

**ΗΛΙΟ-ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΣΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΔΙΚΑΙΟΥ**
Αποτελέσματα χρήσης με μετρήσεις

Μ. Καράγιωργας^a, Ι. Γεωργακόπουλος, Γρ. Οικονομίδης^b

^a BONAIR ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ, e-mail: bonair@teledomenet.gr

^b Τεχνική Υπηρεσία ΚΑΠΕ-Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου στα Λεγραινά Αττικής (πλησίον Σουνίου) θερμαίνεται και ψύχεται από ένα συνδυασμό ηλιακού και γεωθερμικού συστήματος. Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι: η μεγάλη παροχή υφάλμυρου υπογείου νερού, η δεξαμενή αποθήκευσης νερού με αυτονομία 6 ωρών, η αντλία inverter για ρύθμιση της γεωθερμικής ροής, ο εναλλάκτης θερμότητας, οι δύο ηλεκτροκίνητες αντλίες θερμότητας νερού-νερού σε σύνδεση καταρράκτη, οι τοπικές μονάδες κλιματισμού, οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού, οι ηλιακοί αεροσυλλέκτες για προθέρμανση του αέρα το χειμώνα. Επιπλέον, ο ξενώνας του κτιρίου προμηθεύεται ζεστό νερό από ηλιακούς συλλέκτες νερού. Ελέγχοντας το ενεργειακό σύστημα κατά τη διάρκεια της θέρμανσης αυτό έδειξε άριστες ενεργειακές αποδόσεις και αποτελέσματα χρήσης (COP=4.15).

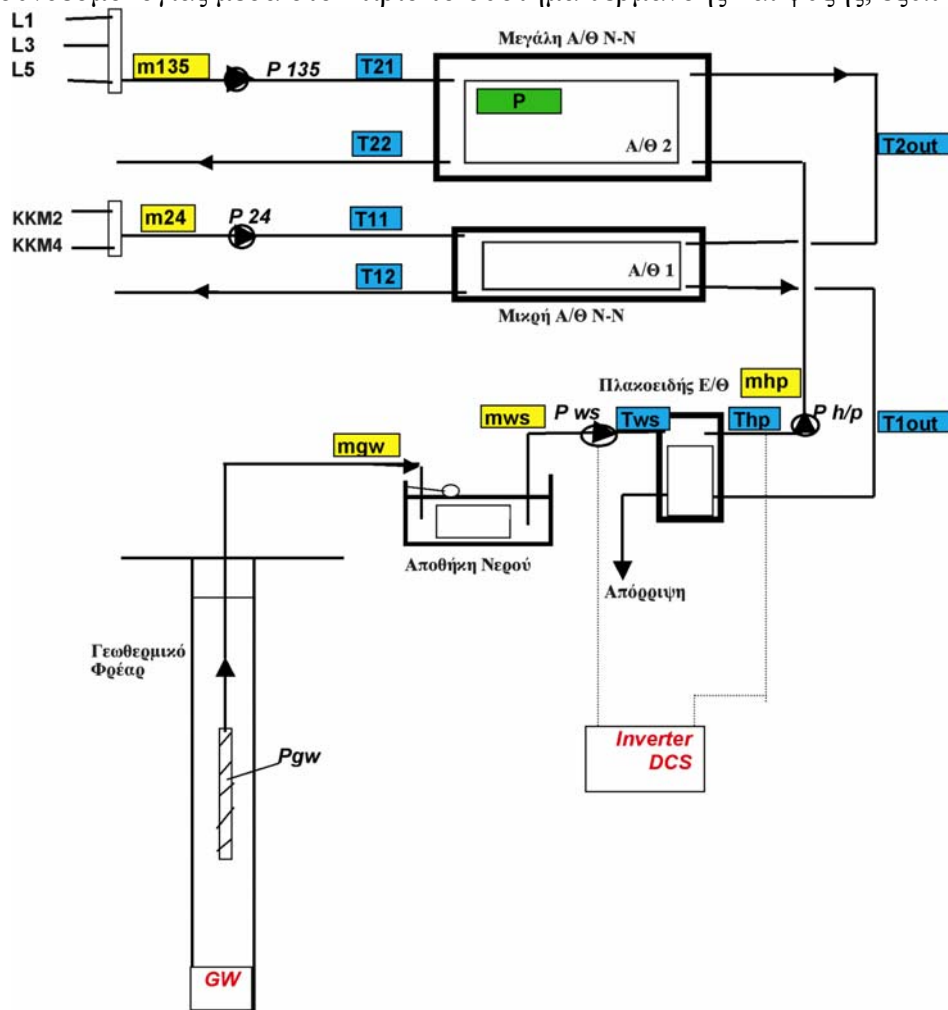
Γλωσσάρι- Σύντμηση	
A/Θ N-N	Αντλία Θερμότητας Νερού-Νερού
L1, L3, L5	φορτία κλιματισμού (μέσω fan coils)
ΚΚΜ	Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα
ΔΗU2, ΔΗU4	ΚΚΜ2, ΚΚΜ4
E/Θ	Εναλλάκτης Θερμότητας
HVAC	Heating Ventilation & Air Conditioning
MAT	MAximum Temperature

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου είναι ένα σύμπλεγμα κτιρίων από ένα κεντρικό κτήριο και από έναν ξενώνα κτισμένο στα Λεγραινά, 65 km νοτιοανατολικά της Αθήνας στην ακτογραμμή του Σαρωνικού κόλπου. Οι ανάγκες των κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη καλύπτονται από ένα συνδυασμό συστήματος γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών αέρα. Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά την προθέρμανση του νωπού αέρα, όσο και για τη θέρμανση του μίγματος αέρα.

Η γενική συνδεσμολογία του γεωθερμικού τμήματος του συστήματος θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου φαίνεται στο σχήμα 1. Για να ελαχιστοποιηθεί η απαιτούμενη ωριαία ποσότητα νερού από το φρέαρ, έχουν εγκατασταθεί δύο μονάδες αντλιών θερμότητας (τύπου σπειροειδούς συμπίεστη της εταιρίας Trane). Οι δύο μονάδες είναι συνδεδεμένες σε σύνδεση καταρράκτη με σκοπό τη μεγιστοποίηση της διαφοράς θερμοκρασίας (ΔΤ) του υπογείου νερού, και απώτερο αποτέλεσμα να μεγιστοποιήσουμε την απολαβή ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη ότι η ροή του νερού είναι δεδομένη. Για την απλοποίηση

της συνδεσμολογίας μέσα στο κτίριο το σύστημα θέρμανσης και ψύξης, εξυπηρετεί



ΣΧ. 1. Η υδραυλική συνδεσμολογία που επιλέχθηκε για την εφαρμογή στο κτίριο “MEDUCA”

χωριστά δύο διακριτά μέρη του κτιρίου (η A/Θ2 εξυπηρετεί τα φορτία L1, L3, L5 ενώ η A/Θ1 εξυπηρετεί τις κλιματιστικές μονάδες AHU2, AHU4).

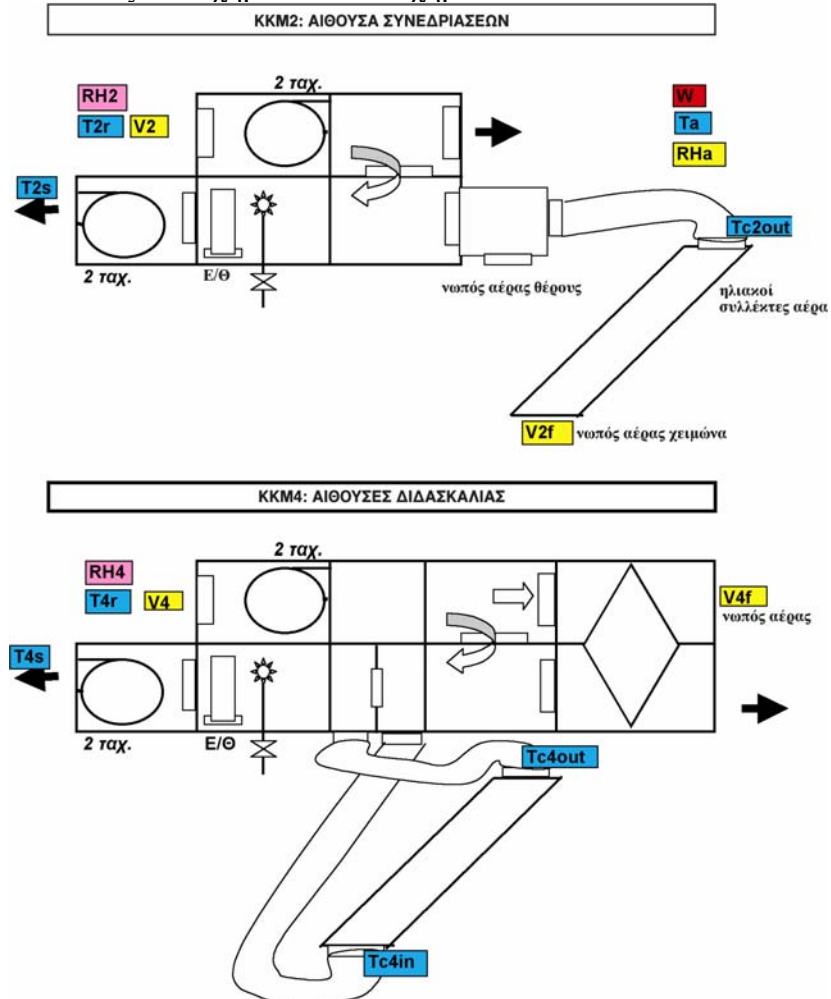
Επιπλέον, η ΔT ελέγχεται από σύστημα ελέγχου για αποφυγή συνθηκών παγώματος και υπερθέρμανσης.

2.ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

Οι δύο μονάδες των αντλιών θερμότητας, A/Θ1 (ονομαστικής απόδοσης 80 kW) και A/Θ2 (ονομαστικής απόδοσης 130 kW), είναι τύπου νερού-νερού, ηλεκτροκίνητες. Η πρώτη μονάδα (A/Θ1) εξυπηρετεί την αίθουσα συνεδριάσεων και τις αίθουσες διδασκαλίας του ισογείου του κυρίως κτιρίου μέσω ενός συστήματος αέρα (κεντρικές μονάδες κλιματισμού). Η δεύτερη μονάδα (A/Θ2) εξυπηρετεί τα γραφεία και τη βιβλιοθήκη που ανήκουν στο κυρίως κτίριο, καθώς και τον ξενώνα, με τη βοήθεια ενός υδρονικού συστήματος (τοπικές μονάδες κλιματισμού).

Οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού περιλαμβάνουν ένα τμήμα αέρα επιστροφής, ένα διπλό κιβώτιο ανάμιξης, ένα «ηλιακό» κιβώτιο ανάμιξης, έναν εναλλάκτη θερμότητας

θέρμανσης/ψύξης, έναν υγραντήρα ψεκασμού για λειτουργία χειμώνα, σακκόφιλτρα, ένα τμήμα ανεμιστήρα προσαγωγής, και επιπλέον ένα τμήμα ανάκτησης θερμότητας αέρα-αέρα. Και οι δύο ανεμιστήρες έχουν σχεδιαστεί για δύο ταχύτητες λειτουργίας επειδή τα φορτία κατά το χειμώνα είναι πολύ μικρότερα από αυτά του καλοκαιριού. Έτσι το χειμώνα το σύστημα αέρα λειτουργεί με τη μισή ροή αέρα (η θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα μπορεί να πάρει τιμές μέσα στην περιοχή άνεσης). Επίσης, το «ηλιακό» κιβώτιο ανάμιξης είναι συνδεδεμένο μέσω ενός μονωμένου αγωγού διαμέτρου 350 mm με ηλιακούς συλλέκτες αέρα 45 m² για τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια στις κεντρικές μονάδες κλιματισμού απεικονίζεται σχηματικά στο σχήμα 2.



ΣΧ. 2. Συνδεσμολογία των (ηλιακών) ΚΚΜ και σημεία μετρήσεων

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το «ηλιακό» κιβώτιο εκτρέπει τον νωπό αέρα ώστε να παρακάμπτει τους συλλέκτες. Στη συνέχεια έχουν προβλεφθεί ανακουφιστικές εκτονωτικές διατάξεις για την προστασία του συλλέκτη από την υπερθέρμανση του καλοκαιριού. Στη διάρκεια του χειμώνα, το ίδιο «ηλιακό» κιβώτιο ανάμιξης ρυθμίζει την εκτρεπόμενη ροή αέρα έτσι ώστε η ροή αέρα μέσω των συλλεκτών να πετυχαίνει θετική ΔΤ.

Τα άκρα άντλησης των δύο αντλιών θερμότητας (σχ. 1) είναι συνδεδεμένα σε σειρά σε ένα κλειστό βρόγχο νερού, με έναν πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας που δείχνει το μέγεθος της αντλούμενης ποσότητας θερμικής ενέργειας. Ένας δεύτερος (ανοιχτός) βρόγχος τροφοδοτείται από μία αντλία νερού εξαντλώντας από μία μονωμένη δεξαμενή (πυρόσβεσης) χωρητικότητας 70 m³, προσφέροντας θερμική ενέργεια στον προηγούμενο βρόγχο. Η δεξαμενή τροφοδοτείται συνεχώς από έναν τρίτο (ανοιχτό) βρόγχο ελεγχόμενο από μία υποβρύχια ανοξείδωτη αντλία, μέσα στο γεωθερμικό φρέαρ. Οι δύο τελευταίοι ανοιχτοί βρόγχοι κυκλοφορούν το υφάλμυρο υπόγειο νερό μέσω του πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας τιτανίου. Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι αναγκαία για εφεδρικούς σκοπούς. Ο χρόνος αυτονομίας ανέρχεται στις 6 ώρες (για καταστάσεις αυξημένου φορτίου). Για λόγους εξοικονόμησης νερού, ένα σύστημα ελέγχου inverter (IDCS) μειώνει την κατανάλωση της ενέργειας άντλησης και την εξάντληση του φρέατος σε καταστάσεις μερικού φορτίου του συστήματος. Αυτό το ίδιο σύστημα ελέγχου προστατεύει τις αντλίες θερμότητας από πάγωμα και υπερθέρμανση, ή σε περίπτωση που η θερμοκρασία της πηγής ανέβει πάνω από την παρούσα τιμή των 24 °C μετά από μακράς διάρκειας παραγωγή υπόγειου νερού.

Στη διάρκεια του θέρους, και οι δύο αντλίες θερμότητας εργάζονται σε πρόγραμμα ψύξης, απορρίπτοντας θερμότητα στην πηγή (από την οποία κάνουν ανάκτηση το χειμώνα). Για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση ενέργειας, η αντλία νερού τροφοδοτεί κατά προτεραιότητα τη μονάδα A/Θ2. Σαν αποτέλεσμα, η A/Θ2, η οποία είναι μεγαλύτερη και δουλεύει περισσότερες ώρες τον χρόνο, λειτουργεί με υψηλότερο COP. Έτσι, η A/Θ1 λειτουργεί με πιο κρύο εξατμιστή και χαμηλότερο COP αφού δέχεται νερό από την έξοδο της A/Θ2, αφού η A/Θ2 είναι σε προτεραιότητα. Εντούτοις, αντί των 24°C, η θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί μέσα στον κλειστό βρόγχο είναι ελέγξιμη και διατηρείται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Η υψηλότερη τιμή αυτής της χαμηλότερης θερμοκρασίας τοποθετείται στους 18 °C επειδή οι τεχνολογίες του σπείροειδή συμπιεστή και των δύο αντλιών θερμότητας δεν αντέχουν υψηλότερες θερμοκρασίες εξάτμισης. Με σκοπό την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, το σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας του βρόγχου άντλησης στη διάρκεια του χειμώνα έχει ρυθμιστεί σε αυτήν την μέγιστη επιτρέψιμη τιμή (των 18°C).

Κατά τις ενδιάμεσες εποχές μπορεί να συμβεί ταυτόχρονη ζήτηση και θέρμανσης στο σύστημα A/Θ2 και ψύξης στο A/Θ1, εξ' αιτίας του υψηλού λανθάνοντος φορτίου μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας και στην αίθουσα συνεδριάσεων (σύστημα A/Θ1). Σε αυτήν την περίπτωση, ο κλειστός βρόγχος, υποβοηθείται από χαμηλή ταχύτητα στο inverter του ανοιχτού βρόγχου, ισοσταθμίζοντας έτσι τα αντίθετα θερμικά φορτία.

Ο ξενώνας του κτιρίου απαιτεί παροχή ζεστού νερού, η οποία παρέχεται από ηλιακούς συλλέκτες νερού συμπαγούς τύπου, της εταιρείας SOLE SA.

3. ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα σημεία μετρήσεων απόδοσης των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 1 ενώ οι θέσεις τους στο σχήμα 1. Τα σημεία που αντιστοιχούν στις μετρήσεις των κεντρικών μονάδων κλιματισμού (υποβοηθούμενων από ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια) παρουσιάζονται στον πίνακα 2 ενώ οι θέσεις τους στο σχήμα 2.

Από τα σημεία μετρήσεων των πινάκων και σχεδίων, με εξαίρεση τα m_{ws} και m_{gw} , παρουσιάζουν σταθερές τιμές και καταγράφηκαν μία φορά τη μέρα, τα επόμενα :

- ο Ομάδα A (παροχή μάζας νερού) : m_{135} , m_{24} , $m_{h/p}$, m_{ws} , m_{gw}

ο Ομάδα Β (παροχή αέρα) : V_2, V_{2f}, V_4, V_{4f}
 Οι υπόλοιπες μεταβλητές (ομάδες Γ, Δ, Ε και ΣΤ) έχουν καταγραφεί σε συνεχή βάση, δηλ. κάθε 5 λεπτά:

- ο Ομάδα Γ (θερμοκρασίες) : $T_{21}, T_{22}, T_{2out}, T_{11}, T_{12}, T_{1out}, T_{h/p}, T_{ws}, T_a, T_{c2out}, T_{2s}, T_{c4out}, T_{c4in}, T_{4s}$

Πίνακας 1: Σημεία μέτρησης στους βρόγχους των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (βλ. και σχ. 1)

		Το ίδιο με τη:
	A/Θ2	
T_{21}	θερμοκρασία εισόδου στο A/Θ2 , πλευρά φορτίων	
T_{22}	θερμοκρασία εξόδου από A/Θ2 , πλευρά φορτίων	
T_{2out}	θερμοκρασία εξόδου από A/Θ2 , πλευρά πηγής	θερμοκρασία εισόδου στο A/Θ1 , πλευρά πηγής
m_{135}	ροή μάζας νερού, πλευρά φορτίων	
P	απορροφούμενη ηλεκτρική ενέργεια από όλα τα μέρη και εξαρτήματα του συστήματος HVAC	
	A/Θ1	
T_{11}	θερμοκρασία εισόδου στο A/Θ1 , πλευρά φορτίων	
T_{12}	θερμοκρασία εξόδου από A/Θ1 , πλευρά φορτίων	
T_{1out}	θερμοκρασία εξόδου από A/Θ2 , πλευρά πηγής	θερμοκρασία εισόδου στο E/Θ , πλευρά νερού
m_{24}	Ροή μάζας νερού, πλευρά φορτίων	
	E/Θ	
$T_{h/p}$	θερμοκρασία παροχής στις αντλίες θερμότητας	θερμοκρασία εξόδου από E/Θ , πλευρά νερού, θερμοκρασία εισόδου στο A/Θ2 , πλευρά πηγής
$m_{h/p}$	ποσοστό ροής μάζας νερού των αντλιών θερμότητας, περιοχή πηγής	
	WS	
T_{ws}	θερμοκρασία αποθηκευμένου νερού	θερμοκρασία εισόδου στο E/Θ , περιοχή υπογείου νερού
m_{ws}	ροή μάζας υπογείου νερού που φεύγει από τη δεξαμενή αποθήκευσης	
m_{gw}	ροή μάζας υπογείου νερού από το φρέαρ που τροφοδοτεί την δεξαμενή αποθήκευσης	

- ο Ομάδα Δ (συνθήκες εσωτερικού χώρου) : $T_{2r}, RH_2, T_{4r}, RH_4$
- ο Ομάδα Ε (κατανάλωση ισχύος) : **P**;
- ο Ομάδα ΣΤ (ηλιακή ενέργεια) : **W**.

Η τεχνολογία των αισθητήρων που εφαρμόστηκε για τη μέτρηση των πιο πάνω ομάδων-παραμέτρων αναλύεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 2: Σημεία μέτρησης στις ηλιοβοηθούμενες κεντρικές μονάδες κλιματισμού (βλ. και σχ. 2)

Περιβάλλον	
W	Ολική ηλιακή ακτινοβολία
T _a	Θερμοκρασία περιβάλλοντος
RH _a	Υγρασία περιβάλλοντος
KKM2	
T _{c2out}	Θερμοκρασία εξόδου των ηλιακών συλλεκτών προς την KKM2
T _{2r}	Θερμοκρασία ζώνης της KKM2
RH ₂	Υγρασία ζώνης KKM2
T _{2r}	Θερμοκρασία παροχής αέρα της KKM2
V ₂	Παροχή αέρα της KKM2
V _{2f}	Παροχή νωπού αέρα της KKM2
KKM4	
T _{c4out}	Θερμοκρασία εξόδου των ηλιακών συλλεκτών προς την KKM4
T _{c4in}	Θερμοκρασία εισόδου των ηλιακών συλλεκτών από την KKM4
T _{4r}	Θερμοκρασία ζώνης της KKM4
RH ₄	Υγρασία ζώνης της KKM4
T _{4s}	Θερμοκρασία παροχής αέρα της KKM4
V ₄	Παροχή αέρα της KKM4
V _{4f}	Παροχή νωπού αέρα της KKM4

Πίνακας 3: Τεχνολογία εξοπλισμού για τις μετρήσεις

Ομάδα	Τεχνολογία αισθητήρων	Παρατηρήσεις
Ομάδα Α	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής ροής	Έλεγχοι από το Δρ αντλιών
Ομάδα Β	Μετρητής ροής αέρα προπέλας	
Ομάδα Γ	Αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου Pt100	Μέσω BEMS
Ομάδα Δ	Διπλός αισθητήρας τύπου transistor	Μέσω BEMS
Ομάδα Ε	Αθροιστής ενέργειας 3Ph	Μέσω BEMS
Ομάδα ΣΤ'	Μετρητής ηλιακής ισχύος-πυρανόμετρο	

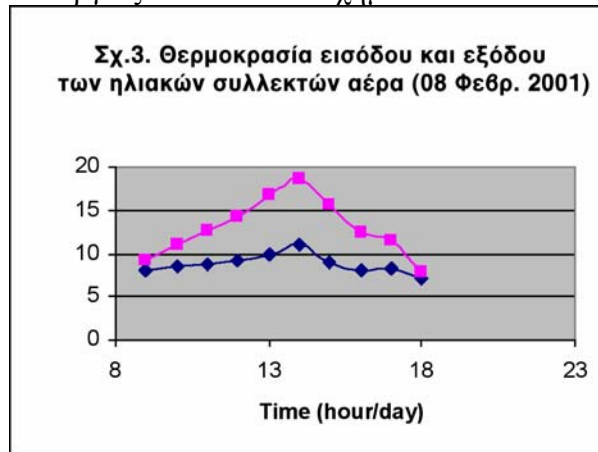
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να αξιολογήσουμε την ενεργειακή απόδοση, η λειτουργία του συστήματος ρυθμίστηκε στις ακόλουθες συνθήκες:

- ο μεταξύ πολλών με συνεχόμενη καταγραφή μετρήσεων, επιλέχθηκε μία μέρα θέρμανσης
- ο Αμφοτέρες, και η Α/Θ2 και η Α/Θ1, λειτουργούσαν σε θέρμανση.
- ο Η Α/Θ1 τροφοδοτούσε την μόνο με την KKM2 (αίθουσα συνεδριάσεων)
- ο Η παροχή του νωπού αέρα (KKM2) είχε ρυθμιστεί < 50% της μέγιστης τιμής.
- ο Το σύστημα freecooling της KKM2 (από τις επιλογές του BEMs) δεν ενεργοποιήθηκε.
- ο Η κρίσιμη θερμοκρασία κλειστού βρόγχου T_{h/p} έχει προκαθοριστεί κατά το χειμώνα **MAT = 18 °C**

Οι μετρήσεις των σταθερών παραμέτρων και της παροχής μάζας του υπογείου νερού m_{ws} δίνονται στον πίνακα 4.

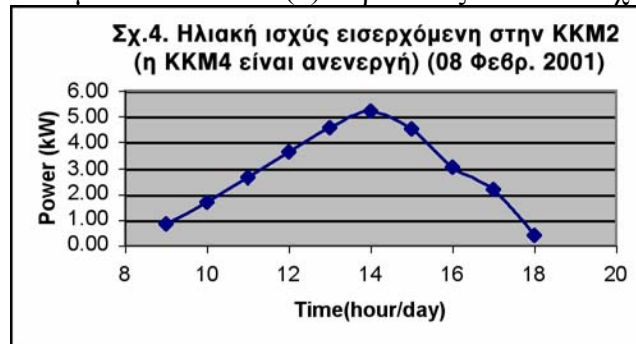
Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας της εισόδου και εξόδου των ηλιακών συλλεκτών την συγκεκριμένη μέρα λειτουργίας δίνονται στο σχήμα 3.



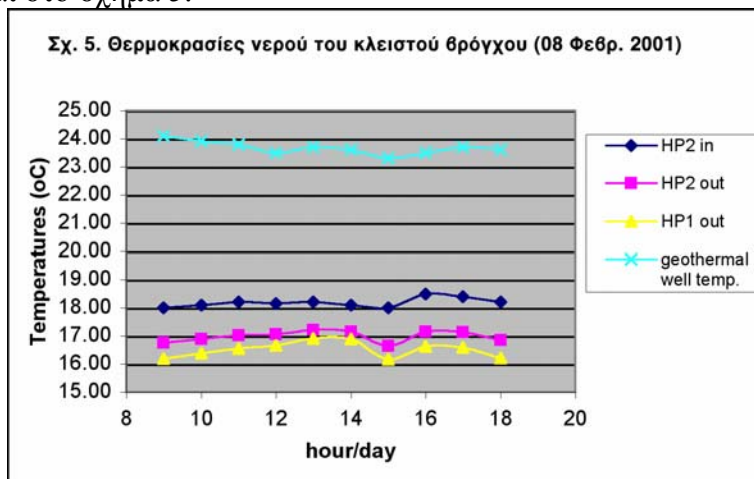
Η θερμική ενέργεια που συλλέγεται από τους αεροσυλλέκτες υπολογίστηκε από τον ακόλουθο τύπο:

$$P_{solar} = \rho_{air} V_{2f} c_{pair} (T_{c2out} - T_a), \quad (1)$$

Όπου ρ_{air} και c_{pair} είναι η πυκνότητα και η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα του τύπου (1) παρουσιάζονται στο σχήμα 4.



Οι θερμοκρασίες στα σημεία των μετρήσεων στους βρόγχους των αντλιών θερμότητας παρουσιάζονται στο σχήμα 5.



Η γεωθερμική ενέργεια που υποστηρίζει τις αντλίες θερμότητας έχει υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις:

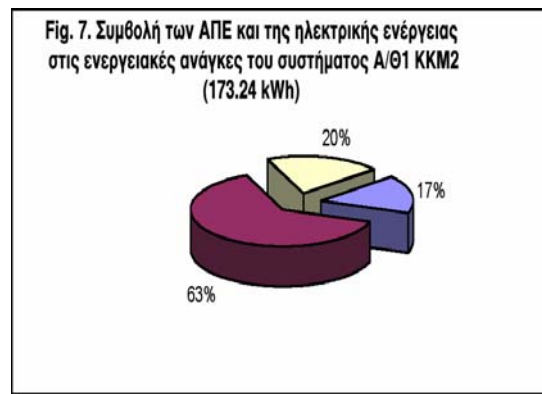
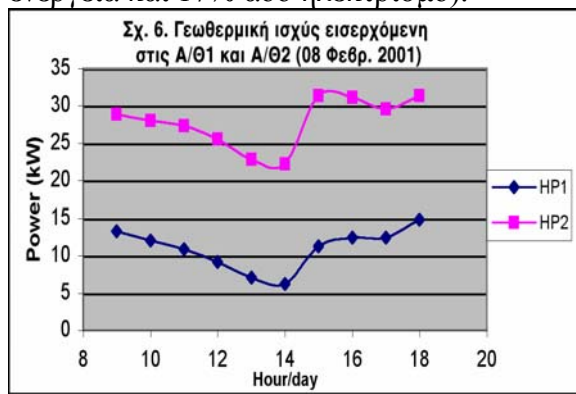
$$P_{HP1} = m_{h/p} c_{pw} (T_{2out} - T_{1out}) \quad (2)$$

$$P_{HP2} = m_{h/p} c_{pw} (T_{h/p} - T_{2out}) \quad (3)$$

Όπου c_{pw} είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 6.

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού P συμπεριλαμβανομένου όλου του εξοπλισμού HVAC, δηλαδή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, των αντλιών νερού και όλων των ανεμιστήρων (κεντρικές μονάδες κλιματισμού και τοπικές μονάδες κλιματισμού), έχει μετρηθεί μέσω του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (BEMS).

Η συμβολή της ηλιακής, της γεωθερμικής και της ηλεκτρικής ενέργειας στον ενεργειακό ισολογισμό του κτιρίου φαίνεται στο σχήμα 7 (63% από γεωθερμία, 23% από ηλιακή ενέργεια και 17% από ηλεκτρισμό).



Η μέση ημερήσια ενεργειακή απόδοση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας που εκφράζεται από τον καθαρό συντελεστή συμπεριφοράς (καθαρός COP = ημερήσια παραγόμενη ενέργεια προς την ημερήσια καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια) και από τους ηλιακούς συλλέκτες (η = ημερήσια συλλεγόμενη ενέργεια προς την ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) δίνονται στον πίνακα 5.

Πίνακας 4: Μετρημένες τιμές των σταθερών παραμέτρων και της m_{ws}

	V_2	V_{2f}	V_4	V_{4f}	m_{135}	m_{24}	$m_{h/p}$	m_{ws}
m^3/h	2.300	1.800	0	0	26.0	15.0	19.5	18.2
kg/s	(0.805)	(0.63)	0	0	7.22	4.17	5.42	5.06

Πίνακας 5: Ενεργειακή απόδοση από τις αντλίες θερμότητας και από τους ηλιακούς συλλέκτες αέρα

Ημερομηνία	Αντλίες θερμότητας		Ηλιακοί συλλέκτες
	Καθαρό COP της A/Θ1	Καθαρό COP της A/Θ2	Μέσο ημερήσιο η
08-02-2001	3.91	4.3	0.395

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου του Ευρωπαϊκού Κέντρου Δημοσίου Δικαίου στα Λεγραινά Αττικής, επιδεικνύει την εφαρμοσιμότητα και αξιοπιστία της τεχνολογίας συνδυασμού της ηλιακής και της γεωθερμικής ενέργειας και ειδικότερα της σύζευγμένης λειτουργίας ηλιακών συλλεκτών με σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας χρησιμοποιούμενο για θέρμανση και ψύξη κτιρίων. Παρατηρήσεις λειτουργικής συμπεριφοράς και υπολογισμοί ενεργειακής απόδοσης για μια χειμωνιάτικη μέρα (την 8^η 2^{ου} 2001), απέδειξαν ότι η γεωθερμική ενέργεια μπορεί αποτελεσματικά να συνεισφέρει στον ενεργειακό ισολογισμό του κτιρίου (έως 63%), αυξάνοντας το συνολικό μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (έως 83%)

Αντίθετα με την θεωρητικές τιμές COP επί δηλωμένων και πιστοποιημένων τιμών κατασκευαστή) της τάξης του 5.0, οι μετρημένες τιμές πραγματικού πεδίου στο έργο του Ευρωπαϊκού Κέντρου Δημοσίου Δικαίου ήταν της τάξης του **COP=4.15**.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό και την επίβλεψη της κατασκευής του συστήματος, το οποίο υποστηριζόταν από το Κοινοτικό πρόγραμμα THERMIE (MEDUCA –«Μοντέλο εκπαιδευτικών κτιρίων με ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό ενεργειακό σχεδιασμό» , αριθμός συμβολαίου BU/1996-1006/DK).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Iconomides G. “Model EDuCAtional Buildings-MEDUCA”, Project BU/1996-1006/DK Final Report, CRES 2002
2. IEA “Solar air systems-built examples” James&James;1999.
3. Mendrinos D., Karagiorgas M., Karytsas C. “Use of geothermal heat pumps for heating of buildings in Greece”. Presented during the “Low temperature systems in existing historical buildings”, 07 March 2002, Maastricht, Netherlands.