

# Αφαλάτωση

## Σύγχρονες μονάδες αφαλάτωσης

### Εφαρμογές και μέθοδοι

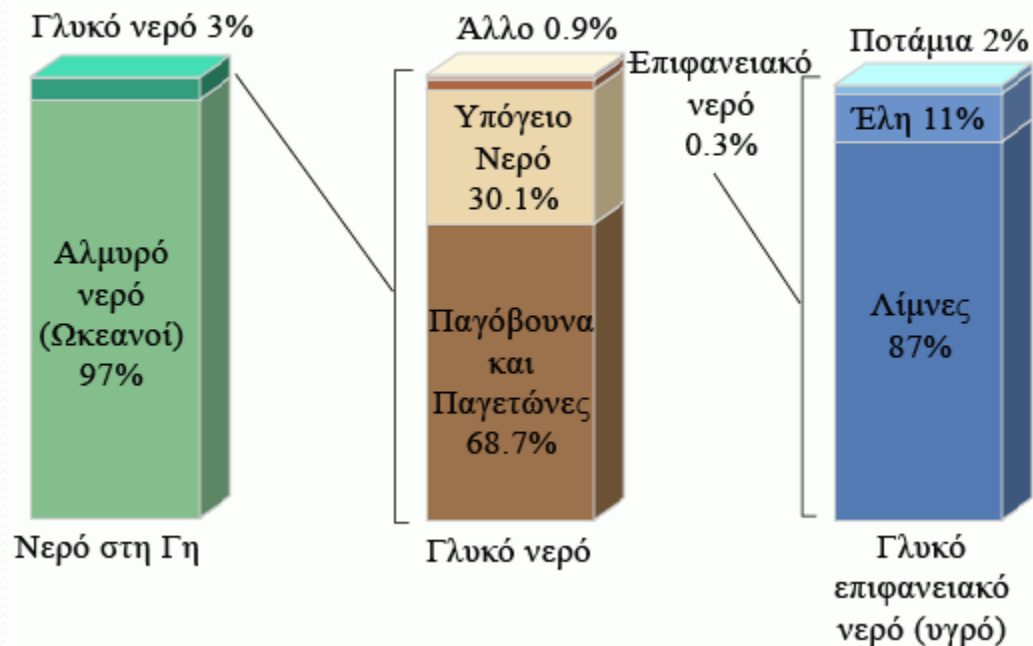
# ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Το νερό έχει πολλές μοναδικές ιδιότητες:

- Υπάρχουν ισχυρές δυνάμεις έλξης που ονομάζονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού.
- Το νερό υπάρχει σε υγρή μορφή και σε μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος, λόγω των ισχυρών δυνάμεων έλξης μεταξύ των μορίων του.
- Το νερό αλλάζει τη θερμοκρασία του με πολύ αργό ρυθμό.
- Χρειάζεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας για να εξατμιστεί.
- Το υγρό νερό μπορεί να διαλύσει ένα πλήθος συστατικών.
- Οι ισχυρές δυνάμεις έλξης μεταξύ των μορίων του υγρού νερού αναγκάζουν την επιφάνειά του να συσπάται και δημιουργείται δυνατότητα προσκόλλησης και επικάλυψης ενός στερεού.
- Αντίθετα με τα περισσότερα υγρά, το νερό διαστέλλεται όταν παγώνει.

# Η κατανομή του νερού στο Πλανήτη

## Παγκόσμια κατανομή νερού



Το νερό καλύπτει το 70% του πλανήτη και μόνο ένα μικρό ποσοστό (2,5%) του νερού του πλανήτη είναι πόσιμο (γλυκό νερό). Περίπου το 97% του νερού βρίσκεται στους ωκεανούς και είναι ιδιαίτερα αλατούχο, ώστε να μην είναι δυνατή η άρδευση, η πόση ή βιομηχανική του χρήση.

Το υπόλοιπο 3% είναι φρέσκο νερό, δυνητικά κατάλληλο για χρήση από τους ανθρώπους.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του φρέσκου νερού (68,7% περίπου) βρίσκεται με τη μορφή παγετώνων στους πόλους και στις κορυφές των οροσειρών.

Ένα ποσοστό της τάξεως του 30,1% αποτελούν τα υπόγεια ύδατα, ενώ μόλις το 0,3% των παγκοσμίων αποθεμάτων φρέσκου νερού βρίσκεται σε λίμνες, ποτάμια, έλη κλπ.

# Αίτια της λειψυδρίας

Τα αίτια που δημιουργούν το πρόβλημα της σπανιότητας του νερού είναι:

- Το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης ή αλλιώς φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Η Λειψυδρία δηλ. η φυσιολογική μακροχρόνια έλλειψη νερού που προξενείται από το ξηρό κλίμα.
- Η Ξηρασία, μια περίοδος κατά την οποία τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι πολύ χαμηλότερα και η εξάτμιση πολύ υψηλότερη από τα φυσιολογικά επίπεδα.
- Η Αποξήρανση του εδάφους, δηλ. η αποστράγγιση του εδάφους λόγω δραστηριοτήτων όπως η υπερβόσκηση και η αποψίλωση.
- Η πληθυσμιακή αύξηση αποτελεί επίσης μια σημαντική αιτία έλλειψης φρέσκου νερού παγκοσμίως.
- Η Πίεση του νερού, δηλαδή η χαμηλή κατά κεφαλή διάθεση νερού που οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των ανθρώπων που στηρίζονται σε σχετικά σταθερά επίπεδα απορροών.
- Η αστυφιλία είναι και αυτή μια δημογραφική παράμετρος που οδηγεί σε αλόγιστη χρήση νερού.

# Οι επιπτώσεις από την έλλειψη φρέσκου νερού

- Οι ασθένειες και οι θάνατοι ανθρώπων που χρησιμοποιούν μολυσμένα αποθέματα νερού.
- Διαμάχες κρατών για τον έλεγχο των υδάτινων αποθεμάτων.
- Σημαντικές μεταβολές στην παραγωγικότητα όσο τα αποθέματα νερού ελαττώνονται.
- Η ραγδαία εξαφάνιση των υγροτόπων είχε σαν αποτέλεσμα ανάλογη μείωση στη βιοποικιλότητα.

# Τρόποι αντιμετώπισης της λειψυδρίας

- Αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.
- Τεχνητή βροχή.
- Ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού.
- Υδατοδεξαμενές.
- Περισσότερο αποτελεσματική κατανομή του διαθέσιμου νερού.
- Χρήση της βιοτεχνολογίας.
- Ανακύκλωση των νερών των υπονόμων για αρδευτικές χρήσεις.
- Συλλογή των υδάτων των πλημμύρων.
- Εκμετάλλευση των εποχιακά ρεόντων υδάτων.
- Μεταφορά νερού.
- Κατασκευή φραγμάτων

# ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Η αφαλάτωση όπως μαρτυρά και η ετυμολογία της λέξης (από+άλας) είναι η διεργασία αποχωρισμού αλάτων και νερού από υδατικά διαλύματα. Χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή καθαρού νερού για κάθε χρήση, οικιακή, ως πόσιμο νερό, βιομηχανική και αγροτική.

Για την αφαλάτωση χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι οι οποίες είτε απομακρύνουν τα άλατα από το νερό ή το νερό από τα άλατα.

# Μέθοδοι αφαλάτωσης

## Μέθοδοι Εξάτμισης ή Θερμικές

- Πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση (Multi-Stage Flash Distillation - MSF)
- Εξάτμιση με πολλαπλές βαθμίδες (Multi-Effect Evaporation ή Distillation - ME ή MED)
- Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών (Mechanical Vapor Compression - MVC ή VC)
- Θερμική συμπίεση ατμών (Thermal Vapor Compression - TVC)

## Μέθοδοι Μεμβρανών

- Αντίστροφη Ώσμωση (Reverse Osmosis - RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED)
- Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis Reversal - EDR)

## Λοιπές μέθοδοι

- Ιοντοανταλλαγή.
- Νανόφιλτρα (carbon-nanotube membrane).
- Απόσταξη με μεμβράνες.
- Ηλιακή αεριοποίηση.
- Κρυστάλλωση.
- Γεωθερμική αφαλάτωση (Geothermal desalination).
- Αφαλάτωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών (Solar humidification HDH, MEH).



# Θερμικές διεργασίες ή διεργασίες αλλαγής φάσης (Phase Change or Thermal Processes)

## Multi stage flash (MSF)

- Είναι η πιο διαδεδομένη θερμική μέθοδος.
- Είναι μέθοδος για μεγάλες και πολύ μεγάλες ποσότητες.
- Βασίζεται στη δημιουργία ατμού από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό λόγω της ξαφνικής μείωσης της πίεσης, όταν το νερό εισέρχεται σε έναν άδειο θάλαμο.

## Multiple effect evaporator (MED/ME) ή Multi-effect boiling (MEB)

- Αποτελεί την πρώτη μέθοδο αφαλάτωσης.
- Είναι μέθοδος για μικρές ως μεσαίες παροχές, γι' αυτό χρησιμοποιείται σε μικρότερη κλίμακα απ' ό τι η MSF.
- Αποτελείται από έναν αριθμό στοιχείων που καλούνται διεθνώς effects.

## Vapor compression evaporation (VC)

- Χρησιμοποιείται σε βιομηχανική κλίμακα.

## Θερμική συμπίεση ατμών (Thermal Vapor Compression - TVC)

- Είναι παρόμοια μέθοδος με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι η συμπίεση του ατμού δεν πραγματοποιείται μηχανικά αλλά θερμικά.

# Διεργασίες μονής φάσης ή διεργασίες με μεμβράνες (Single Phase or Membrane Processes )

## Αντίστροφη όσμωση ή reverse osmosis (RO)

- Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης αποτελεί την πλέον διαδεδομένη, αξιόπιστη και οικονομική τεχνολογία για την παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού ύδρευσης.
- Η αντίστροφη όσμωση αφορά στο 88% των μεθόδων που χρησιμοποιούν μεμβράνες και στο 42% της παγκόσμιας παραγωγής αφαλατωμένου νερού και χρησιμοποιεί μηχανική ενέργεια.

## Μία μεμβράνη για να είναι κατάλληλη για τη διεργασία της αντίστροφης όσμωσης, θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη απόρριψη αλάτων με υψηλή διαπερατότητα διαλύτη.
- Ικανότητα να σχηματίζει λεπτά διαχωριστικά στρώματα μεγάλης αντοχής.
- Ικανότητα κατασκευής με μεγάλο λόγο επιφάνειας προς όγκο.
- Μεγάλο εύρος λειτουργικών παραμέτρων, πίεσης, θερμοκρασίας και είδους διαλύματος τροφοδοσίας.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής. Η διάρκεια ζωής κυμαίνεται από 3-5 χρόνια, εξαρτώμενη από την ποιότητα του νερού προς επεξεργασία και τον τρόπο χρήσης και καθαρισμού.
- Μεγάλη αντοχή σε χημικά αντιδραστήρια και βιολογικές επιθέσεις.
- Ικανότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος pH.
- Χαμηλό κόστος.

## Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης:

- Οι ασύμμετρες μεμβράνες &
- οι σύνθετες μεμβράνες.

# Μια τυπική Μονάδα Αφαλάτωσης

## Περιλαμβάνει:

- Υποθαλάσσιους αγωγούς μεταφοράς θαλάσσιου νερού στη μονάδα και αγωγούς απόρριψης αλμόλοιπου στη θάλασσα.
- Αντλιοστάσιο θαλάσσιου νερού.
- Χερσαίους αγωγούς μεταφοράς νερού και αλμόλοιπου.
- Εργοστάσιο Αφαλάτωσης

## • Προεπεξεργασία

Η επιλογή της κατάλληλης προ-κατεργασίας θα μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα της διεργασίας και την αξιόπιστη λειτουργία των μεμβρανών μειώνοντας:

- επικαθίσεις αλάτων,
- μόλυνση μεμβρανών,
- αποικοδόμηση μεμβρανών.

Κάθε κατάλληλο σύστημα προ-κατεργασίας προϋποθέτει στοιχεία που αφορούν:

- κατασκευή των μεμβρανών,
- διαμόρφωση των μεμβρανών,
- προέλευση του αλατούχου διαλύματος προς αφαλάτωση,
- χημική και μικροσκοπική σύσταση του διαλύματος τροφοδοσίας,
- ποιότητα παραγόμενου νερού,
- ποσοστό ανάκτησης νερού.

Το σύστημα προ-κατεργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Χλωρίωση
- Θρόμβωση – Κροκίδωση
- Πολυστρωματικά φίλτρα
- Αποχλωρίωση

- Ρύθμιση pH
- Προσθήκη αντικαθαλωτικού
- Φίλτρο φυσιγγίων

## • Αντίστροφη Όσμωση

Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- Αντλία χαμηλής πίεσης
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Στοιχεία αντίστροφης όσμωσης

## • Τελική επεξεργασία

Το σύστημα μετεπεξεργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Ρύθμιση pH
- Ρύθμιση σκληρότητας
- Χλωρίωση

# Χερσαίους Αγωγούς μεταφοράς πόσιμου νερού σε δεξαμενές ή στους καταναλωτές

Συγκεντρωτικά, η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων
- Τεχνική διαχωρισμού για εξοικονόμηση ενέργειας
- Εύχρηστη ως μέθοδος συγκέντρωσης και αποκατάστασης
- Συμπαγής εξοπλισμός
- Απλός χειρισμός και έλεγχος

# Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED) – Ηλεκτρόλυση (Electro dialysis reversal, EDR)

## Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED).

- Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια.
- Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε αφαλάτωση νερού με συνολικά διαλυτά στερεά της τάξης των 6.000 ppm, και δεν ενδείκνυται για νερό με περιεχόμενα διαλυτά στερεά λιγότερα των 400 ppm.
- Διαδικασία: Η ηλεκτροδιάλυση είναι μια ηλεκτροχημική μέθοδος διαχωρισμού, στην οποία τα ιόντα μεταφέρονται μέσα από μεμβράνες από την πλευρά όπου το διάλυμα έχει τη μικρότερη συγκέντρωση ιόντων σε αυτή με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση και με την εφαρμογή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος.

## Ηλεκτρόλυση (Electro dialysis reversal, EDR)

- Στηρίζεται στη διαδικασία κατά την οποία η μείωση της αλατότητας του θαλάσσιου νερού πραγματοποιείται μεταφέροντας ιόντα από το θαλάσσιο νερό, μέσω μιας μεμβράνης, υπό την επίδραση διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού.

# Λοιπές μέθοδοι

- Ανταλλαγή ιόντων ή ion exchange

- Περιλαμβάνει ένα πορώδες στρώμα από συνθετικές ρητίνες που έχουν την ικανότητα να ανταλλάσσουν ιόντα με εκείνες στα μεταλλικά νερά που έρχονται σε επαφή με το στρώμα.

- Νανοφιλτράρισμα (carbon-nanotube membrane).

- Είναι μια σχετικά καινούργια μέθοδος και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου έχουμε νερό με μικρό ποσοστό διαλυμένων ουσιών όπως σε επιφανειακά ύδατα ή σε κινούμενο υπόγειο νερό.
- Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν έχει ιδιαίτερες οικονομικές απαιτήσεις οπότε καθίσταται συμφέρουσα για αναπτυσσόμενες χώρες που έχουν αυξημένες ανάγκες για φθηνό νερό σε μεγάλες ποσότητες.
- Εφαρμόζεται σε συνδυασμό με την αντίστροφη όσμωση. Σε πειράματα όμως που έγιναν αποδείχθηκε ότι αφαιρούσε τις διαλυμένες ουσίες όμως ταυτόχρονα χανόταν και πλήθος θρεπτικών συστατικών.

- Κρυστάλλωση

- Η αρχή αυτή στηρίζεται στη ακόλουθη φυσικοχημική ιδιότητα των υγρών. Όταν ένα υδατικό διάλυμα άλατος ψυχθεί μέχρι ενός σημείου πήξεως του, αποβάλλονται σε ορισμένες περιπτώσεις καθαροί κρύσταλλοι νερού, καθώς και της ουσίας που έχει προστεθεί.
- Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου σε σύγκριση με τις μεθόδους που χρησιμοποιούν την απόσταξη – μετατροπή υγρού από στερεή σε αέρια είναι
  - 1ο μειωμένος κίνδυνος διάβρωσης από το αλμυρό νερό, αφού οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές &
  - 2οι μικρότερες ενεργειακές δαπάνες, αφού δεν απαιτείται εξάερωση του νερού.
- Υπάρχουν δύο τεχνικές αφαλάτωσης με κρυστάλλωση:
  - Η «μέθοδος της παγοποίησης»  
Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ψύξη που προκαλείται σ' ένα υγρό, όταν εξατμίζεται ένα μέρος από τη μάζα του.
  - Η «μέθοδος της παγοποίησης με χημικό πρόσθετο»  
Η τεχνική αυτή διαφέρει από την προηγούμενη στο ότι η παγοποίηση επιτυγχάνεται με την απευθείας εξάτμιση ενός πρόσθετου του θαλασσινού νερού, όπως είναι το βουτάνιο.

# Λοιπές μέθοδοι

- Η γεωθερμική αφαλάτωση

- Εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που προέρχεται από τη γη για την παραγωγή πόσιμου νερού.
- Τα διαβιβωμένα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι είναι πιο εύκολη στη χρήση και στη διαχείριση από την αντίστροφη όσμωση και ότι η ενέργεια που προέρχεται από τη γεωθερμική θερμότητα είναι από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον μορφές ενέργειας.

- Ηλιακή υγραποίηση αφυγραποίηση (solar humidification dehumidification SHD).

- Τα πλεονεκτήματα της υγραποίησης- αφυγραποίησης είναι ότι με πηγές ενέργειας χαμηλής θερμότητας, δεν απαιτείται τεχνολογία υψηλού επιπέδου, χαρακτηρίζεται από απλότητα στο σχεδιασμό και έχει υψηλή απόδοση.
- Βασίζεται στην εξάτμιση του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού και τη συνεχή συμπύκνωση του παραγόμενου ατμού, κυρίως σε ατμοσφαιρική πίεση. Η διαδικασία αυτή μιμείται το φυσικό κύκλο του νερού αλλά σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα. Η πιο απλή μέθοδος εφαρμόζεται σε ένα ηλιακό κάτοπτρο όπου εξατμίζεται το θαλασσινό νερό σε ένα δοχείο καλυμμένο με γυαλί και στη συνέχεια συμπυκνώνεται ο υδρατμός στην κάτω πλευρά του γυάλινου καλύμματος. Η βέλτιστη σχεδίαση της διάταξης χρησιμοποιεί χωριστό τμήμα για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση. Ένα μεγάλο ποσοστό της θερμότητας που χάνεται κατά τη διάρκεια της εξάτμισης μπορεί να ανακτηθεί κατά τη διαδικασία της συμπύκνωσης.



# Επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης

Η επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης βασίζεται σε συνδυασμό παραγόντων, όπως

1. η ποιότητα του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού,
2. η απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου νερού (πόσιμο, αρδευτικό ή βιομηχανικό),
3. το μέγεθος της μονάδας,
4. η διαθεσιμότητα και το κόστος ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας,
5. τα χαρακτηριστικά του χερσαίου και θαλάσσιου περιβάλλοντα χώρου,
6. οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί, κ.τ.λ..



# Αντίστροφη όσμωση (RO)

## Πλεονεκτήματα της μεθόδου RO:

- αξιοπιστία σε όλο το εύρος μεγεθών (από μερικά λίτρα μέχρι χιλιάδες κυβικά μέτρα την ημέρα),
- δε χρειάζεται θέρμανση του τροφοδοτικού νερού, με αποτέλεσμα οι θερμικές απώλειες να είναι χαμηλότερες.
- λιγότερα προβλήματα διάβρωσης,
- χαμηλότερες απαιτήσεις ενέργειας,
- υψηλότερο βαθμό απόδοσης,
- απομακρύνει εκτός από αλάτι και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά όπως βακτήρια,
- για την ίδια ποσότητα παραγόμενου νερού οι εγκαταστάσεις είναι πολύ μικρότερες σε όγκο.
- η σχετικά μικρή κατασκευαστική περίοδος
- η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
- επιτυγχάνει πολύ υψηλοί ρυθμοί μετατροπής του νερού που οφείλονται στην εξέλιξη των νέων σύνθετων μεμβρανών, οι οποίες είναι πιο ανθεκτικές στην υψηλή πίεση.
- χαρακτηρίζεται από την απλότητα στο σχεδιασμό των μονάδων, τη μικρή έκταση που αυτές καταλαμβάνουν, το μικρότερο χρόνο παραγωγής και τις μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τις θερμικές διεργασίες.

## Μειονεκτήματα της μεθόδου:

- απαιτείται η παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού καθώς διάφορα σφάλματα μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή των μεμβρανών.
- Η λειτουργία της αντίστροφης όσμωσης με μεταβλητή εισερχόμενη ισχύ δεν ενδείκνυται, για χρειάζεται μια ενδιάμεση διάταξη αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μπαταρία) η οποία, όμως, μειώνει την άμεσα διαθέσιμη ενέργεια και αυξάνει το αρχικό κόστος επένδυσης. Η μπαταρία απορροφά το πλεόνασμα της παραγόμενης ενέργειας το οποίο και επιστρέφει όταν η ζήτηση υπερκαλύπτει την παραγωγή και το ισοζύγιο ισχύος τείνει να γίνει αρνητικό.
- Απαιτείται επάρκεια στα χημικά που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία του νερού καθώς και πλήθος εφεδρικών μεμβρανών σε περίπτωση βλάβης της κύριας.

# Αντίστροφη όσμωση (RO)

Το αυξανόμενο κόστος της αντίστροφης όσμωσης μπορεί να αντιμετωπιστεί με δύο τρόπους.

1. Ο πρώτος είναι η αποτελεσματικότερη σχεδίαση της όλης διαδικασίας και η ανάλυση, η μοντελοποίηση και ο σχεδιασμός κάθε κομματιού της διαδικασίας ξεχωριστά.
2. Ο δεύτερος είναι η βελτίωση της οικονομικής απόδοσης της μονάδας αφαλάτωσης με τη μείωση του λειτουργικού κόστους της μονάδας το οποίο είναι πάνω από το μισό του συνολικού ετήσιου κόστους της μονάδας.

Έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να επιτευχθούν υψηλότεροι βαθμοί απόδοσης όταν η μονάδα λειτουργεί σε σταθερή ροή και πίεση. Τέσσερις παράγοντες επηρεάζουν το σημείο λειτουργίας της μονάδας και αυτοί είναι:

1. Η μέγιστη πίεση του νερού τροφοδοσίας η οποία καθορίζεται από τη μηχανική αντοχή των μεμβρανών.
2. Ο μέγιστος ρυθμός ροής της άλμης ο οποίος δεν πρέπει να ξεπερνιέται γιατί βλάπτει τη μεμβράνη.
3. Ο ελάχιστος ρυθμός ροής της άλμης ο οποίος πρέπει να τηρείται για να αποφευχθεί η δημιουργία ιζήματος και, κατά συνέπεια, η καταστροφή της μεμβράνης.
4. Η μέγιστη συγκέντρωση παραγόμενου νερού, η οποία εξαρτάται από την ασκούμενη πίεση. Αν αυτή είναι χαμηλότερη από κάποια τιμή οδηγεί στην υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης του παραγόμενου νερού.

Η ανάκτηση ενέργειας από τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης που εφαρμόζεται σε θαλασσινό νερό είναι σημαντικός παράγοντας για τη μείωση του κόστους της εγκατάστασης. Γι' αυτό είναι σημαντική η χρήση ενός εναλλάκτη πίεσης για την αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας της άλμης και την επιστροφή της στο σύστημα, αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης της διάταξης και μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας καθώς μικραίνει το μέγεθος της αντλίας υψηλής πίεσης.

# Πλεονεκτήματα Θερμικών διεργασιών

## Πολυβάθμια Εκτόνωση (MSF)

- η απόσταξη προσφέρει μια μεγαλύτερη δυνατότητα για τις οικονομίες κλίμακας.
- οι μονάδες απόσταξης δε χρειάζεται να διακόπτουν τη λειτουργία τους τόσο συχνά για καθάρισμα και συντήρηση του εξοπλισμού, όπως συμβαίνει με τις μονάδες RO, παρόλο που μπορούν και πρέπει να σβήνουν κυρίως για καθαρισμό και αντικατάσταση σωλήνων.
- οι μονάδες απόσταξης δεν παράγουν απόβλητα από το πλύσιμο ή την προετοιμασία των μεμβρανών.
- όσον αφορά την ποιότητα του νερού που παράγεται, παράγουν νερό υψηλής ποιότητας με συγκεντρώσεις από 1.0 έως 50 ppm tds (tds=total dissolved solids), ενώ οι μονάδες αντίστροφης όσμωσης παράγουν νερό με συγκεντρώσεις 10 - 500 ppm tds. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα διεθνή όρια για το πόσιμο νερό είναι 500 mg/L, που αντιστοιχούν περίπου σε 500 ppm.

## Η διαδικασία της εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης προσφέρει

- ευελιξία στις μονάδες να λειτουργήσουν υπό χαμηλό φορτίο.
- Είναι λιγότερο ευαίσθητη στο σχηματισμό ακαθαρσιών και αλάτων γεγονός που αυξάνει τη διάρκεια ζωής της μονάδας.
- Είναι πιο φθηνή και συμφέρει σε σχέση με την απόσταξη πολλαπλής φάσης για τη λειτουργία μονάδων μικρής ικανότητας παραγωγής νερού.

## Η MVC (Συμπίεση ατμού)

- καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από την RO αλλά παρουσιάζει λιγότερα προβλήματα από αυτή λόγω της ανοχής της στη μεταβλητή εισερχόμενη ενέργεια.
- Είναι πιο κατάλληλη για απομονωμένες περιοχές γιατί είναι πιο ανθεκτική.
- Δύναται να λειτουργήσει σωστά χωρίς ιδιαίτερα εξειδικευμένο προσωπικό.
- Δε χρειάζεται τόσα χημικά για την προεργασία του νερού όπως η RO.
- Δεν απαιτεί μεμβράνες μειώνοντας, έτσι, το κόστος και προσφέρει καλύτερο ποιοτικά νερό.
- Λόγω της απόσταξης που γίνεται, σε περίπτωση μολυσμένου νερού εξασφαλίζεται η απουσία μικροοργανισμών και μικροβίων από το παραγόμενο νερό. Το πλεονέκτημα της απουσίας των μικροοργανισμών το έχουν όλες οι διαδικασίες απόσταξης.

*Μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι οι μονάδες που χρησιμοποιούν μηχανική συμπίεση (VC) έχουν χαμηλότερη απόδοση από τις αντίστοιχες μονάδες που χρησιμοποιούν εξάτμιση πολλαπλής επίδρασης (MED) και απόσταξη πολλαπλής φάσης (MSF).*

# Περιβάλλον

Process	Exergy of steam kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	Electric energy consumption kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	Electric energy equivalent consumption kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>
MSF	7.5-11	2.5-3.5	10-14.5
MED	4-7	~2	6-9
VC	-	7-15	7-15
SWRO	-	4-6 with energy recovery 7-13 without energy recovery	4-6 with energy recovery 7-13 without energy recovery
BWRO	-	0.5-2.5	0.5-2.5
ED	-	0.7-2.5	0.7-2.5

## Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αφαλάτωσης εντοπίζονται σε όλα τα στάδια παραγωγής (τροφοδοσίας, προεπεξεργασίας, αντίστροφης όσμωσης, διάθεσης άλμης, καθαρισμού μεμβρανών).

Επιπτώσεις:

- Καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας σε ακτίνα αρκετών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Αυξημένη αλατότητα του νερού από τα απόβλητα άλμης που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού, τα οποία διοχετεύονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία στη θάλασσα.
- Αύξηση της θερμοκρασίας της άλμης κατά περίπου 3 - 40C στην αντίστροφη όσμωση (έναντι 10 - 150C στις μεθόδους εξάτμισης).
- Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που δεσμεύονται στα ιζήματα και χημική ρύπανση που οφείλεται στα οξέα, τα απολυμαντικά μέσα και στην πλύση των μεμβρανών.

Η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης είναι η λιγότερο ενεργοβόρος και ρυπαίνουσα από τις λοιπές καθιερωμένες μεθόδους.

# Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και αφαλάτωση

Η παραγωγή πόσιμου νερού με τη χρήση αφαλάτωσης είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες μεθόδους για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές, όμως, συνήθως είναι απομονωμένες και δεν είναι εύκολη και η παροχή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία μιας μονάδας αφαλάτωσης.

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα δεν είναι άλλη από τη χρησιμοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Για τη επιλογή της μορφής ΑΠΕ που θα χρησιμοποιηθεί:

- Απαιτείται μελέτη της κάθε περίπτωσης αναλυτικά καθώς πρέπει να διερευνηθεί το δυναμικό της κάθε μορφής ΑΠΕ στην περιοχή ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη.
- Πολύ σημαντική είναι και η προσαρμογή της μορφής ΑΠΕ που θα επιλέξουμε με την κατάλληλη για αυτή μέθοδο αφαλάτωσης. Με την λέξη προσαρμογή εννοούμε το ταίριασμα των χαρακτηριστικών της ενέργειας που παράγεται με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της μεθόδου αφαλάτωσης που έχουμε επιλέξει.

Υπάρχουν 3 γενικές στρατηγικές με τις οποίες μπορούμε να επιτύχουμε την προσαρμογή.

1. Η πρώτη έχει να κάνει με τη διαχείριση ισχύος και στόχος είναι η παροχή στη μονάδα αφαλάτωσης της απαιτούμενης ισχύος, άσχετα με τις συνθήκες που επικρατούν εκείνη τη στιγμή.
2. Η δεύτερη στρατηγική μπορεί να χαρακτηριστεί ως παρόντος φορτίου. Διέπεται από τη λογική της προσαρμογής του φορτίου στη μεταβλητή εισερχόμενη ισχύ ώστε να απορροφάται όλη η παραγόμενη ισχύς και βασίζεται μόνο στις ΑΠΕ.
3. Η τρίτη στρατηγική συνδυάζει κάπως τα παραπάνω. Όσον αφορά τη διαχείριση φορτίου ένας στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές. Σε ότι έχει να κάνει με τη διαχείριση ισχύος όμως, ο έλεγχος δεν εφαρμόζεται μόνο στην πλευρά της μονάδας αφαλάτωσης αλλά και σε αυτή της πηγής ανανεώσιμης ενέργειας. Για παράδειγμα, αν μιλάμε για ανεμογεννήτρια τότε μπορούμε να ελέγξουμε τη γωνία πτερυγίων και τον αριθμό στροφών.



# Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

- Οι ΑΠΕ είναι πιο εύκολες στη λειτουργία και τη συντήρηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Στηρίζεται η τοπική κοινωνία και η οικονομία της, μιας και γίνεται χρήση τοπικού ανθρώπινου δυναμικού αλλά και φυσικών πόρων της περιοχής.
- Επιτυγχάνεται η μείωση των αερίων που είναι υπαίτια για το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και των χρημάτων που απαιτούνται για τον περιορισμό τους.
- Μειώνεται η ενέργεια που αντλείται από το δίκτυο, που ειδικά σε περιόδους αιχμής είναι πολύ σημαντική.
- Αυξάνεται η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ και το πιθανό περίσσειμα μπορεί να δοθεί προς χρήση στο δίκτυο.
- Μειώνεται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και το κόστος για την αγορά αυτών, ιδιαίτερα στις μέρες μας που οι τιμές τους είναι σε διαρκή άνοδο.

# Λόγοι για χαμηλή διείσδυση ΑΠΕ

Οι αιτίες για αυτή τη μικρή συμμετοχή είναι ποικίλες και συχνά συνδέονται μεταξύ τους.

1. Ο πρώτος λόγος έχει να κάνει με τεχνολογικά ζητήματα, που αφορούν τόσο τις ΑΠΕ όσο και τις διάφορες διαδικασίες αφαλάτωσης.
2. Το κόστος της επένδυσης, ειδικά όσον αφορά την παραγωγή της ενέργειας. Αν και οι τιμές είναι σε διαρκή καθοδική πορεία, το κόστος της τεχνολογίας των ΑΠΕ και άλλων συνοδευτικών εξαρτημάτων είναι απαγορευτικό και κάνει τις επενδύσεις μη βιώσιμες.
3. Αν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως δηλώνει και το όνομα τους, είναι απεριόριστες και δεν εξαντλούνται, εν τούτοις ο εφήμερος χαρακτήρας τους θέτει περιορισμούς στη μέγιστη αξιοποίησή τους.
4. Οι ελλείψεις σε εξοπλισμό, τεχνογνωσία και υποδομές των απομονωμένων περιοχών αποτελεί ένα ακόμα πρόβλημα.

# ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΕ

- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια
- Βιομάζα
- Ωκεανική ενέργεια
- Υβριδικό σύστημα

## ❖ Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία της αφαλάτωσης είτε για να παράγει τη θερμική ενέργεια που απαιτείται ώστε να λειτουργήσουν οι μέθοδοι αλλαγής φάσης, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται στις μεθόδους που χρησιμοποιούν μεμβράνες. Το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών κυψελών και των ηλιακών αποστακτηρίων την καθιστούν ακριβή μέθοδο, εκτός και αν η μονάδα γίνεται σε πολύ απομονωμένη περιοχή.

## ❖ Αιολική ενέργεια

Αιολική Ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.

Η Αιολική Ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.

## ❖ Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αφαλάτωση με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και αποτελεί πολύ καλή λύση και για την Ελλάδα καθώς στα εδάφη της βρίσκονται πάρα πολλές πηγές.

Οι πηγές γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη μετρούμενη θερμοκρασία τους ως χαμηλής θερμοκρασίας (<100°C), μεσαίας θερμοκρασίας (100-150°C) και υψηλής θερμοκρασίας (>150°C).

Χαμηλής θερμοότητας πηγές γεωθερμίας στα ανώτερα 100 μέτρα μπορούν να αποτελέσουν μια φθηνή λύση για αφαλάτωση. Οι πηγές γεωθερμίας υψηλής πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Αυτή η δυνατότητα σε συνδυασμό και με τη δυνατότητα μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική, επιτρέπουν τη χρήση διάφορων μεθόδων αφαλάτωσης που να ταιριάζουν στη μορφή της ενέργειας.



# ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΕ

## ❖ Βιομάζα

Η χρήση της βιομάζας για αφαλάτωση δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική καθώς τα οργανικά υπολείμματα δεν είναι συνήθως διαθέσιμα σε άνυδρες περιοχές ενώ η παραγωγή τους απαιτεί πιο πολύ νερό από ότι η αφαλάτωση που θα προκύψει με τη χρήση τους. Επίσης, η οικονομική απόδοση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν τη βιομάζα ως μέσο για παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται και από την απόσταση του τόπου παραγωγής της βιομάζας από τον τόπο κατανάλωσης της. Γενικά, η οικονομικά αποδεκτή αξιοποίηση της βιομάζας είναι μια δύσκολη υπόθεση καθώς τα προβλήματα που εγείρονται είναι πάρα πολλά.

## ❖ Ωκεανική ενέργεια

Αυτή ορίζεται ως η ενέργεια των κυμάτων, των παλίρροιών καθώς και το θερμικό δυναμικό της θάλασσας. Σήμερα υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας και της ενέργειας της παλίρροιας ενώ η εκμετάλλευση του θερμικού δυναμικού είναι πολύ ακριβή, γεγονός που αποτρέπει την εμπορική της εκμετάλλευση.

## ❖ Υβριδικό σύστημα

Ως υβριδικό ορίζουμε ένα σύστημα στο οποίο υπάρχουν τουλάχιστον δυο διαφορετικές πηγές παροχής ενέργειας. Το προφανές πλεονέκτημα μιας τέτοιας λύσης είναι ότι σε περίπτωση κάποιας βλάβης ή, γενικά, αδυναμίας παροχής ενέργειας από την πρώτη πηγή, χρησιμοποιείται η εφεδρική οπότε το σύστημα δεν τίθεται εκτός λειτουργίας εύκολα και αυξάνεται η διαθεσιμότητά του. Ασφαλώς, μια τέτοια επιλογή θα αυξήσει αρκετά το κόστος επένδυσης και εγκατάστασης της μονάδας.

Στο πεδίο των μονάδων αφαλάτωσης οι πιο συνηθισμένες επιλογές για υβριδικά συστήματα είναι ο συνδυασμός αιολικής ενέργειας με τη σύνδεση σε κάποιο δίκτυο, τη χρήση ντιζελογεννήτριας και τα φωτοβολταϊκά.

Οι λύσεις του δικτύου και της ντιζελογεννήτριας δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστες, η κάθε μια για διαφορετικούς λόγους. Τα φωτοβολταϊκά όμως είναι μια καλή λύση, μιας και εξακολουθούμε να κινούμαστε στο χώρο των ΑΠΕ και διαθέτουν ώριμη και εμπορικά εκμεταλλεύσιμη τεχνολογία.

Τα υβριδικά συστήματα αποτελούν συμφέρουσες λύσεις για εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους.

# ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Μια από τις πιο σημαντικές, αν όχι η πιο σημαντική, παράμετρος για την αφαλάτωση, αλλά και όχι μόνο, είναι τα οικονομικά δεδομένα της λειτουργίας. Ο προσδιορισμός των οικονομικών δεδομένων σε μια μονάδα αφαλάτωσης είναι δύσκολος καθώς είναι πολλοί οι παράγοντες που επηρεάζουν και συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Κόστος επένδυσης
- Κόστος διαχείρισης και λειτουργίας
- Κόστος συντήρησης
- Απαιτήσεις προσωπικού
- Απαιτήσεις ενέργειας
- Οικονομικά δεδομένα διαδικασιών αφαλάτωσης
- Προοπτικές εξέλιξης
- Επιλογή μεθόδου με βάση το νερό και τις ΑΠΕ
- Γενικά κριτήρια για τη διαστασιολόγηση και την επιλογή σημαντικών παραμέτρων σε μια εγκατάσταση αφαλάτωσης
  - Νερό τροφοδοσίας
  - Ποιότητα παραγόμενου νερού
  - Μέγεθος μονάδας
  - Εναπόθεση άλμης

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. Ανάλυση ενός καινοτόμου συστήματος αφαλάτωσης ύδατος που χρησιμοποιεί ηλιακή θερμότητα χαμηλής βαθμίδας (low grade)
2. Multi-effect thermal regeneration solar desalination unit with horizontal tube falling film evaporation
3. Μονάδα αφαλάτωσης συνδυασμένη με ηλιακούς συλλέκτες και δεξαμενή αποθήκευσης
4. Ύγρανση και αφύγρανση με αέρα για ένα σύστημα αφαλάτωσης που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια
5. Single stage σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ηλιακής ενέργειας για οικιακή χρήση
6. Αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση και χρήση ηλιακής ενέργειας I
7. Αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση και χρήση ηλιακής ενέργειας II
8. Προσομοίωση λειτουργίας αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης με χρήση αιολικής ενέργειας

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ανάλυση ενός καινοτόμου συστήματος αφαλάτωσης ύδατος που χρησιμοποιεί ηλιακή θερμότητα χαμηλής βαθμίδας (low grade)

Στην εφαρμογή αυτή παρουσιάζεται η θεωρητική ανάλυση ενός συστήματος αφαλάτωσης με ηλιακή ενέργεια, που χρησιμοποιεί φυσικές δυνάμεις, όπως η ατμοσφαιρική πίεση και η βαρύτητα, για τη δημιουργία κενού αέρος. Η εφαρμογή αυτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα της απόσταξης υπό κενό αέρος, χωρίς όμως να απαιτείται επιπλέον ενέργεια για τη δημιουργία του κενού αέρος.

Στο σύστημα περιλαμβάνονται

- μία μονάδα ηλιακής θέρμανσης,
- ένας ατμοποιητής (evaporator) ,
- ένας υγροποιητής (condenser),
- αποβολή της άλμης (brine tank) &
- μία δεξαμενή φρέσκου νερού

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Multi-effect thermal regeneration solar desalination unit with horizontal tube falling film evaporation

Μία βελτιωμένη μονάδα η οποία χρησιμοποιεί falling film εξάτμιση και διαδικασίες θερμικής αναγέννησης..

Η μονάδα αποτελείται κυρίως από

- τον ατμοποιητή (ένα ορθογώνιο κουτί με πολλούς οριζόντιους σωλήνες),
- τον ψεκαστή θαλάσσιου νερού,
- το διανομέα θαλάσσιου νερού,
- μια αντλία κυκλοφορίας νερού,
- μια αντλία θερμού νερού,
- έναν ανεμιστήρα κυκλοφορίας,
- ένα συσσωρευτή,
- ένα διαχωριστή υγρού - ατμού &
- ένα σύστημα προσομοίωσης θερμότητας.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Μονάδα αφαλάτωσης συνδυασμένη με ηλιακούς συλλέκτες και δεξαμενή αποθήκευσης

Η μονάδα αυτή αποτελεί παραλλαγή αυτής που περιγράφηκε στην Εφαρμογή 1. Περιλαμβάνει τους ηλιακούς συσσωρευτές, που παρέχουν την απαραίτητη θερμική ενέργεια και το τμήμα αφαλάτωσης, που χρησιμοποιεί τη μέθοδο ύγρανσης (humidification) για να επεξεργαστεί το υφάλμυρο νερό.

Η ηλιακή μονάδα αποτελείται από:

- Ένα πεδίο συλλογής flat plate.
- Μία συμβατική δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας (storage tank).
- Εναλλάκτη θερμότητας (heat exchanger).
- Μονάδα ελέγχου, αντλία κυκλοφορίας (circulation pump) και βαλβίδες ανάμειξης που ελέγχονται ηλεκτρικά μέσω θερμοκρασίας (three way valve).

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Υγρανση και αφύγρανση με αέρα για ένα σύστημα αφαλάτωσης που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια.

Η αφαλάτωση με χρήση ηλιακής ενέργειας και υγρανση - αφύγρανση (Solar desalination with humidification-dehumidification (SDHD)), αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη τεχνική για την παραγωγή φρέσκου νερού σε απομονωμένες και ηλιόλουστες περιοχές. Αυτή η μέθοδος αφαλάτωσης στηρίζεται βασικά στην ικανότητα του αέρα να αναμειγνύεται με μεγάλες ποσότητες υδρατμού.

Το σύστημα συνδυάζει

- ηλιακούς συλλέκτες για τον αέρα και το νερό και φυσικά
- εξατμιστή και συμπυκνωτή.

και έχει τα εξής κύρια χαρακτηριστικά:

- Ο κύκλος του αέρα μπορεί να είναι ανοικτός ή κλειστός.
- Η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης ανακτάται και χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού.
- Ο υγρός αέρας στην έξοδο του εξατμιστή μπορεί να επιστραφεί στον ηλιακό συλλέκτη, ούτως ώστε να θερμανθεί και να υγρανθεί δύο και τρεις φορές. Έτσι ο αέρας θα μπορεί να χρεωθεί με μια σημαντική ποσότητα ατμού.

Η ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου της συγκεκριμένης εγκατάστασης στηρίζεται στην αρχή διατήρησης της μάζας και της ενέργειας σε κάθε επιμέρους τμήμα αυτής.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Single stage σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ηλιακής ενέργειας για οικιακή χρήση

Η εγκατάσταση αποτελεί ένα σύστημα αφαλάτωσης μονού σταδίου (single stage), για οικιακή χρήση που αποδίδει περίπου 10 λίτρα φρέσκο νερό ημερησίως.

Το σύστημα αποτελείται από

- ένα flat plate συλλέκτη,
- έναν ατμοποιητή,
- μία αντλία κενού και
- έναν υγροποιητή.



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση και χρήση ηλιακής ενέργειας I

Η εγκατάσταση είναι σε λειτουργία στην έρημο Nejd στο νοτιοδυτικό Ομάν.

Αποτελείται από:

- Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συλλογής ηλιακής ενέργειας και ηλεκτρικά συστήματα.
- Αντλία παροχής σκληρού νερού (με άλατα, μεταλλικά στοιχεία κ.λ.π.).
- Ένα σύστημα χορήγησης οξέος.
- Ένα σύστημα αντιδιάβρωσης.
- Ένα σύστημα απομάκρυνσης αερίων.
- Ένα φίλτρο.
- Δύο αντλίες υψηλής πίεσης.
- Σύστημα αντίστροφης όσμωσης.
- Σωληνώσεις για το αποβαλλόμενο και το καθαρό νερό.
- Ατμοποιητή.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση και χρήση ηλιακής ενέργειας II

Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί υβριδικό σύστημα, εξέλιξη αυτού που περιγράφεται στην προηγούμενη εφαρμογή.

Περιλαμβάνει λειτουργία του κύκλου Rankine με υποβοήθηση ηλιακής ενέργειας, περιλαμβάνοντας

- ηλιακούς συλλέκτες και
- το κλασσικό σύστημα αντίστροφης όσμωσης.

Στο σύστημα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση και χρήση ηλιακής ενέργειας, υπάρχει το τμήμα διαχωρισμού με χρήση μεμβρανών που τροφοδοτείται από μία αντλία υψηλής πίεσης και που είναι κατάλληλα συνδεδεμένο με έναν υδροστρόβιλο, για την ανάκτηση της ενέργειας του ρεύματος άλμης που αφήνει τη διαδικασία.

Το ρεύμα που εγκαταλείπει τις μεμβράνες αποτελεί και το τελικό προϊόν. Το θερμικό - ηλιακό υποσύστημα, παρέχει το απαραίτητο έργο για την κίνηση της αντλίας υψηλής πίεσης της μονάδας με τη βοήθεια ενός ατμοστρόβιλου. Θερμότητα παρέχεται είτε από τους ηλιακούς συλλέκτες είτε από ορυκτά καύσιμα και στο boiler όπου το νερό (που αποτελεί και το εργαζόμενο μέσο του κύκλου Rankine) εξατμίζεται και στη συνέχεια υπερθερμαίνεται. Το υπέρθερμο ρεύμα εισέρχεται σε ένα στρόβιλο που με τη σειρά του κινεί την αντλία του συστήματος αντίστροφης όσμωσης. Το εργαζόμενο υγρό που εγκαταλείπει το στρόβιλο είναι ακόμα ατμός αλλά σε χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία. Επιστρέφει στην υγρή μορφή του στον υγροποιητή και η λανθάνουσα θερμότητα απορρίπτεται στη θάλασσα. Αφού περάσει από τον υγροποιητή το υγρό επιστρέφει στο boiler και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Ανάκτηση ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του ρεύματος χαμηλής πίεσης που αφήνει το στρόβιλο και το υπόψυκτο υγρό που εισέρχεται στο boiler.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Προσομοίωση λειτουργίας αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης με χρήση αιολικής ενέργειας

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί

- την αντίστροφη όσμωση για την αφαλάτωση,
- τον άνεμο ως κύρια πηγή ενέργειας και
- συστοιχία μπαταριών για την κάλυψη των αναγκών του σε περίπτωση άπνοιας.

Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων το πως θα επηρεαστεί το κόστος της μονάδας από τους κρίσιμους παράγοντες του. Το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται πάντα από τις τοπικές συνθήκες, όπως το αιολικό δυναμικό, οι υποδομές κ.τ.λ.. Η ελαχιστοποίηση του κόστους μπορεί να γίνει μονάχα προσαρμόζοντας την τεχνικοοικονομική μελέτη στις απαιτήσεις της κάθε περιοχής και όχι χρησιμοποιώντας γενικούς κανόνες.

Οι γενικές κατευθύνσεις που αφορούν τη συμπεριφορά και τη λειτουργία ενός αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- Ο πιο αποτελεσματικός και οικονομικός τρόπος για την αύξηση της παραγωγής νερού είναι με τη χρήση μεγαλύτερης ΜΑ και όχι με μεγαλύτερη ΑΓ.
- Κάποια μορφή πρόβλεψης αιολικών συνθηκών απαιτείται ώστε να μειωθεί ο αριθμός των Ε/Δ.
- Το μέγεθος της μπαταρίας πρέπει να είναι το ελάχιστο ώστε να εξασφαλίσει περιορισμένη αυτονομία και κανονικό κλείσιμο της μονάδας σε περίπτωση έλλειψης ανέμου.
- Γενικός κανόνας του σχετικού μεγέθους της ισχύος της ΑΓ και της Μ.Α. είναι 3:2 με 3:1 ανάλογα και με τις τοπικές συνθήκες που επικρατούν.
- Με κατάλληλο έλεγχο, σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό μπορούν να επιτευχθούν συντελεστές πλήρωσης της τάξης του 60%.

# ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Τοποθεσία	νερό τρο-φοδότησ.	τεχνολογία αφάλατωσης	χωρητι. m <sup>3</sup> /d	τεχνολογία αναννώσ.	χαρκτηριστικά
Bouzeah, Αλγερία	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	20,0	φωτοβολταϊκά	2.74 kW-peak
El-Hamrawein Αίγυπτος	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	80.0	φωτοβολταϊκά	25.9 kW
CEN, Cadn-rach, Γαλλία	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	60.0	επίπεδοι συλλέκτες	
Borkum Island, Γερμανία	θαλάσσιο	μηχανική επανασυμπίε.	7,2 - 48	αιολική.	45 kW, maximum
Ruegen Island, Γερμανία	θαλάσσιο	μηχανική επανασυμπίε.	48- 360	αιολική.	300 kW, maximum
Trisai Center, Ιταλία	αλμυρό	θερμική επανασυμπίεση	184.4	επίπεδοι συλλέκτες	25.000 m <sup>2</sup>
Cituis, Δυτική Ιάβη	θαλάσσιο	αντίστροφη ώσμωση	36	φωτοβολταϊκά	19.2 kW-peak
Takasaki Island Ιαπωνία	θαλάσσιο	16-βαθμίδες MED	16	επίπεδοι συλλέκτες	
Kuwait,	θαλάσσιο	12-βαθμίδες MSF	100.0	παραβολικές σκάφ.	220 m <sup>2</sup>
Κατάρ	θαλάσσιο	MSF	20,0	ηλιακή λίμνη	
Platforma Al-meria, Ισπανία	θαλάσσιο	14-βαθμίδες MED	172.8	παραβολικές σκάφ.	2672 m <sup>2</sup>
Almeria, Ισπανία	θαλάσσιο	αντίστροφη ώσμωση	60.0	φωτοβολταϊκά	836 m <sup>2</sup>
Umm-Al Nar, Abu-Dabi,	θαλάσσιο	18-βαθμίδων MEB	100-120	συλλέκτες κενού	1862 m <sup>2</sup>
El-Paso, Texas, USA	αλμυρό	24-βαθμίδων MEB	19,0	ηλιακή λίμνη	3355 m <sup>2</sup>
<b>Υπό κατασκευή</b>					
Λιβύη	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	1000	φωτοβολταϊκά	
Λιβύη	θαλάσσιο	ME	500	παραβολικοί συλλέκτες	
Λιβύη	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	2000	αιολική	

# ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

## Μονάδα Αφαλάτωσης Δεκέλειας (Κύπρος)

Η Μονάδα Αφαλάτωσης Δεκέλειας λειτούργησε την 1η Απριλίου 1997, με δυναμικότητα 20.000 κυβικά μέτρα νερού την ημέρα, ενώ από τις 18 Μαΐου 1998, η δυναμικότητα της Μονάδας αυξήθηκε στα 40.000 κυβικά μέτρα. Το παραγόμενο νερό καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες της ελεύθερης περιοχής Αμμοχώστου, μέρος των αναγκών της Λάρνακας και μέρος των αναγκών της Λευκωσίας.

## Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Ημερήσια δυναμικότητα: 40.000 κυβικά μέτρα / ημέρα.
- Ετήσια δυναμικότητα: 14.600.000 κυβικά μέτρα / χρόνο.
- Ελάχιστη ημερήσια δυναμικότητα: 36.000 κυβικά μέτρα / ημέρα.
- Ελάχιστη ετήσια δυναμικότητα: 13.140.000 κυβικά μέτρα / χρόνο.
- Πηγή ακατέργαστου νερού: Μεσόγειος θάλασσα.
- Σύστημα εισαγωγής: Ανοικτή θάλασσα.
- Ολικά διαλυμένα στερεά θαλάσσιου νερού: 40.570 mg/l.
- Δυνατότητα ανάκτησης μονάδας: 50%.
- Ροή νερού τροφοδοσίας: 3.332 κυβικά μέτρα / ώρα.
- Ροή παραγόμενου νερού: 1.666 κυβικά μέτρα / ώρα.
- Ολικά διαλυμένα στερεά παραγόμενου νερού: <500 mg/l.

## Διυλιστήριο Αφαλάτωσης Λάρνακας

Το Διυλιστήριο Αφαλάτωσης Λάρνακας λειτούργησε τον Απρίλιο του 2001 από την ιδιωτική εταιρεία LWP (Larnaca Water Partners) και λειτουργεί όπως αναφέραμε σύμφωνα με το σύστημα BOOT. Η μονάδα παράγει γύρω στα 52.000 m<sup>3</sup> την ημέρα



# ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

## Εφαρμογές στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα στα νησιά Νίσυρος, Κίμωλος, Κεφαλονιά, Ιθάκη και Καστελόριζο υπάρχουν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης για την ύδρευση με πόσιμο νερό με μέση επιφάνεια εξάτμισης 2.450 m<sup>2</sup>. Οι εγκαταστάσεις αυτές σχεδιάστηκαν να παράγουν ανάλογα με την κατασκευαστική διάταξη και το κλίμα από 7,5 μέχρι 15m<sup>2</sup> πόσιμο νερό ανά m<sup>2</sup> την ημέρα.

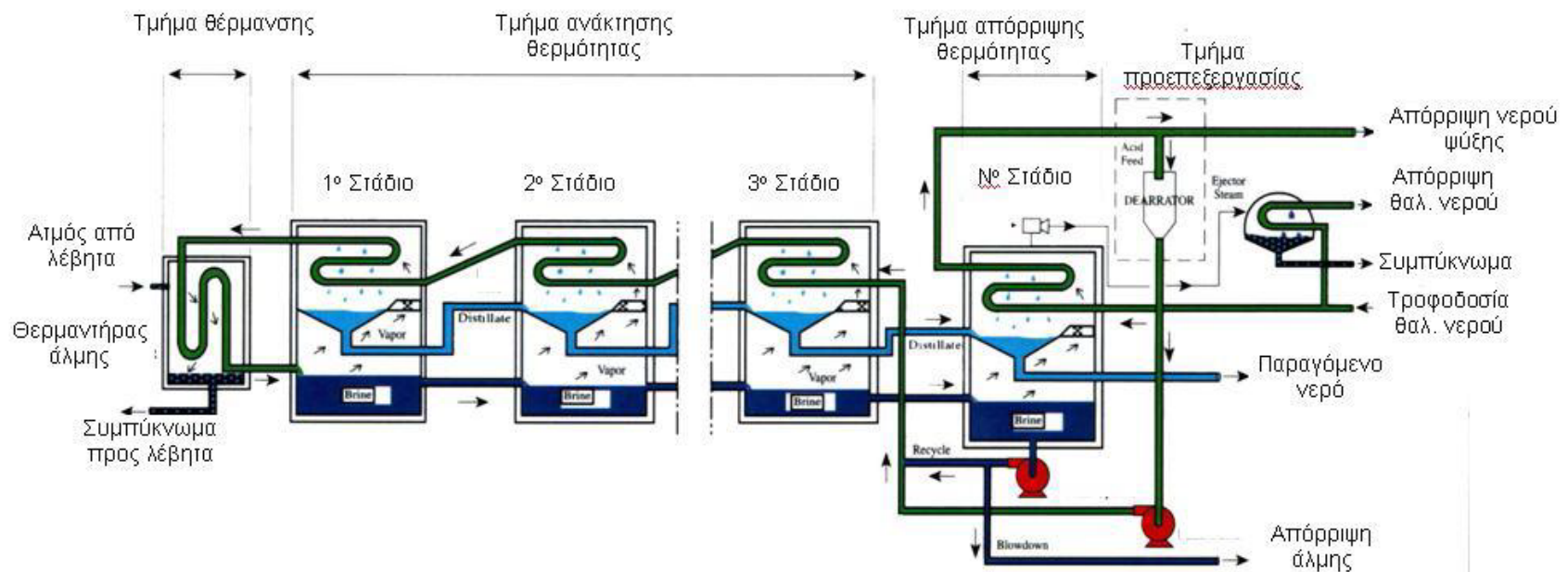
Η παλαιότερη μονάδα αφαλάτωσης στη νήσο Πάτμο είναι αρκετά μεγάλη. Σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία από τον καθηγητή Δρ. Α. Δεληγιάννη και τη σύζυγό του. Η μονάδα αυτή είχε επιφάνεια εξάτμισης 8,665m<sup>2</sup> και παρήγαγε κατά μέσο όρο 25.000 λίτρα νερού την ημέρα.

Το ΚΑΠΕ, το 2001, στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος, ανέπτυξε ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα αντίστροφης ώσμωσης για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Το σύστημα αποτελείται από μονάδα Α/Ο με δυνατότητα ωριαίας παραγωγής πόσιμου νερού 130 λίτρα, ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 900 W, φωτοβολταϊκό σύστημα 3,96 kWp, ρυθμιστές φόρτισης, συσσωρευτές ενέργειας και δυο μετατροπείς ισχύος. Η μονάδα έχει εγκατασταθεί στο Αιολικό Πάρκο του ΚΑΠΕ στην Κερατέα.

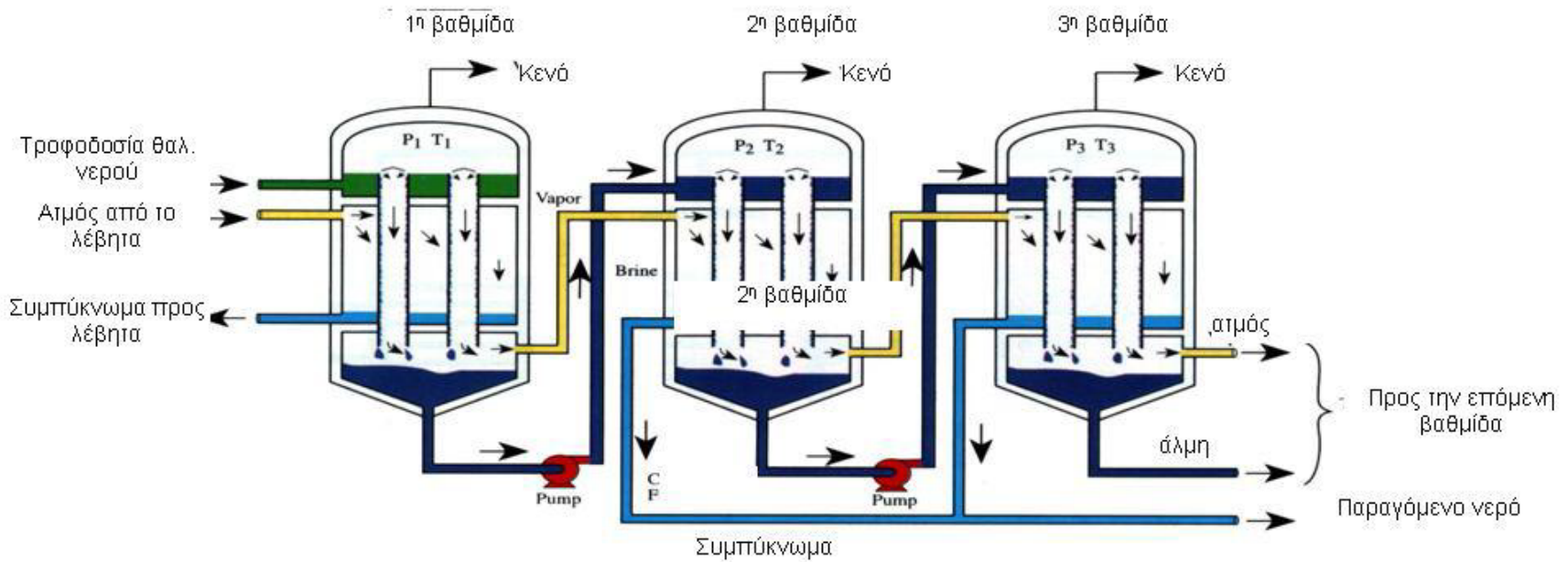
Στην Ελλάδα, δύο από τις πιο πρόσφατες εφαρμογές αφορούν στην ανάπτυξη και εγκατάσταση συστημάτων αντίστροφης ώσμωσης με ΑΠΕ στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (Μέτρο 6.3 και Μέτρο 4.5). Συγκεκριμένα:

- Το πρώτο έργο αφορά στη σχεδίαση και εγκατάσταση μονάδας Α/Ο θαλασσινού νερού, ημερήσιας παραγωγής 21000 κ.μ. στη Μήλο. Μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 850 kW συνδεδεμένη στο δίκτυο παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στη μονάδα αφαλάτωσης.
- Το δεύτερο έργο αφορά στη σχεδίαση και κατασκευή μιας πιλοτικής πλωτής μονάδας Α/Ο με Α/Γ και Φ/Β. Η καινοτόμα αυτή μονάδα έχει εγκατασταθεί στη νήσο Ηρακλειά, με σκοπό τη δοκιμαστική λειτουργία της και την κάλυψη μέρους των αναγκών νερού του νησιού. Η μονάδα Α/Ο έχει ονομαστική δυναμικότητα παραγωγής νερού 3,3 κ.μ./ώρα. Το σύστημα είναι αυτόνομο και καλύπτει τις ενεργειακές του απαιτήσεις κυρίως από μια Α/Γ ονομαστικής ισχύος 30 kW.

# Multi stage flash (MSF)

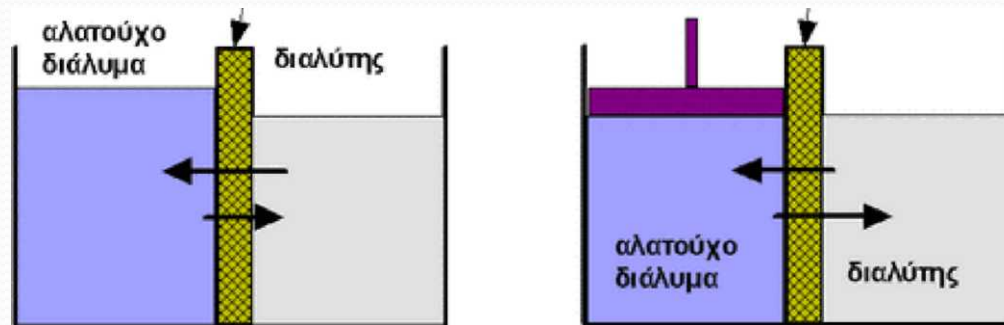


# Multiple effect evaporator (MED/ME)

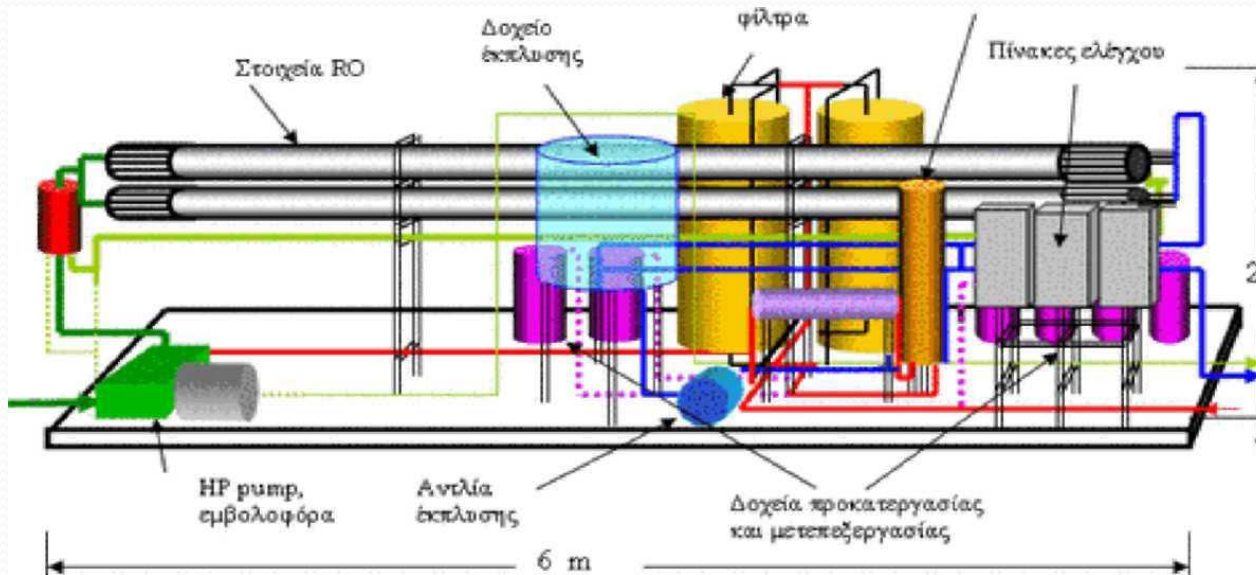




# Όσμωση και μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης



# Όσμωση και μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης



# Vapor compression evaporation (VC)

