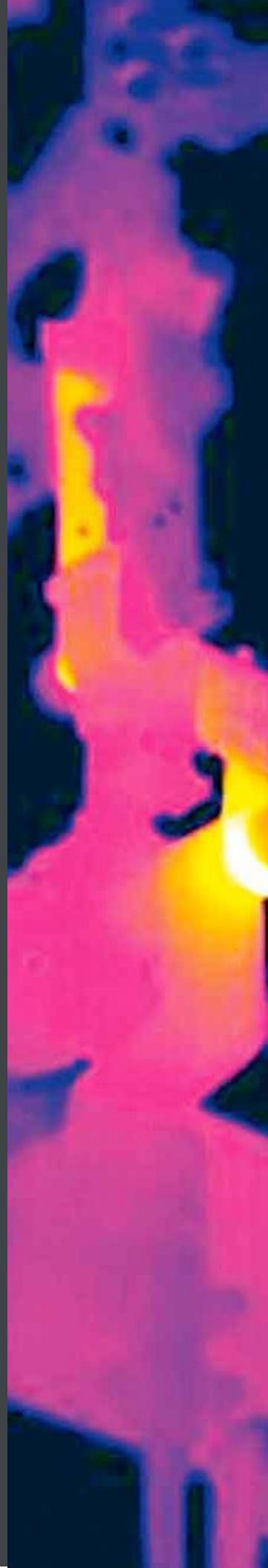


Ε.Μ.Π. Σχολή Μηχανολόγων
Μηχανικών Τομέας Θερμότητας

εργαστήριο εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής
<http://www.lathermo.mech.ntua.gr>

Διευθύντρια: Αναπλ. Καθηγήτρια Ειρ.
Κορωνάκη



Ε.Μ.Π. Σχολή Μηχανολόγων
Μηχανικών Τομέας Θερμότητας
εργαστήριο εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής
<http://www.lathermo.mech.ntua.gr>

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	3
Εκπαίδευση.....	9
Προπτυχιακά Μαθήματα.....	10
Μεταπτυχιακά Μαθήματα	13
Εξοπλισμός.....	14
Έρευνα	30
Διδακτορικές Διατριβές	31
Ερευνητικά Έργα	33
Επιστημονικές Δημοσιεύσεις.....	41
Προσωπικό.....	47



Εισαγωγή



Όσο σημαντική είναι η συστηματική έρευνα και η παραγωγή νέας γνώσης, ιδεών και καινοτομιών στην ευημερία των κοινωνιών, τόσο σημαντική είναι και η διάδοσή τους. Το τεύχος λοιπόν αυτό δημιουργήθηκε με σκοπό να συγκεντρώσει και να διαδώσει τα πρόσφατα πεπραγμένα του εργαστηρίου.

Με σημείο αναφοράς τις απαραίτητες εκπαιδευτικές δράσεις και την βασική / εφαρμοσμένη έρευνα, το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής έχει επεκτείνει το φάσμα των δραστηριοτήτων του, συμμετέχοντας σε πλείστα ερευνητικά έργα και διατηρώντας στενές διασυνδέσεις με την αγορά των μηχανικών.

Το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής είναι ένα από τα παλαιότερα εργαστήρια της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών και γενικότερα, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το Εργαστήριο διαθέτει την απαιτούμενη εξειδίκευση, το ανθρώπινο δυναμικό και τις κατάλληλες υποδομές ώστε να προσφέρει διδακτικό και επιστημονικό έργο υψηλού επιπέδου. Έχει συνεισφέρει ενεργά στη βιομηχανία, σε κοινωνικές ομάδες, σε επαγγελματικούς κλάδους, αλλά και σε ιδιώτες.

Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Εργαστηρίου είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός, ανάλυση, προσομοίωση και βελτιστοποίηση θερμοδυναμικών συστημάτων και κύκλων,
- Σχεδιασμός, ανάλυση, προσομοίωση και βελτιστοποίηση κλιματιστικών συστημάτων ανοικτού εξατμιστικού κύκλου με υγρό και στερεό προσροφητικό υλικό,
- Σχεδιασμός, ανάλυση, προσομοίωση και βελτιστοποίηση εναλλακτών θερμότητας με χρήση υλικών αλλαγής φάσης και νανορευστών
- Προσομοίωση και βελτιστοποίηση κλιματιστικών μονάδων απορροφήσεως με θερμικά ηλιακά συστήματα,
- Μοντελοποίηση μηχανών Stirling,
- Σχεδιασμός, ανάλυση, προσομοίωση και βελτιστοποίηση ψυκτικών μονάδων εγχυτήρα και συνδυασμένων μονάδων απορρόφησης – εγχυτήρα,
- Θερμοδυναμική ανάλυση μη αναστρέψιμων διεργασιών διμερούς μίγματος.
- Πειραματική μελέτη υλικών αλλαγής φάσης

Στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου, παρέχονται οι ακόλουθες υπηρεσίες:

- Μελέτες εφαρμογής και τεχνοοικονομικές μελέτες έργων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα,
- Διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων σε κτήρια τριτογενούς τομέα,

- Μετρήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας ψυκτικών συστημάτων.
- Μελέτες ενεργειακής συμπεριφοράς κτηρίων.

Τα τελευταία χρόνια, καταβάλλεται συνεχής προσπάθεια για την επικαιροποίηση των υλικών υποδομών, των διεθνών συνεργασιών και των παρεχόμενων υπηρεσιών του Εργαστηρίου. Με βασικές αρχές την εξωστρέφεια, την παραγωγικότητα και την αίσθηση ευθύνης προς το κύρος του Ε.Μ.Π., ο απώτερος σκοπός του Εργαστηρίου είναι η συνεχής αναβάθμιση της ποιότητας των δραστηριοτήτων του.



Το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής τελεί υπό τη διεύθυνση της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας κας Ειρ. Κορωνάκη. Η Δρ. Ειρ. Κορωνάκη έχει διατελέσει στέλεχος διοικητικών συμβουλίων δημόσιων φορέων, Ερευνήτρια στο Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συμμετέχει ενεργά σε θέματα μεταφοράς καινοτομίας στην Ελλάδα. Το προσωπικό του Εργαστηρίου συμπληρώνεται από δύο μέλη ΕΔΙΠ (Ειδικό Διδακτικό Προσωπικό), τους Δρ. Ν. Κομνηνό και Δρ. Γ. Κομνηνό, ενώ η στελέχωση του Εργαστηρίου καλύπτεται από επιστημονικούς συνεργάτες (κατόχους διδακτορικού διπλώματος) και υποψήφιους διδάκτορες (κατόχους μεταπτυχιακών διπλωμάτων από την Ελλάδα και το εξωτερικό).

Ενδεικτικά αναφέρονται τα ακόλουθα έργα στα οποία έχει συμμετάσχει και εκπονήσει επιτυχώς το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής:

- Αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του φυτεμένου δώματος στο κτίριο του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών τρεις μήνες μετά την εγκατάστασή του, 2008 με χρήση θερμοκάμερας και προσομοιωτικών μοντέλων, 2008. (Ανάθεση από το Υπουργείο Οικονομίας 2008)
- Αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του φυτεμένου δώματος στο κτίριο του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών ένα χρόνο μετά την εγκατάστασή του, 2008 με χρήση θερμοκάμερας και προσομοιωτικών μοντέλων, 2009. (Ανάθεση από το Υπουργείο Οικονομίας 2009)
- Ενεργειακός Σχεδιασμός του κτιρίου της Αστυνομικής Διεύθυνσης Πειραιά, ΣΔΙΤ, 2009, ΒΙΟΤΕΡ, Α' φάση.
- REAL-SKILLS-EUROPE (2009-2011) Διαρροές ψυκτικών μέσων σε δημόσια και ιδιωτικά κτήρια. Εκπαίδευση μηχανικών και ψυκτικών.
- NRG4Cast: Energy Forecasting στο πλαίσιο του οποίου εγκαταστάθηκε δίκτυο μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου για την καταγραφή και τον έλεγχο της άεργου και ενεργού ισχύος
- ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, ΕΣΠΑ 2007-2013, στα πλαίσια της Πράξης Πρόγραμμα Ανάπτυξης Βιομηχανικής Έρευνας & Τεχνολογίας (ΠΑΒΕΤ) 2013, του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα & Επιχειρηματικότητα» και Περιφερειών σε Μετάβαση.
<http://www.solecon.gr/el/project-team.html>

- Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης ψυκτικών συστημάτων

Με σκοπό την αξιολόγηση του συστήματος, μετρήθηκαν: Η ηλεκτρική κατανάλωση του εγκατεστημένου συμπιεστή, η αποδοτικότητα του εξωτερικά τοποθετημένου εναλλάκτη θερμότητας ως συμπυκνωτή, όταν το σύστημα λειτουργεί για την ψύξη του χώρου, η αποδοτικότητα του εξωτερικά τοποθετημένου εναλλάκτη θερμότητας ως ατμοποιητή, όταν το σύστημα λειτουργεί για τη θέρμανση του χώρου, η κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας στις τερματικές μονάδες στο εσωτερικό του χώρου γραφείων εταιρείας, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα του χώρου γραφείων.

Επιπρόσθετα, λόγω της εμπειρίας από την εκπόνηση ενεργειακών μελετών και επιθεωρήσεων, το εξειδικευμένο προσωπικό του Εργαστηρίου μπορεί να παράσχει και εκπαίδευση σε στελέχη του ΥΠΕΘΑ σε θέματα που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας, την εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και ειδικότερα την ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων.

Στις εγκαταστάσεις του συγκροτήματος Μηχανολόγων Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής στεγάζει και επεκτείνει τις δραστηριότητές του. Στην παρούσα φάση, το Εργαστήριο κατέχει επίσης ένα χώρο υπολογιστών όπου λαμβάνουν χώρα προσομοιώσεις λειτουργίας καινοτόμων ενεργειακών συστημάτων αλλά και η καταγραφή των μετρήσεων των παρακάτω πειραματικών διατάξεων:

- διάταξη **ψύξης με απορρόφηση**: έχει εγκατασταθεί εμπορική μηχανή απορρόφησης, εξοπλισμένη με πλήρη μετρητικά συστήματα, με σκοπό τη χρήση της στα πλαίσια της εκπαίδευσης των φοιτητών και της υποστήριξης ερευνητικών προγραμμάτων
- διάταξη **κλιματισμού ανοιχτού εξατμιστικού κύκλου με αφυγραντικό τροχό**: με τη μονάδα αυτή, πλήρως ελεγχόμενη ηλεκτρονικά, μελετώνται οι λειτουργικές παράμετροι αυτής της νέας τεχνολογίας και εξετάζονται κατά περίπτωση τροποποιήσεις για την αύξηση της απόδοσής της.
- **μηχανή συμπαραγωγής Stirling**: το ολοκληρωμένο αυτό σύστημα χρησιμοποιείται για να επιδείξει τα πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής σε μικρή κλίμακα, τόσο σε περιβαλλοντικό, όσο και σε οικονομικό επίπεδο
- **διατάξεις εξατμιστικής ψύξης**: λειτουργεί πειραματική μονάδα, πλήρως εξοπλισμένη με μετρητικά συστήματα



και πλήρως παραμετροποιήσιμη, ώστε η καινοτόμος αυτή τεχνική (την οποία πρώτο το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής έφερε στην Ελλάδα) να βελτιστοποιηθεί και να καταστεί ισάξια εναλλακτική των συμβατικών διατάξεων κλιματισμού.

- **διάταξη ηλιακής ψύξης** με σύστημα ηλιακής συμπαραγωγής· λειτουργεί πειραματική μονάδα με ψύκτη προσρόφησης ο οποίος είναι συνδεδεμένος με σύστημα PVT για την αναγέννηση του προσροφητικού υλικού του ψύκτη.
- **διάταξη θερμικής αποθήκευσης** με PCM και νανορευστά
- **σύστημα αφαλάτωσης νερού**· με δεδομένο το πρόβλημα της ανομβρίας και της λειψυδρίας που αντιμετωπίζουν πολλές (κατά κύριο λόγο νησιωτικές) περιοχές της Ελλάδας, η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού μπορεί να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα λύση για την υδροδότηση των περιοχών αυτών. Στο Εργαστήριο λειτουργεί μηχανή αφαλάτωσης, οδηγούμενη σε πρώτη φάση από ηλεκτρικό ρεύμα και μελλοντικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Μεταξύ αυτών, το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής είναι πλήρως εξοπλισμένο με φορητές μηχανές αξιολόγησης της ενεργειακής συμπεριφοράς κτηρίων. Συγκεκριμένα, διατίθενται:

- **θερμική κάμερα** για τον προσδιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος και τα λοιπά στοιχεία των κτηρίων
- **ανιχνευτής διαρροών ψυκτικών μέσων** για τον εντοπισμό προβληματικών σημείων σε κυκλώματα ψύξης και κλιματισμού και την ευχερή επισκευή αυτών
- **μετρητής καυσαερίων** για τον προσδιορισμό της σύστασης των καυσαερίων από συστήματα καύσης ορυκτών καυσίμων και συνεπακόλουθα την εκτίμηση της ποιότητας της καύσης και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης των εκάστοτε συστημάτων
- **μετρητής αιθάλης** για τον προσδιορισμό της ποσότητας αιθάλης των καυσαερίων που προέρχονται από την καύση στερεών και υγρών καυσίμων
- **αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος** για τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος και την εκτίμηση της συμπεριφοράς του εν γένει ηλεκτρικού συστήματος του υπό μελέτη κτηρίου (άεργος ισχύς, συντελεστής ισχύος κ.λπ.)
- **υγρασιόμετρο** για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού αλλά και της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό των χώρων.

Εκπαίδευση



Προπτυχιακά Μαθήματα

Από το Εργαστήριο προσφέρονται τρία προπτυχιακά μαθήματα:

Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική Καθαρών ουσιών – Υποχρεωτικό

Βασικές έννοιες και ορισμοί. Πρώτο Θερμοδυναμικό Αξίωμα. Τέλειο Αέριο. Κυκλικές Μεταβολές. Κύκλος Carnot τελείου αερίου. Αναστρέψιμα και μη φαινόμενα. Δεύτερο Θερμοδυναμικό Αξίωμα. Κύκλος Carnot οποιουδήποτε εργαζόμενου μέσου. Θερμοδυναμική κλίμακα θερμοκρασιών. Εντροπία. Διαγράμματα T-S και H-S (Mollier). Θερμοδυναμική Πιθανότητα, θεωρητική εντροπία ανάμιξης. Εντροπία μη αναστρέψιμων μεταβολών. Σχέσεις Maxwell και Tds, Θερμοδυναμική δυο φάσεων, Ατμοποίηση, Διαγράμματα. Πίνακες Ατμών, πραγματικά αέρια, θερμοδυναμική παράσταση αναστρέψιμων διεργασιών, Στραγγαλισμός Joule-Thomson, Καταστατικές εξισώσεις (Εξίσωση VDW), Θερμοχωρητικότητα πραγματικών αερίων, θερμοδυναμικοί κύκλοι, Μονοδιάστατη ροή.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 300

Βαθμολόγηση: Εξετάσεις 100%.

Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική Μειγμάτων – Υποχρεωτικό

Ιδανικά και μη μίγματα. Μερικές γραμμομοριακές ιδιότητες. Θερμοδυναμική ταξινόμηση μιγμάτων. Αραιά διαλύματα. Ενεργότητα. Συντελεστής ενεργότητας απείρως αραιών διαλυμάτων. Εξισώσεις υπέρβασης ελεύθερης ενθαλπίας. Ανάμιξη δυο μιγμάτων. Θερμότητα ατμοποίησης μίγματος. Ισενθαλπικός στραγγαλισμός μίγματος. Καταστατική εξίσωση αμοιβαίων δράσεων αερίων μιγμάτων. Αζεοτροπικά μίγματα. Κανονικά διαλύματα. Απορρόφηση αερίων. Πύργοι απορροφήσεως. Μέθοδοι διαχωρισμού διμερών μιγμάτων. Μονάδες ενισχύσεως - εξαντλήσεως. Μέθοδοι McCabe-Thiele και Ponchon. Στήλες διακοπτόμενης λειτουργίας. Πλήρως και μερικώς αναμίξιμα υγρά μίγματα. Ισορροπία υγρής/στερεής φάσεως διμερούς μίγματος. Ψυχομετρία.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 150

Βαθμολόγηση: Εξετάσεις 100%.

Λογισμικό Θερμοδυναμικής - Επιλογής

Προγραμματισμός με το λογισμικό ανοικτού κώδικα SMATH και χρήση του σε ενεργειακές εφαρμογές. Οδηγός χρήσης του λογισμικού για απλές εφαρμογές αλλά και προγραμματισμός σε πεδία εφαρμογών του μηχανολόγου μηχανικού:

- Μηχανές ισχύος: Κύκλος Stirling. Μηχανές Strirling. Τύποι μηχανών (A, B, Γ). Εφαρμογή των παραπάνω αναλύσεων στις θερμικές μηχανές GPU-3 και FordPhilips 4-215 και στην ψυκτική μηχανή PPG-102. Πολυβάθμιος κύκλος Brayton. Εμβολοφόρος συμπιεστής και κινητήρας εξωτερικής καύσης Ericsson με φυσικό αέριο. Υπερτροφοδοτούμενος κύκλος Dual.
- Ψυκτικές μηχανές απορρόφησης: Μηχανές απορρόφησης. Περιγραφή μονάδων H₂O-LiBr και δημιουργία υπολογιστικών κωδίκων. Μοντελοποίηση της συμπεριφοράς τους. Επέκταση των εφαρμογών σε μονάδες διπλής δράσεως και σε σύγχρονες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής και τρι-παραγωγής.
- Εναλλάκτες Θερμότητας: Μοντελοποίηση εναλλακτών θερμότητας. Ανάλυση και υπολογισμός της αποδοτικότητας εναλλακτών θερμότητας σύμφωνα με τις μεθόδους α) της Μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς, β) του συνδυασμού NTU-αποδοτικότητας. Μελέτη αποδοτικότητας και διαστασιολόγησης συμπυκνωτών – ατμοποιητών
- Ψυκτικές μηχανές με συνήθη και φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα: Μοντελοποίηση του απλού κύκλου συμπίεσης ατμών και μοντελοποίηση ψυκτικών κύκλων φιλικών προς το περιβάλλον. Μονάδες ανοικτού κύκλου με στερεά και υγρά αφυγραντικά υλικά.
- Θερμικά ηλιακά συστήματα: Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε διάφορες κλίσεις και επιφάνειες για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Σχεδιασμός και μοντελοποίηση ηλι-ακού συστήματος ζεστού νερού χρήσης με τη μέθοδο F-CHART. Οικονομική βιωσιμότητα θερμικών ηλιακών συλλεκτών και φωτοβολταϊκών.
- Ηλιακή Ψύξη: Μοντελοποίηση συστημάτων ηλιακής ψύξης με ψύκτες προσρόφησης και απορρόφησης.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 50

Βαθμολόγηση: Εργασίες Εργαστήρια 100%.



Συστήματα Βιομηχανικής Ψύξης - Επιλογής

Συνιστώσες ψυκτικών εγκαταστάσεων. Συμπιεστές εμβολοφόροι, περιστρεφόμενου τυμπάνου, κοχλίομορφοι και φυγοκεντρικοί. Συμπυκνωτές αερόψυκτοι και υδρόψυκτοι. Ατμοποιητές ψύξης αέρα και ψύξης νερού. Διατάξεις και εξαρτήματα στραγγαλισμού, ελέγχου, ρύθμισης και προστασίας ψυκτικών εγκαταστάσεων. Ψύξη βιομηχανικών αποθηκευτικών χώρων. Ψυκτικά φορτία κατά ASHRAE. Βιομηχανικά ψυγεία. Γενικές αρχές. Κριτήρια επιλογής θέσης. Διάταξη και μέγεθος θαλάμων. Κατασκευαστικά στοιχεία. Πρόψυξη, ψύξη, κατάψυξη. Ψύξη υπό ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

Συνθήκες αποθήκευσης και διακίνησης ευπαθών προϊόντων. Διαρροές ψυκτικών μέσων. Σχετική εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαρροών ψυκτικών μέσων. Τρόποι αποφυγής διαρροών. Παρακολούθηση 4 Εργαστηριακών ασκήσεων.

Εργασία: Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός κτηρίων τριτογενούς τομέα βάσει των διεθνών προτύπων της ASHRAE για κτήρια μηδενικών εκπομπών ρύπων.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 90

Βαθμολόγηση: Εξετάσεις 70%, Εργασίες-Εργαστήρια 30%.

Μεταπτυχιακά Μαθήματα

Από το Εργαστήριο προσφέρονται δύο μαθήματα στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης «Παραγωγή & Διαχείριση Ενέργειας» καθώς και του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» :

Θερμοδυναμική και Μετάδοση Θερμότητας

Θερμοδυναμική Ψυκτικών Κύκλων, Θερμαντλιών, Κύκλων Ισχύος και εφαρμογές αυτών στην Μηχανολογία. Συνδυασμένοι κύκλοι, συμπαραγωγή, τρι-παραγωγή. Εντροπική, εξεργειακή ανάλυση.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 40

Βαθμολόγηση: Εργασία 100%.

Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτήρια – Ενεργητικά Συστήματα

Τεχνολογίες αιχμής στην ψύξη. Περιγραφή μονάδων απορρόφησης, επέκταση σε μονάδες διπλής δράσης, ψυχομετρικός χάρτης, συνθήκες θερμικής άνεσης σε κτήρια, ψυκτικές μηχανές, συστήματα αφύγρανσης με στερεά και υγρά αφυγραντικά υλικά, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες, ενεργειακή ανάλυση κτηρίου βασισμένη στον ΚΕΝΑΚ, λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, ενεργειακή μελέτη κτηρίου.

Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 40

Βαθμολόγηση: Εργασία 100%.

Καθαρές Τεχνολογίες

Στο μάθημα "Καθαρές Τεχνολογίες" παρουσιάζονται θεωρητικά και πρακτικά οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας καθώς και οι τεχνολογίες αποθήκευσης θερμότητας με στόχο τη δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε εφαρμογές του πρωτογενούς και τριτογενούς τομέα. Γίνεται εκμάθηση του λογισμικού ΤΕΕΚΕΝΑΚ καθώς και του EnergyPlus.

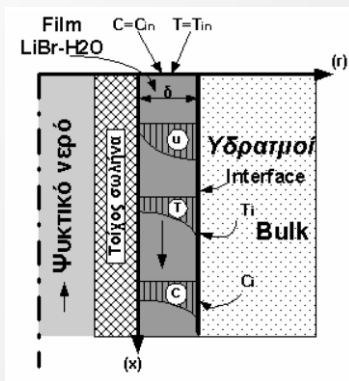
Ετήσιος αριθμός φοιτητών: 10

Βαθμολόγηση: Εργασία 100%.





Εξοπλισμός



Αρχή λειτουργίας

Τα βασικά εξαρτήματα αυτού του συστήματος ψύξης είναι ο εξατμιστής, ο απορροφητής, ο συμπυκνωτής και η ατμογεννήτρια. Τα δευτερεύοντα είναι ο εναλλάκτης διαλύματος/διαλύματος, η αντλία ψυκτικού μέσου, η αντλία αφυγραντικού μέσου και τα όργανα ελέγχου. Το ψυκτικό μέσο του συστήματος αυτού είναι το νερό. Η αρχή λειτουργίας του ψύκτη είναι ότι υπό συνθήκες κενού, το σημείο βρασμού του νερού είναι χαμηλό (περίπου 4.5°C) και έτσι, το νερό που κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύχεται. Κατά τη διάρκεια της ψύξης, οι υδρατμοί του νερού απομακρύνονται για να αυξηθεί η απόδοση. Το LiBr χρησιμοποιείται ως αφυγραντικό μέσο για να απορροφά τους υδρατμούς που παράγονται από τη διαδικασία και να τους μεταφέρει στην ατμογεννήτρια. Εκεί, με τη βοήθεια του θερμού νερού απελευθερώνονται, οδηγούνται προς τον συμπυκνωτή όπου και υγροποιούνται. Μετά την υγροποίηση, το νερό οδηγείται στον εξατμιστή για να ξεκινήσει νέος κύκλος λειτουργίας. Η θερμότητα που εκλύεται κατά την εξάτμιση απομακρύνεται μέσω ενός πύργου ψύξης.

Διβάθμιος ψύκτης απορρόφησης

Οι θερμοκίνητοι ψύκτες παρέχουν ψυχρό νερό το οποίο είτε διανέμεται μέσω δικτύου ψυχρού νερού σε τοπικές μονάδες είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για να παρέχουν πλήρως κλιματιζόμενο αέρα. Στην κατηγορία των θερμοκίνητων ψυκτών ανήκουν οι ψύκτες απορρόφησης και οι ψύκτες προσρόφησης.

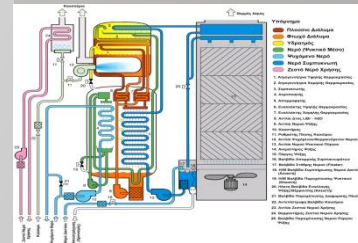
Οι μικρές μονάδες απορρόφησης, όπως η συγκεκριμένη εγκατάσταση του εργαστηρίου, χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό μικρών ξενοδοχείων, κτηρίων γραφείων και νοσοκομείων, κυρίως σε συνδυασμό με θερμικά ηλιακά συστήματα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων της ατμογεννήτριας.

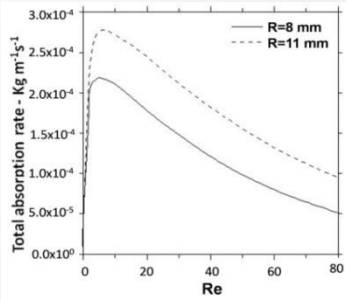
Η διαφορά του διβάθμιου ψύκτη απορρόφησης με τον μονοβάθμιο είναι η μεγαλύτερη θερμική απόδοση της διεργασίας και η δυνατότητα παραγωγής νερού χαμηλότερης θερμοκρασίας. Για να το επιτύχει αυτό όμως ο διβάθμιος ψύκτης απαιτεί υψηλότερη θερμοκρασία εισαγωγής θερμού νερού, σε σχέση με ένα μονοβάθμιο ψύκτη. Έτσι, ενώ στους μονοβάθμιους ψύκτες απορρόφησης υπάρχει η δυνατότητα χρήσης επίπεδων θερμικών ηλιακών συλλεκτών, στους διβάθμιους ψύκτες περιορίζεται αυτή η δυνατότητα.

Με σκοπό τη θερμοδυναμική ανάλυση και την παραμετρική μελέτη, το Εργαστήριο έχει εγκαταστήσει έναν διβάθμιο ψύκτη απορρόφησης. Μετρήσεις πραγματοποιούνται για διάφορες συγκεντρώσεις διαλύματος και κλιματικές συνθήκες ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τον συντελεστή συμπεριφοράς της διάταξης.

Χαρακτηριστικά

Έτος εγκατάστασης	2010
Ονομαστική ισχύς	16 kW
Ψυκτική ικανότητα	20 kW
Θερμική απόδοση σε πλήρες φορτίο	COP=1.1
Προσοφητικό μέσο	LiBr
Θερμοκρασία εισαγωγής θερμού νερού	160°C





Αρχή λειτουργίας

Η συγκεκριμένη μονάδα απορρόφησης χρησιμοποιεί LiBr ως μέσο απορρόφησης, νερό ως ψυκτικό μέσο και φυσικό αέριο ως πηγή θερμότητας. Το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου είναι ένα πολύ ισχυρό μέσο απορρόφησης, το οποίο μπορεί να απορροφήσει τον περιβάλλοντα υδρατμό και να διατηρήσει χαμηλή πίεση στον ατμοποιητή. Το ψυχόμενο νερό σε θερμοκρασία 14°C εισέρχεται στο εσωτερικό των χάλκινων σωλήνων του ατμοποιητή και το νερό των 4°C ψεκάζεται στο εξωτερικό μέρος των σωλήνων, υπό συνθήκες κενού. Το νερό απορροφά θερμότητα από το νερό του ψύκτη και εξατμίζεται. Έτσι, η θερμοκρασία του νερού του ψύκτη πέφτει στους 7°C. Το ισχυρό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου στον απορροφητή απορροφά τους υδρατμούς και στη συνέχεια, μεταφέρει θερμότητα από τους υδρατμούς στο νερό που καταιονίζεται στον πύργο ψύξης. Η θερμότητα του νερού ψύξης μεταφέρεται στον αέρα περιβάλλοντος μέσω του ψυκτικού πύργου. Το ασθενές διάλυμα βρωμιούχου λιθίου οδηγείται με τη βοήθεια αντλίας στη ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας όπου αναθερμαίνεται και το νερό εξατμίζεται από το διάλυμα. Έτσι το διάλυμα αποκτά την αρχική του, υψηλή, συγκέντρωση. Το ισχυρό πλέον διάλυμα επαναλαμβάνει τη διαδικασία απορρόφησης και ο υδρατμός πηγαίνει στον συμπυκνωτή όπου υγροποιείται και επανέρχεται στον ατμοποιητή για να ξεκινήσει πάλι ο κύκλος.

Θερμοκινητήρας συμπαραγωγής STIRLING

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από συμβατικές πηγές ενέργειας έχει οξύνει προβλήματα, όπως η παγκόσμια κλιματική αλλαγή, η ρύπανση, η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και γενικότερα, τα κοινωνικά προβλήματα που πηγάζουν από την διαχείριση των ορυκτών πόρων. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, αξιοποιείται ακόμα ένα αναχρονιστικό κεντρικό ρυπογόνο ενεργειακό σύστημα. Τα προβλήματα ηλεκτροδότησης εντείνονται συνεχώς, απόρροια της συνεχούς αύξησης της ζήτησης, με μεγάλη εποχική ανισοκατανομή και αιχμή κατά τη θερινή τουριστική περίοδο.

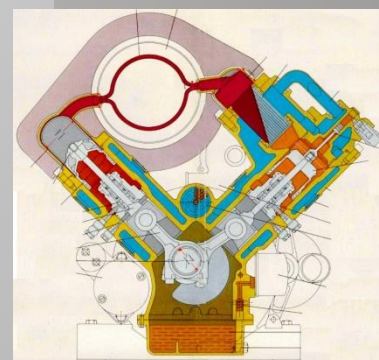
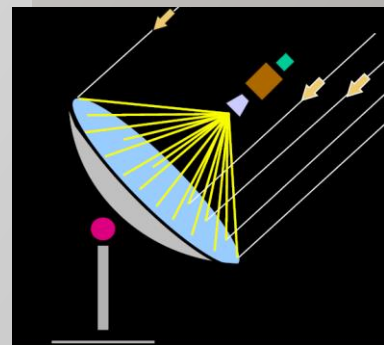
Οι πρόσφατες οδηγίες της Ε.Ε. προωθούν την εξέλιξη του υπάρχοντος ηλεκτροπαραγωγικού μοντέλου σε ένα μοντέλο διεσπαρμένης παραγωγής, με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να έχουν κυρίαρχο ρόλο. Για τα ιδιαίτερα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την συζευγμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας δύναται να αποδειχθεί οικονομικά βιώσιμη λύση.

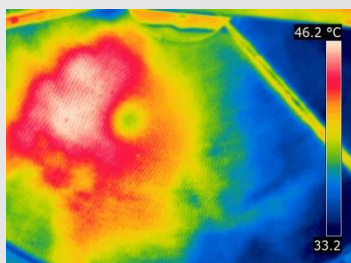
Ο συνδυασμός των μηχανών Stirling με ανακλαστήρες ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί πλέον κοινή μέθοδο συμπαραγωγής και τριπαραγωγής. Ορισμένα από τα ηλιακά συστήματα που έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν είναι 50 kW στη Σαουδική Αραβία, 9 kW στη Γερμανία και 10 kW στην Ισπανία.

Το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής του Ε.Μ.Π. έχει εγκαταστήσει μία μηχανή Stirling για ερευνητικές δράσεις. Η τροφοδοσία της συγκεκριμένης μονάδας συμπαραγωγής γίνεται με φυσικό αέριο και τα προϊόντα της είναι ηλεκτρισμός και θερμότητα. Σε μία εφαρμογή εμπορικής χρήσης, ο ηλεκτρισμός θα εντασσόταν στο δίκτυο του ρεύματος, ενώ η θερμότητα θα χρησιμοποιούνταν για τηλεθέρμανση/τηλεψύξη ή για βιομηχανικές εφαρμογές.

Χαρακτηριστικά

Έτος εγκατάστασης	2009
Παροχή καύσιμου	1.2-3.8 m ³ /h
Ηλεκτρική ισχύς	2-9.5 kW
Θερμικής ισχύς	8-26 kW
Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης	22-24%
Ολικός βαθμός απόδοσης	92-90%
Ρύποι NO	80-120 mg/m
Ρύποι CO	40-60 mg/m





Αφυγραντικός τροχός

Τα ψυκτικά συστήματα ανοικτού κύκλου με στερεό προσροφητικό υλικό αποτελούν ένα εναλλακτικό τρόπο κλιματισμού, σε σχέση με τα συμβατικά ψυκτικά συστήματα συμπίεσης ατμού. Τα συστήματα αυτά, μέσω ενός περιστροφικού εναλλάκτη εμποτισμένου με προσροφητικό μέσο, αφυγραίνουν τον αέρα του περιβάλλοντος που εισέρχεται στο σύστημα. Το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι η δυνατότητα συγκράτησης σημαντικών ποσοτήτων υγρασίας από τον αέρα. Μάλιστα, σε σχέση με τους ψύκτες ανοικτού κύκλου υγρού προσροφητικού μέσου, έχουν μεγαλύτερη ικανότητα αφύγρανσης. Για το λόγο αυτόν, χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου η ρύθμιση της υγρασίας είναι απαραίτητη, όπως είναι οι βιβλιοθήκες, τα μουσεία και οι χώροι φύλαξης τροφίμων.

Εκτός από τον περιστροφικό εναλλάκτη (τροχό αφύγρανσης), άλλα βασικά εξαρτήματα του συστήματος αυτού είναι ο υγραντήρας, ο αναγεννητής και οι εναλλάκτες θερμότητας.

Γενικότερα, τα συστήματα ανοικτού εξατμιστικού κύκλου έχουν δύο πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία τα καθιστούν ξεχωριστά και ίσως στο άμεσο μέλλον και περιζήτητα:

- Διαφορετικός τρόπος λειτουργίας σε σχέση με τα κοινά κλιματιστικά αφού γίνεται σε διαφορετικά σημεία η αφύγρανση, η θέρμανση και η ύγρανση του ρεύματος αέρα. Επομένως το ρεύμα αέρα που εισέρχεται στο χώρο αποκτά τα επιθυμητά χαρακτηριστικά σταδιακά και σε διαφορετικά σημεία του συστήματος.
- Αμελητέες απαιτήσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση ηλεκτρισμού είναι μόνο παρασιτική και περιλαμβάνει ανεμιστήρες, κυκλοφορητές και όργανα ελέγχου.

Η συγκεκριμένη διάταξη έχει ως στόχο την πειραματική αξιολόγηση ενός συστήματος ανοικτού κυκλώματος (αέρα- αέρα) με στερεό αφυγραντικό υλικό. Κατά τη διάρκεια του πειράματος γίνεται:

- Καθορισμός συνθηκών αναφοράς για τον αναμεμιγμένο αέρα (περιβάλλοντος και αέρα ανακυκλοφορίας)
- Καθορισμός συνθηκών αναφοράς για τον αέρα εσωτερικού χώρου
- Υπολογισμός συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP)
- Υπολογισμός της ικανότητας αφύγρανσης (DW) του τροχού
- Μοντελοποίηση της εγκατάστασης στο λογισμικό MATHCAD

Μέσω των εγκατεστημένων αισθητήρων, λαμβάνονται πληροφορίες για τις ακόλουθες συνθήκες:

- Ρεύμα επεξεργασίας: 1) συνθήκες του αέρα ανακυκλοφορίας από το χώρο, 2) συνθήκες του αέρα περιβάλλοντος, 3) συνθήκες του αναμεμειγμένου αέρα, 4) συνθήκες του αέρα πριν τον αφυγραντικό τροχό, 5) συνθήκες του αέρα μετά τον αφυγραντικό τροχό, 6) συνθήκες του αέρα προσαγωγής, καθώς μπαίνει στον κλιματιζόμενο χώρο.
- Ρεύμα αναγέννησης: 1) συνθήκες του αέρα περιβάλλοντος, 2) συνθήκες του αέρα μετά τις ηλεκτρικές αντιστάσεις θέρμανσης, 3) συνθήκες του απορριπτόμενου αέρα μετά τον αναγεννητή.

Χαρακτηριστικά

Έτος εγκατάστασης	2009
Μέγιστη παροχή αέρα	690 m ³ /h
Αφυγραντική ικανότητα	0.008 kg _{H2O} /kg _{dry air}
Προσροφητικό μέσο	Silica Gel
Μετρητικά Συστήματα	10 αισθητήρες θερμοκρασίας, 2 αισθητήρες υγρασίας, 1 παροχόμετρο



Μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης

Η χρήση μονάδων αφαλάτωσης για την παραγωγή καθαρού νερού (πόσιμου ή αποσταγμένου) από υφάλμυρο ή θαλασσινό νερό τα τελευταία χρόνια ως η πιο αξιόπιστη λύση στην ουσιαστική αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Χώρες της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, όπως η Ισπανία, η Μάλτα και η Σαουδική Αραβία καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών τους σε νερό με τη χρήση συστημάτων αφαλάτωσης. Επιπλέον, και χώρες που χαρακτηρίζονται από συνεχή πληθυσμιακή αύξηση και ραγδαία αναπτυσσόμενη βιομηχανία, όπως η Ινδία και η Κίνα, έχουν ξεκινήσει να επενδύουν δυναμικά σε μονάδες αφαλάτωσης για τη παραγωγή καθαρού νερού.

Οι τεχνολογίες αφαλάτωσης μπορούν να πραγματοποιηθούν με δύο μεθόδους, τη θερμική μέθοδο και τη μέθοδο των μεμβρανών.

Κατά τη θερμική μέθοδο, το νερό αλλάζει τουλάχιστον δύο φορές φάση, καθώς περνάει από την υγρή στην αέρια φάση και αντίστροφα, μέχρις ότου να συμπυκνωθεί και πάλι σε υγρή μορφή. Η απόσταση και η λιγότερο χρησιμοποιούμενη κρυστάλλωση είναι οι δύο θερμικές μέθοδοι αφαλάτωσης. Τα είδη της απόσταξης είναι: πολυβάθμια εκτόνωση Multi-Stage Flushing MSF, πολυβάθμια εξάτμιση Multiple Effect Distillation MED, εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών Vapour Compression VC και ηλιακή απόσταξη Solar Distillation SD.

Κατά τη μέθοδο των μεμβρανών, το νερό βρίσκεται σε μία μόνο φάση, την υγρή και χρησιμοποιούνται μεμβράνες για το διαχωρισμό των αλάτων και των λοιπών προσμίξεων. Τα είδη της μεθόδου αυτής είναι η ηλεκτροδιάλυση Electrodialysis ED/EDR και η αντίστροφη ώσμωση Reverse Osmosis RO.

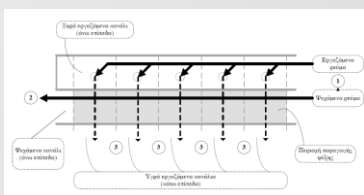
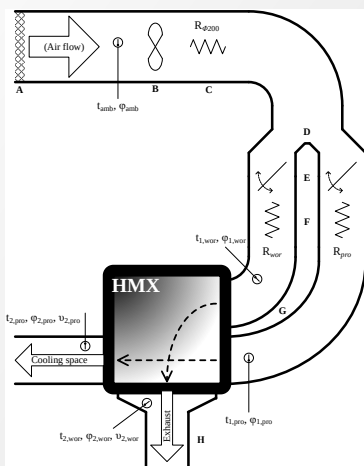
Το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής διαθέτει στις εγκαταστάσεις του μία μονάδα αφαλάτωσης ανάστροφης ώσμωσης. Η μονάδα έχει τη δυνατότητα εκ των προτέρων καθορισμού των ιδιοτήτων του παραγόμενου νερού. Η τροφοδοσία της εξασφαλίζεται μέσω της γεώτρησης του Ε.Μ.Π.. Η μονάδα είναι ενδεικτική των αναγκών μιας πραγματικής κατανάλωσης, με ένα πλήθος αυτοματισμών και συστημάτων ασφαλείας να εγγυώνται ότι οι συσκευές της μονάδας δε θα υποβληθούν σε δυσμενείς τιμές λειτουργίας.

Χαρακτηριστικά

Έτος εγκατάστασης	2011
Μέγιστη παραγωγή νερού	150 lt/ h
Φίλτρα άμμου	5 μμ, 20μm
Ονομαστική ισχύς αντλίας	2.2kW
Μετρητικά Συστήματα	3 ροομετρητές, 4 μανόμετρα

Αρχή λειτουργίας

Στο σύστημα αυτό, τα στάδια επεξεργασίας του θαλασσινού νερού είναι τρία. Το πρώτο στάδιο είναι το πιο σημαντικό, καθώς κατά τη διάρκειά του οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται και αποφεύγεται έτσι η εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες. Το δεύτερο στάδιο είναι η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης, όπου το θαλασσινό νερό διαπερνά τις μεμβράνες και απορρίπτει τα άλατα. Για το στάδιο αυτό απαιτείται υψηλή πίεση, περίπου 54atm – 80atm. Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας γίνεται σταθεροποίηση του παραγόμενου νερού και προετοιμασία για τη διανομή του ως πόσιμο.



Μονάδα εξατμιστικής ψύξης κατά Maisotsenko

Η εξατμιστική ψύξη αποτελεί μια σύγχρονη τεχνική παραγωγής ψυχρού αέρα, κατάλληλου για εφαρμογές κλιματισμού, παρουσιάζοντας τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, έως και 80%,
- καλύτερη περιβαλλοντική συμπεριφορά,
- πλήρη απαλλαγή από τη χρήση επικίνδυνων ψυκτικών μέσων.

Στα πλαίσια της ερευνητικής δραστηριότητάς του, το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής έθεσε σε λειτουργία πειραματική μονάδα εξατμιστικής ψύξης, η οποία ακολουθεί τον κύκλο Maisotsenko. Ο κύκλος αυτός χρησιμοποιεί μια πρωτότυπη γεωμετρία ώστε να μεγιστοποιείται η ψυκτική απόδοση. Τα πλεονεκτήματα του κύκλου Maisotsenko έναντι των απλών εξατμιστικών συστημάτων είναι:

- δυνατότητα επίτευξης χαμηλών θερμοκρασιών, εν γένει χαμηλότερων από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του περιβάλλοντος,
- μεγαλύτερη συγκέντρωση ισχύος και σχετικά μειωμένη κατανάλωση νερού,
- χαμηλές πτώσεις πίεσης, δεδομένης της απουσίας πορώδους μέσου.

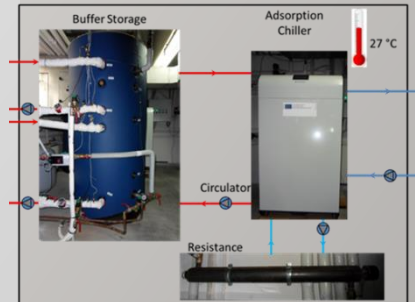
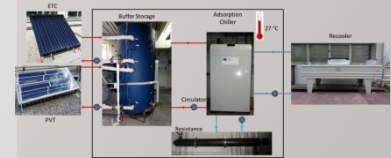
Τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα του ψύκτη ως κατάλληλου ακόμα και για την πλήρη αντικατάσταση συμβατικών ψυκτών, παρέχοντας νωπό αέρα σχεδόν σταθερής θερμοκρασίας $21^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ και υγρασίας περίπου 55%. Εξετάστηκε, επίσης, η δυνατότητα βελτίωσης του ψύκτη με τον ανεξάρτητο έλεγχο παροχών αέρα των ρευμάτων, ώστε να ελεγχθεί η δυνατότητα περαιτέρω εξοικονόμησης νερού και χαμηλότερης τελικής θερμοκρασίας του ψυχρού αέρα. Αποδείχθηκε πειραματικά ότι η μείωση παροχής του ψυχόμενου ρεύματος κατά 50% υποβιβάζει την τελική θερμοκρασία μέχρι και 2.5°C , επιτρέποντας στον ψύκτη να καλύψει ακόμα πιο δυσχερή ψυκτικά φορτία. Επίσης, η μείωση κατά 50% του εργαζόμενου ρεύματος οδηγεί σε εξοικονόμηση νερού κατά 40% περίπου, χωρίς ο τελικός αέρας να είναι πάνω από 1.5°C θερμότερος σε σχέση με τις ονομαστικές παροχές.

Σύστημα Ηλιακής Ψύξης με Ψύκτη Προσρόφησης και Θερμική αποθήκευση χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών με PCM

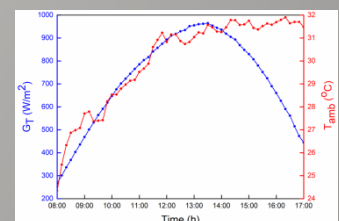
Ένα ηλιακό σύστημα ψύξης είναι εγκατεστημένο στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα εμπορικά διαθέσιμο ψύκτη προσρόφησης ζεόλιθου/νερού προκειμένου να παράγει ψύξη, ενώ η θερμική αποθήκευση επιτυγχάνεται με τη μορφή αύξησης της θερμοκρασίας του ρευστού που αποθηκεύεται σε ένα ενδιάμεσο εξισορροπητή (buffer). Η κινητήρια δύναμη του συστήματος είναι η ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα σε μια σειρά από ηλιακούς συλλέκτες κενού (Evacuated Tube Collector – ETC) και μια σειρά ασύμμετρων υβριδικών συλλεκτών θερμικών φωτοβολταϊκών (Photovoltaic Thermal – PVT) που έχουν ήδη δοκιμαστεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου [16]. Η απόδοση του συστήματος αξιολογείται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου σε ότι αφορά την ικανότητα ψύξης, της απόδοσης COP και της εξέργειας.

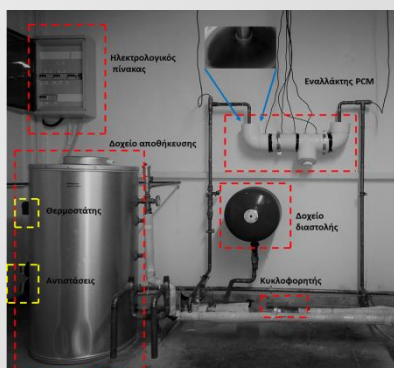
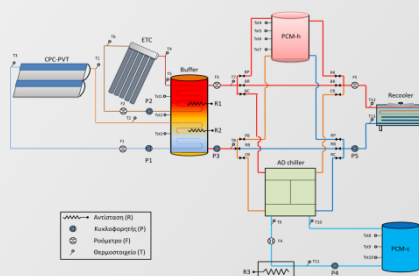
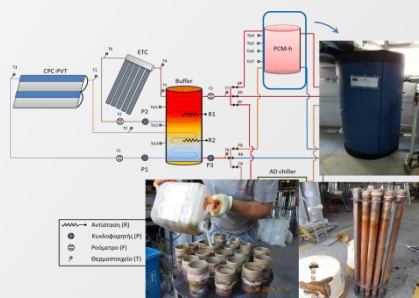
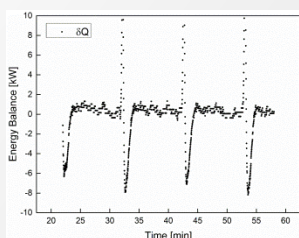
Το εγκατεστημένο ηλιακό σύστημα ψύξης απεικονίζεται στο Σχ. 1. Αποτελείται από επτά βασικά εξαρτήματα: 1) ηλιακούς συλλέκτες με σωλήνες κενού (ETCs), 2) φωτοβολταϊκούς-θερμικούς συλλέκτες (PVTs), 3) δεξαμενή αποθήκευσης 4) ψύκτη προσρόφησης 5) ξηρό ψύκτη, 6) ηλεκτρική αντίσταση και 7) κυκλοφορητές. Τα ηλιακά πάνελ συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, την μετατρέπουν σε θερμότητα και την παρέχουν στο εργαζόμενο ρευστό. Η θερμότητα αυτού του ρευστού χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της δεξαμενής αποθήκευσης buffer storage tank. Η θερμότητα που αποθηκεύεται στη δεξαμενή χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του θερμικά προσαρμόμενου ψύκτη προσρόφησης. Το ψυκτικό συγκρότημα παράγει την επιθυμητή ψύξη και απορρίπτει τη θερμότητα στο περιβάλλον μέσω του ξηρού ψύκτη. Η ισχύς ψύξης εξόδου καταναλώνεται στην ηλεκτρική αντίσταση που χρησιμεύει ως φορτίο ψύξης.

Εγκαθίστανται πέντε ηλιακοί συλλέκτες με σωλήνες κενού δημιουργώντας ένα ηλιακό πεδίο συνολικής επιφάνειας 9,76 m². Αυτοί οι συλλέκτες είναι εξαιρετικά αποδοτικοί λόγω του παραβολικού ανακλαστήρα τους και μπορούν να λειτουργούν ικανοποιητικά υπό συνθήκες υψηλής διάχυτης ακτινοβολίας. Στην εγκατάσταση χρησιμοποιούνται επίσης υβριδικοί φωτοβολταϊκοί θερμικοί συλλέκτες. Η συνολική έκταση αυτών των συλλεκτών



PVT
Recooler

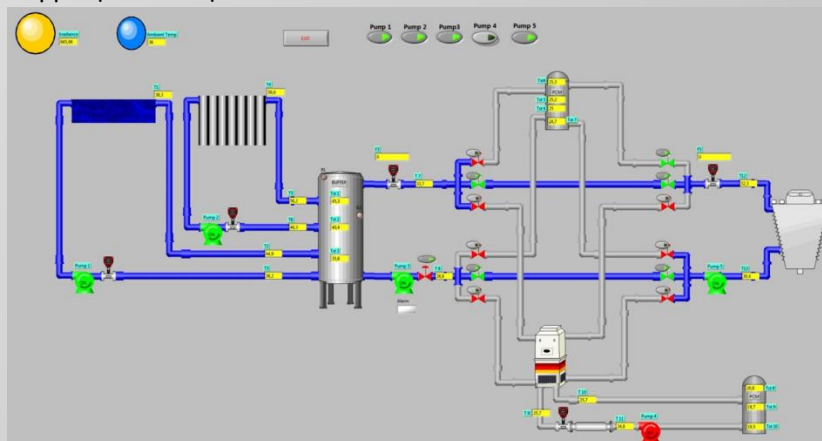




είναι 11 m² και αποτελείται από πέντε PVT. Μια δεξαμενή αποθήκευσης με συνολική χωρητικότητα 865 λίτρα τοποθετείται και χρησιμεύει ως ρυθμιστικό στοιχείο (buffer) μεταξύ της παραγωγής και της ζήτησης θερμότητας. Δύο εσωτερικοί εναλλάκτες θερμότητας είναι ενσωματωμένοι στη δεξαμενή μέσω της οποίας φορτίζεται το ρυθμιστικό με τη θερμότητα που συλλέγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Ένας εμπορικά διαθέσιμος ψύκτης προσρόφησης δύο σταδίων χρησιμοποιείται για την παραγωγή του επιθυμητού ψυκτικού αποτελέσματος. Ο ψύκτης χρησιμοποιεί ζεόλιθο/νερό ως ζεύγος ρευστών εργασίας και στο ονομαστικό του σημείο λειτουργίας παράγει χωρητικότητα ψύξης 10 kW με COP περίπου 0,6. Το πλεονέκτημα αυτού του ψυκτικού συγκροτήματος είναι ότι μπορεί να εκμεταλλευτεί πηγές θερμότητας χαμηλής ενθαλπίας που το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές ηλιακής ψύξης. Χρησιμοποιείται επίσης ένας αξονικός ξηρός ψύκτης ονομαστικής ικανότητας 56,4 kW για να απορρίπτεται η θερμότητα προσρόφησης και η θερμότητα συμπύκνωσης στο περιβάλλον. Η ηλεκτρική αντίσταση χρησιμεύει ως φορτίο ψύξης και η ισχύς της είναι 12 kW. Χρησιμοποιούνται πέντε κυκλοφορητές για την κυκλοφορία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας μέσω των σωλήνων των διαφόρων βρόχων.

Χαρακτηριστικά

Έτος εγκατάστασης	2015
Ονομαστική ισχύς	12 kW
Επιφάνεια Ηλιακών Συλλεκτών	11 m ²
Θερμική απόδοση	COP=0.6



Όργανα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων

Λόγω της πολυετούς εμπειρίας σε ενεργειακά θέματα, το Εργαστήριο έχει αναλάβει την εκπόνηση ειδικών ενεργειακών μελετών εξοικονόμησης ενέργειας και ένταξης καινοτόμων ενεργειακών συστημάτων, ενώ διαθέτοντας τον κατάλληλα διαπιστευμένο εξοπλισμό διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις. Για τη διευκόλυνση της διεξαγωγής των Ενεργειακών Επιθεωρήσεων, το Εργαστήριο έχει προμηθευτεί τα ακόλουθα φορητά όργανα:

- Σύστημα ανεμομέτρου θερμού νήματος τριών συνιστωσών,
- Ηλεκτρονικά μανόμετρα για μέτρηση διαφορικής πίεσης,
- Πυρανόμετρο,
- Θερμοκάμερα για προσδιορισμό της θερμικής κατάστασης των κτηριακών εγκαταστάσεων, διαρροές αέρα, απώλειες θερμότητας ή ενέργειας και διείσδυση κρύου αέρα μέσα από τοίχους, οροφές, πατώματα, πόρτες και παράθυρα διαρροές νερού, διείσδυση υγρασίας, ελλιπής ή κατεστραμμένη ή υγρή μόνωση, υγρασία, μούχλα, συμπύκνωση, θερμογέφυρες και άλλα κατασκευαστικά ελαττώματα),
- Υγρασιόμετρο για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα,
- Λουξόμετρο για μέτρηση της φωτεινότητας,
- Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων για τη μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα και της ανάλυσης των καυσαερίων,
- Τριφασικός αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για τη μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών,
- Ηλεκτρονικός ανιχνευτής διαρροών όλων των συνήθων ψυκτικών μέσων το οποίο χρησιμοποιείται για την εκπόνηση ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων σε άλλα κράτη μέλη της ΕΕ λόγω της σημαντικότητας της επίδρασης των διαρροών ψυκτικών μέσων στην απόδοση των συστημάτων και συνεπώς στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις που πραγματοποιούνται από το Εργαστήριο Θερμοδυναμικής έχουν επικεφαλής την κ. Ε. Κορωνάκη, η οποία ανήκει στο Μητρώο των Προσωρινών Ενεργειακών Επιθεωρητών.





Λογισμικά

Λογισμικά ανεπτυγμένα από το εργαστήριο

Οι υπολογιστικοί κώδικες που έχουν αναπτυχθεί από το ερευνητικό δυναμικό του Εργαστηρίου είναι:

- Θερμοφυσικές ιδιότητες αλάτων και γλυκολών και αμμωνίας,
- AMOCO: προσομοίωση κρυοψυκτών και θερμικών μηχανών Stirling,
- Υπολογιστικός κώδικας αδιαβατικού μοντέλου θερμοδυναμικής ανάλυσης καθώς και του βελτιωμένου στο οποίο προστίθεται η ικανότητα του αναγεννητή, ο υπολογισμός της διάχυσης ενέργειας, καθώς και η πτώση πίεσης που αναπτύσσεται κατά την παλινδρομική κίνηση του αερίου στους χώρους της μηχανής,
- Υπολογιστικός κώδικας θερμοδυναμικής βελτιστοποίησης αναγεννητή,
- Υπολογιστικός κώδικας θερμοδυναμικής βελτιστοποίησης μηχανών Stirling βασιζόμενος στο μοντέλο που ανέπτυξε ο R. Tew για τις ανάγκες του διαστημικού προγράμματος της NASA,
- Μονοδιάστατη προσομοίωση εξατμιστικών ψυκτών,
- Μονοδιάστατη και διδιάστατη θερμαντλίων απορρόφησης,
- Προσομοίωση συστημάτων ανοικτού και κλειστού εξατμιστικού κύκλου με στερεό αφυγραντικό υλικό σε ενεργητικούς και παθητικούς περιστροφικούς εναλλάκτες,
- Προσομοίωση συστημάτων ανοικτού και κλειστού εξατμιστικού κύκλου, αδιαβατικών και μη αδιαβατικών, με υγρά αφυγραντικά υλικά (LiCl, LiBr, CaCl₂).
- Προσομοίωση συστημάτων θερμικής αποθήκευσης με υλικά αλλαγής φάσης και χρήση νανορευστών

Εμπορικά διαθέσιμα λογισμικά

Τα λογισμικά που έχει προμηθευτεί και χρησιμοποιεί το Εργαστήριο έχουν ως αντικείμενο το σχεδιασμό, την ανάλυση και τη προσομοίωση θερμοδυναμικών κύκλων και συστημάτων μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Τα λογισμικά αυτά είναι τα εξής:

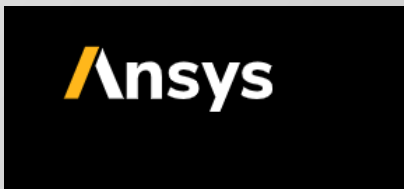
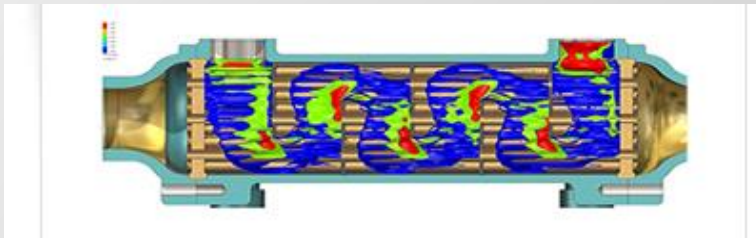
Mathcad®

MATLAB®
The Language of Technical Computing





$\partial\mathcal{S}$ **SOLIDWORKS**





Έρευνα



Διδακτορικές Διατριβές

Οι Υποψήφιοι Διδάκτορες που απαρτίζουν το Εργαστήριο αποτελούν τον κινητήριο μοχλό της έρευνας που πραγματοποιείται. Η επίβλεψή τους από τα μέλη ΔΕΠ είναι στενή, πραγματοποιείται όμως υπό κλίμα συνεργατικότητας και κατανόησης. Έχοντας ως βασικό τους κίνητρο την εντρύφηση στο αντικείμενο που έχουν επιλέξει, έχουν δημοσιεύσει πολυάριθμες μελέτες σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια με κριτές.

Οι ήδη αναγορευμένοι Διδάκτορες του Εργαστηρίου είναι οι ακόλουθοι:

2017 Παπουτσής Ευστράτιος

2018 Νίτσας Μιχαήλ

2018 Πρέντζα Λουκία

2019 Δόγκας Γεώργιος

2015 Χριστοδουλάκη Ρόζα, «Θερμοδυναμική ανάλυση υβριδικών συστημάτων ανοικτού εξατμιστικού κύκλου με υγρά προσροφητικά υλικά»

2014 Τερτίπης Δημήτριος «Μοντελοποίηση και πειραματική αξιολόγηση συστημάτων εξατμιστικής ψύξης»

2013 Αντωνάκος Γεώργιος, «Βελτιστοποίηση μηχανής Stirling και του αναγεννητή της»

2010 Λώλος Περικλής, «Βελτιστοποίηση κύκλου KALINA»

2004 Μπορμπιλιάς Νικόλαος, «Θερμοδυναμική ανάλυση κύκλων Stirling»

2004 Παπαευθυμίου Βασίλειος, «Θερμοδυναμική ανάλυση ψυκτικής εγκατάστασης απορροφήσεως LIBR-H₂O και του πύργου ψύξεως»

2002 Αλέξης Γεώργιος, «Θερμοδυναμική εγχυτήρων και απόδοσή τους σε ψυκτικές εγκαταστάσεις»

Οι Υποψήφιοι Διδάκτορες του Εργαστηρίου είναι οι ακόλουθοι:

Δόγκας Γεώργιος

Μπίτσικας Παναγιώτης

Νίτσας Μιχάλης

Παπουτσής Ευστράτιος

Πρέντζα Λουκία



Ερευνητικά Έργα

Αξιολόγηση συστήματος θέρμανσης-ψύξης

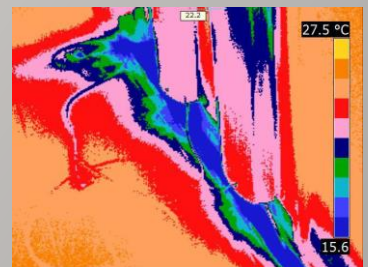
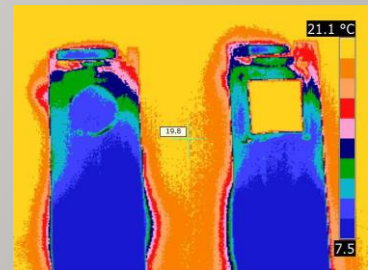
Διάρκεια έργου

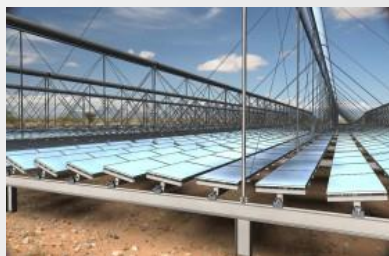
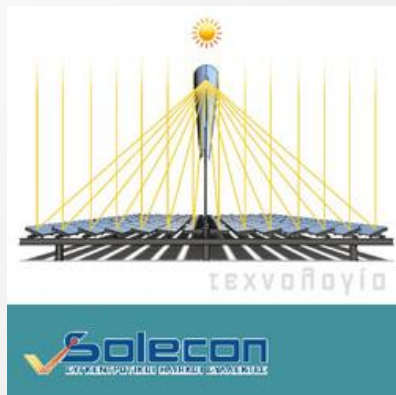
Απρ. 2018-Νοεμ.2018

Σύντομη περιγραφή:

Το σύστημα που εξετάστηκε ώστε να διερευνηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του για διάφορες χρήσεις κτηρίων αλλά και κλιματικές ζώνες αποτελείται από:

- Ένα συμπιεστή με ειδικό σχεδιασμό της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου ο οποίος βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο μαζί με την εκτονωτική βαλβίδα
- Ένα πλακοειδή υδρόψυκτο εναλλάκτη σχεδιασμού και κατασκευής από την εταιρία, ο οποίος είναι τοποθετημένος επίσης σε εξωτερικό χώρο και συγκεκριμένα δίπλα στον συμπιεστή
- Ένα ή και παραπάνω αερόψυκτους εναλλάκτες, ανάλογα με τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες, τοποθετημένους στο εσωτερικό για να καλύψουν τις ανάγκες κλιματισμού του χώρου.





Solecon - Συγκεντρωτική Ηλιακοί Συλλέκτες

Διάρκεια έργου 2014-2015

Ιστοσελίδα έργου www.solecon.gr

Σύντομη περιγραφή:

Λωρίδες ανακλαστήρων συνδεδεμένοι με σύστημα παρακολούθησης ήλιου συγκεντρώνουν την ακτινοβολία σε έναν υπερυψωμένο δέκτη. Στο κέντρο του δέκτη βρίσκεται ο απορροφητής, εσωτερικά του οποίου ρέει το εργαζόμενο μέσο και μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Ο απορροφητής, έχοντας κυλινδρικό σχήμα με δύο ομόκεντρα κανάλια, επιτρέπει συνθήκες κενού στο εξωτερικό κανάλι, με συνέπεια τη σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών.

Η θερμότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους:

Απευθείας για παραγωγή ατμού θερμοκρασιών 150 - 400°C, για βιομηχανικές εφαρμογές.

Για ηλεκτροπαραγωγή μέσω ατμογεννήτριας, για βιομηχανικές εφαρμογές ή σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Ο συλλέκτης αυτός θεωρείται ο διάδοχος των κοιλοπαραβολικών (parabolic trough), με βασικά πλεονεκτήματα την δυνατότητα απευθείας παραγωγής ατμού, το χαμηλό κόστος επένδυσης, συντήρησης και λειτουργικών δαπανών εξαιτίας της απλότητας και το χαμηλό ύψος κατασκευής και την πιο αποτελεσματική χρήσης γης (μεγαλύτερη συλλεκτική επιφάνεια ανά τ.μ. οικοπέδου).

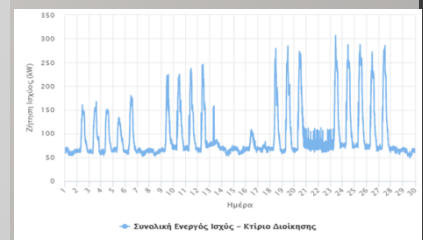
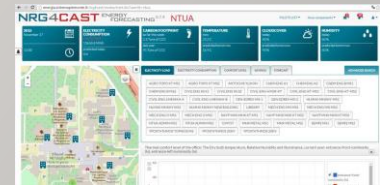
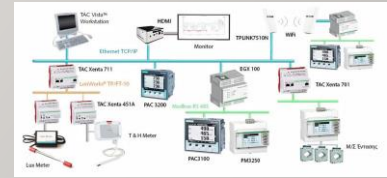
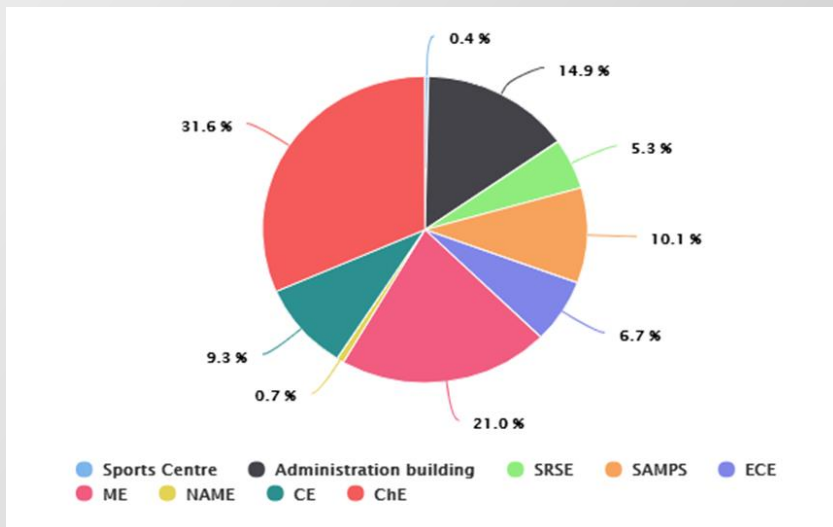
2012-2015

Ιστοσελίδα έργου

www.nrg4cast.org

Σύντομη περιγραφή

Σχεδιασμός και εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε όλα τα κτήρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου με στόχο την καταγραφή αλλά και τον έλεγχο της καταναλισκόμενης ενέργειας του ΕΜΠ καθώς ανάπτυξη λογισμικού για την πρόβλεψη αυτής σε κτήρια του τριτογενούς τομέα.





RealSkillsEurope

Διάρκεια έργου 2008-2012

Ιστοσελίδα έργου <http://www.realskillseurope.eu/>

Σύντομη περιγραφή

Ενεργειακή και περιβαλλοντική επίπτωση των διαρροών ψυκτικών μέσων. Συνηθέστερες διαρροές. Τρόπους αποφυγής των διαρροών. Μετρητικές διατάξεις εντοπισμού διαρροών. Ανάπτυξη εκπαιδευτικής πλατφόρμας με στόχο τόσο την εκπαίδευση όσο και την αξιολόγηση των τεχνικών που ασχολούνται με τη συντήρηση και την κατασκευή ψυκτικών εγκαταστάσεων, εναρμονισμένη με ευρωπαϊκές οδηγίες.



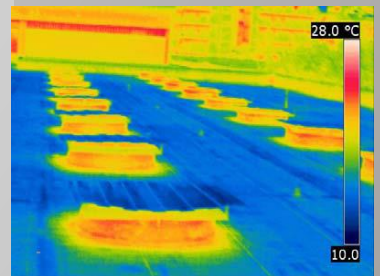
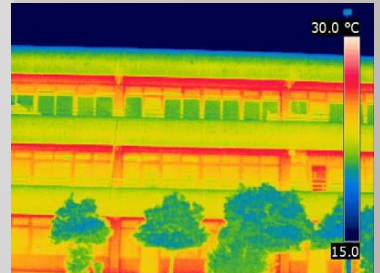
Θερμογραφική ανάλυση σχολικού κτηρίου

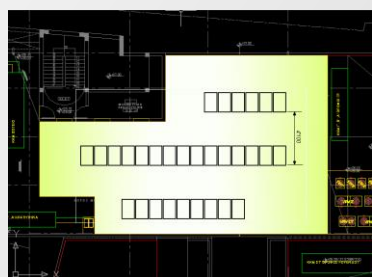
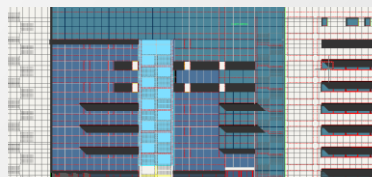
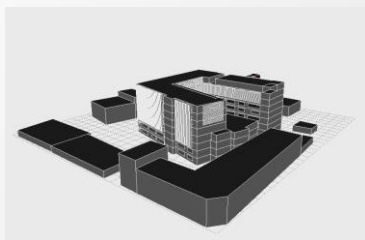
Διάρκεια έργου

2011

Σύντομη περιγραφή

Θερμογραφική ανάλυση του κτηριακού κελύφους του Σχολικού Συγκροτήματος της Γκράβας. Έλαβε χώρα συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση των επτά Σχολικών Συγκροτημάτων της Γκράβας και παράλληλη θερμογραφική απεικόνιση όλων των δομικών συστημάτων των κτηρίων που παρουσιάζουν απώλειες θερμότητας.





Ενεργειακή μελέτη κτηρίου γραφείων

Διάρκεια έργου

2009

Σύντομη περιγραφή

Ενεργειακή Μελέτη των κτηριακών εγκαταστάσεων της Αστυνομικής Διεύθυνσης Πειραιά με Σύμπραξη Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα. Πραγματοποιήθηκε επιλογή των κατάλληλων υλικών κελύφους, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών και οδηγιών της Κτηματικής Υπηρεσίας του Δημοσίου και του Τ.Ε.Ε.. Αξιολογήθηκε η ανάγκη τοποθέτησης σκιαδίων σε επιλεγμένους υαλοπίνακες του κτηρίου. Εξετάστηκε ο τύπος φυτεμένου δώματος που μπορεί να εγκατασταθεί στο κτήριο και αξιολογήθηκε η συνεισφορά του στη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου. Εντοπίστηκαν τα καταλληλότερα σημεία τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων και προσδιορίστηκε η αποδοτικότητά τους. Πραγματοποιήθηκε σύγκριση ως προς την οικονομική απόδοση των συμβατικών συστημάτων κεντρικού κλιματισμού και των αντιστοίχων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

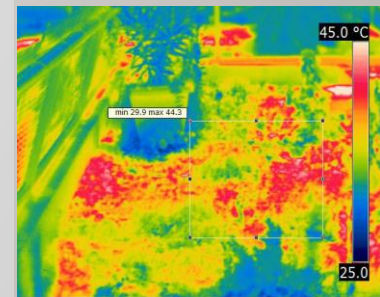
Αξιολόγηση φυτεμένου δώματος σε κτήριο γραφείων

Διάρκεια έργου

2008-2010

Σύντομη περιγραφή

Εξετάσθηκε η θερμική συμπεριφορά του φυτεμένου δώματος του κτηρίου του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών (Νίκης5-7, Σύνταγμα) τόσο με θερμογραφική ανάλυση όσο και με προσομοιωτική αξιολόγηση, λαμβάνοντας υπόψη τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου. Απώτερος σκοπός ήταν η αξιολόγηση της απόδοσης του φυτεμένου δώματος ένα χρόνο μετά την εγκατάστασή του.





Θερμογραφική ανάλυση σχολικού κτηρίου

Διάρκεια έργου

2011

Σύντομη περιγραφή

Θερμογραφική ανάλυση του κτηριακού κελύφους του Σχολικού Συγκροτήματος της Γκράβας. Έλαβε χώρα συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση των επτά Σχολικών Συγκροτημάτων της Γκράβας και παράλληλη θερμογραφική απεικόνιση όλων των δομικών συστημάτων των κτηρίων που παρουσιάζουν απώλειες θερμότητας.

Επιστημονικές Δημοσιεύσεις



Το ερευνητικό δυναμικό του Εργαστηρίου περίπου 200 δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με κριτές και 2500 ετεροαναφορές συνολικά. Η συμμετοχή του Εργαστηρίου σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια με κριτές επικυρώνεται με συνολικά 140 δημοσιεύσεις. Κάθε ενεργό μέλος ΔΕΠ του Εργαστηρίου λαμβάνει διεθνή επιστημονική αναγνώριση, κατέχοντας h-index υψηλότερο του 20.

Εξαιτίας του πλήθους των δημοσιεύσεων, η παρακάτω λίστα περιλαμβάνει μόνο τις τελευταίες δημοσιεύσεις (μετά το 2012) οι οποίες περιλαμβάνουν κρίση επί του κειμένου. Έτσι, οι δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια με κρίση επί της περίληψης, οι ανακοινώσεις σε εθνικά επιστημονικά συνέδρια και οι ανακοινώσεις σε εθνικά επιστημονικά περιοδικά δεν περιλαμβάνονται.

Δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια με κριτές

1. Komninos, N.P., Koronaki, I.P., Rogdakis, E.D. *The effect of compressor-expander phasing in an Ericsson engine: A numerical study* (2020) *Thermal Science and Engineering Progress*, 19, art. no. 100670, DOI:10.1016/j.tsep.2020.100670
2. Nitsas, M.T., Koronaki, I.P., *Thermal analysis of pure and nanoparticle-enhanced PCM—application in concentric tube heat exchanger* (2020) *Energies*, 13 (15), art. no. 3841. DOI: 10.3390/en13153841
3. Korres, D.N., Tzivanidis, C., Koronaki, I.P., Nitsas, M.T. *Experimental, numerical and analytical investigation of a U-type evacuated tube collectors' array*(2019) *Renewable Energy*, 135, pp. 218-231
DOI: 10.1016/j.renene.2018.12.003
4. Nitsas, M.T., Koronaki, I.P. *Experimental and theoretical performance evaluation of evacuated tube collectors under mediterranean climate conditions*(2018) *Thermal Science and Engineering Progress*, 8, pp. 457-469.
DOI: 10.1016/j.tsep.2018.10.001
5. Prentza, L., Koronaki, I.P., Nitsas, M.T. *Investigating the performance and thermodynamic efficiency of CO2 reactive absorption – A solvent comparison study*(2018) *Thermal Science and Engineering Progress*, 7, pp. 33-44.
DOI: 10.1016/j.tsep.2018.04.014

6. Koronaki, I.P., Nitsas, M.T. *Experimental and theoretical performance investigation of asymmetric photovoltaic/thermal hybrid solar collectors connected in series* (2018) *Renewable Energy*, 118, pp. 654-672.
DOI: 10.1016/j.renene.2017.11.049
7. Prentza, L., Koronaki, I.P., Papoutsis, E.G., Papaefthimiou, V.D. *Dynamic simulation and parametric sensitivity study in reactive CO₂ capture systems – A solvent comparison study*(2018) *Thermal Science and Engineering Progress*, 5, pp. 555-567. DOI: 10.1016/j.tsep.2018.02.012
8. Prentza, L., Koronaki, I.P., Papoutsis, E.G. *Dynamic modelling and parametric analysis of a fixed-bed adsorption of carbon dioxide-nitrogen mixture on different adsorbents* (2018) *ECOS 2018 - Proceedings of the 31st International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*.
9. Nitsas, M.T., Koronaki, I.P., Beliotis, A. *Thermal analysis of phase change materials by utilizing nanoparticles* (2018) *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 6B-2018, .
DOI: 10.1115/IMECE2018-87026
10. Nitsas, M.T., Koronaki, I.P., Prentza, L. *First and second law analysis of a flat plate collector working with nanofluids* (2018) *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 6B-2018.
DOI: 10.1115/IMECE2018-87782
11. Papoutsis, E.G., Koronaki, I.P., Papaefthimiou, V.D. *Parametric Study of a Single-Stage Two-Bed Adsorption Chiller* (2017) *Journal of Energy Engineering*, 143 (4), art. no. 04016068, DOI: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000421.
12. Papoutsis, E.G., Koronaki, I.P., Papaefthimiou, V.D. *Numerical simulation and parametric study of different types of solar cooling systems under Mediterranean climatic conditions* (2017) *Energy and Buildings*, 138, pp. 601-611. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.094
13. Koronaki, I.P., Prentza, L., Papaefthimiou, V.D. *Parametric analysis using AMP and MEA as aqueous solvents for CO₂ absorption* (2017) *Applied Thermal Engineering*, 110, pp. 126-135. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.140
14. Nitsas, M.T., Koronaki, I.P. *Performance evaluation of asymmetric CPC-PVT collectors connected in series* (2017) *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 6.
DOI: 10.1115/IMECE2017-70129



15. Koronaki, I.P., Nitsas, M.T., Papoutsis, E.G. *Energy and exergy analysis of a hybrid solar system in terms of thermal energy production and cooling* (2017) ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE), 6. DOI: 10.1115/IMECE2017-70128.
16. Koronaki, I.P., Prentza, L., Papaefthimiou, V., *Modeling of CO₂; capture via chemical absorption processes – An extensive literature review*, (2015) *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, pp. 547-566.
17. Koronaki, I.P., Christodoulaki, R.I., Papaefthimiou, V.D., Rogdakis, E.D., *Counter flow adiabatic regenerator and comparative study*, (2015) *International Journal of Thermodynamics*, 18 (3), pp. 180-192
18. Rogdakis, E.D., Koronaki, I.P., Tertipis, D.N., *Experimental and computational evaluation of a Maisotsenko evaporative cooler at Greek climate*, (2014) *Energy and Buildings*, 70, pp. 497-506.
19. Koronaki, I.P., Christodoulaki, R.I., Papaefthimiou, V.D., Rogdakis, E.D., *Critical review of coupled heat and mass transfer models for a liquid desiccant adiabatic dehumidifier and regenerator*, (2014) *Advances in Building Energy Research*, 8 (2), pp. 117-136.
20. Rogdakis, E.D., Koronaki, I.P., Tertipis, D.N., *Estimation of the water temperature influence on direct evaporative cooler operation* (2013) *International Journal of Thermodynamics*, 16 (4), pp. 172-178.
21. Koronaki, I.P., *The impact of configuration and orientation of solar thermosyphonic systems on night ventilation and fan energy savings* (2013) *Energy and Buildings*, 57, pp. 119-131.
22. Rogdakis, E.D., Antonakos, G.D., Koronaki, I.P., *Thermodynamic analysis and experimental investigation of a Solo V161 Stirling cogeneration unit* (2012) *Energy*, 45 (1), pp. 503-511.
23. Koronaki, I.P., Cowan, D., Maidment, G., Beerman, K., Schreurs, M., Kaar, K., Chaer, I., Gontarz, G., Christodoulaki, R.I., Cazauran, X., *Refrigerant emissions and leakage prevention across Europe - Results from the RealSkillsEurope project*, (2012) *Energy*, 45 (1), pp. 71-80.
24. Kaldellis, J.K., Anestis, A., Koronaki, I., *Strategic planning in the electricity generation sector through the development of an integrated Delphi-based multi-criteria evaluation model* (2013) *Fuel*, 106, pp. 212-218.
25. Koronaki, I.P., Christodoulaki, R.I., Papaefthimiou, V.D., Rogdakis, E.D., *Thermodynamic analysis of a counter flow*

adiabatic dehumidifier with different liquid desiccant materials (2013) *Applied Thermal Engineering*, 50 (1), pp. 361-373.

26. Emmanuel D. Rogdakis, E.D., Koronaki, I.P., Tertipis, D.N., Mustafa, A.C., *An Energy Evaluation of a Maisotsenko Evaporative Cooler Based on Cylinder Geometry*, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 82 2013, pp. 347-356.
27. Papaefthimiou V.D., Rogdakis E.D., Koronaki I.P., Zannis T.C., *Thermodynamic study of the effects of ambient air conditions on the thermal performance characteristics of a closed wet cooling tower*, *Applied Thermal Engineering*, 2012, 33-34, pp 199-207.
28. Papaefthimiou, V.D., Koronaki, I.P., Karampinos, D.C., Rogdakis, E.D., *A novel approach for modelling LiBr-H₂O falling film absorption on cooled horizontal bundle of tubes*, (2012) *International Journal of Refrigeration*, 35 (4), pp. 1115-1122.
29. Koronaki, I.P., Rogdakis, E., Kakatsiou, T., *Thermodynamic analysis of an open cycle solid desiccant cooling system using Artificial Neural Network*, (2012) *Energy Conversion and Management*, 60, pp. 152-160.
30. Rogdakis, E.D., Antonakos, G.D., Koronaki, I.P., *Thermodynamic analysis and experimental investigation of a Solo V161 Stirling cogeneration unit*, (2012) *Energy*, 45 (1), pp. 503-511.
31. Koronaki, I.P., Rogdakis, E., Kakatsiou, T., *Experimental assessment and thermodynamic analysis of a solar desiccant cooling system*, (2013) *International Journal of Sustainable Energy*, 32 (2), pp. 121-136.
32. Koronaki, I.P., Rogdakis, E., Kakatsiou, T., *Thermodynamic analysis of an open cycle solid desiccant cooling system using Artificial Neural Network*, (2012) *Energy Conversion and Management*, 60, pp. 152-160.



Προσωπικό



Μέλη Δ.Ε.Π.

Ρογδάκης Εμμανουήλ
Διευθυντής Εργαστηρίου, Καθηγητής
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ &
Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος
τηλ (+30) 210 772-3966
φax (+30) 210 772-1344
<http://users.ntua.gr/rogdemma/>
e-mail: rogdemma@central.ntua.gr

Κουρεμένος Δημήτριος
Ομότιμος Καθηγητής
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ &
Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος
τηλ (+30) 210 772-3669
φax (+30) 210 772-3670
e-mail: dimkour@central.ntua.gr

Κορωνάκη Ειρήνη
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ &
Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος
τηλ (+30) 210 772-1581
φax (+30) 210 772-3670
<http://users.ntua.gr/koronaki/>
e-mail: koronaki@central.ntua.gr

Μεταδιδακτορικοί ερευνητές

Χριστοδουλάκη Ρόζα
MSc Environmental Design & Engineering
Φυσικός
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ &
Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος
τηλ (+30) 210 772-3274
e-mail: rchris@central.ntua.gr

Νίτσας Μιχαήλ
Μηχανολόγος Μηχανικός
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ &
Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος
τηλ (+30) 210 772-4071

Διοικητικό προσωπικό

Νασοπούλου Αλεξάνδρα

ΙΔΑΧ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ & Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος

τηλ (+30) 210 772-3672

φας (+30) 210 772-3670

e-mail: a.nasopoulou@gmail.com

Ε.Δ.Ι.Π.

Κομνηνός Νεόφυτος

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ & Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Ισόγειο

τηλ (+30) 210 772-1710

Αντωνάκος Γιώργος

Μηχανολόγος Μηχανικός

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, κτ. Μηχ & Ναυπ. Μηχ. (Ζ), Γραφείο Β' Όροφος

τηλ (+30) 210 772-4071

e-mail: gantonak@central.ntua.gr

Υποψήφιοι Διδάκτορες

Μπίτσικας Παναγιώτης

Δαλαβούρας Δημήτριος

Δαλαβούρας Πέτρος

Παπιγγιώτης Θεόδωρος

Τσάλα Σταυρίνα

Δομένικος Ραφαήλ

Φαράκου Μαρία



<http://www.lathermo.mech.ntua.gr>

εργαστήριο εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής