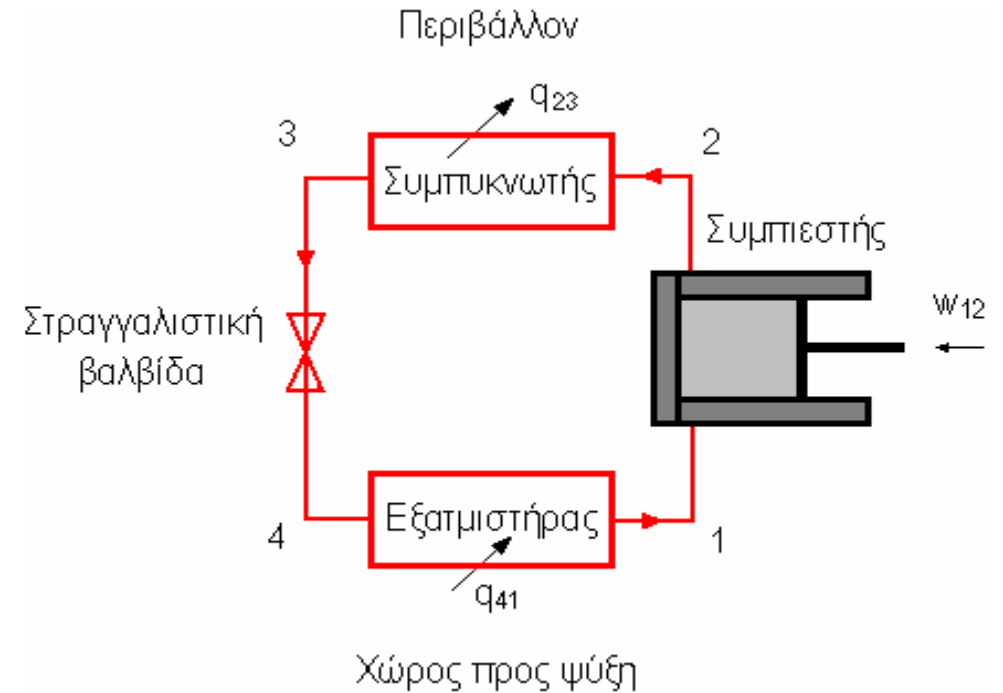
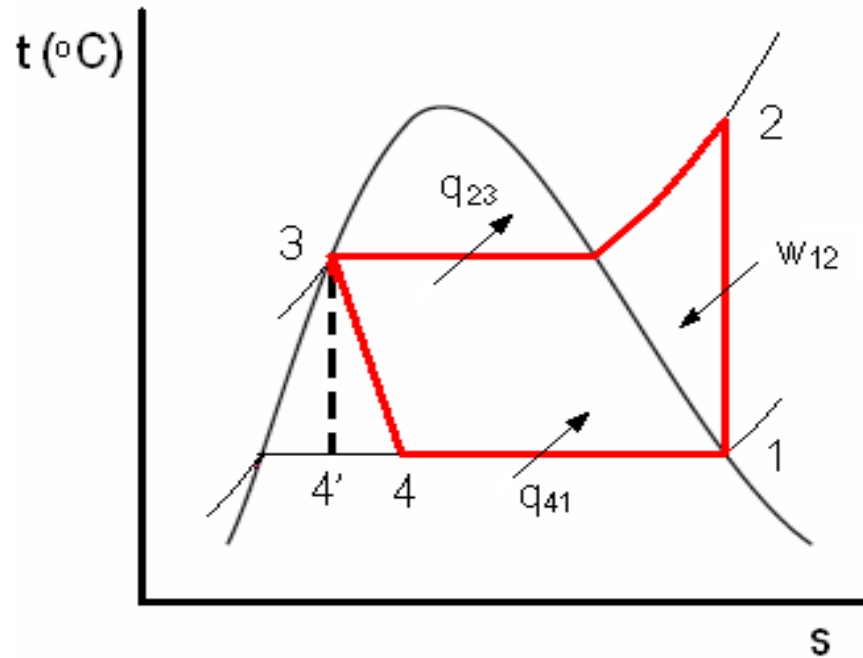


# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Ψύξης με Συμπύεση Ατμού

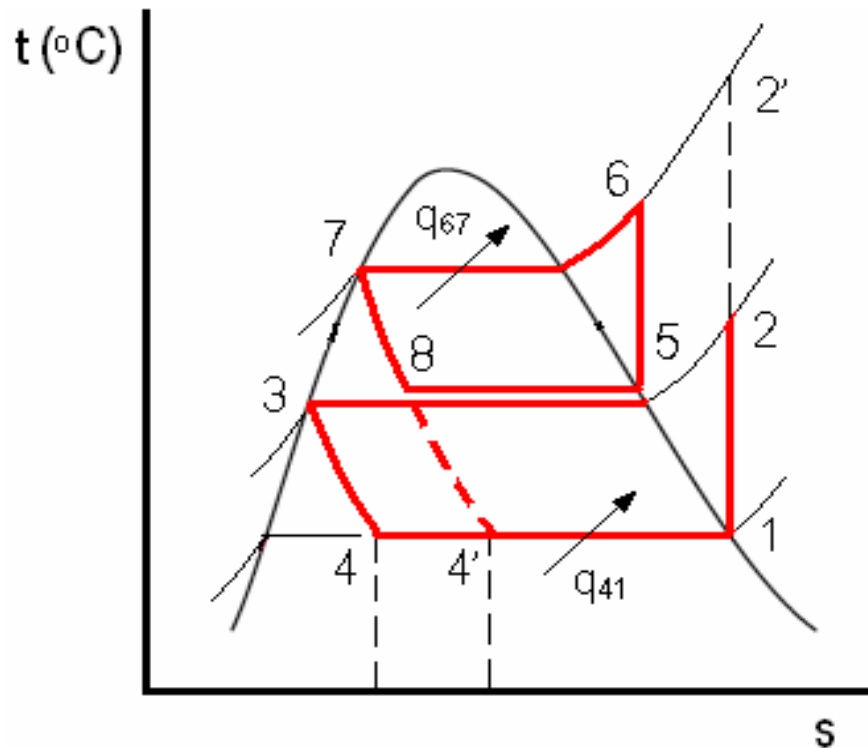


$$\text{COP}_{\text{re}} = \frac{|q_L|}{|w_{\text{in}}|} = \frac{|q_{41}|}{|w_{12}|} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP}_{\text{hp}} = \frac{|q_H|}{|w_{\text{in}}|} = \frac{|q_{23}|}{|w_{12}|} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

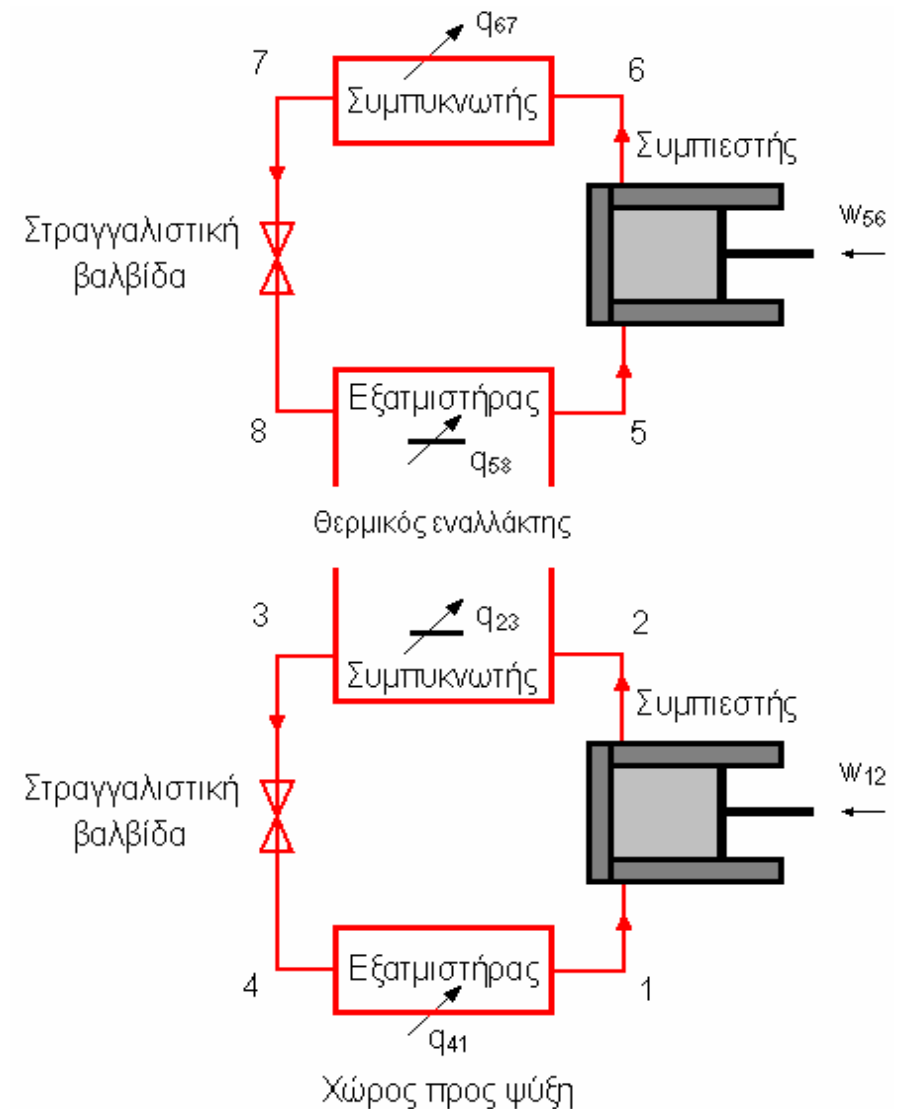
# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Πολυβάθμιας Ψύξης



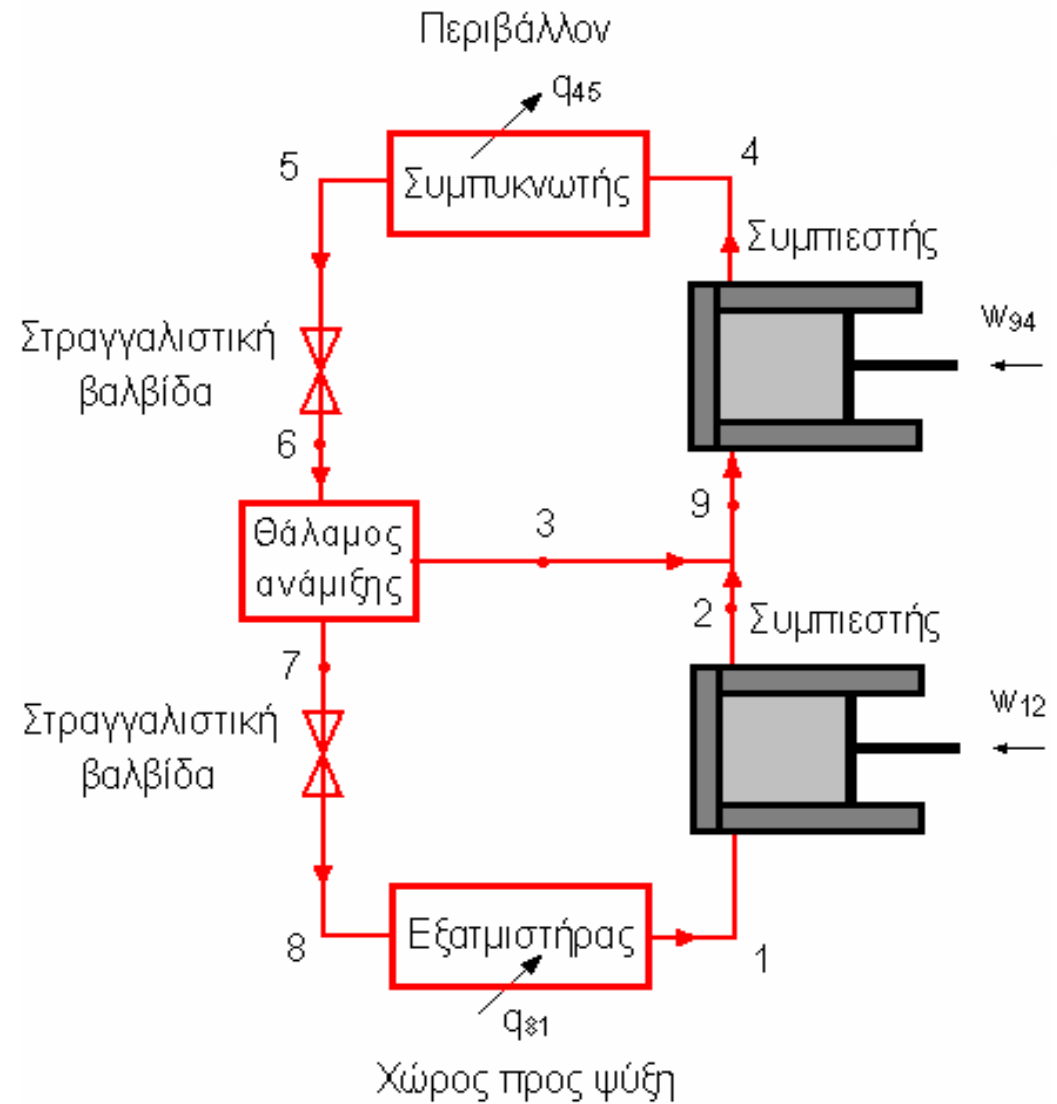
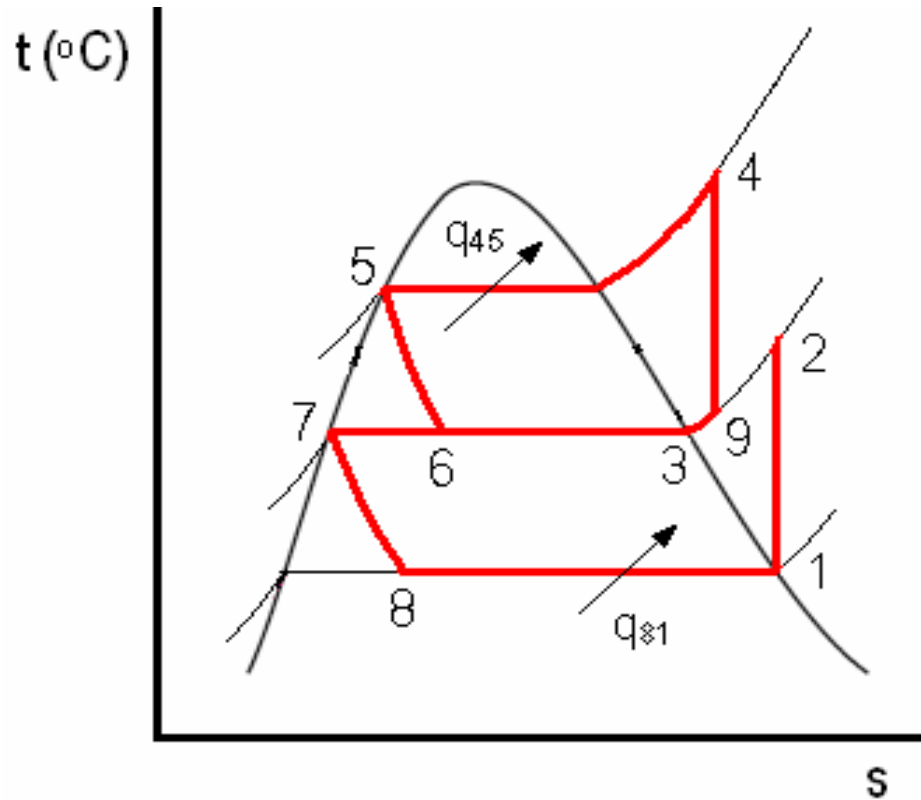
$$\dot{m}_H (h_5 - h_8) = \dot{m}_L (h_2 - h_3)$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{in}} = \frac{\dot{m}_L (h_1 - h_4)}{\dot{m}_H (h_6 - h_5) + \dot{m}_L (h_2 - h_1)}$$



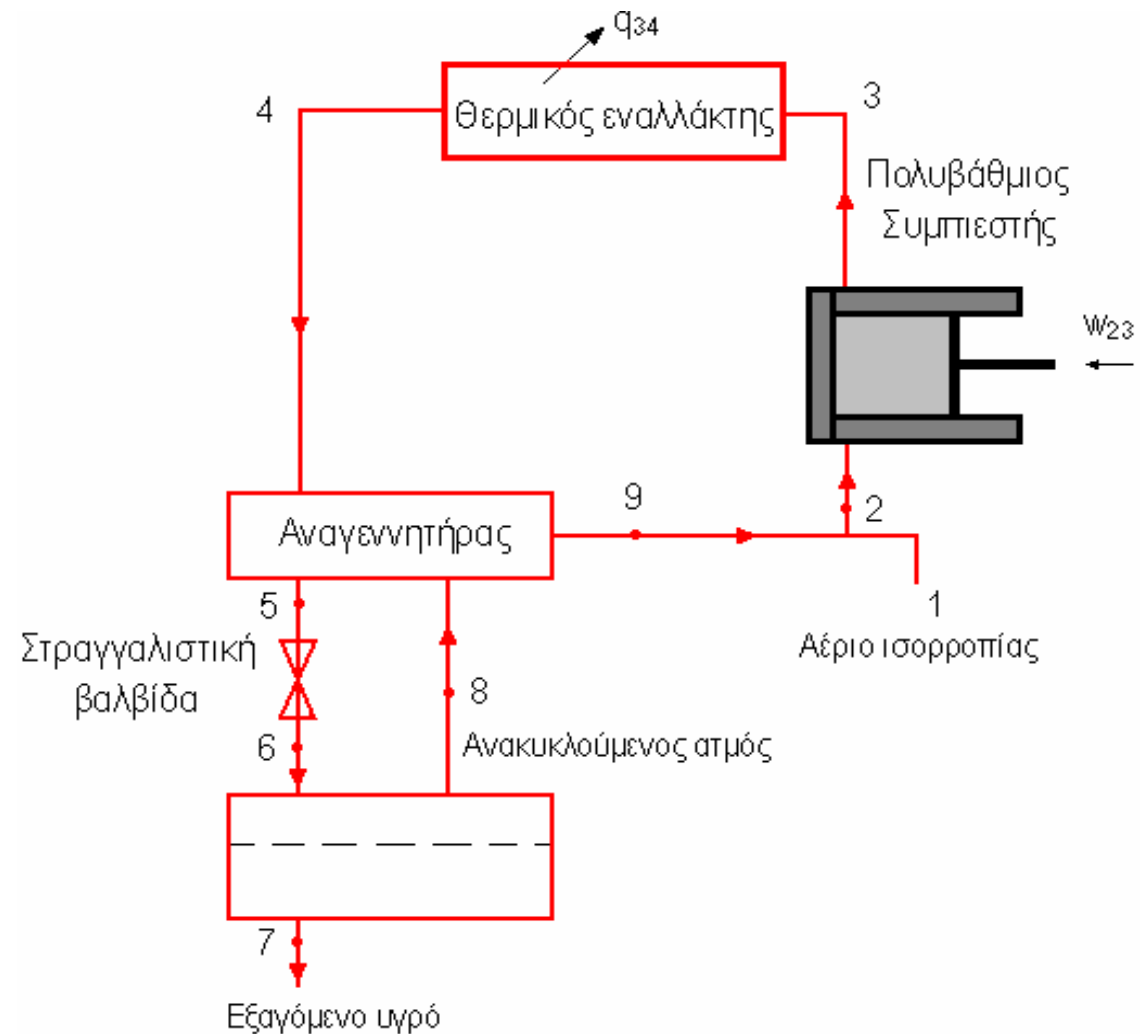
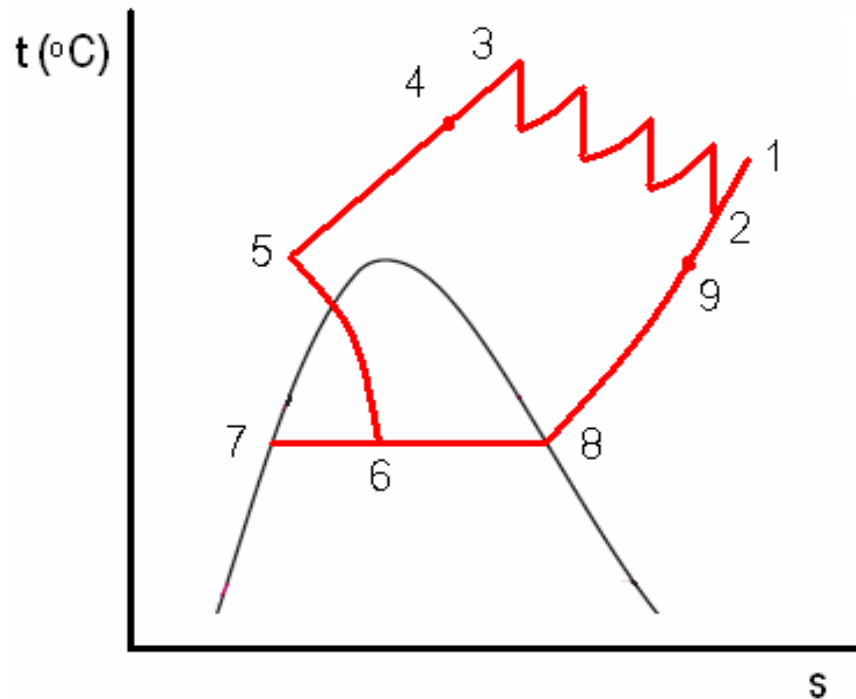
# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Ιδανικός Θερμοδυναμικός Πολυβάθμιος Κύκλος με Θάλαμο Ανάμιξης



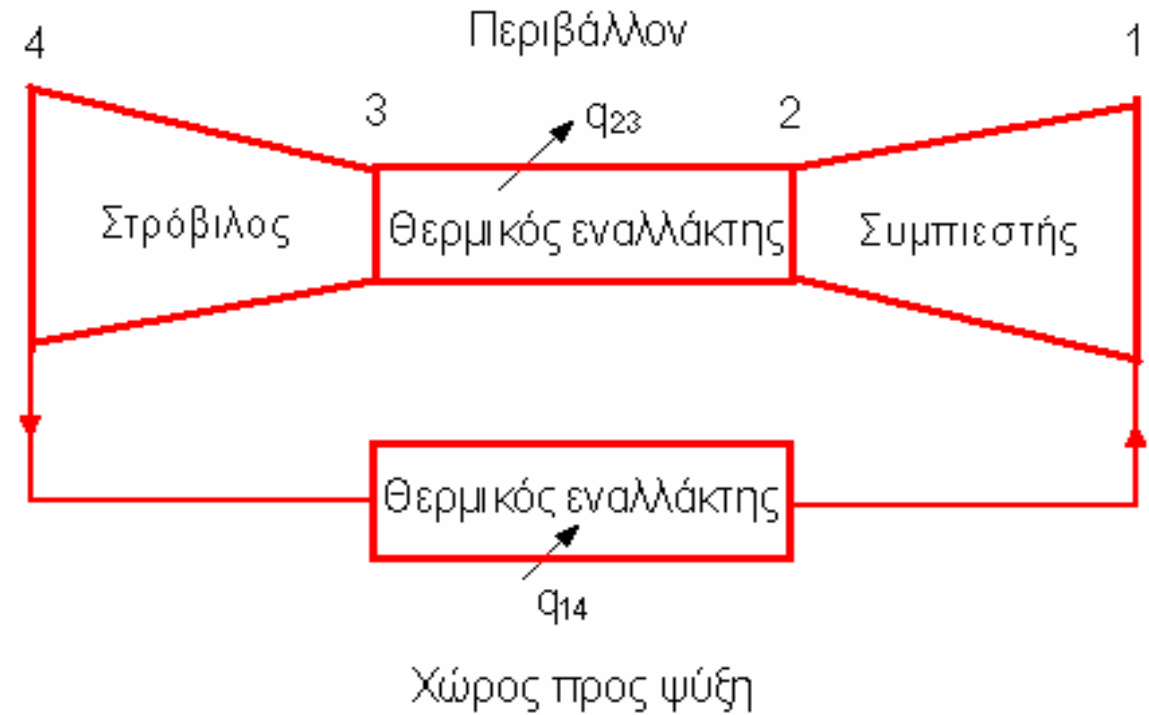
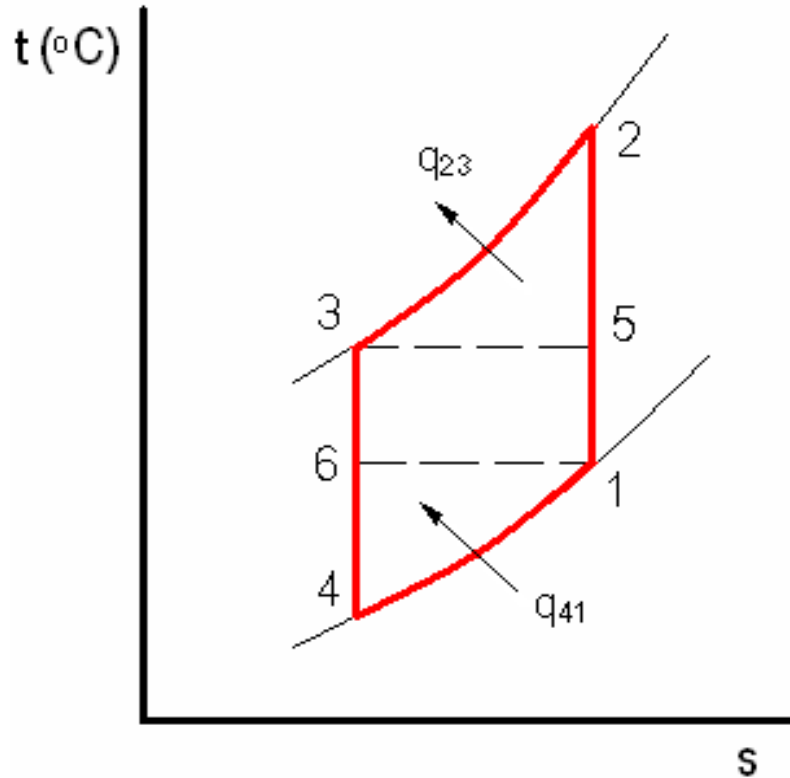
# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος για Υγροποίηση Αερίων



# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος με Αέριο



$$\text{COP} = \frac{q_L}{w_{\text{in}}} = \frac{h_1 - h_4}{(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)}$$

# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

## Συστήματα Παραγωγής Ψύξης με Απορρόφηση

### Water/LiBr system

Ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται νερό και για απορροφητής βρωμιούχο λίθιο.

COP = **0.6 έως 1.6** και η ισχύς του από 3-2,500RTs

Κλιματισμός μέχρι τους **+4°C**

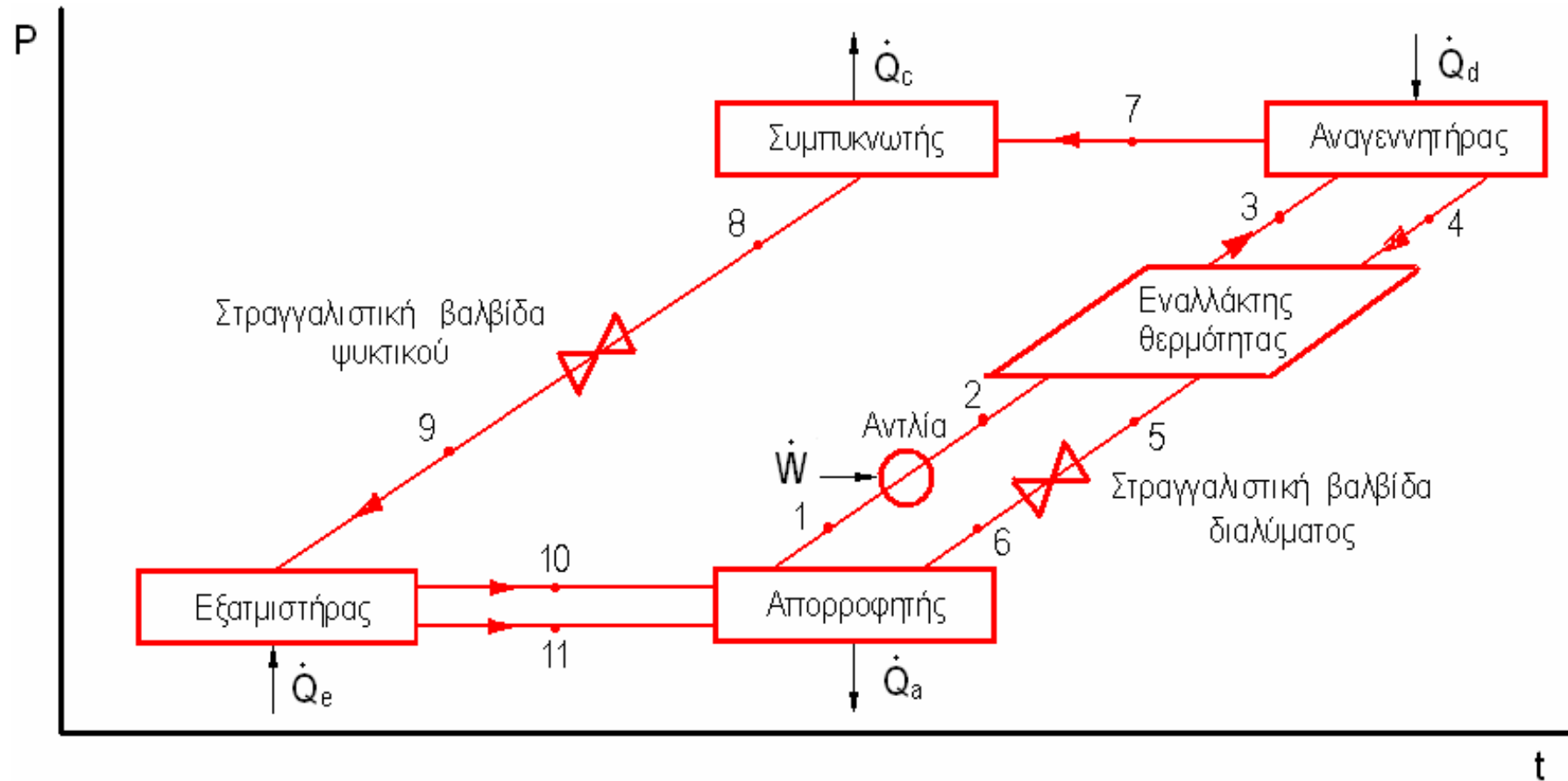
### NH<sub>3</sub>/Water system

Ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται αμμωνία και για απορροφητής νερό

COP = **0.6 έως 0.8** και η ισχύς του από 3-30RTs ή 10-100kW, ανάλογα εάν πρόκειται για μονού ή διπλού σταδίου (*single* ή *double effect*)

Ψύξη μέχρι τους **-77°C**

# Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης



η συμπίεση του ατμοποιημένου ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται στον απορροφητή, στην αντλία και την γεννήτρια (συμπεριλαμβάνει τον εναλλάκτη θερμότητας, τον αναγεννητήρα και την στραγγαλιστική βαλβίδα), αντί για μηχανική συμπίεση

**Πλεονεκτήματα** των ψυκτών απορρόφησης σε σχέση με τα συμβατικά κλιματιστικά

- Οι ηλεκτρικοί ψύκτες συμπίεσης χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό, ενώ οι ψύκτες απορρόφησης αξιοποιούν απορριπτόμενη θερμότητα
- Συμπιέζουν υγρό και όχι ατμό όπως τα συστήματα συμπίεσης ατμού.
- Δεν εργάζονται με επικίνδυνα ψυκτικές ενώσεις, όπως CFCs και HCFCs.
- Δεν επιβαρύνουν το ηλεκτρικό δίκτυο με επιπλέον κατανάλωση της μέρες και ώρες αιχμής.
- Υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα.
- Εύκολη και σχετικά μικρή ανάγκη συντήρησης.
- Μακρά διάρκεια ζωής (25-30 έτη).
- Αθόρυβη λειτουργία και εγκατάσταση μακριά από το σημείο κατανάλωσης
- Πιθανή κρατική επιδότηση του συστήματος.



## Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

### Μειονεκτήματα:

- Ανάγκη δημιουργίας & συντήρησης δικτύου υψηλής πίεσης, μεταφοράς υγροποιημένου ατμού από την πηγή θερμότητας.
- Δημιουργία υποδομής κλιματισμού εξαναγκασμένης ροής (*fan coils*) στις κατοικίες.
- Απαίτηση υψηλού αρχικού κεφαλαίου για την αγορά των ψυκτών απορρόφησης
- Εξάρτηση μεγάλου πλήθους καταναλωτών/χρηστών από την πηγή της θερμότητας.
- Ανάγκη για εφεδρικό σύστημα.
  
- Οικονομικά ελκυστική μόνο όταν υπάρχει κάποια πηγή φτηνής θερμικής ενέργειας στο θερμοκρασιακό διάστημα από 100 έως 200°C (π.χ. ΜΕΚ, γεωθερμία ή ηλιακή εν.).
- Οι ψύκτες απορρόφησης έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση, όταν η δεξαμενή θερμότητας μπορεί να παρέχει θερμότητα σε υψηλή θερμοκρασία και με μικρή πτώση θερμοκρασίας. Οι ψύκτες αυτοί λειτουργούν με θερμοκρασία εισόδου (116°C). Οι ψύκτες μπορούν να λειτουργήσουν και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, όμως η ψυκτική τους ισχύς μειώνεται απότομα καθώς μειώνεται η θερμοκρασία της πηγής, περίπου κατά 12.5% για κάθε μείωση της θερμοκρασίας κατά 6°C
- Ο COP του ψύκτη επηρεάζεται λιγότερο από τη μείωση της θερμοκρασίας της πηγής. Ο COP μειώνεται κατά 2.5% για κάθε μείωση της θερμοκρασίας της πηγής κατά 6°C.
- Ο ονομαστικός COP των ψυκτών απορρόφησης ενός σταδίου στους 116°C κυμαίνεται από 0.65 έως 0.70

## Ψυκτικά Ρευστά

### Απαιτήσεις ψυκτικού μέσου

- Χαμηλό κόστος.
- Μη-ευφλεκτότητα
- Μη-τοξικότητα
- Μη-ερεθιστικότητα
- Χαμηλή διαλυτότητα νερού
- Χημικά σταθερό
- Καλά χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας
- Μικρό δυναμικό εξαφάνισης του όζοντος
- Μικρό δυναμικό φαινομένου θερμοκηπίου.
- Ανάπτυξη μεθόδων ανακύκλωσης του ψυκτικού και μείωσης των διαρροών

### Γενικές τεχνικές προδιαγραφές

- Γνώση της εφαρμογής
- Γνώση των θερμοκρασιών των δύο μέσων (του χώρου που ψύχεται και του περιβάλλοντος) με τα οποία το ψυκτικό ανταλλάσσει θερμότητα
- Διατηρείται μια θερμοκρασιακή διαφορά περίπου  $10^{\circ}\text{C}$  μεταξύ του ψυκτικού και του μέσου με το οποίο γίνεται η εναλλαγή θερμότητας.
- Η θερμοκρασία του ψυκτικού στο συμπυκνωτή δε μπορεί να πέσει κάτω από τη θερμοκρασία του νερού ή του αέρα που το ψύχει (περίπου  $20^{\circ}\text{C}$  για οικιακά ψυγεία). Η πίεση κορεσμού του ψυκτικού σε αυτή τη θερμοκρασία θα πρέπει να είναι αρκετά χαμηλότερη της κρίσιμης πίεσης του, εάν επιδιώκεται η διεργασία απόρριψης θερμότητας να προσεγγίσει την ισόθερμη
- Υψηλή ειδική ενθαλπία εξάτμισης σε χαμηλές θερμοκρασίες, ώστε να ελαχιστοποιείται η απαιτούμενη παροχή μάζας για δεδομένη ισχύ ψύξης.
- Ο ειδικός όγκος στην είσοδο του συμπιεστή δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλος, γιατί τότε θα απαιτείται υπερβολικά μεγάλος συμπιεστής, για δεδομένη παροχή μάζας.
- Στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας, η ελάχιστη θερμοκρασία (και η πίεση) για το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερη, επειδή η θερμότητα αφαιρείται από μέσα τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασίες αρκετά υψηλότερες από εκείνες των συστημάτων ψύξης.

## Ιδανικοί Θερμοδυναμικοί Κύκλοι Παραγωγής Ψύξης

**Ψυκτικά μέσα:**

**Χλωροφθοράνθρακες (CFC's):** R-11 ( $\text{CCl}_3\text{F}$ )      R-12 ( $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ )  
R-113 ( $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ ), R-114 ( $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$ ),

**Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC's):** R-22 ( $\text{CHClF}_2$ )  
R-123 ( $\text{CHCl}_2\text{CF}_3$ )  
R-124 ( $\text{CHCF}_2\text{CF}_3$ )

**Υδροφθοράνθρακες (HFC's):** R-125 ( $\text{CHF}_2\text{CF}_3$ ), R-134a ( $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ )

$\text{CO}_2$

$\text{NH}_3$