



**Εξοικονόμηση ενέργειας με εκμετάλλευση
ομαλής γεωθερμίας
στην πολυτεχνειούπολη ζωγράφου**

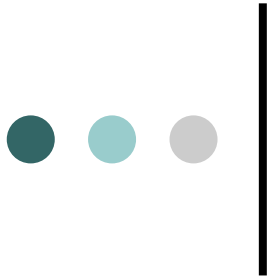
Μιχ. Γρ. Βραχόπουλος, Φυτρολάκης Ν.,
Κυρούσης Ι. & Κραββαρίτης Ε.Δ.



Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή θερμού νερού χρήσης καλύπτονται σχεδόν αποκλειστικά από ορυκτά καύσιμα και ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο επίσης παράγεται από ορυκτά καύσιμα

Η θερμαντλία έχει την ικανότητα να «παράγει» θερμική ενέργεια $\dot{Q}_{\text{πα}}$, η οποία συντίθεται από δυο συνιστώσες: την $\dot{Q}_{\text{πε}}$ (περιβαλλοντική θερμότητα) και την $\dot{W}_{\text{κ}}$ (ενέργεια κίνησης του συμπιεστή της Α.Θ.), ήτοι:

$$\dot{Q}_{\text{πα}} + \dot{Q}_{\text{πε}} = \dot{W}_{\text{κ}}$$



Η ικανότητα της θερμαντλίας να παράγει ενέργεια οικονομικώς ενδιαφέρουσα εξαρτάται από το συντελεστή συμπεριφοράς αυτής ή το συντελεστή πολλαπλασιασμού

$$COP = \frac{\dot{Q}_{\pi\epsilon}}{\dot{W}_{\kappa}}$$

$$COA = \frac{\dot{Q}_{\pi\alpha}}{\dot{W}_{\kappa}}$$



ΥΠΕΡΓΕΙΑ ή ΥΠΟΓΕΙΑ ΠΗΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Με τις θερμαντλίες αξιοποιείται η καλούμενη περιβαλλοντική θερμική ενέργεια, δηλαδή αυτή που περιέχεται στις υλικές μάζες του άμεσου περιβάλλοντος του κτιρίου, δηλαδή στις αέριες, στις υδάτινες και στις εδαφικές - υπεδαφικές (λιθογραφικές) μάζες

ο συντελεστής απόδοσης μιας Α.Θ. εξαρτάται κατά σημαντικό ποσοστό από τη θερμοκρασία της πηγής θερμότητας, δηλαδή του περιβάλλοντα αέρα ή της διαθέσιμης λιθογραφικής μάζας,
η τιμή του COP δεν είναι σταθερή.



ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Με τις θερμαντλίες αξιοποιείται η καλούμενη περιβαλλοντική θερμική ενέργεια, δηλαδή αυτή που περιέχεται στις υλικές μάζες του άμεσου περιβάλλοντος του κτιρίου, δηλαδή στις αέριες, στις υδάτινες και στις εδαφικές - υπεδαφικές (λιθογραφικές) μάζες

ο συντελεστής απόδοσης μιας Α.Θ. εξαρτάται κατά σημαντικό ποσοστό από τη θερμοκρασία της πηγής θερμότητας, δηλαδή του περιβάλλοντα αέρα ή της διαθέσιμης λιθογραφικής μάζας,
η τιμή του COP δεν είναι σταθερή.



ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ Β' ΦΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει:

- Δεκαοκτώ (18) γεωθερμικούς εναλλάκτες μέσου μήκους (βάθους) 90m οι οποίοι δημιουργούν πεδίο.
- Παραγωγική γεώτρηση νερού, βάθους 250m, παροχής 35m³/h, αγωγό διαμέτρου 150 mm οδηγείται προς εκμετάλλευση στον χώρο του μηχανοστασίου.
- Δυο (2) πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας.
- Δυο (2) θερμαντλίες Νερού – Νερού, η μια με χρήση ψυκτικού μέσου R-407c και η άλλη με R-22, ισχύος 135kW_c/150kW_h και 300kW_c/350kW_h αντίστοιχα. Συνθήκες λειτουργίας 260-65psi και 200-70psi αντίστοιχα.
-



ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ Β' ΦΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

-
- Συλλέκτες και διανομείς γεωθερμικών εναλλακτών.
- Δεξαμενή αποθήκευσης (αδρανείας) κλιματισμένου νερού, χωρητικότητας 5m³.
- Πέντε (5) in line αντλίες οι οποίες χρησιμεύουν για την κυκλοφορία του νερού εσωτερικά στο μηχανοστάσιο, δυο μεταξύ πλακοειδών εναλλακτών και θερμαντλιών, μια μεταξύ γεωθερμικών εναλλακτών και θερμαντλίας (R-407c) και δυο μεταξύ θερμαντλιών και δεξαμενής τροφοδοσίας συστήματος κλιματισμού κτιρίου.
- Την διάταξη συνοδεύει και δεξαμενή θερμού νερού χρήσης, χωρητικότητας 2,5m³
- παράκαμψη «συντήρησης» του κτιρίου - σύστημα παρακαμπτηρίου αγωγού



ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι συνθήκες λειτουργίας των θερμαντλιών που είναι συζευγμένες με το υπέδαφος είναι διαφορετικές από αυτές που λειτουργούν με αέρα.

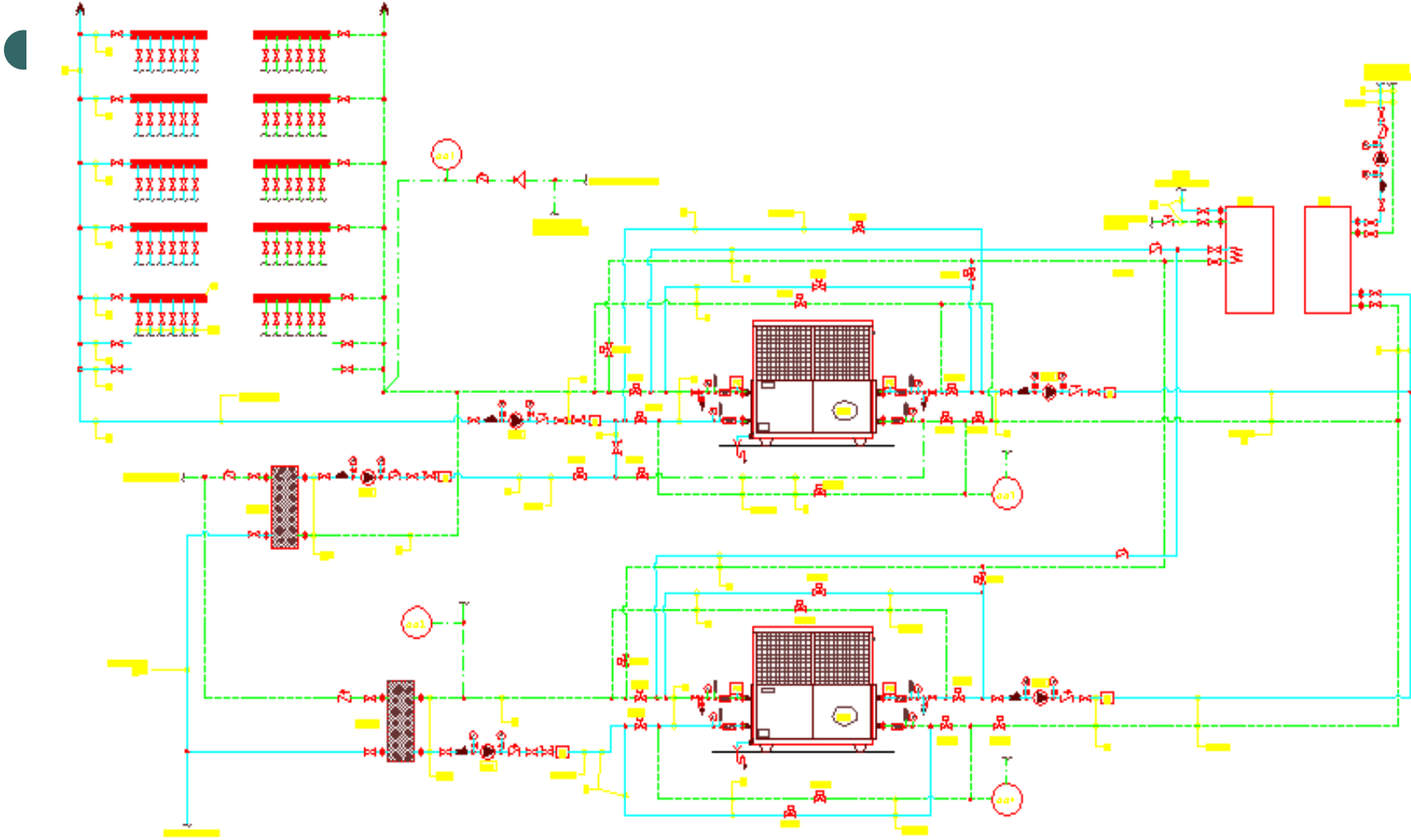
Επίσης διαφορετικότητα παρουσιάζεται και στις θερμαντλίες που λειτουργούν με ανοικτό ή κλειστό κύκλωμα νερού και τούτο διότι στις μεν παρουσιάζονται σταθερές συνθήκες θερμικής συμπεριφοράς στις δε δεύτερες παρουσιάζονται μεταβλητές συνθήκες θερμικής συμπεριφοράς.

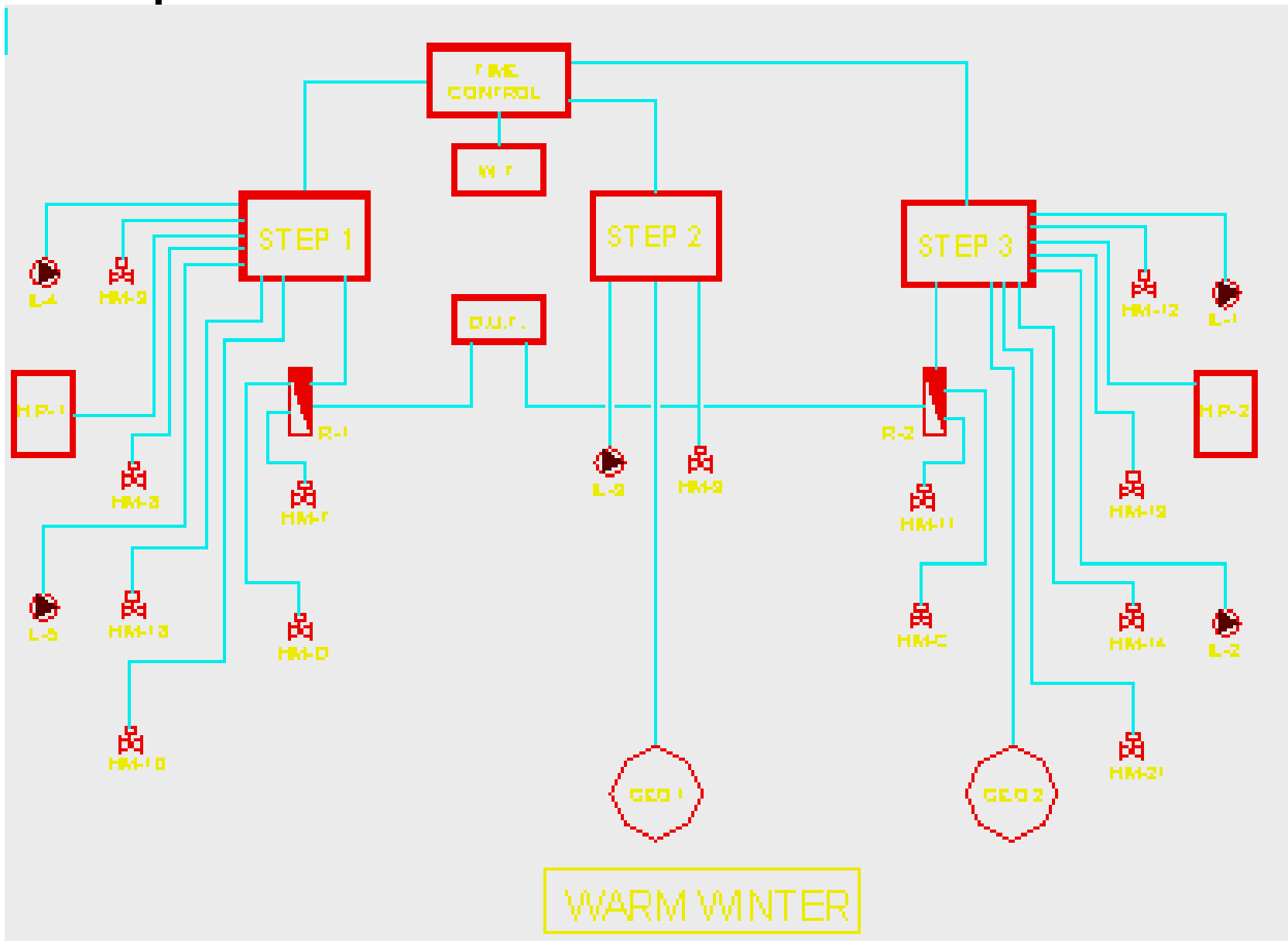
«Θερμαντλία με ψυκτικό μέσο R-407c, συζευγμένη μέσω κλειστού κυκλώματος νερού.

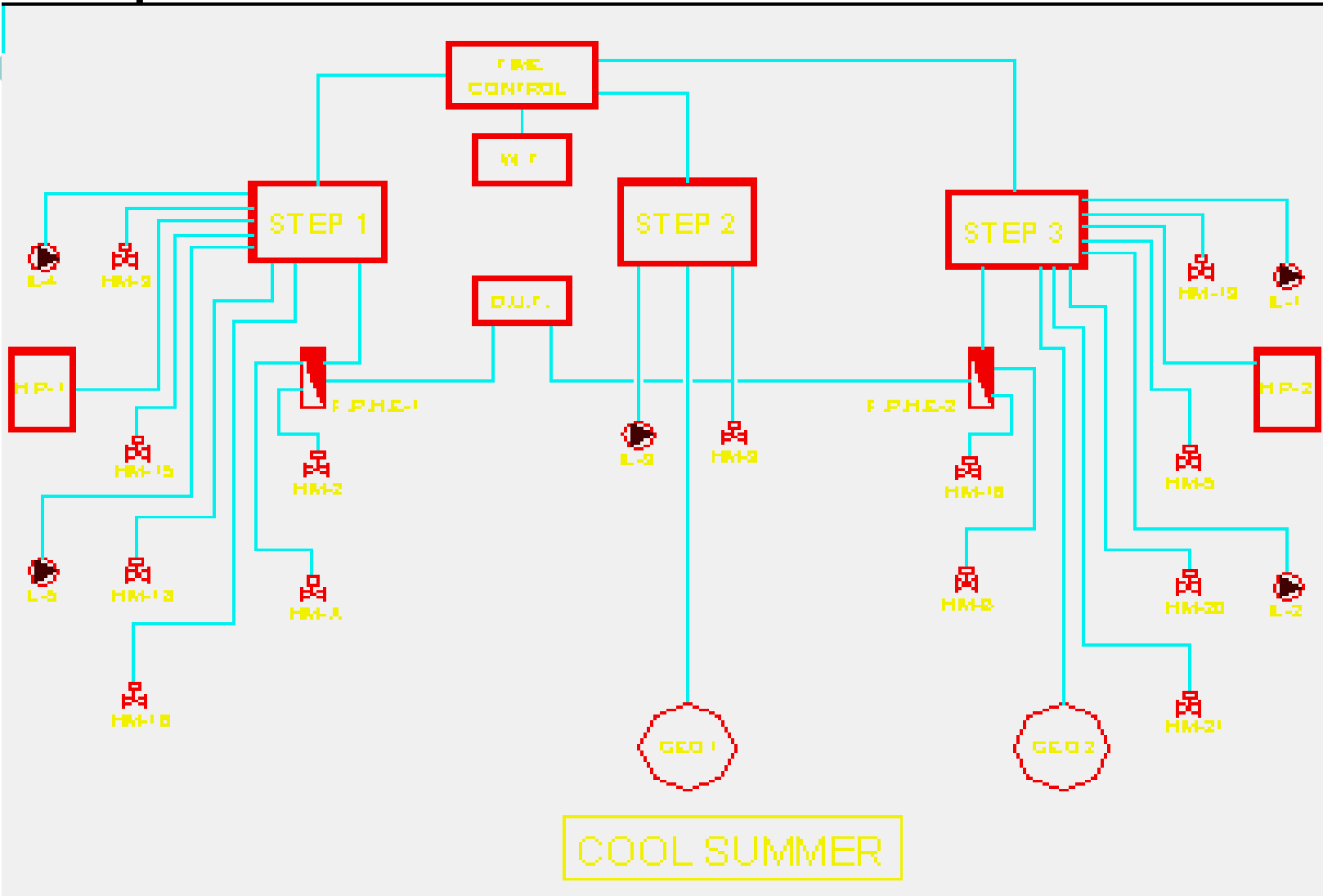
α/α	Περίοδος και Στοιχεία	Αέρα	Γεωθερμική	Μονάδες
	<u>Χειμώνας</u>			
1	Θερμοκρασία Συμπύκνωσης	45,0	44,79	°C
2	Θερμοκρασία Ατμοποίησης	-3,15	13,83	°C
3	Πίεση Συμπύκνωσης	17,28	17,18	bar
4	Πίεση Ατμοποίησης	4,07	7,15	bar
5	Διαφορά πίεσης ΔΡ	13,21	10,30	bar
6	Λόγος συμπίεσης	4,25	2,40	
7	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	68	71	%
8	Θεωρητικό COA	5,15	8,41	
7	Ισχύς ανεμιστήρων και αντλιών	4,96	1,50	kW
8	Πραγματικό COA	3,38	5,88	
	<u>Θέρος</u>			
1	Θερμοκρασία Συμπύκνωσης	43,25	29,8	°C
2	Θερμοκρασία Ατμοποίησης	3,84	3,84	°C
3	Πίεση Συμπύκνωσης	16,52	11,49	bar
4	Πίεση Ατμοποίησης	5,16	5,16	bar
5	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	68	71	%
6	Θεωρητικό COP	5,52	9,14	
7	Ισχύς ανεμιστήρων και αντλιών	4,96	1,50	kW
8	Πραγματικό COP	3,26	6,06	

«Θερμαντλία με ψυκτικό μέσο R-22, συζευγμένη μέσω ανοικτού κυκλώματος νερού

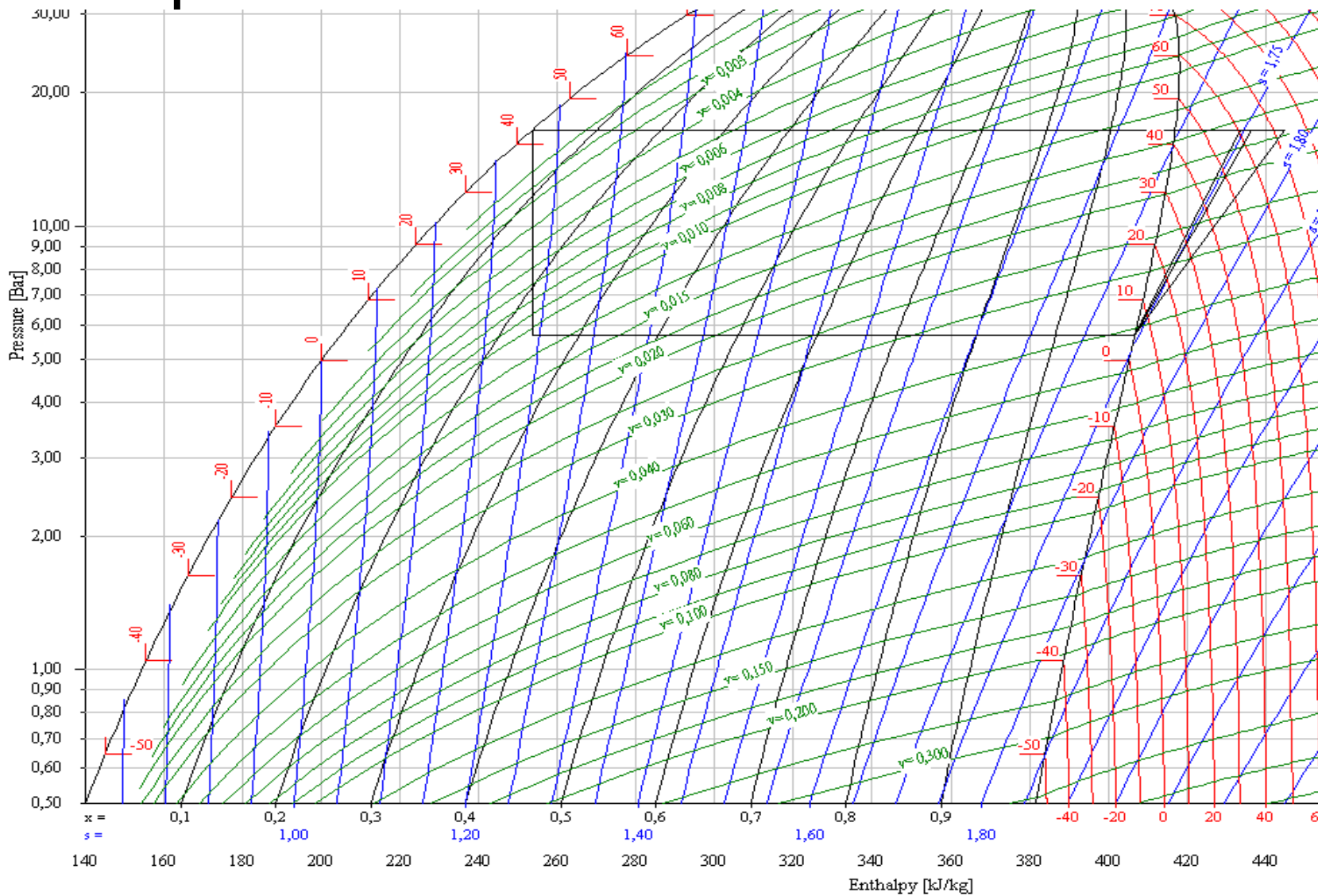
α/α	Περίοδος και Στοιχεία	Αέρα	Γεωθερμική	Μονάδες
	<u>Χειμώνας</u>			
1	Θερμοκρασία Συμπύκνωσης	45,0	45,0	°C
2	Θερμοκρασία Ατμοποίησης	-3,0	14,0	°C
3	Πίεση Συμπύκνωσης	17,29	17,29	bar
4	Πίεση Ατμοποίησης	4,51	7,67	bar
5	Διαφορά πίεσης ΔΡ	12,78	9,625	bar
6	Λόγος συμπίεσης	3,84	2,26	-
7	Ογκομετρικός Βαθμός Απόδοσης	76	86,5	%
8	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	68,4	77,9	%
9	Θεωρητικό COA	5,37	8,70	
10	Ενδεικνυόμενο COA	3,97	6,39	
11	Ισχύς ανεμιστήρων και αντλιών	11	3,33	kW
12	Πραγματικό COA	3,47	5,97	
	<u>Θέρος</u>			
1	Θερμοκρασία Συμπύκνωσης	43	30	°C
2	Θερμοκρασία Ατμοποίησης	3,84	4	°C
3	Πίεση Συμπύκνωσης	16,49	11,92	bar
4	Πίεση Ατμοποίησης	5,66	5,66	bar
5	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	70	75	%
6	Θεωρητικό COP	5,76	9,32	
7	Ισχύς ανεμιστήρων και αντλιών	11	3,33	kW
8	Πραγματικό COP	3,51	6,49	



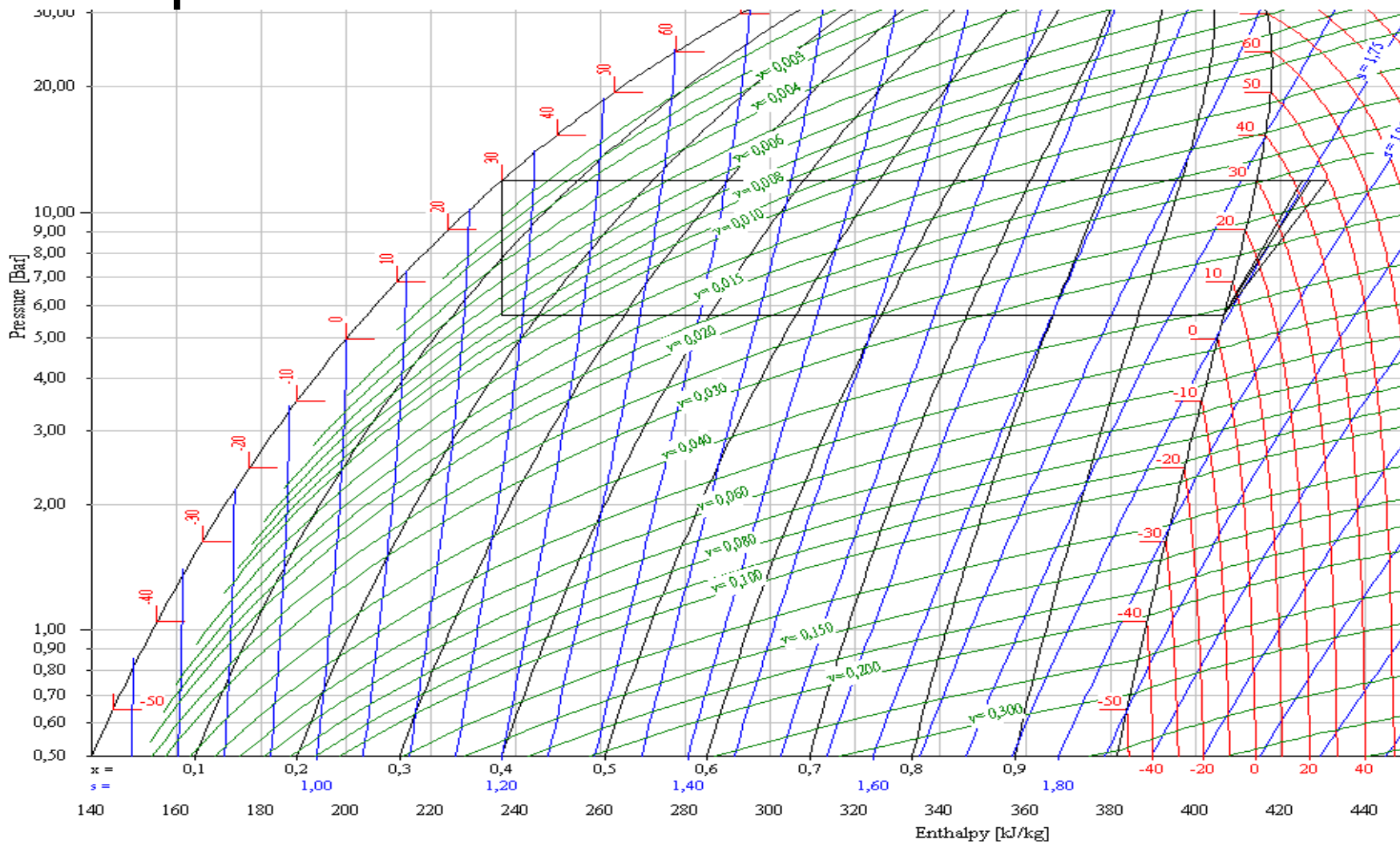




Ψυκτικό διάγραμμα αερόψυκτης διάταξης για R22



Ψυκτικό διάγραμμα γεωθερμικής διάταξης για R22



«Συγκριτικά στοιχεία θερμαντλιών»

	<u>Χειμώνας</u>		<u>Θέρος</u>		
<u>Γεωθερμία</u>					
	<u>R-22</u>	<u>R407C</u>	<u>R-22</u>	<u>R407C</u>	
Θερμότητα Ατμοποίησης Q_e	153,75	157,80	170,15	179,09	kJ/kg
Θερμότητα Συμπύκνωσης Q_c	182,27	187,76	194,49	206,64	kJ/kg
Ειδικό έργο Συμπίεσης W	28,52	29,96	24,34	27,56	kJ/kg
Ενδεικνύόμενο COP	6,39	6,27	6,99	6,50	
Λόγος πιέσεων	2,256	2,404	2,106	2,228	
Ισχύς Αντλιών	3,33	1,50	3,33	1,50	kW
Πραγματικό COP	5,97	5,88	6,49	6,06	
Θερμική και Ψυκτική ισχύς	314,8	141,8	300,0	135,2	kW
Απορρ. Ισχύς	50,28	24,12	46,24	22,30	kW
Παροχή μάζας Ψυκτικού m_r	1,7270	0,7552	1,7631	0,7549	kg/s
Παροχή Όγκου στην είς. του συμπιεσ. V_r	0,0544	0,0261	0,0705	0,0355	m ³ /s
Παροχή Όγκου στην εξ. του συμπιεσ. V_r	0,0276	0,0102	0,0397	0,0170	m ³ /s
Ειδικός όγκος Είς. v	0,0315	0,0345	0,04	0,047	m ³ /kg
Ειδικός όγκος Εξ. v	0,016	0,0135	0,0225	0,0225	m ³ /kg

«Συγκριτικά στοιχεία θερμαντλιών»

	<u>Χειμώνας</u>		<u>Θέρος</u>		
<u>Αέρα</u>					
Θερμότητα Ατμοποίησης Q_e	147,88	148,563	153,12	155,38	kJ/kg
Θερμότητα Συμπύκνωσης Q_c	197,64	201,084	191,11	197,34	kJ/kg
Ειδικό έργο Συμπίεσης W	49,76	52,521	38,00	41,96	kJ/kg
Ενδεικνυόμενο COP	3,97	3,83	4,03	3,70	
Λόγος πιέσεων	3,84	4,25	2,9134	3,2018	
Ισχύς Ανεμιστήρων	11	4,96	11	4,96	kW
Πραγματικό COP	3,47	3,38	3,51	3,26	
Απορροφούμενη Ισχύς	86,53	41,99	85,44	41,46	kW
Παροχή μάζας Ψυκτικού m_r	1,6510	0,7338	1,9593	0,8658	kg/s
Παροχή Όγκου στην είσ. του συμπιεσ. V_r	0,0867	0,0437	0,0784	0,0407	m ³ /s
Παροχή Όγκου στην εξ. του συμπιεσ. V_r	0,0305	0,0121	0,0343	0,0141	m ³ /s
Ειδικός όγκος Είς. v	0,0525	0,0595	0,04	0,047	m ³ /kg
Ειδικός όγκος Εξ. v	0,0185	0,0165	0,0175	0,01625	m ³ /kg
<u>Συγκρίσεις</u>					
Λόγος COP _g /COP _a	1,72	1,74	1,85	1,86	
Λόγος μαζών $m_{r,g}/m_{r,a}$	1,05	1,03	0,90	0,87	
Λόγος Όγκων εισ. $V_{r,g}/V_{r,a}$	0,63	0,60	0,90	0,87	
Λόγος Όγκων εξ. $V_{r,g}/V_{r,a}$	0,90	0,84	1,16	1,21	



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πλεονεκτήματα:

Βελτιώνει το βαθμό απόδοσης (COP/COA) 6,49 έναντι 3,51 ήτοι αύξηση 185%.

Μειώνει την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ 46,24kWe γεωθερμική έναντι 85,44 kWe αέρα, μείωση κατά 46%.

Μειώνει τον όγκο του συμπυκνωτή/ατμοποιητή 9% δεδομένου.

Δημιουργεί τους καλύτερους όρους συσχέτισης των παροχών που λειτουργούν ως αντλίες θερμότητας (ελαχιστοποιείται το μέγεθος των συμπυκνωτών) κατά 32%.

Αυξάνεται η αποδοτικότητα όλων των μεμονωμένων συσκευών και ιδιαίτερα του συμπιεστή.

Μεγιστοποιεί τη διάρκεια ζωής της μονάδας.

Εξοικονόμηση ενέργειας 10% λόγω της μείωσης της παροχής ψυκτικού μέσου.

Εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 34% από την ουσιαστική μείωση διαφοράς θερμοκρασίας.

Μείωση όγκου των εγκαταστάσεων κατά 15%.

Μείωση όγκου και βάρους ψυκτικής διάταξης μέχρι 10%.

Μείωση ηλεκτρικών φορτίων.

Μείωση κόστους λειτουργίας.

Βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, λόγω της απόρριψης της θερμότητας στο γήινο περιβάλλον και όχι στον περιβάλλοντα αέρα. Αξίζει να τονιστεί ότι η απόρριψη αυτή αντιστοιχεί σε 1,5 K/min.

Βελτίωση ογκομετρικού βαθμού απόδοσης συμπιεστή μέχρι 12,5%.