

## Αντλίες Θερμότητας Υψηλών Θερμοκρασιών

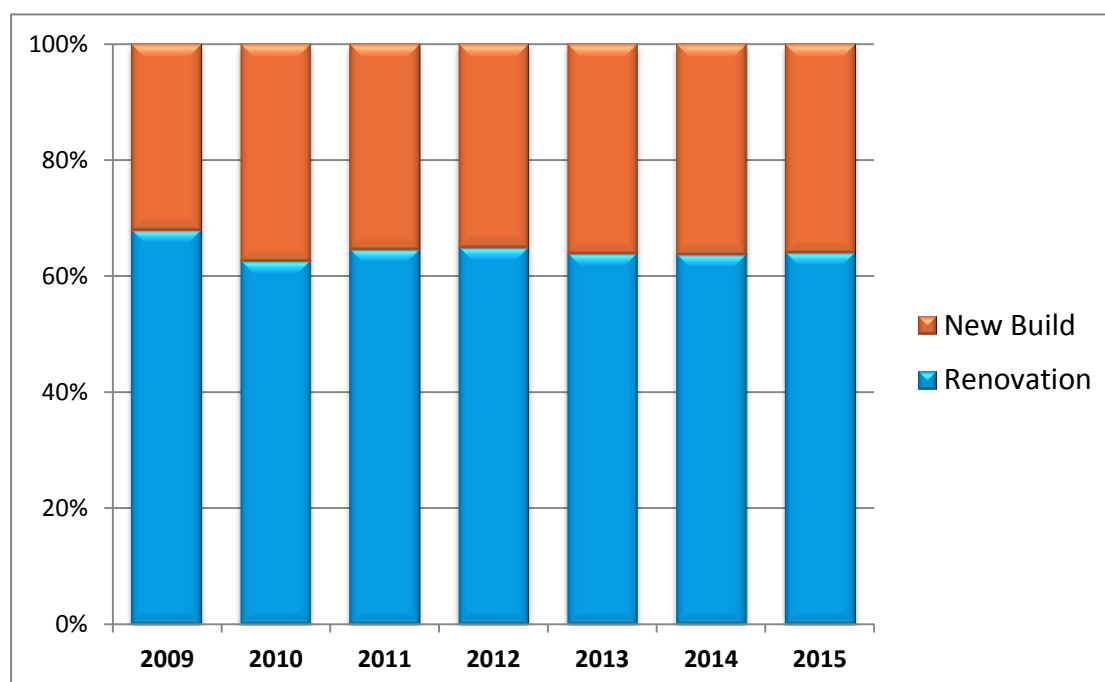
Με το κόστος θέρμανσης να ανεβαίνει χρόνο με το χρόνο, η βασική αυτή ανάγκη έχει γίνει δυστυχώς πολυτέλεια για τους περισσότερους. Η αύξηση των τιμών ενέργειας οδηγεί τον καταναλωτή σε αναζήτηση της καλύτερης εναλλακτικής λύσης. Τα συμβατικά συστήματα πετρελαίου και αερίου έχουν υψηλό κόστος λειτουργίας και είναι παράλληλα βλαβερά για το περιβάλλον, καθώς λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα.

Οι λύσεις που προτείνονται ειδικά τα τελευταία χρόνια είναι πολλές και όλες υπόσχονται εντυπωσιακή οικονομία στη λειτουργία θέρμανσης σε σύγκριση πάντα με ένα συμβατικό λέβητα πετρελαίου. Παλαιότερες μέθοδοι και τεχνολογίες έχουν βγει και πάλι στην αγορά (λέβητες ιόντων, ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές, πάνελ υπερύθρων, τζάκια, αερόθερμα, ξυλόσομπες κλπ) άλλα ως λύση ανάγκης και άλλα παρουσιαζόμενα ως επανάσταση στην ανάγκη για οικονομικότερη θέρμανση.

Είναι γεγονός πως η σύγκριση κόστους λειτουργίας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης είναι μια συνεχής διαδικασία καθώς είναι σε άμεση συνάρτηση με τις τιμές ενέργειας οι οποίες αναπροσαρμόζονται διαρκώς. Γεγονός επίσης είναι πως πολλές από τις εναλλακτικές λύσεις του πετρελαίου που προτείνονται είναι πολύ πιο δαπανηρές όσον αφορά το κόστος λειτουργίας. Η σύγχυση που δημιουργείται -στην οποία παγιδεύεται και ο καταναλωτής- είναι στο κατά πόσο αυτά τα συστήματα μπορούν κατά πρώτον να θερμάνουν την κατοικία μας αλλά και πόσο πιο οικονομικά μπορούν να το επιτύχουν αυτό. Έτσι αυτό που ακούγεται συχνά είναι το πόσο καλά ζεστάθηκε η κατοικία με έναν ηλεκτρικό λέβητα ή κάποια πάνελ υπερύθρων - πράγμα για το οποίο δεν αμφέβαλε ποτέ κανείς εφόσον η διαστασιολόγηση των συστημάτων είναι η σωστή- και όχι το πόσο πιο οικονομικά σε σχέση με το λέβητα πετρελαίου που συνήθως προϋπήρχε.

**Ο οικονομικότερος τρόπος θέρμανσης αυτή τη στιγμή και με τις δεδομένες τιμές ενέργειας είναι η αντλία θερμότητας.** Αυτό αποδεικνύει και έρευνα του Εργαστηρίου Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων του ΕΚΕΤΑ με σκοπό τη σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες προτεινόμενες τεχνολογίες θέρμανσης (<http://www.lsbtp.mech.ntua.gr/el/node/1051>). Οι υπολογισμοί έδειξαν την ξεκάθαρη υπεροχή της αντλίας θερμότητας, όσον αφορά το κόστος λειτουργίας, τόσο σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα πετρελαίου και αερίου αλλά και με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις οι οποίες προτείνονται και οι οποίες όπως αποδεικνύεται και επισήμως πλέον είναι περισσότερο κοστοβόρες.

Λόγω της οικονομικής κρίσης ο κλάδος της κατασκευής και ειδικότερα του τομέα των νέων κατοικιών έχει συρρικνωθεί σημαντικά. Σαν αποτέλεσμα και όσον αφορά την αγορά θέρμανσης, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων πετρελαίου σε συνδυασμό με κλασσικά σώματα υψηλών θερμοκρασιών (καλοριφέρ). Παρακάτω φαίνεται (**Διάγραμμα 1**) το ποσοστό επί των πωλήσεων αντλιών θερμότητας ανά έτος που εγκαθίσταται σαν σύστημα αντικατάστασης σε υπάρχουσα εφαρμογή στη Δυτική Ευρώπη. Το ποσοστό στη χώρα μας σύμφωνα με εκτιμήσεις είναι ακόμα μεγαλύτερο και ξεπερνά το 70% των συνολικών πωλήσεων για το 2012.



**Διάγραμμα 1:** Αντλίες Θερμότητας αέρος νερού για οικιακή χρήση – Δυτική Ευρώπη (%)  
(Source BRG 2011)

Παράλληλα με την ανάγκη για εξεύρεση πιο οικονομικού τρόπου θέρμανσης, έντονη είναι και η αναζήτηση ενεργειακά πιο αποδοτικών συστημάτων με στόχο την βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος της κάθε κατοικίας. Γνωρίζοντας πως το 30-35% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας πανευρωπαϊκά σχετίζεται με τις ανάγκες για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για οικιακές εφαρμογές, η νομοθεσία στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οδηγεί προς αυτή την κατεύθυνση.

Μιλώντας λοιπόν για αντικατάσταση μιλάμε για σύστημα σωμάτων υψηλών θερμοκρασιών. Οι θερμοκρασίες λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος παρότι εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους θα μπορούσαμε να πούμε ότι στη μεγάλη τους πλειοψηφία κυμαίνονται μεταξύ 65-80°C. Το ζητούμενο λοιπόν

σε μια τέτοια εφαρμογή είναι η δυνατότητα νερού προσαγωγής αντίστοιχων θερμοκρασιών και με τρόπο πιο οικονομικό από αυτόν ενός συμβατικού λέβητα και παράλληλα η όσο το δυνατό μικρότερη -ή και καθόλου- επέμβαση στο εσωτερικό της κατοικίας.

Με δεδομένο πλέον -σύμφωνα και με την έρευνα του Ε.Μ.Π.- πως ο πιο οικονομικός τρόπος θέρμανσης είναι με τη χρήση συστήματος αντλίας θερμότητας, ας δούμε ποιες είναι οι προτάσεις της αγοράς. Αναφερόμαστε λοιπόν σε κατοικία με κλασσικά θερμαντικά σώματα, στην οποία ο λέβητας καταργείται ή μένει σαν εφεδρεία της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί.

### **Πρόταση Α: Μονοβάθμια αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 55-60°C**

Οι περισσότερες αντλίες θερμότητας αέρος νερού της αγοράς χρησιμοποιούν ένα ψυκτικό κύκλωμα και ως ψυκτικό μέσο το R410A. Ο εναλλάκτης της εξωτερικής μονάδας απορροφά θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος και την μεταφέρει με τη βοήθεια του ψυκτικού κυκλώματος και του κυκλώματος νερού στο χώρο μας. Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι σχεδιασμένα ώστε στη λειτουργία θέρμανσης να έχουν τις βέλτιστες αποδόσεις σε θερμοκρασίες νερού προσαγωγής κοντά στους 35°C. Σε 7°C εξωτερική θερμοκρασία και για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία νερού προσαγωγής ο βαθμός απόδοσης (COP) μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και το 5. Αυτό μεταφράζεται σε 500% απόδοση που σημαίνει πως για κάθε 1kWh που καταναλώνεται, αποδίδονται 5 kWh θερμικές στο χώρο μας. Να τονιστεί πως αυτό που διαφοροποιεί την αντλία θερμότητας από τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης είναι πως **δεν παράγει θερμότητα αλλά τη μεταφέρει με τη βοήθεια του ψυκτικού κυκλώματος**. Μια μονοβάθμια αντλία θερμότητας συνδεδεμένη με υφιστάμενα σώματα υψηλών θερμοκρασιών, προϋποθέτει τη ρύθμισή της σε λειτουργία στο μέγιστο της θερμοκρασίας προσαγωγής με αποτέλεσμα:

- 1) Ο βαθμός απόδοσης να είναι πολύ κάτω από το 2,5 και μάλιστα σε εξωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των 7°C . Σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των λίγων βαθμών κάτω από το μηδέν η απόδοση δυστυχώς θυμίζει την απόδοση ενός ηλεκτρικού λέβητα.
- 2) Σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες πέρα από την κατακόρυφη πτώση του βαθμού απόδοσης για τέτοιες οριακές για το συγκεκριμένο σύστημα θερμοκρασίες προσαγωγής αφενός να μην επιτυγχάνεται η θερμοκρασία στόχου (τότε δηλαδή που πραγματικά θα χρειαζόμαστε το μέγιστο της προσαγωγής) αλλά ακόμη χειρότερα οι εφεδρικές

αντιστάσεις που συνοδεύουν αυτά τα συστήματα να είναι σε συνεχή λειτουργία. Να αναφέρουμε εδώ επίσης πως ο λόγος ύπαρξης εφεδρικών αντιστάσεων σε τέτοιου είδους συστήματα θα πρέπει να είναι για να καλύψουμε **περιστασιακά** κάποια ακραία φορτία χωρίς να υπερδιαστασιολογήσουμε την αντλία μας κατά την επιλογή και όχι για να δίνουμε σε μόνιμη βάση υψηλότερες θερμοκρασίες προσαγωγής όταν θερμοδυναμικά αυτό δεν είναι δυνατό.

- 3) Ακόμα και με τη μέγιστη δυνατή για τη μονάδα θερμοκρασία προσαγωγής να καθυστερεί υπερβολικά η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου ή ακόμα χειρότερα να μην επιτυγχάνεται ποτέ. Εκεί -ερχόμενοι πλέον προ τετελεσμένων- θα ακούσουμε τον εγκαταστάτη να προτείνει αλλαγή όλων ή κάποιων θερμαντικών σωμάτων με μονάδες fan coils ή με μεγαλύτερα σώματα, μη διακοπτόμενη λειτουργία της θέρμανσης, προσθήκη ενός δοχείου αδρανείας και τις περισσότερες φορές συνδυασμό κάποιων ή και όλα τα παραπάνω.

Αν παρόλα ταύτα ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης είχε γίνει για υψηλότερες θερμοκρασίες προσαγωγής δυστυχώς μόνο μια ριζική ανακαίνιση του δικτύου σωληνώσεων και σωμάτων θα μπορέσει να λύσει το πρόβλημα. Στην περίπτωση αυτή οι επεμβάσεις θα είναι ιδιαίτερα μεγάλες.

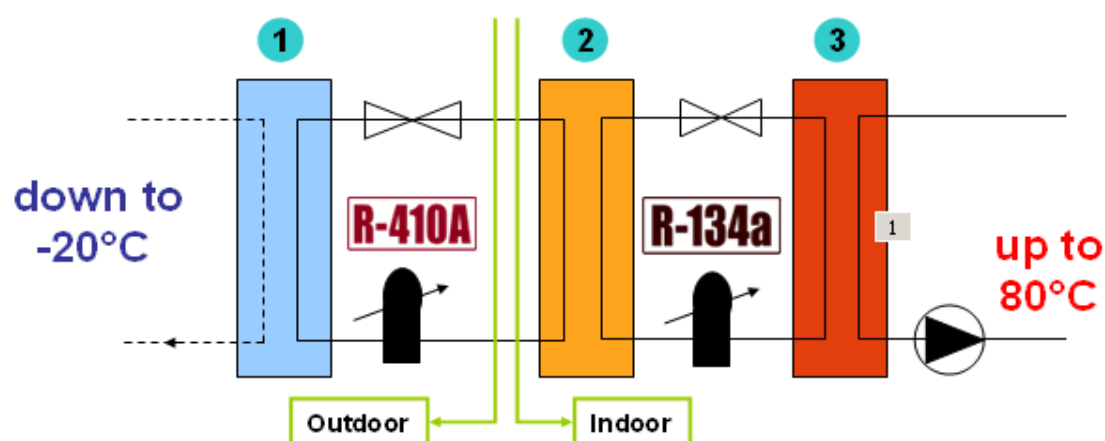
### **Πρόταση Β: Διβάθμια αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 60-75°C**

Οι επονομαζόμενες και μεσαίων θερμοκρασιών αντλίες θερμότητας έχουν δυνατότητα προσαγωγής νερού θερμοκρασίας 60-75°C. Οι τεχνολογίες για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου πολλές και στην αγορά εδώ και πολλά χρόνια (dual compression, dual compression CO<sub>2</sub>, enhanced vapor injection, dual compression+vapor injection κ.α.) με τη δεύτερη βαθμίδα συμπίεσης να τίθεται σε λειτουργία όταν υπάρχει απαίτηση για υψηλότερη θερμοκρασία προσαγωγής και σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες. Το κοινό όλων των παραπάνω τεχνολογιών. Βαθμός απόδοσης που είναι πολύ χαμηλότερος ακόμα και από αυτό της πρότασης Α. Ο σχεδιασμός έχει γίνει με γνώμονα την δυνατότητα επίτευξης της επιθυμητής θερμοκρασίας προσαγωγής σε βάρος πάντα του βαθμού απόδοσης. Στόχος είναι η όσο το δυνατό υψηλότερη θερμοκρασία συμπίκνωσης, συνεπώς και θερμοκρασία νερού, αφήνοντας σε δεύτερη μοίρα το βαθμό απόδοσης. Πολλές φορές λόγω χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών η θερμοκρασία στόχος στο νερό επιτυγχάνεται και εδώ με την επικουρική βοήθεια ηλεκτρικής αντίστασης.

Επιχειρήματα που θα ακούσουμε και εδώ; Μια καλά ρυθμισμένη αντιστάθμιση θα περιορίσει την περίοδο λειτουργίας σε υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής στο ελάχιστο και όταν αυτό θα χρειαστεί θα γίνει είτε θερμοδυναμικά είτε με τη βοήθεια της ηλεκτρικής αντίστασης. Ποια είναι η παγίδα εδώ; Αν το σύστημα αρχικά είχε σχεδιαστεί στο να λειτουργεί με υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές η εγκατεστημένη αντλία μπορεί να επιτύχει, τότε το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα αμφίβολο. Καμία αντιστάθμιση ή κανένας έξυπνος αυτοματισμός, κανένας τρόπος λειτουργίας και κανένα δοχείο αδρανείας δεν μπορούν να αντιστρέψουν την κατάσταση όταν για παράδειγμα τα εγκατεστημένα σώματα έχουν επιλεγεί για λειτουργία νερού 80°C. Οι προτάσεις εδώ -μιλώντας και για παλαιότερες τεχνολογίες- περιλαμβάνουν πολλές φορές και on-off αντλίες θερμότητας με πολύ χαμηλότερους εποχιακούς βαθμούς απόδοσης σε σχέση με inverter συστήματα με την τύχη τους πολύ σύντομα να ακολουθεί αυτή των on-off κλιματιστικών (έως 12kW) και των on-off κυκλοφορητών που με τη νέα νομοθεσία θα αποτελέσουν σιγά σιγά παρελθόν.

### **Πρόταση Γ: Αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 80°C cascade τεχνολογίας (με δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα)**

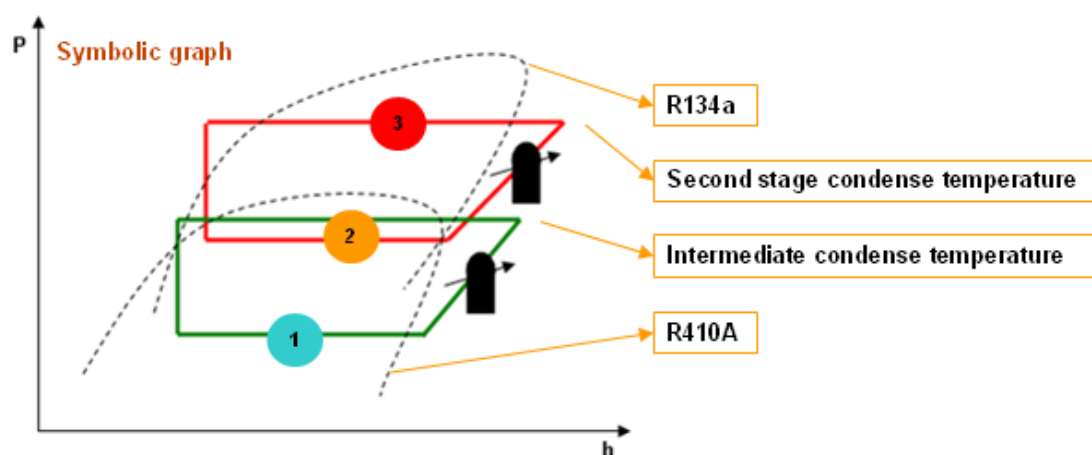
Η συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα με διαφορετικό ψυκτικό μέσο υπάρχει στην αγορά εδώ και αρκετά χρόνια δίνοντας λύση τόσο σε συστήματα θέρμανσης όσο και ψύξης. Τα τελευταία χρόνια ήρθε στην επικαιρότητα λόγω των τιμών των ορυκτών καυσίμων και λόγω της απόδοσής της όταν το ζητούμενο είναι οι υψηλές θερμοκρασίες νερού προσαγωγής. Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2) εικονίζεται μια τυπική διάταξη συστήματος υψηλών θερμοκρασιών cascade τεχνολογίας.



**Διάγραμμα 2:** Cascade τεχνολογία σε αντλία θερμότητας με δυνατότητα προσαγωγής 80°C

Δύο inverter συμπιεστές αναλαμβάνουν ο μιν πρώτος να μεταφέρει τη θερμότητα που απορροφάται στον εναλλάκτη της εξωτερικής μονάδας προς

το δεύτερο κύκλωμα με γνώμονα πάντα το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και ο δεύτερος την ανύψωση του σημείου συμπύκνωσης σε τέτοιο επίπεδο ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία προσαγωγής (35-80°C). Το πρώτο ψυκτικό κύκλωμα που χρησιμοποιεί ψυκτικό μέσο R410A είναι αντίστοιχο με τα συστήματα της **Πρότασης Α** με μία σημαντική διαφορά. Ο στόχος συμπύκνωσης του κυκλώματος δεν είναι όπως στις μονοβάθμιες αντλίες οι 60 ή και παραπάνω βαθμοί που θα οδηγούσαν σε ιδιαίτερα χαμηλό βαθμό απόδοσης όπως προαναφέραμε. Η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη και ο στόχος είναι να μεταφερθεί η θερμότητα στο δεύτερο ψυκτικό κύκλωμα με όσο το δυνατό υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Εκεί πλέον αναλαμβάνει ο δεύτερος inverter συμπιεστής και το κύκλωμα του R134a που θα μπορέσει εφόσον ζητηθεί να δώσει θερμοκρασίες νερού μέχρι και 80°C.



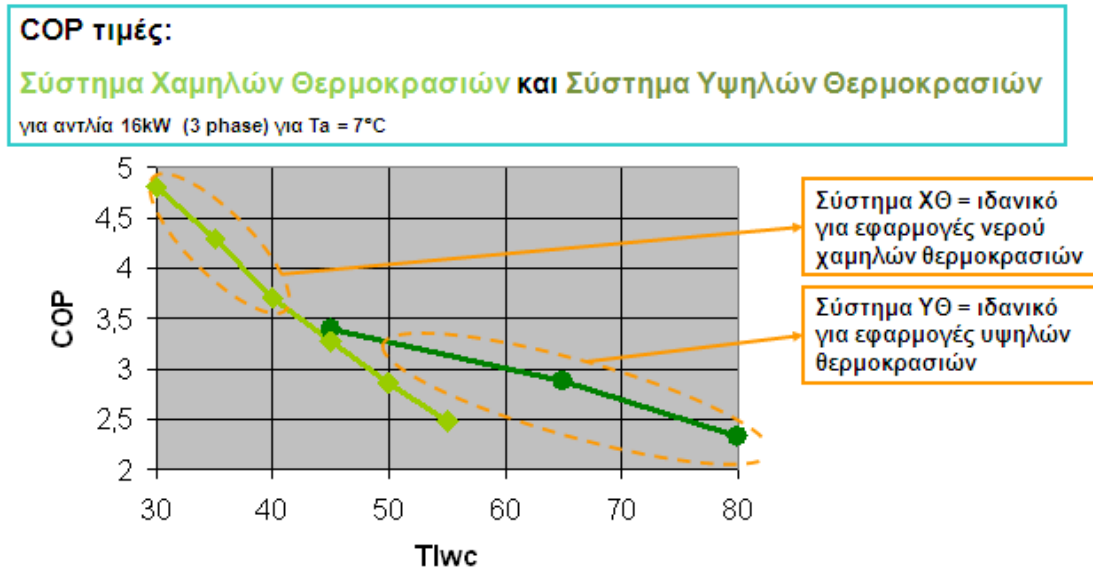
**Διάγραμμα 3:** Συμβολικό διάγραμμα Mollier cascade συστήματος

Στο Διάγραμμα 3 φαίνονται:

- 1) Εναλλαγή αέρα / R410A και απορρόφηση θερμότητας
- 2) Εναλλαγή R410A / R134a (συμπύκνωση R410A και εξάτμιση R134a)
- 3) Εναλλαγή R134a / νερού και μεταφορά θερμότητας προς το δίκτυο νερού

Με δεδομένη την ανάγκη για χρήση νερού υψηλών θερμοκρασιών, η συγκεκριμένη τεχνολογία υπερτερεί τόσο όσον αφορά τη δυνατότητα επίτευξης της επιθυμητής θερμοκρασίας όσο και του βαθμού απόδοσης με την οποία το επιτυγχάνει. Συγκρίνοντας το βαθμό απόδοσης δύο αντλιών θερμότητας της ίδιας εταιρείας, ίδιας αποδιδόμενης ισχύος (16kW) και σε ίδια εξωτερική θερμοκρασία (7°C) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία προσαγωγής (Διάγραμμα 4) είναι εμφανές το πλεονέκτημα που παρουσιάζει ένα σύστημα υψηλών θερμοκρασιών για θερμοκρασίες προσαγωγής άνω των 45°C.

Θα πρέπει να τονιστεί πως το COP της τάξης του 2,4 για το σύστημα υψηλών θερμοκρασιών στους 80°C είναι ανάλογο με το βαθμό απόδοσης που παρουσιάζουν μονοβάθμιες ή διβάθμιες αντλίες θερμότητας για προσαγωγή νερού κάτω των 60°C.



**Διάγραμμα 4:** Σύγκριση βαθμού απόδοσης ως προς τη θερμοκρασία προσαγωγής μεταξύ συστήματος χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών.

### Συμπεράσματα

Η χρήση της αντλίας θερμότητας στη θέρμανση των κατοικιών είναι αδιαμφισβήτητα ο οικονομικότερος τρόπος θέρμανσης. Οι μονοβάθμιες και διβάθμιες αντλίες αποτελούν την ιδανική λύση για θέρμανση (και για ψύξη) νέων κατά κανόνα κατοικιών σε συνδυασμό με ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης (και δροσισμού) και μονάδες fan coils.

Σε εφαρμογές αντικατάστασης συμβατικού συστήματος πετρελαίου και κλασικών θερμαντικών σωμάτων που απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής, η χρήση αντλίας θερμότητας τεχνολογίας cascade προσφέρει την πλέον αποδοτική λύση όσον αφορά το κόστος λειτουργίας και παράλληλα την πιο εγγυημένη όσον αφορά τη δυνατότητα επίτευξης της θερμοκρασίας ακόμα και των 80°C ανεξαρτήτως εξωτερικών θερμοκρασιών.