΣΔΟ).

### 2.3.2 Δίκτυο και διατάξεις μέσης τάξης και διασύνδεσης

#### 2.3.2.1 Πίνακες μέσης τάσης

##### Γενικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 6: Γενικά χαρακτηριστικά δικτύου μέσης τάσης

Ονομαστική τάση	24kV
Κρουστική τάση	125kV
Ονομαστικό ρεύμα	630A
Ρεύμα βραχείας διάρκειας	16kA
Ρεύμα κορυφής	40kA
Βαθμός προστασίας	IP3X
Σχετικά πρότυπα	IEC 62271-200, IEC 60694, IEC 60129, IEC 60265-1, IEC 60298, IEC 60420, IEC 60282.1, IEC 600056

Ο πίνακας απαρτίζεται από τυποποιημένα πεδία (modular) με δυνατότητα επέκτασής του με πεδία με διαφορετικό εξοπλισμό, ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης που θα προκύψουν στο μέλλον. Τα πεδία περιέχουν διακοπτικό υλικό, του οποίου τα ενεργά μέρη (διακόπτης και γειωτής) περικλείουν σε ερμητικά κλειστό (sealed for life type) κέλυφος από ανοξείδωτο χάλυβα SF<sub>6</sub>. Τα πεδία συναρμολογούνται από τυποποιημένα προκατασκευασμένα μεταλλικά εξαρτήματα από γαλβανισμένο χαλύβδινο έλασμα πάχους 2mm. Η κατασκευή είναι στιβαρή και ανθεκτική στις αναμενόμενες δυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις σε περίπτωση σφάλματος. Τα πεδία διαθέτουν παράθυρο κατόπτρευσης του χώρου ισχύος καλυμμένο με Plexiglas 8mm με αντιστατική προστασία.

Οι μηχανικές μανδάλώσεις μεταξύ Διακόπτη-Γείωσης-Θύρας είναι:

- Ο διακόπτης να κλείνει μόνο όταν ο γειωτής είναι ανοιχτός
- Ο γειωτής να κλείνει μόνο όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός
- Η θύρα της κυψέλης να ανοίγει όταν μόνο ο γειωτής είναι κλειστός

Οι χειρισμοί πραγματοποιούνται με εύκολη και μη παρακαμπτώμενη διαδοχή ενεργειών, με ταυτόχρονη οπτική και μηχανική επιβεβαίωση της θέσης των επαφών σε μικρό διάγραμμα στην όψη του διακόπτη.

#### Διαμερισματοποίηση

Ο πίνακας είναι διαμερισματοποιημένος (Compartment κατά EN 62271-20) και αποτελείται από:

- Διαμέρισμα ζυγών
- Διαμέρισμα διακοπτικού υλικού
- Διαμέρισμα μηχανισμού λειτουργίας
- Διαμέρισμα σύνδεσης καλωδίων-ισχύος
- Διαμέρισμα εξοπλισμού χαμηλής τάσης.

Οι κυψέλες διαθέτουν θυρίδες εκτόνωσης στο επάνω μέρος τους, ξεχωριστά για το χώρο ισχύος και τον χώρο μπαρών. Οι προσφερόμενες κυψέλες μέσης τάσης έχουν υποστεί επιτυχώς τις ακόλουθες δοκιμές τύπου στο Κέντρο Ερευνών και Προτύπων της Δ.Ε.Η. (Κ.Δ.Ε.Π.) σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 60298 και IEC 60694:

- Αντοχή σε κρουστική τάση και τάση βιομηχανικής συχνότητας
- Ανύψωση θερμοκρασίας και μηχανικές δοκιμές
- Αντοχή σε ρεύμα βραχείας διάρκειας

Ο πίνακας τάσης περιλαμβάνει τα εξής πεδία ή κυψέλες:

#### **Κυψέλη μέσης τάσης Μέτρησης τύπου M**

Η κυψέλη μέτρησης έχει διαστάσεις (ΠxΥxB) 500 x 1950 x 1050 mm και περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Τρεις μπάρες χαλκού 630A
- Ασφαλειοαποζεύκτη SF<sub>6</sub> (τύπος SHS2/IF)) 24kV-630A, 16kA/1 sec, με κλειδαριά ασφαλείας στη θέση OFF
- Τρεις ασφάλειες μέσης τάσης 6<sup>A</sup> (τύπος CEF24-6)
- Τρεις μονοπολικούς μετασχηματιστές τάσεων 20000/√3:100/√3 kV, ισχύος 50VA, κλάση 0,5 (τύπος KRES24A2)

#### **Κυψέλη μέσης τάσης Διασύνδεσης ΔΕΗ τύπου P1/f(m) – REF615**

Η κυψέλη έχει διαστάσεις (ΠxΥxB) 750 x 1950 x 1050 mm και περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Τρεις μπάρες χαλκού 630A
- Αποζεύκτη SF<sub>6</sub> (τύπος SHS2/IB) 24kV-630A, 16kA/1 sec με μηχανικά μανδαλωμένο γειωτή, κλειδαριά ασφαλείας για την θέση OFF,

κλειδαριά ασφαλείας για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απελευθέρωση της πόρτας

- Αυτόματο διακόπτη τύπου SF<sub>6</sub> τύπου HD4/R230 24kV-630A, 12,5kA/1
- Γειωτή καλωδίων με αντοχή στο βραχυκύκλωμα (make proof)
- Πηνία ζεύξης-απόζευξης 230V
- Κινητήρα τάνυσης των ελατηρίων 230V
- Βοηθητικές επαφές (3NO+2NC)
- Κλειδαριά ασφαλείας στην θέση OFF
- Τρεις μετασχηματιστές μέτρησης-προστασίας .../5<sup>A</sup>, τύπου ABB TPE 60.31, ισχύος 7,5VA-κλάση 0.5 (μέτρηση) και ισχύος 5VA, κλάση 5P10 (προστασία).

Η κυψέλη περιέχει ένα προγραμματισμένο ψηφιακό ηλεκτρονόμο δευτερογενούς προστασίας τύπου REF615, το οποίο παρέχει τις εξής λειτουργίες:

#### ΠΡΟΣΤΑΣΙΕΣ

- Προστασία τριών φάσεων από υπερένταση χωρίς κατεύθυνση σε 3 στάδια (3I>50/51)
- Προστασία τριών φάσεων από υπερένταση με κατεύθυνση σε 2 στάδια
- Προστασία από σφάλμα γης με κατεύθυνση σε 2 στάδια
- Προστασία από σφάλμα γης χωρίς κατεύθυνση σε 2 στάδια
- Προστασία τριών φάσεων από υπέρταση σε 2 στάδια (3U>59)
- Προστασία τριών φάσεων από υπόταση σε 2 στάδια (3U<27)
- Προστασία ομοπολικής συνιστώσας σε 2 στάδια (U<sub>0</sub>>59N)
- Προστασία υπερσυχνότητας και υποσυχνότητας σε 2 στάδια (f</f> 81U/ 810)

#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Μετρητές ενέργειας παραγωγή – κατανάλωση, ενεργός – άεργος
- Επιτήρηση κυκλώματος μέτρησης
- Επιτήρηση κυκλώματος απόζευξης
- Επιτήρηση κατάστασης διακόπτη ισχύος
- Μέτρηση παραμόρφωσης κυματομορφής τάσης
- Μέτρηση παραμόρφωσης κυματομορφής έντασης
- Καταγραφή διαταραχών
- Μέτρηση ενεργού ισχύος
- Μέτρηση άεργου ισχύος
- Μέτρηση ρευμάτων των τριών φάσεων
- Μέτρηση ρευμάτων των τριών φάσεων
- Μέτρηση συχνότητας
- Μέτρηση συντελεστή ισχύος
- Μέτρηση ρεύματος διαρροής
- Μέτρηση ομοπολικής συνιστώσας

## **Κυψέλη μέσης τάσης εισόδου από Μετασχηματιστή Ανύψωσης τύπου P1/F-REF601**

Η κυψέλη εισόδου από τον μετασχηματιστή έχει διαστάσεις (ΠxΥxB) 750 x 1950 x 1250 mm και θα περιλαμβάνει εξοπλισμό:

- Τρεις μπάρες χαλκού 630<sup>A</sup>
- Αποζεύκτη SF<sub>6</sub> τύπου SHS2/IB 24kV-630A-16kA/1sec με μηχανικά μανδαλωμένο γειωτή, κλειδαριά ασφαλείας για τη θέση OFF και κλειδαριά ασφαλείας για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απελευθέρωση της πόρτας
- Αυτόματο διακόπτη ισχύος SF<sub>6</sub> τύπου HD4/R230 24kV-630A-12,5kA/1sec
- Γειωτή καλωδίων με αντοχή στο βραχυκύκλωμα
- Πηνίο απόξευξης 220 V
- Βοηθητικές επαφές (3NO+2NFC)
- Κλειδαριά ασφαλείας σε θέση OFF
- Τρεις τοροειδείς αισθητήρες ρεύματος ονομαστικής εντάσεως 250A, τύπου KECA250B1
- Ένα σετ χωρητικών καταμεριστών με ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης τύπου DGN24SHS2

Η κυψέλη περιέχει έναν προγραμματισμένο ηλεκτρονικό ηλεκτρονόμο έντασης τύπου REF601 ο οποίος διαθέτει αφαριθμητική οθόνη και πλήκτρα χειρισμού και ελέγχου του διακόπτη και σειριακή θύρα επικοινωνίας Modbus. Ο ηλεκτρονόμος παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Προστασία από υπερένταση
- Προστασία από βραχυκύκλωμα σε 2 στάδια
- Προστασία από σφάλμα γης σε 2 στάδια
- Ανίχνευση inrush
- Μέτρηση ρεύματος των 3 φάσεων
- Μέτρηση ρεύματος διαρροής

### *2.3.2.2 Μετασχηματιστής #3*

Ο μετασχηματιστής είναι ξηρού τύπου (χυτορητίνης), με τυλίγματα 20kV / 400 V / 50Hz συνδεσμολογίας Dyn11, ισχύος 800kVA, τάσης βραχυκύκλωσης 6%. Στα τυλίγματα ενσωματώνονται αισθητήρες θερμοκρασίας Pt-100 που συνδέονται σε ειδική μονάδα προστασίας από υπερθέρμανση. Ο μετασχηματιστής δεν διαθέτει περίβλημα (βαθμός προστασίας IP00). Η ρητίνη είναι μη αναφλέξιμη και αυτοσβενδύμενη. Ο μετασχηματιστής είναι κατασκευής ABB και τα λοιπά χαρακτηριστικά του καταγράφονται στο φυλλάδιο του κατασκευαστή.

### *2.3.2.3 Καλώδια Μέσης Τάσης*

Εντός των χώρων MT του υποσταθμού, οι συνδέσεις των πεδίων μέσης τάσης γίνονται με καλώδια N2XSy 12/20 kV, διατομής 1x95 mm<sup>2</sup> (ένα μονοπολικό

καλώδιο ανά φάση), κατά IEC 60502-2 ή VDE276-620. Στα άκρα των καλωδίων διαμορφώθηκαν ακροκεφαλές εσωτερικού χώρου από χυτορητίνη. Οι μανδύες των καλωδίων γειώνονται όπως και οι μανδύες των υφιστάμενων καλωδίων ΜΤ του υποσταθμού.

### 2.3.3 Δίκτυο Χαμηλής Τάσης παραγωγής και διασύνδεσης

#### 2.3.3.1 Πίνακας χαμηλής τάσης ΣΗΘ υποσταθμού

Στον χώρο ΧΤ του υποσταθμού θα εγκατασταθεί ένα πεδίο ζεύξης – προστασίας ονομαστικού ρεύματος 1250Α, διαστάσεων (Π x Υ x Β) 600x2000x600 mm. Το πεδίο αντέχει σε ρεύμα σφάλματος βραχείας διαρκείας 25kA και έχει βαθμό προστασίας IP43. Το πεδίο ΧΤ περιέχει τον εξής εξοπλισμό :

- Τριπολικό αυτόματο διακόπτη ισχύος (κλειστού τύπου) εντάσεως 1250 Α-50kA (τύπος ABB T7S1250R1250M) με ηλεκτρονική μονάδα προστασίας PR231/P LI, κινητήρα τάνυσης των ελατηρίων και βοηθητικές λειτουργίες-σφάλματος
- Ψηφιακό πολύοργανο ηλεκτρικών μετρήσεων με δυνατότητα επικοινωνίας, τύπου ABB DMTME-I-485-96. Η μέτρηση εντάσεως γίνεται μέσω κατάλληλων μετασχηματισμών εντάσεως.

#### 2.3.3.2 Καλώδια

Η διασύνδεση των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης του ΜΣ#3 με τον πίνακα ΧΤ και του πίνακα ΧΤ με το container ΣΗΘ γίνεται με μονοπολικά καλώδια κυκλικής διατομής τύπου NYΥ (E1VV-R, τυποποίηση IEC 60502-1 ή ELOT 843). Τα καλώδια οδεύουν επί μεταλλικών σχαρών, σε επαφή μεταξύ τους. Οι σχάρες φέρουν διάτρητο κάλυμμα. Και στις δυο συνδέσεις υπάρχουν 4 καλώδια διατομής 240 mm<sup>2</sup> παραλληλισμένα ανά ενεργό φάση και 2 καλώδια για την σύνδεση του ουδετέρου, σύνολο 14 καλώδια. Επίσης τα καλώδια είναι βραδύκαυστα σε περίπτωση πυράκτωσης.

### 2.3.4 Ηλεκτρική εγκατάσταση container Η/Ζ

#### 2.3.4.1 Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια

Η τριφασική σύγχρονη γεννήτρια 400 V, 50 Hz, 600kW, με εσωτερικούς πόλους είναι κατασκευής Marelli, τύπου MJB-400-LC4. Η γεννήτρια είναι αυτορυθμιζόμενη και αυτοδιεγερόμενη χωρίς ψήκτρες, με 2 έδρανα και αποσβεστήρα για 30% ασύμμετρο φορτίο και δυνατότητα παραλληλισμού με δίκτυο ή άλλη γεννήτρια. Διαθέτει βαθμό προστασίας IP23 (IEC 60034-5) εσωτερική ψύξη και αερισμό (IC01 κατά IEC 60034-6), και προδιαγράφεται για μέγιστη υγρασία 700%, για εγκατάσταση σε υψόμετρο ως 1000 m και λειτουργία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ως 40 °C. Η κατασκευή της είναι IM1101 κατά IEC 60034-7 (B20 κατά DIN 42950). Ο εξοπλισμός της γεννήτριας περιλαμβάνει:



- Κεντρικό πίνακα ακροδεκτών με τρεις ακροδέκτες φάσεων και ακροδέκτη ουδετέρου
- Βοηθητικό πίνακα ακροδεκτών για τον ρυθμιστή τάσης
- Ρυθμιστή ισχύος και συντελεστή ισχύος
- Στατικό μετατροπέα
- Επιτηρητές θερμοκρασίας (6 στοιχεία Pt-100 στις περιελίξεις και 2 στοιχεία Pt-100 στα έδρανα)
- Αντιστάσεις προθέρμανσης (2x200W, 230V)

Η γεννήτρια διαθέτει περιορισμένη ικανότητα υπερφόρτωσης 10% (660kW), την οποία όμως δεν επιτρέπει το σύστημα ελέγχου του H/Z

#### 2.3.4.2 Πίνακας ισχύος ζεύξης γεννήτριας

Στο container υπάρχει ένα πίνακας ισχύος (ένα πεδίο 600-800x2000x600 mm) που περιλαμβάνει:

- Τριπολικό διακόπτη 1250A, motorized κατάλληλο για συγχρονισμό (απόκριση  $t=50$  ms) με κινητήρα 230 V AC, με αποσύμπλεξη 24 V DC με βοηθητικές επαφές για ένδειξη κατάστασης και επαφή για ένδειξη σφάλματος, με ηλεκτρονικό σύστημα απεμπλοκής σε βραχυκύκλωμα και θερμική υπερφόρτωση.
- Ασφάλεια κυκλώματος τάσης γεννήτριας 6A
- Ασφάλεια για τις μπάρες 6A
- Τρεις μετατροπείς ρεύματος 15VA
- Μπάρες φάσεων 1250A
- Μπάρα αγωγού γείωσης - ουδετέρου

Ο διακόπτης ενεργοποιείται από τον εξοπλισμό ζεύξης και προστασίας που περιέχεται στον Πίνακα Βοηθητικού Εξοπλισμού και έχει μελετηθεί από τον προμηθευτή.

### 2.3.5 Ηλεκτρικό σύστημα χυψροστασίου-αντλιοστασίου

#### 2.3.5.1 Πίνακας κίνησης

Ο πίνακας κίνησης περιλαμβάνει:

- Άφιξη από γενικό πίνακα χαμηλής τάσης υποσταθμού με ιδιαίτερη γραμμή
- Τριφασικές αναχωρήσεις με στοιχεία ζεύξης και προστασίας για τα κύρια φορτία (αντλίες, πύργοι ψύξης, ψυκτική μονάδα απορρόφησης)
- Αναχωρήσεις για βοηθητικά φορτία (αυτοματισμοί, πεδίο φωτισμού)
- Μπάρες χαμηλής τάσης
- Κλέμες γείωσης και ουδετέρου
- Βολτόμετρο με διακόπτη μεταγωγής στις 3 φάσεις
- Τρία αμπερόμετρα
- Ενδεικτικές λυχνίες (μια ανά φάση στην άφιξη, μια για ένδειξη κατάστασης λειτουργίας για κάθε κύριο φορτίο)

Ο πίνακας αποτελείται από κλειστό ερμάριο κατάλληλι για εγκατάσταση σε στεγασμένο χώρο.

### 2.3.6 Καλωδιώσεις

Στον ΓΠΤΧ του κτιρίου Τεχνικής Υπηρεσίας είναι εγκατεστημένη μια νέα αναχώρηση με τα αναγκαία στοιχεία διακοπής και προστασίας (χειροκίνητος διακόπτης φορτίου, αυτόματος διακόπτης ισχύος για προστασία βραχυκυκλώματος, διατάξεις μέτρησης – καταγραφής ισχύος) που τροφοδοτεί τον πίνακα κίνησης της κεντρικής θερμοϋδραυλικής εγκατάστασης (τριφασική παροχή). Τα καλώδια ισχύος είναι τύπου ΝΥΥ (E1VV-R, τυποποίηση IEC 60502-1 ή ΕΛΟΤ 843) και οδεύουν επί μεταλλικών σχαρών (ΝΥΥ 3x50 mm<sup>2</sup> + ΝΥΥ 1x25 mm<sup>2</sup> + Cu 1x25 mm<sup>2</sup>).

### 2.3.7 Γειώσεις

Το δίκτυο γείωσης έχει την ακόλουθη τοπολογία:

Τα μεταλλικά μέρη του μετασχηματιστή #3, των πεδίων μέσης τάσης και του πεδίου χαμηλής τάσης στο κτίριο Τεχνικής Υπηρεσίας συνδέονται στην κοινή γείωση μεταλλικών μερών του υποσταθμού. Τα container του Η/Ζ, το ηλεκτρικό σύστημα της κεντρικής θερμοϋδραυλικής εγκατάστασης και τα λοιπά μεταλλικά στοιχεία του χώρου της μονάδας ΣΗΘΥΑ γειώνονται σε θεμελιακή γείωση, κατασκευασμένη εντός του δαπέδου από σκυρόδεμα με χρήση οπλισμού και δομικού πλέγματος. Η γείωση αυτή συνδέεται ηλεκτρικά με την γείωση της πλευράς χαμηλής τάσης του υποσταθμού. Ο ουδέτερος κόμβος του μετασχηματιστή από την πλευρά της χαμηλής τάσης συνδέεται με τον ουδέτερο κόμβο της γεννήτριας, ο οποίος γειώνεται σε τρίγωνο γείωσης. Οι τοπικές εγκαταστάσεις στους χώρους διασύνδεσης με τα δίκτυα θέρμανσης-ψύξης των καταναλωτών γειώνονται μέσω των τοπικών κεντρικών πινάκων χαμηλής τάσης των αντίστοιχων κτιρίων. Για την ορθή διαμόρφωση του οπλισμού του δαπέδου σε θεμελιακή γείωση, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά εξαρτήματα ή συγκολλητές συνδέσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η ηλεκτρική συνέχεια. Τα ειδικά εξαρτήματα είναι:

- Σφικτήρας για ηλεκτρική συνέχεια οπλισμού, διαμέτρου 10-20 mm από γαλβανισμένο χάλυβα τύπου ΕΛΕΜΚΟ 6201004
- Σφικτήρας για ηλεκτρική σύνδεση αγωγών οπλισμού, διαμέτρου 8-10 mm με αγωγούς διαμέτρου 16 mm σε ευθεία ή διασταύρωση, από γαλβανισμένο χάλυβα τύπου ΕΛΕΜΚΟ 62081116
- Ακροδέκτες γείωσης για σύνδεση με εγκιβωτισμό σε σκυρόδεμα αγωγό γείωσης με ένα σπείρωμα M8 ( ΕΛΕΜΚΟ 6524208) ή δυο σπειρώματα (ΕΛΕΜΚΟ 654409-6514408).

- **3 Μεθοδολογία**

### 3.1 Μεθοδολογία γραφημάτων συμπεριφοράς εγκατάστασης και εύρεσης κτιρίου με μεγαλύτερη κατανάλωση

Η εύρεση του κτιρίου με την μεγαλύτερη κατανάλωση αποτέλεσε το πιο εύκολο μέρος της πτυχιακής, καθώς υπολογίσθηκαν κατά μέσο όρο οι καταναλώσεις από τα κτίρια τα οποία λήφθηκαν υπόψιν στους υπολογισμούς συμπεριφοράς της εγκατάστασης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Τα κτίρια τα οποία μελετήθηκαν για την σύγκριση καταναλώσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 7: Κτίρια προς μελέτη καταναλώσεων*

κτίριο Δ
κτίριο Ε
συνεδριακό κεντρο
κτίριο Ζ
κτίριο διοίκησης
κτίριο βιβλιοθήκης
κτίρια Α,Β,Γ
αντλιοστάσιο ψυχροστασίου

Να σημειωθεί πως το πρόγραμμα καταγραφής καταναλώσεων της εγκατάστασης αν και καταγράφει και τις καταναλώσεις του κτιρίου της Τεχνικής Υπηρεσίας, δεν το συνυπολογίζει μαζί με τις άλλες καταναλώσεις των υπόλοιπων κτιρίων, πράγμα το οποίο και ακολουθήθηκε στην εύρεση των διαγραμμάτων συμπεριφοράς της εγκατάστασης.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία των διαγραμμάτων συμπεριφοράς μέσης μέρας για κάθε μήνα κατέληξε εξαιρετικά χρονοβόρα λόγω της ιδιαίτερα καλής οργάνωσης που χρειάστηκε για να είναι ξεκάθαρα τα αποτελέσματα και ύστερα να παρουσιαστούν σε μια πλήρη και κατανοητή μορφή. Ο τύπος γραφήματος που δημιουργήθηκε είναι οι παραγωγή και κατανάλωση για την μέση μέρα του κάθε μήνα. Αυτά τα γραφήματα προέκυψαν από τη μέση τιμή των ημερών των καταναλώσεων/παραγωγών για κάθε λεπτό. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μέχρι το 12<sup>ο</sup> λεπτό στο υπολογιστικό φύλλο για τη δημιουργία των γραφημάτων.

	1η Μέρα	2η Μέρα	3η Μέρα	...	30η Μέρα	31 μέρα		Μέση τιμή λεπτού
λεπτό της μέρας	Ζήτηση Δεκεμβρίου 2016 (kw )							
1	179,22	195,424	180,008		158,044	148,972		176,2423226
2	178,04	188,324	180,372		158,096	148,708		176,4770323
3	191,52	181,884	179,376		155,98	148,248		176,8690323
4	181,82	181,364	175,352		156,14	148,048		175,1473548
5	198,76	185,044	171,332		155,08	149,388		175,8110968
6	184,7	189,424	169,624		155,016	147,408		175,8289032
7	177,6	195	171,548		156,9	148,268		176,211871
8	173,52	194,62	170,548		160,62	148,1		176,2175484
9	178,04	194,784	172,628		161,928	147,928		176,5851613
10	176,06	191,82	174,308		162,508	148,988		176,6536774
11	185	193,18	177,888		162,064	151,628		177,0376774
12	185,72	192,656	177,872		161,288	150,564		176,6945806

Εικόνα 8: Μορφή υπολογιστικού φύλλου για την εύρεση μέσης μέρας του μήνα Δεκέμβρη 2016

Μετά τον υπολογισμό των μέσων τιμών κάνουμε έλεγχο για τυχόν σφάλματα στις μετρήσεις και ύποπτες τιμές για να αποφασίσουμε ποιες θα ισχύσουν για τη δημιουργία των διαγραμμάτων. Θεωρώντας κανονική κατανομή των μετρήσεων βρίσκουμε το σφάλμα της μέσης τιμής του κάθε λεπτού. Επίσης σε όλες τις τιμές εφαρμόζουμε το κριτήριο Chauvenet για να διαπιστώσουμε την αν υπάρχει κάποια ύποπτη τιμή έχοντας φυσικά ως γνώμονα μερικές αναμενόμενες τιμές. Αφού βεβαιωθούμε για την ορθότητα των μέσων τιμών μας Έπειτα δημιουργούμε τα διαγράμματα με μεταβλητή  $x$  τα λεπτά της μέσης μέρας και εξαρτώμενη μεταβλητή την παραγωγή και την κατανάλωση. Τέλος επαναλαμβάνεται η διαδικασία για κάθε μήνα και προκύπτουν τα τελικά διαγράμματα.

### 3.2 Μεθοδολογία γραφημάτων φυσικού αερίου και κόστους/kw παραγωγής

Αρχικά καταγράφουμε την ποσότητα κανονικού όγκου φυσικού αερίου που κατανάλωσε η μονάδα τον κάθε μήνα. Στη συνέχεια θεωρώντας σταθερό κανονικό όγκο φυσικού αερίου για το πρώτο λεπτό του κάθε μήνα βρίσκουμε τη διαφορά στο καταναλισκόμενο φυσικό αέριο ανάμεσα σε κάθε λεπτό. Έπειτα βρίσκουμε το άθροισμα των διαφορών φυσικού αερίου σε κάθε λεπτό ώστε να βρούμε το άθροισμά τους. Από την εταιρία παροχής φυσικού αερίου καταγράφουμε τις kWh/Nm<sup>3</sup> και ευρώ/kWh. Υπολογίζουμε την τιμή του καταναλισκόμενου φυσικού αερίου του μηνά και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για κάθε μήνα:

$$\text{τιμή αερίου (ευρώ)} = \text{kWh/Nm}^3 * \text{ευρώ/kWh} * \text{άθροισμα διαφορών φυσικού αερίου (Nm}^3\text{)}$$

Παρακάτω παρατίθενται τα ληφθέντα στοιχεία από την εταιρία παροχής φυσικού αερίου:

Μήνες	Τιμή Προμήθειας	Χρέωση Μεταφοράς	Χρέωση Διανομής	Φόροι & Τέλη	ΦΠΑ	Τελική τιμή συμπ ΦΠΑ	ΑΘΔ: ΣΥΝΤ. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ
	(€/kWh)						(kWh/Nm <sup>3</sup> )
Ιανουάριος 2017	0,02971	0,00234	0,0142388	0,0014	0,0062	0,0539	11,8040
Φεβρουάριος 2017	0,03167	0,00397	0,0142388	0,0014	0,0066	0,0580	11,8271
Μάρτιος 2017	0,03885	0,00372	0,0142388	0,0015	0,0075	0,0658	11,8844
Απρίλιος 2017	0,03852	0,00331	0,0142388	0,0015	0,0074	0,0650	11,8205
Μάιος 2017	0,03491	0,00385	0,0142388	0,0014	0,00703	0,0614	11,6320
Ιούνιος 2017	0,03215	0,00440	0,0142388	0,0014	0,00675	0,0589	11,5316
Ιούλιος 2017	0,03259	0,00437	0,0142388	0,0013	0,00680	0,0593	11,5060
Αύγουστος 2017	0,03229	0,00434	0,0142388	0,0013	0,00675	0,0590	11,5660
Σεπτέμβριος 2017	0,02732	0,00501	0,0142388	0,0013	0,00619	0,0541	11,5160
Οκτώβριος 2017	0,02827	0,00437	0,0142388	0,0013	0,00623	0,0544	11,4680
Νοέμβριος 2017	0,02794	0,00396	0,0142388	0,0013	0,00614	0,05359	11,4030
Δεκέμβριος 2017	0,02871	0,00304	0,0142388	0,0013	0,00612	0,05342	11,5150

Εικόνα 9: Συντελεστές μετατροπής βάσει Ε.Π.Α

Τα διαγράμματα διαφοράς όγκου φυσικού αερίου ανά λεπτό του μήνα προκύπτουν εύκολα δείχνοντάς μας οποιαδήποτε περιοδικότητα μπορεί ή όχι να ακολουθεί η εγκατάσταση βάση της ζήτησης.

Για τον υπολογισμό του μηνιαίου κόστους ανά MWh που παράγεται από την μονάδα, πρέπει αρχικά να καταγράψουμε την συνολική παραγωγή τον εκάστοτε μήνα σε kw\*min, να την μετατρέψουμε σε kwh και μετά να διαιρέσουμε με μια χιλιάδα για να έχει μετατραπεί η ενέργεια σε MWh. Η διαίρεση της τιμής του φυσικού αερίου με την ενεργειακή παραγωγή σε MWh μας δίνει το επιθυμητό μέγεθος για μια πρόχειρη εκτίμηση του κόστους παραγωγής ενέργειας της εγκατάστασης.

### 3.3 Μεθοδολογία εύρεσης γραφημάτων απόδοσης εγκατάστασης για κάθε μήνα.

Η απόδοση εξ ορισμού είναι το πηλίκο της ωφέλιμης προς την καταναλισκόμενη ενέργεια, οπότε ένας "χοντρικός" υπολογισμός για την απόδοση θα ήταν να διαιρέσουμε τις kwh που καταναλώθηκαν από το φυσικό αέριο με τις kwh που παράχθηκαν από τη μονάδα. Για να γίνει αυτό μετατρέπουμε πρώτα τον όγκο φυσικού αερίου σε ενέργεια, που καταγράψαμε από την εταιρία παροχής φυσικού αερίου για κάθε μήνα και μετά να εκτελέσουμε την πράξη. Μετά το πέρας όλων των υπολογισμών τα γραφήματα είναι έτοιμα προς ανάλυση.

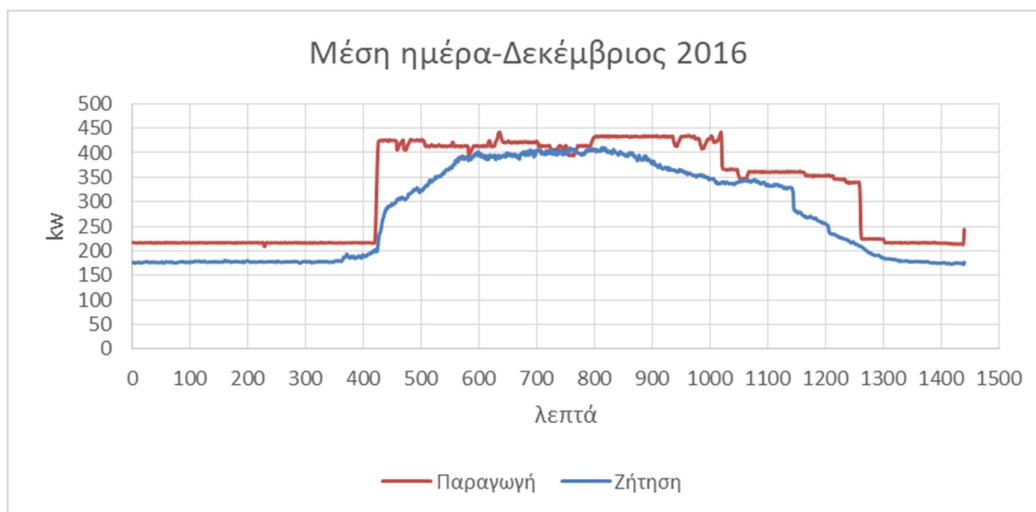
## 4 Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης

### 4.1 Γραφήματα ισοζυγίου ενέργειας



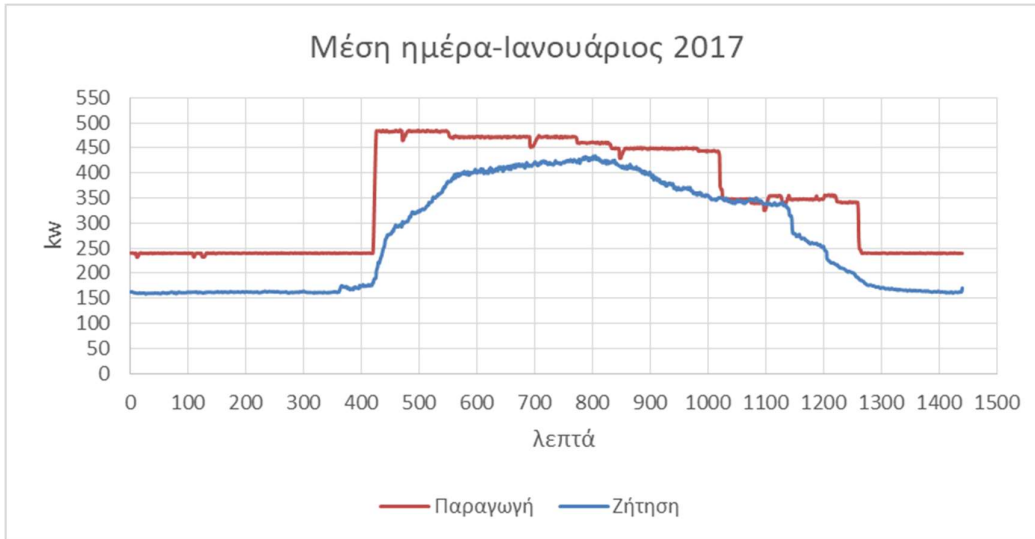
Διάγραμμα 1: %ποσοστό εμφάνισης ενέργειας

Παρατηρείται ότι υπάρχει πιθανότητα 55% να εμφανιστεί στιγμιαία παραγωγή 250 kW



Διάγραμμα 2: Μέση μέρα - Δεκέμβριος 2016

Παρατηρείται ότι το μήνα Δεκέμβριο το 2016 ,περίπου στο μέσο του μήνα η ζήτηση αυξήθηκε απότομα με αποτέλεσμα να φτάσει πολύ κοντά σε μέγεθος με την παραγωγή, πράμα που σημαίνει ότι η εγκατάσταση κάλυψε τα θερμικά της φορτία αλλά οριακά κάλυψε και τα ηλεκτρικά της φορτία.



Διάγραμμα 3: Μέση μέρα – Ιανουάριος 2017

Η ίδια συμπεριφορά με τον Δεκέμβρη του 2016 ακολουθείται και τον Ιανουάριο του 2017, καλύπτοντας πάλι η εγκατάσταση τα θερμικά της φορτία με μεγαλύτερη ευκολία, και αδυνατεί να καλύψει επαρκώς τα ηλεκτρικά της φορτία



Διάγραμμα 4: Μέση μέρα – Φεβρουάριος 2017

Τον Φεβρουάριο γίνεται το react της κάλυψης των θερμικών φορτίων καθώς τελειώνει ο χειμώνας, οι ηλεκτρικές καταναλώσεις έχουν παραμείνει σχεδόν ίδιες με τον προηγούμενο μήνα.



Διάγραμμα 5: Μέση μέρα – Μάρτιος 2017

Τον Μάρτιο η ζήτηση έχει πέσει σε σχέση με τον Φεβρουάριο λόγω του ότι δεν υπάρχει πολύς κόσμος στο ίδρυμα, λόγω των διακοπών μετά τις εξετάσεις, οπότε τα θερμικά φορτία παραμένουν ίδια και τα ηλεκτρικά πέφτουν



Διάγραμμα 6: Μέση μέρα – Απρίλιος 2017

Τον Απρίλιο πέφτουν ακόμα πιο πολύ τα ηλεκτρικά φορτία λόγω διακοπών του Πάσχα, υπάρχει μια ελάχιστη αύξηση στην παραγωγή ενέργειας και η πτώση ζήτησης πλησιάζει τα 100 kW





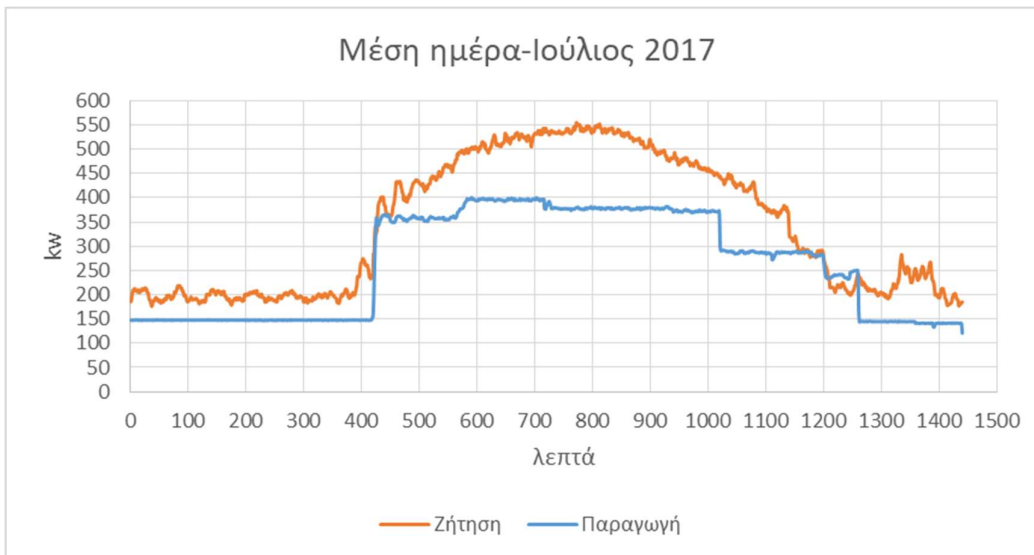
Διάγραμμα 7: Μέση μέρα – Μάιος 2017

Τον Μάιο αυξήθηκε η ζήτηση καθώς επέστρεψαν όλοι στο ίδρυμα, ενώ η παραγωγή έμεινε περίπου ίδια κατά μέση τιμή του react με μερικές περιοδικές διακυμάνσεις



Διάγραμμα 8: Μέση μέρα – Ιούνιος 2017

Τον Ιούνιο λαμβάνουμε ένα προφίλ με την ζήτηση να είναι σχεδόν πάντα παραπάνω από τη παραγωγή. Παρατηρείται πτώση περίπου 50 kW στο react της παραγωγής σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, αλλά ταυτόχρονα και μια σχεδόν σταθερή κατάσταση για το πρωί, το μεσημέρι και το βράδυ της μέσης μέρας, πράγμα το οποίο μάλλον οφείλεται στις διεξαγόμενες εξετάσεις ,αφού δεν υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλα φορτία στα περισσότερα κτίρια του ιδρύματος παρά μόνο τα κυλικεία και οι αίθουσες εξετάσεων.



Διάγραμμα 9: Μέση μέρα – Ιούλιος 2017

Τον Ιούλιο επικρατεί ακριβώς η ίδια κατάσταση με τον Ιούνιο, με την ζήτηση να φτάνει το peak της και την παραγωγή να μένει σταθερή για του τελευταίους τρεις μήνες, με τη μόνη διαφορά να είναι στο αρχικό φορτίο της μέρας που καθώς πλησιάζει το καλοκαίρι όλο και πέφτει η παραγωγή 100 περίπου kW



Διάγραμμα 10: Μέση μέρα – Αύγουστος 2017

Τον Αύγουστο η παραγωγή έχει μειωθεί σε κάτω από 25kW στιγμιαία παραγωγή, πράμα που σημαίνει ότι η εγκατάσταση αρχίζει να θέτει σε πλήρη λειτουργία την αξιοποίηση του ψυκτικού πύργου. Πλέον δεν υπάρχει λόγος να καλύψει τη ζήτηση, αλλά και πάλι θα έπρεπε να υπάρχει μια μικρή παραγωγή ώστε να εξισορροπήσει λίγο τις ανομαλίες του δικτύου



Διάγραμμα 11: Μέση μέρα – Σεπτέμβριος 2017

Τον Σεπτέμβρη αρχίζει και πάλι η παραγωγή για την αξιοποίηση πολύ βασικών θερμικών φορτίων και ηλεκτρικών



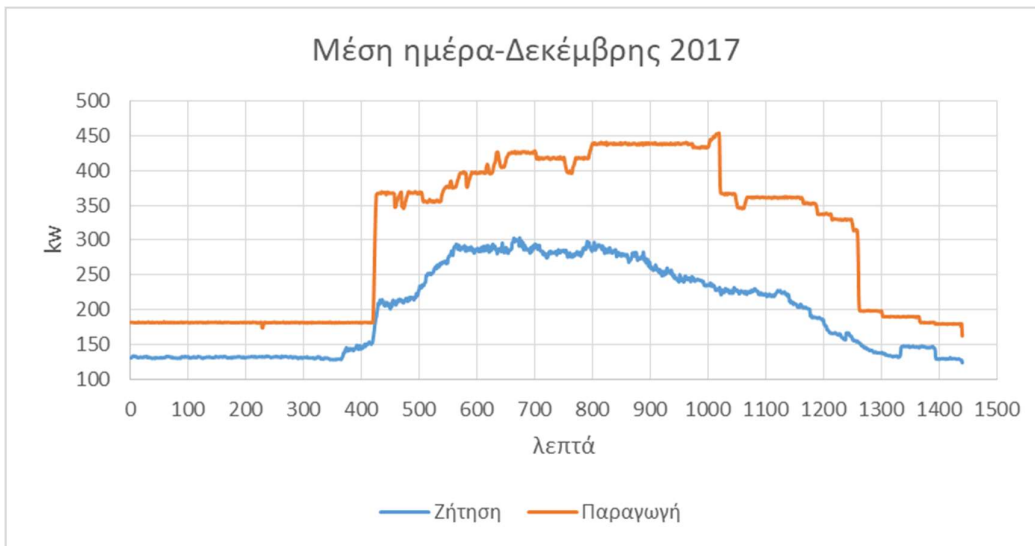
Διάγραμμα 12: Μέση μέρα – Οκτώβριος 2017

Τον Οκτώβρη συμβαίνει μια απότομη πτώση παραγωγής, πιθανόν για συντήρηση, διότι δεν φαίνεται λογικό να πέφτει έτσι απότομα η παραγωγή, διότι έχουν να καλύψουν κάποια βασικά θερμικά και ηλεκτρικά φορτία. Οπότε μάλλον πρόκειται ή για σφάλμα της μηχανής ή τέθηκε η μηχανή εκτός παραγωγής για λόγους συντήρησης.



Διάγραμμα 13: Μέση μέρα – Νοέμβριος 2017

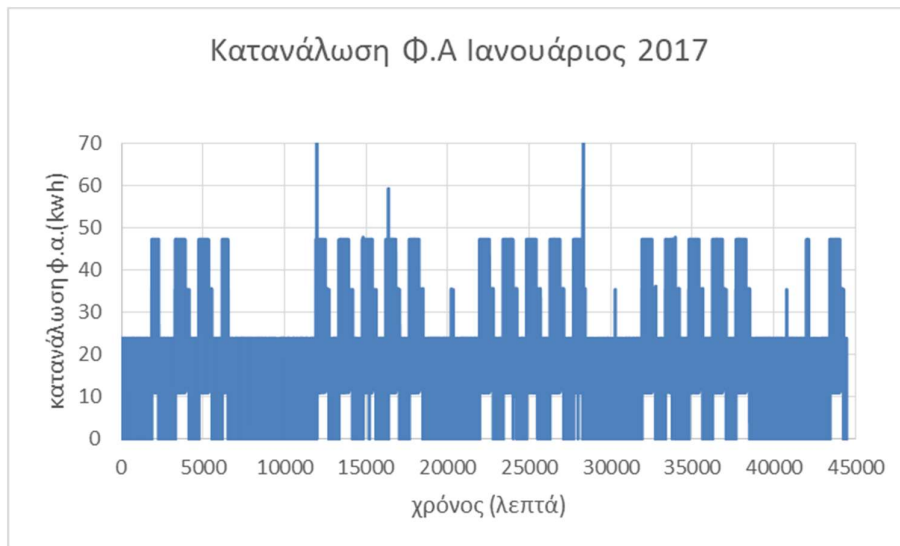
Το Νοέμβρη επανέρχεται το προφίλ με τη ζήτηση πάλι εν μέρει να είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή, πράγμα το οποίο χρειάζεται για την ομαλή λειτουργία και κυρίως κάλυψη περισσότερων θερμικών φορτίων



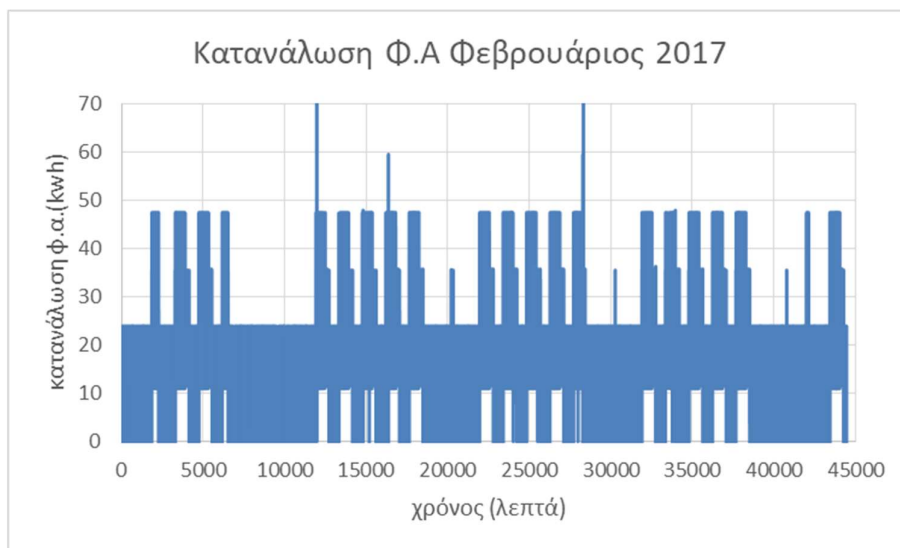
Διάγραμμα 14: Μέση μέρα – Δεκέμβριος 2017

Το Δεκέμβρη τελικά το προφίλ κανονικοποιείται όπως και τον προηγούμενο Δεκέμβρη το 2016

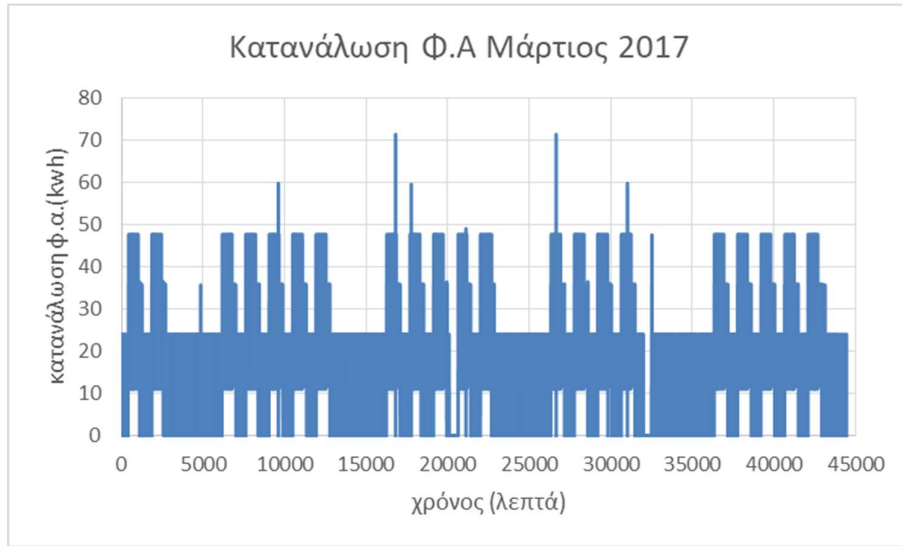
#### 4.2 Γραφήματα κατανάλωσης καυσίμου και κόστους παραγωγής ενέργειας



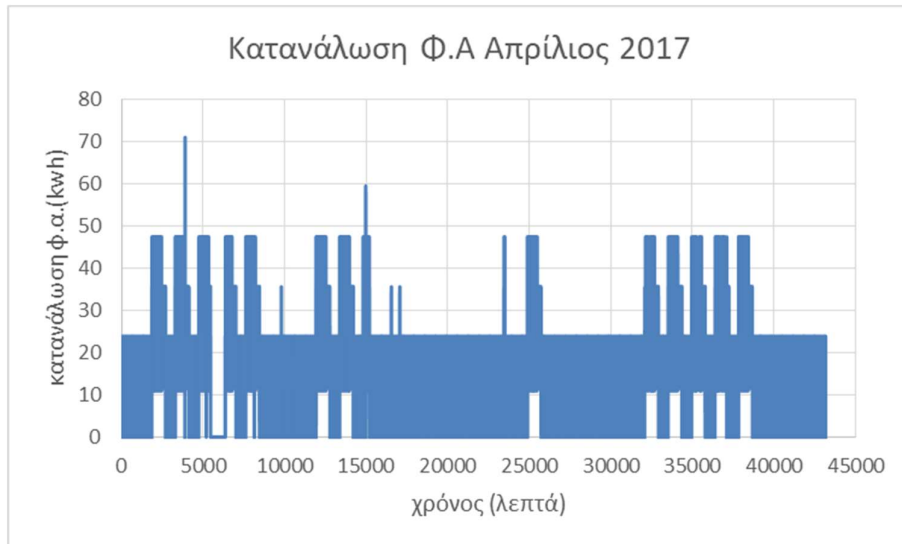
Διάγραμμα 15: Κατανάλωση φυσικού αερίου Ιανουάριος 2017



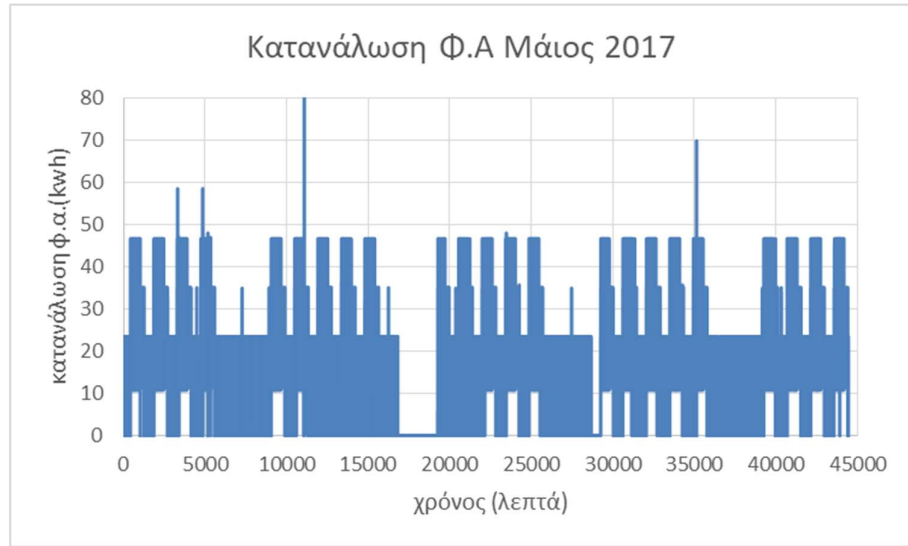
Διάγραμμα 16: Κατανάλωση φυσικού αερίου Φεβρουάριος 2017



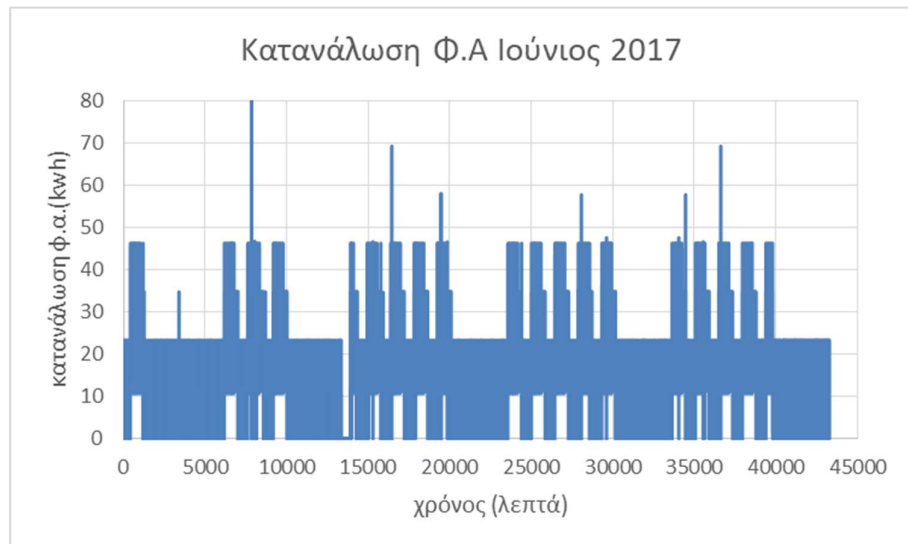
Διάγραμμα 17: Κατανάλωση φυσικού αερίου Μάρτιος 2017



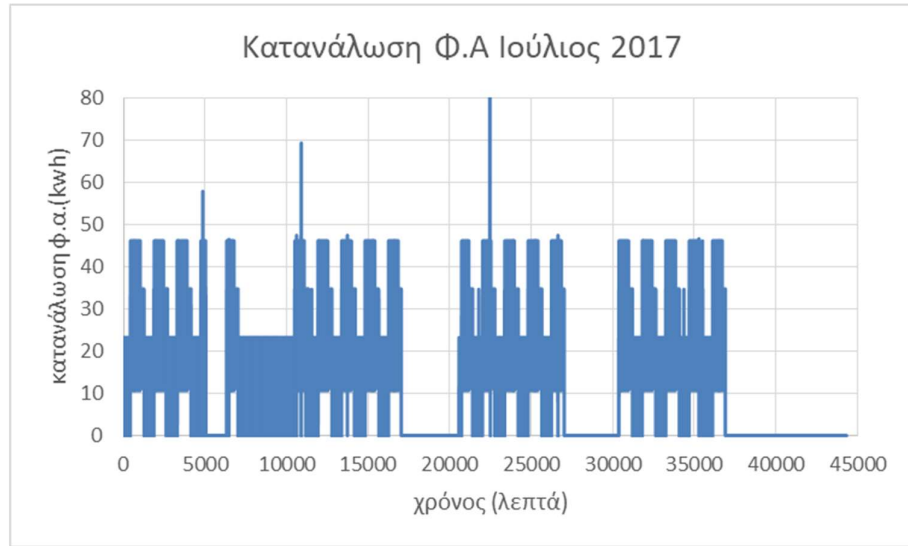
Διάγραμμα 18: Κατανάλωση φυσικού αερίου Απρίλιος 2017



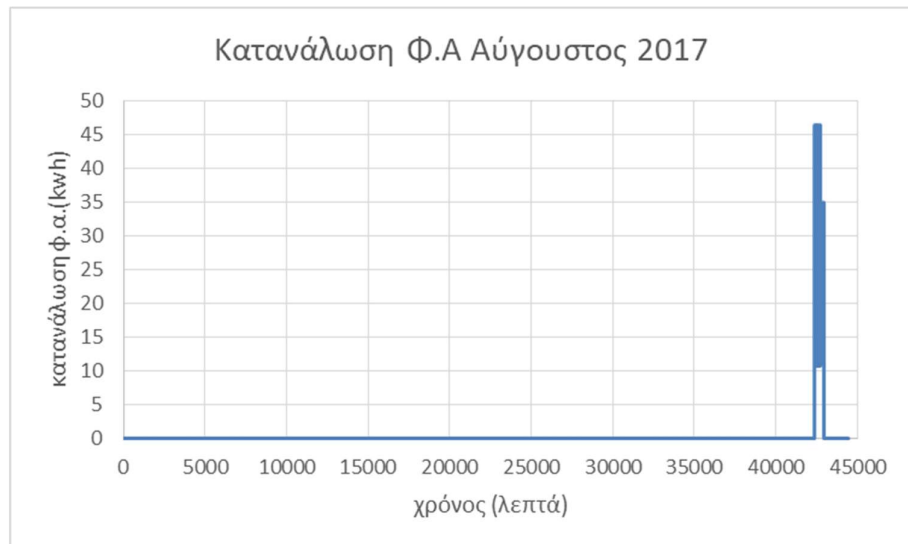
Διάγραμμα 19: Κατανάλωση φυσικού αερίου Μάιος 2017



Διάγραμμα 20: Κατανάλωση φυσικού αερίου Ιούνιος 2017

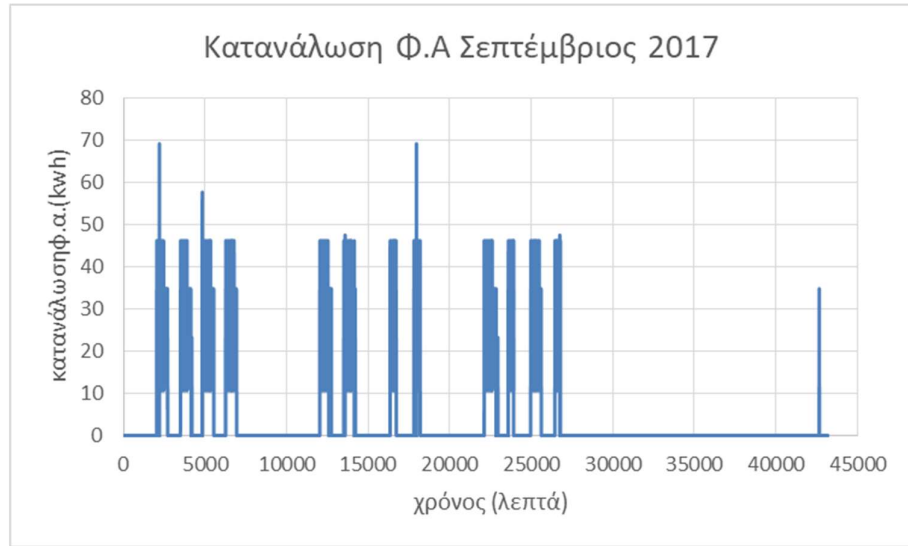


Διάγραμμα 21: Κατανάλωση φυσικού αερίου Ιούλιος 2017

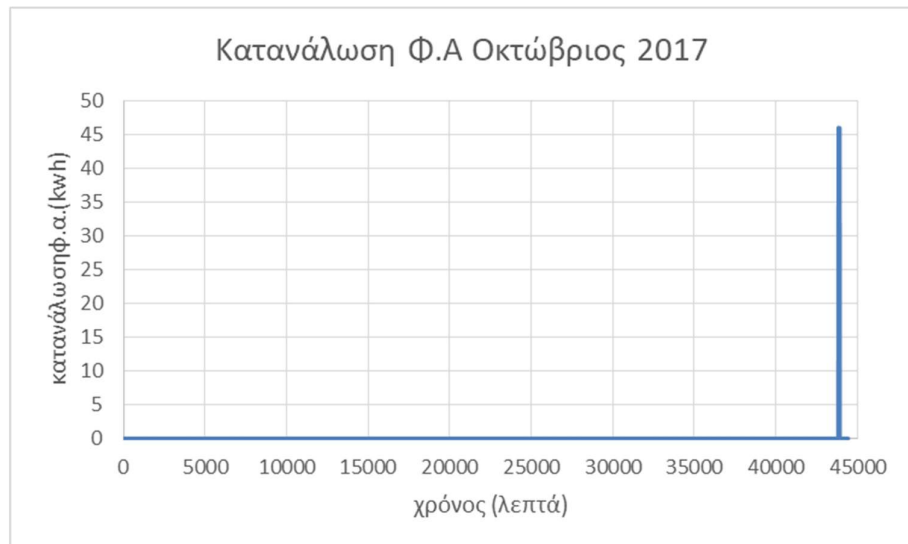


Διάγραμμα 22: Κατανάλωση φυσικού αερίου Αύγουστος 2017

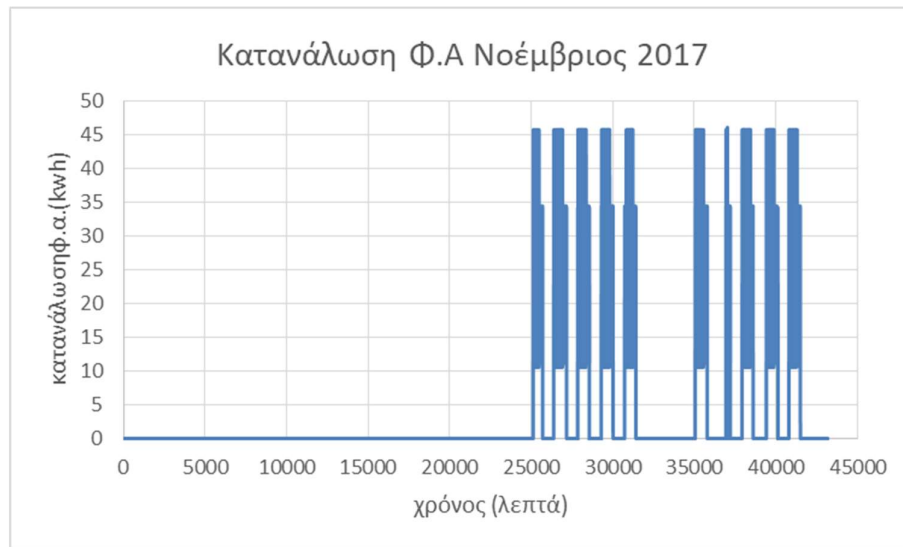




Διάγραμμα 23: Κατανάλωση φυσικού αερίου Σεπτεμβρης 2017



Διάγραμμα 24: Κατανάλωση φυσικού αερίου Οκτωβριος 2017

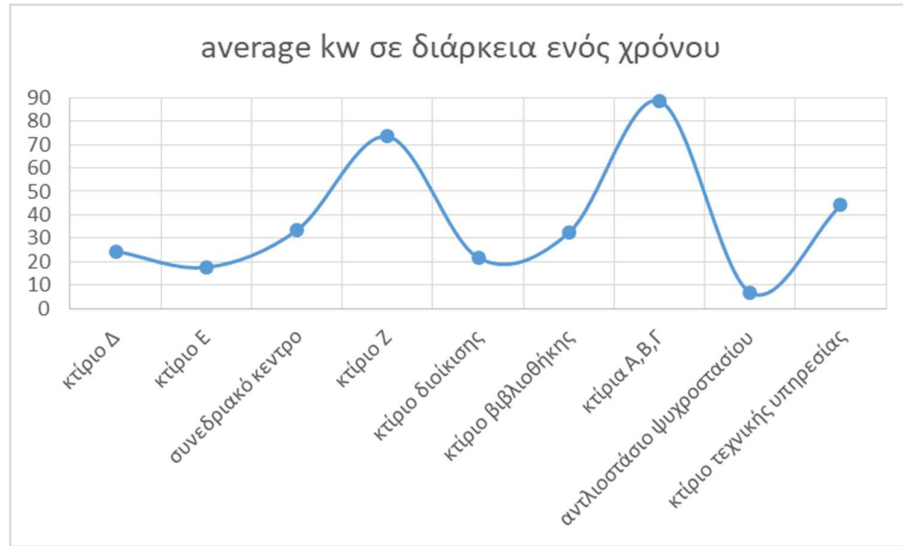


Διάγραμμα 25: Κατανάλωση φυσικού αερίου Νοέμβριος 2017



Διάγραμμα 26: Κατανάλωση φυσικού αερίου Δεκέμβριος 2017

Γενικές παρατηρήσεις επί των διαγραμμάτων φυσικού αερίου:  
 Προφανώς φαίνεται πως έχουμε μεγάλη έγχυση φυσικού αερίου τις στιγμές που έχουμε peak στη παραγωγή. Αυτό φαίνεται πιο καθαρά από το Σεπτέμβρη 2017 μέχρι το Δεκέμβρη του 2017. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται και ένα διάγραμμα με τη σύγκριση των καταναλώσεων των υπό μελέτη κτιρίων:

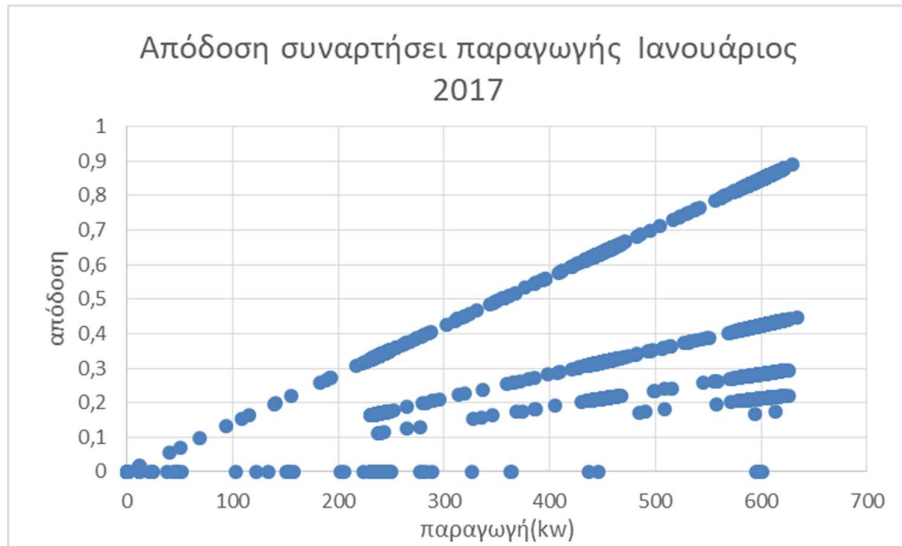


Διάγραμμα 27: Μέση τιμή φορτίου κατανάλωσης εντός ενός χρόνου για όλα τα υπό μελέτη κτίρια

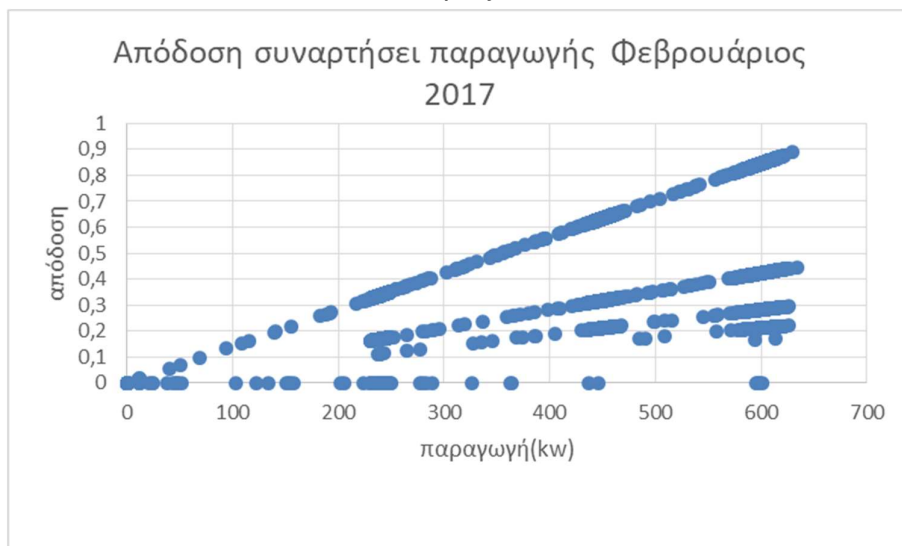
Αυτό μπορεί να μας βοηθήσει να ερμηνεύσουμε καλύτερα τη συμπεριφορά της εγκατάστασης, ενώ μπορεί ναδειχθεί ότι τους καλοκαιρινούς μήνες για να παράξουμε την ίδια ποσότητα ισχύος χρειάζονται να καταναλώσουμε πολλές παραπάνω kWh φυσικού αερίου, το οποίο σημαίνει ότι η εγκατάσταση ήδη καλύπτει κάποια θερμικά φορτία.

Επίσης παρατηρείται τον Μάρτιο και Απρίλιο μια περιοδικότητα στο καταναλισκόμενο φυσικό αέριο με κατά μέσο όρο να χρειάζονται στιγμιαία 50 kWh φυσικού αερίου στιγμιαία, ενώ τον χειμώνα πάλι δημιουργείται peak με τις ανάγκες σε φυσικό αέριο πάνω από 1400 kWh

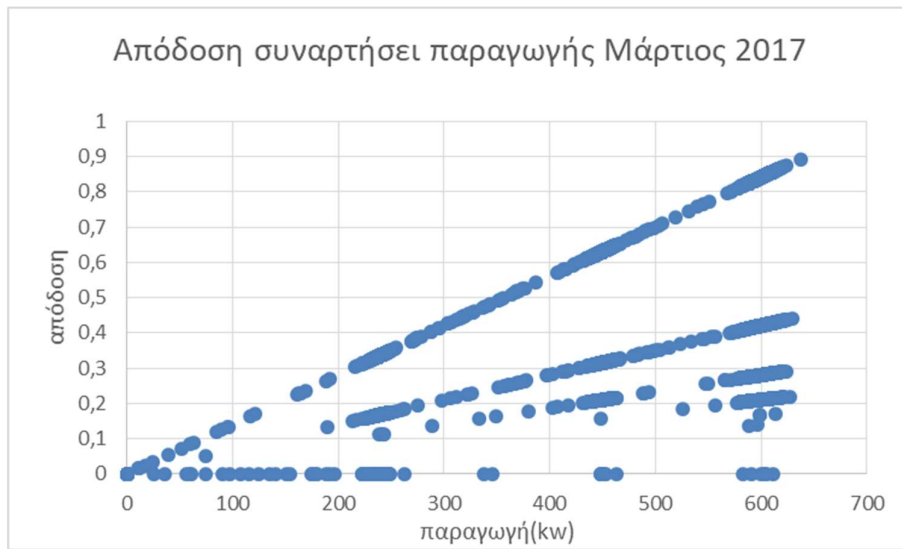
### 4.3 Γραφήματα απόδοσης



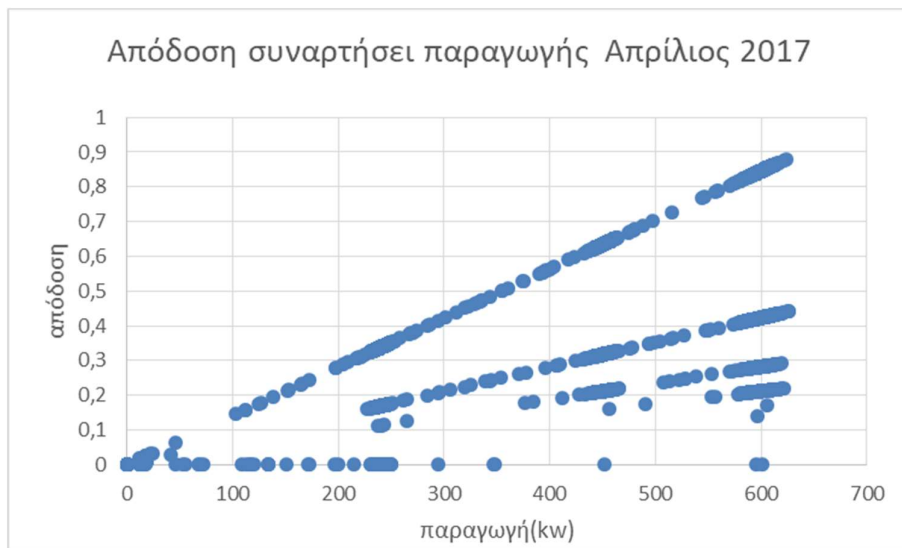
Διάγραμμα 27: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Ιανουάριος 2017



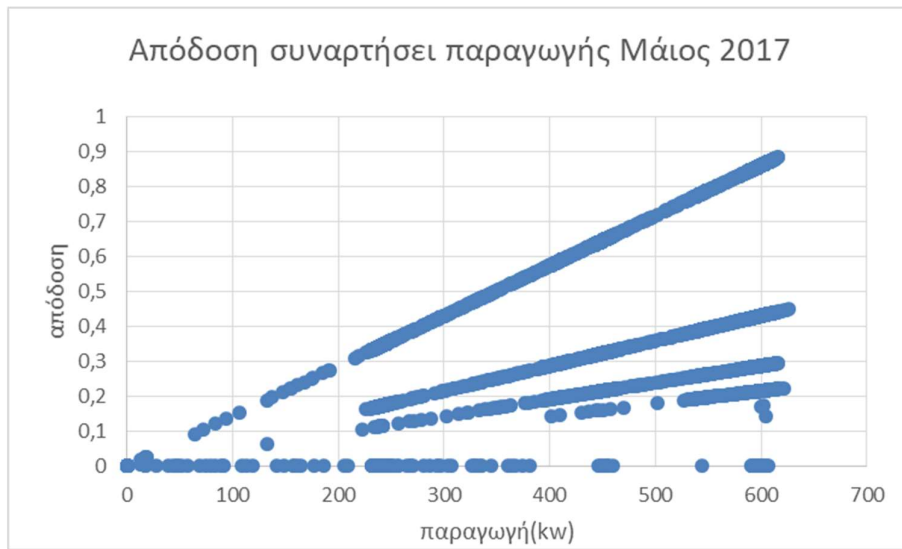
Διάγραμμα 28: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Φεβρουάριος 2017



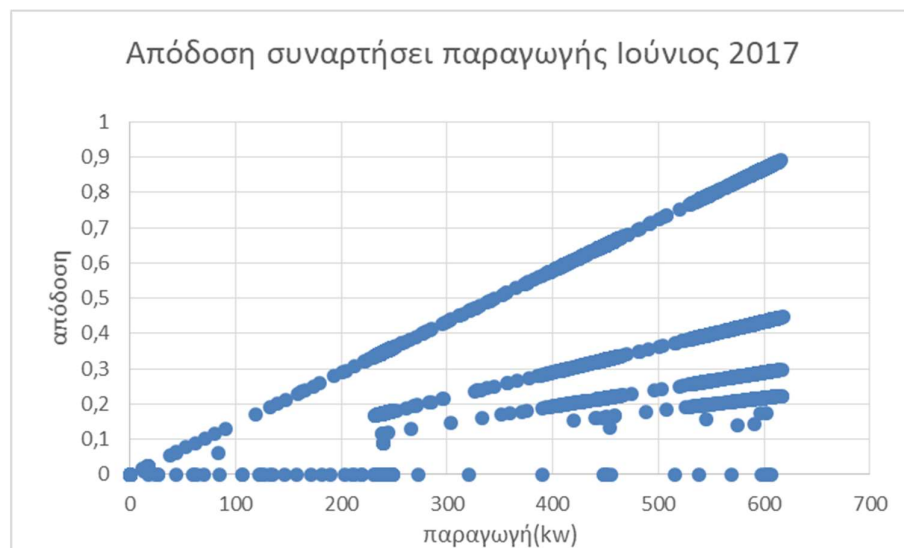
Διάγραμμα 29: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Μάρτιος 2017



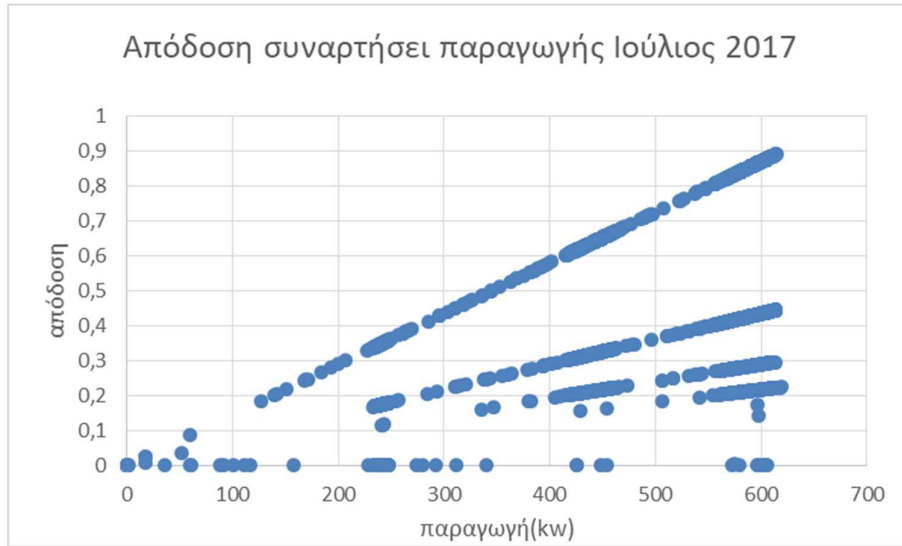
Διάγραμμα 30: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Απρίλιος 2017



Διάγραμμα 31: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Μάιος 2017



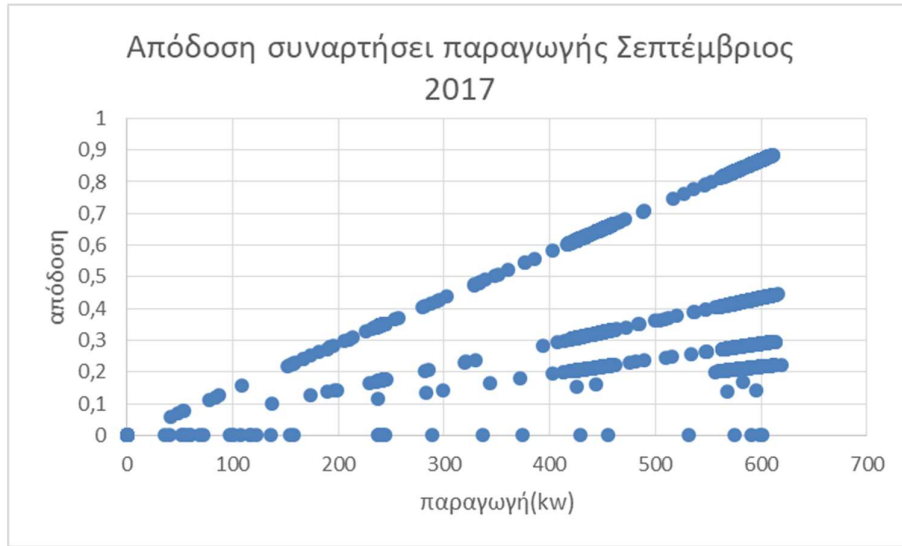
Διάγραμμα 32: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Ιούνιος 2017



Διάγραμμα 33: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Ιούλιος 2017



Διάγραμμα 34: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Αύγουστος 2017

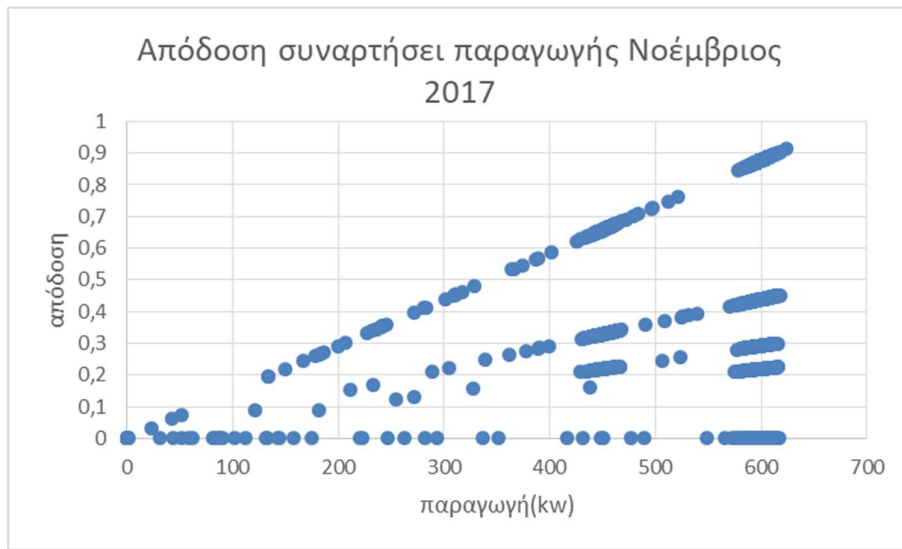


Διάγραμμα 35: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Σεπτέμβριος 2017



Διάγραμμα 36: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Οκτώβριος 2017





Διάγραμμα 37: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Νοέμβριος 2017



Διάγραμμα 38: Στιγμαία απόδοση εγκατάστασης σε σχέση με την παραγωγή Δεκέμβριος 2017

Γενικές παρατηρήσεις στα διαγράμματα απόδοσης εγκατάστασης:

Παρατηρείται μια γραμμικότητα στη μεταβολή της παραγωγής με την απόδοση πράγμα το οποίο είναι λογικό

Για μέσο φορτίο η απόδοση της εγκατάστασης δεν φτάνει το 50 %, που σημαίνει ότι η εγκατάσταση δεν είναι όσο αποτελεσματική όσο θα την θέλαμε

Τέλος γίνεται πλέον με βεβαιότητα αντιληπτό πως τους μήνες Οκτώβρη και Αύγουστο συνέβη ή κάποιο σφάλμα στη μονάδα ή τέθηκε σε λειτουργία ασφαλείας για συντήρηση, το οποίο μας επηρέασε εν μέρει στους μέσου όρους.

## 5 Τελικά αποτελέσματα

### 5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων και πρόταση συσσωρευτών ως λύση

Όπως προέκυψε και από τα διαγράμματα, υπάρχει μεγάλο κενό μεταξύ παραγωγής και ζήτησης, η οποία όχι μόνο προκαλεί οικονομική δυσφορία με τον καιρό αλλά διάφορες μεταβολές στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο του Ιδρύματος. Επίσης πρέπει να τονισθεί πως όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση θα έπρεπε κανονικά η ΔΕΗ να πληρώνει το Ίδρυμα όποτε εισάγει στο δίκτυο ενέργεια. Όμως η ΔΕΗ δεν γίνεται να πληρώσει κρατικό ίδρυμα βάσει νόμου, οπότε στο τέλος η ζημία αυξάνεται υπερβολικά. Εν τέλει η πιο σίγουρη λύση για να μειωθεί κατά πολύ αυτή η ζημία είναι η εφαρμογή αποθήκευσης ενέργειας και συγκεκριμένα συσσωρευτών, οι οποίοι είναι πιο φθηνοί σε σχέση με άλλες μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας που χρειάζονται αρκετό χώρο για εγκατάσταση (flywheels) ή έχουν πολύ μεγάλο χρόνο απόκρισης ενέργειας και εκφόρτισης. Οπότε τι οφέλη μπορούν να προσφέρουν οι μπαταρίες στην μονάδα συμπαραγωγής σαν μέσο αποθήκευσης ενέργειας:

1. Load Leveling: αποθήκευση φθηνής πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται κατά τις περιόδους εκτός αιχμής και η χρησιμοποίησή της σε περιόδους αιχμής φορτίου.
2. Transmission Voltage Regulation: διατήρηση της τιμής της τάσης μεταφοράς μέσα σε συγκεκριμένα προκαθορισμένα όρια διακύμανσης, τόσο κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στα σημεία του φορτίου.
3. Power Quality Improvement: βελτίωση ποιότητας ισχύος και εξομάλυνση βυθίσεων τάσεως, αιχμών τάσεως και διακοπών ρεύματος για απαιτήσεις ισχύος  $< 1\text{MW}$
4. Frequency Control: είναι η διατήρηση της συχνότητας στην ονομαστική της τιμή 50 ή 60 Hz.
5. Χρήση αποθηκευμένης ενέργειας για κάλυψη της ζήτησης, λόγω έλλειψης ικανότητας παραγωγής των διαθέσιμων μονάδων

Η ενεργειακή απόδοση είναι ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται προς την ενέργεια που αποθηκεύεται. Η αποθήκευση της ενέργειας και η ύστερη απόδοσή της στην κατανάλωση γίνεται με την παρεμβολή απωλειών, με αποτέλεσμα η ενέργεια που αποδίδεται να είναι μικρότερη από την ενέργεια που αποθηκεύεται.

Για να είναι ένα σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης πραγματικά ανταγωνιστικό πρέπει να έχει καλή ενεργειακή απόδοση, πράγμα που σημαίνει να περιορίζονται όσο το δυνατόν οι ενεργειακές απώλειες. Η ενεργειακή απόδοση είναι ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται προς την ενέργεια που αποθηκεύεται. Η αποθήκευση της ενέργειας και η ύστερη απόδοσή της στην κατανάλωση γίνεται με την παρεμβολή απωλειών, με αποτέλεσμα η ενέργεια που αποδίδεται να είναι μικρότερη από την ενέργεια που αποθηκεύεται.

Ενεργειακές απώλειες ως γνωστόν προκύπτουν:

1. κατά τη μεταφορά της ενέργειας στον τόπο κατανάλωσης,
2. κατά τη μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος (αναστροφείς, συστήματα ελέγχου κ.λ.π.)
3. κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης της ενέργειας στο μέσο αποθήκευσης
4. λόγω αυτό-εκφόρτισης ή απουσίας φορτίου

## 5.2 Σύγκριση ειδών συσσωρευτών

Για να επιλεγεί η κατάλληλη μπαταρία πρέπει να παρουσιαστούν τα εκάστοτε υπέρ και κατά του κάθε είδους:

### A. Μπαταρίες μολύβδου – οξέος (Lead – Acid Batteries).

1. Η τάση ενός ηλεκτρικού στοιχείου μολύβδου – οξέος εκτιμάται στα 2 Volt
2. τυπική ενεργειακή πυκνότητα είναι περίπου 30 Wh/kg
3. πυκνότητα ισχύος γύρω στα 180 W/kg
4. ικανοποιητικές ενεργειακές αποδόσεις μεταξύ 60 και 95%,
5. εγκαθίστανται εύκολα και απαιτούν χαμηλό επίπεδο συντήρησης
6. παρουσιάζουν χαμηλό κόστος επένδυσης
7. πολύ χαμηλά ποσοστά αυτό-εκφόρτισης (γύρω στο 2-5% ανά μήνα) → ιδανικές για εφαρμογές μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας
8. χαμηλός αριθμός κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης
9. Η τυπική διάρκεια ζωής των μπαταριών κυμαίνεται μεταξύ 300 και 1500 κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης. Ο αριθμός των κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης επηρεάζεται αρνητικά από το βάθος εκφόρτισης και τη θερμοκρασία

### B. Αλκαλικές μπαταρίες.

1. τάση γύρω στα 1,2 Volt (1,65 Volt για τον τύπο NiZn)
2. NiCd ενεργειακή πυκνότητα 50 Wh/kg, η NiMH 80 Wh/kg και η NiZn 60 Wh/kg
3. φόρτιση/εκφόρτιση των μπαταριών NiCd και NiMH οξέος (1000 - 2000 κύκλοι)
4. μπαταρία NiZn εμφανίζει παρόμοια ή μικρότερη διάρκεια ζωής από τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος
5. εφαρμογή σε χαμηλές θερμοκρασίες (έως και τους -50 oC),
6. επαναφορτίζονται ταχέως.
7. αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας.
8. 10 φορές πιο ακριβή από μια μπαταρία μολύβδου – οξέος.
9. υψηλή τοξικότητα του καδμίου

### C. Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries).

1. διακρίνονται στις μπαταρίες ιόντος λιθίου και τις μπαταρίες πολυμερούς λιθίου
2. ενεργειακή πυκνότητα των ιόντων λιθίου κυμαίνεται μεταξύ 80 και 150 Wh/kg
3. πολυμερούς λιθίου είναι μεταξύ 100 και 150 Wh/kg

4. χαμηλότερα ποσοστά αυτό-εκφόρτισης
5. απαιτούν εξαιρετικά μικρή συντήρηση.
6. ονομαστική τάση γύρω στα 3,7 Volt
7. ενεργειακή απόδοση κυμαίνεται από 90-100% και για τα δυο είδη
8. ποσοστό αυτο-εκφόρτισης (μέχρι 5 %/μήνα) πολύ χαμηλό
9. διάρκεια ζωής ξεπερνά τους 1500 κύκλους
10. διάρκεια ζωής ιόντος – λιθίου μειώνεται σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας και σε πλήρεις εκφορτίσεις
11. ακατάλληλες για εφαρμογές “back-up”, όπου μπορούν να εκφορτιστούν πλήρως
12. η θερμοκρασία να μην λαμβάνει ακραίες τιμές

#### D. Μπαταρίες νατρίου – θείου

Χρησιμοποιεί υγρό (λιωμένο) θείο ως υλικό για το θετικό ηλεκτρόδιο και υγρό λιωμένο νάτριο για το αρνητικό ηλεκτρόδιο. Τα δύο ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από ένα στερεό ηλεκτρολύτη από αλουμίνιο. Ο ηλεκτρολύτης επιτρέπει μόνο στα θετικά ιόντα νατρίου να περάσουν διαμέσου του και να αντιδράσουν με το θείο σχηματίζοντας τα πολυσουλφίδια νατρίου.

1. υψηλή ενεργειακή πυκνότητα μεταξύ 150 – 240 Wh/kg.
2. η διάρκεια ζωής 15 έτη (ή 2500-4500 κύκλοι)
3. απόδοση 80~90%.
4. οικονομικά αποδεκτή
5. πολύ μικρό χρόνο εκφόρτισης.
6. κατάλληλες για την αποθήκευση μεγάλου ποσού ενέργειας.
7. Παροχή υψηλού ποσού ισχύος σε σύντομο χρονικό διάστημα ή μεγάλου ποσού ενέργειας για μεγαλύτερη χρονική περίοδο.
8. για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται περιβαλλοντικά αδρανή υλικά.
9. κίνδυνος από τις υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες πρέπει να λειτουργήσουν, προκειμένου να διατηρήσουν το θείο στη λιωμένη του μορφή (θερμοκρασίες άνω των 300 βαθμών Κελσίου)
10. Ανασταλτικός παράγοντας: η ανάγκη για διατήρηση του περιβάλλοντος λειτουργίας σε θερμοκρασίες άνω των 300 βαθμών Κελσίου

#### E. Μπαταρίες ροής (Flow Batteries).

Αποθηκεύουν και αποδεσμεύουν την ενέργεια μέσω μιας αντίστροφης ηλεκτροχημικής αντίδρασης μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών. Ο ηλεκτρολύτης αποθηκεύεται σε χωριστές δεξαμενές, από τις οποίες ρέει μέσα σε σωλήνες, συγκρατώντας τη συναρμολόγηση των ηλεκτροδίων της μπαταρίας. Αυτή η διάταξη διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τους ογκομετρικούς περιορισμούς που τίθενται σχετικά με την ποσότητα του ηλεκτρολύτη που μπορεί να συνδεθεί με ένα δεδομένο σύστημα, και ως εκ τούτου αυξάνει και την ποσότητα της ισχύος που μπορεί να αποθηκευτεί. Η ηλεκτροχημική απελευθέρωση της ενέργειας εμφανίζεται όταν οι δύο διαφορετικές ενώσεις άλατος (ηλεκτρολύτες) φέρνονται κοντά η μία στην άλλη μέσα στην κυψέλη, χωριζόμενες από μία μεμβράνη διεξαγωγής ιόντων. Η ροή ρεύματος μέσω της

μεμβράνης δημιουργεί διαφορά δυναμικού στα ηλεκτρόδια και κατά συνέπεια ενέργεια σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Αυτή ή ροή ρεύματος συνοδεύεται από χημικές μεταβολές και στους δύο ηλεκτρολύτες. Αυτές οι μεταβολές αναιρούνται αν κατά τη διάρκεια του κύκλου επαναφόρτισης εφαρμοστεί εξωτερικά στα ηλεκτρόδια ένα αντίστροφο δυναμικό. Με αυτό τον τρόπο οι συνδεδεμένοι ηλεκτρολύτες επιστρέφουν στην αρχική ηλεκτροχημική τους κατάσταση

1. αποθηκεύουν υψηλές ποσότητες ισχύος, κυμαινόμενες από 5 – 500 MW
2. χαμηλό κόστος και ευκολία μεταφοράς
3. χαμηλό βάρος και η ευέλικτη λειτουργία
4. Λειτουργία σε θερμοκρασία δωματίου
5. το περίβλημα και οι συνιστώσες κατασκευάζονται από χαμηλού κόστους και ελαφρά υλικά διαμορφώσιμου πλαστικού και άνθρακα
6. απαιτήσεις συντήρησης (αντλιών για την κυκλοφορία του ηλεκτρολύτη)
7. χαμηλότερη ηλεκτρική απόδοση
8. ψευδάργυρος που επικάθεται κατά τη φόρτιση πρέπει να αφαιρείται

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των αναλυμένων ειδών συσσωρευτών:

	Οξέων μολύβδου	Νικελίου & καδμίου	Θείου & νατρίου	Ιόντων λιθίου	Νατρίου & χλωριδίου του νικελίου
Αποδιδόμενη ισχύς	x10 MW ~100 MW	x10 MW	Κλίμακα MW	x10 KW	x100 KW
Ειδική ενέργεια (Wh/Kg)	35-50	75	150-240	150-200	125
Ειδική ισχύς (W/Kg)	75-300	150-300	90-230	200-315	130-160
Κύκλοι ζωής (cycles)	500-1500	2500	2500	1000-100 00+	2500+
Βαθμός απόδοσης φόρτισης / εκφόρτισης (%)	~80	~70	Έως 90	~95	~90
Αυτοεκφόρτιση	2-5% ανά μήνα	5-20% ανά μήνα	#	~1% ανά μήνα	#

Εικόνα 10: Συνοπτικά χαρακτηριστικά διάφορων ειδών συσσωρευτών

### 5.3 Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας , υπάρχει ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας στην εγκατάσταση μέσω μπαταριών, διότι καθίσταται δυνατή:

1. Παροχή αδιάλειπτης ισχύος
2. Βελτίωση ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας
3. Εξοικονόμηση καυσίμου, θερμικές μονάδες στο optimum point
4. Μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
5. Συμφωνία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης
6. Ενίσχυση ενεργειακής αυτονομίας
7. Βέλτιστη διαχείριση ενέργειας και ορθολογική χρήση διαθέσιμων πηγών
8. Άμεση εξυπηρέτηση της κατανάλωσης, ακόμη και σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας της μονάδας παραγωγής

Επίσης θα υπάρξει αισθητή αλλαγή:

1. Στο συγχρονισμό όλων των τμημάτων της γραμμής μεταφοράς, για την αποφυγή προβληματικής λειτουργίας του συστήματος
2. Στον έλεγχο της μεταφερόμενης τάσης και διατήρησή εντός επιθυμητών ορίων
3. Σταδιακή ελαχιστοποίηση του μέγιστου φορτίου κατανάλωσης (peak shaving)
4. Στη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, αντιμετωπίζοντας απότομες και έντονες αυξομειώσεις της ηλεκτρικής τάσης καθώς και στην ενίσχυση της αξιοπιστίας παροχής ηλεκτρικού ρεύματος

Με σκοπό την εκπλήρωση όλων των παραπάνω στόχων και έχοντας υπόψιν πως το οικονομικό θα κρίνει κατά πολύ την επιλογή της μπαταρίας, κρίνεται σκόπιμη η εγκατάσταση μπαταριών μολύβδου οξέως λόγω των χαρακτηριστικών εκφόρτισης και πυκνότητας ισχύος τους σε συνδυασμό με φιλικότητα προς το περιβάλλον, αλλά και πάλι θα ήταν καλύτερα να γίνει μια πιο εκτενής μελέτη επί του θέματος.

## 6 Βιβλιογραφία

1. Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, ΚΑΠΕ
2. Φραγκόπουλος, Χ. (2017), Συμπαραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού, ΕΣΣΗΘ
3. Κατσαπρακάκης, Δ. (2015), Σύνθεση ενεργειακών συστημάτων, Εκδόσεις Κάλλιπος
4. Εταιρία Παροχής Αερίου
5. Understanding CHP, <https://understandingchp.com/chp-applications-guide/4-chp-technologies/>
6. Καλδέλλης ,Ι. ,Καββαδίας ,Κ. (2017), Σημειώσεις Εργαστηρίου Υβριδικών Συστημάτων Παραγωγής και Εξοικονόμησης Ενέργειας, ΤΕΙ Πειραιά
7. Παραδείσης ,Θ. (2013), Τεχνολογίες και μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας σε μικροδίκτυα και δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης
8. Καρύδη ,Α. (2013), Μελέτη και οικονομική αξιολόγηση μονάδων συμπαραγωγής, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης
9. Οξυζίδης ,Β. (2010), Συμπαραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού με τη Χρήση Φυσικού Αερίου, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Καβάλας