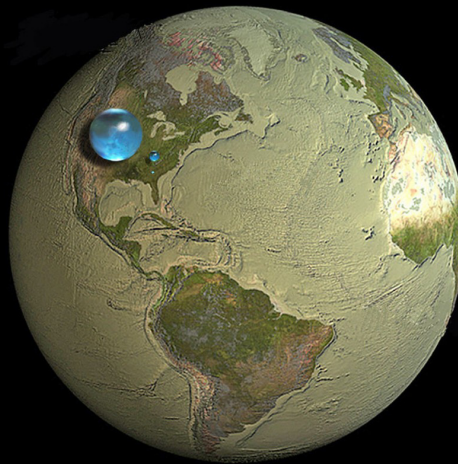


**ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ III
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ**

Part II

Tassos Ballas ©

How Much Water is on Earth?
How precious is it?



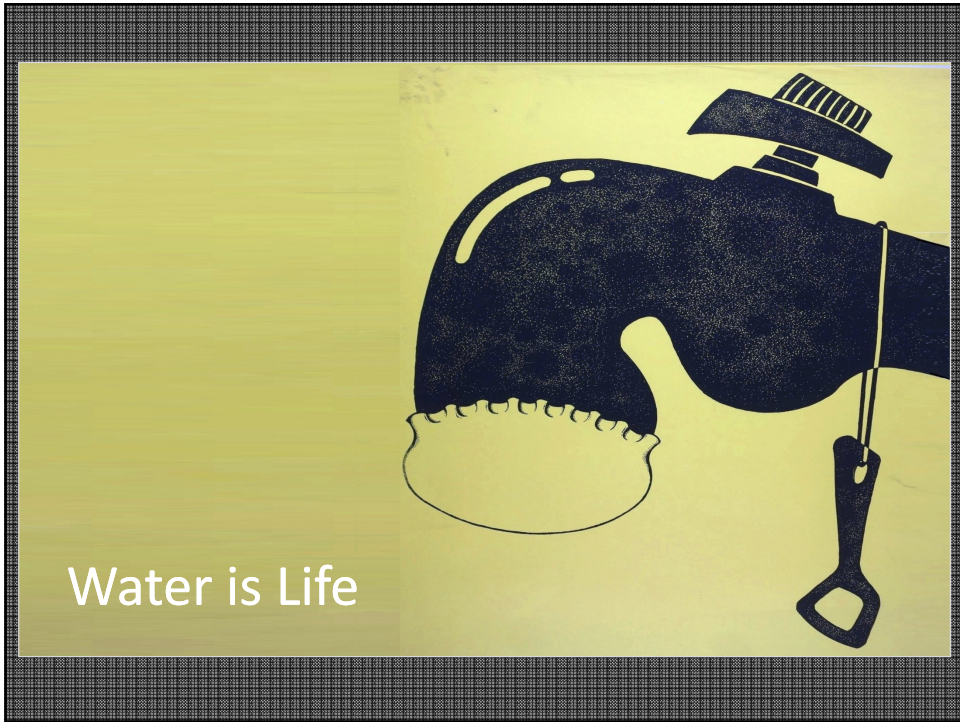
Το νερό

- Λιγότερο από το 3% του νερού στη γη είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα.
- Το 75% αυτού είναι σε στερεή κατάσταση (πάγος).
- Μόνο το 1 % είναι τελικά πόσιμο, αλλά το περισσότερο βρίσκεται σε υπόγειες αποθήκες.

Απομένει μόνο το 0,05% του συνολικού νερού, διαθέσιμο κυρίως από ποτάμια, λίμνες, πηγές και γεωτρήσεις.

Τα αποθέματα νερού δεν έχουν σταθερό ισοζύγιο, αλλά εξαρτώνται από κλιματολογικές και άλλες συνθήκες, ενώ η ανθρώπινη δραστηριότητα καταστρέφει, μέσω επιμολύνσεων, τα ήδη υπάρχοντα αποθέματα νερού.





Συστήματα Παραγωγής Νερού

Μέθοδοι αφαλάτωσης

- Η εξάτμιση ή όπως συνήθως αναφέρεται, απόσταξη (76% συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους, για εγκαταστάσεις παραγωγής μεγαλύτερης των 4000 m³/d)
- Η ηλεκτροδιάλυση (2,3% της παραγωγής αφαλατωμένου νερού για εγκαταστάσεις μεγαλύτερες των 4000 m³/d και 5,7% για την παραγωγή από 100 έως 4000 m³/d)
- Η αντίστροφη ώσμωση (Reverse osmosis, R.O.) (32,6 % των εγκαταστάσεων παραγωγής από 100 έως 4000 m³/d και 19,5 % των εγκαταστάσεων παραγωγής μεγαλύτερης των 4000 m³/d)
- Οι υβριδικές μέθοδοι
- Η ψύξη

Η παραγωγή γλυκού νερού από το θαλασσινό νερό για οικιακούς και βοηθητικούς σκοπούς είναι μια βασική απαίτηση στα πλοία.

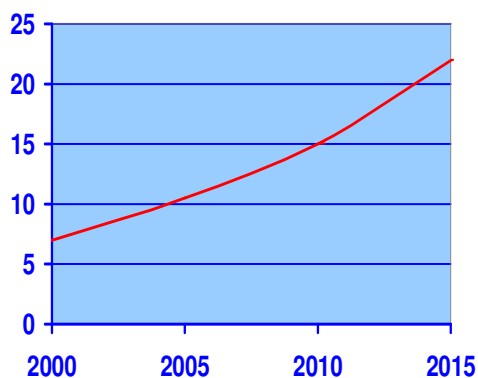
Το πλήρωμα καταναλώνει κατά μέσο όρο 100 λίτρα / κεφαλή / ημέρα.

Σε ένα ατμόπλοιο (πλοίο του οποίου η κύρια μονάδα πρόωσης είναι ατμοστρόβιλος ή ένα μεγάλο δεξαμενόπλοιο με ατμοστρόβιλο και αντλίες εκφόρτωσης φορτίου), η κατανάλωση για τους λέβητες μπορεί να φτάσει τους 30 τόνους / ημέρα.

Νερό μπορεί να τροφοδοτηθεί στο λιμάνι για να καλύψει τις ανάγκες του πληρώματος και των επιβατών. Αλλά η ποιότητα αυτού του νερού είναι πολύ κακή για χρήση στους λέβητες και για την ψύξη των μηχανημάτων του μηχανοστασίου.

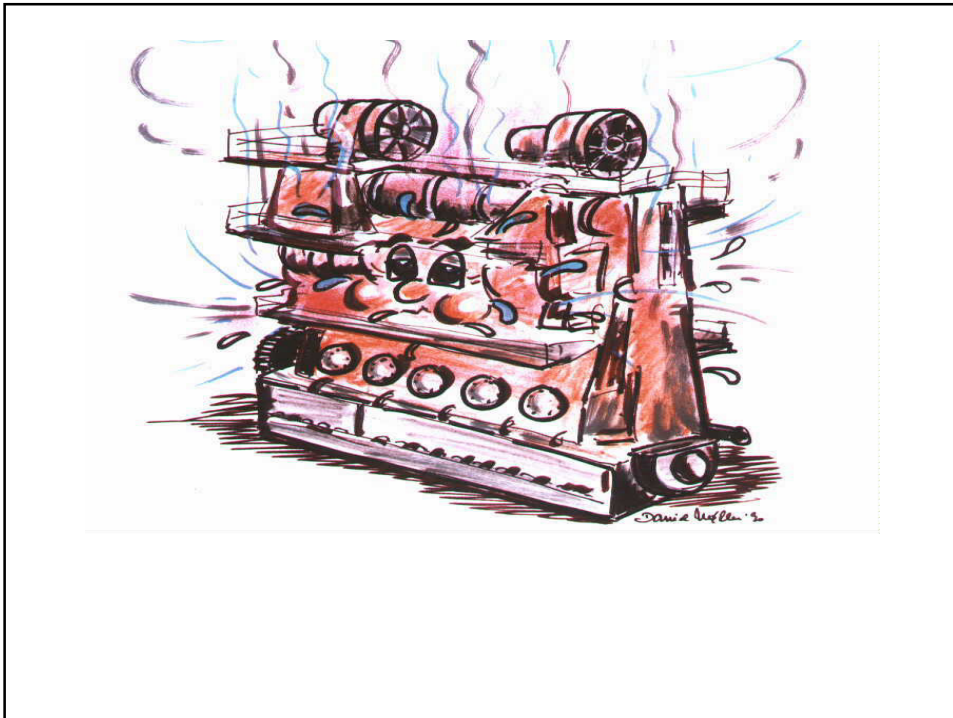
Είναι κοινή πρακτική να λαμβάνεται στα λιμάνι μόνο μια ελάχιστη ποσότητα πόσιμου νερού και να συμπληρώνεται το υπόλοιπο που χρειάζεται το πλοίο για την λειτουργία του, με απόσταση θαλασσινού νερού. Ο χώρος αποθήκευσης του γλυκού νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιπλέον καύσιμα ή επιπλέον διαθέσιμο χώρο φορτίου.

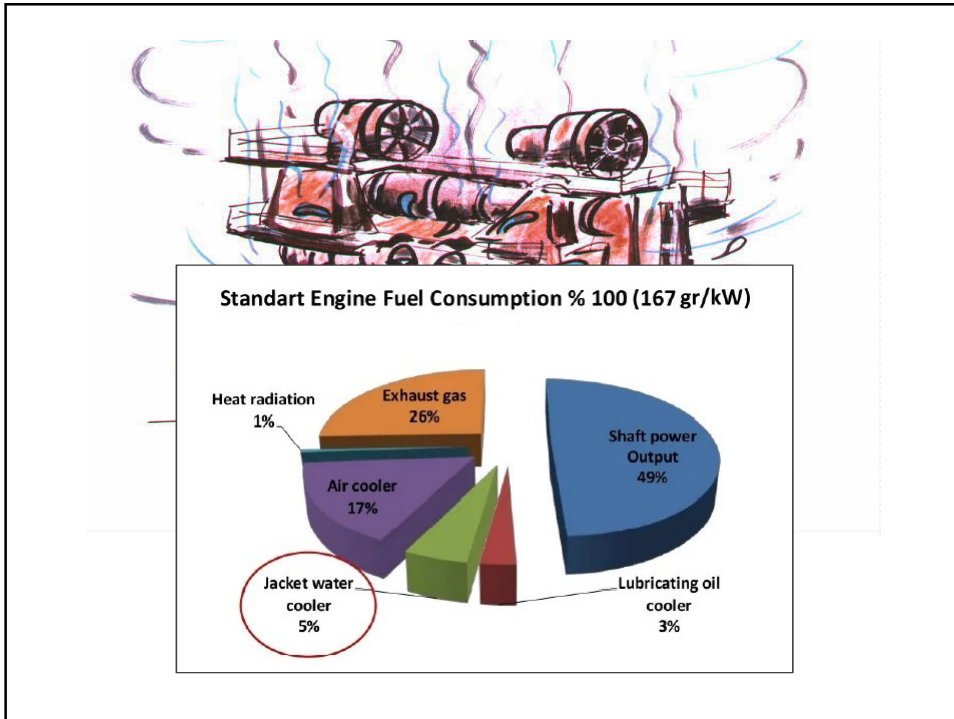
Bunker Water



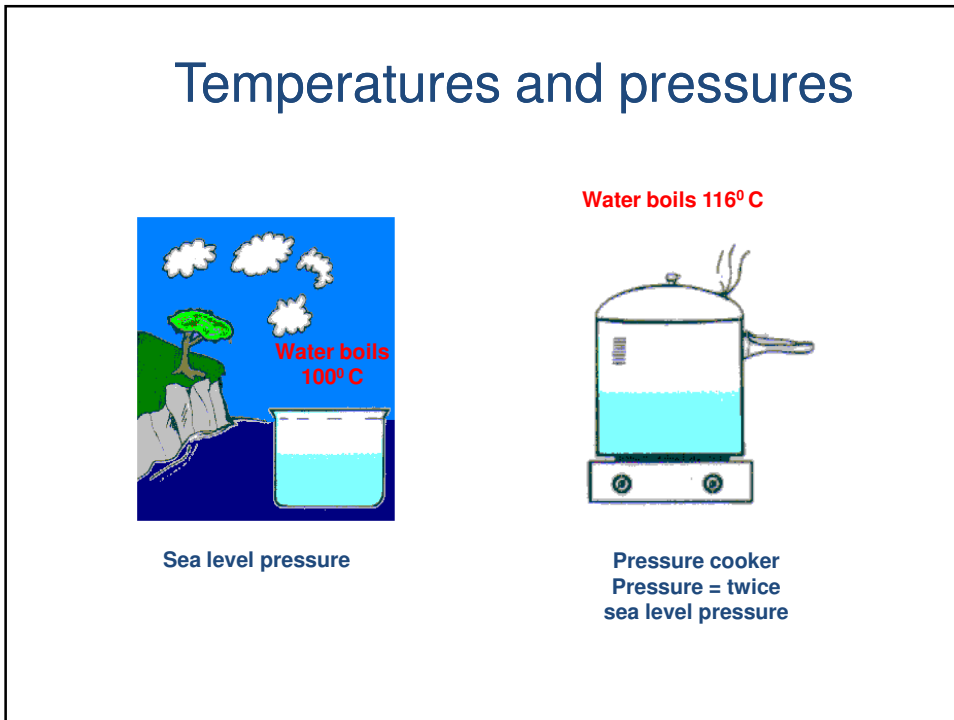
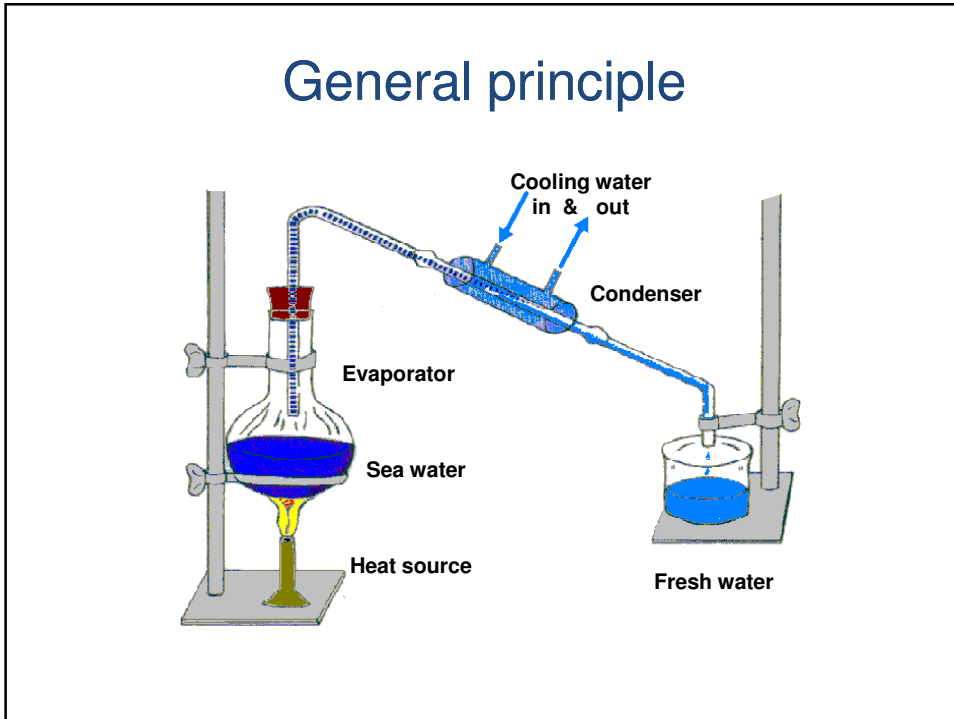
- Prices continue to escalate
- Quality will vary with location
- Rapid scale formation in boiler, Separators, heaters, etc.
- Overall costs for the water and associated maintenance will be significant

Αποστακτήρες – Βραστήρες
(Distillers Evaporators).





Ακόμη και από τον πιο αποδοτικό κινητήρα, μόνο το 50% περίπου της θερμότητας που παράγεται από την καύση του καυσίμου μετατρέπεται σε χρήσιμη ισχύ στον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα. Το υπόλοιπο ποσοστό είναι δυνητικά σπατάλη. Το νερό ψύξης της Jacket ενός κινητήρα περιέχει σημαντική ποσότητα θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί σε έναν εξατμιστή γλυκού νερού.

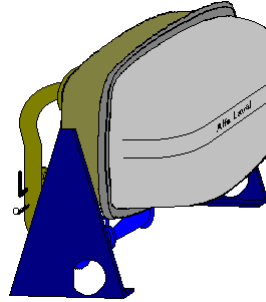


Temperatures and Pressures



Mt. McKinley (@6140m)
Pressure = 56%
of sea level pressure

Water boils at 48° C



Distiller
Pressure = 7%
of sea level pressure

WATER – PRESSURE AND BOILING POINTS

Boiling Point °C	Pressure atm	Boiling Point °C	Pressure atm
5	0,0085	55	0,1553
10	0,0120	60	0,1965
15	0,0167	65	0,2468
20	0,0229	70	0,3075
25	0,0311	75	0,3804
30	0,0418	80	0,4674
35	0,0554	85	0,5704
40	0,0727	90	0,6919
45	0,0945	95	0,8342
50	0,1216	100	1,0000

- Μια μονάδα αφαλάτωσης ενός πλοίου είναι διαφορετική από μια μονάδα αφαλάτωσης της ξηράς γιατί λειτουργεί σε πολύ διαβρωτικό περιβάλλον.
- Το Rolling (η περιστροφή γύρω από έναν διαμήκη άξονα), το Pitching (η περιστροφή γύρω από τον εγκάρσιο άξονα) και το Yawing (η περιστροφή γύρω από τον κατακόρυφο άξονα) του πλοίου λαμβάνονται επίσης υπόψη κατά το σχεδιασμό της μονάδας αφαλάτωσης.
- Για να αποφευχθούν προβλήματα σπηλαιώσης, πρέπει να υπάρχει πάντα επαρκής ποσότητα νερού και πίεση στην αναρρόφηση της αντλίας θαλάσσης.
- Το νερό που συμπυκνώνεται στους σωλήνες του συμπυκνωτή συλλέγεται σε μια λεκάνη. Η λεκάνη αυτή πρέπει να είναι κεκλιμένη ανάλογα με τον διατοιχισμό του πλοίου, έτσι ώστε η αναρρόφηση της Distillate Pump (της αντλίας του αποσταγμένου νερού) να είναι πάντα γεμάτη υγρό και να αποφεύγονται προβλήματα σπηλαιώσης ή ξηρής λειτουργίας της αντλίας.

Το κέλυφος είναι συνήθως κατασκευασμένο από χάλυβα (ή μη σιδερένιο μέταλλο όπως το χαλκονικέλιο) το οποίο έχει υποβληθεί σε αμμοβολή και στη συνέχεια έχει επικαλυφθεί με κάποια προστατευτική επίστρωση.

Τα σημαντικά σημεία σχετικά με τις προστατευτικές επιστρώσεις είναι:

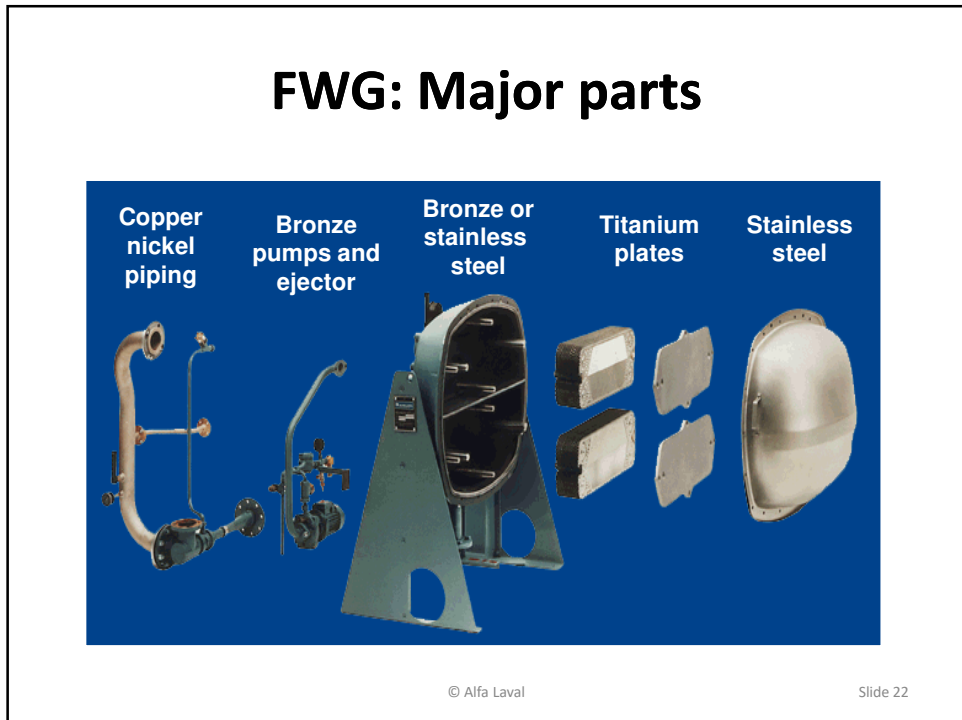
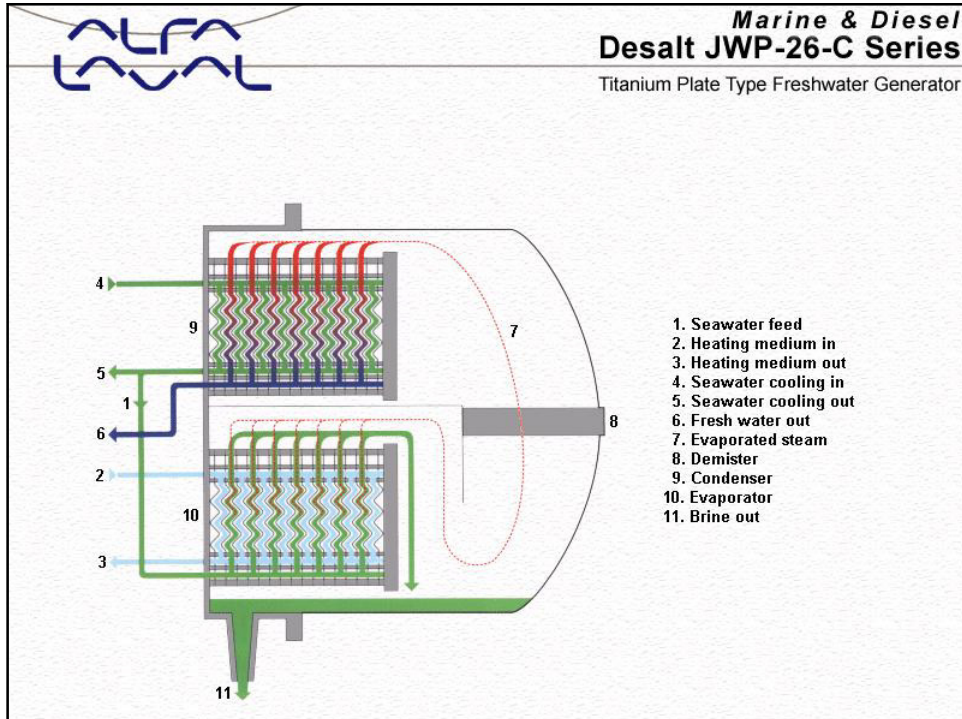
- Πρέπει να είναι αδρανείς και να αποτρέπουν τη διάβρωση
- Πρέπει να αντιστέκονται στην επίδραση των χημικών καθαρισμού με οξύ και της επεξεργασίας του αποσταγμένου νερού
- Πρέπει να έχουν καλή σχέση με το μέταλλο

Στους βραστήρες τύπου σωλήνα, στους εναλλάκτες θερμότητας χρησιμοποιούνται σωλήνες από ορείχαλκο - αλουμίνιο για την δε πλάκα των σωλήνων το μέταλλο Muntz (60/40 από κράμα χαλκού με ψευδάργυρο).

Στους βραστήρες με πλάκες, χρησιμοποιούνται για συμπυκνωτή και εξατμιστή πλάκες τιτανίου.

Το Demister είναι κατασκευασμένο από πολυεπίπεδο πλεκτό σύρμα από μέταλλο monel (κράμα νικελίου χαλκού).

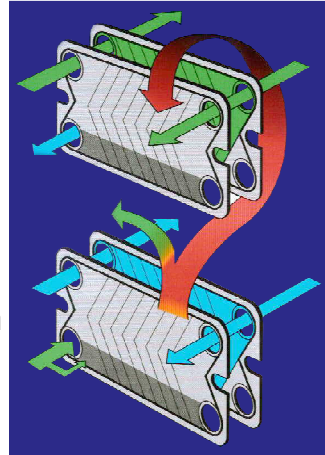
Μια μονάδα απόσταξης μπορεί να λειτουργεί για τουλάχιστον 90 ημέρες στην ονομαστική χωρητικότητα χωρίς διακοπή για καθαρισμό. Οι προδιαγραφές των βραστήρων για τα πλοία απαιτούν «κάθε μονάδα αφαλάτωσης να είναι ικανή για αυτόματη λειτουργία χωρίς επίβλεψη αφού τεθεί σε λειτουργία».



Process control

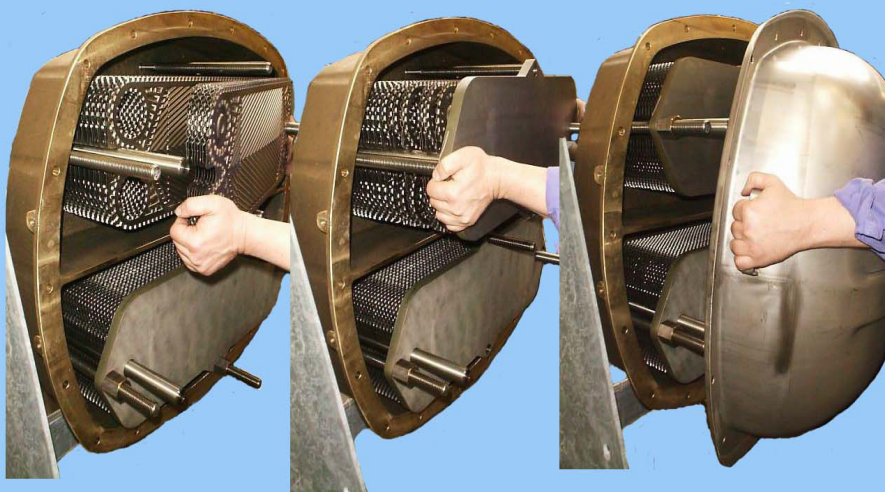
Put scale formation in chain

- Always takes place in desalination processes
- Depends on the process; temperature and salt concentration
- Automatic feedwater distribution
- Balanced media flows



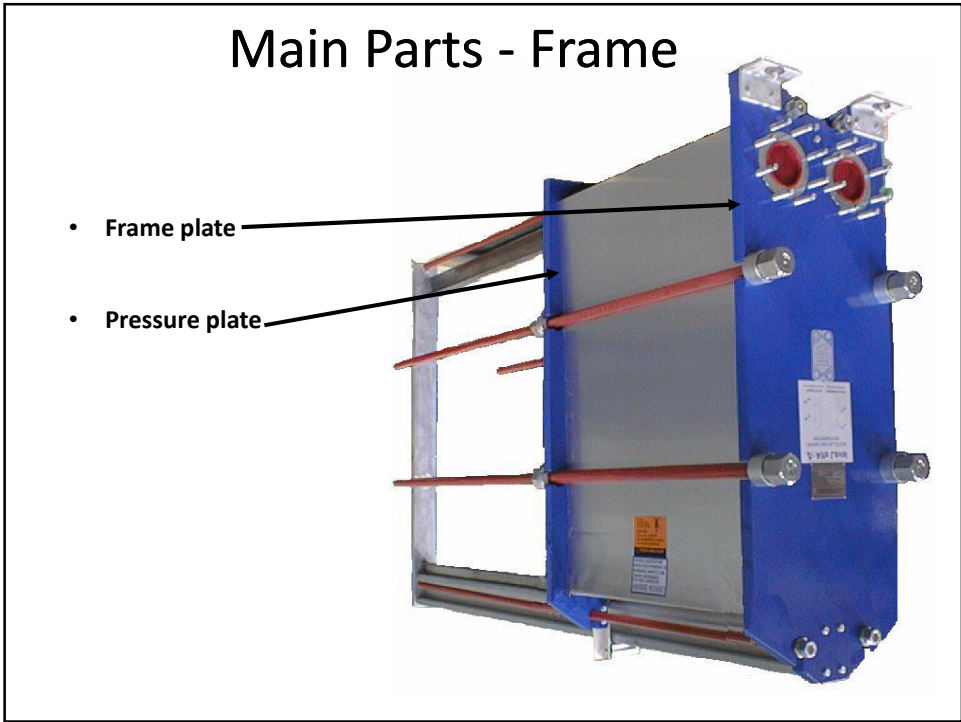
**Marine & Diesel
Desalt JWP-26-C Series**

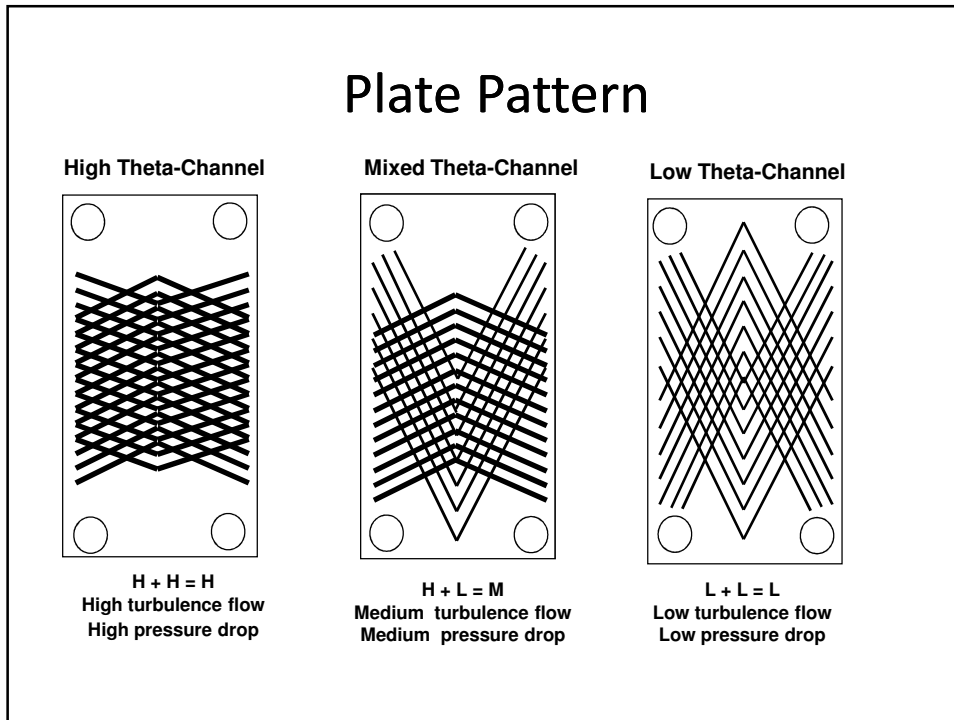
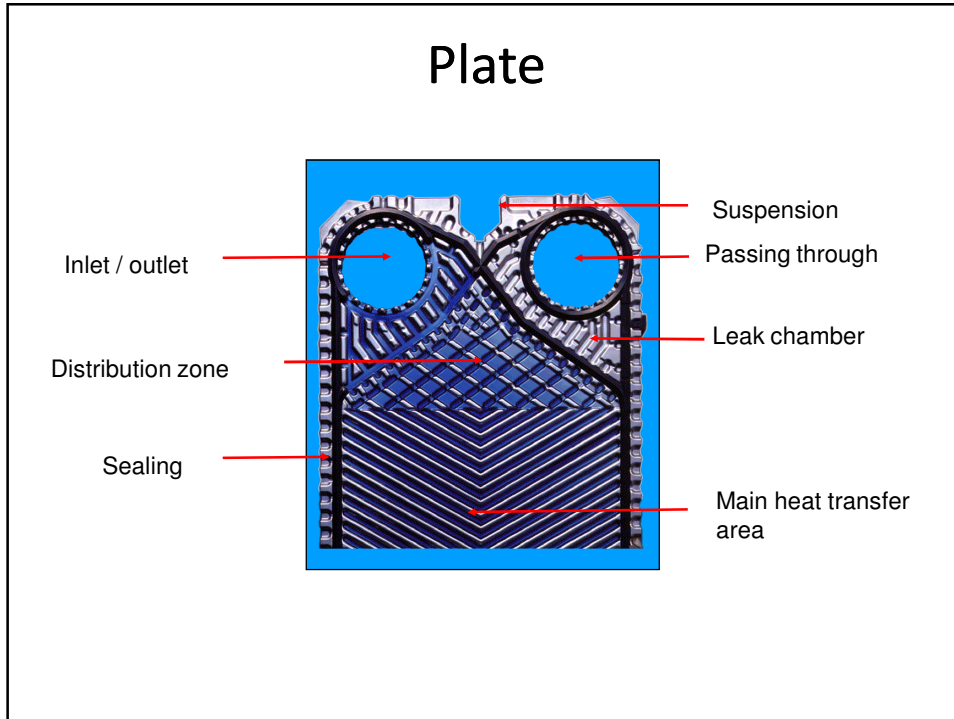
Titanium Plate Type Freshwater Generator

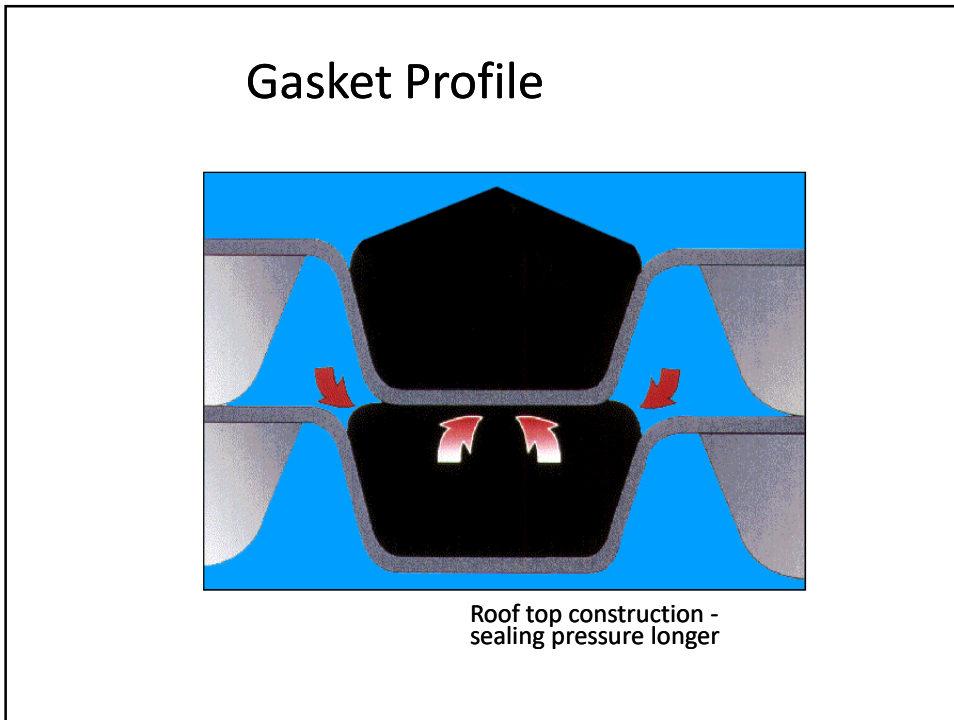
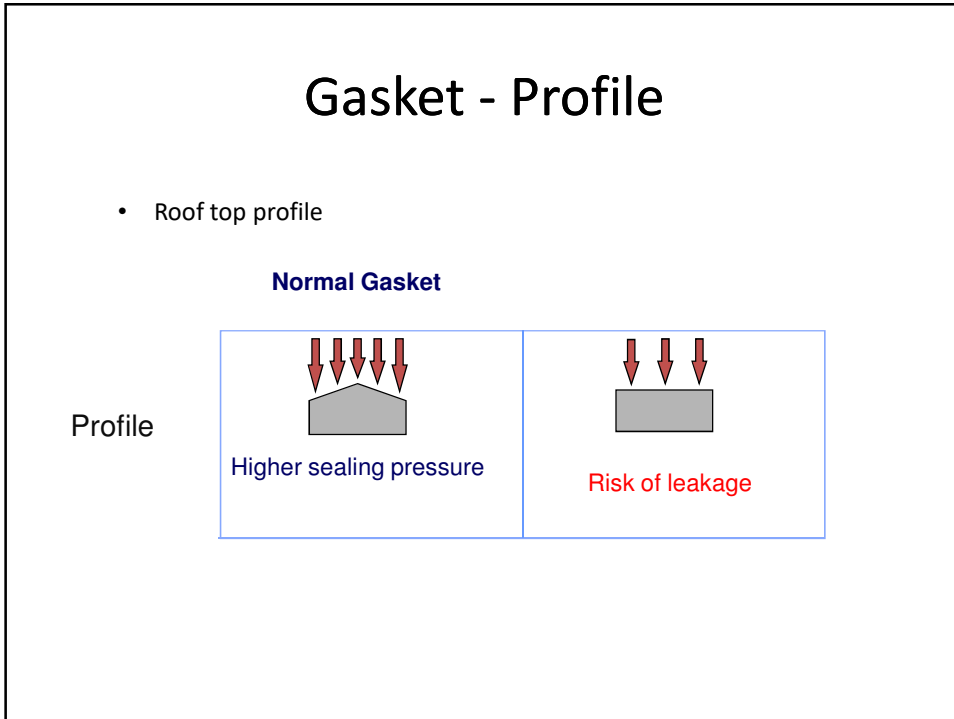


Designed for Easy cleaning and inspection

Plate Heat Exchangers

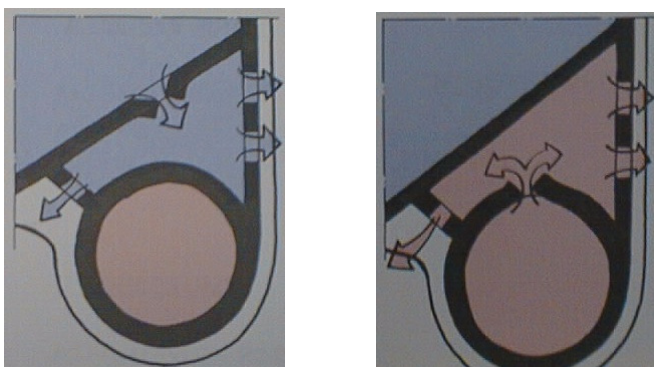






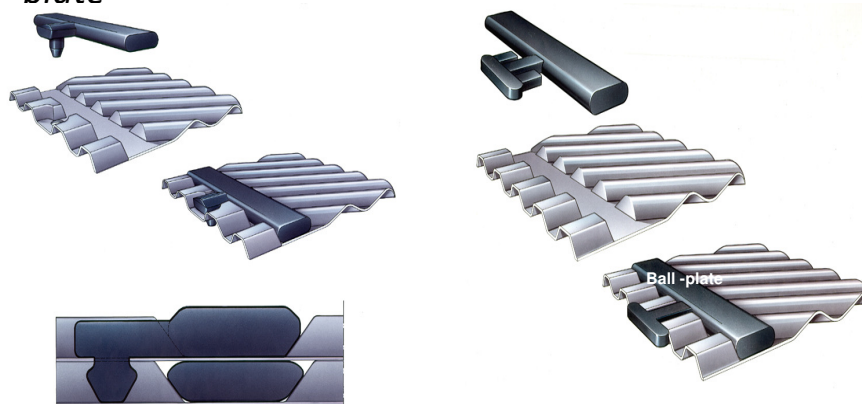
Main parts - Gasket

- Double gaskets and leakage slots prevent intermixing of fluids in case of leakage



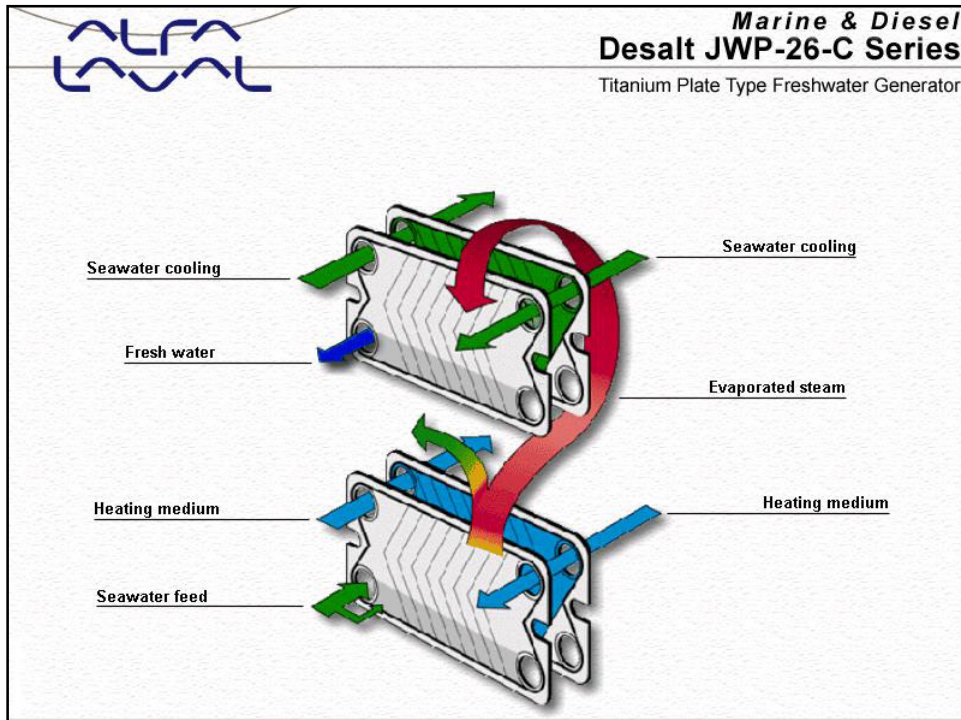
Gasket types - Glue Free

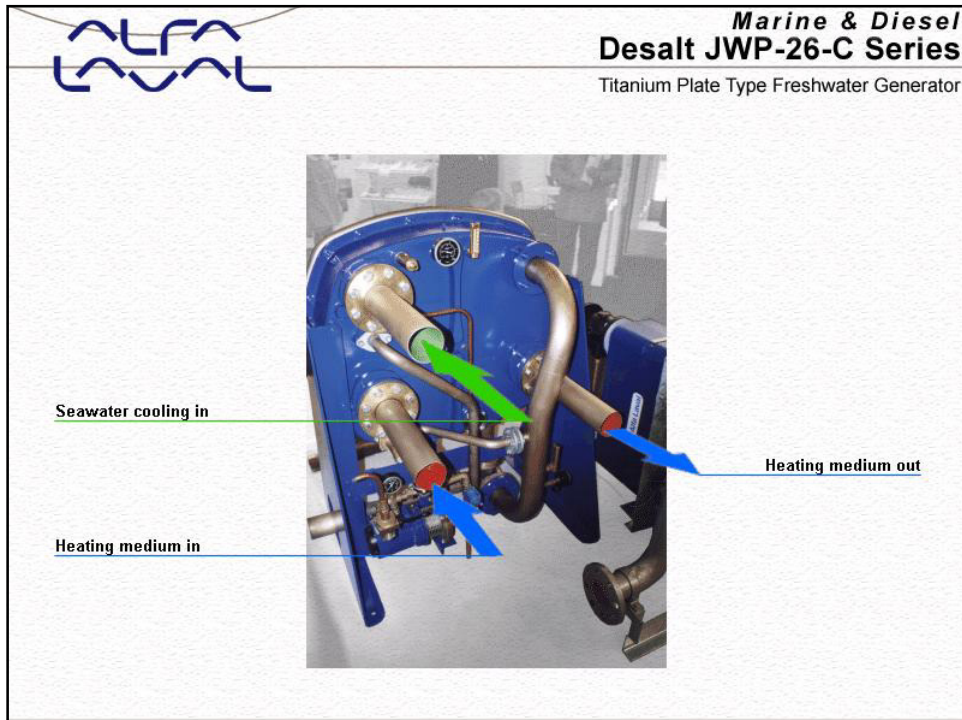
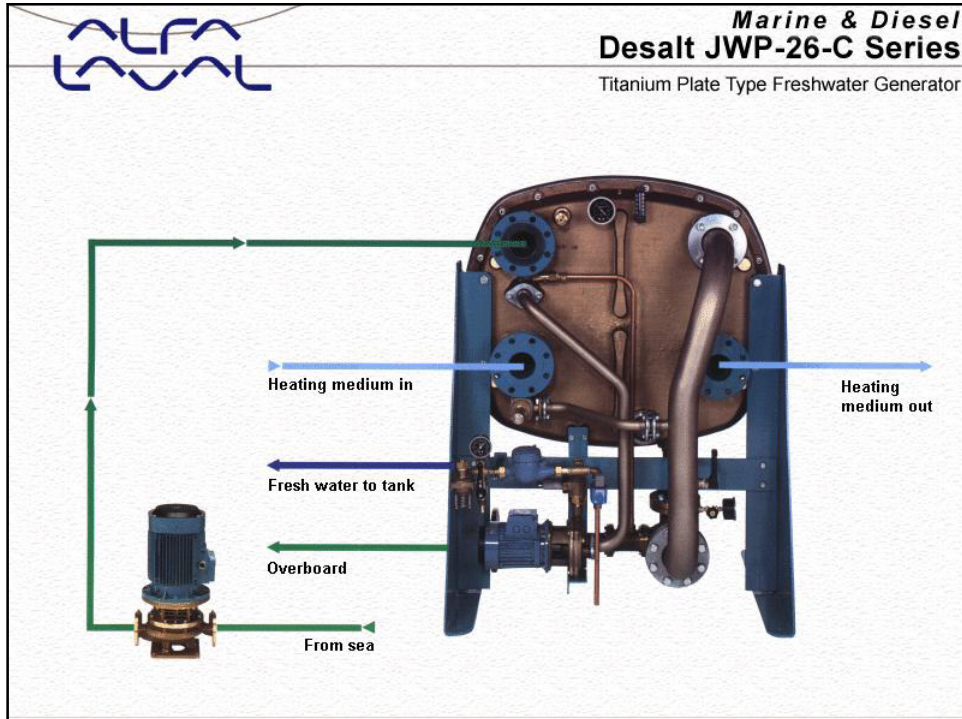
- *Glue free fastening - Clip-on, Snap-on and Ball-plate*

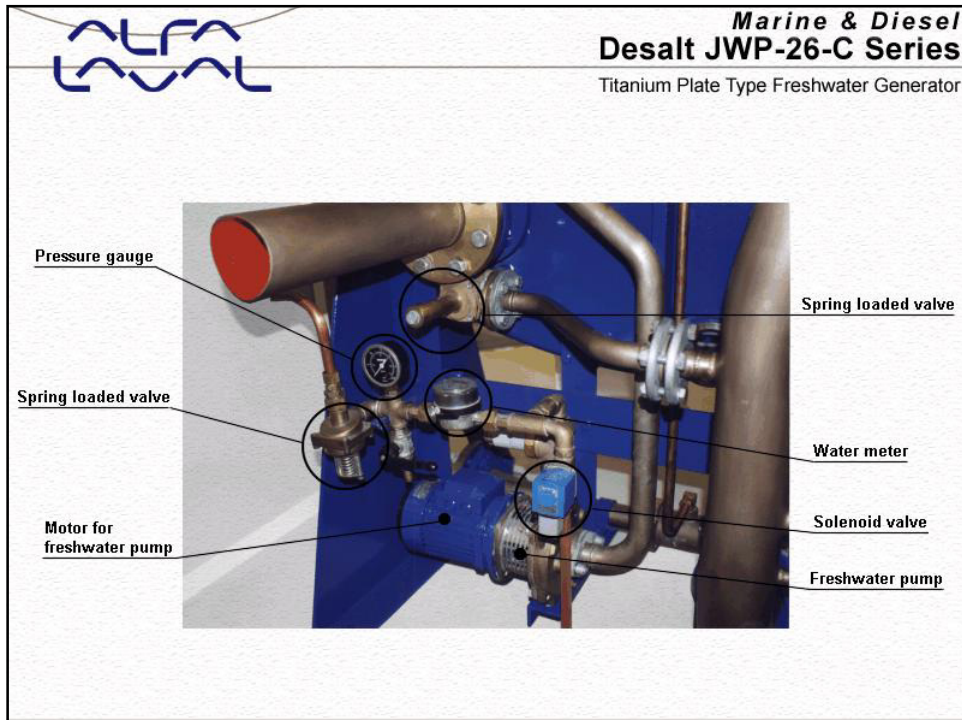


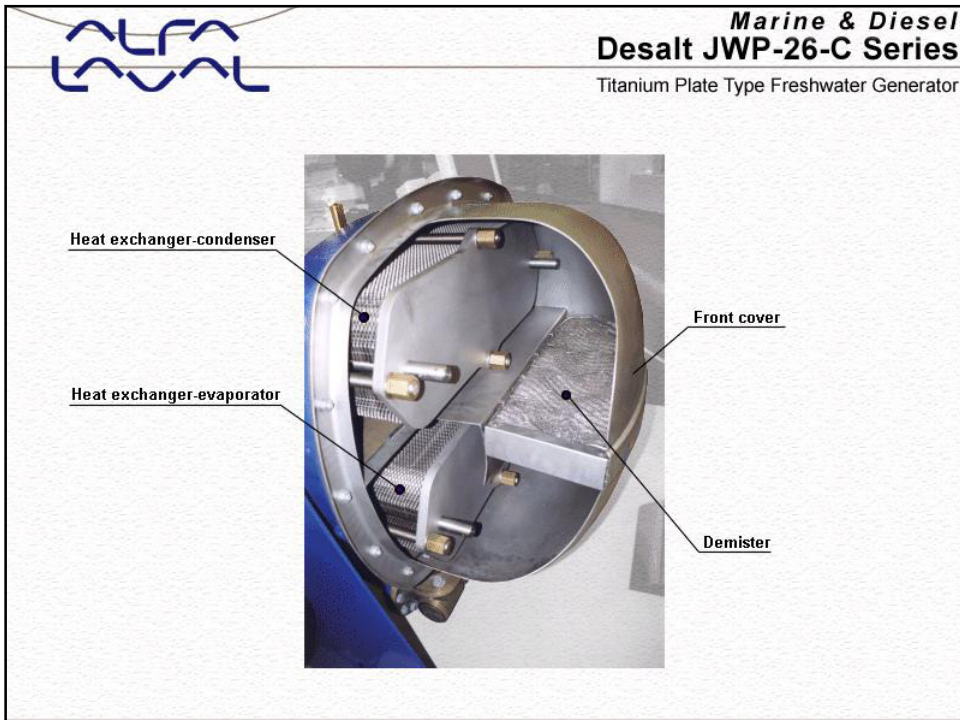
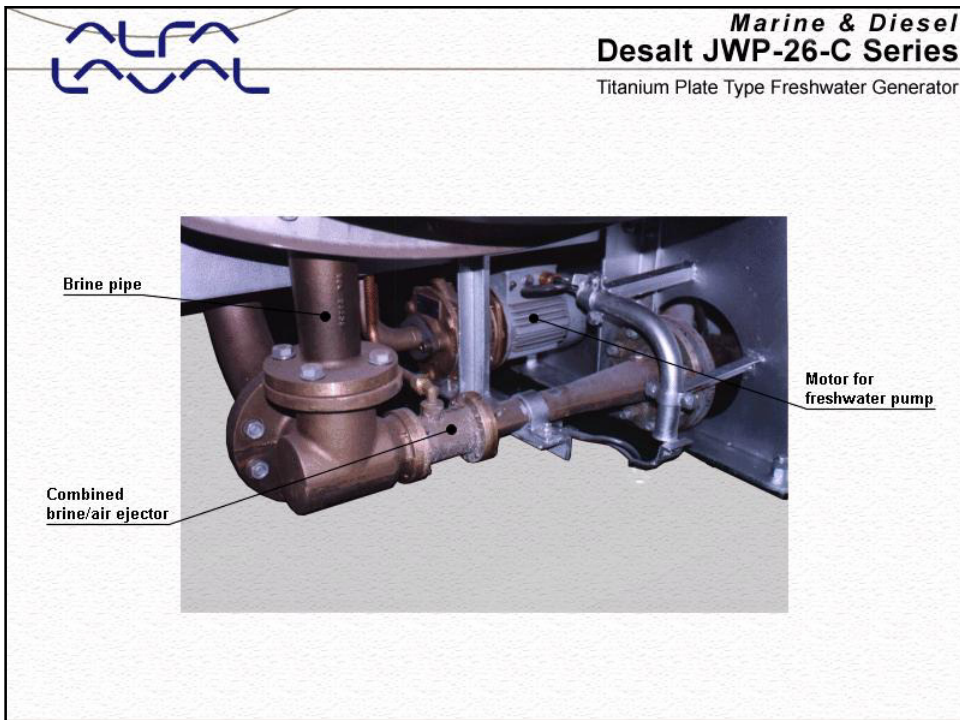
Gasket types - Glued

- Glued are preferred:
 - on large plates or long plate packs
 - when units are opened frequently
 - on high pressure duties
 - with swelling media

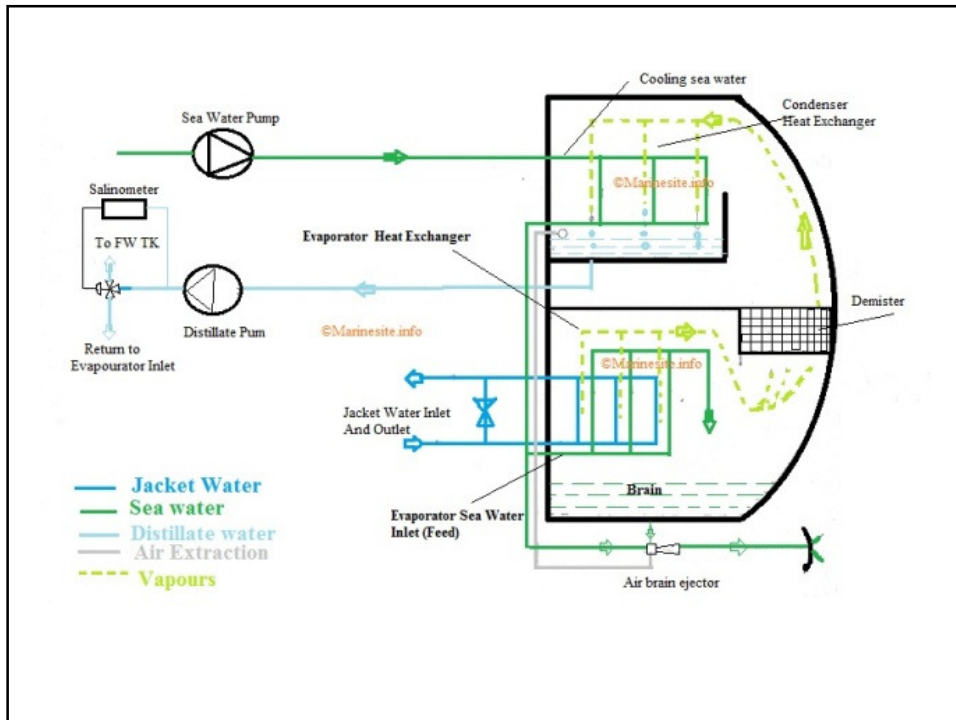
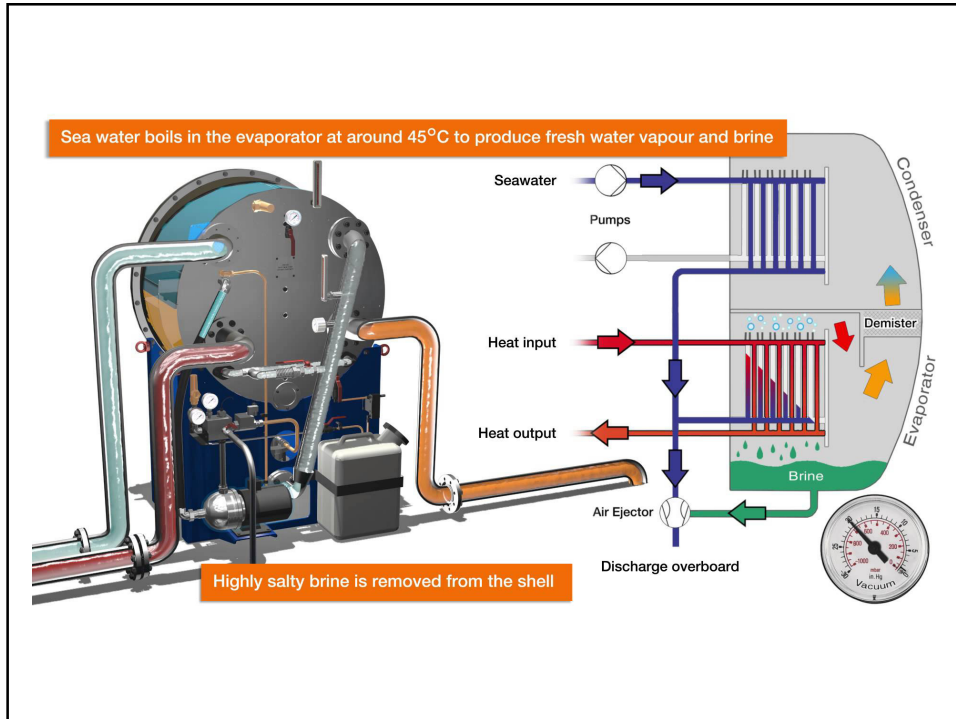


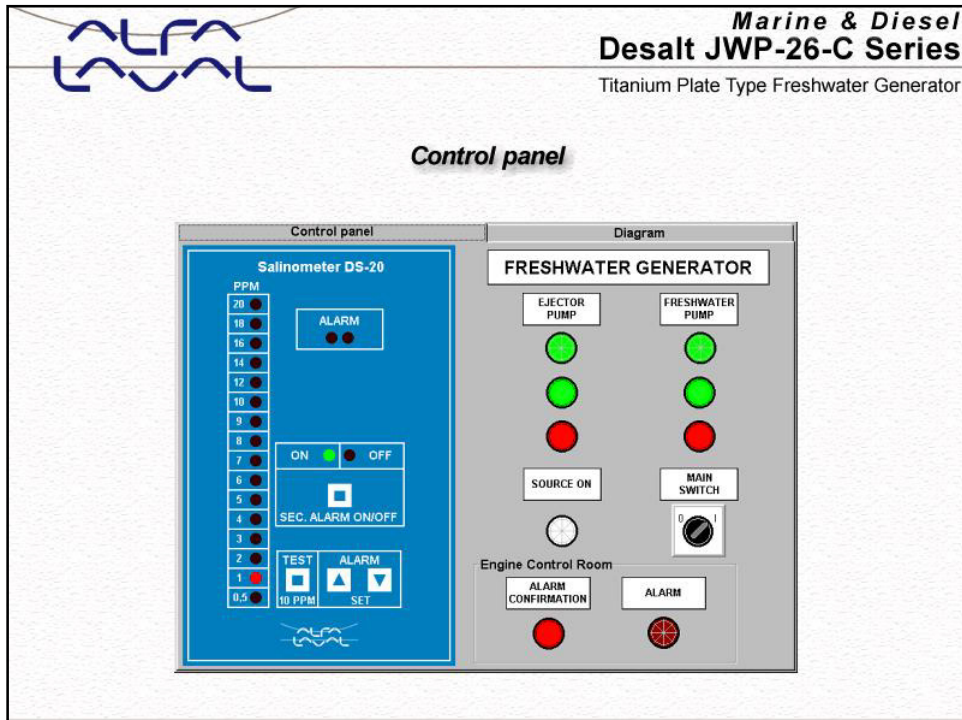






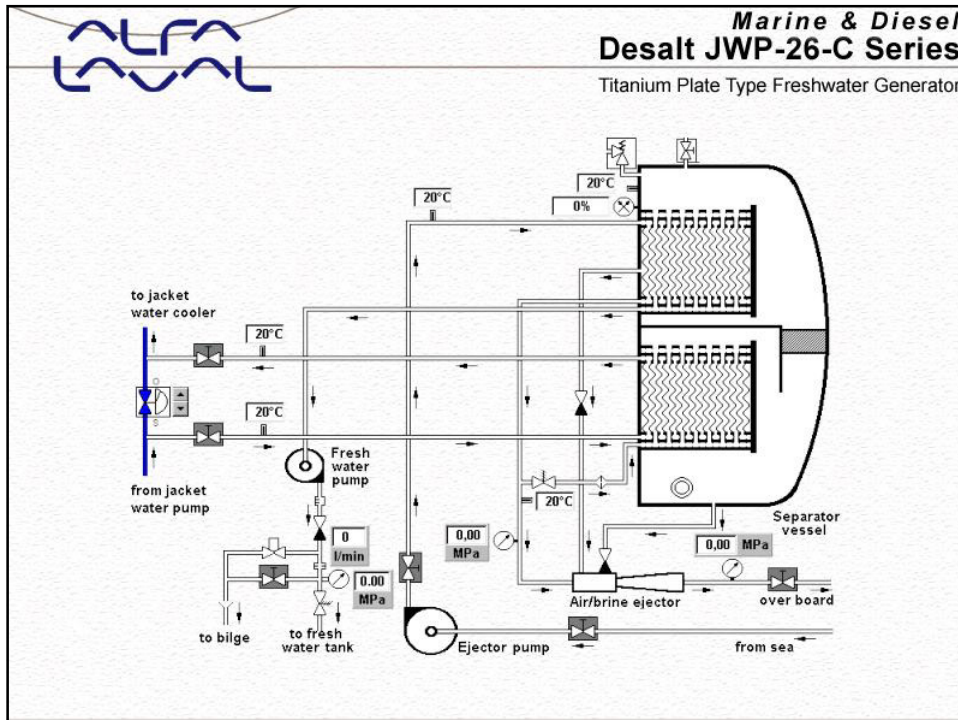


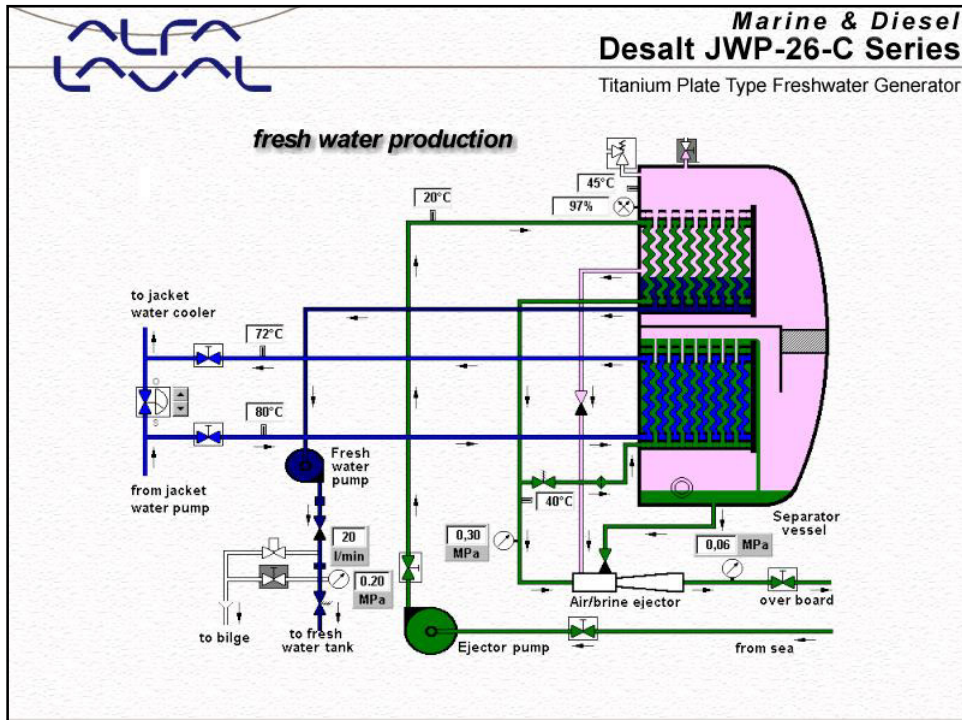
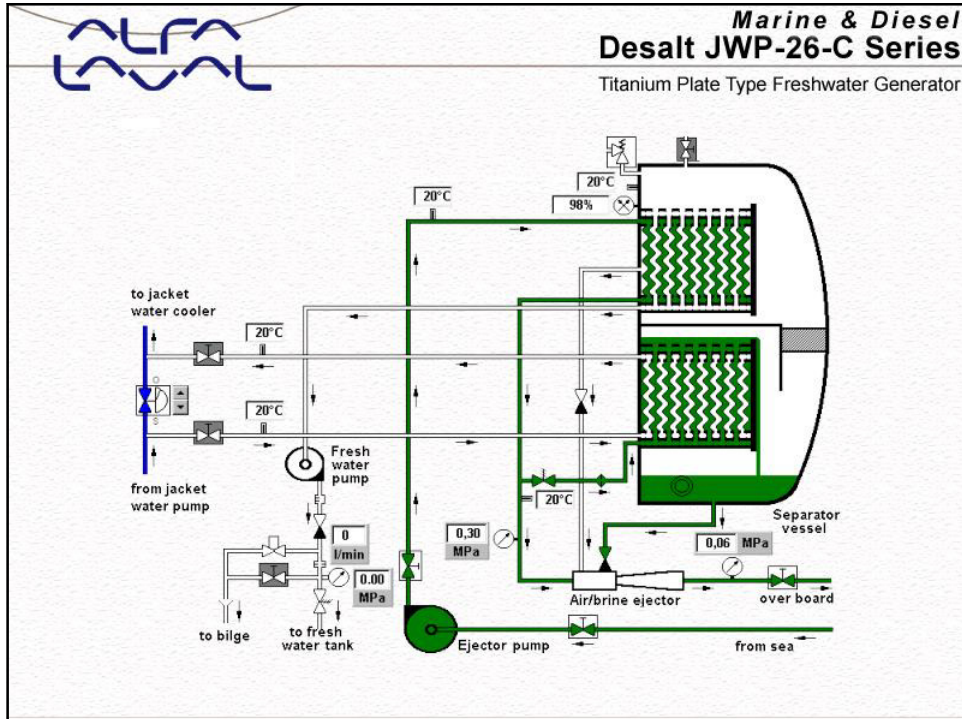


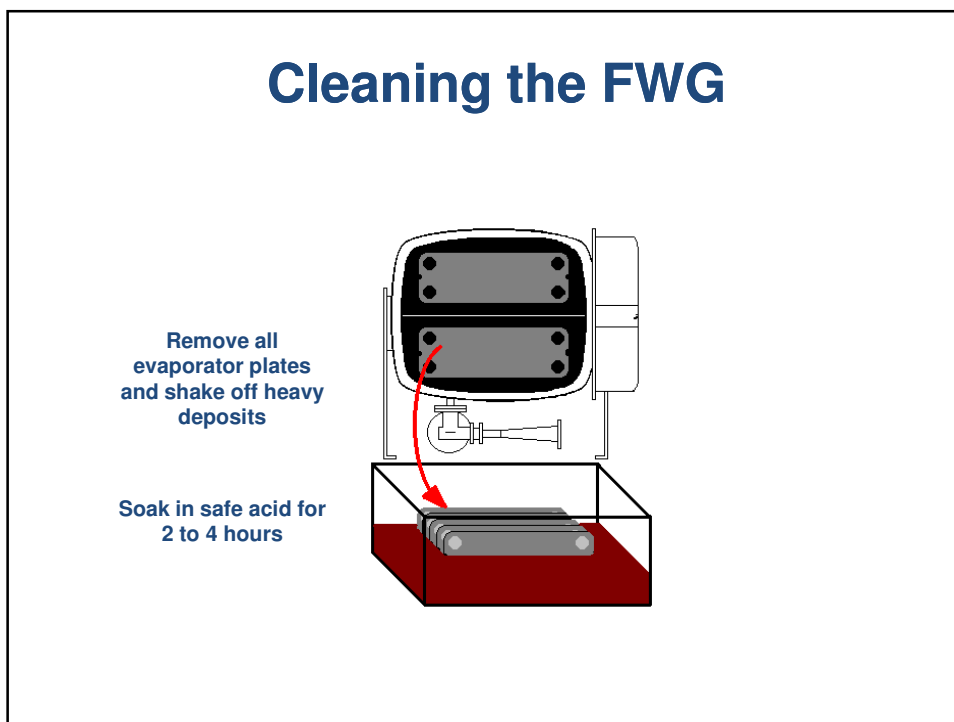
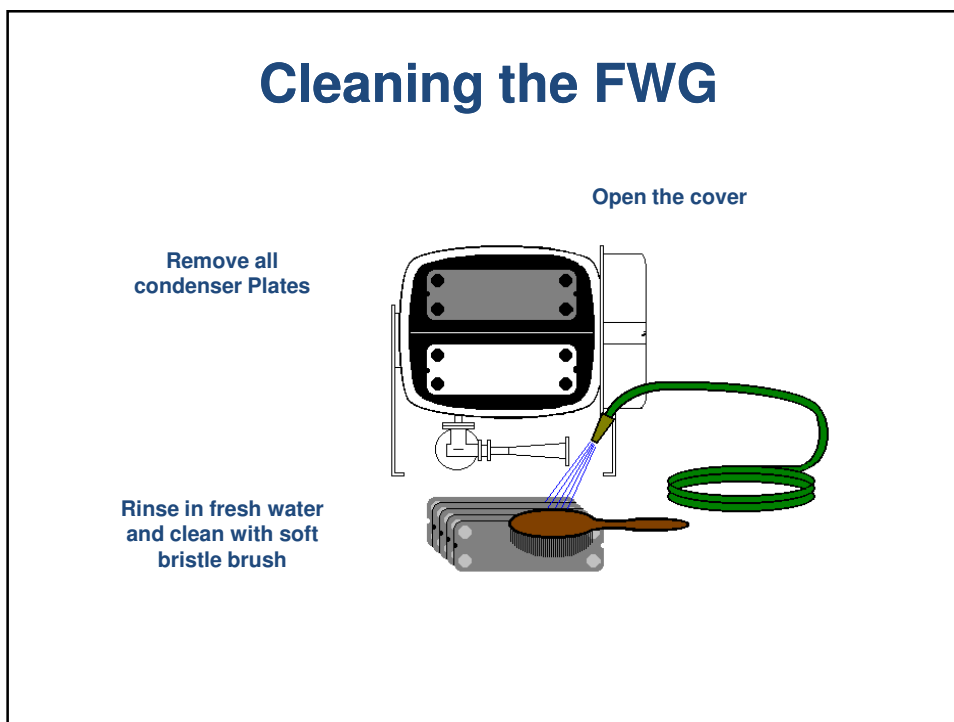


Το καθαρό απεσταγμένο νερό μπορεί να θεωρηθεί ως μη αγωγός του ηλεκτρισμού (κακός αγωγός του ηλεκτρισμού). Η προσθήκη αλάτων στο νερό αυξάνει την αγωγιμότητα του.

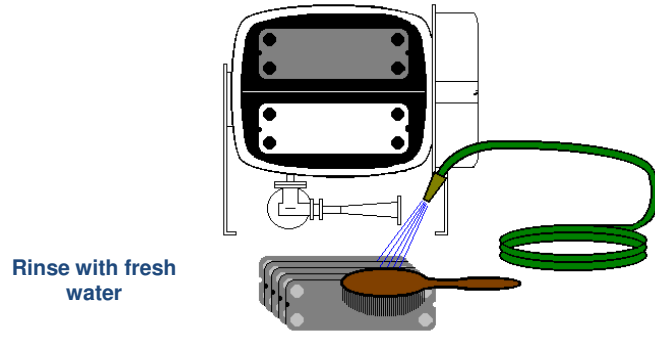
Δεδομένου ότι η αγωγιμότητα του νερού σχετίζεται με την περιεκτικότητά του σε άλατα, ένας μετρητής αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της αλατότητας του νερού.







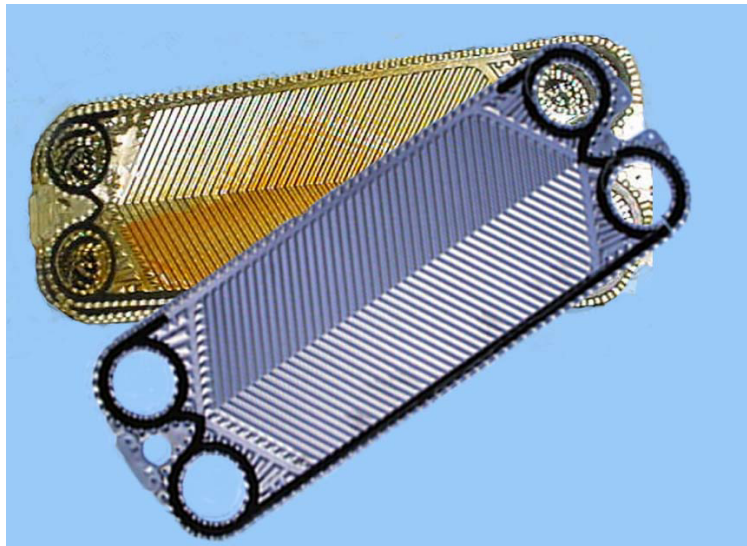
Cleaning the FWG



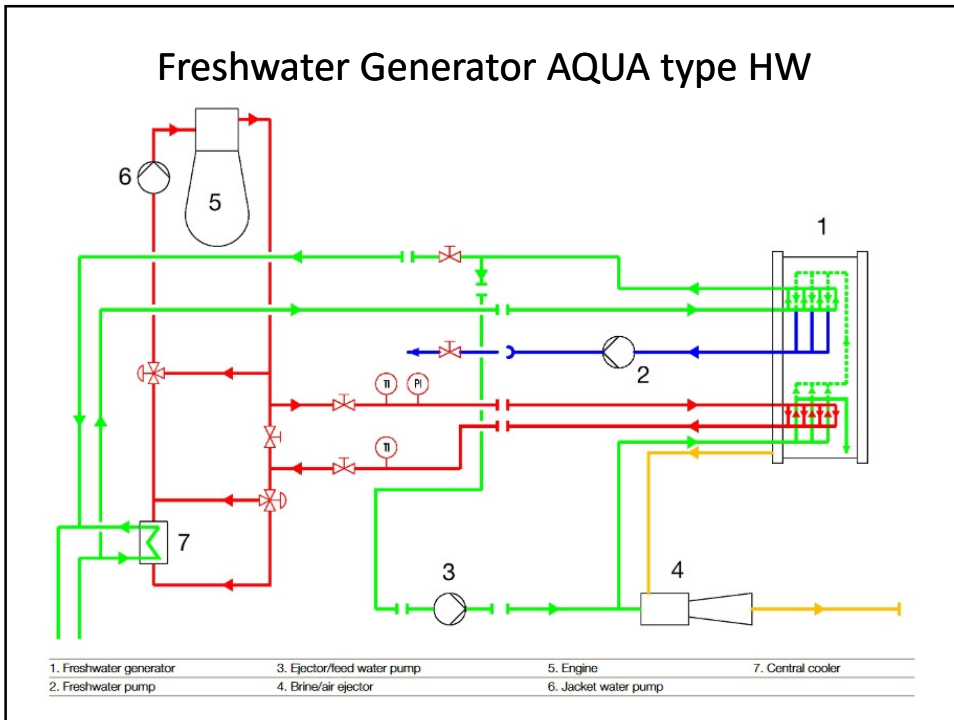
Rinse with fresh water

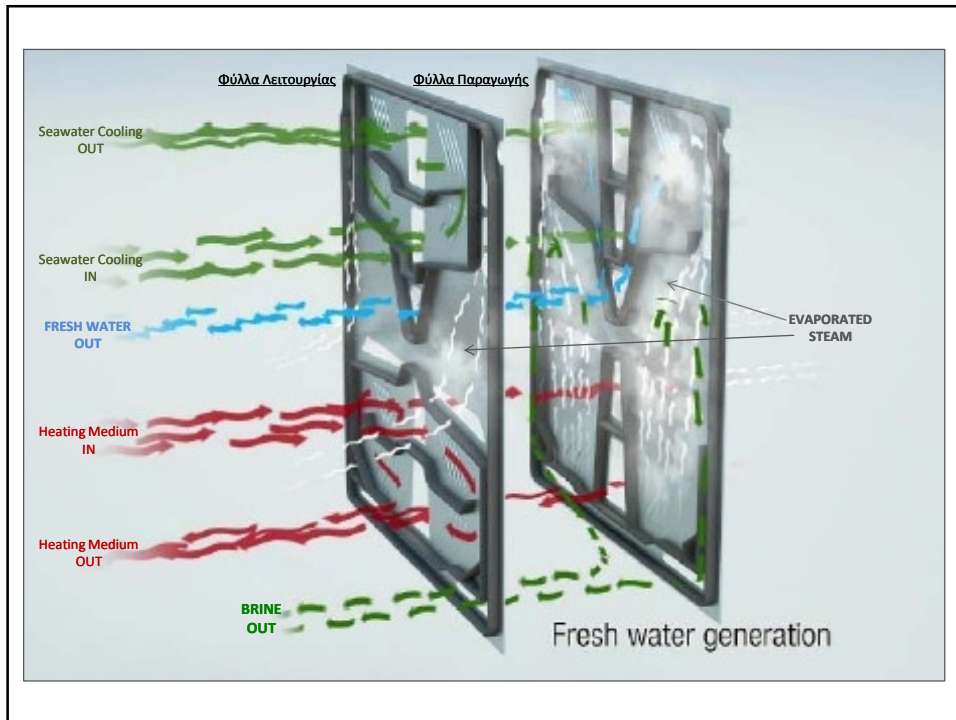
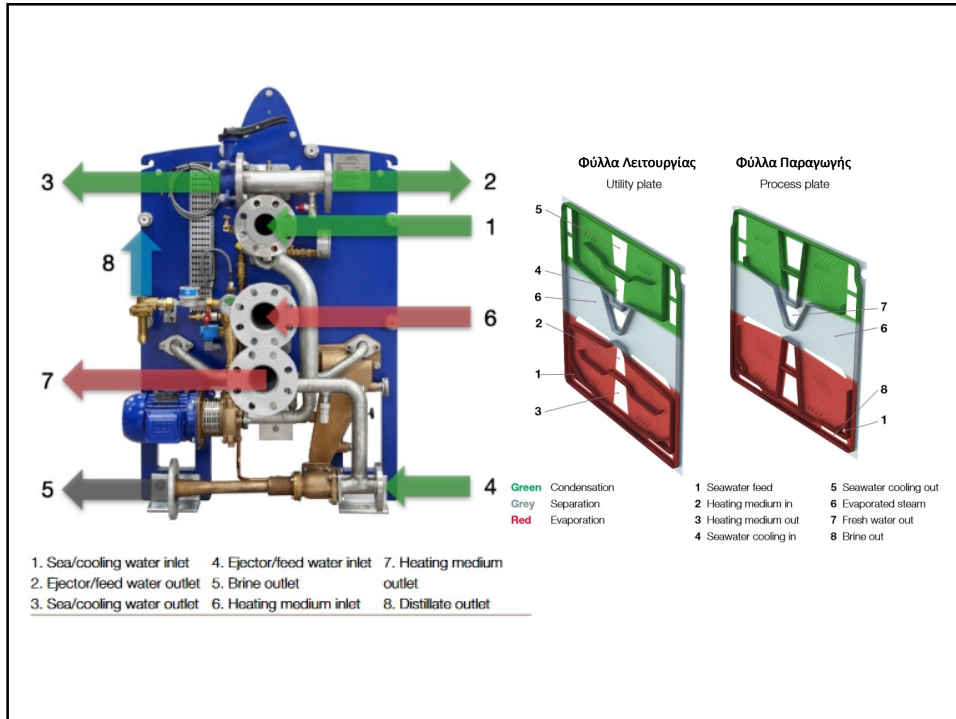
© Alfa Laval

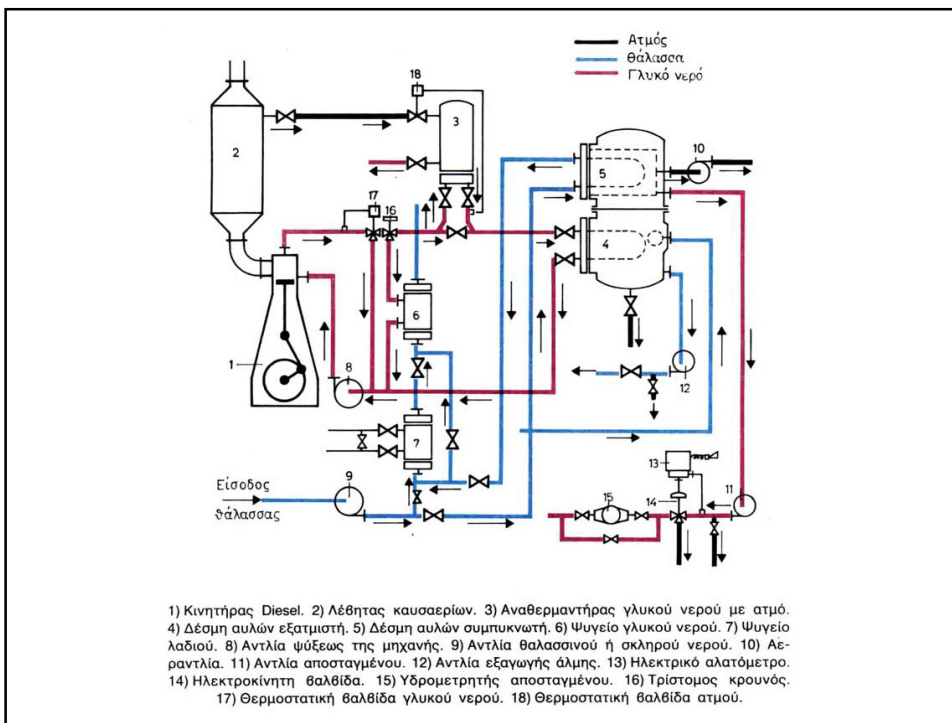
Slide 53

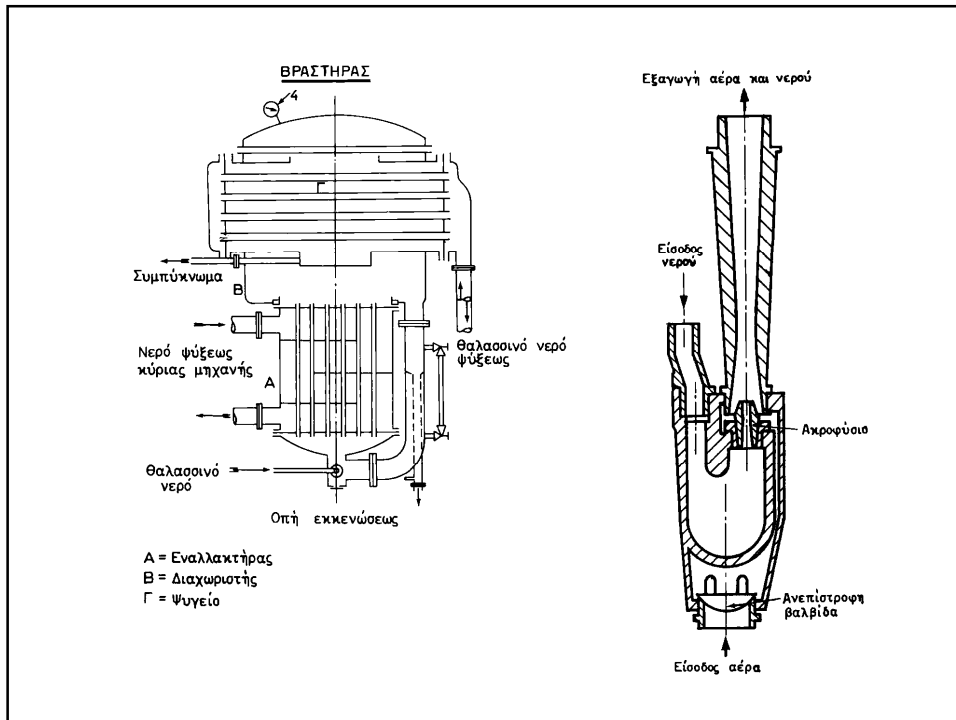
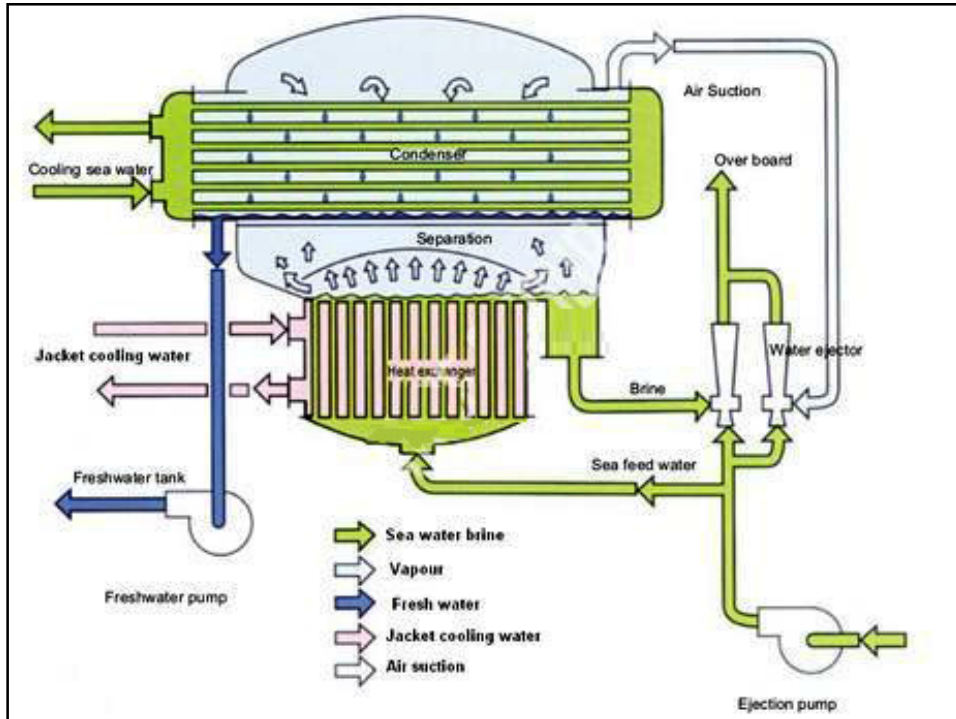


Always at 100% capacity after manual inspection and cleaning





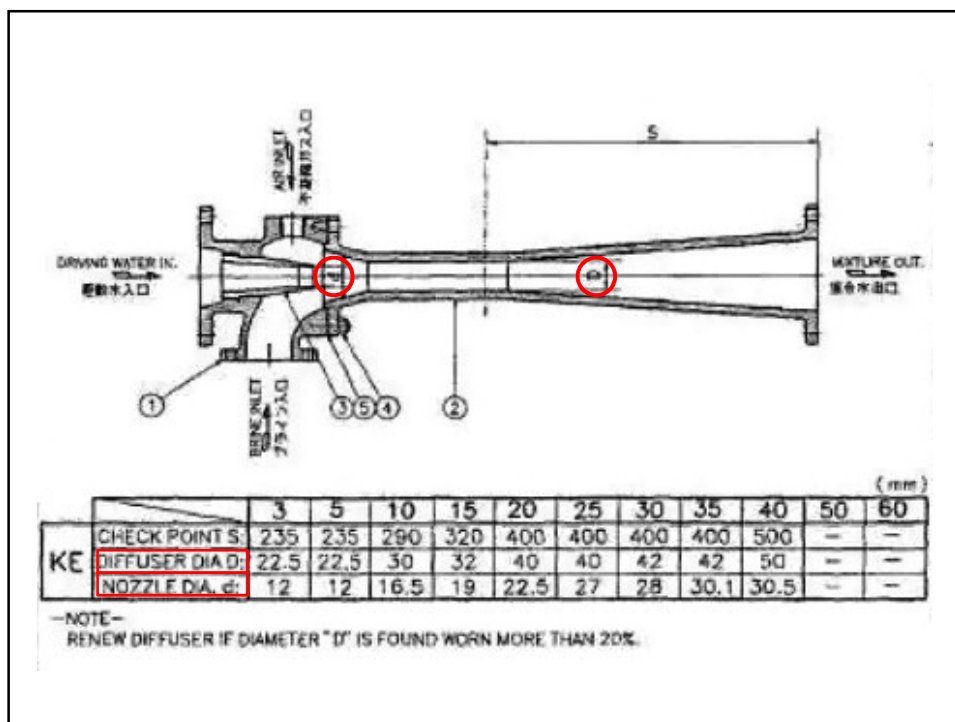
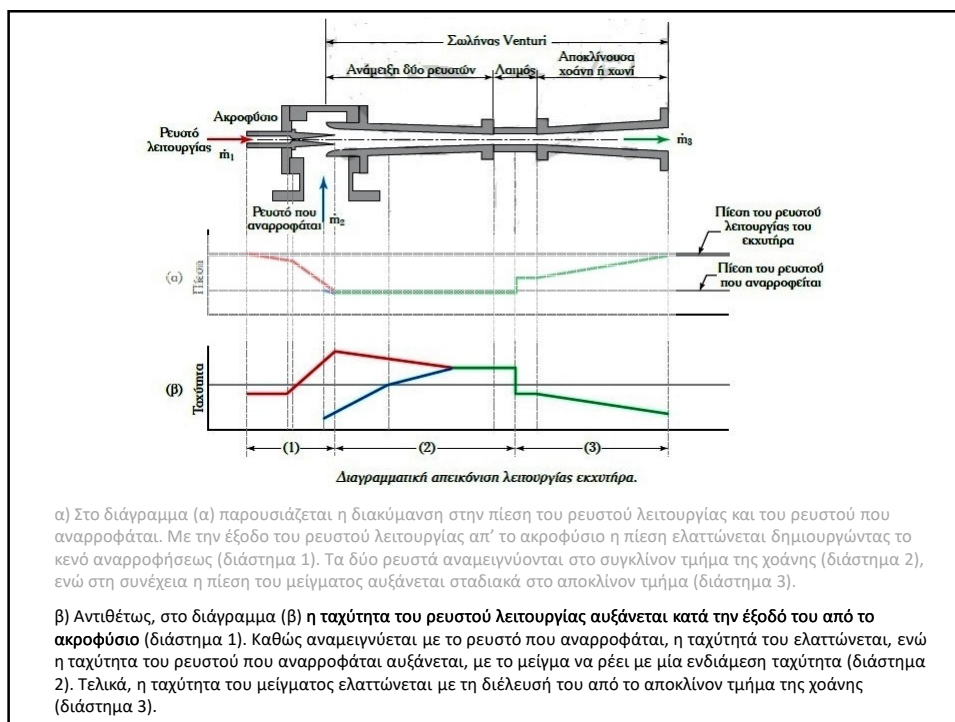


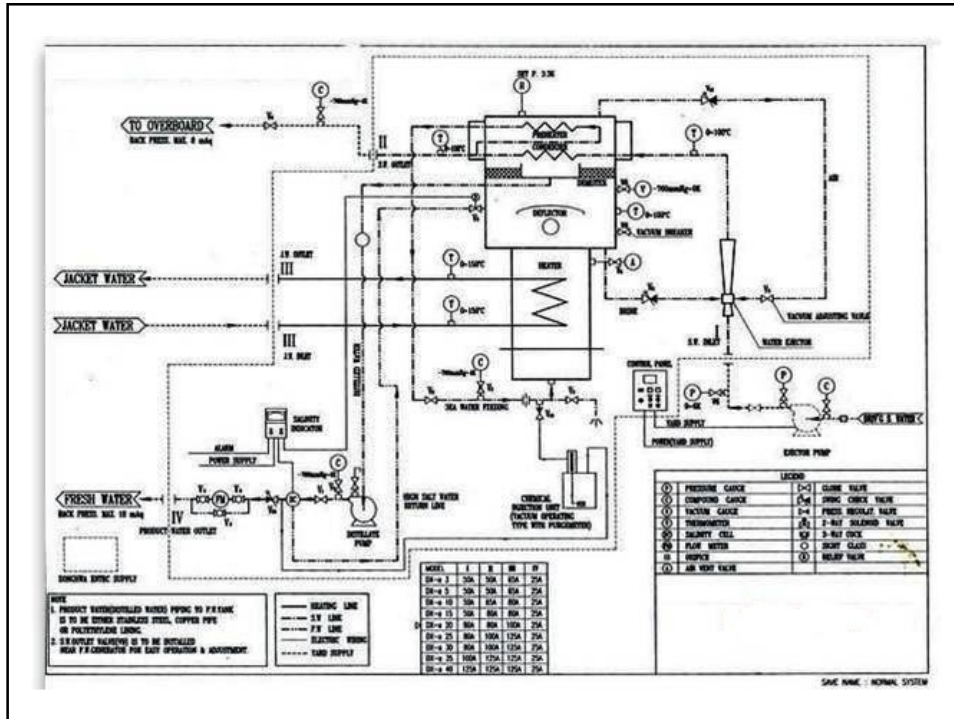


By Bernoulli's theorem: $P1 \times V1 = P2 \times V2$

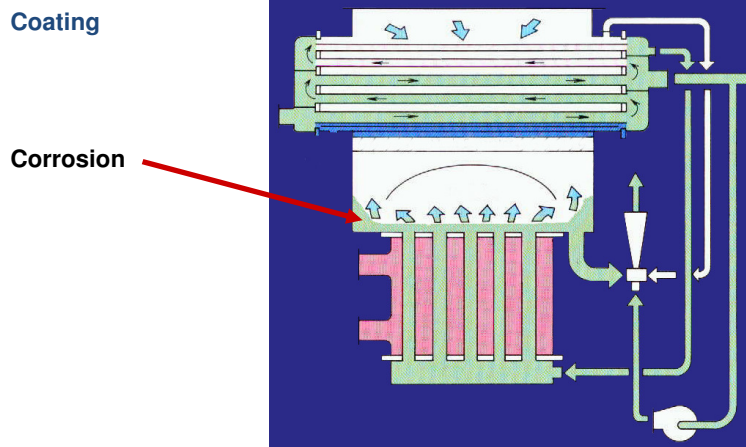
Το ρευστό υψηλής πίεσεως ρ του σχήματος διερχόμενο από το συγκλίνον ακροφύσιο A (Nozzle), με διατομή Δ , αποκτά υψηλή ταχύτητα και χαμηλή πίεση, ενώ στη συνέχεια εξερχόμενο από το ακροφύσιο αναμειγνύεται με το ρευστό που το περιβάλλει. Η διαφορά στην πίεση, εξωτερικά της εξαγωγής του ακροφυσίου με την κατάθλιψη των δύο ρευστών, δημιουργεί κενό στον θάλαμο θ που το περιβάλλει. Το κενό έχει ως αποτέλεσμα την αναρρόφηση του ρευστού N, διότι στην επιφάνειά του ασκείται ατμοσφαιρική πίεση. Αν ο σχετός O, όπου οδηγείται το μείγμα, είναι ένα αποκλίνον ακροφύσιο, η αύξηση της διατομής θα προκαλέσει πτώση της ταχύτητας, με συνέπεια την αύξηση της πίεσεως. Το αποκλίνον ακροφύσιο ονομάζεται **διαχυτήρας (Diffuser)**.

α) Στο διάγραμμα (α) παρουσιάζεται η διακύμανση στην πίεση του ρευστού λειτουργίας και του ρευστού που αναρροφάται. Με την έξοδο του ρευστού λειτουργίας απ' το ακροφύσιο η πίεση ελαττώνεται δημιουργώντας το κενό αναρρόφησης (διάστημα 1). Τα δύο ρευστά αναμειγνύονται στο συγκλίνον τμήμα της χοάνης (διάστημα 2), ενώ στη συνέχεια η πίεση του μείγματος αυξάνεται σταδιακά στο αποκλίνον τμήμα (διάστημα 3).





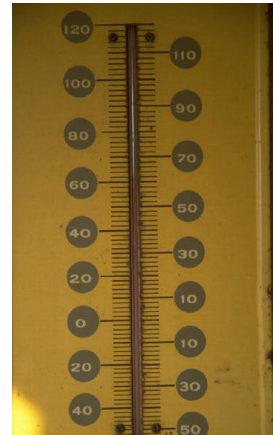
Mild steel and coating



Coating

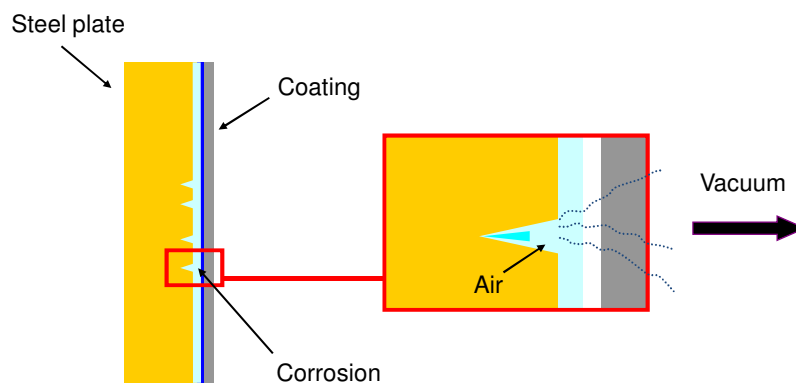
Engine jacket water temperature

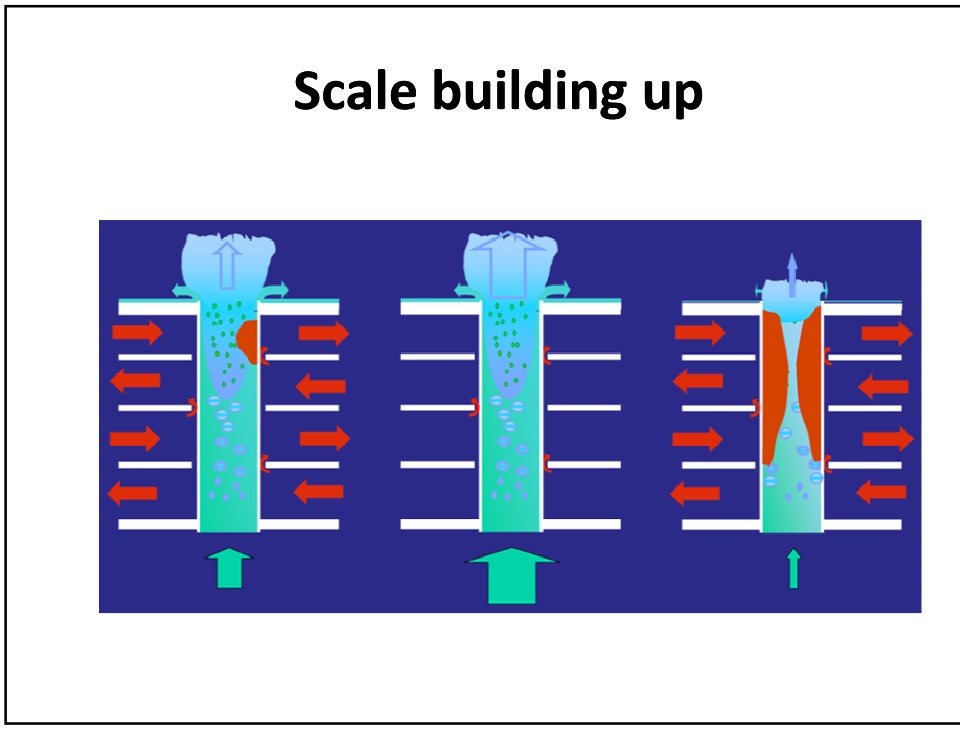
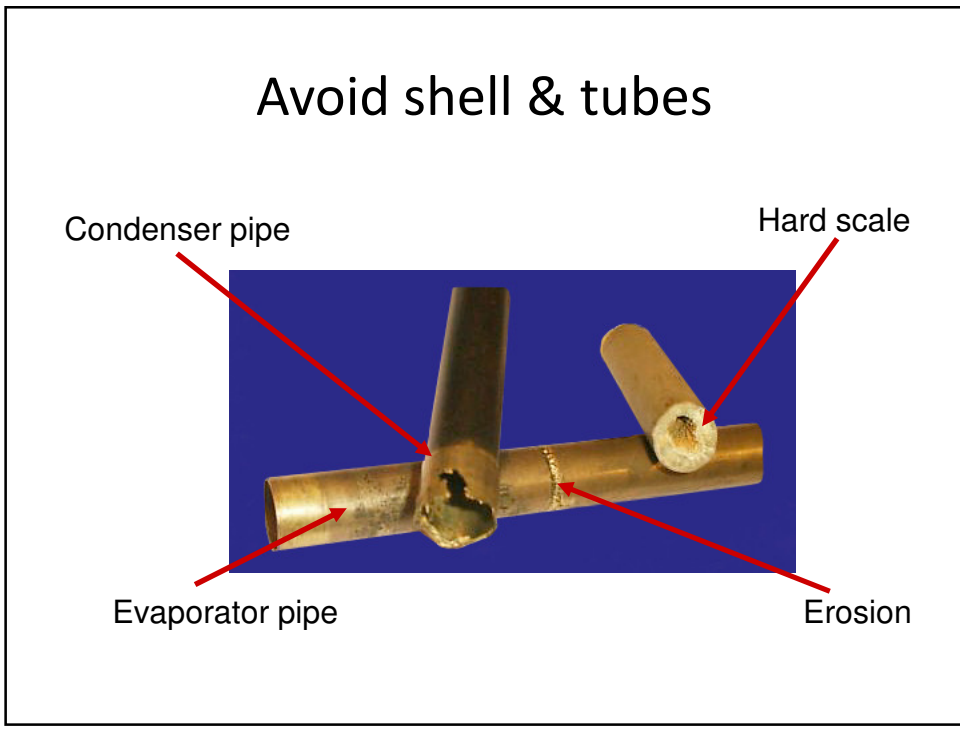
Year	Temperature
1970	65° – 68° C
1978	75° – 77° C
1981	80° – 85° C
1995	coating cracked 90° C



Re-coating

A temporary solution





Basis of scale formation



**Calcium carbonate
Magnesium Hydroxide**

Basis of scale formation



Soft Scale can be removed by acid cleaning

Basis of scale formation



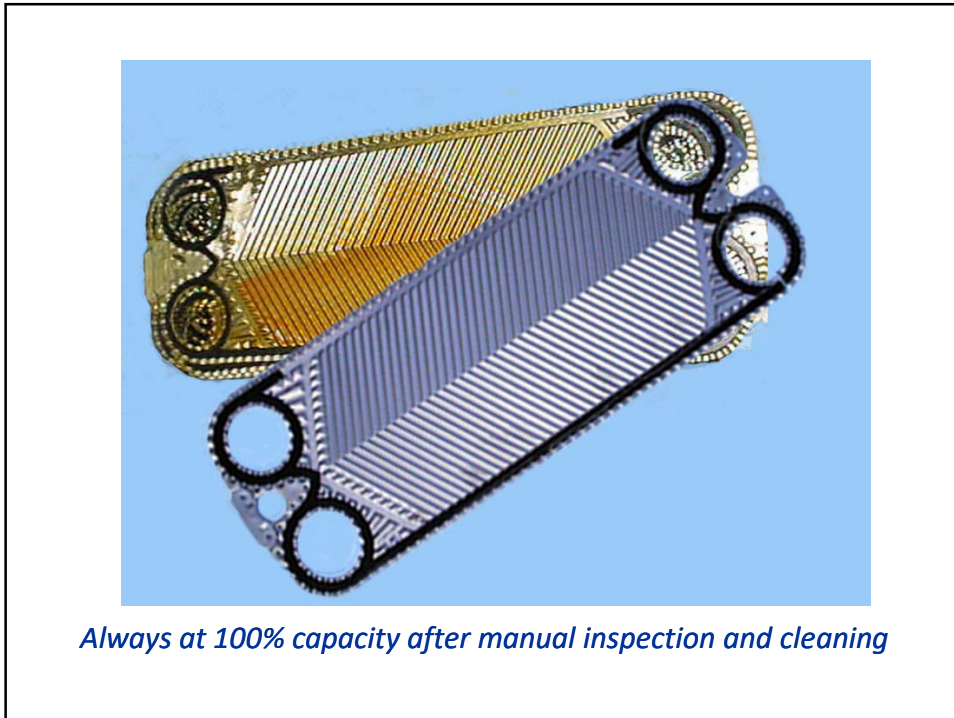
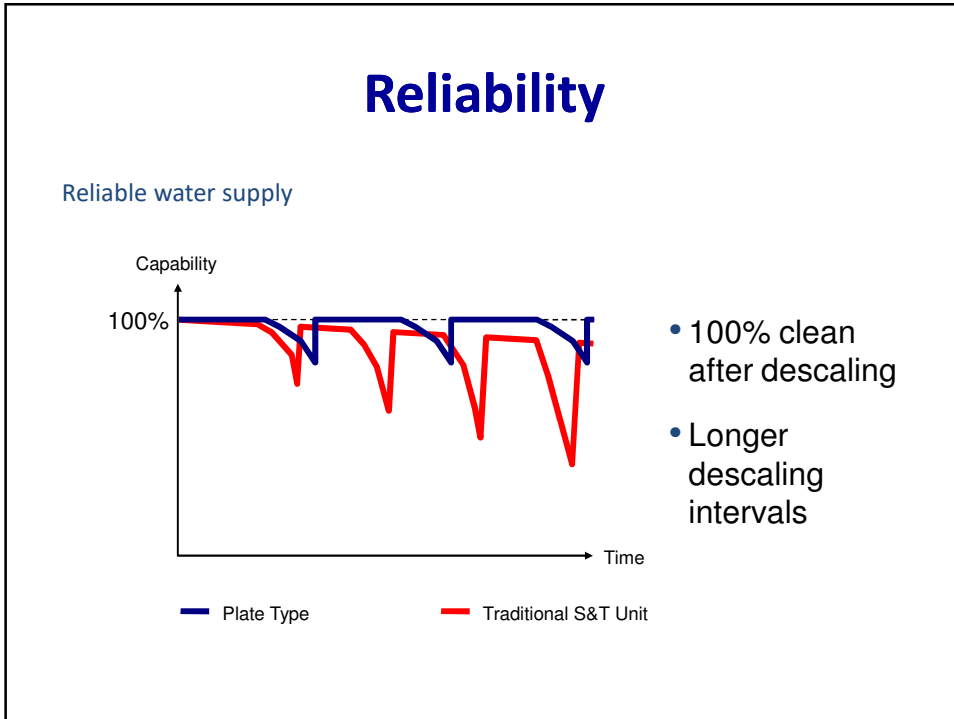
Sulfate Scale (Hard)

**Gypsum
Hemihydrate
Anhydrit**

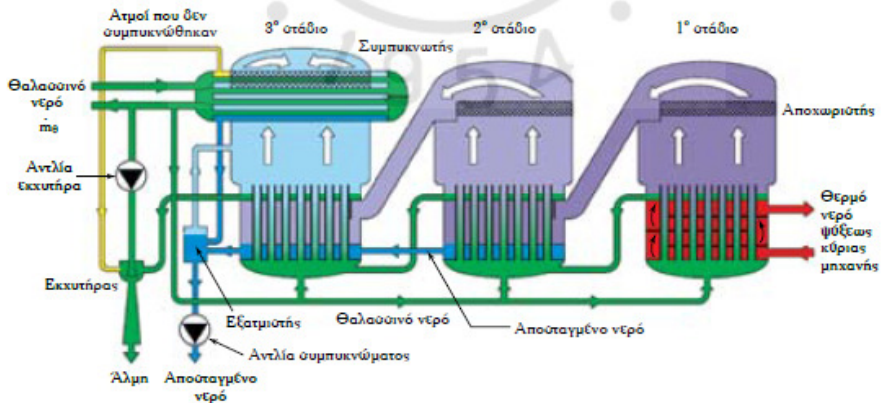
Basis of scale formation



Hard Scale require mechanical cleaning

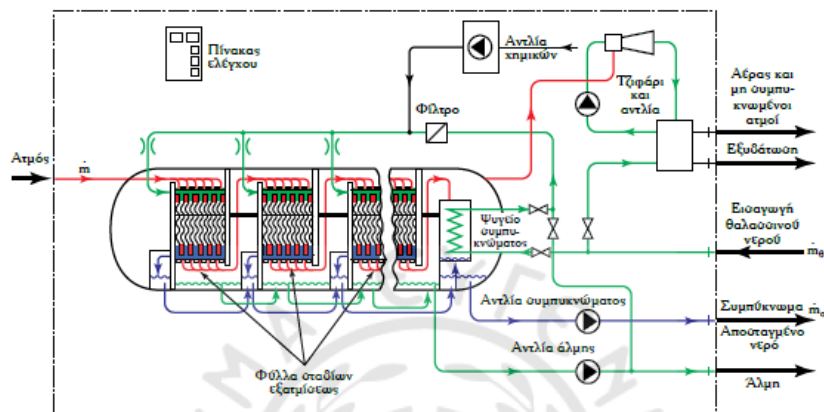


Πολυσταδιακοί ή πολυφασικοί αποστακτήρες



Σχ. 12.9στ
Ροή πολυσταδιακής αποστάξεως (Multiple Effect Desalination-MED).

Πολυσταδιακοί ή πολυφασικοί αποστακτήρες



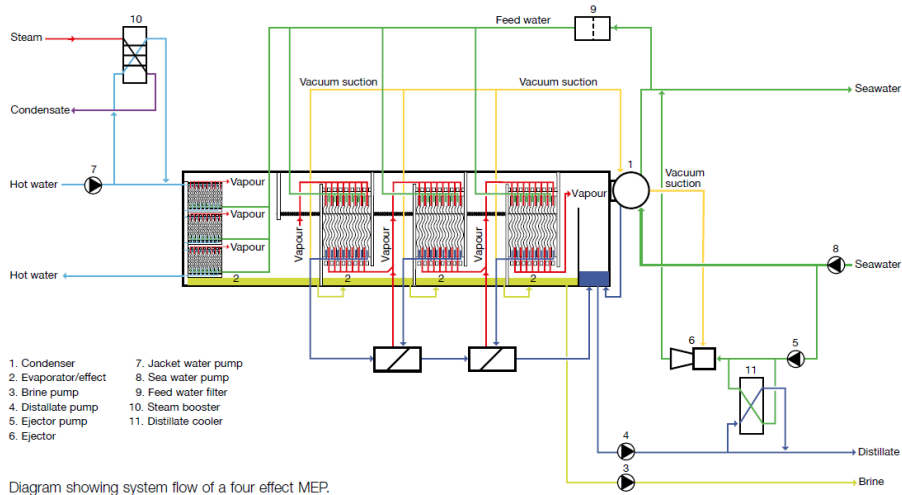
Σχ. 12.9ι
Διάταξη πολυσταδιακών αποστακτήρων (βραστήρων) με φύλλα.

Αποστακτήρες πολυσταδιακοί με φύλλα
(Multi-Effect Plate Distillers – MED)



The Alfa Laval MEP system for diesel power plants.

Αποστακτήρες πολυσταδιακοί με φύλλα
(Multi-Effect Plate Distillers – MED)



Παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία των βραστήρων.

Η **θερμοκρασιακή διαφορά** μεταξύ του ρευστού που παρέχει τη θερμότητα και εκείνου που την παραλαμβάνει, **η φύση και η καθαρότητα της επιφάνειας μεταδόσεως και ο συντελεστής της θερμοπερατότητάς της, η ταχύτητα των δυο ρευστών κλπ.** συνιστούν σοβαρά θερμοδυναμικά προβλήματα.

Η ποιότητα του παραγόμενου νερού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ομαλή λειτουργία των βραστήρων. Μία σοβαρή όσο και πιθανή λειτουργική ανωμαλία τους είναι η λεγόμενη **ανάβραση και προβολή του βραστήρα**

Με τον όρο **ανάβραση** εννοούμε το θίγιο βρασμό του νερού του υδροθαλάμου του εξατμιστήρα. Αυτός προκαλεί την αναταραχή της μάζας του νερού, το οποίο εισχωρεί έτσι μέσα στη μάζα του παραγόμενου ατμού. Ως **προβολή** εξάλλου ορίζουμε την αναγκαστική μεταφορά των παραπάνω ποσοτήτων νερού από τον παραγόμενο ατμό προς το συμπυκνωτή. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η σοβαρή μόλυνση με άλατα του παραγόμενου αποστάγματος και γενικότερα του όλου δικτύου τροφοδοτικού νερού.

Η ανάβραση βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τη θερμοκρασιακή διαφορά του ρευστού που θερμαίνεται και του ρευστού που θερμαίνεται, καθώς και με την πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου του βραστήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά αυτή και μεγαλύτερη η πυκνότητα του εξατμιζόμενου νερού, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αναβράσεως και προβολής.

Παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία των βραστήρων.

Ανάλογα προβλήματα δημιουργούν τα άλατα που περιέχονται στο νερό, από τα οποία ορισμένα παρουσιάζουν αρνητική διαλυτότητα, είναι δηλαδή λιγότερο διαλυτά στο θερμό νερό παρά στο ψυχρό. Έτσι σε πολύ ζεστό νερό τα άλατα κατακρημνίζονται και επικάθονται στις θερμαινόμενες επιφάνειες ως **καθαλατώσεις**. Οι καθαλατώσεις προκαλούν μεγάλη δυσχέρεια στη λειτουργία των αποστακτήρων, γιατί προκαλούν πτώση της ατμοπαραγωγικής ικανότητας του εξατμιστήρα και απώλεια θερμότητας. Αυτό συμβαίνει, γιατί παρεμποδίζουν τη διάβαση της θερμότητας από τον ατμό που θερμαίνει προς το υπό εξάτμιση νερό λόγω θερμικών αντιστάσεων. Αυτές παρεμβάλλονται κατά τη διάβαση της θερμότητας από την επικάθηση των καθαλατώσεων στις θερμαινόμενες επιφάνειες των στοιχείων του εξατμιστήρα.

Παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία των βραστήρων.

Το θαλάσσιο νερό όμως περιέχει και πολλές άλλες ενώσεις, από τις οποίες κυριότερες είναι: το **ανθρακικό ασθέσιο**, το **θειικό ασθέσιο** και σε μικρή αναλογία το **πυρίτιο**.

Τα βασικά υλικά των καθαλατώσεων των αποστακτήρων είναι το **ανθρακικό ασθέσιο** και το **θειικό ασθέσιο**. Η επί τοις εκατό αναλογία των υλικών αυτών στο θαλάσσιο νερό είναι μεγαλύτερη στις εκβολές των μεγάλων ποταμών παρά στον ωκεανό.

Παρόλο ότι το χλωριούχο νάτριο παραμένει σε διάλυση και δεν κατακρημνίζεται μέσα στον αποστακτήρα, ο τακτικός έλεγχος της πυκνότητας του νερού είναι αναγκαίος. Αυτό γιατί, όταν η πυκνότητα αυτή είναι υψηλή, λόγω του χλωριούχου νατρίου, δημιουργούνται τάσεις στην επιφάνεια του νερού και οι φουσκάλες του παραγόμενου ατμού καθώς διασπώνται με ορμή προκαλούν **αφρισμό** και **προβολές**. Έχει αποδειχθεί ότι πυκνότητα του νερού $1\frac{1}{2}$ φορά μεγαλύτερη από την πυκνότητα της θάλασσας δεν δημιουργεί εξαιρετικό κίνδυνο προβολής και ότι η απολυόμενη θερμότητα δεν είναι υπερβολική. Ο έλεγχος της πυκνότητας του υδροθαλάμου του εξατμιστήρα επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ποσότητας του καταθλιβόμενου νερού έξω από το πλοίο από την αντλία καθαλατώσεων. Μεγαλύτερη δηλαδή εξαγωγή νερού του υδροθαλάμου συντελεί στη διατήρηση μικρότερης πυκνότητας μέσα σ' αυτόν και αντίστροφα.



Αντίστροφη Ώσμωση

Ώσμωση

Η **ώσμωση** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο διαλύματα, όταν χωρίζονται από μία ημιπερατή μεμβράνη, το νερό θα περάσει και θα κινηθεί από το αραιότερο προς το πυκνότερο διάλυμα, ώστε το τελευταίο να αραιωθεί και τελικά να γίνει και αυτό το ίδιο καθαρό.

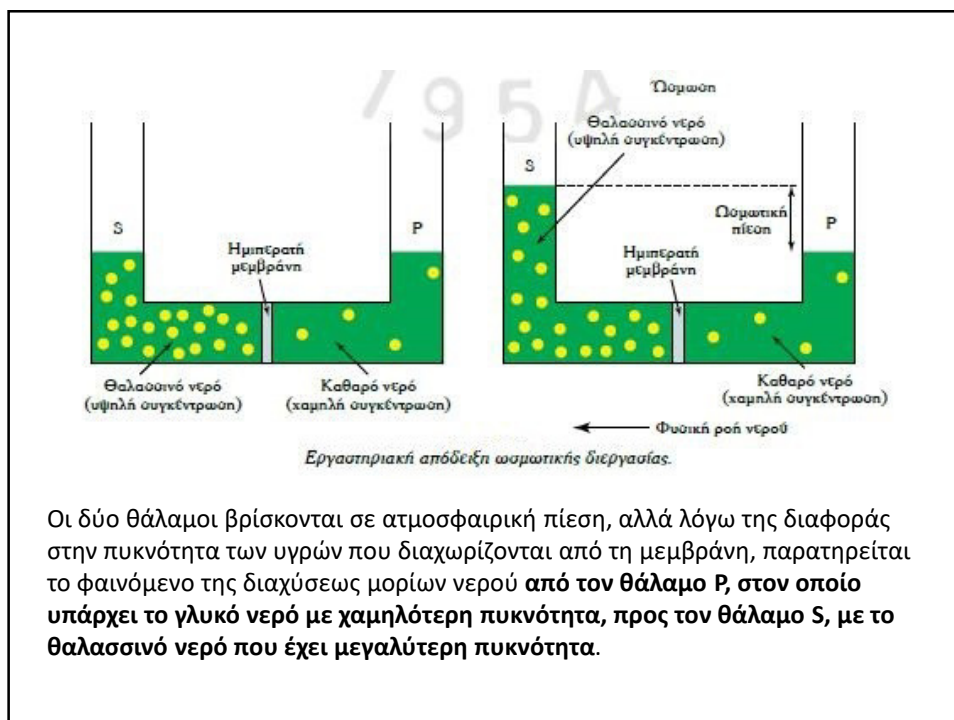
Η διαδικασία αυτή είναι φυσικό φαινόμενο και με αυτόν τον τρόπο ανταλλάσσονται υγρά στα κύτταρα του οργανισμού μας, καθώς επίσης στα ζώα και στα φυτά.

Η ώσμωση, σε συνδυασμό με τα τριχοειδή φαινόμενα, είναι υπεύθυνη για την ανύψωση του νερού από τις ρίζες στα φύλλα των δέντρων καθώς τα διαλύματα των κυττάρων των φύλλων είναι πιο πυκνά με αποτέλεσμα νερό να κινείται προς αυτά για να αραιωθούν.

Ώσμωση

Αντίστροφη Ώσμωση

Το αντίθετο της ώσμωσης είναι η **αντίστροφη ώσμωση**, όπου το προς καθαρισμό νερό πιέζεται να περάσει μέσα από μία μεμβράνη η οποία επιτρέπει επιλεκτικά μόνο τα μόρια του νερού να περάσουν μέσα από αυτήν. Το εξερχόμενο νερό είναι ελεύθερο από κάθε είδους ακαθαρσίες, από σκουριές, άλατα, οργανικές ουσίες, λιπάσματα, παρασιτοκτόνα, μέχρι και κάθε είδους επικίνδυνους μικροοργανισμούς, βακτήρια και ιούς. Οι παραπάνω προσμίξεις απορρίπτονται στην αποχέτευση μαζί με ένα ποσοστό νερού.



195A

Όσμωση

Θαλασσινό νερό

Η διαφορά στην πυκνότητα οφείλεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση στο θαλασσινό νερό ιόντων Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- και μεγαλύτερων μορίων όπως γλυκόζης, ουρίας, βακτηρίδιων κ.ά..

Η **ημιπερατή μεμβράνη** είναι ένα “είδος” φίλτρου που επιτρέπει τη διέλευση των μορίων του νερού, ενώ δεν επιτρέπει να διέρχονται τα μεγαλύτερα μόρια, που είναι διαλυμένα στο θαλασσινό νερό.

Οι δύο θάλαμοι βρίσκονται σε ατμοσφαιρική πίεση, αλλά λόγω της διαφοράς στην πυκνότητα των υγρών που διαχωρίζονται από τη μεμβράνη, παρατηρείται το φαινόμενο της διαχύσεως μορίων νερού από τον θάλαμο P, στον οποίο υπάρχει το γλυκό νερό με χαμηλότερη πυκνότητα, προς τον θάλαμο S, με το θαλασσινό νερό που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα.

Όσμωση

Θαλασσινό νερό (υψηλή συγκέντρωση)

Καθαρό νερό (χαμηλή συγκέντρωση)

Ημιπερατή μεμβράνη

Οσμωτική πίεση

Φυσική ροή νερού

Εργαστηριακή απόδειξη οσμωτικής διεργασίας.

Τα μόρια καθαρού νερού, διερχόμενα μέσα από τη μεμβράνη, ελαττώνουν την πίεση, αυξάνοντας τη συγκέντρωση αλάτων του καθαρού νερού, ενώ ταυτόχρονα διαχέονται στη μάζα του θαλασσινού νερού αραιώνοντας τη συγκέντρωση των αλάτων και αυξάνοντας την πίεση στον θάλαμο S.

Όσμωση

Θαλασσινό νερό (υψηλή συγκέντρωση)

Καθαρό νερό (χαμηλή συγκέντρωση)

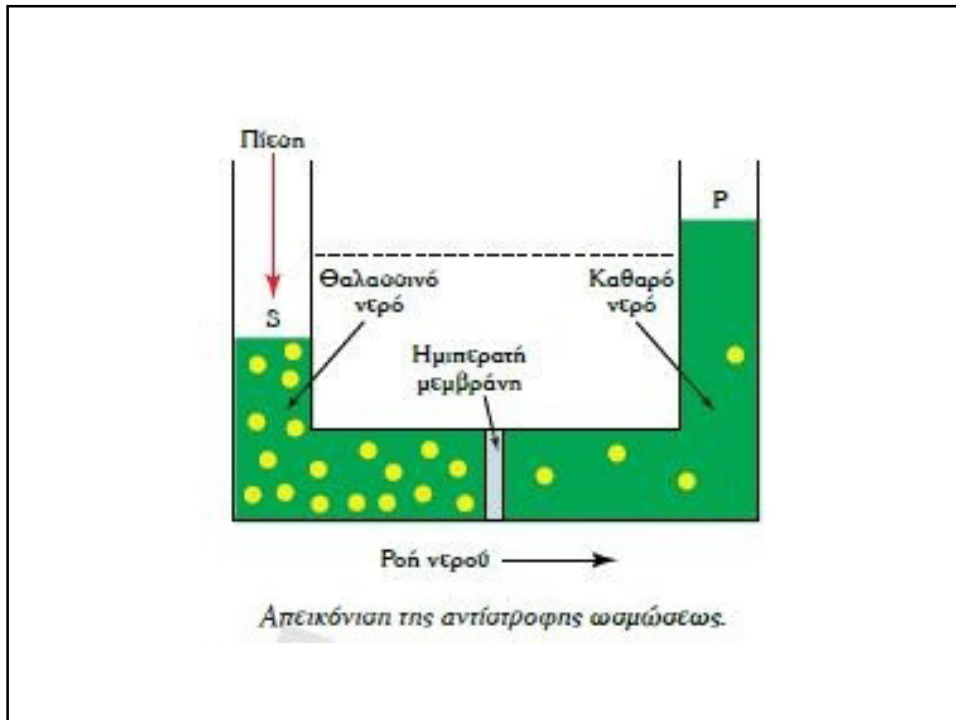
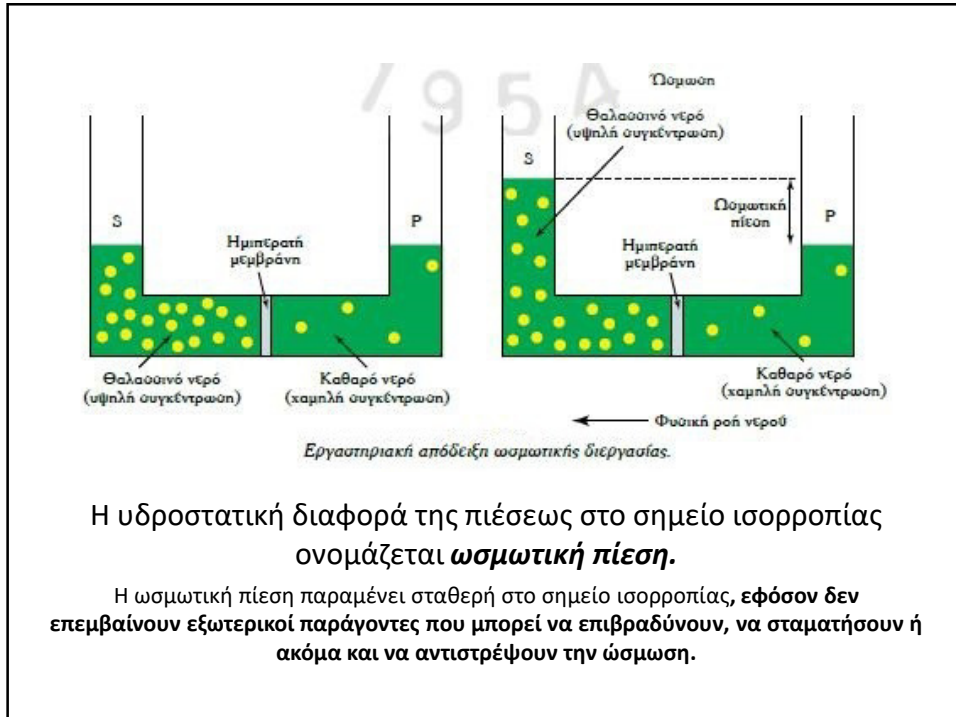
Ημιπερατή μεμβράνη

Οσμωτική πίεση

Φυσική ροή νερού

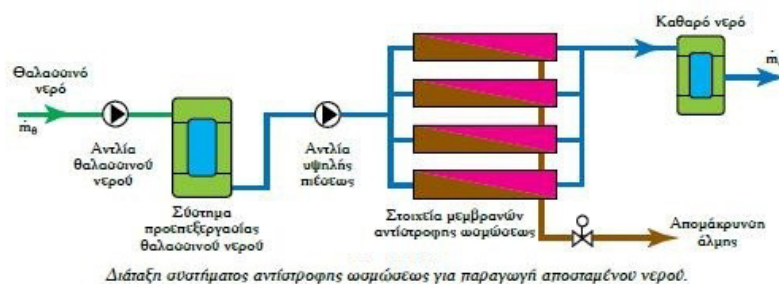
Εργαστηριακή απόδειξη οσμωτικής διεργασίας.

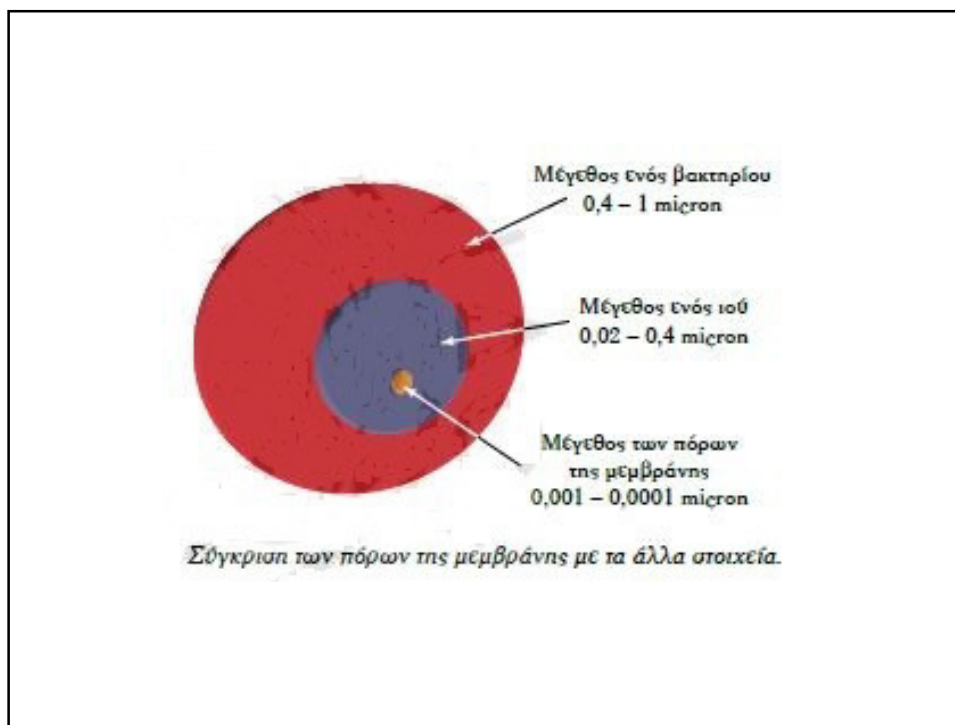
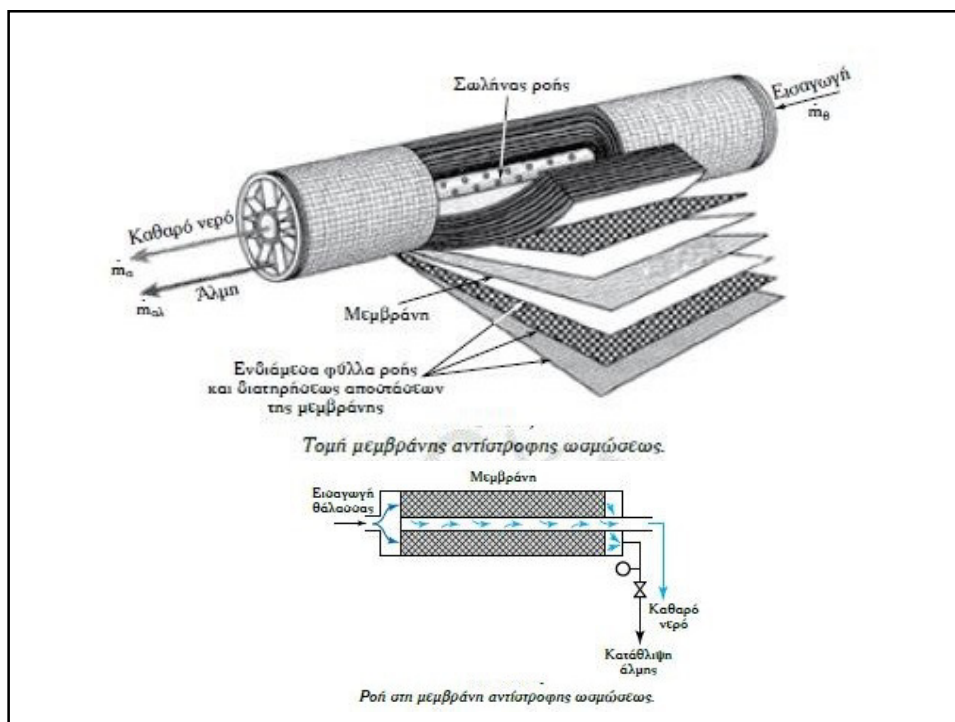
Η αύξηση στην πίεση εμφανίζεται ως υδροστατική διαφορά της στάθμης του καθαρού νερού και του θαλασσινού νερού, που έχει ως συνέπεια τη βαθμιαία ελάττωση της ροής του νερού που διέρχεται στον θάλαμο S. Αποτέλεσμα είναι η πίεση σε κάποιο σημείο να αντισταθμίζει τη ροή, αποκαθιστώντας μια κινητική ισορροπία και επιτρέποντας παράλληλα στα μόρια του νερού να ρέουν και προς τις δύο κατευθύνσεις.

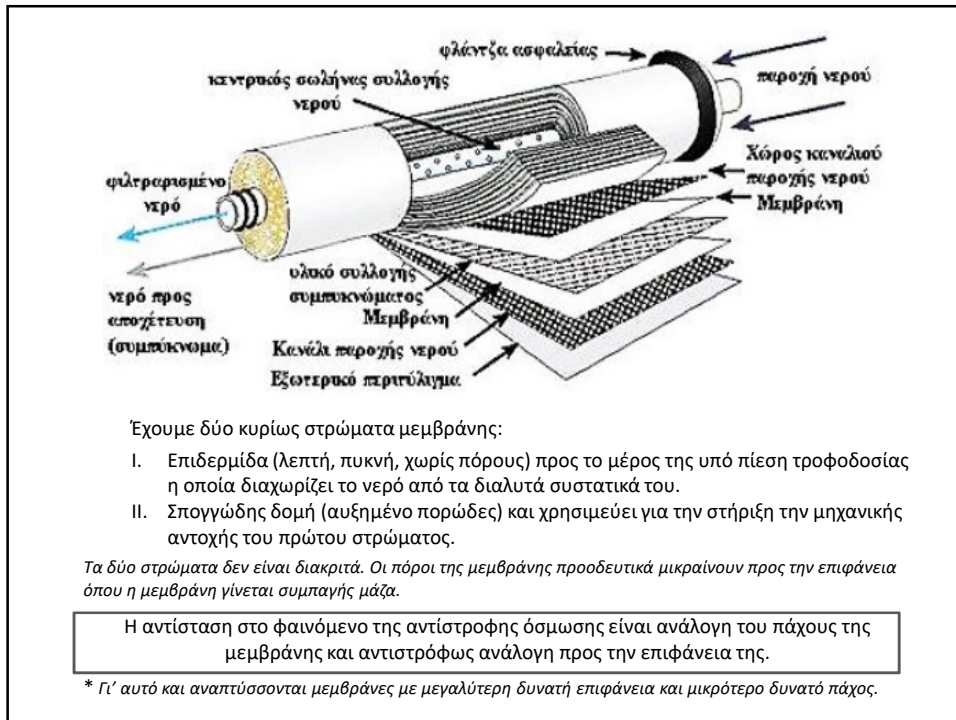
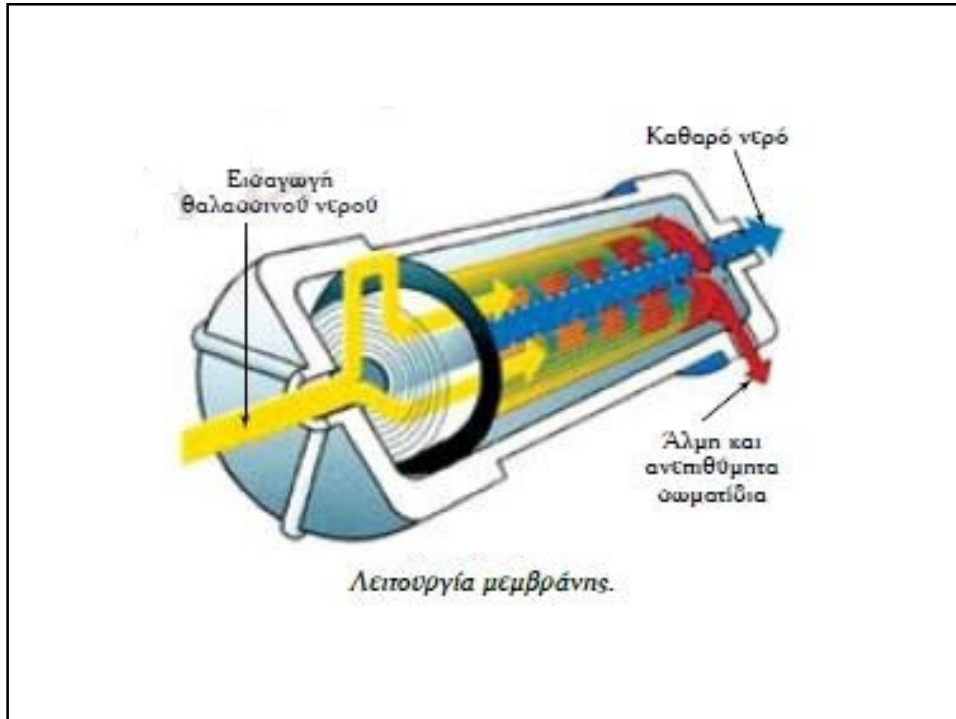


Εφαρμογές αντίστροφης όσμωσης

- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού
- Μετατροπή υφάλμυρου νερού σε πόσιμο
- Επεξεργασία νερού λεβήτων
- Επεξεργασία αποβλήτων ανακύκλωσης νερού
- Παραγωγή νερού υψηλής καθαρότητας (βιομηχανία φαρμάκων και ηλεκτρονικών)
- Ανάκτηση πολύτιμων συστατικών από συμπύκνωμα απόρριψης







Η ροή μέσω της μεμβράνης είναι ανάλογη της δρώσας πίεσης.

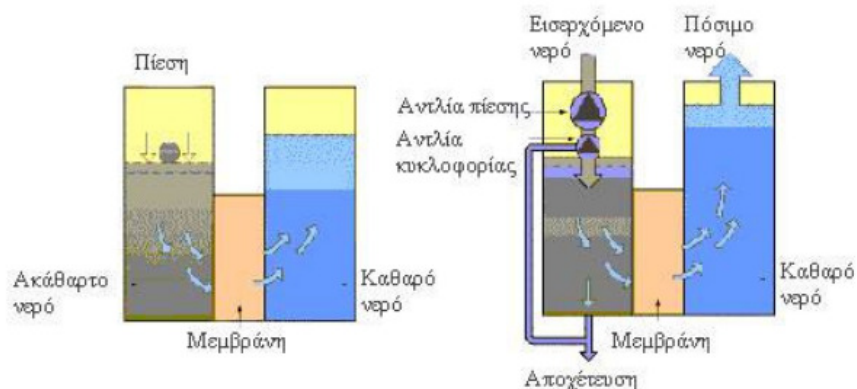
Άρα, για ικανοποιητική παροχή επεξεργασμένου νερού είναι αναγκαίο να εφαρμόσουμε πίεση στο νερό η οποία να υπερβαίνει σημαντικά την οσμωτική πίεση των ιόντων και των μορίων που πρόκειται να διαχωριστούν.

Άλας	Συγκέντρωση, mg/L	Οσμωτική πίεση, bar
NaCl	35.000	27,86
NaCl	1.000	0,79
Na ₂ SO ₄	1.000	0,42
MgSO ₄	1.000	0,25
CaCl ₂	1.000	0,58
NaHCO ₃	1.000	0,89
MgCl ₂	1.000	0,67

Οσμωτική Πίεση διαλυμάτων διαφόρων αλάτων. Weber, 1972

Αντίστροφη Ώσμωση

Εφαρμόζοντας πίεση στο ακάθαρτο (πυκνό) διάλυμα, η μεμβράνη θα αφήσει να περάσει μόνο το καθαρό νερό από το πυκνό στο καθαρότερο διάλυμα. Οι ακαθαρσίες θα παραμείνουν στο πυκνό (ακάθαρτο) διάλυμα.



Ωσμωτική πίεση

- **Ωσμωτική πίεση:** Η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ασκηθεί εξωτερικά σε διάλυμα, που διαχωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη του, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της ώσμωσης, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος.
- Η αριθμητική τιμή της ωσμωτικής πίεσης είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του νερού σε άλατα και της θερμοκρασίας του, ανεξάρτητη δε από τη μεμβράνη.
- Το κανονικό θαλασσινό νερό αλμυρότητας 35,0 gr/kg έχει ωσμωτική πίεση 26 bar, ενώ σε νερό με αλμυρότητα 50 gr/kg η ωσμωτική πίεση ανέρχεται σε 38 bar.

- Η πίεση στην είσοδο της μεμβράνης επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού. Με τον όρο πίεση εννοούμε την δύναμη που ασκείται στη μεμβράνη, δηλαδή την διαφορά μεταξύ της ασκούμενης πίεσης και της οσμωτικής πίεσης.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας του νερού και σε μείωση της οσμωτικής πίεσης. Συνεπώς η συνολική ροή του αφαλατωμένου νερού αυξάνεται.
- Οι μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης έχουν μεγάλο εύρος λειτουργίας όσον αφορά το pH του νερού. Συγκεκριμένα, οι μεμβράνες οξικής κυτταρίνης έχουν εύρος λειτουργίας 4-8 pH, οι δε μεμβράνες λεπτού υμένα έχουν εύρος λειτουργίας 2-11 pH.
- Το pH δεν επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού, όμως για τιμές pH έξω από τα όρια λειτουργίας ή αντοχής της μεμβράνης μπορεί να έχουμε καταστροφή του πολυμερούς υλικού της.
- Μια μονάδα χημικού καθαρισμού των μεμβρανών χρησιμοποιείται όταν κρίνεται απαραίτητο. Το ίδιο το σύστημα παραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη έκπλυση της μονάδας της αντίστροφης ώσμωσης με καθαρό νερό κάθε φορά που διακόπτεται η λειτουργία της.

Μέθοδοι επεξεργασίας του νερού

- **ΦΙΛΤΡΑΝΣΗ** για αφαίρεση στερεών σωματιδίων, θολότητας, χλωρίου, νιτρικών, σιδήρου, μαγγανίου.
- **ΔΙΪΛΙΣΗ** για αφαίρεση θολότητας.
- **ΚΑΘΙΖΗΣΗ** για αφαίρεση στερεών.
- **ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗ** για μείωση των καθαλατώσεων που οφείλονται σε ασβέστιο, νάτριο.
- **ΑΠΑΛΚΑΛΙΩΣΗ** για αφαίρεση της παροδικής σκληρότητας, μείωση TDS.
- **ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ** για τη μείωση του μικροβιακού φορτίου.
- **ΧΛΩΡΙΩΣΗ** για απολύμανση και οξείδωση των ανεπιθύμητων συστατικών.
- **ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗ** για αφαίρεση του ενεργού χλωρίου.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΡΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (RO)

- Δοσομετρικά συστήματα για χλωρίωση, αντικαθαλατωτική προστασία και αποχλωρίωση.
- Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου για απομάκρυνση θολότητας, αιωρούμενων σωματιδίων, σιδήρου, μαγγανίου και λοιπών ρυπαντών από το νερό τροφοδοσίας για την προστασία των μεμβρανών.
- Φίλτρα UV (σύγχρονη μέθοδος επεξεργασίας του νερού με ειδικές μεμβράνες) για την απομάκρυνση βακτηριδίων, ιών, οργανικών, πρωτεϊνών μεγάλου μοριακού βάρους, θολότητας και αιωρούμενων στερεών.
- Αποχλωρίωση, για την προστασία των μεμβρανών από την οξείδωση που προκαλεί το ελεύθερο χλώριο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με δοσομέτρηση διαλύματος μεταθειώδους νατρίου, είτε με χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα. Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται και για την απομάκρυνση οργανικών ουσιών.
- Τελική φίλτρανση του νερού πριν την είσοδό του στις μεμβράνες



Είναι πολύ σημαντικό για την ασφαλή και αδιάλειπτη λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης R.O., να χρησιμοποιείται ο εξοπλισμός της προκατεργασίας που περιγράφηκε, όπως επίσης και κατάλληλα υλικά φίλτρανσης. Η εγγύηση που προσφέρουν οι κατασκευαστές ισχύει μόνο με την παραπάνω προϋπόθεση.

Το νερό που παράγεται με αντίστροφη ώσμωση παρουσιάζει:

1. πολύ μικρή σκληρότητα
2. σχετικά χαμηλό pH (διαβρωτικές ιδιότητες στις σωληνώσεις από απλό γαλβανισμένο ή ακόμα και ανοξείδωτο χάλυβα)

Η αφαίρεση όλων των στοιχείων από το νερό και ιδιαίτερα των αλάτων καθιστά το νερό πάρα πολύ διαβρωτικό για όλη την εγκατάσταση, με αποτέλεσμα τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός να καταστρέφεται πρόωρα, ιδίως όταν η σκληρότητά του βρίσκεται κάτω από 11,5 γερμανικούς βαθμούς.

Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος για τον οποίο επιβάλλεται ο εμπλουτισμός του νερού με μεταλλικά στοιχεία, ώστε να περιοριστεί η διαβρωτική δράση του νερού, το οποίο είναι φυσικό να αναζητεί τη φυσική ισορροπία του, δηλαδή την αναπλήρωση των μεταλλικών στοιχείων που του αφαιρέθηκαν με τη "βίαιη" διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης. Τα μεταλλικά στοιχεία που του λείπουν τα βρίσκει στο περιβάλλον του, δηλαδή στο δίκτυο ύδρευσης που αποτελείται από μεταλλικούς σωλήνες και άλλα μεταλλικά εξαρτήματα. Ο εμπλουτισμός του νερού μετά από την αντίστροφη ώσμωση μειώνει σε μεγάλο βαθμό αυτό το πρόβλημα.

Το νερό που παράγεται με αντίστροφη ώσμωση παρουσιάζει:

1. πολύ μικρή σκληρότητα
2. σχετικά χαμηλό pH (διαβρωτικές ιδιότητες στις σωληνώσεις από απλό γαλβανισμένο ή ακόμα και ανοξείδωτο χάλυβα)

Ενέργειες για τη βελτίωση του νερού:

1. Η αύξηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει με την προσθήκη CaCl_2 (Χλωριούχο Ασβέστιο) και MgCl_2 (Χλωριούχο μαγνήσιο) μέσω δοσομετρικής αντλίας ή με τη διέλευση του νερού μέσα από στήλες που περιέχουν ορυκτό Calcite, το οποίο περιλαμβάνει άλατα μαγνησίου και ασβεστίου.
2. Το pH αυξάνεται με την προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου ή όξινου ανθρακικού νατρίου, ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού, προκειμένου να φτάσει την επιθυμητή τιμή.
3. Για τη μείωση των διαβρωτικών ιδιοτήτων του αφαλατωμένου νερού προστίθεται αντιδιαβρωτικό, όπως διάφορες πολυφωσφορικές ενώσεις. Επίσης, απαραίτητη είναι η χλωρίωση του νερού, που γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (RO)

Ο εξοπλισμός μετακατεργασίας ποικίλει ανάλογα με τις προδιαγραφές του παραγόμενου νερού, που καθορίζονται από την εκάστοτε εφαρμογή.

Ενδεικτικά αποτελείται από:

- Φίλτρα πρόσδοσης σκληρότητας για τον εμπλουτισμό του παραγόμενου νερού με την απαραίτητη ποσότητα σκληρότητας και αλκαλικότητας, όπου απαιτείται (π.χ. πόσιμο νερό).
- Ρύθμιση του pH με χρήση οξέος ή/και σόδας, όπου είναι απαραίτητο, ανάλογα με τις προδιαγραφές
- Διπλό πέρασμα αντίστροφης ώσμωσης, όπου η εφαρμογή απαιτεί νερό πολύ χαμηλής αγωγιμότητας, π.χ. για παραγωγή φαρμάκων, Μονάδες Τεχνητού Νεφρού, φωτοβολταϊκά συστήματα, παραγωγή ενέργειας, κλπ.
- Συστήματα απολύμανσης με δοσομέτρηση χλωρίου ή με χρήση συσκευής υπεριώδους ακτινοβολίας, ώστε το τελικά παραγόμενο νερό να είναι προστατευμένο από μικροβιολογικό φορτίο.

Παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία της αντίστροφης ώσμωσης:

Η απόδοση και η ομαλή λειτουργία μιας όσμωσης, όπως επίσης και η συχνότητα της συντήρησής της, εξαρτάται άμεσα από τις επικαθήσεις που δημιουργούνται στην επιφάνεια των μεμβρανών, από συσσωρεύσεις ακαθαρσιών και το σχηματισμό επικαθίσεων ανθρακικού ασβεστίου και διαφόρων κολλωδών ουσιών.

Αυτό το φαινόμενο καταπολεμάται με δοσομέτρηση ειδικών αντικαθαλατωτικών προϊόντων και χημικούς καθαρισμούς σε τακτά διαστήματα, ανάλογα με τη χρήση και την ποιότητα του ακατέργαστου νερού.

Οι επικαθήσεις αλάτων, όπως επάνω στις μεμβράνες, σταδιακά μειώνουν την αποτελεσματικότητα τους και την απόδοση του παραγόμενου νερού, ενώ παράλληλα αυξάνουν την ποσότητα του απορριπτόμενου νερού και φυσικά οδηγούν σε δυσλειτουργία της όσμωσης και σε μεγαλύτερη απαίτηση για εργασίες καθαρισμού και συντήρησης.

Μόλις σχηματιστεί το πρώτο στρώμα επικαθήσεως αλάτων η συσσώρευση των επόμενων στρωμάτων γίνεται με γεωμετρική πρόοδο, καθώς υπάρχει πλέον τραχιά επιφάνεια που προσφέρει καλύτερη πρόσφυση στα ιόντα του ανθρακικού ασβεστίου.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές των αντίστροφων οσμώσεων συστήνουν τη χρήση μεθόδων αποσκλήρυνσης με ρητίνες ιοντανταλλαγής ή κάποιων συστημάτων χημικής διάσπασης των δεσμών του ανθρακικού ασβεστίου πριν από την είσοδο του νερού στα μηχανήματα τους, προκειμένου να αυξήσουν την αξιοπιστία και την εύρυθμη λειτουργία των μονάδων τους και να μειώσουν την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων νερού, που συνεπάγεται υψηλό κόστος για τους πελάτες τους. Ταυτόχρονα, οι επικαθήσεις αλάτων ευνοούν την δημιουργία κολλοειδών ουσιών, την ανάπτυξη βακτηριδίων, αλγών και μυκήτων και τον ταχύ πολλαπλασιασμό των παθογόνων μικροοργανισμών όχι μόνο στις μεμβράνες αλλά και στα φίλτρα που χρησιμοποιούνται πριν από την όσμωση, διότι το ασβέστιο λειτουργεί ως τροφή για όλους αυτούς τους οργανισμούς.

Παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία της αντίστροφης ώσμωσης:

1. Η πίεση της εισαγωγής στις μεμβράνες του τροφοδοτικού νερού, που πρέπει να είναι υψηλή, ώστε να επιτυγχάνεται η διέλευση του νερού αντίθετα με τη φυσική ώσμωση, κατά την οποία το γλυκό νερό με χαμηλή συγκέντρωση, μέσω των πόρων της μεμβράνης, διεισδύει προς το θαλασσινό νερό, που έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση.
2. Η θερμοκρασία του νερού που επηρεάζει το ποσοστό παραγωγής του νερού της αντίστροφης ωσμώσεως. Η βαθμονόμηση για την παραγωγή στις μεμβράνες γίνεται με βάση τα γαλιόνια ανά ημέρα σε θερμοκρασία 25οC. Η διακύμανση που παρατηρείται στην παραγωγή νερού παρουσιάζει πτώση από 1,5% – 2%, ανάλογα με τον τύπο της μεμβράνης για θερμοκρασίες μικρότερες ή μεγαλύτερες των 25οC.
3. Η ποιότητα του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας και ο Αριθμός των Διαλυμένων Στερεών μέσα σε αυτό (Total Dissolved Solids – TDS).

Η ωσμωτική πίεση σχετίζεται με τις δυνάμεις συνοχής των μορίων (οι δυνάμεις που συγκρατούν ενωμένα τα μόρια) του νερού και των διαλυμένων σε αυτό ιόντων και στερεών. Όσο υψηλότερος είναι ο TDS, τόσο υψηλότερες είναι οι δυνάμεις συνοχής των μορίων. Προκειμένου να αρχίσουν τα μόρια του νερού να διαχωρίζονται για να περάσουν τη μεμβράνη, πρέπει να διασπαστούν οι δυνάμεις συνοχής των μορίων με την εφαρμογή πιέσεως. Η πίεση αυτή για κάθε 100 mg/l TDS απαιτεί 1 psi για να ξεπεραστεί η ωσμωτική πίεση.

4. Η καλή ποιότητα των φίλτρων και των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στο σύστημα αντίστροφης ωσμώσεως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**ΤΑ ΚΕΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΟΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ,
ΕΧΟΥΝ ΑΝΤΙΓΡΑΦΕΙ:**

- ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΟΥ ΕΥΓΕΝΙΔΙΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ
“ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ ”
(των ΔΑΝΙΗΛ Γ., ΜΙΜΗΚΟΠΟΥΛΟΥ Κ., ΓΛΥΚΑ Α, και ΔΑΓΚΙΝΗ Ι.),
- ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟΥ,
- ΑΠΟ MANUALS ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ.

T. Ballas