



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου
Τμήμα: Μηχανολογίας

Πτυχιακή Άσκηση
Θέμα: Ποιότητα νερού από τις μονάδες αφαλάτωσης
στη Σαντορίνη

Επιβλέπων Καθηγητής : κ. Κατσαράκης Νικόλαος
Ονοματεπώνυμο: Σιγάλας Ιωάννης



Ηράκλειο 2012

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανολογίας, της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών, του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηρακλείου Κρήτης, κατά την περίοδο Σεπτέμβριος 2012 – Φεβρουάριος 2013. Η παρούσα πτυχιακή εργασία δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς την συμβολή και την πολύτιμη βοήθεια κάποιων ατόμων, τα οποία θέλω να ευχαριστήσω.

Κατ' αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κατσαράκη Νικόλαο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου το θέμα και καθοδηγώντας με καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής μελέτης.

Με την εργασία αυτή ολοκληρώνεται η φοίτηση μου στο τμήμα Μηχανολογίας. Το κυριότερο είναι ότι πλαισιώνεται από τις ανεκτίμητες εμπειρίες που αποκόμισα τα χρόνια των σπουδών μου, αποτελώντας ουσιαστικά τον επίλογο της φοίτησής μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστούσα το άτομο που με βοήθησε πολύ κατά την πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους της Πτυχιακής μου εργασίας, την καθηγήτρια Ειρήνη Γεωργάκη του Εργαστηρίου Χημείας του ΤΕΙ όπου εκεί πραγματοποιήθηκε όλο το πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής. Η κ Ειρήνη Γεωργάκη μου προσέφερε τις πολύτιμες γνώσεις της, την καθοδήγησή της αλλά και τη στήριξή της σε όλη αυτή την προσπάθεια και το ελάχιστο που μπορώ να κάνω από μέρους μου είναι να της πω ένα μεγάλο ευχαριστώ.

Θέλω επίσης να πω «ευχαριστώ» στην οικογένειά μου για την οικονομική ψυχολογική και όχι μόνο στήριξη όλα αυτά τα χρόνια που ζω και σπουδάζω στο Ηράκλειο

Τέλος, να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε στο Α.Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου. Χωρίς αυτούς η πορεία μου ως εδώ θα ήταν σίγουρα πολύ δυσκολότερη.

Ηράκλειο 2012
Σιγάλας Ιωάννης

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση - μελέτη των μονάδων αφαλάτωσης της Σαντορίνης.

Στα πρώτα κεφάλαια αναφέρουμε λίγα λόγια για το νερό ,αλλά και για την θέση του στην Ελλάδα .Όπως επίσης και για το πόσο σημαντικό είναι για την ύπαρξη ζωής Γίνεται μια περιγραφή της διαδικασίας της αφαλάτωσης, παρουσιάζονται κάποια ιστορικά στοιχεία και γίνεται αναφορά στις συνήθειες μεθόδους αφαλάτωσης.

Αναλύεται το πρόβλημα επάρκειας νερού στα νησιά του Αιγαίου και πιο συγκεκριμένα στη Σαντορίνη. Παρουσιάζονται οι τεχνολογίες αντίστροφης όσμωσης για την αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού, με ιδιαίτερη έμφαση στις τελευταίες εξελίξεις των τεχνολογιών για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του κόστους ανά κυβικό μέτρο πόσιμου νερού.

Θα αναφερθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης στη Σαντορίνη, ενώ θα γίνει έλεγχος της ποιότητας της εκροής μιας μονάδας αντίστροφης όσμωσης στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας της ΣΤΕΦ / ΤΕΙ Κρήτης.

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να αναλυθεί η εφαρμογή της αντίστροφης όσμωσης στα νησιά του αιγαίου και κυριότερα στην Σαντορίνη. Αρχικά έγινε μια προσπάθεια να αναφερθούν κάποια βασικά στοιχεία της διαδικασίας της αφαλάτωσης. Δόθηκε έμφαση στο πως γίνεται μια σωστή Διαχείριση των υδάτινων πόρων όπως επίσης και το πως ξεκίνησε η διαδικασία αυτή με το πέρας των χρόνων.

Στο τελευταίο μέρος γίνεται η ανάλυση των συμπερασμάτων για τις διαδικασίες που χρειάζονται κατά την υλοποίηση και τον σχεδιασμό ενός συστήματος αφαλάτωσης στην Σαντορίνη.

Ηράκλειο 2012
Σιγάλας Ιωάννης

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	6
Ιστορική Αναδρομή..	8
Κεφάλαιο 1: Ύδωρ	11
1.1) Το νερό	12
1.2) Το υδάτινο δυναμικό της Ελλάδας	13
1.2.1) Πηγές νερού της Αθήνας	14
1.2.2) Πηγές νερού της Θεσσαλονίκη	14
1.2.3) Πηγές νερού στα νησιά του Αιγαίου	14
1.3) Διαχείριση υδάτινων πόρων στην Ελλάδα	15
Κεφάλαιο 2: Η Αφαλάτωση	17
2.1) Η Αφαλάτωση	18
2.2) Η γεώτρηση	20
2.2.1) Γεωτρήσεις σε νησιά	21
2.2.2) Μελέτη υπεδάφους	22
2.2.3) Μελέτη των υπόγειων υδάτων	22
2.3) Μέθοδοι αφαλάτωσης	26
2.3.1) Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF)	27
2.3.2) Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation)	28
2.3.3) Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (vapor compression)	29
2.3.4) Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)	30
2.3.5) Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis)	31
2.4) Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης	32
Κεφάλαιο 3: Αντίστροφη όσμωση	34
3.1) Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)	35
3.2) Μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης	35
3.3) Δομή Στοιχείου Μεμβρανών Αντίστροφης Όσμωσης	36
3.4) Παραγωγική διαδικασία	37
3.5) Χερσαίους Αγωγούς μεταφοράς πόσιμου νερού σε δεξαμενές ή στους καταναλωτές	37
3.6) Τρισδιάστατη απεικόνιση μικρής μονάδας Αντίστροφης Όσμωσης	38
3.7) Κόστος Παραγωγής	39
3.8) Διεθνείς Εξελίξεις	41

Κεφάλαιο 4: Η Αφαλάτωση στην Ελλάδα	43
4.1) Η Αφαλάτωση στην Ελλάδα	44
4.2) Προβλήματα υδατικών πόρων στην Ελλάδα	47
4.3) Τα νησιά του Αιγαίου	50
4.4) Η Σαντορίνη	53
4.5) Μονάδα Αφαλάτωσης στην Σαντορίνη	54
4.6) Σταθμός αφαλάτωσης στην Οία της Σαντορίνης	56
4.6.1) Κατανάλωση νερού προηγούμενων ετών	63
4.7) Μονάδα αφαλάτωσης Δ. Φηρών Θήρας	69
4.7.1) Τα κυριότερα μέρη της μονάδας αφαλάτωσης	72
4.7.2) Τεχνικά χαρακτηριστικά	75
4.7.3) Αυτοματισμοί	80
4.7.4) Κόστος λειτουργίας	81
4.7.5) Κόστος ενέργειας	82
4.7.6) Κόστος χημικών	82
4.7.7) Κόστος προσωπικού	83
4.7.8) Κόστος αναλώσιμων	83
4.8) Φορητή μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού του Δήμου Φηρών	86
4.9) Τεχνικά χαρακτηριστικά	93
Κεφάλαιο 5: Πειραματικό Μέρος -Μετρήσεις	100
5.1) Εισαγωγή	101
5.2) Οι προδιαγραφές	101
5.3) Έλεγχος Φυσικοχημικών Παραμέτρων Ποιότητας Πόσιμου Νερού	103
5.3.1) Σκληρότητα του νερού	103
5.3.1.1) Διαδικασία μέτρησης Ολικής Σκληρότητας (Ο.Σ.)	104
5.3.1.2) Διαδικασία μέτρησης ανθρακικής ή παροδικής σκληρότητας (Α.Σ)	104
5.3.1.3) Προσδιορισμός Μόνιμης Σκληρότητας	105
5.3.2) Διαδικασία μέτρησης αγωγιμότητας	105
5.3.3) Διαδικασία μέτρησης θερμοκρασίας	105
5.3.4) Διαδικασία μέτρησης pH	105
5.3.5) Προσδιορισμός Ca ⁺⁺ σε νερά	105
5.3.6) Προσδιορισμός Cl ⁻¹ , Na ⁺ και SO ₄ ⁻²	106
5.4) Αποτελέσματα	106
5.5) Συμπεράσματα πειραματικών μετρήσεων - γραφημάτων	109
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	110
<u>Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία</u>	<u>112</u>

Εισαγωγή

Οι υδατικοί πόροι αποτελούν βασική παράμετρο της αναπτυξιακής διαδικασίας και της ισορροπίας των οικοσυστημάτων. Παγκοσμίως εντοπίζονται σημαντικότερα προβλήματα γύρω από την επάρκεια και την διαχείρισή τους που οδηγούν και σε χαρακτηριστικά τοπικών (πολεμικών) συγκρούσεων και σε διατάραξη διακρατικών σχέσεων.

Βασικοί παράγοντες αυτής της έντασης είναι η αύξηση της κατανάλωσης νερού λόγω της πληθυσμιακής αύξησης, της αλλαγής των συνθηκών και των απαιτήσεων ζωής (καταναλωτικό μοντέλο) και της αλόγιστης κατανάλωσης, που είναι συνδυασμένη με ένα παραγωγικό και αναπτυξιακό μοντέλο αδηφάγο και αδιάφορο για τους φυσικούς πόρους. Τα φαινόμενα αυτά συντελούν δευτερογενώς και στην αύξηση της ρύπανσης με την ανέλεγκτη διάθεση εκροών.

Στην Ελλάδα, οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ανισότητες (άνιση χωροχρονική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και κατά μείζονα λόγο των απορροών, έντονες γεωμορφολογικές διαφοροποιήσεις ανά υδατικό διαμέρισμα), σε συνδυασμό με τη χρονική αντιστροφή της κατανομής της ζήτησης και της υπερσυγκέντρωσής της σε περιορισμένους χώρους με ασήμαντους υδατικούς πόρους, δεν ευνοούν βέβαια από οικονομοτεχνική άποψη την τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά εφικτή κάλυψη των αναγκών στις διάφορες χρήσεις του νερού.

Το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως φυσικός πόρος, ως οικονομικό αγαθό και ως περιβαλλοντικό στοιχείο, ανάλογα με το κύριο κριτήριο και το είδος της διαχείρισης. Σε σχέση πάντως με άλλους φυσικούς πόρους και με άλλα οικονομικά αγαθά έχει μία ιδιαιτερότητα: είναι μοναδικό και αναντικατάστατο. Αποτελεί προϋπόθεση της ανθρώπινης ύπαρξης και ζωής στον πλανήτη και δεν έχει υποκατάστατο στην ανάπτυξη. Η βιώσιμη (αειφόρος) διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η βασική παράμετρος της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι υδατικοί πόροι δεν είναι απεριόριστοι. Και μάλιστα σε πολλές περιοχές του κόσμου δεν είναι επαρκείς και η ανεπάρκειά τους αυτή συνιστά μέγιστο εμπόδιο στην ανάπτυξη. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση νερού για διάφορες χρήσεις (οικιακή-αστική, βιοτεχνική, βιομηχανική, αρδευτική-αγροτική) αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Η προσφορά όμως είναι δεδομένη, είναι ορισμένη, έχει κάποια ανώτερα όρια. Πέραν αυτού στην Ελλάδα, η ζήτηση του νερού είναι η μέγιστη (το καλοκαίρι), όταν η προσφορά του (η διαθεσιμότητά του) στη φύση είναι η ελάχιστη. Δηλ. ο ενδοετήσιος κύκλος ζήτησης νερού, είναι ακριβώς αντίστροφος με αυτόν της φυσικής προσφοράς (διαθεσιμότητας).

Η αφαλάτωση στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ευρέως. Πολλοί θεωρούν ότι θα ήταν μια χρήσιμη μέθοδος για τα πολύ ξηρά ελληνικά νησιά στις Κυκλάδες, τα οποία σήμερα υδροδοτούνται με υδροφόρα πλοία. Πάντως σχετικά μικρές μονάδες αφαλάτωσης έχουν ήδη εγκατασταθεί στη Σύρο, στη Νίσυρο, στην Αίγινα και αλλού.

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με τη χρήση της τεχνικής της αντιστροφής όσμωσης είναι πλέον μια δοκιμασμένη και αναγνωρισμένη τεχνολογία που μπορεί να παρέχει υψηλής ποιότητας νερό ύδρευσης.

Η τεχνική βασίζεται στην διέλευση του θαλασσινού νερού σε υψηλή πίεση μέσα από μεμβράνες που διαχωρίζουν το νερό εισόδου σε δυο κλάσματα. Οι προηγμένες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αποτελούν την πλέον δόκιμη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ποιότητας αλλά και της επάρκειας νερού σε δήμους, στη βιομηχανία και σε ξενοδοχειακές μονάδες.

Μια από αυτές τις επιχειρήσεις δραστηριοποιείται στην Κοινότητα Οίας - Θηρασιάς στη Θήρα (Σαντορίνη). Εκεί υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης δυνατότητας 800 m³ ανά ημέρα.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με τη σύνοψη των αποτελεσμάτων και τις ανάλογες προτάσεις για την εφαρμογή τους στην εγκατάσταση αφαλάτωσης που μελετήθηκε.

Ηράκλειο 2012
Σιγάλας Ιωάννης

Ιστορική Αναδρομή..

Το νερό

Το λεγόμενο νερό, στην ελληνική δημοτική γλώσσα, ή ύδωρ στην επίσημη ελληνική καθαρεύουσα (το ύδωρ, του ύδατος - δασείτονη λέξη), ή οξιδάνιο κατά χημική ονοματολογία είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, καλύπτοντας το 70,9% του πλανήτη.



Το δημόδες όνομα νερό προέρχεται από τη βυζαντινή φράση νεαρόν ύδωρ το οποίο σήμαινε τρεχούμενο ύδωρ (που μόλις βγήκε από την πηγή), η οποία με τη σειρά της προέρχεται από την αρχαία ελληνική (και την καθαρεύουσα) φράση νήρον ύδωρ για το νερό. Από την επίσημη ονομασία ύδωρ έχουν προκύψει όλοι οι σχετικοί επιστημονικοί όροι, μεταξύ των οποίων και χημικοί, που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, όπως ένυδρο άλας, υδρογόνο (αυτό που γεννάει νερό), ενυδάτωση, αφυδάτωση και υδρόλυση, υδάτινος, υδατοκαλλιέργεια, υδατογραφία, υδατοκομία, υδατοσφαίριση, υδρατμός, υδραυλική, κ.λπ.

Το νερό απαντάται και στις τρεις κοινές καταστάσεις της ύλης στη Γη: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα), ενώ συνήθως με μορφή πάγου υπάρχει και σε άλλους πλανήτες (και δορυφόρους) του ηλιακού συστήματος. Είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας.

Το ασφαλές πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής. Η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό έχει βελτιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Η ύπαρξη υγρού νερού στη Γη είναι ζωτικής σημασίας, τουλάχιστον με τις μορφές που γνωρίζουμε. Η ύπαρξη νερού και στις δυο άλλες φάσεις του είναι επίσης ζωτική, αν και σε ένα μικρότερο βαθμό. Η Γη βρίσκεται στην αποκαλούμενη «κατοικήσιμη ζώνη» του ηλιακού μας συστήματος. Αν ήταν ελαφρώς κοντύτερα ή μακρύτερα από τον Ήλιο, π.χ. κατά 5% ή περίπου 8 εκατομμύρια km, οι συνθήκες που επιτρέπουν τη συνύπαρξη νερού και στις τρεις συνηθισμένες φάσεις του θα ήταν πολύ πιο απίθανο να υπάρχουν.

Η Αφαλάτωση

Αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι, κατ' επέκταση, η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσίνο νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες.

Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση όμως σε θαλασσίνο νερό. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20ο αιώνα με την εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό το 97,3% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ακόμα και για βιομηχανικές διεργασίες καθίσταται αδύνατη.

Ιστορικά η ιδέα της αφαλάτωσης ανάγεται στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς που την εφαρμόζαν κατά τον 4ο π.Χ. αιώνα με την εξάτμιση του θαλασσινού νερού που την περιγράφει και ο Αριστοτέλης. Επίσης περιγραφή αφαλάτωσης αναφέρεται ως πραγματεία από Άραβα συγγραφέα του 8ου μ.Χ. αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού.

Η διαδικασία αφαλάτωσης μέσω εξάτμισης ήταν γνωστή στην αρχαία Ελλάδα οι ναυτικοί της οποίας χρησιμοποιούσαν στα μεγάλα ταξίδια τους μικρές συσκευές απόσταξης θαλασσινού νερού, ενώ το 350 π.χ. είχε μελετηθεί πειραματικά από τον Αριστοτέλη. Τον 16ο αιώνα οι Ευρωπαίοι Θαλασσοπόροι μεταφέρουν στα πλοία τους, μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν μόνο σε περίπτωση ανάγκης.

Το 1850 ο Αμερικανός μηχανικός Norbert Rillieux αναπτύσσει μεθόδους απόσταξης της ζάχαρης που ελαττώνουν τις απαιτήσεις ενέργειας κατά 80%, οι οποίες στα τέλη του 19ου αιώνα αρχίζουν να εφαρμόζονται και στην αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Το 1950 η Αμερικανική κυβέρνηση δημιουργεί ειδική υπηρεσία και χρηματοδοτεί τις έρευνες για την αφαλάτωση ενώ αρχίζουν οι πρώτες σύγχρονες εφαρμογές θερμικής αφαλάτωσης σε χώρες της Μέσης Ανατολής.

Τον 18ο αιώνα, με την ανάπτυξη της ατμοπλοΐας, η αναγκαιότητα μεγάλης ποσότητας ύδατος στη χρήση των ατμομηχανών κατέστησε επιτακτική ανάγκη την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ώστε να μη προκαλείται ταχύτατη διάβρωση των μηχανών. Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αφαλάτωσης νερού δόθηκε στην Αγγλία το 1869. Η σπουδαιότητα αυτής της ανακάλυψης φάνηκε από το γεγονός ότι τον ίδιο αμέσως χρόνο οι Άγγλοι εγκατέστησαν τη πρώτη μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος στο Άντεν για τις ανάγκες του στόλου τους.

Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος για εμπορική και βιομηχανική χρήση εγκαταστάθηκε στην Αρούμπα (τότε Ολλανδικές Αντίλλες) το 1930.

Το 1960 ξεκινούν στο πανεπιστήμιο UCLA της Καλιφόρνια τα πρώτα πειράματα στην Αντίστροφη Όσμωση με την κατασκευή των πρώτων μεμβρανών από τους ερευνητές, Sydney Loeb και Shrinivasa Sourirajan. Το 1965 κατασκευάζεται η πρώτη πειραματική μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού με την μέθοδο της Αντίστροφης Όσμωσης.

Από το 1970 άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις ΗΠΑ, στη Ρωσία, στο Μεξικό, στην Μέση Ανατολή, σε παράλιες χώρες όπως είναι η Σαουδική Αραβία (24% της παγκόσμιας χρήσης), το Κουβέιτ, η Αίγυπτος αλλά και το Ισραήλ. Στον δυτικό κόσμο ο μεγαλύτερος χρήστης της μεθόδου είναι η Ισπανία, όπου ξεκίνησε μαζική χρήση αφαλάτωσης στα Κανάρια Νησιά. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στο Καρμπονέρας της Νότιας Ισπανίας.

Η αφαλάτωση στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ευρέως. Πολλοί θεωρούν ότι θα ήταν μια χρήσιμη μέθοδος για τα πολύ ξηρά ελληνικά νησιά στις Κυκλάδες, τα οποία σήμερα υδροδοτούνται με υδροφόρα πλοία.

Παγκοσμίως η πρώτη πλωτή μονάδα οικολογικής αφαλάτωσης είναι έργο της Ερευνητικής ομάδας του Πανεπιστημίου Αιγαίου με τους καθηγητές Ν. Νικητάκο, Θ. Λίλα και Ν. Βατίστα. Μια 100% φυσική πηγή νερού και μια οικολογική λύση στα προβλήματα λειψυδρίας του τόπου. Παράγει ηλεκτρισμό από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά συστήματα και είναι μεταφερόμενο σε όποιο μέρος απαιτείται.



Κεφάλαιο 1: Ύδωρ



1.1) Το νερό

«Χρησιμοποιούμε πολύ περισσότερο νερό από ότι έχουμε διαθέσιμο. Η βραχυπρόθεσμη λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας ήταν μέχρι σήμερα η άντληση ακόμη μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού από τα επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα αποθέματα. Η υπερεκμετάλλευση δεν αποτελεί όμως βιώσιμη λύση. Έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα και στην ποσότητα των εναπομενόντων υδάτων καθώς και στα οικοσυστήματα, τα οποία εξαρτώνται από το νερό. Πρέπει να περιοριστεί η ζήτηση, να ελαχιστοποιηθούν οι ποσότητες των αντλούμενων υδάτινων πόρων και να δοθεί έμφαση στην αποτελεσματική χρήση τους.»

Jacqueline McGla

Το νερό είναι μία χημική ουσία με τον χημικό τύπο H_2O . Ένα νερό μόριο περιέχει ένα οξυγόνο και δύο υδρογόνου άτομα συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς. Το νερό είναι ένα υγρό σε θερμοκρασίες άνω των $0^\circ C$ ($273.15 K$, $32^\circ F$) στο επίπεδο της θάλασσας, αλλά συχνά συνυπάρχει με τη Γη του με στερεά κατάσταση, πάγος, και αέρια κατάσταση (υδρατμοί ή ατμού). Το νερό υπάρχει επίσης σε μία υγρού κρυστάλλου κατάσταση κοντά υδρόφιλες επιφάνειες.

Το νερό καλύπτει το 71% της γης της επιφάνειας, και είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις γνωστές μορφές ζωής. Στη Γη, το 96,5% των υδάτων του πλανήτη βρίσκεται στους ωκεανούς, 1,7% στα υπόγεια ύδατα, το 1,7% σε παγετώνες και τα καλύμματα πάγου της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας, ένα μικρό κλάσμα σε άλλα μεγάλα σώματα νερού, και 0,001% στο αέρα ως ατμός, σύννεφα (αποτελείται από στερεά και υγρά σωματίδια του νερού που αιωρούνται στον αέρα), και καθίζηση. Μόνο το 2,5% του νερού της Γης είναι γλυκό νερό, και 98,8% αυτού του νερού είναι στον πάγο και τα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από το 0,3% του συνόλου του γλυκού νερού βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες, και την ατμόσφαιρα, και ένα ακόμη μικρότερο ποσό του γλυκού νερού της Γης (0,003%) περιέχεται σε βιολογικούς οργανισμούς και τα μεταποιημένα προϊόντα.

Το νερό στη Γη κινείται συνεχώς μέσω του υδρολογικού κύκλου της εξάτμισης και της διαπνοής (εξατμισοδιαπνοή), συμπύκνωση, κατακρήμνιση, καθώς και την απορροή, που συνήθως φθάνει στην θάλασσα. Εξάτμιση και διαπνοή συμβάλει στην καθίζηση πάνω από την ξηρά.

Το πόσιμο νερό είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο και άλλες μορφές ζωής. Η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό έχει βελτιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες σχεδόν σε κάθε μέρος του κόσμου, αλλά περίπου ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι εξακολουθούν να στερούνται την πρόσβαση σε πόσιμο νερό και πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια δεν έχουν πρόσβαση σε επαρκείς εγκαταστάσεις υγιεινής. Υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ της πρόσβασης σε ασφαλές νερό και το ΑΕΠ ανά κεφαλή. Ωστόσο, ορισμένοι παρατηρητές εκτιμούν ότι μέχρι το 2025 περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίζει το νερό με βάση την ευπάθεια.

Μια πρόσφατη έκθεση (Νοέμβριος 2009) υποδηλώνει ότι μέχρι το 2030, σε ορισμένες αναπτυσσόμενες περιοχές του κόσμου, η ζήτηση νερού θα υπερβεί την προσφορά κατά 50%. Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία, καθώς λειτουργεί ως διαλύτης για μία ευρεία ποικιλία χημικών ουσιών και διευκολύνει τη βιομηχανική ψύξη και τη μεταφορά. Περίπου το 70% του νερού ύδατος που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο πηγαίνει στην γεωργία.

Η βαρύτητα της Γης επιτρέπει να πραγματοποιήσει ατμόσφαιρα. Υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρέχουν ένα ρυθμιστικό θερμοκρασίας (φαινόμενο θερμοκηπίου), η οποία βοηθά στη διατήρηση μιας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας επιφάνειας. Εάν η Γη ήταν μικρότερες, μια λεπτότερη ατμόσφαιρα θα επιτρέψει ακραίες θερμοκρασίες, εμποδίζοντας έτσι τη συσσώρευση του νερού εκτός από πολικών πάγων (όπως για τον Άρη).

1.2) Το υδάτινο δυναμικό της Ελλάδας

Κατά μέσο όρο, η Ελλάδα έχει αρκετά άφθονες πηγές νερού από 58 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος (1977-2001), του οποίου η χώρα χρησιμοποιεί μόνο το 12 τοις εκατό. Από αυτά, 87 τοις εκατό χρησιμοποιείται από τη γεωργία, 3 τοις εκατό από τη βιομηχανία και μόνο το 10% (ή 1,2 τοις εκατό του συνόλου των υδάτινων πόρων) για την δημοτική ύδρευση. Ωστόσο, ο μέσος όρος κρύβει σημαντικές διαφορές μεταξύ των εποχών - χρόνιων, και των περιφερειών. Οι υδάτινοι πόροι είναι ιδιαίτερα σπάνιοι για τα ελληνικά νησιά, μερικά από τα οποία παρέχονται από δεξαμενόπλοια ή έχουν μετατρέψει το θαλασσινό νερό μέσω της αφαλάτωσης. Ξηρασία είναι ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο σε όλη την Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένης της ξηρασίας το 1993, που θεωρήθηκε η χειρότερη σε τουλάχιστον 50 χρόνια και η ξηρασία το 2007, όπου επιδεινώνουν το πρόβλημα της λειψυδρίας.



1.2.1) Πηγές νερού της Αθήνας

Επειδή οι τοπικές πηγές νερού είναι ανεπαρκής και για την αντιστάθμιση έναντι του κινδύνου της ξηρασίας, η μητροπολιτική περιοχή της πρωτεύουσας Αθήνας, όπου περισσότερο από το ένα τρίτο του πληθυσμού ζει στην Ελλάδα, παρέχεται από πέντε διαφορετικές πηγές νερού, το πιο απομακρυσμένο από τα οποία βρίσκεται περίπου 200 χιλιόμετρα μακριά. Οι πέντε πηγές είναι:

- Λίμνη Μαραθώνα κοντά στην πόλη, με επιχειρησιακή ικανότητα 34 εκατ. κυβικά μέτρα και αξιοποιηθεί από το 1931 μέσω της σήραγγας Boyati.
- Λίμνη Υλίκη, 90 χλμ βορειοανατολικά της πρωτεύουσας, με επιχειρησιακή ικανότητα από 590 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και έχει αξιοποιηθεί από το 1959.
- Λίμνη του Μόρνου, που δημιουργήθηκε από ένα φράγμα που χτίστηκε αρχικά για την τοπική παροχή νερού
- Η Μόρνου δεξαμενή 192 χιλιόμετρα δυτικά της Αθήνας, με επιχειρησιακή ικανότητα από 670 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αξιοποιήθηκε από το 1980 μέσω ενός συστήματος των τούνελ και τα κανάλια.
- Η δεξαμενή του Ευήνου, με επιχειρησιακή ικανότητα από 113 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, που ολοκληρώθηκε το 2001, και συνδέονται μέσω ενός τούνελ με τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- 105 γεωτρήσεις σε τρεις wellfields που χρησιμοποιούνται μόνο σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Λόγω της ανάγκης για την άντληση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε μεγάλες αποστάσεις και τα βουνά, η εταιρεία ύδρευσης της Αθήνας είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος πελάτης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

1.2.2) Πηγές νερού της Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη εν μέρει τροφοδοτείται από την Αλιάκμονα ποταμό.

1.2.3) Πηγές νερού στα νησιά του Αιγαίου

Τα νησιά του Αιγαίου είναι εν μέρει τροφοδοτούνται από τοπικές πηγές υπογείων υδάτων. Ωστόσο, ορισμένα μικρότερα νησιά δεν διαθέτουν επαρκείς υδάτινους πόρους και θα πρέπει να παρέχονται μέσω δεξαμενόπλοιων με υψηλό κόστος. Για παράδειγμα, τα νησιά Μήλος, Κίμωλος, Ηρακλεία, Σχοινούσα, Σύμη, Χάλκη, Πάτμο και Καστελόριζο ήταν εν μέρει ή εξ ολοκλήρου παροχής μέσω δεξαμενόπλοιων από το 2008. Η Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μια αναδυόμενη επιλογή για αυτά τα νησιά. Μία μικρή αιολική πλωτή μονάδα αφαλάτωσης έχει κατασκευαστεί το 2008 και είναι αγκυροβολημένη στα ανοικτά της ακτής της Ηρακλείας. Ιστορικά οι κάτοικοι των ελληνικών νησιών είχαν επίσης συγκομιδή από βροχές του χειμώνα από στέγες για χρήση και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

1.3) Διαχείριση υδάτινων πόρων στην Ελλάδα

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες η προστασία του περιβάλλοντος καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερη θέση στις συνειδήσεις των πολιτών, στα πρωτοσέλιδα των εφημερίδων στις εξαγγελίες των ιθυνόντων του κόσμου. Τα προβλήματα όμως δεν υποχωρούν, τα βήματα είναι δειλά και οι συγκρούσεις έντονες.

Η κρισιμότητα των θεμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων εντείνεται από τις επιλογές χωρίς σχεδιασμό και πρόβλεψη, την υποτίμηση των προβλημάτων ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων και την καθυστέρηση εισαγωγής του περιβαλλοντικού παράγοντα στον αναπτυξιακό σχεδιασμό και στην διαδικασία της αγοράς. Η πολυδιάσπαση και η ανταγωνιστικότητα των σχετικών με τους υδατικούς πόρους αρμοδιοτήτων σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, η απουσία προσωπικού και υλικοτεχνικής υποδομής, η έλλειψη σχεδιασμού και προγραμματισμού έχουν το προφανές αποτέλεσμα μιας περιστασιακής και μη ορθολογικής διαχείρισης.

Επτά Υπουργεία (Εξωτερικών, Εθνικής Άμυνας, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Ανάπτυξης, Γεωργίας, ΠΕΧΩΔΕ, Υγείας) πολυάριθμοι Δημόσιοι Οργανισμοί Ινστιτούτα και Ερευνητικά Κέντρα μελετούν, αξιοποιούν, διαχειρίζονται τους υδατικούς πόρους με συντονιστικό θεσμικό πλαίσιο τον Ν. 1739/87.



Δεκατρία χρόνια μετά την ψήφιση του Νόμου που καθορίζει την διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα διαπιστώνουμε ότι δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί. Στα πλαίσια του 1739/87 καθορίστηκαν τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας καθώς και οι βασικές αρχές προγραμματισμού, διαχείρισης, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων. Πρόσφατα συγκροτήθηκαν οι Περιφερειακές Επιτροπές για την λειτουργία των τμημάτων Υδατικών πόρων στις Περιφέρειες της χώρας.

Η σπατάλη χρηματικών αλλά και υδατικών πόρων έρχεται ως φυσική συνέπεια της απουσίας συνολικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης. Η ασυντόνιστη, και χωρίς υλική και τεχνική υποστήριξη, προσπάθεια αντιμετώπισης των υδατικών αναγκών, ιδιαίτερα των εποχικών, είχε ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση των τοπικών υδατικών πόρων - σχεδόν κατά αποκλειστικότητα των υπόγειων. Κύριες συνέπειες αυτής της κατάστασης ήταν η διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου με ιδιαίτερα μεγάλες πτώσεις στάθμης στους υδροφορείς, η επέκταση του φαινομένου της υφαλμύρωσης των παράκτιων υδροφορέων και η ρύπανση των υπόγειων νερών από λιπάσματα, βιομηχανικά και αστικά λύματα κλπ..



Κεφάλαιο 2: Η Αφαλάτωση



2. 1) Η Αφαλάτωση

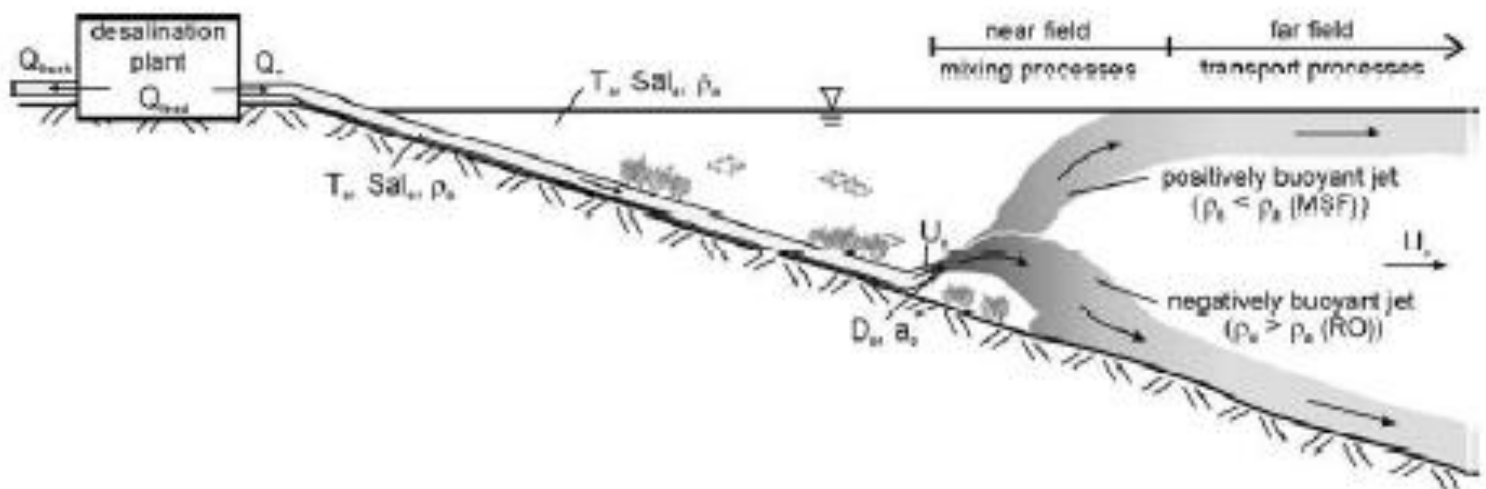
Το πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας. Εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού σε συνδυασμό με την αυξανόμενη βιομηχανική και αγροτική παραγωγή η κατανάλωση του νερού αυξάνεται διαρκώς. Το φρέσκο νερό αντλείται από υπόγεια υδροφόρα στρώματα ή από τα επιφανειακά νερά (λίμνες και ποτάμια). Στις ξηρές περιοχές όπως για παράδειγμα στην Μέση Ανατολή όπου οι πηγές φυσικού νερού είναι σπάνιες αυτή η ζήτηση πρέπει να καλυφθεί μέσω εναλλακτικών πηγών. Βλέποντας τα μεγάλα αποθέματα θαλασσινού νερού η παραγωγή πόσιμου νερού μέσω της διαδικασίας της αφαλάτωσης είναι μια προφανής λύση για την επίλυση αυτού του αυξανόμενου προβλήματος .

Παρόλο που η αφαλάτωση με απόσταξη και εξάτμιση είναι ήδη γνώστη από τα αρχαία χρόνια αναπτύχθηκε σε μεγάλη κλίμακα από το 1960 και μετά. Τα τελευταία 50 χρόνια η αφαλάτωση έχει μετατραπεί σε μια αξιόπιστη τεχνική παραγωγής πόσιμου νερού χρησιμοποιώντας μια ποικιλία τεχνικών μεθόδων (MSF, MED, RO, κ.τ.λ). Σήμερα υπάρχουν περίπου 12.300 μονάδες αφαλάτωσης σε 155 χώρες με παραγωγή πάνω από 46.000.000 κυβικά πόσιμου νερού εφοδιάζοντας με νερό περίπου 23 εκατομμύρια ανθρώπους.

Τα τελευταία χρόνια η αφαλάτωση θαλασσινού νερού έχει μετατραπεί σε μια αποδοτική και ουσιώδη τεχνική για την παραγωγή φρέσκου νερού. Παρόλα αυτά, ενώ η τεχνική αυτή έχει τεράστια οφέλη για τον άνθρωπο, προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Εκτός από τις επιπτώσεις που αφορούν την αισθητική της περιοχής και την κατανάλωση ενέργειας ενδέχεται να έχουμε σοβαρές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και στην ποιότητα του παράκτιου νερού. Το αλμόλοιπο από τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης , δηλαδή το διάλυμα που μένει από την επεξεργασία του θαλασσινού νερού που έχει περίπου διπλάσια αλατότητα από αυτήν του θαλασσινού νερού, διοχετεύεται συνήθως στα παράλια ύδατα. ωστόσο η διάθεση του αλμόλοιπου είναι συνυφασμένη με διάφορες πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον καθώς περιέχει διάφορες βλαβερές ουσίες (βαρέα μέταλλα, διάφορα πολυμερή, αλογονούχες ενώσεις, αντιαφρώδη πρόσθετα, οξέα κ.τ.λ.) οι οποίες προστίθενται για να βοηθήσουν την διαδικασία της αφαλάτωσης, έχει μεγάλη αλατότητα και / ή διαφορά θερμοκρασίας από το περιβάλλον διάθεσης (θαλασσινό νερό) (Hoerner, 1999). Είναι λοιπόν φανερό πως μπορεί να αντιμετωπίσουμε προβλήματα με την ποιότητα νερού αν δεν έχουμε ικανοποιητική διάλυση του αλμόλοιπου. Η συμπεριφορά της μίξης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της εκροής καθώς και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος διάθεσης.

Στην αρχική περιοχή της εκροής δηλαδή στο κοντινό πεδίο (near-field) έχουμε ισχυρή μίξη επηρεαζόμενη κυρίως από τα χαρακτηριστικά της εκροής (παροχή, γεωμετρία εκροής). Αρκετά μακριά από το σημείο εκροής έχουμε την μακρινή περιοχή που ονομάζουμε far-field όπου η υδροδυναμική συμπεριφορά της μίξης επηρεάζεται κυρίως από τη σταθερότητα ή μη του περιβάλλοντος

Η διοχέτευση του αλμολοιπου στη θάλασσα επηρεάζει το ευρύτερο περιβάλλον εντός του οποίου ζει και δραστηριοποιείται ο άνθρωπος και είναι κρίσιμη για την επιβίωση της χλωρίδας και πανίδας του αποδέκτη. Για την εξασφάλιση της ποιότητας του αποδέκτη (θάλασσα) είναι απαραίτητη η πρόβλεψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάθεση του αλμολοιπου, ώστε να προταθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός του συστήματος διάθεσης. Γενικά διακρίνουμε τις επιπτώσεις στις τοπικές επιπτώσεις κοντά στο σημείο διάθεσης και στις επιπτώσεις της ευρύτερης περιοχής μακριά από την πηγή (σημείο εξόδου). Για το λόγο αυτό μια μελέτη για τη διάθεση του αλμολοιπου πρέπει να τελειοποιεί το σχεδιασμό και την τοποθέτηση της εκροής έτσι ώστε να επιτυγχάνεται όσον το δυνατόν μεγαλύτερη αρχική διάλυση στο κοντινό πεδίο (near-field) για μείωση των τοπικών επιπτώσεων και καλή τοποθέτηση με καλά χαρακτηριστικά ροής στο μακρινό πεδίο (farfield) για μείωση των επιπτώσεων στο ευρύτερο περιβάλλον.



Εικόνα Βυθισμένη εκροή αλμολοιπου για μονάδες αντίστροφης όσμωσης (RO) και πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) (Niepelt, 2008)

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με τη χρήση της τεχνικής της αντιστροφής όσμωσης είναι πλέον μια δοκιμασμένη και αναγνωρισμένη τεχνολογία που μπορεί να παρέχει υψηλής ποιότητας νερό ύδρευσης.

Η τεχνική βασίζεται στην διέλευση του θαλασσινού νερού σε υψηλή πίεση μέσα από μεμβράνες που διαχωρίζουν το νερό εισόδου σε δυο κλάσματα. Το διήθημα (permeate), δηλαδή το νερό που διέρχεται από την μεμβράνη (30 – 40% του νερού εισόδου) και το συμπύκνωμα (concentrate) (60 – 70%), δηλαδή το νερό που δεν διέρχεται. Στο συμπύκνωμα παραμένει το 99.8% των αλάτων του διηθήματος. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις.

Οι προηγμένες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αποτελούν την πλέον δόκιμη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ποιότητας αλλά και της επάρκειας νερού σε δήμους, στη βιομηχανία και σε ξενοδοχειακές μονάδες.

2.2) Η γεώτρηση

Η γεώτρηση είναι μέθοδος διατήσεως του εδάφους σε σημαντικό βάθος με τη διάνοιξη οπών κατάλληλης διαμέτρου για την έρευνα και την αξιοποίηση των πόρων του υπεδάφους, δηλαδή την απευθείας άντληση νερού ή τη χρησιμοποίηση της γεωθερμίας. Η γεώτρηση εκτελείται με τα κατάλληλα μηχανήματα που ονομάζονται γεωτρώπανα.

Διαδικασία Γεώτρησης

- Ειδικοί επιστήμονες γεωλόγοι και μηχανολόγοι, αρχικά εκπονούν μελέτη της περιοχής και του χώρου όπου θα πραγματοποιηθεί η γεώτρηση, ενώ παράλληλα προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες για την έκδοση άδειας.
- Μελέτη του χώρου και εντοπισμός της ακριβούς θέσης της διάτρησης.
- Εξασφάλιση ομαλής πρόσβασης στο χώρο διάτρησης όπου θα στηθούν τα γεωτρώπανα και ο υπόλοιπος εξοπλισμός της υδρογεώτρησης.
- Για δυσπρόσιτες περιοχές εξασφαλίζεται η καλύτερη πρόσβαση για ανεφοδιασμό σε καύσιμα και νερό που απαιτούν τα μηχανήματα γεώτρησης. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση γεώτρησης σε υπόγεια.
- Πραγματοποιείται προϋπολογισμός δαπάνης και συμφωνίας του έργου.
- Η καθαυτή διαδικασία διαρκεί από 1 ως 3 μέρες ανάλογα τη δυσκολία έργου. Η διάρκεια εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά υπεδάφους (σκληρότητα πετρωμάτων, σαθρότητα εδάφους κ.ά.), το εύρος και το βάθος της γεώτρησης, καθώς επίσης από τις δυσκολίες πρόσβασης.
- Στα πλαίσια μιας γεώτρησης ενδέχεται να πραγματοποιηθούν τσιμεντενέσεις στεγανοποίησης κι ενίσχυσης εδαφών.

Διασωλήνωση γεωτρήσεων

Μετά την ολοκλήρωση μιας υδρογεώτρησης απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός για τη σωστή λειτουργία παροχής νερού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διεκπεραίωση διασωλήνωσης, όπου χρησιμοποιούνται δύο δίκτυα σωληνώσεων.

Το πρώτο δίκτυο έχει να κάνει με τη σωλήνευση άδρευσης για την παροχή νερού. Το δεύτερο δίκτυο είναι ένα σύστημα ανθεκτικής σωλήνωσης με σκοπό την ενίσχυση των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Ανάλογα τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης και του εδάφους ποικίλουν και οι σωλήνες που συνθέτουν τα δύο αυτά δίκτυα. Συνήθως είναι ανοξείδωτοι, γαλβανισμένοι ή πλαστικοί.

Σκοπός της διασωλήνωσης είναι η δυναμική συγκράτηση των τοιχωμάτων της διάτρησης που δημιουργεί η γεώτρηση. Ταυτόχρονα στεγανοποιούνται οι ρωγμές που επιτρέπουν ανεπιθύμητη εισροή ρευστών από τον υδροφόρο ορίζοντα.

Χαλίκωση γεώτρησης

Μετά τη διασωλήνωση έρχεται το στάδιο της χαλίκωσης στα τοιχώματα της γεώτρησης νερού. Με πρώτη ύλη το υποβαθμισμένο ποταμίσιο χαλίκι καλύπτουμε το κενό που παρουσιάζει ο εξωτερικός προστατευτικός σωλήνας με τα άκρα της διάτρησης. Με το χαλίκωμα επιτυγχάνεται μία προστατευτική ασπίδα ενάντια στα ακατάλληλα ύδατα και έτσι δημιουργείται ένα φυσικό φίλτρο νερού.

Αντλίες νερού

Η άντληση του νερού από μεγάλο βάθος είναι αδύνατη χωρίς τη χρήση ειδικής αντλίας, η οποία τοποθετείται στη γεώτρηση σε εμφανή ή υποβρύχια θέση και διατίθεται σε διάφορα μεγέθη ή ισχύ, ανάλογα με τις ανάγκες άντλησης. Η ειδική αυτή αντλία διαθέτει αυτόματη λειτουργία, ειδικό πίνακα προστασίας, καθώς και χρονοδιακόπτη για περιορισμένη και προκαθορισμένη λειτουργία (έναρξη-τερματισμός άντλησης του νερού).

2.2.1) Γεωτρήσεις σε νησιά

Στα νησιά παρατηρείται έντονο το φαινόμενο της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδάτων και της λειψυδρίας, που επιδεινώνεται του καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης ζήτησης που προκαλεί ο τουρισμός. Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, που εκπονήθηκε από το Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο το 2008, τα υδάτινα διαμερίσματα απαιτούν έργα αποθήκευσης, μεταφοράς και διαχείρισης πόρων.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος κατασκευάζονται νέες γεωτρήσεις. Ωστόσο, το νερό που αντλείται από τις γεωτρήσεις αυτές διαπιστώθηκε ότι είναι υφάλμυρο, δεν ενδείκνυται για οικιακή χρήση εδώ υποστηρίζεται ότι χρειάζεται ειδική επεξεργασία για την αξιοποίησή του. Για το λόγο αυτό οι Περιφέρειες Αιγαίων και Ιονίων Νήσων, στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων, θέτουν ως προϋπόθεση για τη λειτουργία των γεωτρήσεων την κατασκευή έργου αφαλάτωσης.

Ωστόσο, η κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης έχει προκαλέσει τις αντιδράσεις κατοίκων και τοπικών φορέων, που εκφράζουν ανησυχίες για καταστροφή του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, και επισημαίνουν το μεγάλο κόστος λειτουργίας της μονάδας. Επιπλέον υποστηρίζουν, ότι θα έπρεπε να προωθούνται έργα συγκράτησης και αποθήκευσης του νερού και όχι η με οποιοδήποτε κόστος υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών πόρων, οι οποίοι μάλιστα εμφανίζουν υποβαθμισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η ίδια κατεύθυνση, αυτή της κατασκευής έργων αποθήκευσης νερού, δίδεται και από το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων.

2.2.2) Μελέτη υπεδάφους

Κατά την μελέτη του υπεδάφους μιας γεώτρησης υφάλμυρου νερού γίνεται καταγραφή των παρακάτω στοιχείων για την καλύτερη αξιολόγηση του εδάφους αλλά και την κατασκευή οποιουδήποτε έργου.

- ⇒ **Τύποι των εδαφών και των πετρωμάτων** (λιθολογικοί τύποι πετρωμάτων, όρια, στρωματογραφική θέση, τεκτονική δομή)
- ⇒ **Στρωματογραφική διάρθρωση** (κατακόρυφη και οριζόντια κατανομή) των εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών.
- ⇒ **Γεωμορφολογικά στοιχεία** της ευρύτερης περιοχής (διάβρωση, ανάγλυφο, κλίσεις πρηνών, κατακλυζόμενες περιοχές, περιοχές ευστάθειας) καθώς και προσδιορισμός της μορφής και έκτασης των γεωμορφολογικών ενοτήτων όπως κορήματα, κώνοι, ποτάμιες αναβαθμίδες
- ⇒ **Βαθμός κερματισμού** των πετρωμάτων (συχνότητα επανάληψης και προσανατολισμός των ασυνεχειών των πετρωμάτων και διερεύνηση του ρόλου τους στις συνθήκες ευστάθειας και την ποιότητα αυτών).
- ⇒ **Βαθμός αποσάθρωσης** των πετρωμάτων (μεταβολή φυσικής κατάστασης σε βάθος, επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες, μεταβατικές ζώνες, στάθμη και μεταβλητότητα επαφής αποσαθρωμένων-υγίων υλικών).
- ⇒ **Αδύναμες ζώνες** (π.χ. ρήγματα, θέσεις σημαντικών μετακινήσεων, τεκτονικά διαταραγμένες ζώνες)
- ⇒ **Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες** των γεωϋλικών (ταξινόμηση και διαγραμματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ερευνών υπαίθρου και των εργαστηριακών δοκιμών, παρουσίαση της στατιστικής κατανομής και του εύρους μεταβολής των κυριότερων στοιχείων) με έμφαση στην καταγραφή των διακυμάνσεων του υπεδάφους σε σχέση με αντοχή, συμπίεστότητα, φυσική υγρασία, κλπ.
- ⇒ **Βάθος και διακύμανση στάθμης και ροή υπόγειου νερού.** Εξέταση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς και τυχόν μεταβολών ή προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά τη διενέργεια επιφανειακών ή υπόγειων εκσκαφών και κατά την κατασκευή του έργου.
- ⇒ **Εντοπισμός γεωλογικών ή γεωτεχνικών ιδιαιτεροτήτων ή κινδύνων** (π.χ. διογκούμενα εδάφη ή πετρώματα, ασταθή (κατολισθαινόντα) εδάφη, μεγάλα δομικά κενά(π.χ. καρστικά έγκοιλα), παλαιές κατολισθήσεις, κλπ.

Συνεπώς δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο υπέδαφος αλλά και στα συστατικά του νερού.

2.2.3) Μελέτη των υπόγειων υδάτων

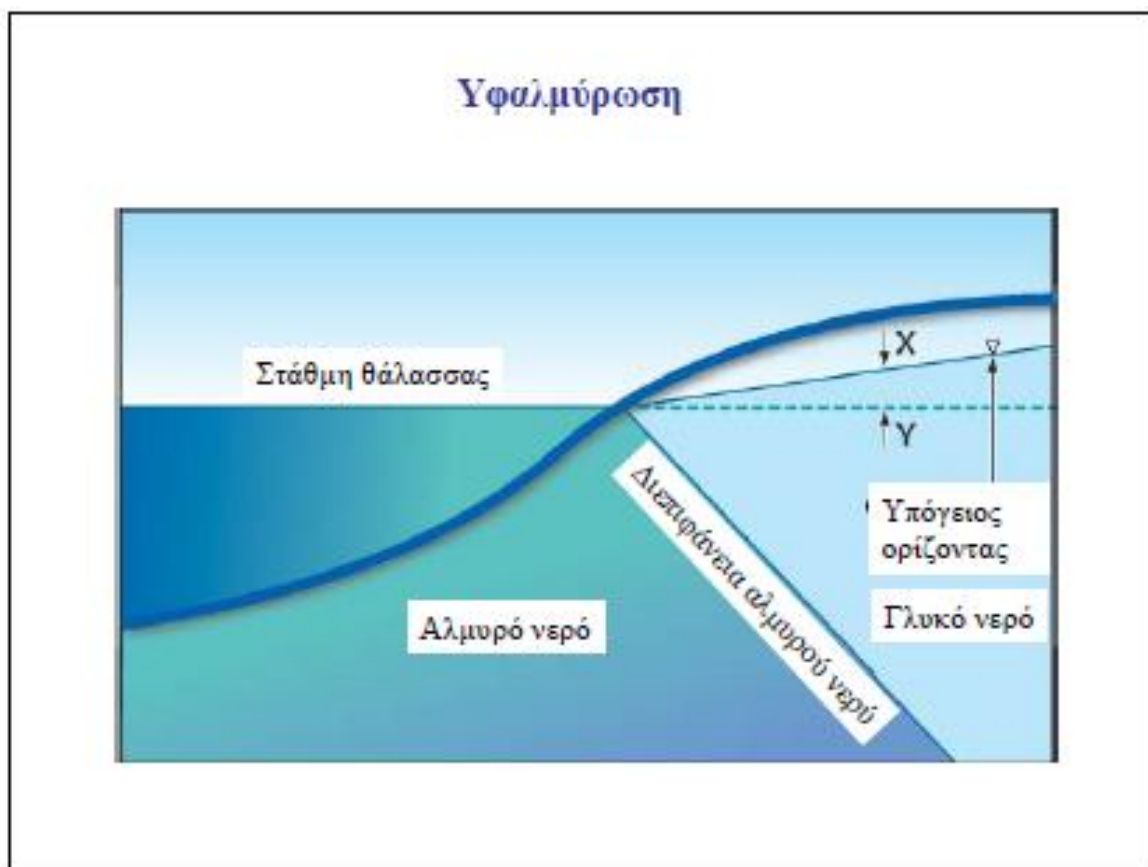
Το νερό είτε από την ατμόσφαιρα είτε από το έδαφος διαλύει διάφορα συστατικά. Έτσι το νερό, επιφανειακό ή υπόγειο, περιέχει οργανική ύλη, μικροοργανισμούς και ανόργανες ενώσεις. Είναι συνεπώς κατανοητό ότι το νερό οπουδήποτε και αν βρίσκεται δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τον άνθρωπο παρά μόνο μετά από κατάλληλη επεξεργασία σε μικρή ή μεγάλη έκταση.

Από την άλλη πλευρά δεν θα πρέπει να περιμένουμε ότι η σύσταση του νερού σε διαλυμένα συστατικά θα είναι η ίδια σε όλα τα μέρη της γης. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σύστασης νερού ακόμη και στο νερό που διατίθεται από τα δίκτυα ύδρευσης των διαφόρων πόλεων.

Η τροφοδοσία των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων από τα υπόγεια νερά γίνεται με ομαλούς, σχεδόν ομοιόμορφους ρυθμούς, σε αντίθεση με τους έντονα μεταβαλλόμενους και διαλείποντες ρυθμούς της πλημμυρικής απορροής. Από διαχειριστική άποψη, τα υπόγεια υδάτινα σώματα μπορούν να θεωρηθούν ως φυσικοί ταμιευτήρες, πλησιάζοντας ως προς τη συμπεριφορά τους τις φυσικές και τεχνητές επιφανειακές λίμνες. Η ρύπανση των υπόγειων νερών εξελίσσεται με ιδιαίτερα βραδείς ρυθμούς με αποτέλεσμα, η κακή διαχείρισή τους να οδηγεί πολλές φορές σε πρακτικώς μη αναστρέψιμα αποτελέσματα

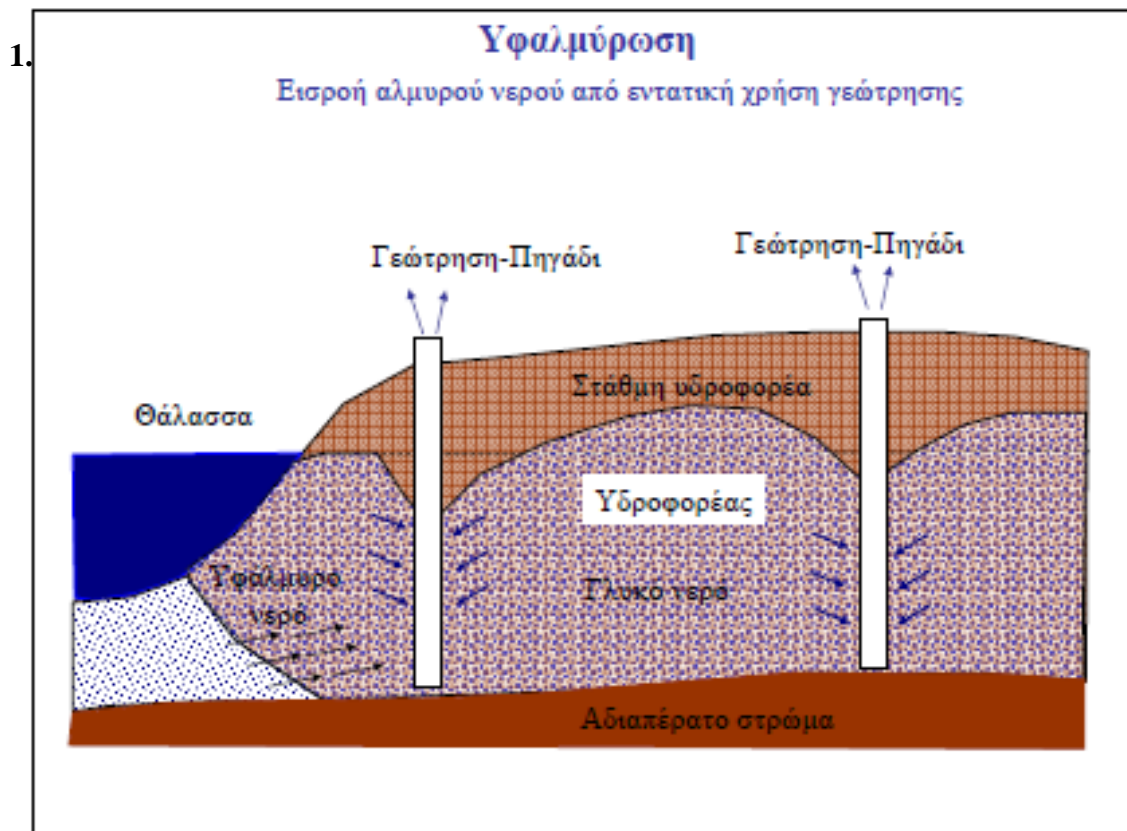
Οι δυσκολίες της μελέτης των υπόγειων υδάτων είναι κυρίως λόγω:

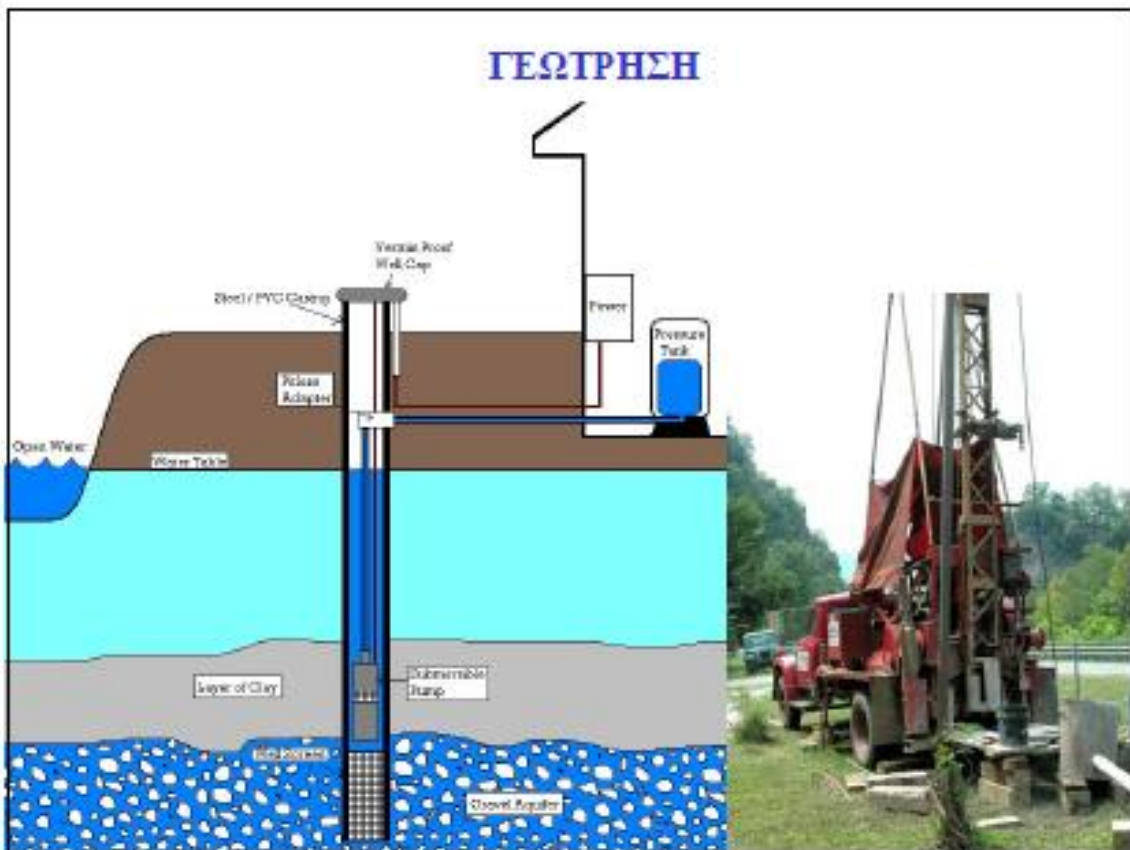
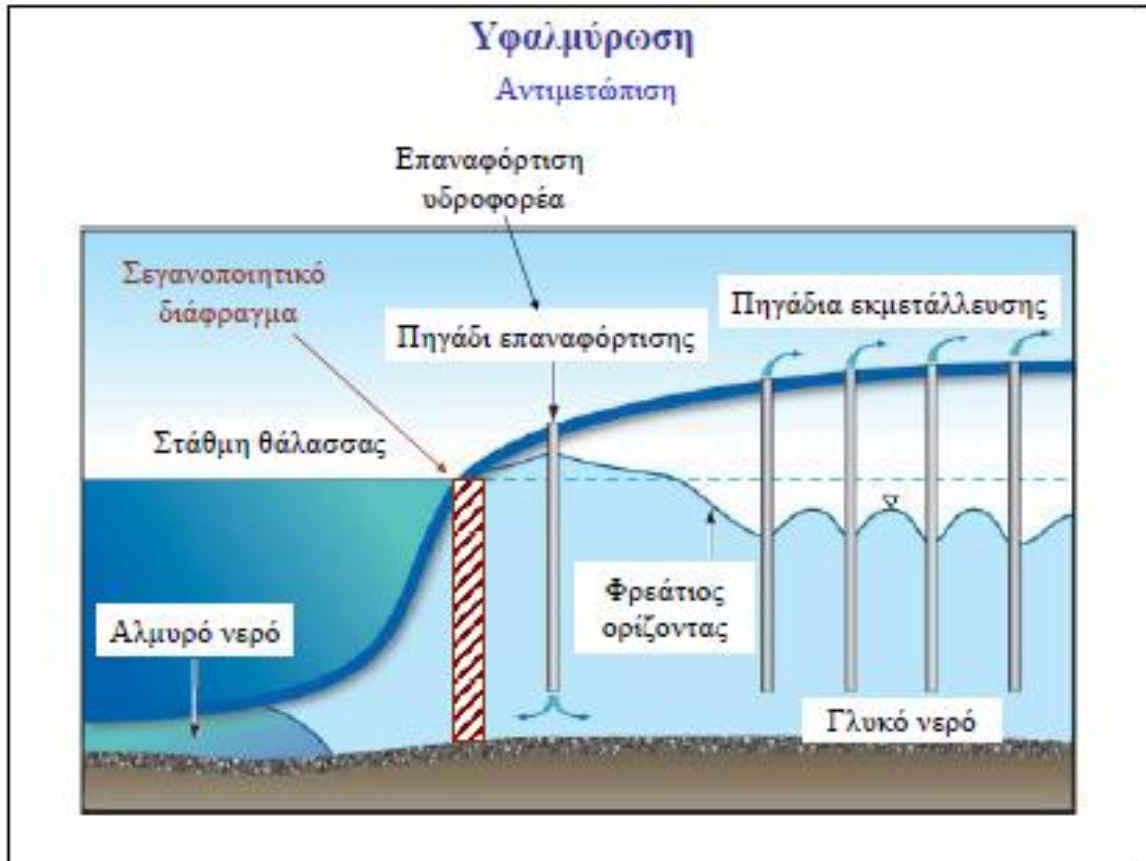
- Έντονης γεωγραφικής μεταβλητότητας (ανομοιομορφία) και ανισορροπίας των χαρακτηριστικών των υδροφορέων
- Δυσχέρειας ακριβούς γνώσης τόσο της γεωμετρίας, όσο και των χαρακτηριστικών των υδροφορέων
- Ανάπτυξης των υπόγειων ροών σε δύο ή τρεις χωρικές διαστάσεις, σε αντίθεση με την κατά κανόνα μονοδιάστατη εικόνα των επιφανειακών ροών



Οι επιπτώσεις της εκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων είναι:

- Η άντληση υπόγειου νερού σε νησιωτικές και παράκτιες περιοχές μετακινεί τη διεπιφάνεια που σχηματίζεται ανάμεσα στο υπόγειο γλυκό νερό και το νερό της θάλασσας. Το τελευταίο προωθείται προς την ξηρά και στη συνέχεια αντλείται ποιοτικά υποβαθμισμένο (υφαλμύριση) ή ακόμη και θαλασσινό νερό. Η επαναφορά στην προϋπάρχουσα κατάσταση μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια.
- Ανάλογα φαινόμενα παρατηρούνται σε υδροφορείς που γειτνιάζουν με άλλους υδροφορείς που περιέχουν νερό χαμηλότερης ποιότητας ή μολυσμένο.
- Η ταπείνωση της στάθμης των φρεάτιων υδροφορέων και η αφαίρεση σημαντικών ποσοτήτων νερού από περιορισμένους υδροφορείς μπορεί να προκαλέσει καθιζήσεις.
- Η ταπείνωση της στάθμης των φρεάτιων οριζόντων ή της πίεσης των περιορισμένων υδροφορέων αυξάνει το κόστος άντλησης σε γραμμική αναλογία.
- Η ταπείνωση ενός φρεάτιου υδροφορέα από μία γεώτρηση μπορεί να οδηγήσει γειτονικές αβαθέστερες γεωτρήσεις σε αστοχία, δημιουργώντας ουσιαστικά και νομικά προβλήματα.
- Η μείωση της επιφανειακής ή υπόγειας τροφοδοσίας των λιμνών και των υγροτόπων μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα οικοσυστήματά τους και να περιορίσει τις απολήψεις νερού από αυτά.
- Η μείωση της εκροής υπόγειου γλυκού νερού προς τη θάλασσα μπορεί να έχει δυσμενείς συνέπειες στα παράκτια οικοσυστήματα.





2. 3) Μέθοδοι αφαλάτωσης

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης που χρησιμοποιούνται σήμερα κατατάσσονται κυρίως σε δύο κατηγορίες: στις μεθόδους εξάτμισης και στις μεθόδους μεμβρανών. Υπάρχουν επίσης άλλες μέθοδοι οι οποίες βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο ή δεν είναι συμφέρουσες από οικονομική άποψη. Οι μέθοδοι εξάτμισης χρησιμοποιούνται σήμερα μόνο στις πετρελαιοπαραγωγούς χώρες της Μέσης Ανατολής που διαθέτουν άφθονους ενεργειακούς πόρους ενώ στις υπόλοιπες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης που είναι πιο οικονομική.

Μέθοδοι Εξάτμισης ή Θερμικές

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

Μέθοδοι Μεμβρανών

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

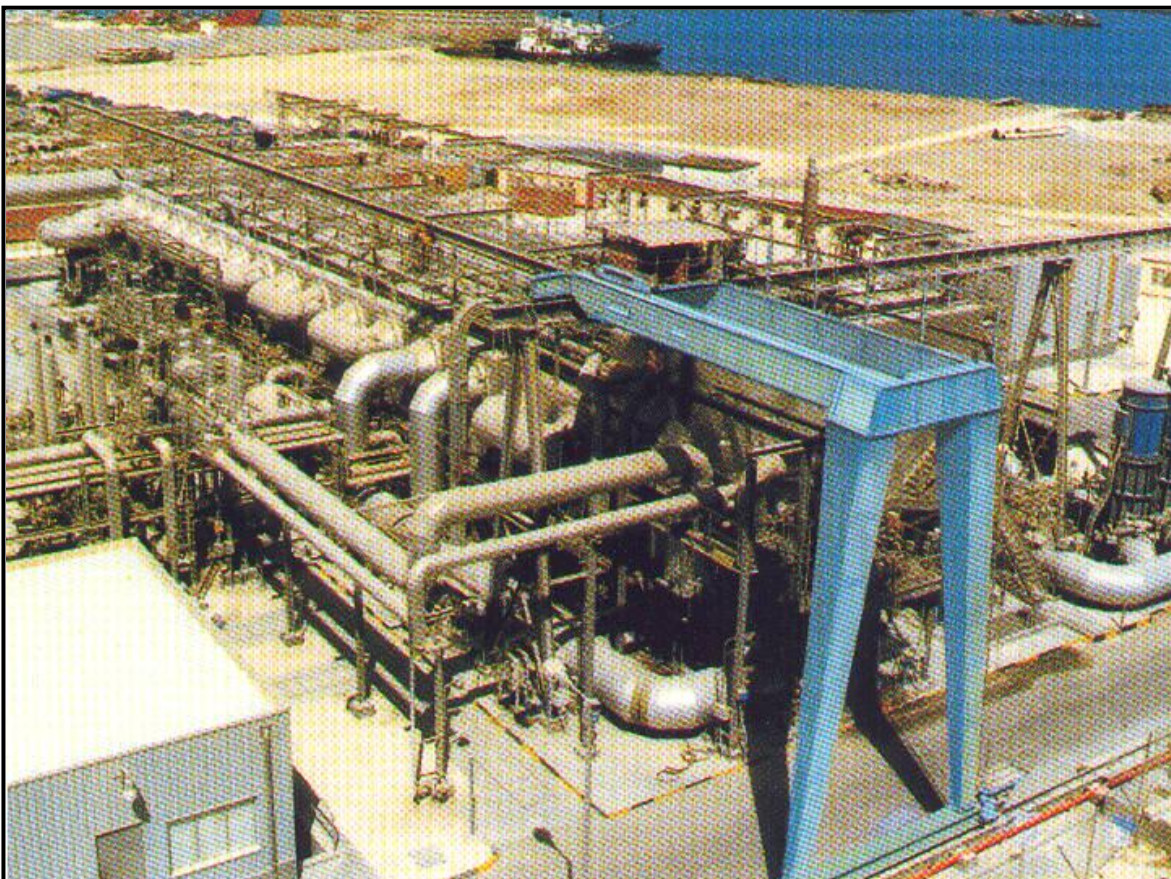
Λοιπές μέθοδοι

- Ιοντοανταλλαγή
- Πάγωμα
- Απόσταξη με μεμβράνες
- Ηλιακή αεριοποίηση
- Κρυσταλλοποίηση με υδρικό αιθάνιο
- Νανόφιλτρα (carbon-nanotube membrane).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία των σημαντικότερων μεθόδων με ιδιαίτερη έμφαση όμως στη μέθοδο της Αντίστροφης Όσμωσης η οποία είναι και η πιο ενδεδειγμένη για τις Ελληνικές συνθήκες

2.3.1) Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF)

Η αρχή λειτουργίας της είναι η εξής: το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και στη συνέχεια εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο που υπάρχει πίεση χαμηλότερη απ' την πίεση κορεσμού, οπότε ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό, υγροποιείται και συλλέγεται ως καθαρό νερό. Η άλμη προωθείται στους επόμενους θαλάμους, όπου το φαινόμενο επαναλαμβάνεται και η πίεση διαρκώς μειώνεται (για να παρακολουθήσει την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας της άλμης), μέχρι που τελικά απορρίπτεται. Σε πολλές εφαρμογές οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται δίπλα σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας για καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Έτσι ο ατμός υψηλής πίεσης εκτονώνεται στον αμοστρόβιλο για παραγωγή ισχύος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση.



2.3.2) Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect istillation)

Η πολυβάθμια εξάτμιση είναι παρόμοια με την πολυβάθμια εκτόνωση, αναπτύχθηκε νωρίς και υπήρχαν εγκαταστάσεις από τη δεκαετία του '50. Παρ' όλα αυτά σταδιακά αντικαταστάθηκε απ' την πολυβάθμια εκτόνωση, λόγω τεχνικών προβλημάτων και ακόμη και σήμερα δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Τελευταία αρχίζει όμως να ξανακερδίζει έδαφος λόγω καλύτερης θερμικής απόδοσης. Εδώ ο ατμός περνάει μέσα από σωλήνες, ενώ το ψυχρό θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω τους, για να δημιουργηθεί φιλμ και να εξατμιστεί αποτελεσματικότερα. Έτσι, μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενώ ο υπόλοιπος ατμός, μαζί με μέρος του θαλασσινού νερού που ατμοποιήθηκε, συνεχίζουν στον επόμενο θάλαμο. Και εδώ σε κάθε θάλαμο υπάρχει αντλία κενού για να βοηθά την εξάτμιση, με βαθμιαία μειούμενη πίεση σε κάθε θάλαμο, ίση με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία. Αυτό επιτρέπει τη λειτουργία σε υψηλή (>90 oC) ή χαμηλή (<90 oC) θερμοκρασία και μάλιστα η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να είναι έως και 55 oC, πράγμα που λειτουργεί ανασταλτικά στη διάβρωση και επιτρέπει τη χρήση χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενης θερμότητας από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ' την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομορορή, αντιρορή ή παράλληλη).



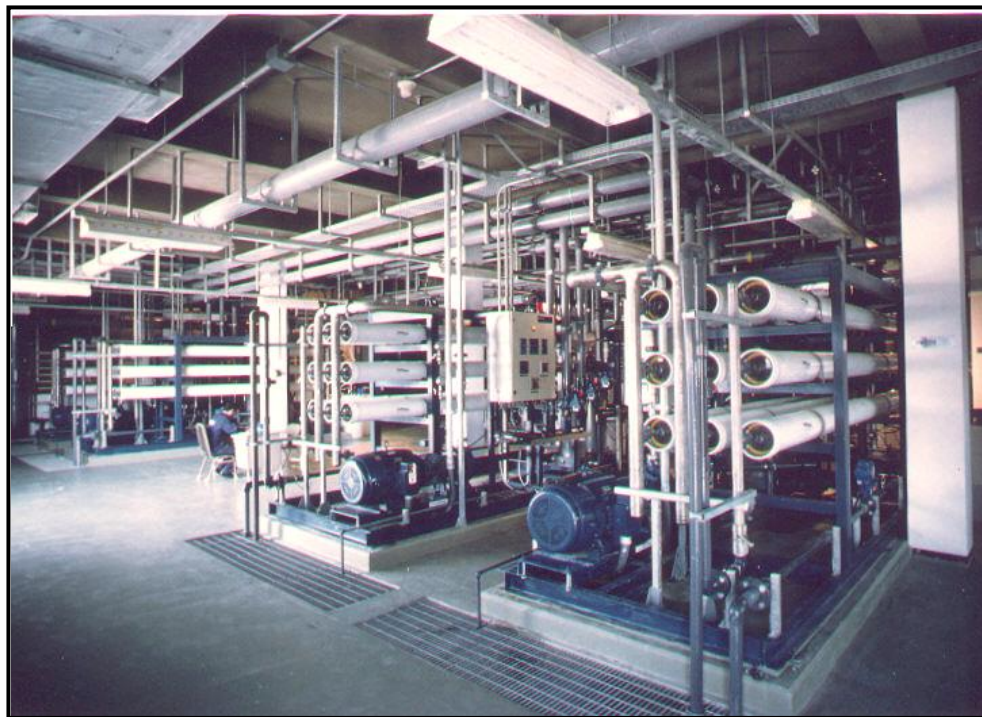
2.3.3) Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (vapor compression)

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο αποδοτική και απλή στην κατασκευή, χωρίς πολλαπλά στάδια. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω σε μια σειρά σωλήνων που τους διαπερνά ατμός, θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση. Ο συμπιεστής αυτός μαζεύει τους ατμούς του καθαρού νερού και τους εκτοξεύει με πίεση μέσα στους σωλήνες και με την επαφή του ψυχρού θαλασσινού νερού συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν. Η κύρια διαφορά με τις προηγούμενες δυο μεθόδους είναι προφανώς η απουσία πηγής θερμότητας, αφού εδώ η εξάτμιση προκαλείται αποκλειστικά και μόνο απ' τη χαμηλή πίεση, δηλαδή λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Και εδώ η δημιουργία λεπτού φιλμ πάνω στους σωλήνες είναι το κλειδί για την αποτελεσματικότερη εξάτμιση και άρα απόδοση της εγκατάστασης. Η εξάτμιση με συμπίεση ατμών χρησιμοποιείται γενικά σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις και παράγει μέχρι και 3000 m³/ημέρα.



2.3.4) Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)

Η μέθοδος αυτή, όπως φαίνεται και από το όνομά της, βασίζεται στο φαινόμενο της όσμωσης, κατά το οποίο όταν δυο διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις (πυκνότητες) χωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη (δηλ. μεμβράνη που δεν επιτρέπει τη διέλευση κάποιων ουσιών μέσα από αυτή, όπως π.χ. άλατα) τότε το διάλυμα με τη μικρότερη συγκέντρωση θα περάσει μέσα από τη μεμβράνη προς το πυκνότερο διάλυμα, μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις τους. Το φαινόμενο αυτό απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς, ανάμεσά τους και ο άνθρωπος, καθώς πολλές κυτταρικές λειτουργίες βασίζονται σ' αυτό, για παράδειγμα το δέρμα, τα νεφρά, οι πνεύμονες και τα ίδια τα κύτταρα λειτουργούν λίγο ως πολύ ως μεμβράνες. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος για να μην λάβει χώρα το φαινόμενο της όσμωσης ονομάζεται οσμωτική πίεση.



Η αντίστροφη όσμωση συνιστά ακριβώς αυτό: την άσκηση πίεσης (μεγαλύτερη της οσμωτικής) στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού), ώστε απ' την άλλη να παραληφθεί φιλτραρισμένο καθαρό νερό. Το προς καθαρισμό νερό εισέρχεται από την είσοδο στη συσκευή και καταλαμβάνει το χώρο. Υπάρχουν δυο διέξοδοι. Ο χώρος βρίσκεται υπό πίεση και το νερό εξαναγκάζεται κατά ποσοστό 25% περίπου να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη, οπότε και καθαρίζεται και εξέρχεται ως προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας να βγει από την έξοδο, σε ποσοστό 75% περίπου, παρασύροντας μαζί του και τις ακαθαρσίες στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται.

2.3.5) Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis)

Όπως δηλώνει και το όνομά της, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό για να καθαρίσει το νερό. Το νερό τροφοδοσίας περνάει ανάμεσα από φορτισμένες μεμβράνες, θετικά και αρνητικά εναλλάξ. Έτσι, τα ιόντα που είναι διαλυμένα προσκολλώνται στις μεμβράνες, οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευσή τους και μόνο, δημιουργώντας διαμερίσματα μικρότερης και μεγαλύτερης συγκέντρωσης, που μας δίνουν το προϊόν και την άλμη αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να απομακρύνει τα μη ιοντικά στερεά, αλλά και όσον αφορά τα ιοντικά, η απαιτούμενη ενέργεια αυξάνει ανάλογα με τη συγκέντρωση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε νερά χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων, όπως τα υφάλμυρα. Για τον καθαρισμό και την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, αλλάζοντας θέση στα κανάλια του προϊόντος με αυτά της άλμης. Έτσι τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα καθαρίζονται από τη ροή καθαρού νερού. Στο τέλος της διεργασίας γίνεται επεξεργασία του νερού για τη ρύθμιση της σκληρότητας και του pH, όπως στην αντίστροφη όσμωση.

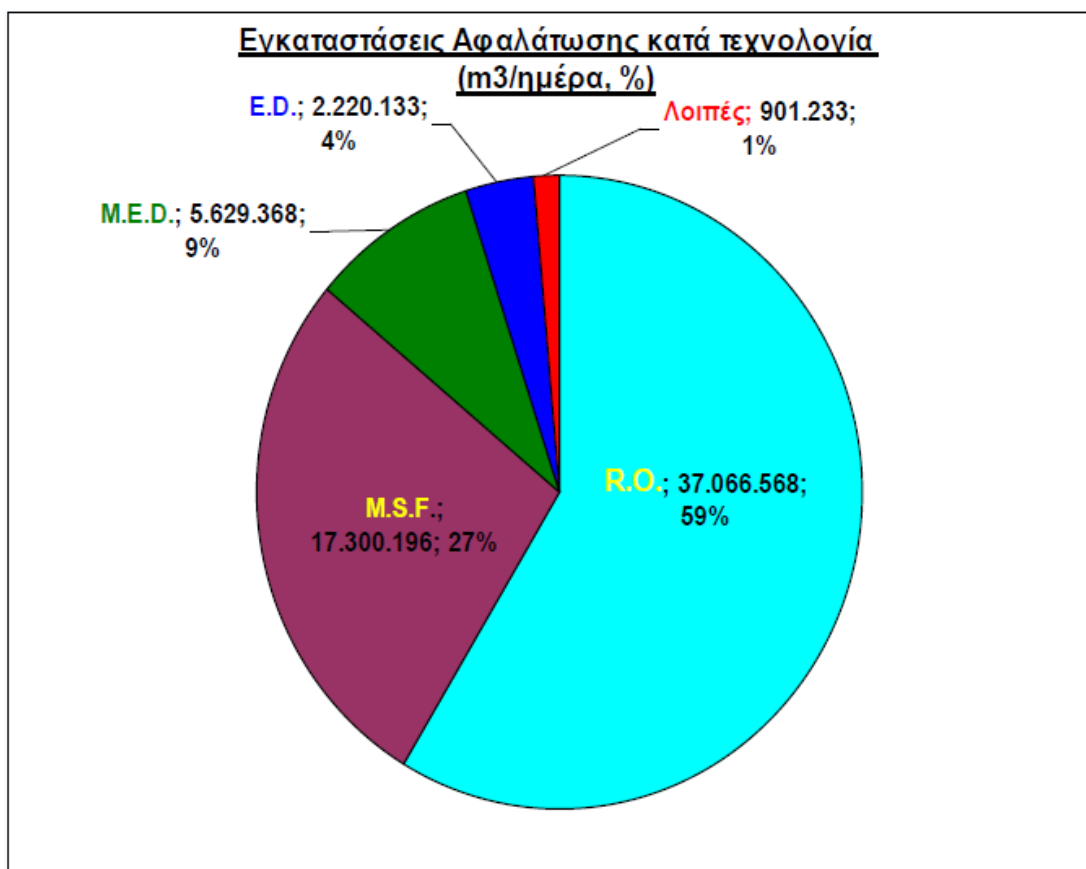


Παράμετροι Επιλογής Τεχνολογίας

- Ποιότητα νερού τροφοδοσίας (θαλασσινό, υφάλμυρο)
- Ποσότητα και ποιότητα παραγόμενου νερού
- Κόστος Επένδυσης
- Διαθεσιμότητα χώρου
- Ενεργειακές απαιτήσεις και διαθεσιμότητα
- Διαθεσιμότητα και εμπειρία προσωπικού

2. 4) Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης

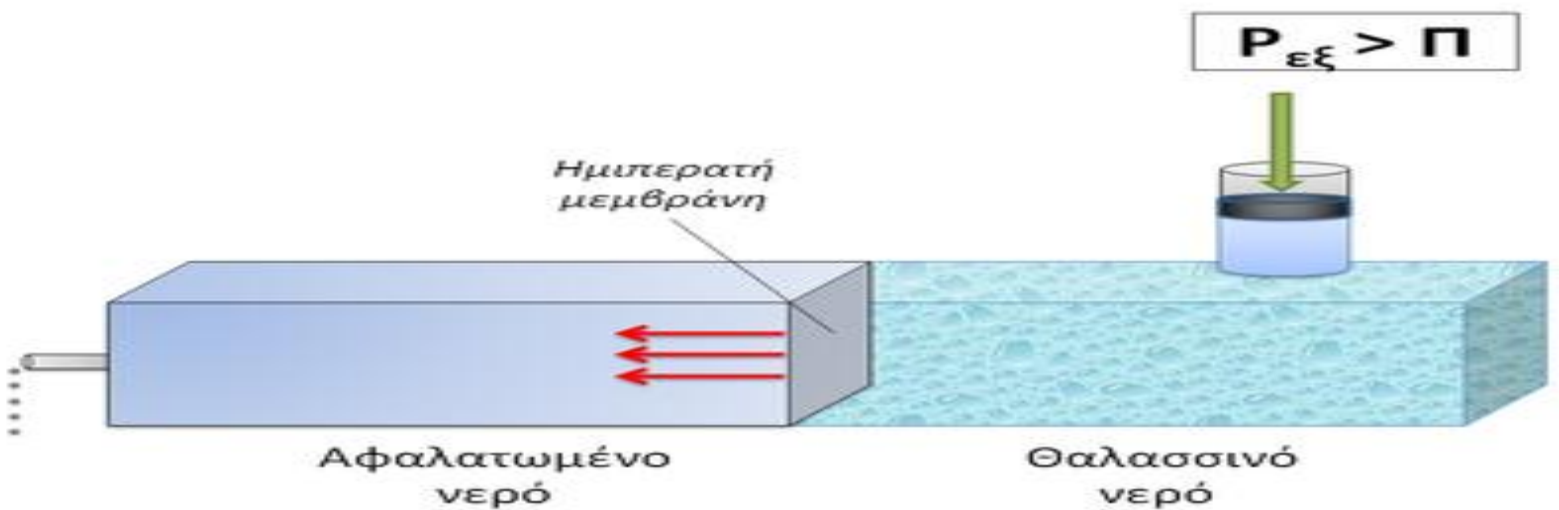
Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης							
Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Ποιότητα προϊόντος (TDS)	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /day)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης €/m ³ /day)
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	~10	1.000 - 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4 – 6 kWh/m ³	1000 – 2000
MED	Θαλασσινό	Θερμική	~10	500 - 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 kJ/kg 2,5 – 3 kWh/m ³	850 – 1750
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	~10	25 - 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 kWh/m ³	1000 – 2350
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0.4 - >70.000	Ηλεκτρική	<5 kWh/m ³ <3kWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 – 4400
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~250-500	2.5 - >50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 kWh/m ³	300 – 2000
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~300-500	1.5 - 50.000	Ηλεκτρική	1,5 – 4 kWh/m ³	1000 - 5000



Συγκριτικά στοιχεία εγκαταστάσεων αφαλάτωσης

Εγκατάσταση	Χώρα	Εναρξη Παραγωγής	Μέθοδος	Δυναμικότητα (m3/ημ.)	Συνολικό Κόστος Επένδυσης	Κόστος επένδυσης \$ ανά m3/ημέρα	Κόστος παραγωγής (\$/m3)
Carlsbad, S.Diego, Cal.	ΗΠΑ	2012	RO	189.000	320.000.000	1.693	0,46
Tuas	Σιγκαπούρη	2005	RO	136.380	200.000.000	1.466	0,49
Tampa bay	ΗΠΑ	2007	RO	132.000	150.000.000	1.136	0,497
Ashkelon	Ισραήλ	2007	RO	330.000	212.000.000	642	0,527
Larnaca	Κύπρος	2001	RO	64.000	47.000.000	734	0,79
Shoaiba	Σ. Αραβία	2003	MSF	450.000	1.060.000.000	2.356	1,06
Perth*	Αυστραλία	2006	RO	140.000	139.000.000	993	1,09
Laredo	ΗΠΑ	2010	TVC	190	1.600.000	8.421	2,85

Κεφάλαιο 3: Αντίστροφη όσμωση



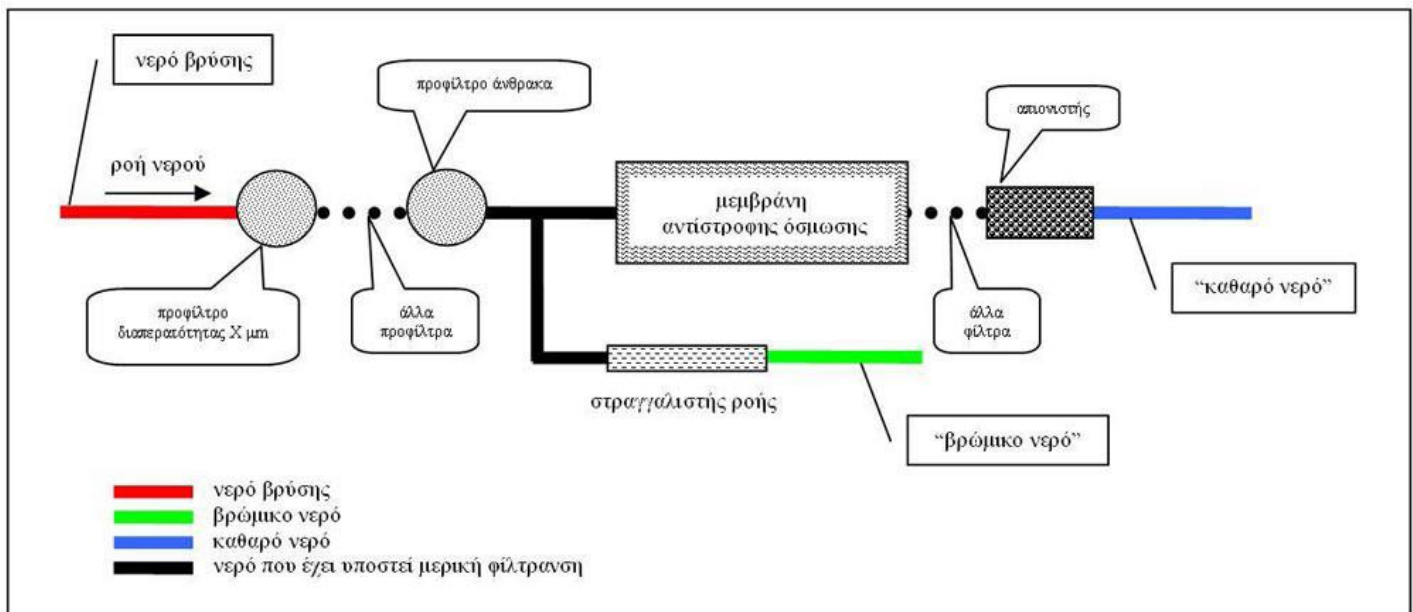
3. 1) Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης αποτελεί την πλέον διαδεδομένη, αξιόπιστη και οικονομική τεχνολογία για την παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού ύδρευσης. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της όσμωσης. Φυσιολογικά, όταν δυο υγρά με διαφορετική πυκνότητα (περιεκτικότητα σε άλατα) έρθουν σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη πυκνότητα, μετατοπίζεται προς το υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα, μέχρι να υπάρξει ισορροπία (το όλο μείγμα να αποκτήσει την ίδια πυκνότητα). Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται Διάχυση.

Όταν όμως μεταξύ των δυο υγρών παρεμβληθεί μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε εμποδίζεται η διέλευση των αλάτων, αλλά όχι και του νερού (διαλύτης) που διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η οσμωτική ροή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί μια κατάσταση ισορροπίας, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος (Η διαφορά της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση). Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται Όσμωση.

Αν όμως ασκηθεί πίεση στο αλατούχο διάλυμα, υψηλότερη της οσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη. Αυτό ονομάζεται Αντίστροφη Όσμωση.

3. 2) Μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης



Διάγραμμα ροής του νερού σε σύστημα αντίστροφης όσμωσης

Στις σύγχρονες εφαρμογές αφαλάτωσης η διαδικασία Αντίστροφης Όσμωσης είναι αυτοματοποιημένη με μία αντλία υψηλής πίεσης να διοχετεύει συνεχώς θαλασσινό νερό σε μεμβράνες που βρίσκονται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης (high pressure vessel). Το διάλυμα τροφοδοσίας (feed water) διαχωρίζεται στο Διήθημα (καθαρό νερό) που διέρχεται από τις μεμβράνες (permeate water) και στο απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, την άλμη ή αλμόλοιπο (brine).

Οι μεμβράνες αποτελούνται από δύο διακεκριμένες στοιβάδες, τον υμένα (skin), που είναι το δραστικό τμήμα της μεμβράνης για τον διαχωρισμό του νερού από τα διαλυμένα ή αιωρούμενα συστατικά και από ένα λεπτό στρώμα πορώδους υλικού το οποίο είναι περατό τόσο από το νερό όσο και από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Οι μεμβράνες κατασκευάζονται από οργανικές πολυμερείς ενώσεις και είναι τόσο λεπτές και εύθραυστες, ώστε απαιτείται η μορφοποίηση τους (με την βοήθεια διαφόρων στηριγμάτων), σε μονάδες οι οποίες ονομάζονται στοιχεία μεμβρανών (modules). Οι τέσσερις βασικοί τύποι στοιχείων είναι τα στοιχεία μεμβρανών ελικοειδούς περιέλιξης (spiral wound module), τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow fiber module), τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module) και τα δισκοειδή στοιχεία (Platte and frame modules) με τους δύο πρώτους τύπους να έχουν ευρύτατη εφαρμογή στην αφαλάτωση.

Μεταξύ των μεμβρανών υπάρχει ένα διαχωριστής από πορώδες υλικό (συνήθως πλέγμα Pet-Dacron εμποτισμένο με ρητίνες), το οποίο εμποδίζει την ένωση τους (λόγω της υψηλής πίεσης) και διευκολύνει την ομοιόμορφη ροή του καθαρού νερού μεταξύ των μεμβρανών. Οι δύο άκρες των μεμβρανών του ανοικτού τμήματος προσκολλώνται σε ένα κεντρικό διάτρητο σωλήνα από όπου απομακρύνεται το καθαρό νερό (διήθημα). Συνήθως στον κεντρικό διάτρητο σωλήνα τυλίγονται σε μορφή κυλίνδρου, 26 φάκελοι μεμβρανών με διαχωριστές που χωρίζονται μεταξύ τους από τα πλαστικά πλέγματα διαχωρισμού των καναλιών τροφοδοσίας της άλμης. Τα στοιχεία αυτά των μεμβρανών έχουν συνήθως μήκος 30.5 έως 152 cm με διάμετρο 5.1 έως 30.5 cm.

3. 3) Δομή Στοιχείου Μεμβρανών Αντίστροφης Όσμωσης

Οι μεμβράνες της οξικής κυτταρίνης έχουν γενικά μικρότερο κόστος, συνήθως έως 30% για το ίδιο μέγεθος, σε σύγκριση με τις σύνθετες λεπτού υμένα και είναι επιπλέον ανθεκτικές στην χλωρίωση. Παρουσιάζουν όμως ορισμένα μειονεκτήματα όπως π.χ.: βιολογική αποσάθρωση (biodegradation) η οποία είναι αποτέλεσμα της συσσώρευσης και της προσβολής της μεμβράνης από τα διάφορα μικρόβια τα οποία περιέχονται στο νερό τροφοδότησης.

Η αποσάθρωση αποφεύγεται με την διαρκή χλωρίωση του νερού τροφοδότησης. Αντέχουν σε θερμοκρασίες έως 35 οC. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες υφίσταται ισχυρή συμπίεση των πόρων τους, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η απόδοσή τους, ενώ υδρολύονται από τα οξέα ή τα αλκάλια του νερού ή του διαλύματος.

3. 4) Παραγωγική διαδικασία

Μια τυπική Μονάδα Αφαλάτωσης περιλαμβάνει:

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

⇒ Προεπεξεργασία

⇒ Αντίστροφη Όσμωση

⇒ Τελική επεξεργασία

3. 5) Χερσαίους Αγωγούς μεταφοράς πόσιμου νερού σε δεξαμενές ή στους καταναλωτές

Το νερό αντλείται από απόσταση 300-1000 μέτρων από την ακτή (η απόσταση εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας και τις ιδιαιτερότητες της περιοχής) και μέσω υποθαλάσσιου αγωγού καταλήγει στο αντλιοστάσιο που βρίσκεται στην παραλία. Στη συνέχεια αφού αφαιρεθούν οι στερεές ουσίες (μέσω πυκνών πλεγμάτων) διοχετεύονται στη μονάδα αφαλάτωσης που βρίσκεται μερικές εκατοντάδες μέτρα από την ακτή. Εκεί πραγματοποιείται η αφαλάτωση που περιλαμβάνει 3 στάδια, την προεπεξεργασία, την αντίστροφη όσμωση και το τελικό στάδιο επεξεργασίας.

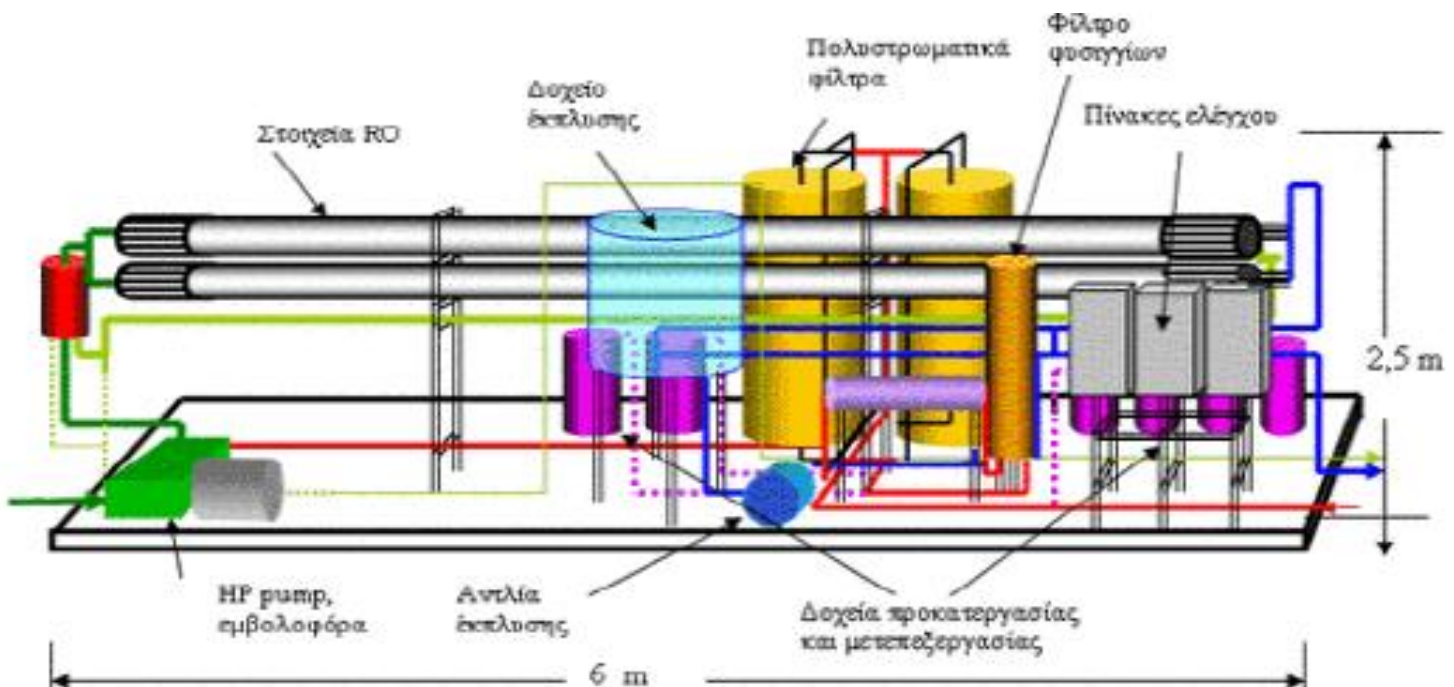


3. 6) Τρισδιάστατη απεικόνιση μικρής μονάδας Αντίστροφης Όσμωσης

α) Προεπεξεργασία: Αφαιρούνται τα αιωρούμενα σωματίδια και καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί ώστε να αποφευχθεί η εναπόθεση τους στις μεμβράνες. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει προχλωρίωση, συσσωμάτωση κολλοειδών οργανικών ουσιών με την προσθήκη χημικών, φιλτράρισμα μέσω φίλτρων άμμου και προσθήκη θειϊκού οξέως για τη ρύθμιση της οξύτητας. Στη συνέχεια το φιλτραρισμένο νερό διέρχεται από ειδικά φίλτρα πολυπροπυλενίου που κατακρατούν τις στερεές ουσίες με μέγεθος > 1μm για λόγους προστασίας των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης και ακολουθεί η αποχλωρίωση (διότι το ελεύθερο χλώριο καταστρέφει τις μεμβράνες).

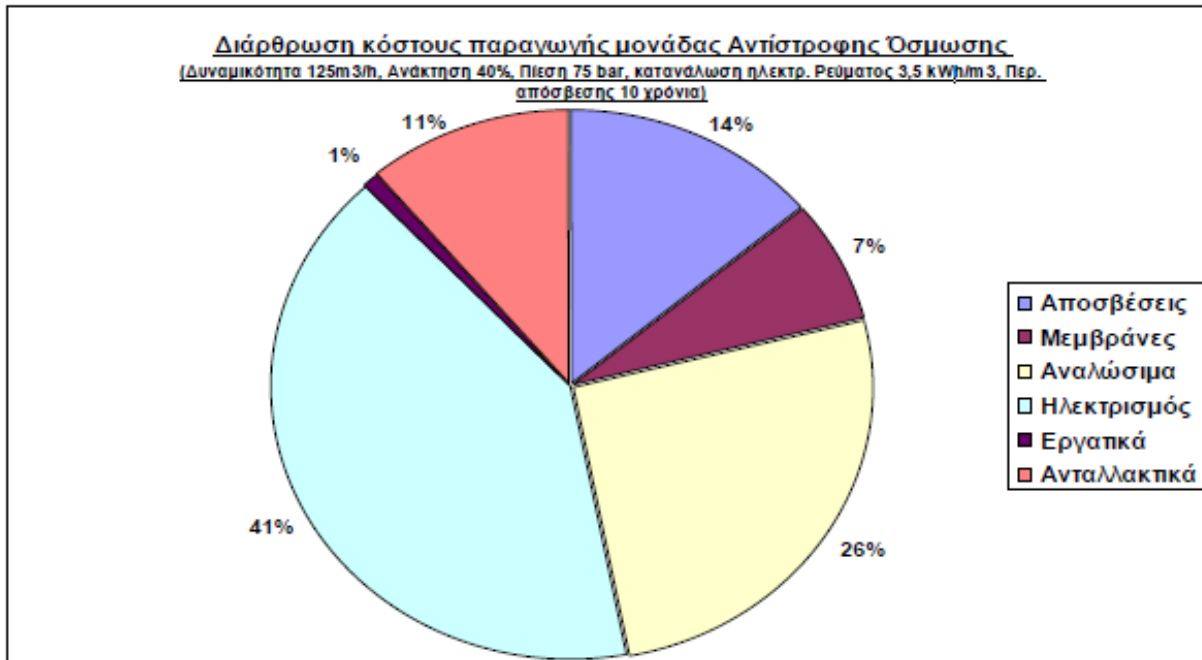
β) Αντίστροφη Όσμωση: Οι αντλίες υψηλής πίεσης τροφοδοτούν τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης με νερό υπό πίεση 65-80 ατμοσφαιρών ώστε να επιτευχθεί η διέλευση του και να απορριφθούν τα άλατα. Η ανάκτηση αφαιραμένου νερού είναι περίπου 45-50% (1m³ αφαιραμένου/2 m³ θαλασσινού νερού) και το υπόλοιπο (άλμη) διέρχεται από της αντλίες όπου λόγω της υψηλής πίεσης επιτρέπει την ανάκτηση του 25-30% της αρχικής ενέργειας. Στη συνέχεια μέσω αγωγού απορρίπτεται στη θάλασσα σε σημείο που υπάρχουν ρεύματα ώστε να μην υπάρχει συγκέντρωση αλάτων και ρυπαντών.

γ) Τελική επεξεργασία: Πραγματοποιείται βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού (διόρθωση οξύτητας, αύξηση σκληρότητας) με τη χρήση χημικών (επεξεργασμένου ασβέστη, διοξειδίου του άνθρακα ή θειϊκού οξέως) σε δεξαμενή και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δίκτυο ύδρευσης ή αποθηκεύεται.

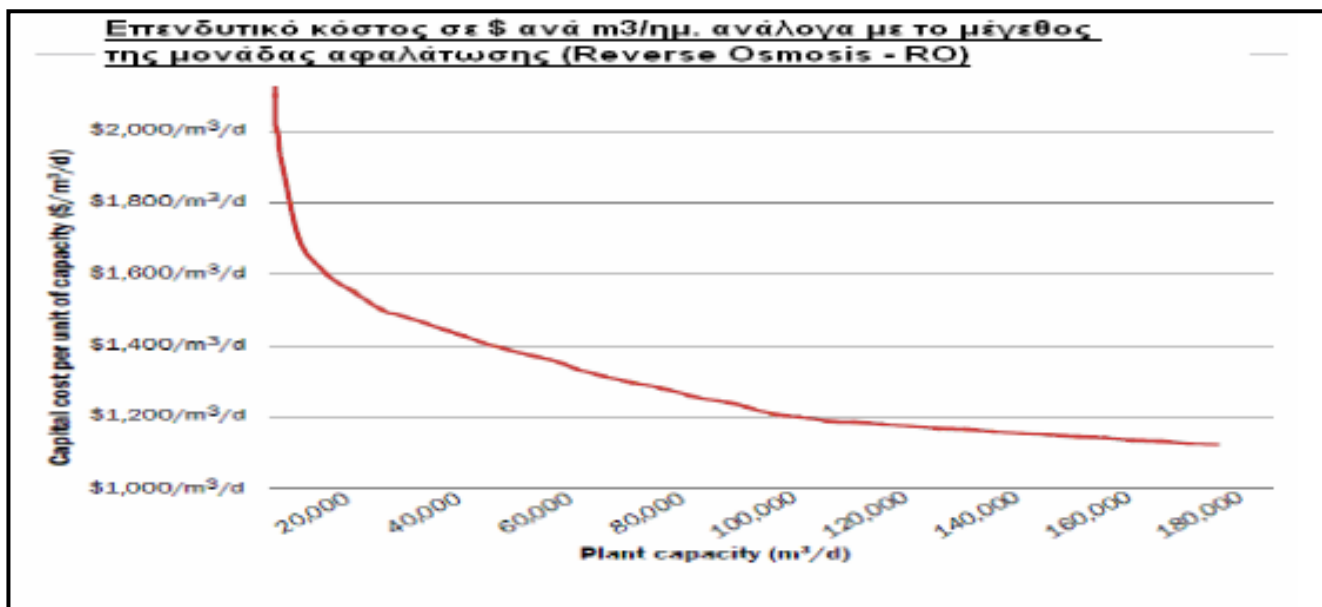


3. 7) Κόστος Παραγωγής

Το τελικό κόστος του παραγόμενου νερού κάθε μονάδας επηρεάζεται από τοπικούς παράγοντες όπως η ποιότητα νερού, η αξία της Kwh, το κόστος χημικών, το κόστος μεταφοράς νερού, τα επιτόκια, το κόστος εργασίας, κλπ



Οι οικονομίες κλίμακας αποτελούν καθοριστικό παράγοντα του επενδυτικού κόστους ιδιαίτερα για εγκαταστάσεις με παραγωγική δυναμικότητα > 100.000 m³/ημέρα.





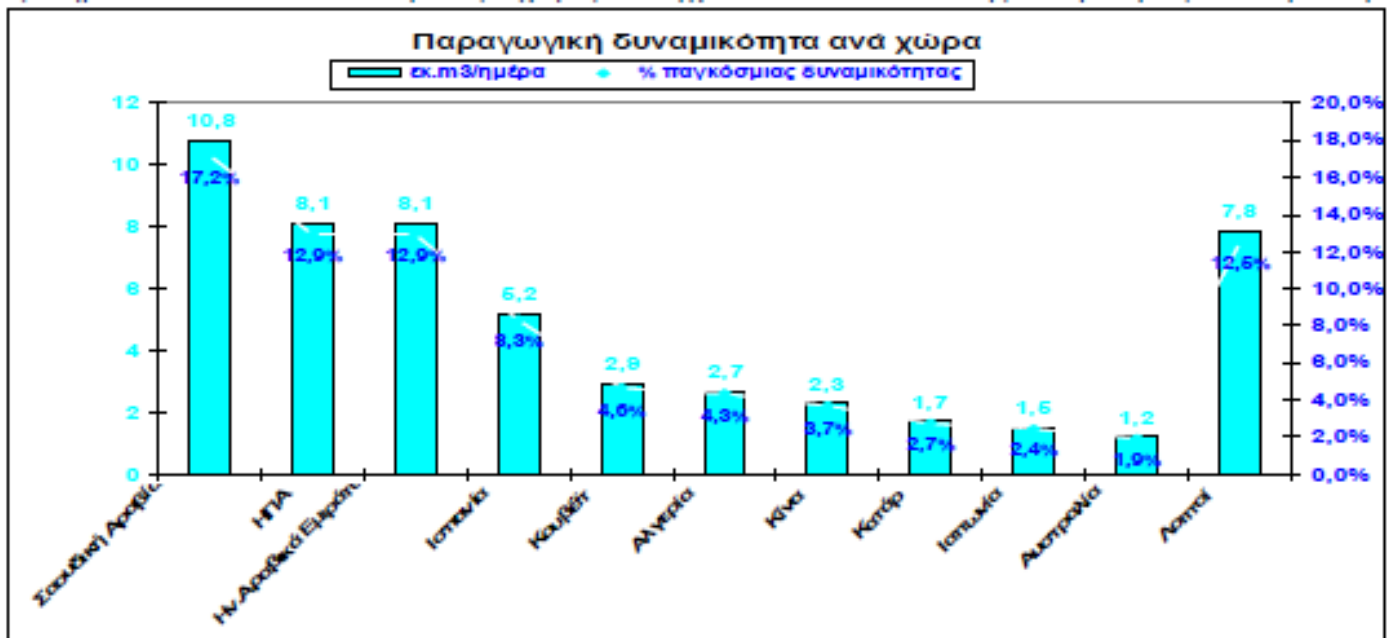
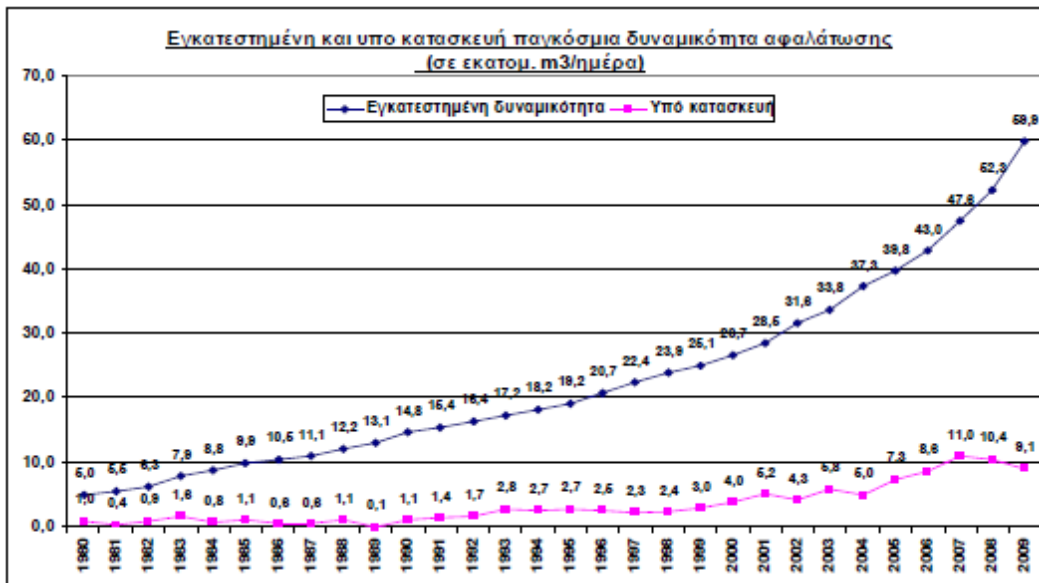
Παρά τη δομή του κόστους παραγωγής (υψηλή συμμετοχή ηλεκτρικής ενέργειας και αναλωσίμων) οι οικονομίες κλίμακας έχουν καθοριστική σημασία και στην παραγωγή.

Οικονομίες κλίμακας στο κόστος παραγόμενου νερού (RO)

<u>Είδος νερού</u>	<u>Δυναμικότητα (m³/ημέρα)</u>	<u>Κόστος (Euro/m³)</u>
<u>Υφάλινα</u>	< 1.000	0,43-1,08
	5.000-60.000	0,21-0,43
<u>Θαλασσινό</u>	<1.000	0,78-9,00
	1.000-5.000	0,56-3,15
	12.000-60.000	0,35-1,30
	>60.000	0,40-0,80

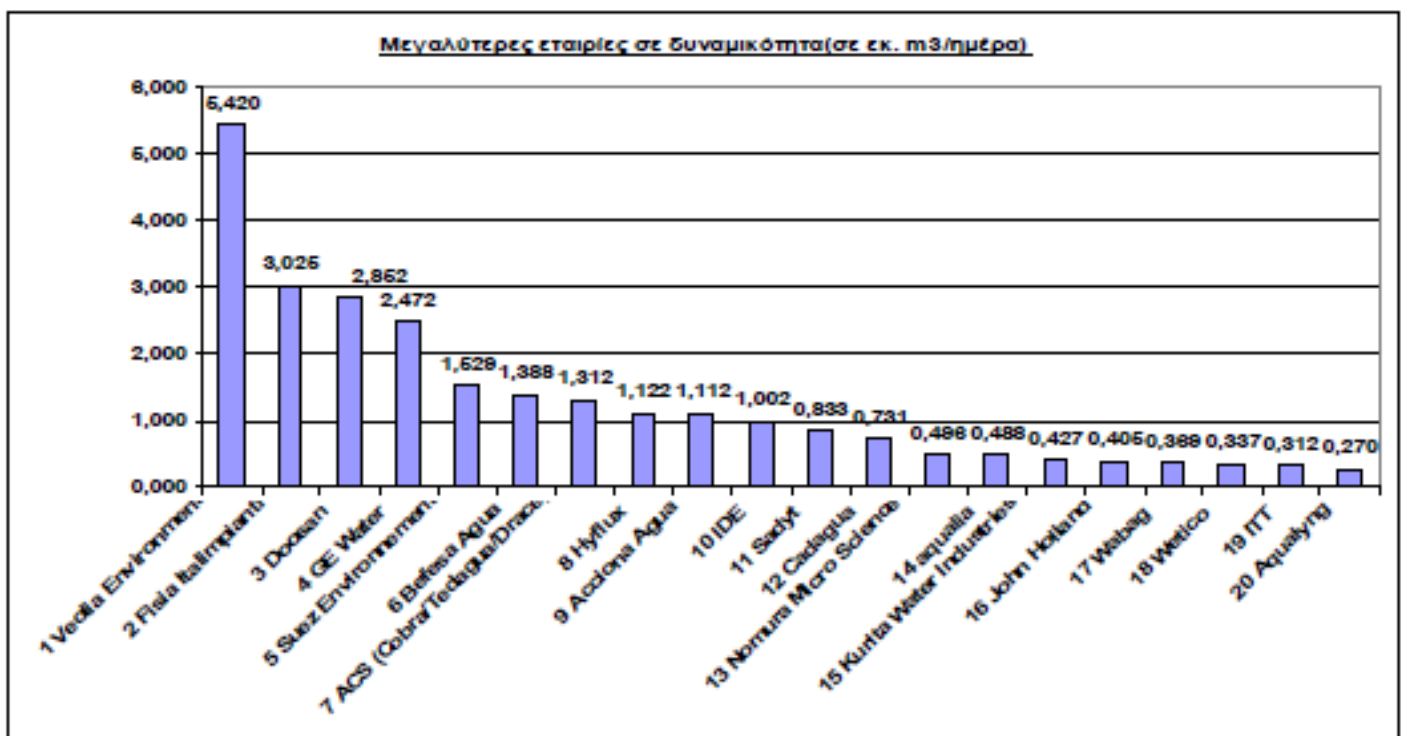
3. 8) Διεθνείς Εξελίξεις

Τις τελευταίες δεκαετίες η παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη (8% μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης την περίοδο 1980-2009) που οφείλεται κυρίως στην ωρίμανση των τεχνολογιών αντίστροφης όσμωσης και στην αύξηση των αναγκών σε πόσιμο νερό. Η εγκατεστημένη δυναμικότητα υπολογίζεται σήμερα σε 59,9 εκ. m³/ημέρα, ενώ άλλα 9,1 εκ. m³/ημέρα βρίσκονται σε φάση κατασκευής. Οι εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία παγκοσμίως, υπερβαίνουν τις 14.000 (ενώ στο τέλος του 2008 ήταν 13.869 σύμφωνα με την IDA).



Περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας δυναμικότητας είναι εγκατεστημένο στις άνυδρες χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής οι οποίες καλύπτουν το σύνολο ή σημαντικότατο τμήμα των αναγκών τους κυρίως με θερμική αφαλάτωση. Άλλες χώρες με σημαντικό δυναμικό όπως οι ΗΠΑ, η Ισπανία, η Κίνα, η Ιαπωνία η Αυστραλία, το Ισραήλ και η Κύπρος χρησιμοποιούν κυρίως μεθόδους μεμβρανών. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι 10 πρώτες χώρες ελέγχουν το 87,5% της παγκόσμιας δυναμικότητας.

Λόγω των υψηλών ρυθμών ανάπτυξης, των σταθερών περιθωρίων κέρδους και κυρίως των ιδιαίτερα θετικών προοπτικών στα επόμενα χρόνια, ο κλάδος της αφαλάτωσης έχει προσελκύσει ήδη το ενδιαφέρον πολυεθνικών εταιριών από την Ευρώπη (Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία, κ.τ.λ.), τις ΗΠΑ, τη Ν. Κορέα, την Ιαπωνία, την Κίνα και το Ισραήλ.



Οι προοπτικές του κλάδου αφαλάτωσης είναι ιδιαίτερα θετικές για τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με τις προβλέψεις της Global Water Intelligence η παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης αναμένεται να υπερδιπλασιαστεί μέχρι το 2016 (από 52 εκ. m3/ημέρα το 2008 σε 107 εκ. m3/ημέρα το 2016), ενώ οι επενδύσεις που θα απαιτηθούν θα ξεπεράσουν τα 64 δις. δολάρια. Η ετήσια επενδυτική δαπάνη από 2,4 δις. δολάρια το 2008 προβλέπεται να ξεπεράσει τα 8,4 δις. το 2016 (Μέσος Ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης 19%

Κεφάλαιο 4: Η Αφάλατωση στην Ελλάδα



4.1) Η Αφαλάτωση στην Ελλάδα

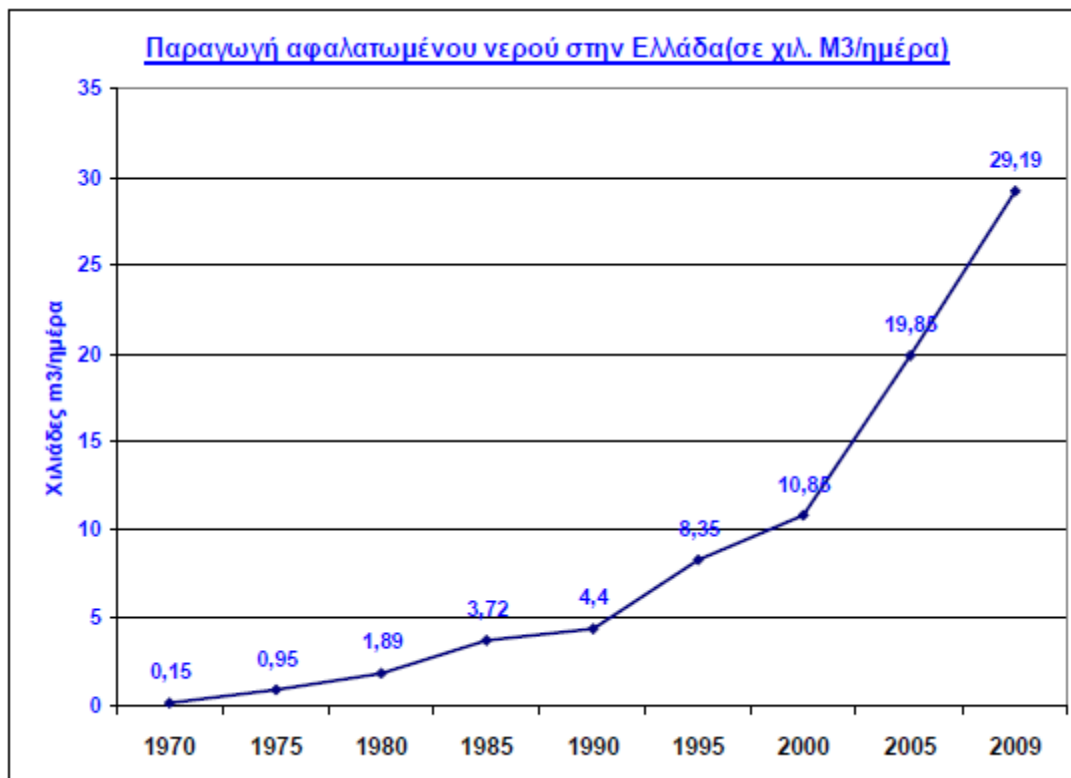
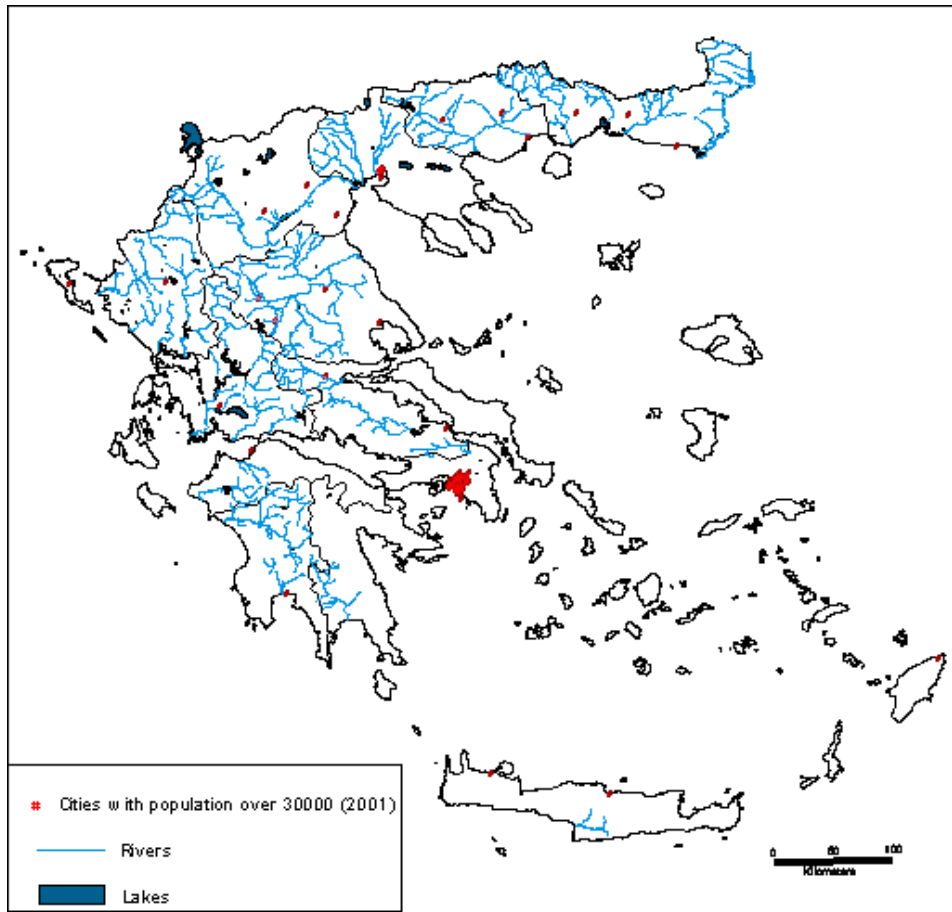
Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες στον τομέα της αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της 10ετίας του 60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Τα επόμενα χρόνια δημιουργήθηκαν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης για ύδρευση στα νησιά Νίσυρο, Κίμωλο, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Πάτμο, Καστελόριζο Σύμη και Αίγινα αλλά οι περισσότερες εγκαταλείφθηκαν κυρίως λόγω προβλημάτων συντήρησης ή λειτουργίας. Η πιο αξιόλογη και καινοτόμος εφαρμογή ήταν αυτή της Πάτμου (έργο του καθηγητή Α. Δεληγιάννη και της συζύγου του) με επιφάνεια εξάτμισης 8,665 m² και μέση παραγωγική ικανότητα 25 m³/ ημέρα.

Μετά το 1980 η ανάπτυξη εφαρμογών αφαλάτωσης για παραγωγή νερού ύδρευσης στηρίχθηκε σχεδόν αποκλειστικά στην τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης η οποία κατέστη αποδοτικότερη και πλέον συμφέρουσα για τις Ελληνικές συνθήκες. Αξιόλογη πρόοδος όμως σημειώνεται μετά το 1990 λόγω κυρίως της αύξησης των αναγκών ύδρευσης στα άνυδρα νησιά που προκλήθηκε από την αυξημένη τουριστική δραστηριότητα.

Το 2008 η συνολική κατανάλωση των νησιών του Αιγαίου ήταν περίπου 166 εκ. m³ ετησίως που καλύπτονταν κατά 82,6% με υπόγεια ύδατα, κατά 4,4% με ταμιευτήρες, κατά 4,1% με αφαλάτωση και κατά 1,4% με μεταφορά νερού από άλλες περιοχές, ενώ το συνολικό ετήσιο έλλειμμα που δεν καλύπτονταν ήταν περίπου 20 εκ. m³.

Το 2009 το υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής ανακοίνωσε πρόγραμμα για τη δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης σε 13 νησιά, των Κυκλάδων και της Δωδεκανήσου, (Αμοργός, Δονούσα, Κουφονήσια, Ηράκλεια, Θηρασιά, Σίκινος, Φολέγανδρος, Μεγίστη, Χάλκη, Λειψοί, Αγαθονήσι, Αρκιοί και Ψέριμος), ενώ άλλα πέντε μικρά νησάκια θα παίρνουν νερό από διπλανά τους μεγαλύτερα νησιά. Το πρόγραμμα θα είναι αυτοχρηματοδοτούμενο (το συνολικό κόστος το αναλαμβάνουν οι ανάδοχοι επενδυτές), τα οικόπεδα θα παραχωρούνται από τους δήμους, ενώ το υπουργείο αναλαμβάνει να αγοράζει για μια 10ετία εγγυημένη ποσότητα πόσιμου νερού, σε τιμή η οποία αντιστοιχεί στο 1/3 της τιμής του νερού, το οποίο μεταφέρεται σήμερα με υδροφόρα πλοία. Οι ανάδοχοι οφείλουν να λειτουργήσουν τις μονάδες σε διάστημα 18 μηνών, μετά την έγκριση της σχετικής περιβαλλοντικής μελέτης, ενώ μετά την παρέλευση της 10ετίας οι εγκαταστάσεις παραχωρούνται στους δήμους.

Σήμερα λειτουργούν στη χώρα μας 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης περίπου 35 χιλιάδες m³/ημέρα, ενώ υπάρχουν και αρκετές εκατοντάδες μικρότερες μονάδες ιδιωτικής χρήσης (ξενοδοχεία, βιομηχανίες, κατοικίες, κ.τ.λ.). Σύμφωνα με εκτιμήσεις εταιρίας που δραστηριοποιείται στο χώρο, η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού υπερβαίνει τα 50 χιλ. m³/ημέρα και υφάλμυρου τα 100 χιλ. m³/ημέρα. Οι σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης βρίσκονται στη Σύρο, τη Μύκονο και στη Χίο.

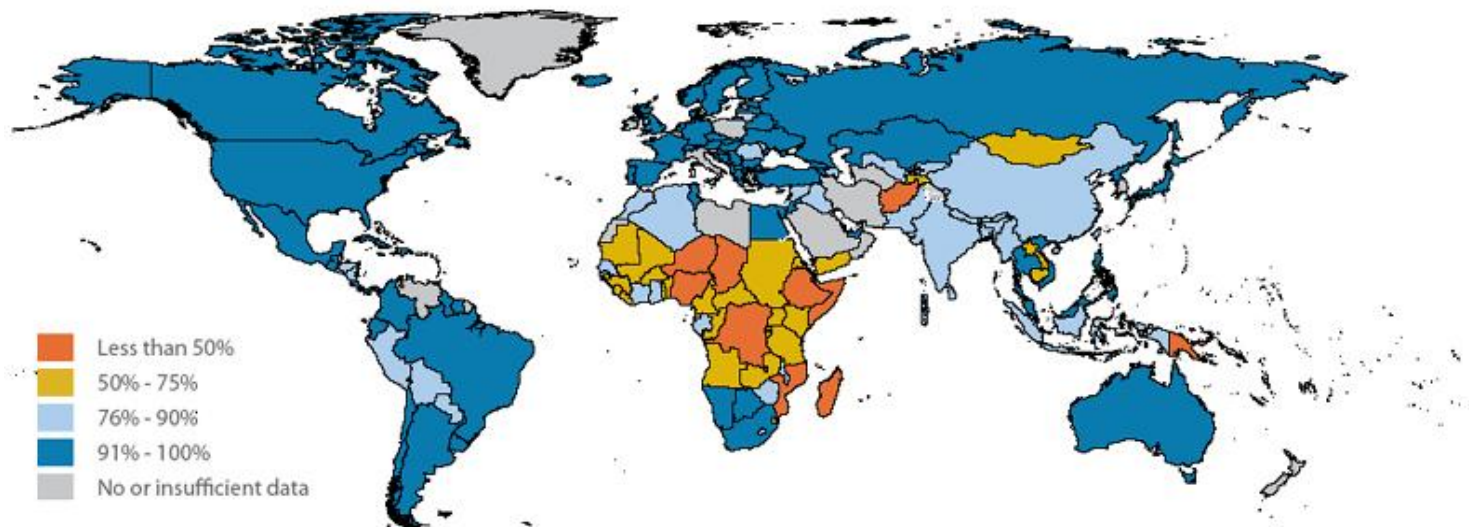


Σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα

Μονάδα	Έτος Κατασκευής (αρχικό)	Τύπος	Δυναμικότητα (m ³ /ημ.)	Αρχικό κόστος (εκ.€)	Λειτουργικό κόστος (€)
Σύρος 1η (Ερμούπολη)	1992	RO(SW)	800	0,589	1,25
Σύρος 2η (Ερμούπολη)	1997	RO(SW)	800	1,482	1,25
Σύρος 3η (Ερμούπολη)	2001	RO(SW)	2x250	0,346	1
Σύρος 4η (Άνω Σύρος)	2000	RO(SW)	250	0,215	0,5
Σύρος 5η (Άνω Σύρος)	2002	RO(SW)	500	0,4	0,5
Σύρος 6η (Ερμούπολη)	2002	RO(SW)	4x500	0,313	1
Σύρος 7η (Άνω Σύρος)	2005	RO(SW)	2x500	1	0,4
Σχοινούσα	2004	RO(SW)	100	0,12	0,7
Μύκονος (Κόρφου) παλαιά	1989	RO(SW)	2x550		
Μύκονος (Κόρφου) νέα	2001	RO(SW)	3x650	1,276	0,5
Πάρος (Νάουσα)	2001	RO(SW)	1200	0,415	0,5
Τήνος (Παλαιά)	2001	RO(SW)	500	0,434	0,62
Τήνος (Νέα)	2005	RO(SW)	500	0,376	0,62
Οίας, Σαντορίνης 1η	1994	RO	220		
Οίας, Σαντορίνης 2η	2000	RO	320	0,211	2
Οίας, Σαντορίνης 3η	2002	RO	160		
Θήρας, Σαντορίνης	2009	RO	1000		
Θηρασιά	1997	RO	48		
Σίφνος	2002	RO(BW)	500	0,224	3,5
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2000	RO(BW)	600	0,205	0,3
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	3x1000	0,71	0,26
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	500	0,2	0,26
Νίσυρος (Παλαιά)	1991	RO	300	0,572	
Νίσυρος (Νέα)	2002	RO	350	0,295	0,66
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 1η	1981	RO	620	0,264	2,88
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 2η	2003	RO	520	0,587	0,58
Λέρου (ΔΕΥΑ)	2001	RO	200	0,074	0,13
Μήλου(Δήμος)	2008	RO(με Α/Γ)	2000		
Κασσωπαίων (Δήμος)	2001	RO	500	0,117	0,13
Ποσειδωνίας (Δήμος) 1	2002	RO(SW)	2x250	0,464	0,56
Ποσειδωνίας (Δήμος) 2	2005	RO(SW)	2x500	0,574	0,45
Αγίου Γεωργίου (Δήμος)	2002	RO	500	0,102	0,3
Παξών (Δήμος) 1η	2005	RO	330	0,26	0,51
Παξών (Δήμος) 2η	2005	RO	150	0,162	0,59
Παξών (Δήμος) 3η	2007	RO(SW)	250	0,211	0,51
Δυστίων (Δήμος)	2006	RO(BW)	400	0,2	0,3
Σίφνος (Δήμος)	2007	RO(SW)	250		
Ιος (Δήμος)	2003	RO(SW)	1000		
Ιθάκη (Δήμος)	2005	RO(SW)	200	0,22	
Οινουσών (Δήμος)	2005	RO(SW)	500		
Πόρου (Δήμος)	2006	RO(BW)	1000	0,2	0,3
Γαξίου (Δήμος), Αλμυρός ποταμός, Ηρακλείου	2008	RO(BW)	1000		
Ηρακλεία(Πλωτή μονάδα Υδριάδα)	2008	RO(με Α/Γ)	70	2,8	0,2

4.2) Προβλήματα υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η χώρα μας παρά την αφθονία ανανεώσιμων υδάτινων πόρων (782 m³/ πόσιμου νερού ανά κάτοικο ετησίως, έναντι 548 της Γαλλίας, 460 της Γερμανίας, 284 της Ιρλανδίας και 50 της Μάλτας) αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα λόγω της γεωγραφικής κατανομής του υδατικού δυναμικού(συγκέντρωση στα δυτικά και βόρεια της χώρας), της ανορθολογικής διαχείρισης και των άνυδρων νησιών της.



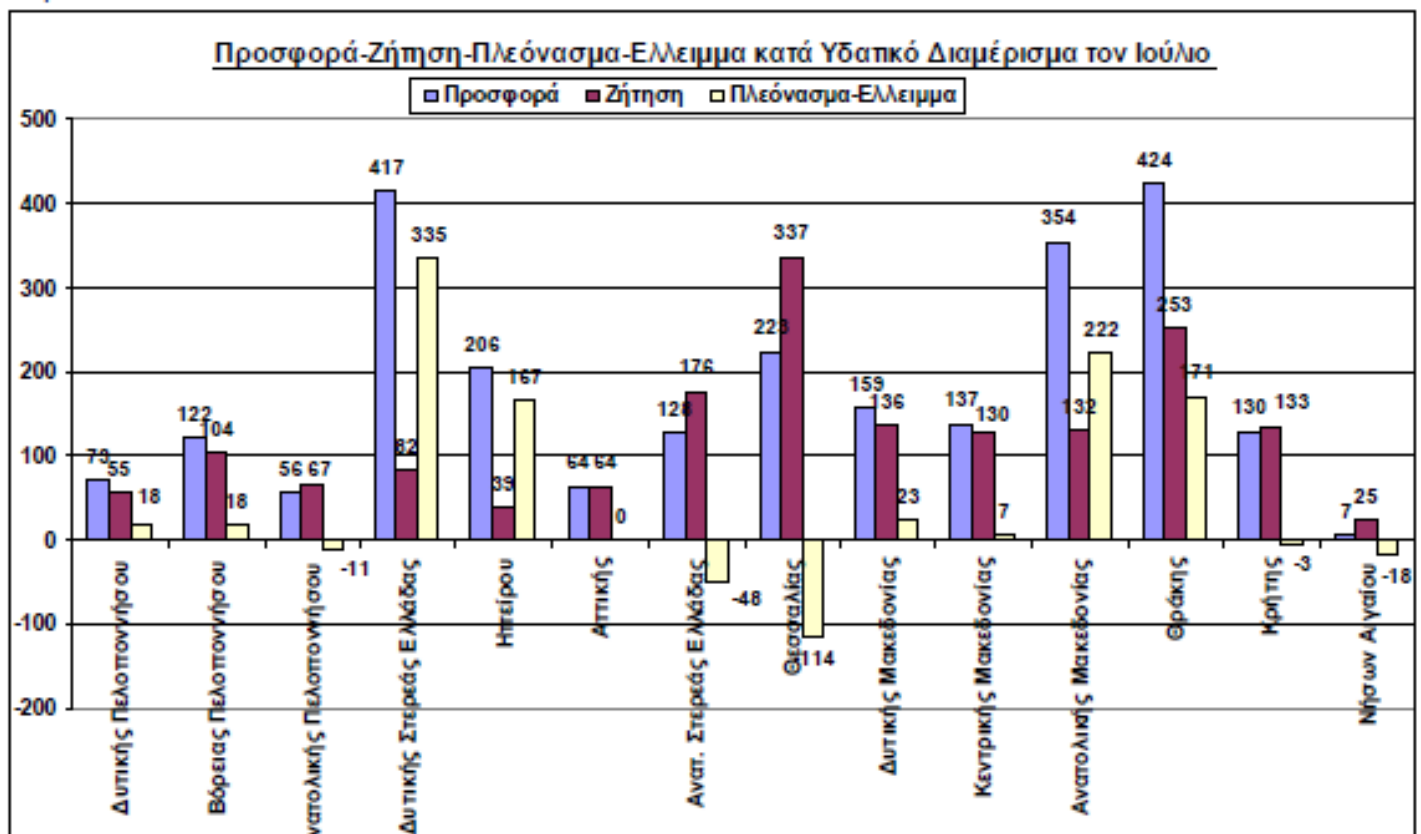
Το 83,8% των συνολικών υδατικών πόρων χρησιμοποιείται στη χώρα μας για άρδευση (έναντι 24% στην Ε.Ε.), ενώ τα ποσοστά αυτά είναι πολύ υψηλότερα στις περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα εξάντλησης - υποβάθμισης των υπογείων υδάτων (Θεσσαλία, Ανατ. Πελοπόννησος, Ανατ. Στερεά).

Ζήτηση νερού στην Ελλάδα ανά χρήση και υδάτινο διαμερίσμα (σε ετήσια βάση)

Κ.Α.	Υδατικά διαμερίσματα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές	Σύνολο
1	Δυτικής Πελοποννήσου	201	5	23	3	20	252
2	Βόρειας Πελοποννήσου	401,5	6,6	41,7	3		452,8
3	Ανατολικής Πελοποννήσου	324,9	4,7	22,1			351,7
4	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	366,5	9	22,4			397,9
5	Ηπείρου	153,5	10,3	33,9	4,3		202
6	Αττικής	99	2,5	420	17,5		539
7	Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	773,7	9,9	41,8	12,8		837,8
8	Θεσσαλίας	1550	13	69			1632
9	Δυτικής Μακεδονίας	609,4	7,9	43,7	30	80	771
10	Κεντρικής Μακεδονίας	527,6	8	99,8	80		715,4
11	Ανατολικής Μακεδονίας	627	5,8	32			664,8
12	Θράκης	825,2	7,1	27,9	11		871,2
13	Κρήτης	320	10,2	42,3			372,5
14	Νήσων Αιγαίου	80,2	6,8	37,2			124,2
	Σύνολο χώρας	6859,5	106,8	956,6	161,4	100	8184,3

Αρκετά υδατικά διαμερίσματα της χώρας είναι ελλειμματικά κατά τους θερινούς μήνες, λόγω των αυξημένων αναγκών του γεωργικού και του τουριστικού τομέα αλλά και της μη ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Το πρόβλημα είναι εντονότερο στα νησιά του Αιγαίου, στη Θεσσαλία, την Ανατολική Πελοπόννησο και Στερεά Ελλάδα. Η υπερβολική χρήση άριστης ποιότητας πόσιμου νερού προερχόμενου από γεωτρήσεις, για άρδευση αποτελεί κατασπατάληση και υπερεκμετάλλευση πολύτιμων και δύσκολα ανανεώσιμων πόρων.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις λειτουργούν στη χώρα μας περίπου 300.000 γεωτρήσεις (35-40% των οποίων παράνομες) αριθμός υπερβολικός για τις δυνατότητες των υπεδαφικών υδροφορέων (>31% για το σύνολο της χώρας, +320% στη Θεσσαλία, +260% στην Αττική, +200% στην Πελοπόννησο και τα νησιά του Αιγαίου, +20% στην Κεντρική και +30% στη δυτική Μακεδονία. Η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση έχει σαν συνέπεια την μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και κυρίως την υφαλμύρωση τεράστιων παραθαλάσσιων εκτάσεων σε επίπεδα επικίνδυνα όχι μόνο για πόση αλλά και για γεωργικές χρήσεις. Εκτιμάται ότι η υφαλμύρωση υπερβαίνει τα 2.000.000 στρέμματα γεωργικής γης με οξυμμένα προβλήματα σε πολλές παράκτιες περιοχές του Αιγαίου.



Εκτός από την υπαλμύρωση σημαντικά προβλήματα ποιότητας του πόσιμου νερού δημιουργεί η ρύπανση των υπόγειων υδάτων με νιτρικά και ο ευτροφισμός (υπέμετρη αύξηση υδρόβιων φωτοσυνθετικών οργανισμών) στα επιφανειακά ύδατα. Εκτιμάται ότι περίπου 20 περιοχές της χώρας αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα νιτρορύπανσης (κυρίως η Αργολίδα, περιοχές της Θεσσαλίας, ο κάμπος της Θεσσαλονίκης, το Κιλκίς, η Πέλλα, η Ημαθία, οι Σέρρες (λεκάνη Στρυμόνα - λίμνη Κερκίνη) και η πεδιάδα Άρτας - Πρέβεζας. Το φαινόμενο του ευτροφισμού εκτιμάται στο 70% των υδάτινων αποθεμάτων των λιμνών της χώρας. Η κατάσταση των υπογείων υδάτων στις περιοχές που προαναφέρθηκαν φαίνεται σαν μη αναστρέψιμη αφού η φυσική απορρύπανση των υπογείων υδάτων βεβαρυμμένων περιοχών θα απαιτούσε τουλάχιστον μία 20ετία με παύση των γεωτρήσεων και φυσικό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.



4.3) Τα νησιά του Αιγαίου

Λόγω των γεωμορφολογικών και κλιματικών συνθηκών (ποιότητα υδροφορέων, μικρή έκταση, ανάγλυφο εδάφους, υψηλή εξάτμιση, χαμηλό ύψος βροχόπτωσης, κ.τ.λ.) πολλά νησιά του Αιγαίου αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα υδροδότησης ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες που υπάρχει έντονη τουριστική δραστηριότητα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία μελέτης που εκπόνησε η Κοινοπραξία Υδατοσυστημάτων Αιγαίου (ΤΕΜ ΑΕ, Λ_Κ ΕΠΕ, Υδροεξυγιαντική ΕΕ, Terramenotor ΕΟΟΣ) για λογαριασμό του Υπουργείου Ανάπτυξης, οι σημερινές ανάγκες των νησιών του Αιγαίου είναι 170.942.219 m³ ετησίως και το συνολικό έλλειμμα 19.049.212 m³(περίπου 11%). Το 2020 η συνολικές ανάγκες προβλέπεται να ανέλθουν σε 224.157.511 m³ και το συνολικό έλλειμμα σε 24.462.470 m³(περίπου 13% των συνολικών αναγκών. Οι προβλέψεις στηρίχθηκαν σε σειρά παραμέτρων, όπως την αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού και της τουριστικής δραστηριότητας, τη μείωση της κατανάλωσης σε γεωργία-κτηνοτροφία και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά κάθε νησιού.

Συνολικές ανάγκες και συνολικό έλλειμμα νερού στα νησιά του Αιγαίου

Νήσος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προβλεπόμενη κατάσταση 2020	
	Συνολικές απαιτήσεις σε χιλιάδες m ³	Συνολικό έλλειμμα (%)	Συνολικές απαιτήσεις σε χιλιάδες m ³	Συνολικό έλλειμμα (%)
Αστυπάλαια	388	14,1	425	21,5
Κάλυμνος-Ψέριμος-Τέλενδος-Καλόλιμνος	2.003	1,2	2.292	6,2
Λειψοί	164	53,2	184	50,3
Λέρος-Φαρμακονήσι	1.030	4,5	1.220	9,5
Πάπμος-Αρκοί	498	13,4	561	13
Κάσος	207	0	230	14,7
Κάρπαθος-Σαρία	1.327	0	1.586	0,6
Κως	13.162	4,2	15.061	12,5
Νίσυρος-Γυαλί	151	20,3	190	18
Μεγίστη-Ρω	63	11	84	11
Ρόδος	32.057	3,4	38.697	2,7
Σύμη	306	8,9	391	9,6
Χάλκη	73	30,1	94	17,7
Τήλος	144	7,6	162	13,9
Αγαθονήσι	17	2,4	23	41,8
Ανδρος	5.571	1,2	5.817	2,2
Αμοργός	330	12,1	409	7,9
Θήρα	2.338	16,5	3.699	41,2
Ιος	409	0,3	556	0
Κύθνος	400	1	428	1,6
Κέα	1.502	5,9	1.652	15,2
Σέριφος	344	4,9	556	15,3

Μήλος	1.255	10,5	1.435	1,7
Σίφνος	614	16,8	753	7,1
Νάξος	12.457	45,4	13.759	45,1
Πάρος	3.461	1,6	3.820	13,7
Σύρος	3.751	37,6	4.199	41,4
Μύκονος-Δήλος	3.037	24,3	3.454	43,4
Τήνος	3.321	9,7	3.617	8,5
Ανάφη	156	64,4	162	38,9
Δονούσα	23	1,3	34	9,4
Ηρακλεία	55	5,9	67	64,3
Κουφονήσια	48	17,7	68	9,2
Σχοινούσα	74	44,1	87	42,7
Κίμωλος	83	1,1	91	0,7
Σίκκος	38	8,7	46	16,7
Φολέγανδρος	95	51,1	148	33,4
Αντίπαρος	207	0,9	269	0,8
Αγ. Ευστράτιος	58	0	70	19,7
Λέσβος	44.398	6,9	46.617	10,1
Λήμνος	6.290	5,5	6.602	12,4
Ικαρία	2.928	0	3.055	2,1
Σάμος	14.176	22,2	14.362	11,7
Φούρνοι-Θυμαίνα	189	0,3	241	19,1
Οινούσες	117	0	165	0
Χίος	11.390	11	13.596	6,8
Ψαρά	67	0	80	7,8
Σύνολο	165.842	11,50%	184.965	13,20%

Τα προτεινόμενα μέτρα για την αντιμετώπιση των ελλείψεων νερού επικεντρώνονται κυρίως στην κατασκευή υδρομαστεύσεων, σε αντικατάσταση δικτύων για μείωση των απωλειών, σε μείωση των αρδεύσεων, σε χρήση ανακυκλωμένου νερού και σε αφαλατώσεις (για τα άνυδρα νησιά). Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά οι προτάσεις για τα νησιά που εμφανίζουν σημαντικό πρόβλημα:

Δονούσα: Κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης, αντικατάσταση δικτύων ύδρευσης, μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.

Ηρακλεία, Σχοινούσα: Κατασκευή μικρών μονάδων αφαλάτωσης.

Θήρα: Αντικατάσταση ολόκληρου του δικτύου ύδρευσης, ενίσχυση της δυναμικότητας αφαλάτωσης στην Οία στα 1.500 κ.μ./ημέρα, δημιουργία δύο αφαλατώσεων στους δήμους Θήρας και Θηρασιάς από το 2010, κατασκευή λιμνοδεξαμενών Αεροδρομίου Α΄ και Β΄ από το 2013.

Τος: Αναβάθμιση του υπάρχοντος βιολογικού καθαρισμού, λειτουργία λιμνοδεξαμενής Επάνω Κάμπου.

Κάλυμνος: Κατασκευή λιμνοδεξαμενής Βαθέως, βελτίωση δικτύου.

Κέα: Κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων και φράγματος στο Κεραμίδι.

Κύθνος: Κατασκευή δύο μονάδων αφαλάτωσης και μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Στο τελικό σενάριο διερευνήθηκε διαχειριστικά και οικονομικά η λειτουργία του φράγματος της Επισκοπής η οποία όμως κρίνεται ασύμφορη.

Κως: Έργα αξιοποίησης των υφιστάμενων ταμιευτήρων Μεσσαριάς και Πλατέως, κατασκευή του φράγματος της Μίας, ανακύκλωση, αντικατάσταση δικτύου.

Λέρος: Λειτουργία φράγματος Παρθενίου, κατασκευή πρόσθετης μονάδας αφαλάτωσης, δυναμικότητας τουλάχιστον 500 κυβικών μέτρων την ημέρα.

Λέσβος: Κατασκευή φραγμάτων Τσικνιά και Πολιχνίτου, αντικατάσταση δικτύου, υδραγωγεία.

Λήμνος: Αντικατάσταση δικτύων ύδρευσης, αξιοποίηση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού στον υδροφορέα του Σκιδίου, κατασκευή φράγματος Κάσπακα και της λιμνοδεξαμενής της Αττικής, περιορισμός των μη οργανωμένα αρδευόμενων εκτάσεων κατά 10%.

Μήλος: με τη μείωση κατά 10% των αρδευτικών εκτάσεων και τη δημιουργία μεγάλης μονάδας αφαλάτωσης που θα λειτουργεί με αιολική ενέργεια προβλέπεται να καλυφθούν το 98,2% των αναγκών.

Μύκονος Δήλος: Κατασκευή της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων της Άνω Μεράς (2013), μείωση της κατανάλωσης νερού και της άρδευσης (κατά 15%), η αύξηση της δυναμικότητας των αφαλατώσεων, αντικατάσταση δικτύου ύδρευσης. Προβλέπεται κάλυψη των αναγκών κατά 92,9%.

Νάξος: Με την κατασκευή της λιμνοδεξαμενής Κινίδαρου και του φράγματος Τσικαλαριού αναμένεται να περιορισθεί το έλλειμμα νερού από 45% σε 32% το 2020.

Πάρος: Προτείνεται μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης αντί των τριών λιμνοδεξαμενών (που έχουν ήδη εγκριθεί) ώστε το 2020 να καλύπτεται το 96,4% των αναγκών.

Ρόδος: Με την κατασκευή του φράγματος Γαδουρά και την ανακατασκευή όλων των παλαιωμένων δικτύων ύδρευσης που παρουσιάζουν απώλειες από 20% - 45% θα καλύπτει το 97,3% των αναγκών της.

Σύρος: Μείωση της κατανάλωσης ανά μόνιμο κάτοικο και ανά τουρίστα, κατά 10% μείωση των αρδεύσεων, αντικατάσταση των δικτύων ύδρευσης, επεξεργασία υγρών αποβλήτων, έναρξη λειτουργίας του φράγματος Αετού από το 2013, ενίσχυση των μονάδων αφαλάτωσης και ενεργοποίηση των μονάδων στην Άνω Σύρο και στην Ποσειδωνία. Με τα προτεινόμενα μέτρα το 2020 θα καλύπτεται το 80,5% των αναγκών.

Τήνος: Ολοκλήρωση φράγματος Λιβάδα, με την κατασκευή δύο φραγμάτων (Βόλακα και Βακέτας), επεξεργασία λυμάτων και αντικατάσταση υδρευτικών δικτύων Δήμων Εξωμβούργου και Τήνου, προμήθεια νέας φορητής μονάδας αφαλάτωσης δυναμικότητας 1.000 κυβικών μέτρων την ημέρα.

Φολέγανδρος: κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης 300 κ.μ./ημ. για αντικατάσταση των μεταφερομένων ποσοτήτων νερού, και πρόσθετης μονάδας 150 κ.μ./ημ. για πλήρη κάλυψη ελλειμμάτων.

Χάλκη: Κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης, μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, αντικατάσταση δικτύων ύδρευσης.

4.4) Η Σαντορίνη



Ο Δήμος Θήρας προς το παρόν υδρεύεται αποκλειστικά από υπόγεια νερά μέσω γεωτρήσεων. Οι ανάγκες του Δήμου Θήρας καλύπτονται σε ποσοστό 60% από τα δίκτυα της ΔΕΥΑ Θήρας και κατά 40% από υδροπωλητές. Η Κοινότητα της Οίας καλύπτει τις ανάγκες της αξιοποιώντας τη μέθοδο της αφαλάτωσης. Το νερό από την μονάδα φτάνει να καλύψει ολόκληρη την περιοχή, ακόμα και σε φάση αιχμής. Η Θηρασιά υδρεύεται με μεταφορά νερού μέσω πλοίων από το Λαύριο.

Το Δημοτικό Διαμέρισμα Φηρών υδρεύεται από 9 υδρογεωτρήσεις οι οποίες συλλέγουν το παραγόμενο νερό σε δεξαμενή 70m³ στο κεντρικό αντλιοστάσιο ύδρευσης στη θέση Κατοικίες δυναμικότητας 55m³/h. Από το αντλιοστάσιο αυτό τροφοδοτείται, με την βοήθεια ενδιάμεσου αντλιοστασίου, στη θέση Ψαράδικα, η κεντρική δεξαμενή χωρητικότητας 600m³. Οι καταναλώσεις στο Δ.Δ. Φηρών κυμαίνονται από 350m³/day ως ελάχιστο τον χειμώνα και 1250m³/day ως μέγιστο το καλοκαίρι.

4.5) Μονάδα Αφαλάτωσης στην Σαντορίνη

Η μονάδα αφαλάτωσης είναι δυναμικότητας 900 m³/h. Η αιχμή παρουσιάζει τιμή που κυμαίνεται γύρω στα 950 m³/h. Για την κάλυψη αυτής της διαφοράς αλλά και για εφεδρεία, υπάρχουν δεξαμενές, χωρητικότητας 2500 m³. Παρακάτω παρουσιάζετε πίνακας με καταναλώσεις και παραγωγή νερού από την μονάδα αφαλάτωσης. Η πώληση του νερού, σύμφωνα με τα τιμολόγια που έχουν εκδοθεί, έχει παρουσιάσει σταδιακή αύξηση από το έτος 1995. Η τιμή πώλησης του νερού λόγω του υψηλού κόστους αφαλάτωσης είναι υψηλή. Η τιμή παραγωγής ανέρχεται σε 1,5 € και η τιμή πώλησης σε 3,6 € περίπου το κυβικό μέτρο.

Πίνακας 6: Καταναλώσεις έτους 2006 ανά Δημοτικό Διαμέρισμα.

a/a	Δημοτικό Διαμέρισμα	Α' Τετράμηνο	Β' Τετράμηνο	Γ' Τετράμηνο	Σύνολο έτους
1	Ακρωτηρίου	2.848	3.493	3.909	10.250
2	Βόθωνα	6.787	12.208	10.161	29.156
3	Βουρβούλου	5.148	9.185	8.899	23.232
4	Έξω Γωνιάς	4.771	7.127	5.498	17.396
5	Εμπορείου	9.906	13.598	14.900	38.404
6	Ημεροβιγλίου	0	0	0	0
7	Επισκοπή Γωνιάς	46.070	155.993	81.029	283.092
8	Καρτεράδου	14.625	27.635	26.061	68.321
9	Μεγαλοχωρίου	1.261	2.896	3.588	7.745
10	Μεσσαριάς	13.653	21.620	20.935	56.208
11	Πύργου Καλλίστης	0	0	0	0
12	Φηρών	29.984	86.021	58.240	174.245
Συνολικά ετήσια κυβικά:					708.049 m³

Για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του Δήμου Θήρας σε πόσιμο νερό η ΔΕΥΑΘ κινείται στην χωροθέτηση μονάδων αφαλάτωσης σε τρία σημεία του νησιού και συγκεκριμένα:

1) Για την μελλοντική κάλυψη των αναγκών των Δημοτικών Διαμερισμάτων Φηρών, Ημεροβιγλίου και Καρτεράδου προβλέπεται η χωροθέτηση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού δυναμικότητας παραγωγής 5.000m³ ανά ημέρα στον Έξω Γυαλό Φηρών. Ενώ είδη κινείται διαγωνισμός για την ανάθεση του έργου εγκατάσταση μονάδος αφαλάτωσης για το Δ.Δ. Φηρών της νήσου Θήρας δυναμικότητας 2.000m³

2) Για την μελλοντική κάλυψη των αναγκών των Δημοτικών Διαμερισμάτων Επισκοπής Γωνιάς, Έξω Γωνιάς, Μεσσαριάς και Βόθωνα προβλέπεται η χωροθέτηση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού δυναμικότητας 5.000m³ ανά ημέρα στην θέση αεροδρόμιο.

3) Για την μελλοντική κάλυψη των αναγκών του Δημοτικού Διαμερίσματος Εμπορείου και λοιπά Δημοτικά Διαμερίσματα προβλέπεται η χωροθέτηση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού δυναμικότητας 5.000m³ ανά ημέρα σε περιοχή κοντά στην ΜΕΛ Εμπορείου. Για την εξοικονόμηση νερού στην Κοινότητα της Οίας, είχε πραγματοποιηθεί μελέτη για πρόταση επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υδάτων από τους βιολογικούς καθαρισμούς για άρδευση, η οποία όμως απορρίφθηκε ως μη πρωτοποριακή. Η Κοινότητα σχεδιάζει να προχωρήσει σε νέα μελέτη, όπου για την αξιοποίηση των επεξεργασμένων υδάτων προς άρδευση, να χρησιμοποιούνται οι παλαιωμένες μεμβράνες της μονάδας αφαλάτωσης, οι οποίες προορίζονται για απόρριψη μετά την αντικατάστασή τους.



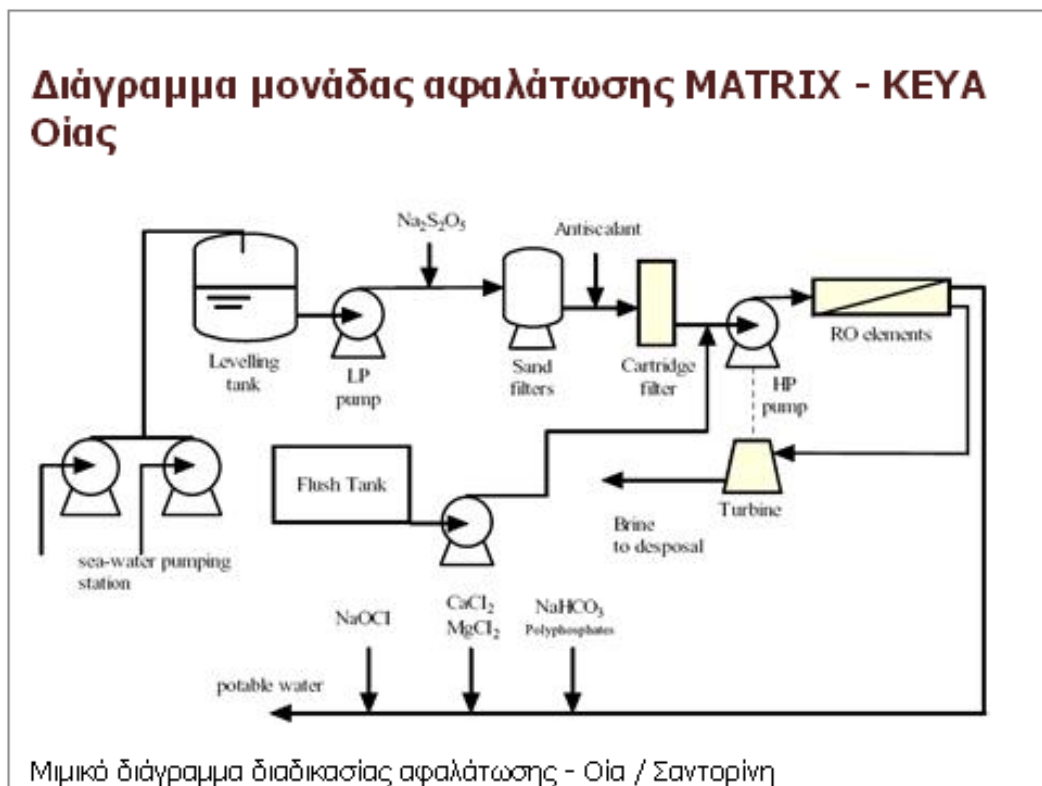
4.6) Σταθμός αφαλάτωσης στην Οία της Σαντορίνης

Στην Κοινότητα Οίας - Θηρασιάς στη Θήρα (Σαντορίνη), υπάρχουν τρεις μονάδες αφαλάτωσης δυνατότητας 800 m³ ανά ημέρα. Πολλές και σημαντικές δυσκολίες όμως προκύπτουν από την εγκατάσταση αυτών.

Το κύριο πρόβλημα είναι η ηφαιστιογενής δομή της Σαντορίνης. Το εργοστάσιο είναι χτισμένο στην άκρη ενός γκρεμού 160 μέτρων στην καлдέρα. Δυο σωλήνες σε σχεδόν κάθετη τοποθέτηση παρέχουν θαλασσινό νερό στις μονάδες αφαλάτωσης με τη χρήση ενός σταθμού άντλησης κοντά στη θάλασσα. Ο σταθμός άντλησης μπορεί να προσεγγισθεί μόνο από τη θάλασσα με κάποιο σκάφος. Τακτικές ζημιές εμφανίζονται στους σωλήνες ή στην τροφοδοσία των αντλιών λόγω πτώση βράχων. Επιπλέον λόγω της δυσκολίας πρόσβασης ο έλεγχος και η συντήρηση του σταθμού άντλησης είναι αρκετά ακριβά.

Το δεύτερο πρόβλημα είναι ότι η ΔΕΗ στην Σαντορίνη δεν είναι ιδιαίτερα σταθερή και προκαλεί προβλήματα στις αντλίες, στους αισθητήρες και στον κλασσικό αυτοματισμό, οπότε έπρεπε να μένει προσωπικό σε εικοσιτετράωρη βάση για επίβλεψη και πιθανή επανεκκίνηση της μονάδας μετά από διακοπή ρεύματος

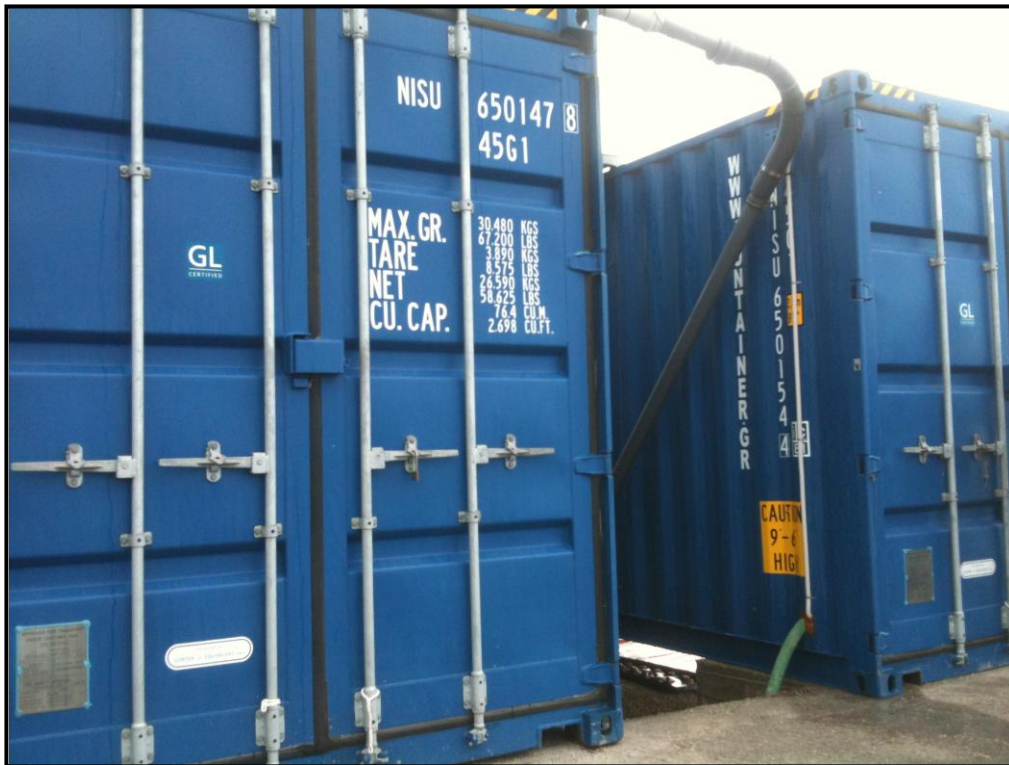
Το τρίτο πρόβλημα είναι ότι σε δύο τουλάχιστον περιπτώσεις ο συμβατικός αυτοματισμός δεν κατάφερε να εντοπίσει σφάλματα δίνοντας αμυρό νερό στην κατανάλωση.





Είναι γνωστό ότι στην περιοχή της Σαντορίνης υπάρχει σε μεγάλη έκταση πρόβλημα με την έλλειψη των απαιτούμενων υδατινών πόρων αλλά και της ποιότητας του υπόγειου νερού. Με δεδομένη την τουριστική ανάπτυξη του νησιού και συγκεκριμένα της Οίας αλλά και την απαιτούμενη ποιοτική αναβάθμιση του τουρισμού, οι ανάγκες σε νερό, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες είναι πολύ μεγάλες. Στην Κοινότητα Οίας δεν λειτουργούν γεωτρήσεις και η υδροδότηση γίνεται από τις υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης. Ήδη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η παραγωγή δεν μπορεί να καλύψει την κατανάλωση πρόβλημα το οποίο αναμένεται να επιδεινωθεί τα επόμενα χρόνια. Έτσι απαιτείται η προμήθεια νέας μονάδας αφαλάτωσης. Επίσης η μορφολογία αλλά και το είδος του εδάφους δεν επιτρέπει την συλλογή του νερού των βροχοπτώσεων ως επιφανειακού νερού.

Η μονάδα αυτή θα είναι τοποθετημένη σε εμπορευματοκιβώτια (containers), με κατάλληλη εργονομική διάταξη του συνόλου του εξοπλισμού ώστε να είναι δυνατή η ευχερής λειτουργία και συντήρησή της. Η μονάδα θα πρέπει να προσαρμόζεται όσο το δυνατόν, αισθητικά στο περιβάλλον.



Η μονάδα θα περιλαμβάνει τα κύρια στάδια επεξεργασίας θαλασσινού νερού με αντίστροφη ώσμωση, δηλαδή προκατεργασία, κύρια επεξεργασία και μετεπεξεργασία,. Θα πρέπει να επιτυγχάνεται απαραίτητα η απαιτούμενη ποιότητα νερού αλλά και το απαιτούμενο ποσοστό ανάκτησης που προβλέπονται στις προδιαγραφές, με την ελάχιστη δυνατή πίεση λειτουργίας. Η μονάδα θα περιλαμβάνει και τις αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού (αντλίες χαμηλής πίεσης). Η τροφοδοσία της μονάδας με θαλασσινό νερό θα γίνεται από την δεξαμενή θαλάσσης που υπάρχει στις εγκαταστάσεις των λειτουργούντων μονάδων αφαλάτωσης.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ακριβής εκτίμηση του πραγματικού κόστους του παραγόμενου νερού (€/m³ παραγόμενου νερού), μέγεθος το οποίο θα παρουσιαστεί αναλυτικά, λαμβάνοντας υπόψη του την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, χρήση χημικών, αναλώσιμων υλικών κλπ.. Επίσης σημαντικός παράγοντας αξιολόγησης είναι και ο σχεδιασμός του κυρίως συστήματος αφαλάτωσης που καθορίζει το ποσοστό ανάκτησης, την πίεση λειτουργίας, αριθμό και διάταξη μεμβρανών, την εργονομία της εγκατάστασης, και η ποιότητα παραγόμενου νερού .

Το θαλασσινό νερό μετά τη αντλία υψηλής πίεσης, θα εισέρχεται τις μεμβράνες αντίστροφης, τις οποίες θα κατακρατείται πλέον του 99,6 % των αλάτων. Οι μεμβράνες θα είναι **μικρής κατανάλωσης ενέργειας**. Οι μεμβράνες θα είναι τοποθετημένες σε δοχεία κατάλληλου μεγέθους.

Τα δοχεία θα αντέχουν σε πίεση 1000 psi και θα είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα ή άλλο σύνθετο υλικό με αντιδιαβρωτική προστασία και ανθεκτικό στην πίεση που αναφέρθηκε προηγούμενα.

Τα δοχεία των μεμβρανών θα πρέπει να έχουν κατάλληλη εργονομική κατασκευή και τοποθέτηση ώστε να είναι γρήγορη η αποσυναρμολόγησή τους και αλλαγή μεμβρανών.

Το θαλασσινό νερό, οδηγείται με την απαιτούμενη πίεση στις μεμβράνες όπου διαχωρίζεται στο αφαιρωμένο νερό (προϊόν) που οδηγείται για επί πλέον επεξεργασία και στην άλμη (συμπύκνωμα), που αποβάλλεται. Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός και λειτουργία τις μονάδας θα περιλαμβάνει ποσοστό ανάκτησης μεγαλύτερη του 35 %. Η πίεση λειτουργίας σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή που θα καλύπτει τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Οι σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα υψηλής πίεσης του θαλασσινού νερού (εισαγωγή των μεμβρανών), θα είναι κατασκευασμένες τουλάχιστον από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 904 L εξαιρετικής υψηλής αντοχής σε διαβρώσεις και καταπονήσεις, ενώ το αφαιρωμένο νερό (προϊόν) θα εξέρχεται με σωληνώσεις PVC. Στο σύστημα των μεμβρανών, θα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου με δειγματοληψίες του νερού στην έξοδο κάθε δοχείου μεμβρανών αλλά και στη γραμμή του συνολικού προϊόντος.

Στη μονάδα, θα τοποθετηθούν τα απαραίτητα όργανα ελέγχου, που θα επιτηρούν πλήρως τις διαδικασίες προ-επεξεργασίας του θαλασσινού νερού (πίεσεις και παράμετροι λειτουργίας φίλτρων, καθαρισμός αυτών, ποιότητα νερού κ.ά.), μετεπεξεργασίας παραγόμενου νερού (έλεγχος ποιότητας και σύστασης, πιέσεις, παράμετροι λειτουργίας, δοσομετρικές κ.ά.) και διαδικασίας αντίστροφης όσμωσης (πίεσεις και παράμετροι λειτουργίας αντλιών υψηλής πίεσης και οσμωτικών μεμβρανών, προγραμματισμός απόπλυσης και χημικού καθαρισμού κ.ά.).



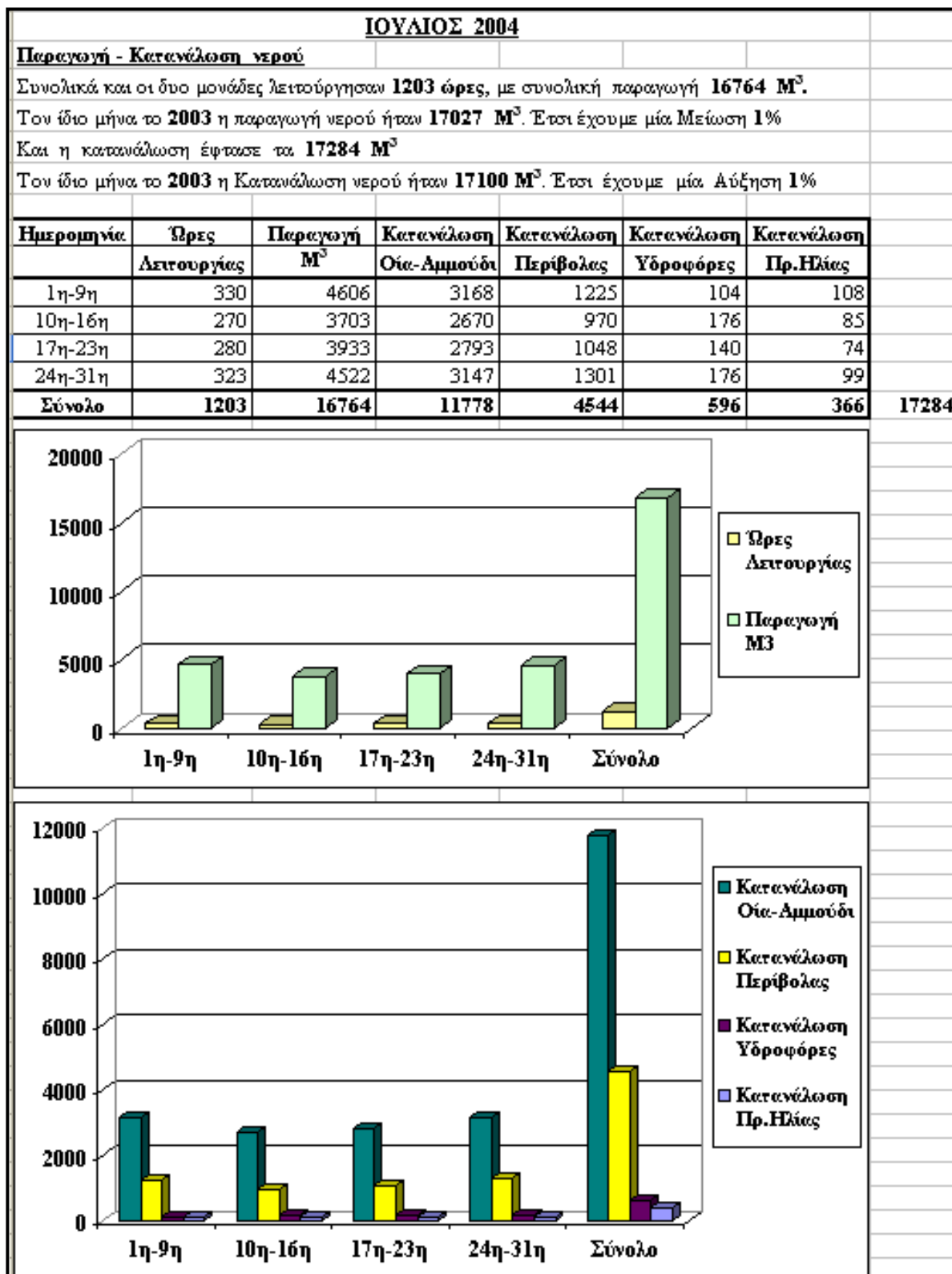
Αναλυτικότερα, θα υπάρχουν:

- Μηχανικά ανοξειδωτά μανόμετρα στις αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού, στην είσοδο και την έξοδο των φίλτρων άμμου και φυσιγγίων, πριν την αντλία υψηλής πίεσης, πριν την είσοδο στις μεμβράνες, στην έξοδο της άλμης από τις μεμβράνες, πριν και μετά το φίλτρο σκληρότητας και στην έξοδο του παραγόμενου καθαρού νερού.
- Ψηφιακοί μετρητές pH στην γραμμή προκατεργασμένου, και στο τελικά παραγόμενο πόσιμο νερού με δυνατότητα διακοπής λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση ανίχνευσης υπέρβασης ορίων και ελέγχου δοσομέτρησης οξέος
- Ψηφιακός μετρητής χλωρίου με δυνατότητα διακοπής λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση ανίχνευσης χλωρίου και ελέγχου δοσομέτρησης της αποχλωρίωσης.
- Ψηφιακό όργανο μέτρησης θερμοκρασίας θαλασσινού νερού
- Ψηφιακά μανόμετρα που περιλαμβάνουν αισθητήρα και ενδεικτικό στον πίνακα ελέγχου για την πίεση εξόδου της αντλίας χαμηλής πίεσης και την πίεση εξόδου της αντλίας υψηλής πίεσης και την πίεση του παραγόμενου νερού.
- Ψηφιακός μετρητής αγωγιμότητας παραγόμενου νερού με δυνατότητα αυτόματης απόρριψης του σε περίπτωση υπέρβασης ορίων ή δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας της μονάδας σε παρατεταμένη απόρριψη.
- Ψηφιακοί μετρητές παροχής στους κλάδους άλμης και παραγόμενου νερού.
- Πρεσοστάτες χαμηλής και υψηλής πίεσης πριν και μετά την αντλία υψηλής πίεσης καθώς και στο παραγόμενο νερό. Σε κάθε περίπτωση εκτροπής των ορίων θα προκαλείται σταμάτημα της μονάδας.
- Autodialer για τηλεφωνική ειδοποίηση σε προκαθορισμένους αριθμούς εάν παρουσιασθεί οποιαδήποτε μη αναμενόμενη διακοπή λειτουργίας.
- Ψηφιακό πολύμετρο για την μέτρηση της έντασης και τάσης ρεύματος των τριών φάσεων παροχής και τη συχνότητα του ρεύματος
- Ωρομετρητή χρόνου λειτουργίας μονάδας





4.6. 1) Κατανάλωση νερού προηγούμενων ετών



ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005

Παραγωγή-Κατανάλωση νερού

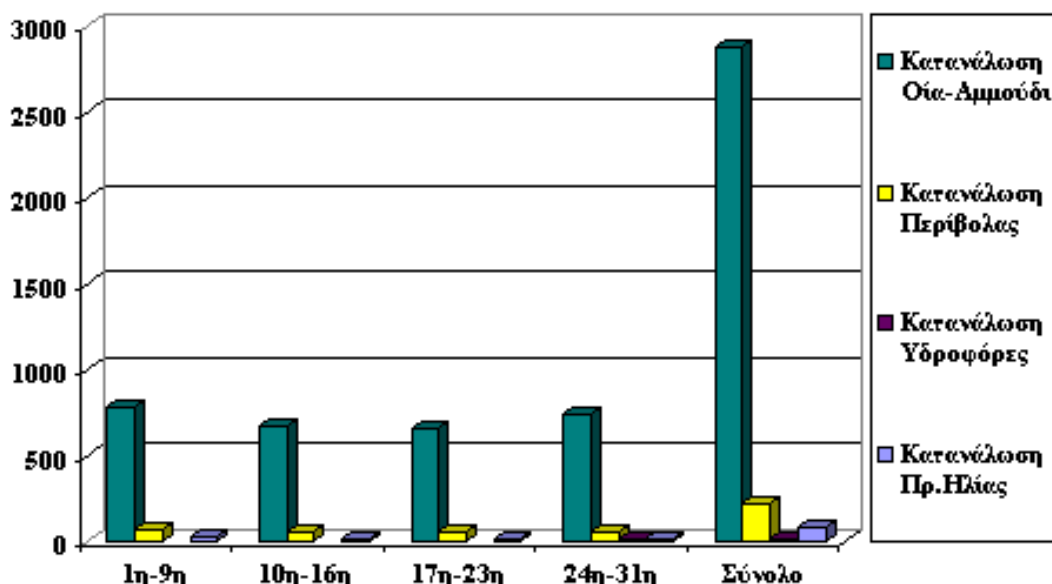
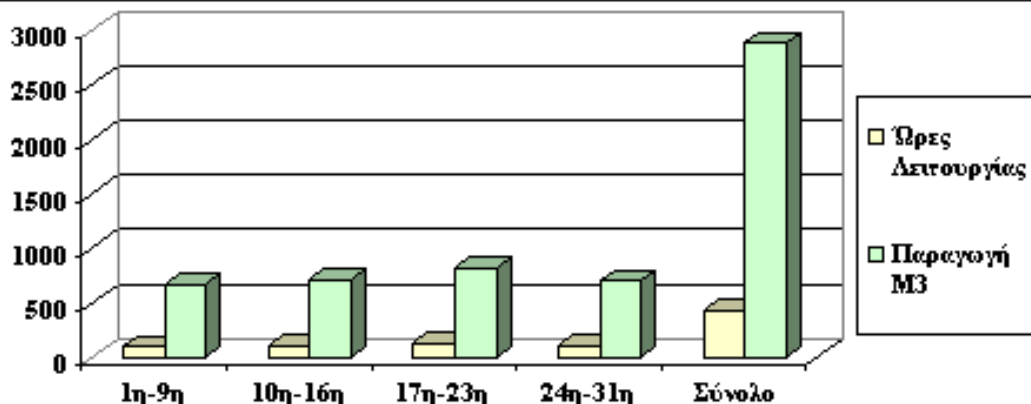
Συνολικά και οι δυο μονάδες λειτούργησαν **433 ώρες**, με συνολική παραγωγή **2887 M³**.

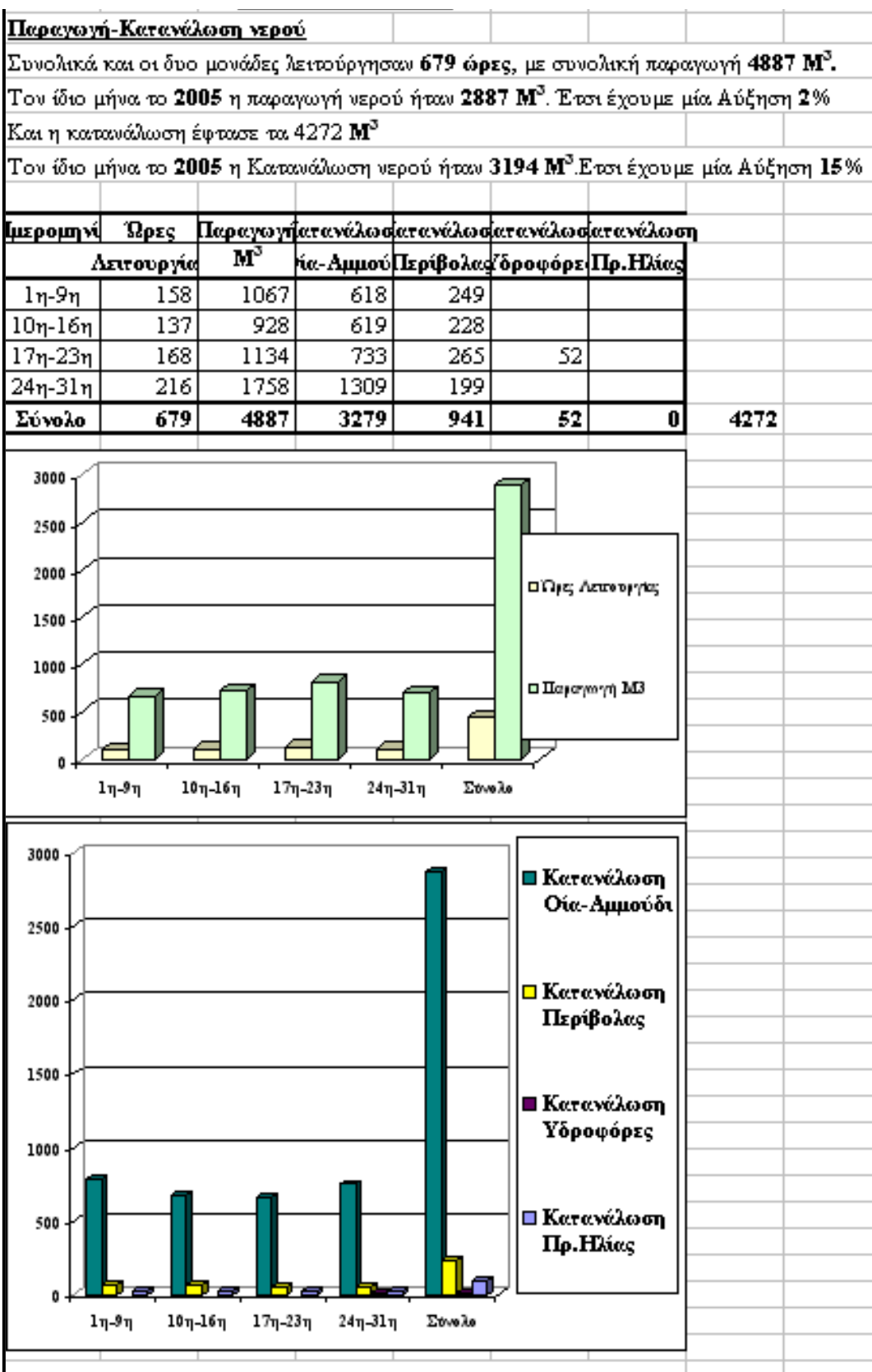
Τον ίδιο μήνα το **2004** η παραγωγή νερού ήταν **2834 M³**. Έτσι έχουμε μία Αύξηση **2%**

Και η κατανάλωση έφτασε τα **3194 M³**

Τον ίδιο μήνα το **2004** η Κατανάλωση νερού ήταν **2774 M³**. Έτσι έχουμε μία Αύξηση **15%**

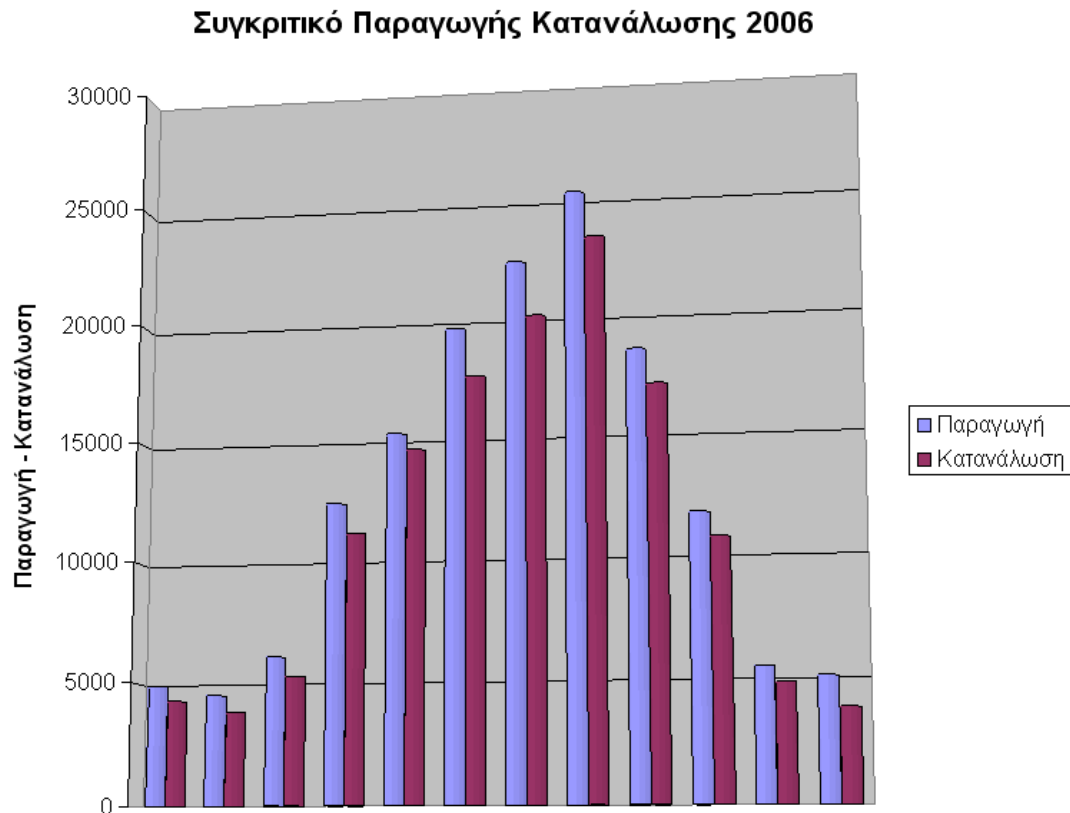
Ημερομηνία	Ώρες	Παραγωγή M ³	Κατανάλωση		Κατανάλωση		Κατανάλωση Πρ.Ηλίας	
	Λειτουργίας		Οία-Αμμούδι	Περίβολας	Υδροφόρες	Πρ.Ηλίας		
1η-9η	95	662	788	66			25	
10η-16η	106	716	671	58			19	
17η-23η	125	813	662	52			19	
24η-31η	107	696	747	52	13		22	
Σύνολο	433	2887	2868	228	13		85	3194





ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ																
Από...06/08/07...έως...12/08/07...																
		Ωρα Έναρ.	Ωρα Λήξης	Ωρες Δείτ.	Παραγ. κ.μ.	Μετρητής Οίας-Αμμούδι			Μετρητής Φοινακιάς			Μετρητής Περιβολας			Υδροφόρες	Φοιν. & Αγ.Ηλίας
						Ένδειξη Πρίν	Ένδειξη Μετά	Καταν. κ.μ.	Ένδειξη Πρίν	Ένδειξη μετά	Καταν. κ.μ.	Ένδειξη Πρίν	Ένδειξη μετά	Καταν. κ.μ.	Καταν. κ.μ.	
ΔΕΥΤΕΡΑ	R.O 1	0	24	24	384										13	
06/08/07	R.O 2	0	24	24	156	95357	95681	324	666829	667126	297	314465	314714	249	9	19
	R.O 3	0	24	24	336											
ΤΡΙΤΗ	R.O 1	0	24	24	384										12	
07/08/07	R.O 2	0	24	24	156	95681	96033	352	667126	667429	303	314714	314974	260	9	19
	R.O 3	0	24	24	348											
ΤΕΤΑΡΤΗ	R.O 1	0	19	19	304											
08/08/07	R.O 2	0	19	19	123,5	96033	96286	253	667429	667675	246	314974	315230	256	6	19
	R.O 3	0	19	19	266											
ΠΕΜΠΤΗ	R.O 1	0	24	24	384										9	
09/08/07	R.O 2	0	24	24	168	96286	96650	364	667675	667920	245	315230	315497	267	13	19
	R.O 3	0	24	24	336										12	
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	R.O 1	0	24	24	384											
10/08/07	R.O 2	0	24	24	168	96650	97020	370	667920	668169	249	315497	315743	246		47
	R.O 3	0	24	24	336											
ΣΑΒΒΑΤΟ	R.O 1	0	24	24	384											
11/08/07	R.O 2	0	24	24	168	97020	97405	385	668169	668432	263	315743	316006	263		47
	R.O 3	0	24	24	336											
ΚΥΡΙΑΚΗ	R.O 1	0	24	24	384											
12/08/07	R.O 2	0	24	24	168	97405	97768	363	668432	668671	239	316006	316237	231		47
	R.O 3	0	24	24	336											
ΣΥΝΟΛΟ			R.O 1	163	2608											
			R.O 2	163	1107,5			2411			1842			1772	83	217
			R.O 3	163	2294											
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓ.				489	6010						6325					
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛ.																

Αριθμός Παροχής		Αφλάτωση	
Περίοδος Κατανάλωσης	Κατανάλωση σε KWh	Σύνολα ετών σε KWh	
1/10/2008	28324	71.418,00	
3/11/2008	24167		
1/12/2008	18927		
2/1/2009	18000		
1/2/2009	15000		
1/3/2009	16500		
1/4/2009	16500		
1/5/2009	24000		
12/6/2009	27000		
1/7/2009	30000		
1/8/2009	34500		
1/9/2009	39000		



Αφαλάτωση Οίας			
Εργοστάσιο με 5 μονάδες			
Δυναμικότητα	1η	360 m³/day	1994
Matrix	2η	138 m³/day	1999
Gulligan	3η	300 m³/day	2000
	4η	200 m³/day	2008
TEMAK	5η	500m³/day	2011
Μέθοδος Αφαλάτωσης -> Αντίστροφη Όσμωση R.O			
Κόστος Αφαλάτωσης	1,5 €/m³		
Αντλιοστάσιο Θάλασσας με μανομετρικό 160m + 10m από τη στάθμη			
Ανάκτηση 35%	1000m³	350m³ καθαρό	
		650m³ άλμη	
Χρέωση 3,40 €/m³	με δεξαμενές αποθήκευσης 2000m³		

4. 7) Μονάδα αφαλάτωσης Δ. Φηρών Θήρας

Η μονάδα αφαλάτωσης αποτελείται από ένα πλήρες σύστημα αφαλάτωσης δυναμικότητας 2000m³/h . Στην περιοχή των Φηρών η κύρια δεξαμενή βρίσκεται στη θέση Γούλας χωρητικότητας 500 m³ από όπου τροφοδοτείται το εσωτερικό δίκτυο του οικισμού. Η τροφοδοσία της επιτυγχάνεται μέσω αντλιοστασίου ύδρευσης που έχει κατασκευαστεί παραπλεύρως μιας γεώτρησης και επιπλέον η δεξαμενή τροφοδοτείται μέσω υδροφόρων οχημάτων ειδικά τους θερινούς μήνες.



Η μέγιστη παροχή που μπορεί να μεταφερθεί από το αντλιοστάσιο ύδρευσης είναι 40 m³/ημέρα και η εισροή των χλωριόντων στο νερό είναι σημαντική με αποτέλεσμα το νερό να είναι ακατάλληλο προς πόση. Για τις ανάγκες της περιοχής , μια παροχή νερού της τάξεως των 3000m³/ημέρα που αντιστοιχεί σε πληθυσμό μεγαλύτερο των 15000 ατόμων είναι ικανή να καλύψει τη ζήτηση κατά τους θερινούς μήνες.

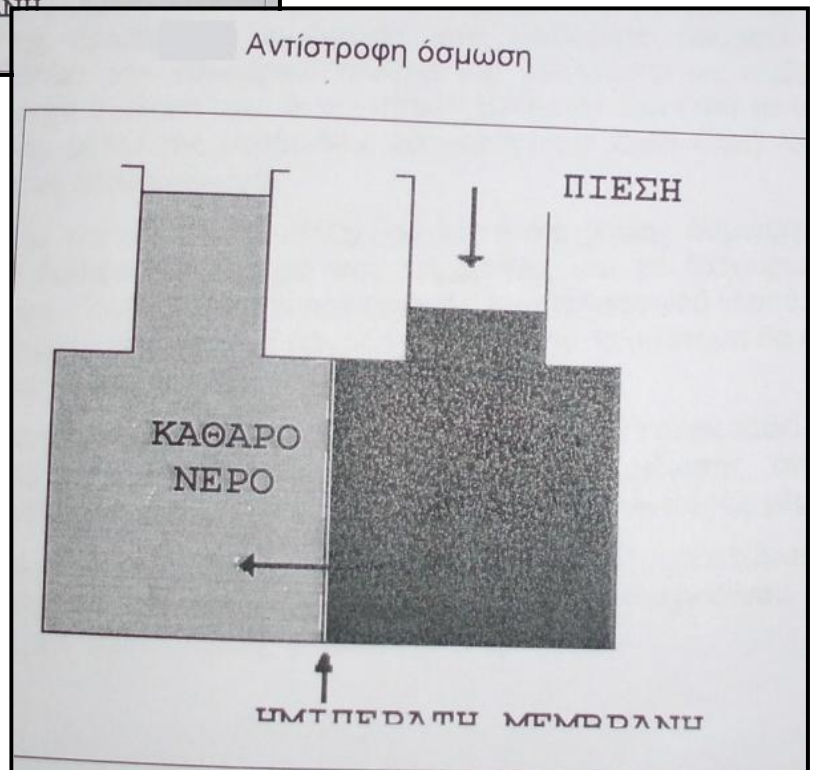
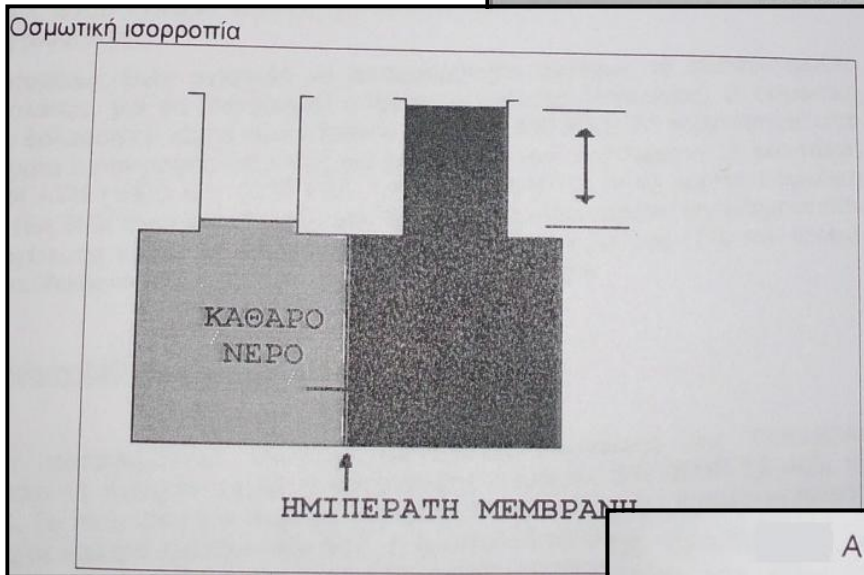
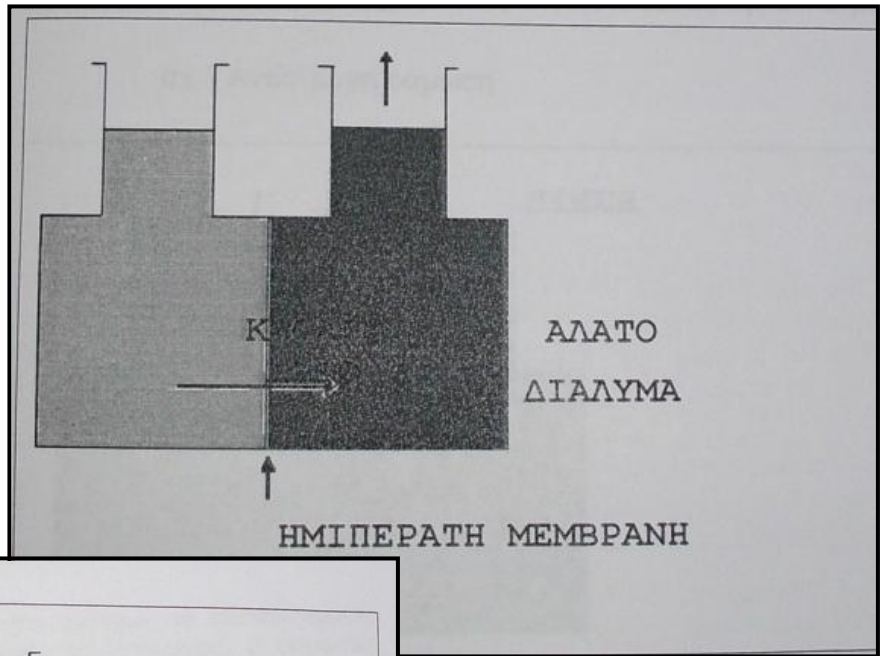
Η μονάδα αφαλάτωσης των Φηρών χρησιμοποιεί την μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης όπου διαχωρίζεται το καθαρό νερό από το νερό που περιέχει άλατα με τη βοήθεια μιας ημιπερατής μεμβράνης, η οποία δρας τον μοριακό και ιοντικό φίλτρο. Το σύστημα μεμβρανών που εφαρμόζεται στο σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού είναι ικανό να κατακρατήσει περισσότερο από 99% των αλάτων που βρίσκονται σε διάλυση στο θαλασσινό νερό.

Το καθαρό νερό περνάει έως ότου η πίεση που δημιουργεί το ύψος του νερού στην πλευρά του αλατοδιαλύματος γίνει ίση με την οσμωτική πίεση του αλατοδιαλύματος, όπου φτάνουμε στην ισορροπία όσμωσης .



Εάν τώρα μια εξωτερική δύναμη μεγαλύτερη από την οσμωτική εφαρμοστεί στην πλευρά του αλατοδιαλύματος , η ροή θα αντιστραφεί και το καθαρό νερό θα περάσει δια μέσου της μεμβράνης με κατεύθυνση από το αλατοδιάλυμα προς την πλευρά του καθαρού νερού, θα έχουμε δηλαδή τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.

Σε ένα σύστημα αντίστροφης όσμωσης, το πλούσιο σε άλατα νερό, μέσω μιας αντλίας, συμπιέζεται σε μια πίεση μεγαλύτερη από την οσμωτική του πίεση και τροφοδοτείται στην μεμβράνη της αντίστροφης όσμωσης . Το καθαρό νερό περνάει μέσα από την μεμβράνη και συλλέγεται από την άλλη πλευρά. Καθώς το καθαρό νερό απομακρύνεται από το αλατόνερο η συγκέντρωση αλάτων σε αυτό αυξάνεται, όπως επίσης και η οσμωτική του πίεση. Έτσι είναι αναγκαίο να απομακρύνεται συνεχώς το συμπυκνωμένο διάλυμα αλάτων, για να αποφευχθεί αύξηση της πίεσης. Η οσμωτική πίεση του θαλασσινού νερού είναι περίπου 28ATM, και τα περισσότερα από τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης λειτουργούν σε πίεση 70 έως 84 ATM . Για να αποφευχθεί πολύ μεγάλη οσμωτική πίεση του θαλασσινού νερού πρέπει να απορρίπτεται στην αποχέτευση επομένως μόνο το 50% του τροφοδοτούμενου θαλασσινού νερού μετατρέπεται σε πόσιμο.



Παράμετρος	Μονάδες Μέτρησης	Αποτέλεσμα
Θερμοκρασία	°C	20
Ασβέστιο (Ca)	mg/lit	560
Όξινα ανθρακικά (HCO ₃)	mg/lit	150
Νάτριο (Na)	mg/lit	13200
Θειικά (SO ₄)	mg/lit	2700
Κάλιο (K)	mg/lit	415
Χλωριούχα (Cl)	mg/lit	23900
Μαγνήσιο (Mg)	mg/lit	1480
Σίδηρος (Fe)	mg/lit	0.001
Στρόντιο (Sr)	mg/lit	8
Βάριο (Ba)	mg/lit	0.02
Νιτρικά (NO ₃)	mg/lit	2
Φθοριούχα (F)	mg/lit	1
Ανθρακικά (CO ₃ ⁻)	mg/lit	30
Διοξείδιο του πυριτίου (SiO ₂)	mg/lit	3
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	mg/lit	0,5
pH		8.25
Βόριο (B)	mg/lit	4.5
TDS	mg/lit	42500

4.7.1) Τα κυριότερα μέρη της μονάδας αφαλάτωσης

- Τμήμα υδροληψίας θαλασσινού νερού
- Τμήμα αποθήκευσης – προεπεξεργασίας του ανεπεξέργαστου νερού
- Τμήμα παραγωγής αφαλατωμένου νερού
- Τμήμα μετεπεξεργασίας αφαλατωμένου νερού
- Τμήμα αποθήκευσης πόσιμου νερού
- Σύστημα χημικών καθαρισμών των μεμβρανών
- Τμήμα ηλεκτρολογικής εγκατάστασης
- Τμήμα αυτοματισμών και ελέγχου



Το θαλασσινό νερό αντλείται μέσω 4 υδρογεωτρήσεων από βάθος -20m περίπου , σε απόσταση 100 m από την ακτή, καταθλίβεται στην εγκατάσταση αφαλάτωσης σε δεξαμενή αποθήκευσης- εξισορρόπησης. Μετά την φίλτρανση το νερό αποχλωριώνεται και στη συνέχεια τροφοδοτείται στις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης, δέχεται έπειτα την κατάλληλη επεξεργασία για να αποκτήσει το κατάλληλο pH και αποθηκεύεται σε κατάλληλες δεξαμενές.

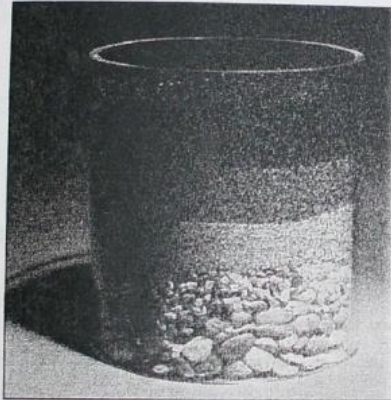
Η πλήρης εγκατάσταση αφαλάτωσης αποτελείται από τα ακόλουθα:

- Υδροληψία θαλασσινού νερού
- Άντληση του θαλασσινού νερού από γεωτρήσεις
- Απολύμανση
- Παραμονή του θαλασσινού νερού σε δεξαμενές αποθήκευσης – εξισορρόπησης
- Άντληση του θαλασσινού νερού από την δεξαμενή
- Φίλτρανση σε πολλαπλά στρώματα άμμου
- Αποχλωρίωση
- Διόρθωση του pH
- Φίλτρανση μέσω φυσιγγίων
- Άντληση σε υψηλή πίεση
- Αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση
- Αύξηση της σκληρότητας. Αλκαλικότητας και διόρθωση του pH
- Μεταχλωρίωση
- Αποθήκευση του αφαλατωμένου ύδατος





4.7.2) Τεχνικά χαρακτηριστικά



ΚΛΙΝΗ ΦΙΛΤΡΑΝΣΗΣ

- ← ΑΝΘΡΑΚΙΤΗΣ
- ← ΠΥΡΙΤΙΚΗ ΑΜΜΟΣ
- ← ΓΡΑΝΑΤΗΣ
- ← ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

α. Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας

-- Τύπος		: SP60-6 R
-- Παροχή		: 53 m ³ /h
-- Αντίστοιχο μανομετρικό		: 51,2 ΜΥΣ
-- Απορροφούμενη ισχύς	P2	: 9,98 KW
-- Βαθμός αποδόσεως		: 74,1%
-- Στροφές		: 2876 RPM
-- Στόμιο κατάθλιψης		: DN 100

β. Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα

-- Ασύγχρονος, βραχυκυκλωμένου δρομέα.		
-- Τύπος		: MS 6000
-- Αριθμός πόλων		: 2
-- Ρεύμα λειτουργίας		: Τριφασικό 380 V / 50 Hz
-- Στροφές		: 2876 RPM
-- Βαθμός απόδοσης		: 82,2%
-- Απορροφούμενη ισχύς P1		: 12,2 KW
-- Ισχύς P2		: 11 KW
-- Προστασία		: IP 58
-- Κλάσις μόνωσης		: F
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ : GRUNDFOS (ΔΑΝΙΑ)		
ΠΟΣΟΤΗΣ : ΤΕΜΑΧΙΑ ΔΥΟ		

Τύπος	: IEC 315SMA2B3-110 KW
Ασύγχρονος, βραχυκυκλωμένου δρομέα	
Αριθμός πόλων	: 2
Ρεύμα λειτουργίας	: Τριφασικό 380V / 50Hz
Στροφές	: 2982 RPM
Ισχύς P2	: 110 KW
Βαθμός απόδοσης κινητήρα	: 94,3%
Απορροφούμενη ισχύς P1	: 108,4 KW
Εκκίνηση	: Ομαλή από soft starter
Προστασία	: IP - 55
Κλάσις μόνωσης	: F
Ηλεκ. Προστασία	: Από μαγνητοθερμικό διακόπτη
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	: SIEMENS
γ. Εναλλάκτης πίεσης	
- Τύπος	: PX 140 S
- Παροχή τροφοδοσίας άλμης	: 31,8 m ³ /h (63,6)
- Πίεση τροφοδοσίας άλμης	: 63,53 bar
- Πίεση απόρριψης άλμης	: 1,7 bar
- Παροχή θαλασσινού νερού	: 31,05 m ³ /h (62,1)
- Αποδιδόμενη πίεση	: 59,4 bar
- Πίεση εισόδου	: 3,0 bar
- Πίεση εξόδου	: 62,4 bar
- Βαθμός απόδοσης	: 93,7 %
- Ανακτώμενη ισχύς	: 62,45 KW (124,9)
- Υλικά κατασκευής χάλυβας	: Κεραμικά, PVC, FRP, ανοξείδωτος
	υψηλής
ποιότητας (254 SMO, κλπ)	
- ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	: ENERGY RECOVERY INC
- ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	: ΗΠΑ
- ΠΟΣΟΤΗΣ	: ΤΕΜΑΧΙΑ ΔΥΟ (2)
δ. Τεχνικά χαρακτηριστικά της δευτερεύουσας αντλίας (booster)	
- Τύπος	: BM 60-5 (hp)
- Παροχή	: 62,1 m ³ /h

α. Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας

-- Τύπος		: SHE 80-160/185
-- Παροχή		: 106 m ³ /h
-- Αντίστοιχο μανομετρικό		: 42 ΜΥΣ
-- Απορροφούμενη ισχύς	P2	: 16,1 KW
-- Βαθμός αποδόσεως		: 75%
-- Στροφές		: 2900 RPM
-- Στόμιο αναρρόφησης		: DN 100
-- Στόμιο κατάθλιψης		: DN 80
-- Υλικά κατασκευής		: Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316 L

β. Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα

-- Ασύγχρονος, βραχυκυκλωμένου δρομέα.		
-- Αριθμός πόλων		: 2
-- Ρεύμα λειτουργίας		: Τριφασικό 380 V / 50 Hz
-- Στροφές		: 2900 RPM
-- Βαθμός απόδοσης		: 89%
-- Απορροφούμενη ισχύς P1		: 18,1 KW
-- Ισχύς P2		: 18,5 KW
-- Προστασία		: IP 55
-- Κλάσις μόνωσης		: F
-- Ηλεκ. Προστασία		: Μαγνητοθερμικός διακόπτης

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ : LOWARA (ΙΤΑΛΙΑ)

ΠΟΣΟΤΗΣ : ΤΕΜΑΧΙΑ ΤΡΙΑ (3), (Το ένα εφεδρικό).

– Μανομετρικό		: 3,5 atm
– Πίεση αναρρόφησης		: 62,4 bar
– Πίεση κατάθλιψης		: 65,9 bar
– Αριθμός βαθμίδων	BM	: 5
–Βαθμός απόδοσης αντλίας		: 72,2%
– Απορροφούμενη ισχύς	P2	: 8,3 KW
– Στροφές		: 2845 rpm
Υλικά κατασκευής :	Εξ ολοκλήρου AISI 904 L	
ε. Κινητήρας		
Τύπος		: MS 6000
Ασύγχρονος, βραχυκυκλωμένου δρομέα		
Αριθμός πόλων		: 2
Ρεύμα λειτουργίας		: Τριφασικό 380V / 50Hz
Στροφές		: 2845 RPM
Ισχύς P2		: 9,2 KW
Βαθμός απόδοσης κινητήρα	: 79,6%	
Απορροφούμενη ισχύς P1	: 10,5 KW	
Εκκίνηση		: Ομαλή από Inverter
Προστασία		: IP - 55
Κλάσις μόνωσης		: F
Ηλεκ. Προστασία		: - Από inverter
Από μαγνητοθερμικό διακόπτη		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ		: GRUNDFOS
ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ		: ΔΑΝΙΑ

ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	DOW CHEMICAL
ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΗΠΑ
ΤΥΠΟΣ	FILMTEC SW 30 HRLE -400i
ΕΙΔΟΣ	Spiral wound, thin film composite
ΥΛΙΚΟ	ΠΟΛΥΑΜΙΔΗ
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΟΣ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	37 M ² (400 Ft ²)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΩΣΗ	28M ³ /ημέρα
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΑΛΑΤΩΝ	99,75%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	1200 psi (83 bar)
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	45°C max
ΑΝΟΧΗ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	< 0,1 mg/l
pH ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	2-11
ΜΕΓΙΣΤΟ SDI ΝΕΡΟΥ	5
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	1 NTU

4.7.3) Αυτοματισμοί

Το σύστημα αυτοματισμού είναι σχεδιασμένο ώστε να μπορούν να εκτελεστούν αυτόματα διάφοροι κύκλοι. Ο κεντρικός πίνακας ελέγχου με PLC της κάθε μονάδας εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Δίνει εντολές στις διάφορες βαλβίδες να ανοίγουν ή να κλείνουν ανάλογα με τον κύκλο προγράμματος
- Δέχεται ρυθμίσεις των χρόνων διάρκειας κάθε κύκλου
- Δέχεται ρυθμίσεις για τον προκαθορισμένο χρόνο ενάρξεως του καθαρισμού του φίλτρου
- Μπορεί να δέχεται εντολή εκτός του προκαθορισμένου χρονικού προγράμματος και από άλλο εξωτερικό αισθητήριο σήμα
- Μπορεί μόλις λάβει εντολή για καθαρισμό να την μεταδώσει σε άλλο στοιχείο της εγκατάστασης

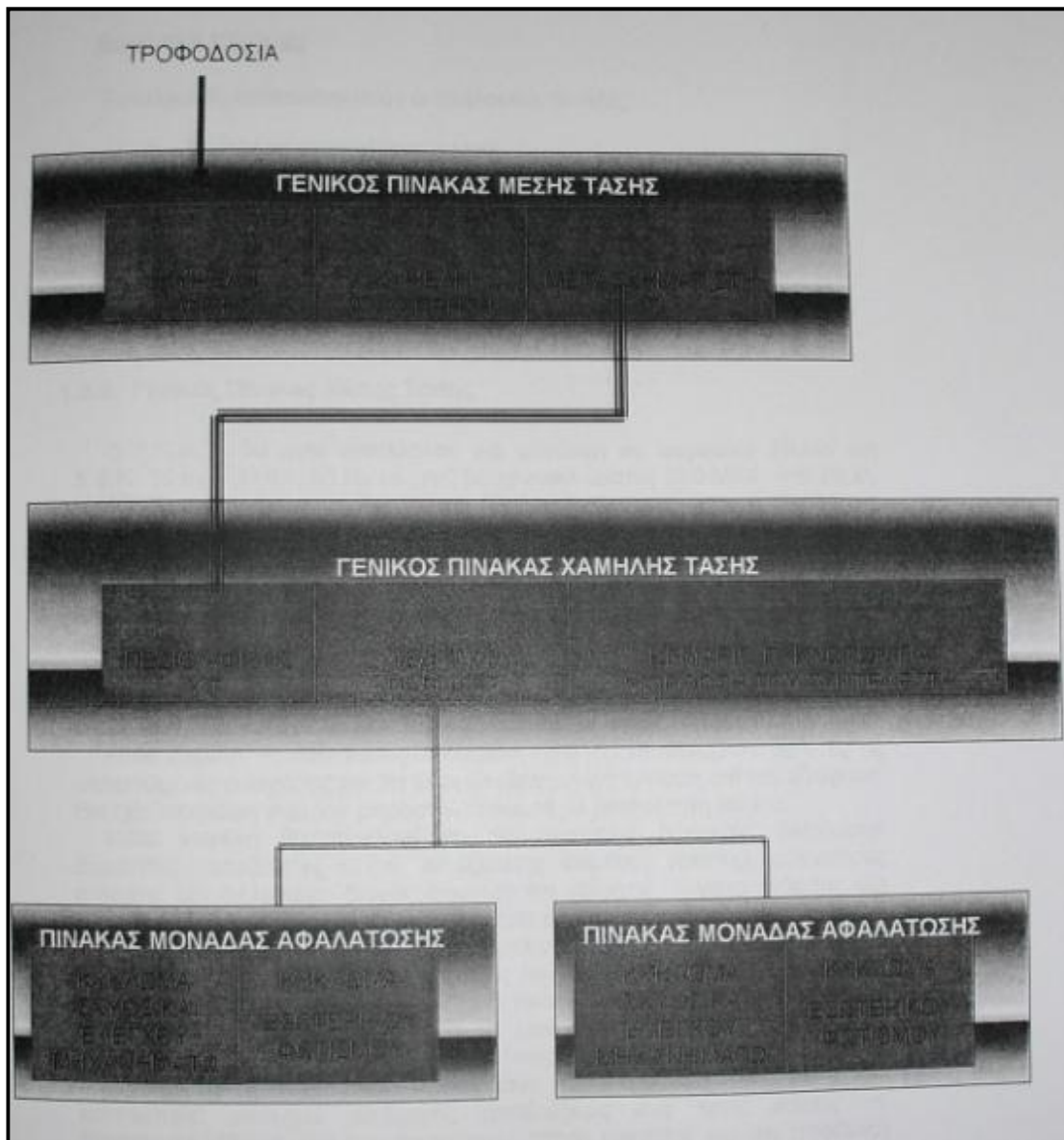
Το ξεκίνημα λειτουργίας της κάθε μονάδας αφαλάτωσης γίνεται αυτόματα σύμφωνα με την ζήτηση του νερού. Ένας ρυθμιστής στάθμης τοποθετημένος στην δεξαμενή αποθήκευσης πόσιμου νερού της μονάδας αφαλάτωσης ελέγχει το ξεκίνημα της γραμμής αφαλάτωσης.

Η διαδικασία των σημάτων αυτοματισμού είναι η ακόλουθη:

- Οι ρυθμιστές στάθμης της δεξαμενής αποθήκευσης πόσιμου νερού δίδουν εντολή να ξεκινήσει η αντλία τροφοδοσίας θαλασσινού νερού, που έχει σειρά να λειτουργήσει
- Η αντλία τροφοδοσίας θαλασσινού νερού ξεκινά όλες τις τροφοδοτικές αντλίες χημικών διαλυμάτων της μονάδας προκατεργασίας του νερού.
- Μετά από μερικά δευτερόλεπτα, εάν όλα τα σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές των διαφόρων παραμέτρων για την προστασία της αντλίας υψηλής πίεσεως και των μεμβρανών της αντίστροφης όσμωσης
- Όλο ο σύστημα ελέγχου είναι προστατευμένο μέσω εξαρτημάτων ασφαλείας τα οποία μεταβιβάζουν ένα σήμα συναγερμού στον πίνακα ελέγχου.

Δομή των πινάκων

- Γενικός πίνακας Μέσης τάσης
- Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης
- Πίνακας μονάδας αφαλάτωσης Νο1
- Πίνακας μονάδας αφαλάτωσης Νο2



4.7.4) Κόστος λειτουργίας

Το κόστος λειτουργίας απαρτίζεται από:

- Κόστος ενέργειας
- Κόστος χημικών
- Κόστος προσωπικού
- Κόστος αναλώσιμων

4.7.5) Κόστος ενέργειας

<u>Υπολογισμός ισχύος λειτουργίας</u>		
<u>Φορτία</u>	<u>Εγκατεστημένα</u>	<u>Εν λειτουργία</u>
Αντλίες υδροληψίας	2 x 11 KW	2 x 11 KW
Αντλίες τροφοδοσίας	2 x 18,5 KW	1 x 18,5 KW
Αντλία υψηλής πίεσης (κύρια)	1 x 110 KW	1 x 110 KW
Αντλία υψηλής πίεσης (δευτ.)	1 x 9,2 KW	1 x 9,2 KW
Αντλία έκπλυσης	1 x 4 KW	-
Αντλία χημικού καθαρισμού	1 x 9,2 KW	-
Τροφοδοτικές αντλίες χημικών	10 x 0,02 KW	5 x 0,02 KW
Αναδευτήρες χημικών	2 x 0,08 KW	-
Αυτοματισμοί	1 x 0,1 KW	1 x 0,1 KW
Φωτισμός, κλιματισμός	<u>1 x 2,5 KW</u>	<u>1 x 0,5 KW</u>
ΣΥΝΟΛΟ	194,36 KW	160,4 KW

<u>Υπολογισμός αναλισκόμενης ισχύος</u>	
<u>Φορτία</u>	<u>Απορροφούμενη Ισχύς P1 (KW)</u>
Αντλίες υδροληψίας	2 x 12,2
Αντλίες τροφοδοσίας	1 x 18,1
Αντλία υψηλής πίεσης (κύρια)	1 x 108,4
Αντλία υψηλής πίεσης (δευτ.)	1 x 10,5
Τροφοδοτικές αντλίες χημικών	<u>5 x 0,02</u>
ΣΥΝΟΛΟ	161,5 KW

4.7.6) Κόστος χημικών

Τα χημικά που χρησιμοποιούνται είναι τα:

- Υποχλωριώδες νάτριο με κόστος 0,00401 €/m³
- Θεϊκό οξύ με κόστος 0,02746 €/m³
- Όξινο θειώδες νάτριο με κόστος 0,0015 €/m³
- Ανθρακικό ασβέστιο με κόστος 0,07526 €/m³

Ολικό κόστος χημικών : 0,10823 €/m³

4.7.7) Κόστος προσωπικού

Η μονάδα αυτή λειτουργεί εντελώς αυτόματα, περιλαμβάνει στον αυτοματισμό της κάθε όργανο απαραίτητο για την προστασία της από κάθε προβλεπτό συμβάν που θα δημιουργούσε ζημιά ή βλάβη. Οι απαιτήσεις σε προσωπικό περιορίζονται σε απλή παρακολούθηση, καταγραφή δεδομένων λειτουργίας σε τακτά χρονικά διαστήματα και στη συμπλήρωση των κάδων με χημικά και εκτέλεση τυχόν χημικών καθαρισμών. Η αντιστοιχία είναι περίπου μία ώρα εργασίας ημερησίως.

4.7.8) Κόστος αναλώσιμων

α. Αντικατάσταση φυσιγγίων προφίλτρων

Η αντικατάσταση των φυσιγγίων προβλέπεται να γίνεται ανά 3 μήνες λειτουργίας. Σε 3 μήνες έχουν παραχθεί κατά μέσο όρο :

$3 \times 30 \times 1000 = 90.000 \text{ m}^3$ ποσίου νερού.

Τα προφίλτρα περιέχουν 45 φυσιγγία, που η αντικατάστασή τους κοστίζει $45 \times 10 \text{ €} = 450 \text{ €}$. Συνεπώς η κατανάλωση φυσιγγίων είναι $0,005 \text{ €}$ ανά m^3

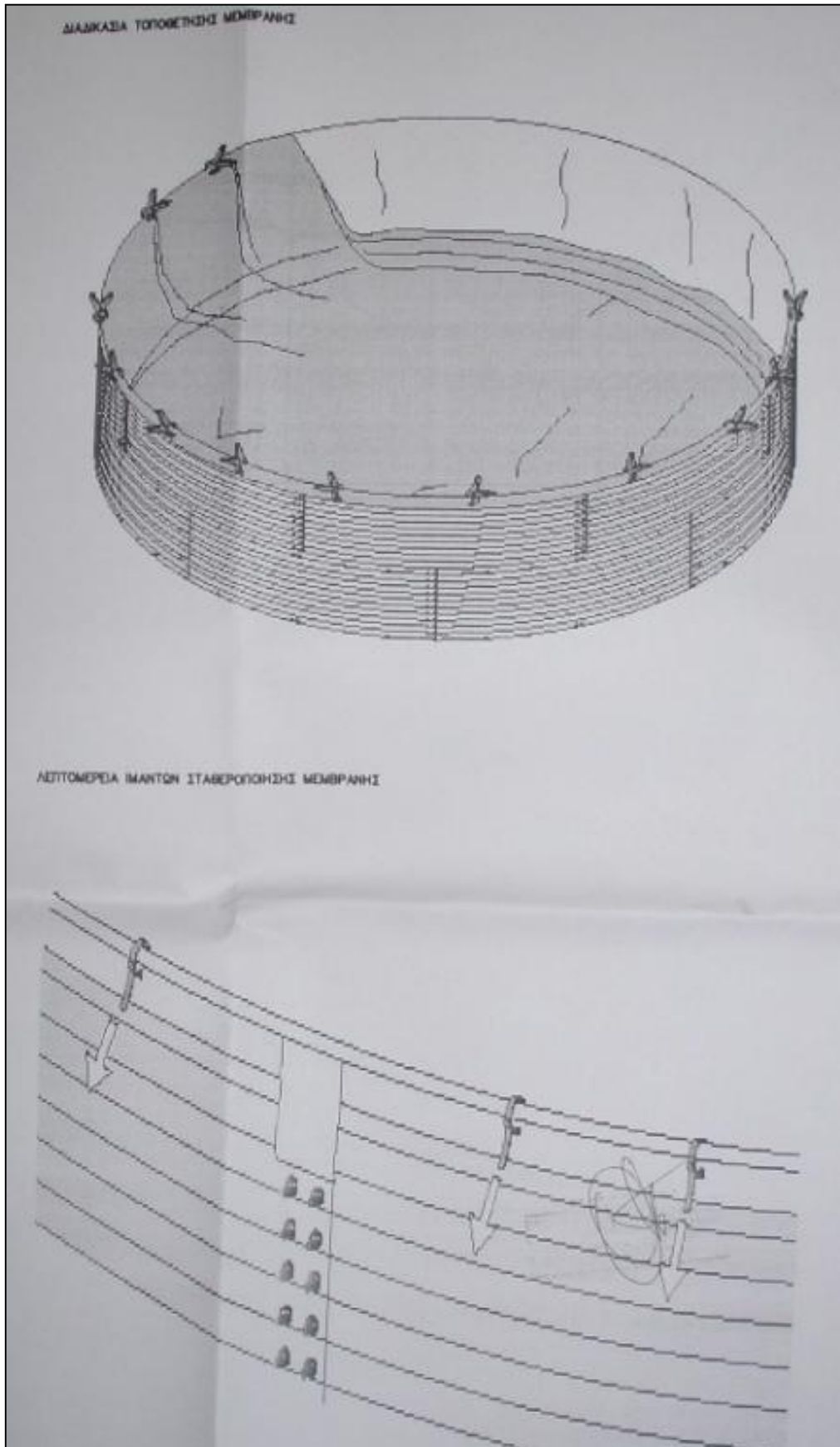
β. Μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

Το προσφερόμενο σύστημα έχει υπολογιστεί για 3 χρόνια λειτουργίας των μεμβρανών και στην χειρότερη περίπτωση τότε θα χρειαστούν αντικατάσταση οι μισές μεμβράνες.

Σε τρία χρόνια θα έχουν παραχθεί 1095000 m^3 νερού.

Η τιμή μίας μεμβράνης (εσωτερικό στοιχείο μόνον, διότι το κέλυφος δεν θα αντικατασταθεί) είναι 1.000 € και χρησιμοποιούνται 70 μεμβράνες οπότε το κόστος αντικατάστασης θα είναι (για 35) 35000 € .

Άρα το κόστος ανά m^3 είναι $0,03196 \text{ €}$.



4.8) Φορητή μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού του Δήμου Φηρών

Το παραγόμενο νερό πρέπει να είναι κατάλληλο για πόσιμο. Όταν δύο διαλύματα με διαφορετική συγκέντρωση διαλυμένων στερεών είναι διαχωρισμένα με μία ημιπερατή μεμβράνη, το νερό θα περάσει διαμέσου της μεμβράνης από το πιο αραιό στο πιο συμπυκνωμένο διάλυμα. Για οποιοδήποτε ζεύγος δύο τέτοιων διαλυμάτων, υπάρχει διαφορά πίεσης στην επιφάνεια της μεμβράνης που ονομάζεται οσμωτική πίεση και εξαρτάται από τη διαφορά στη συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων στα δύο διαλύματα.

<i>TDS ppm</i>	<i>Παραγωγή m³/hr</i>	<i>Πίεση λειτουργίας bar</i>
2700	51,4	11,04
2700	65	13,55
5000	51,4	14,9

Εάν εφαρμοστεί πίεση μεγαλύτερη της οσμωτικής πίεσης στο συμπυκνωμένο διάλυμα η ροή του νερού θα αντιστραφεί και το νερό θα περάσει από το πιο συμπυκνωμένο διάλυμα προς το πιο αραιό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **αντίστροφη όσμωση**. Το μέγεθος της πίεσης που χρειάζεται να ασκηθεί, εξαρτάται από το συνολικό ιονικό φορτίο των δύο διαλυμάτων καθώς χρειάζεται να υπερνικηθεί η φυσική οσμωτική πίεση. Ανάλογα με τη φύση του συμπυκνωμένου διαλύματος, η τάξη του μεγέθους της πίεσης αυτής είναι 150 – 400 psi για υφάλμυρο νερό και 800 – 1000 psi για θαλασσινό νερό.



Στη μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού πραγματοποιείται αυτόνομα ο κύκλος επεξεργασίας, περιλαμβάνει:

Προκατεργασία

- Χλωρίωση
- Δεξαμενισμός τροφοδοσίας συστήματος
- Κατάθλιψη του ακατέργαστου νερού προς το σύστημα αφαλάτωσης
- Φίλτραυση με πολυστρωματικά φίλτρα άμμου παρακράτησης αιωρούμενων σωματιδίων, θολότητας και άλλων ρυπαντών
- Τροφοδοσία αντικαθαλατωτικού
- Τροφοδοσία όξινου θειώδους νατρίου
- Τροφοδοσία οξέως
- Φίλτραυση μέσω φίλτρων φυσιγγίων

Σύστημα αντίστροφης ώσμωσης

- Κατάθλιψη του προεπεξεργασμένου νερού, στην κυρίως μονάδα της αντίστροφης ώσμωσης μέσω αντλητικού συγκροτήματος υψηλής πίεσης
- Αφαλάτωση του ακατέργαστου νερού με τη διέλευση του από συστοιχίες μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης
- Σύστημα αυτόματης έκπλυσης μετά από κάθε διακοπή της παραγωγής της μονάδας. Η έκπλυση πραγματοποιείται στα φίλτρα φυσιγγίων, στην αντλία υψηλής πίεσης και στις μεμβράνες
- Μονάδα χημικού καθαρισμού



ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
Παράμετρος	Μονάδες Μέτρησης	Αποτέλεσμα
Κάλιο	mg/lit K^+	19
Νάτριο	mg/lit Na^+	1567
Μαγνήσιο	mg/lit Mg^{+2}	74
Ασβέστιο	mg/lit Ca^{2+}	223
Σίδηρος ολικός	mg/lit Fe^{tot}	0,05
Μαγγάνιο	mg/lit Mn	0,06
Όξινα ανθρακικά	mg/lit HCO_3^-	171
Νιτρικά	mg/lit NO_3^-	5,2
Χλωριόντα	mg/lit Cl^-	2754
Φθοριούχα	mg/lit	0
Θειικά	mg/lit SO_4^{2-}	217
Πυριτικά	mg/lit SiO_2	0
pH		7,5
TDS (180°C)	mg/lit	5000
Θολερότητα	NTU	0,5
Θερμοκρασία	°C	20



Μετακατεργασία

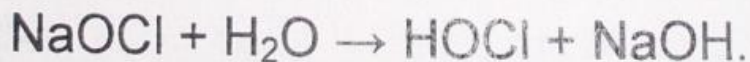
- Αύξηση σκληρότητας και αλκαλικότητας
- Διόρθωση pH
- Μεταχλωρίωση

Οι δεξαμενές

Στην συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται δύο δεξαμενές χωρητικότητας 25 m³. Αυτό βοηθάει στην βέλτιστη δυνατή καθίζηση αιωρούμενων στερεών καθώς και στην εξασφάλιση επαρκούς χρόνου παραμονής για να δράσει το χλώριο. Το ακατέργαστο νερό διέρχεται στην πρώτη δεξαμενή των 25 m³. Από τη δεύτερη δεξαμενή γίνεται η άντληση του ακατέργαστου νερού προς το σύστημα αφαλάτωσης. Με τον τρόπο αυτό έχουμε καθαρότερο νερό στην δεύτερη δεξαμενή ακατέργαστου νερού και στο σύστημα επεξεργασίας νερού που ακολουθεί.

Σύστημα χλωρίωσης

Η χλωρίωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης του νερού. Το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου διαλυμένο στο νερό δίνει το υποχλωριώδες οξύ:



Προϋποθέσεις επιτυχούς χλωρίωσης:

- Χρόνος επαφής νερού – χλωρίωσης
- Επαρκής δοσολογία ελεύθερου χλωρίου
- Το νερό πριν την είσοδό του στις δεξαμενές ακατέργαστου νερού χλωριώνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Η χλωρίωση γίνεται με δοσομετρική αντλία.

Κάθε δοσομετρική αντλία συνοδεύεται από:

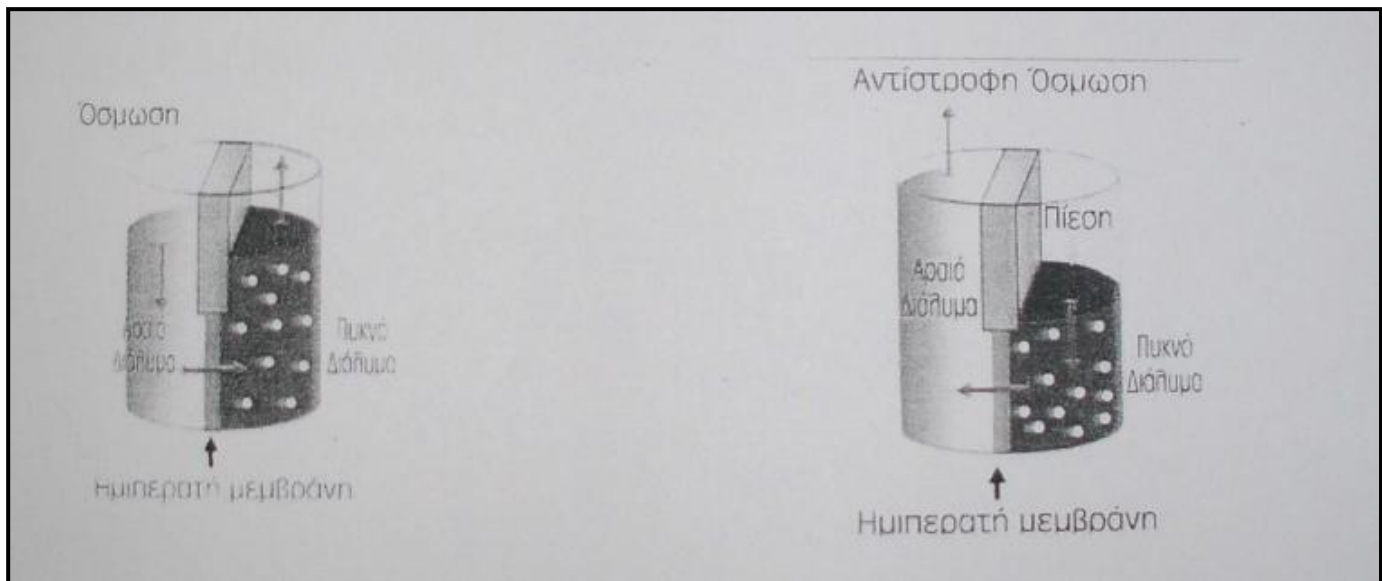
- Σωλήνα αναρρόφησης μήκους 2 μέτρων
- Σωλήνα κατάθλιψης
- Βαλβίδα κατάθλιψης
- Φίλτρο αναρρόφησης με ενσωματωμένη βαλβίδα αντεπιστροφής
- Βαλβίδα αντεπιστροφής στη γραμμή κατάθλιψης
- Βαλβίδα εξαέρωσης στη γραμμή κατάθλιψης

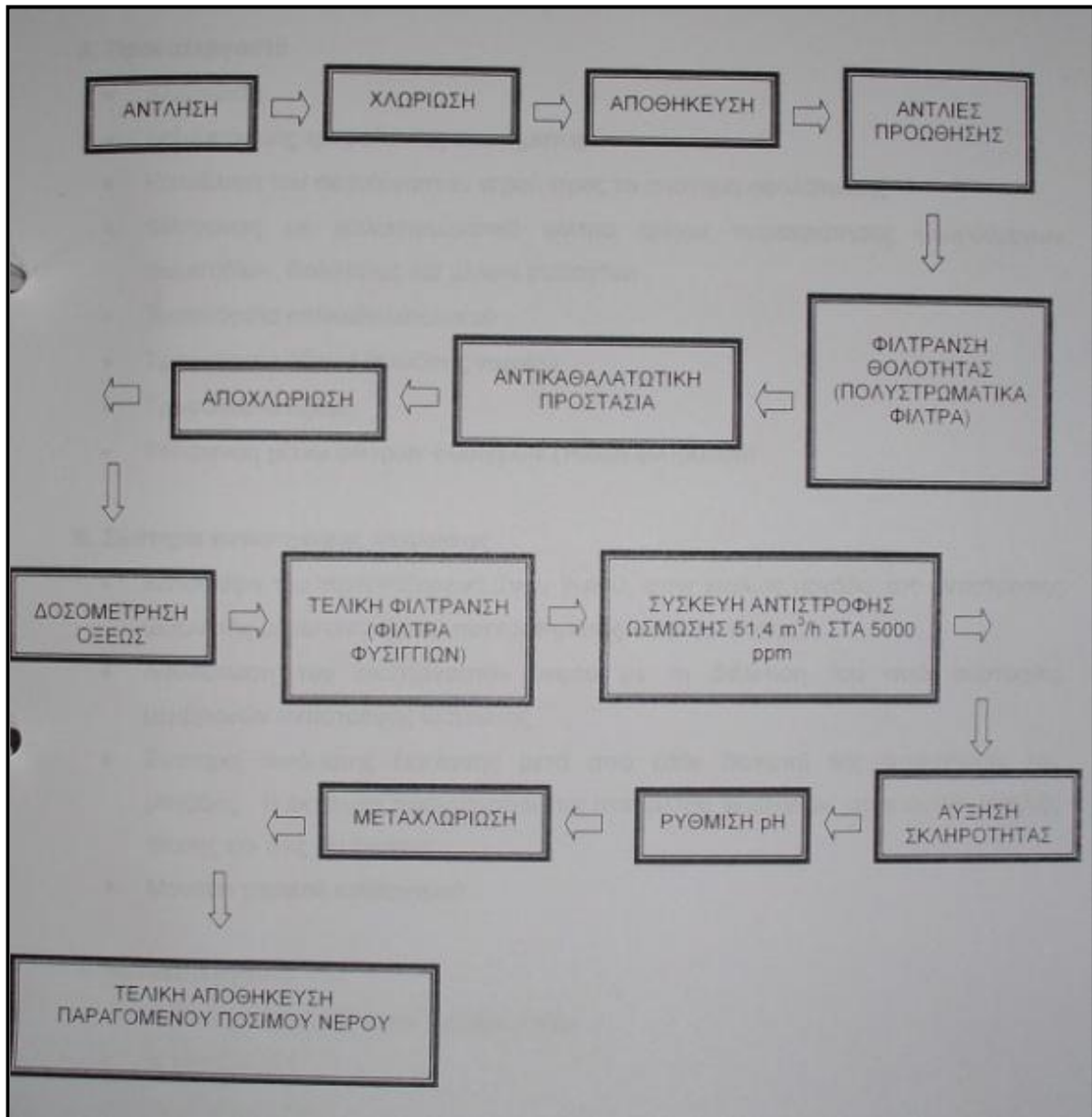
Αντλίες τροφοδοσίας νερού προς επεξεργασία

Οι αντλίες είναι κατακόρυφες, πολυβάθμιες, φυγοκεντρικές, ικανής παροχής και μανομετρικού. Θα αναρροφούν το ακατέργαστο νερό από τη δεύτερη δεξαμενή των 25 m³, θα το καταθλίβουν σε σωλήνα κατάλληλης διαμέτρου από PVC και από εκεί θα οδηγείται στα φίλτρα θολότητας τα οποία βρίσκονται μέσα στο container. Στην κατάθλιψη η σωλήνωση φέρει επίσης βαλβίδα αντεπιστροφής και βάνα απομόνωσης.

Η αντίστροφη ώσμωση περιλαμβάνει:

- Αυτόματη βάνα εισόδου
- Μεμβρανοθήκες
- Μεμβράνες
- Μανόμετρο εισόδου αντλίας υψηλής πίεσης
- Μανόμετρο εισόδου μεμβρανών
- Μανόμετρο εξόδου της άλμης
- Μανόμετρο στη γραμμή παραγωγής
- Πιεσοστάτη χαμηλής πίεσης στην είσοδο τη αντλίας υψηλής πίεσης
- Πιεσοστάτη υψηλής πίεσης στη γραμμή παραγωγής
- Ροομετρητή παραγόμενου νερού
- Ροομετρητή άλμης με ρύθμιση ελάχιστης αποδεκτής ροής
- Σύστημα ελέγχου ποιότητας παραγόμενου νερού και απόρριψης του εάν είναι πάνω από το αποδεκτό όριο ποιότητας αποτελούμενο από ψηφιακό αγωγιμόμετρο και αυτόματη βάνα
- Σύστημα προστασίας από αντίθλιψη στη γραμμή παραγωγής
- Ανοξείδωτο σκελετό στήριξης
- Πίνακα ελέγχου με PLC



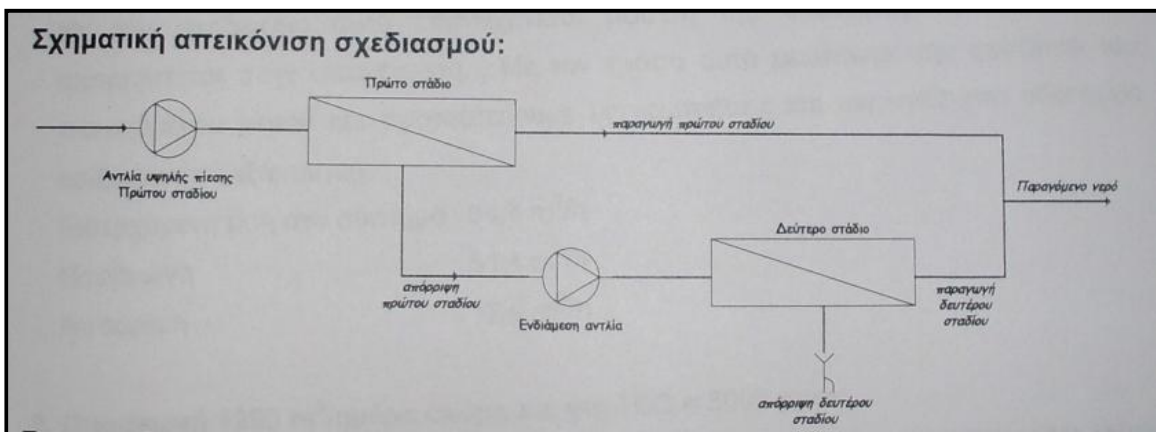


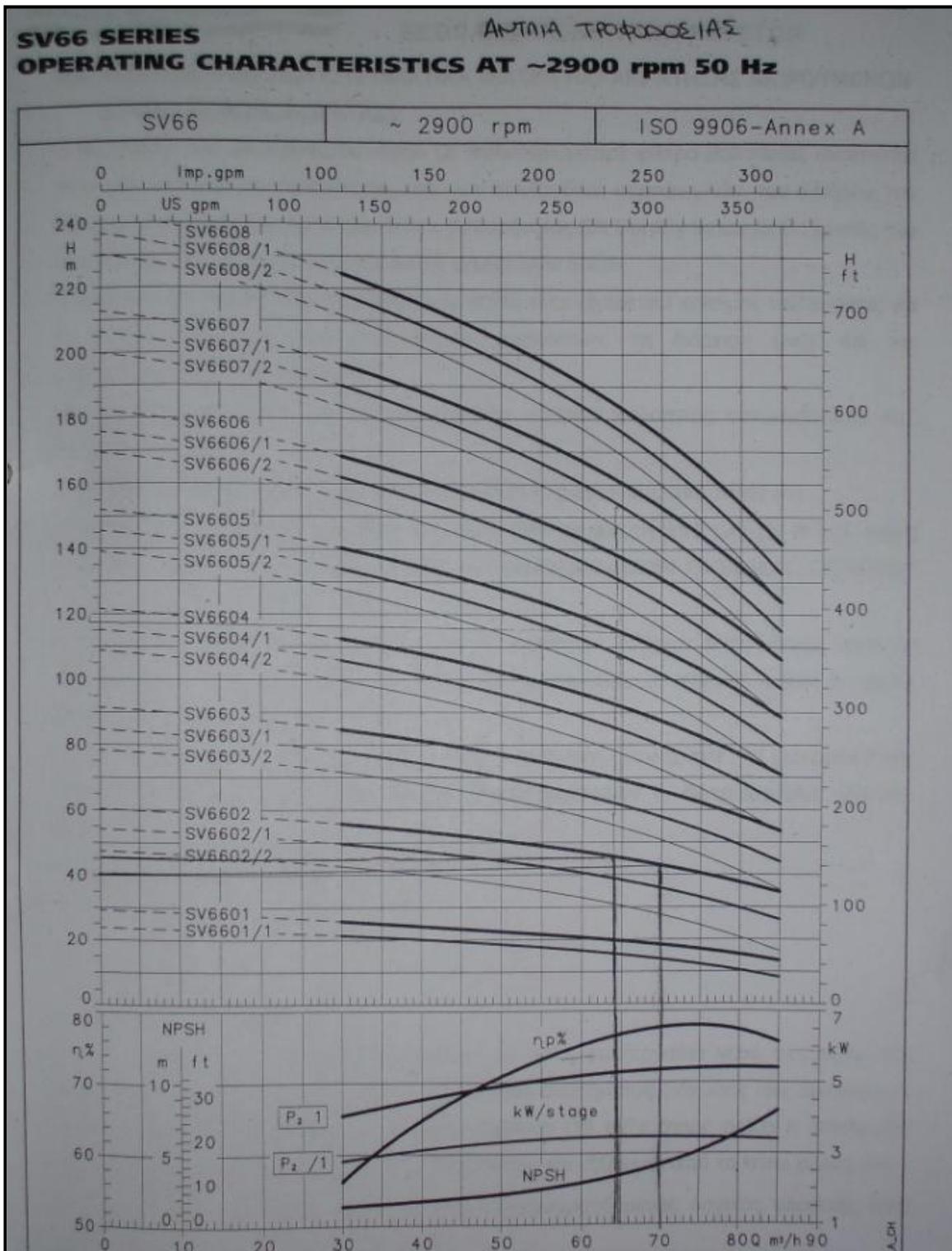


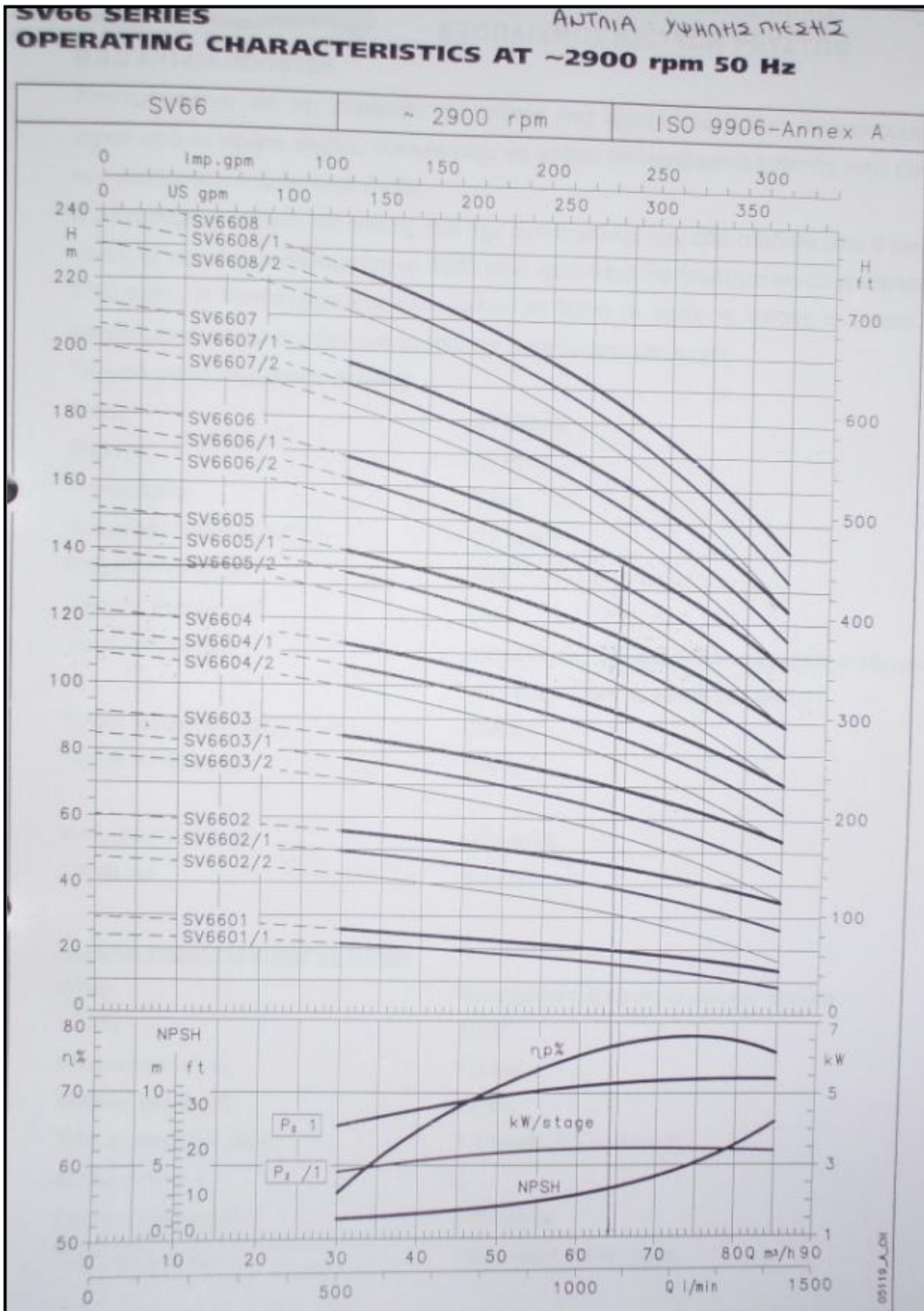
4.7.9) Τεχνικά χαρακτηριστικά

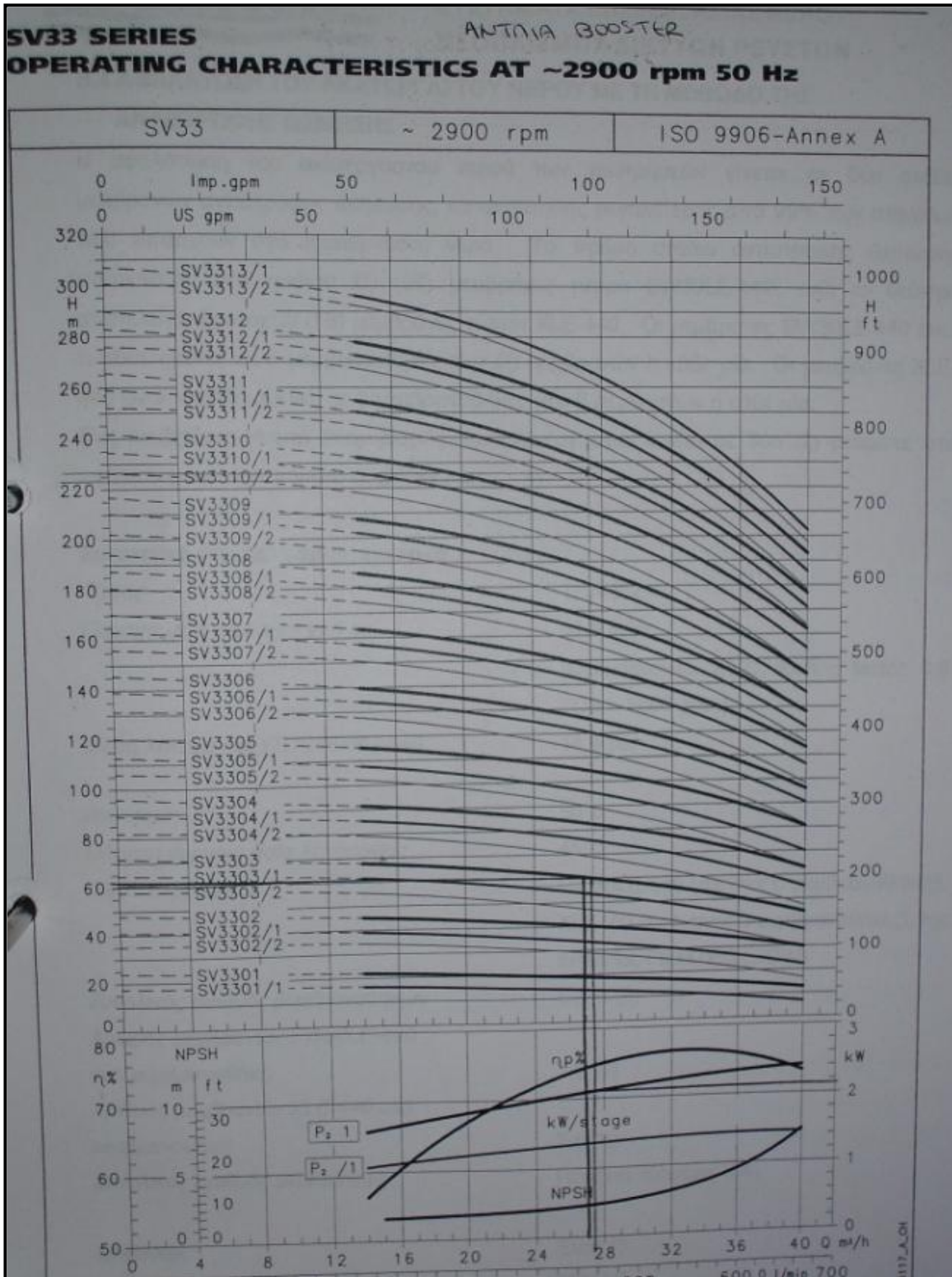
Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας		
Τύπος	:	SV6602N
Παροχή	:	64,25 m ³ /h
Μανομετρικό	:	4,5 bar
Απορροφούμενη ισχύς	:	10,4 kw
Βαθμός απόδοσης	:	78 %
Στροφές λειτουργίας	:	2900 RPM

Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα		
Είδος	:	Ασύγχρονος βραχυκυκλωμένου δρομέα
Τύπος	:	160
Ονομαστική ισχύς	:	15 kw
Βαθμός απόδοσης	:	89 %
Απορροφούμενη ισχύς	:	11,6 kwatt (10,4 kw/0,89)
Αριθμός πόλων	:	2
Στροφές λειτουργίας	:	2900 RPM
Τάση λειτουργίας	:	Τριφασικός 400V, 50Hz
Προστασία	:	IP55
Κλάση μόνωσης	:	F
Τρόπος εκκίνησης	:	Αστέρας - τρίγωνο



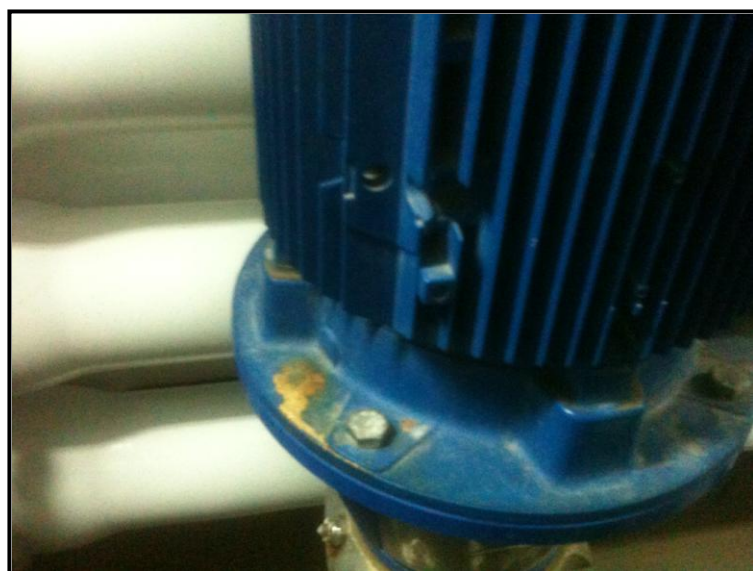


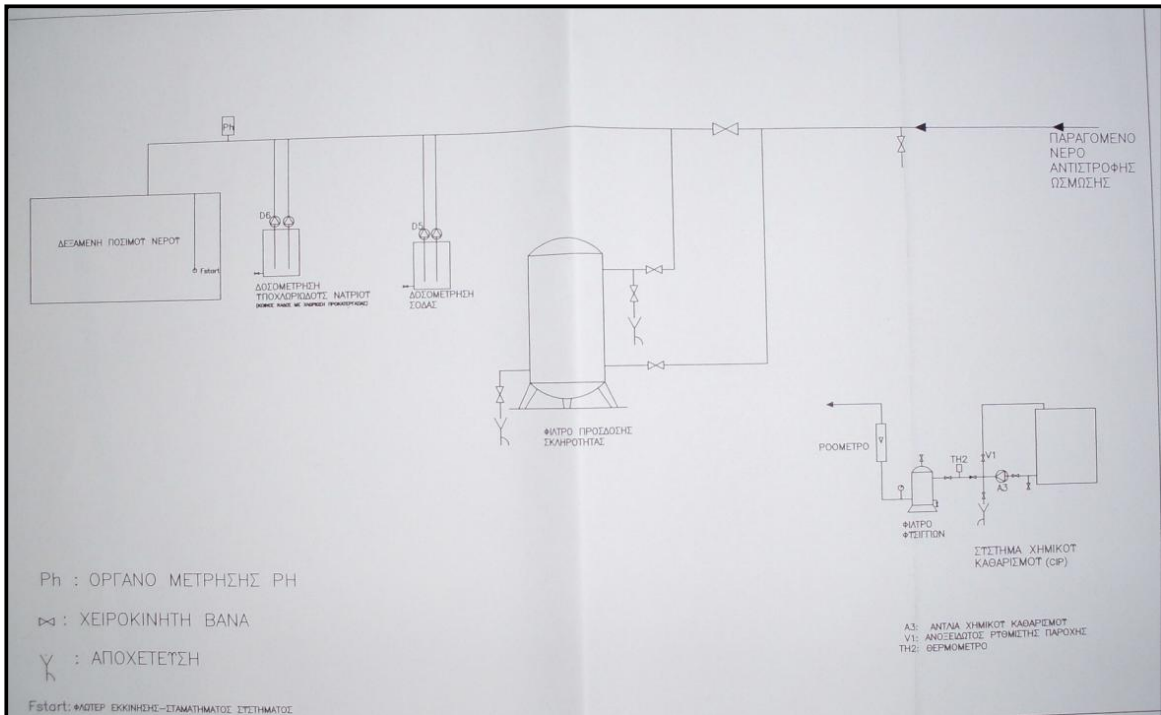
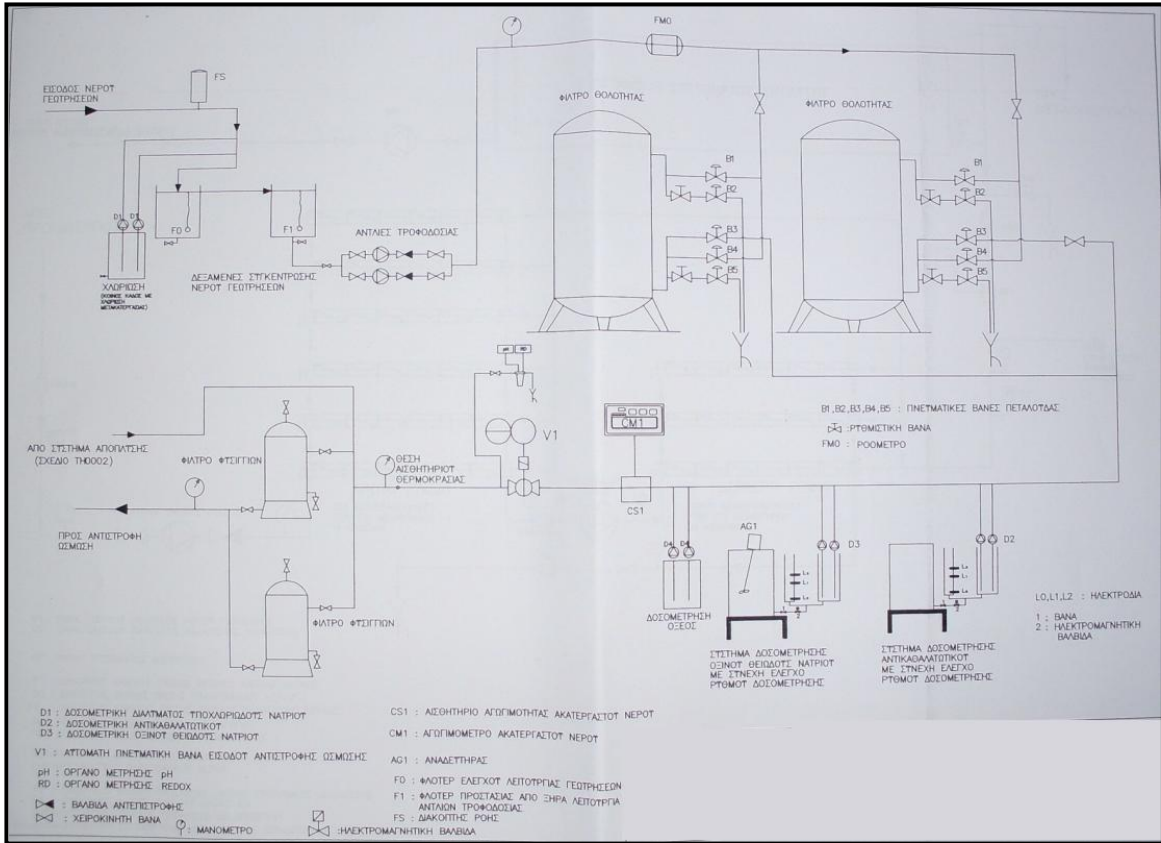


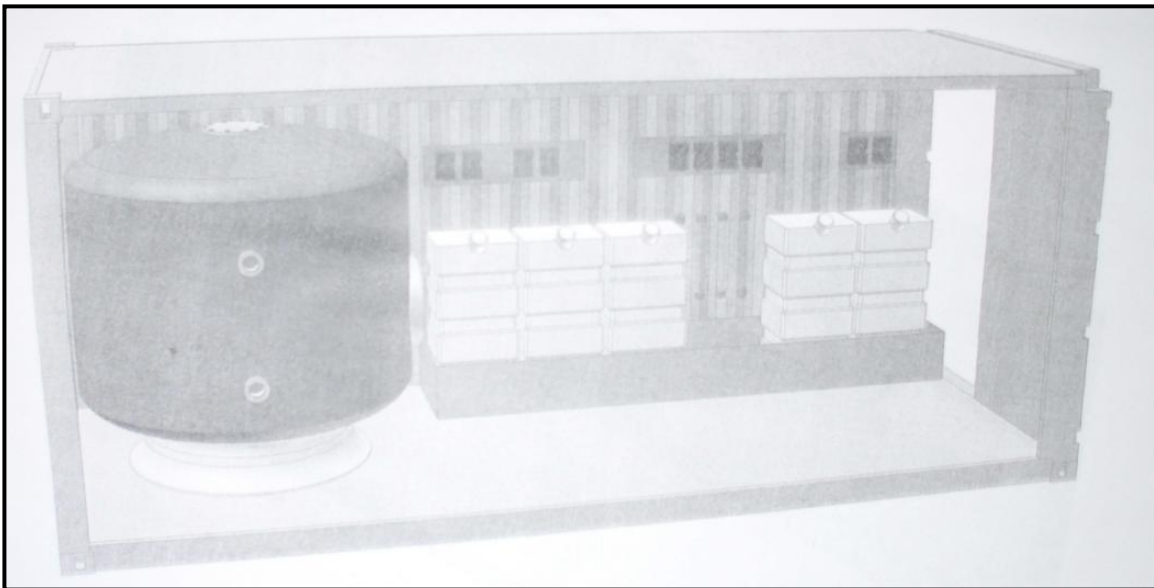
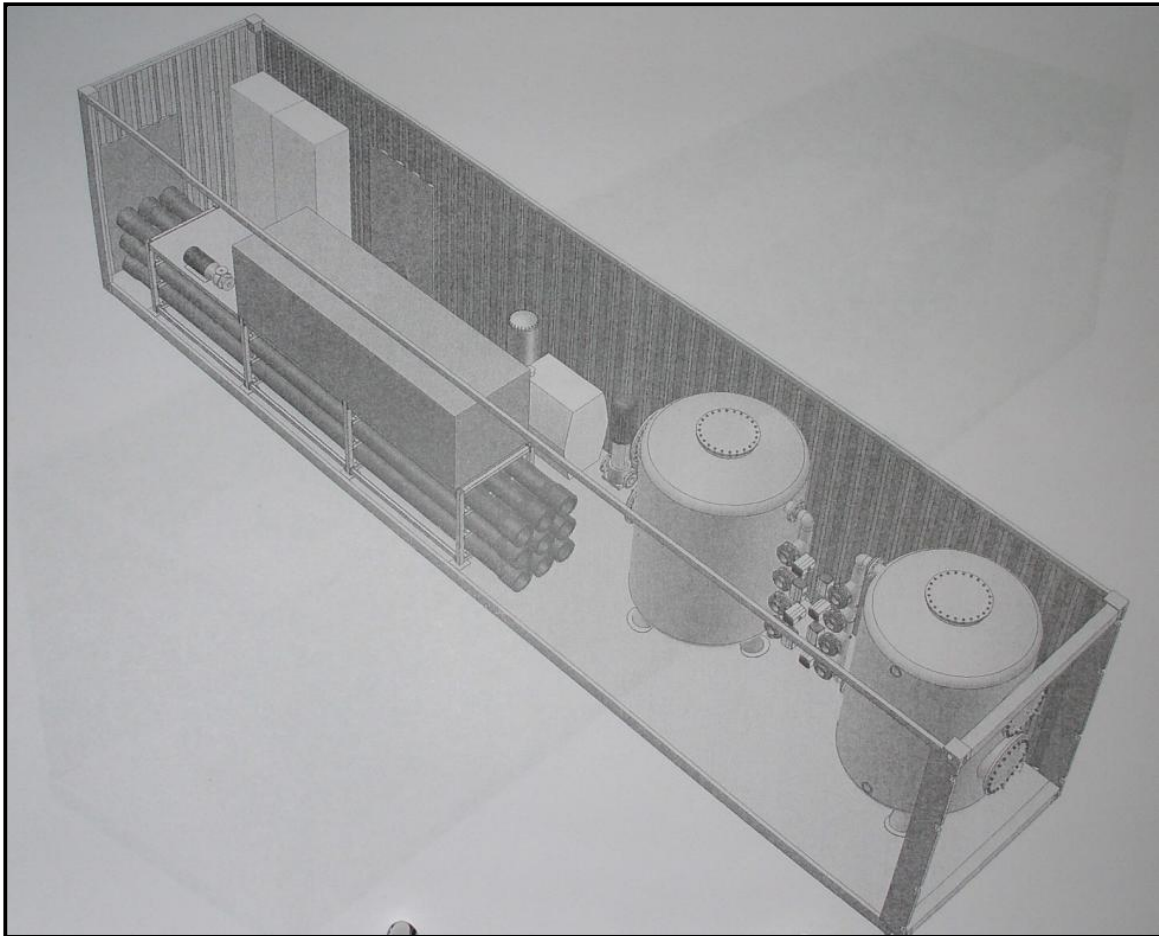


Συνολικό κόστος ανά κυβικό παραγόμενου νερού

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ (m³) ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ		
TDS ppm	2700	5000
Απορροφούμενη ισχύς	€ 0,05	€ 0,07
Χημικά/m ³ παραγωγής (H ₂ SO ₄ , NaOCl, θειικό οξύ, αντικαθαλατωτικό, NaOH)	€ 0,0289	€ 0,0289
Μεμβράνες	€ 0,019	€ 0,019
CaCO ₃	€ 0,006	€ 0,006
Φυσίγγια	€ 0,003	€ 0,003
ΣΥΝΟΛΟ/m³ παραγωγής	€ 0,1	€ 0,12







Κεφάλαιο 5:

Πειραματικό Μέρος -Μετρήσεις

5.1) Εισαγωγή

Με στόχο την ολοκληρωμένη μελέτη ποιότητας νερού κατά τη διεργασία της αφαλάτωσης, έγινε έλεγχος των κύριων φυσικοχημικών στοιχείων του νερού από τις δυο μονάδες αφαλάτωσης στο νησί της Σαντορίνης, τα τεχνικά στοιχεία των οποίων περιγράφηκαν αναλυτικά στο παραπάνω κεφάλαιο. Για το σκοπό αυτό, μετά από προσεκτική δειγματοληψία, έγινε ανάλυση των βασικών παραμέτρων που αφορούν τον έλεγχο ποιότητας πόσιμου νερού.

5.2) Οι προδιαγραφές

Σε όλες τις χώρες όπως και στη δική μας υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία που απευθύνεται στην ποιότητα του πόσιμου νερού. Οι προδιαγραφές αυτές είναι πολύ συγκεκριμένες και πρέπει να τηρούνται αυστηρά. Παρακάτω περιγράφονται μερικές από αυτές, και δίνεται ο Πίνακας 3.1, στον οποίο αναφέρονται οι ενδεικτικές και ανώτατες επιτρεπτές τιμές για τις φυσικοχημικές παραμέτρους ποιότητας νερού.

- Οι προδιαγραφές για την ποιότητα του πόσιμου νερού που ισχύουν στη χώρα μας από το Φεβρουάριο του 1986 είναι εκείνες που αναφέρονται στην Οδηγία 80/778/ΕΟΚ της Ε.Ε (ΚΥΑ Υ2/2600/2001).
- Η Οδηγία 80/778/ΕΟΚ αναφέρει 66 παραμέτρους και τις κατατάσσει σε 6 ομάδες ως εξής:
 - Οργανοληπτικές παράμετροι (4)
 - Φυσικοχημικές παράμετροι (15)
 - Παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες σε αυξημένες συγκεντρώσεις (24)
 - Τοξικές ουσίες (13)
 - Μικροβιολογικές παράμετροι (6)
 - Ελάχιστες απαιτούμενες συγκεντρώσεις σε αποσκληρωμένο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση (4)
- Η Οδηγία αναφέρει για κάθε ουσία, συστατικό (ή για κάθε παράμετρο) δύο τιμές υπό τη μορφή συγκεντρώσεων:
 - Την τιμή GL (guide level) που είναι το ενδεικτικό επίπεδο στο οποίο πρέπει να στοχεύουν τα κράτη μέλη
 - Την τιμή MAC (Maximum Admissible Concentration) που είναι η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση για το πόσιμο νερό.

Πίνακας φυσικών και χημικών παραμέτρων που εξετάστηκαν στο πειραματικό μέρος

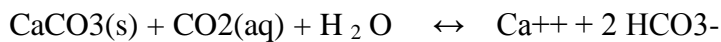
Φυσικοχημικές παράμετροι			
Παράμετρος	Μονάδα	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατο επίπεδο (ή 98/83/ΕΚ)
Θερμοκρασία	°C	12	25
Αγωγιμότητα	μS/cm (20 °C)	400	2500
Χλωριόντα	mg Cl⁻/L (ppm)	25	250
Θειικά	mg SO₄²⁻/L (ppm)	25	250
Ασβέστιο	mg Ca²⁺/L (ppm)	100	-
Μαγνήσιο	mg Mg²⁺/L (ppm)	30	50
Νάτριο	mg Na⁺/L (ppm)	-	200
Ολική σκληρότητα	(p.p.m)	170	300

5.3) Έλεγχος Φυσικοχημικών Παραμέτρων Ποιότητας Πόσιμου Νερού

Ο έλεγχος φυσικοχημικών παραμέτρων των δειγμάτων νερού που αναλύθηκαν πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χημείας του Γενικού τμήματος σε δείγματα πριν και μετά την διεργασία της αφαλάτωσης. Οι αναλύσεις περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω και τα αποτελέσματα αποδίδονται στον Πίνακα 2 και στα γραφήματα που ακολουθούν.

5.3.1) Σκληρότητα του νερού

Όταν λέμε σκληρότητα νερού εννοούμε το σύνολο των αλάτων του νερού και κυρίως των αλάτων των δισθενών κατιόντων του ασβεστίου, Ca^{++} και του μαγνησίου, Mg^{++} . Η σκληρότητα του νερού μιας περιοχής, επηρεάζεται ποσοτικά και ποιοτικά από τη φύση των πετρωμάτων και του εδάφους με τα οποία έρχεται σε επαφή. Όταν το νερό είναι πλούσιο σε CO_2 διαλύει εύκολα το ασβέστιο από τα ορυκτά του (CaCO_3 , CaSO_4) κατά την αντίδραση :



Όταν το CO_2 μειώνεται στο νερό, η αντίδραση γίνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά και το ασβέστιο σχηματίζει ίζημα CaCO_3 .

Είδη σκληρότητας

- α) ανθρακική ή παροδική (Α.Σ.)
- β) μόνιμη (Μ.Σ.)
- γ) ολική σκληρότητα (Ο.Σ.)

$(\text{Ο.Σ.}) = (\text{Α.Σ.}) + (\text{Μ.Σ.})$

Η σκληρότητα μετράται σε **βαθμούς γερμανικούς ($^{\circ}\text{D}$)**, **γαλλικούς ($^{\circ}\text{F}$)** ή σε **μονάδες p.p.m CaCO_3 ή mg CaCO_3 / lt.**

$$1 \text{ } ^{\circ}\text{D} = 1 \text{ mg CaO} / 100 \text{ ml νερού}$$

$$^{\circ}\text{F} = 1 \text{ mg CaCO}_3 / 100 \text{ ml νερού}$$

5.3.1.1 Διαδικασία μέτρησης Ολικής Σκληρότητας (Ο.Σ.)

Σε κωνική φιάλη των 250 ml φέρονται ακριβώς 100 ml δείγματος νερού. Προστίθεται 1 δισκίο δείκτη - Buffer και διαλύεται στο νερό.

- Προσθέτουμε 1 ml πυκνής NH_3 και το διάλυμα χρωματίζεται κόκκινο.
- Ογκομετρούμε με το πρότυπο διάλυμα **0.2N EDTA (Titriplex A)** μέχρι το διάλυμα να γίνει πράσινο
- Επαναλαμβάνουμε την μέτρηση (τα τρία προηγούμενα στάδια) τουλάχιστον δύο ακόμη φορές ή μέχρις ότου οι μετρήσεις μας έχουν καλή επαναληψιμότητα.
- Από την μέση τιμή των καταναλωθέντων ml διαλύματος EDTA
- Υπολογίζουμε την **ολική σκληρότητα (Ο.Σ)** του νερού με βάση την αναλογία : **1ml διαλύματος EDTA αντιστοιχεί σε 5,6 °D**

5.3.1.2 Διαδικασία μέτρησης ανθρακικής ή παροδικής σκληρότητας (Α.Σ)

- Σε κωνική φιάλη των 250 ml φέρουμε 100 ml δείγματος νερού.
- Προσθέτουμε 2 - 3 σταγόνες ηλιανθίνης και ογκομετρούμε με διάλυμα 0,1 N HCl, μέχρι ελαφρώς ροζέ χρώμα.
- Επαναλαμβάνουμε την μέτρηση (τα δύο προηγούμενα στάδια) τουλάχιστον δύο ακόμη φορές ή μέχρις ότου οι μετρήσεις μας έχουν καλή επαναληψιμότητα.
- Συμπληρώνουμε με τις μετρήσεις αντίστοιχο πίνακα όπως και προηγουμένως και εξάγουμε την μέση τιμή των καταναλωθέντων ml διαλύματος 0.1 N HCl
- Υπολογίζουμε την **ανθρακική σκληρότητα (Α.Σ)** του νερού με βάση την αναλογία : **1ml διαλύματος 0.1 N HCl αντιστοιχούν σε 2.8 °D**
- Υπολογίζουμε τα **ppm HCO_3^-** στο δείγμα με βάση την σχέση :
 - **ml 0.1 N HCl αντιστοιχεί με 6.1 mg HCO_3**

5.3.1.3 Προσδιορισμός Μόνιμης Σκληρότητας (Μ.Σ)

Υπολογίζουμε την **μόνιμη σκληρότητα (Μ.Σ)** από την σχέση :

$$(O.Σ) - (A.Σ) = (M.Σ) \text{ σε Γερμανικούς Βαθμούς } ^\circ D$$

5.3.2 Διαδικασία μέτρησης αγωγιμότητας

Η μέτρηση της k ενός δείγματος γίνεται απλούστατα βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο στο δείγμα και αναδεύοντας, ώστε να μην παγιδευτούν φυσαλίδες αέρα στην κυψελίδα. Το όργανο μας δίνει αυτόματα την k , με ακρίβεια 0,1 - 10 $\mu S/cm$, κάνοντας αντιστάθμιση της θερμοκρασίας στους 25 $^\circ C$.

5.3.3 Διαδικασία μέτρησης θερμοκρασίας

Το θερμόμετρο βυθίζεται στο σημείο δειγματοληψίας και περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη (περίπου 1 min).

5.3.4 Διαδικασία μέτρησης pH

Το ηλεκτρόδιο του οργάνου βυθίζεται στο δείγμα με μικρή ανάδευση και καταγράφεται η ένδειξη που μένει σταθερή 1 min περίπου.

5.3.5 Προσδιορισμός Ca^{++} σε νερά

- 100 ml δείγματος νερού σε κωνική φιάλη των 250 ml.
- Προσθέτουμε 4 ml NaOH 1M (pH \approx 12 – 13)
- Προσθέτουμε 0.2 gr δείκτη Μουρεξίδιο (μίγμα 100 gr γλυκόζης με 0.5 gr Murexid)
- Ογκομετρούμε με ETDA 0.2 N (Titriplex A) μέχρι το ροδόχρουν διάλυμα μετατραπεί σε μωβ. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται 3 φορές.
- Υπολογίζουμε την μέση τιμή των ppm Ca^{++} από τη σχέση:

$$1ml \ 0.2 \ N \ ETDA \ αντιστοιχεί \ σε \ 4.01 \ mg \ Ca^{++}$$

5.3.6 Προσδιορισμός Cl^{-1} , Na^{+} και SO_4^{-2}

Ο προσδιορισμός των χλωριώντων (μέθοδος 5-125 ppm), των θεικών (μέθοδος 5-250 ppm) και του νατρίου (μέθοδος 10-300 ppm) στα δείγματα νερού που εξετάστηκαν έγινε με Test-kit και χρήση φασματοφωτομέτρου.

5.4 Αποτελέσματα

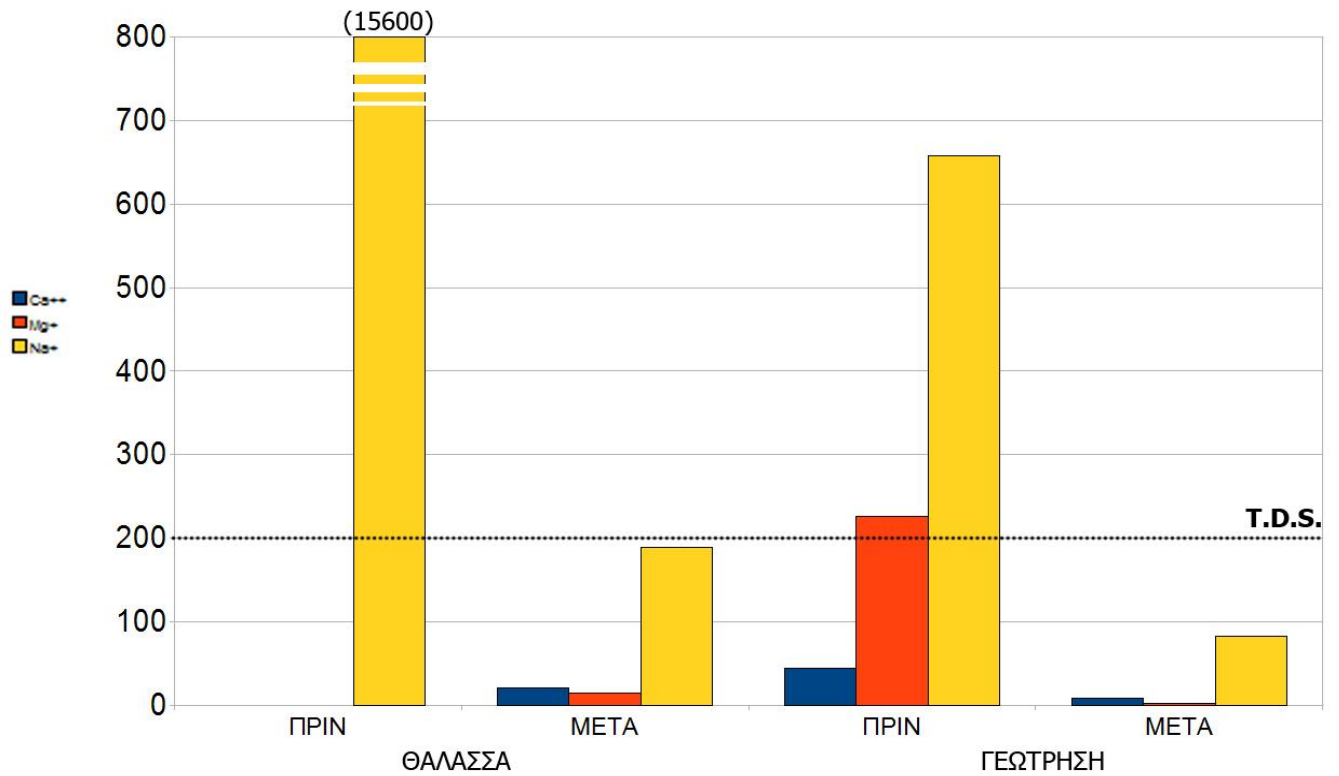
Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων ποιότητας νερού πριν και μετά τη διαδικασία της αφαλάτωσης θαλασσινού και υφάλμυρου νερού από τις δυο βασικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στο νησί της Σαντορίνης.

Πίνακας 3.1 Συγκριτικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων ποιότητας
αφαλατωμένου νερού (θαλασσινού κ υφάλμυρου)

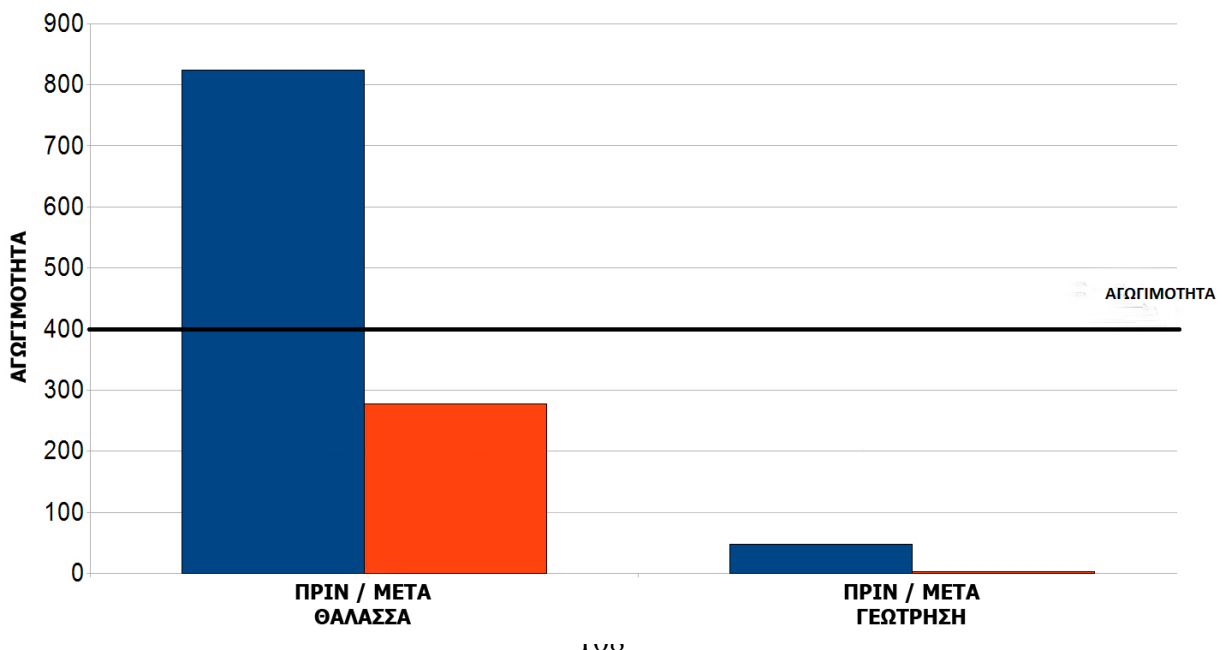
<u>ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ</u>				
<u>ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	<u>ΘΑΛΑΣΣΑ</u>		<u>ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ</u>	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
Ο.Σ (p.p.m)	-	110,88	1048,32	30,24
Α.Σ (p.p.m)	-	-	115,92	40,32
Μ.Σ (p.p.m)	-	110,88	932	0
Όξινα ανθρακικά (p.p.m)	-	-	140,03	48,8
Ca⁺⁺ (p.p.m)	-	20,05	44,11	8,02
Mg⁺ (p.p.m)	-	14,58	225,99	2,43
Na⁺ (p.p.m)	15600	189	658	82
Cl (p.p.m)	13900	195	426	266
SO₄²⁻ (p.p.m)	3250	36	263	7
ms=10 ³ μs Αγωγιμότητα (ms/cm)	48	0,8	3,3	0,2
PH	8,03	7,81	7,78	7,93

* - : μη ανηχνεύσιμη τιμή

* : δειγματοληπτικό λάθος



Διαγράμματα Θάλασσας – Γεώτρησης



5.5) Συμπεράσματα πειραματικών μετρήσεων - γραφημάτων

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται οι παράμετροι ποιότητας νερού και η διακύμανση στις τιμές τους, τόσο στο νερό της θάλασσας μετά την αφαλάτωση αλλά και στο αφαλατωμένο νερό της γεώτρησης. Παρατηρήθηκε, όπως αναμενόταν, ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς τις συγκεντρώσεις αλάτων στο θαλασσινό νερό, παρόλο που υπάρχει συσχέτιση ποιότητας με το υφάλμυρο νερό της γεώτρησης λόγω εισχώρησης θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο, όπως συμβαίνει σε γεωτρήσεις παράκτιων περιοχών. Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των πινάκων – γραφημάτων θα μπορούσαμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα –σχόλια για την λειτουργία των δυο εγκαταστάσεων αφαλάτωσης. τόσο από ποιοτική όσο και από ενεργειακή-οικονομικοτεχνική άποψη:

Αφαλάτωση νερού από θάλασσα:

Όσον αφορά το νερό της θάλασσας η υψηλή περιεκτικότητά του σε νάτριο και χλωριόντα είναι αναμενόμενη ως αλμυρό νερό, καθώς και η μεγάλη τιμή αγωγιμότητας, καθώς αυτή καθορίζεται από τα διαλυμένα στερεά στο νερό της θάλασσας. Μετά τη διεργασία της αφαλάτωσης οι τιμές αυτές κατεβαίνουν σε γενικά αποδεκτές τιμές για πόση, με το νάτριο βέβαια να κατέχει υψηλή σχετικά τιμή (189 ppm με 200 ppm ανώτατη επιτρεπτή). Το ασβέστιο και το μαγνήσιο, στοιχεία που προσδίδουν σκληρότητα, έχουν τιμές οι οποίες κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Άρα συνολικά το αφαλατωμένο νερό κρίνεται κατάλληλο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, για πόσιμο. Βέβαια, λόγω της αυξημένης τιμής του νατρίου, θα πρέπει να γίνεται προσεκτική χρήση του νερού από άτομα που παρουσιάζουν καρδιαγγειακά προβλήματα, καθώς αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου στο νερό αυξάνουν την αρτηριακή πίεση.

Αφαλάτωση νερού από γεώτρηση:

Όσον αναφορά το νερό της γεώτρησης μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για ένα σκληρό νερό με κυρίαρχα ιόντα το μαγνήσιο και τα θειικά ανιόντα, αλλά και αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων και νατρίου, στοιχεία χαρακτηριστικά των πετρωμάτων του νησιού που επηρεάζονται επίσης από την ύπαρξη των γεωτρήσεων σε παράκτιες περιοχές. Το αφαλατωμένο νερό είναι μαλακό σχετικά νερό (εώς μέτρια σκληρό) με χαμηλές τιμές σε ασβέστιο(όπου προσδίδει γεύση στο νερό), μαγνήσιο και όξινα ανθρακικά ανιόντα. Κατέχει βέβαια υψηλή θέση σε ιόντα χλωρίου(επίσης είναι ένα στοιχείο που επηρεάζει τη γεύση του νερού) , αφού ξεπερνά τα ανώτερα επιτρεπτά όρια, το οποίο όμως ίσως να έχει να κάνει με δειγματοληπτικό ή αναλυτικό σφάλμα.

Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα, ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αφαλατωμένου νερού από τις δυο μονάδες επεξεργασίας, κρίνονται ικανοποιητικά όπου και από τις δυο εγκαταστάσεις το νερό είναι σε γενικές γραμμές κατάλληλο για πόση, αφού δεν ξεφεύγει πολύ από τις αναφερόμενες προδιαγραφές νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Μπορεί κανείς επίσης να συγκρίνει τις δυο μονάδες και ως προς την απόδοση τους όπου η απόδοση της αφαλάτωσης από τη θάλασσα είναι 97% σε όλα τα στοιχεία, ενώ της αφαλάτωσης από γεώτρηση είναι 87% που αυτό εξηγείται λόγω υπεράντλησης τη δεδομένη στιγμή.

Μπορεί κανείς επίσης να συγκρίνει τις δυο μονάδες και ως προς το ενεργειακό, λειτουργικό κόστος καθώς και την απαίτηση συντήρησης της κάθε μιας. Έτσι, από την μια, το ενεργειακό κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού από τη θάλασσα είναι σαφώς μεγαλύτερο από ότι στην αφαλάτωση υφάλμυρου διότι λειτουργεί υπό σαφώς μεγαλύτερη πίεση για να εξασφαλιστεί η όλη διαδικασία. Το λειτουργικό όμως κόστος του αφαλατωμένου νερού από τη θάλασσα σαφώς και είναι μεγαλύτερο από του υφάλμυρου διότι πρόκειται για μεγαλύτερη εγκατάσταση, με περισσότερα μηχανήματα, μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος, μεγαλύτερη ανάγκη για συντήρηση, το οποίο είναι βασικό, ενώ στο υφάλμυρο τα πράγματα είναι πιο ευνοϊκά. Τέλος, ένα σημαντικό στοιχείο της διαφοροποίησης των δυο μονάδων που δεν πρέπει να παραβλέπεται είναι η άλμη που παράγεται ως απόβλητο από την διαδικασία της αφαλάτωσης, όπου στην περίπτωση επεξεργασίας θαλασσινού νερού είναι σαφώς περισσότερη από αυτή κατά την παραγωγή αφαλατωμένου νερού με χρήση νερού γεώτρησης.

Κεφάλαιο 6:

Γενικά Συμπεράσματα

6) Συμπεράσματα

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, η εξάντληση - υποβάθμιση των υπόγειων αποθεμάτων καθώς και οι δημογραφικές και λοιπές αλλαγές (αύξηση πληθυσμού, τουρισμός, κ.τ.λ.) δημιουργούν σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας στα νησιά και ορισμένες παράκτιες περιοχές, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων που θεωρείται από τα σημαντικότερα αίτια της λειψυδρίας, οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και των επιφανειακών υδάτων, στην έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, στις κακές υποδομές (δίκτυα ύδρευσης, δεξαμενές, εξοικονόμηση ή ανακύκλωση νερού), αλλά και στις προσωρινές ή μη αποτελεσματικές προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εναλλακτικές λύσεις που εφαρμόστηκαν δεν ήταν αποτελεσματικές ή οικονομικά βιώσιμες και παρά το υψηλό κόστος τους δεν συνέβαλαν στην επίλυση των προβλημάτων (λιμνοδεξαμενές, νέες γεωτρήσεις, έργα εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων, μεταφορά νερού).

Η οξύτητα των σημερινών προβλημάτων, η έλλειψη εναλλακτικών επιλογών και κυρίως οι προβλεπόμενες αυξημένες ανάγκες για την επόμενη 10ετία, επιβάλλουν την αφαλάτωση σαν την πλέον αξιόπιστη και ενδεδειγμένη λύση τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη. Ήδη αρκετές χώρες της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, όπως το Ισραήλ, η Κύπρος, η Μάλτα, η Ισπανία (Κανάρια νησιά, κ.τ.λ.) και οι χώρες του Κόλπου, καλύπτουν μεγάλο ή και το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών τους σε νερό με τη χρήση συστημάτων αφαλάτωσης. Σε πρώτη φάση η αφαλάτωση θα έπρεπε να εξετασθεί ως η μόνη βιώσιμη λύση που θα υποκαθιστούσε τη μεταφορά νερού στα άνυδρα νησιά, θα εξασφάλιζε υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό και θα μείωνε το κόστος κατά 2-3 φορές (συγκριτικά με τη μεταφορά). Σε δεύτερη φάση θα μπορούσε να επεκταθεί σε παράκτιες περιοχές με σοβαρά προβλήματα υποβάθμισης του υδροφόρου ορίζοντα, για τις οποίες η μεταφορά νερού από την ενδοχώρα είναι ασύμφορη ή δύσκολη.

Με τα σημερινά επίπεδα τεχνολογίας και κόστους παραγωγής η βιωσιμότητα των μονάδων αφαλάτωσης που θα δημιουργηθούν από τους δήμους ή ιδιώτες επενδυτές μπορεί να εξασφαλισθεί και με σχετικά χαμηλά επίπεδα τιμών συγκριτικά με τις επικρατούσες στα νησιά. Το συνολικό μέγεθος των αναγκών για αφαλατωμένο νερό είναι δύσκολο να εκτιμηθεί αλλά πιθανότατα την επόμενη 5ετία θα είναι της τάξης των 250-500.000 m³ ημερησίως.

Εκτός από την ριζική επίλυση των προβλημάτων λειψυδρίας, η αξιοποίηση των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει η χώρα μας για την ανάπτυξη τεχνολογίας πλωτών μονάδων αφαλάτωσης, θα μπορούσε να συμβάλει στην οικονομική πρόοδο, μέσω της δημιουργίας μιας βιομηχανικής δραστηριότητας με εξαιρετικά ελπιδοφόρες προοπτικές (offshore πλωτά αιολικά πάρκα, εξαγωγές πλωτών μονάδων αφαλάτωσης σε άλλες νησιωτικές χώρες ή σε αναπτυσσόμενες περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα ποιότητας του πόσιμου νερού).

7) Βιβλιογραφία

- www.istellas.gr/aquarium/aq_water_reverse_osmosis.html.
- Αγγελάκη Ν. (2008) Κλιματικές αλλαγές και υδατικοί πόροι: ανάγκη ανάπτυξης και χρήσης μη συμβατικών υδατικών πόρων .
- Βικιπαίδεια Online Encyclopedia: Wikipedia.
- Κανενάκης Γ., Κατσαράκης Ν., Σαββάκης Ν. (2008) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. ΤΕΙ Κρήτης Σχολή Τεχνολογικών εφαρμογών.
- Μανωλάκος Δημήτρης (2009) Συστήματα αφαλάτωσης στον νησιωτικό χώρο.
- Μουτάφης Παναγιώτης (2008) Κάλυψη ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο. Διπλωματική εργασία Ε.Μ.Π, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών.
- ΤΑ ΝΕΑ, www.tanea.gr - 18/06/2007.
- Τζεν Ε. (2001), Μέθοδοι αφαλάτωσης - Συγκριτική Αξιολόγηση και εφαρμογές στα νησιά του Αιγαίου. επιμ. ΚΑΠΕ.
- Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου Διυλιστήρια νερού και μονάδες αφαλάτωσης
- Dow Water & Process Solutions, FILMTEC: Reverse Osmosis Membranes, Technical Manual, 2007.
- Global Water Intelligence: Seawater reverse osmosis desalination plant costs, V. 10, Is. 11 (Nov 2009).
- IDA: Desalination Data 2008, Διάφορες μελέτες.

- IDE Technologies Ltd: Environmental Aspects of a Desalination Plant in Ashkelon (Rachel Einav, Fredi Lokiec),2008.
- Jacques Bendelac: Développement de la desalinisation en Israël, Desalination 2008.
- Lenntech BV.: Reverse Osmosis Desalination Costs Analysis, 2009.
- Pacific Institute: The World's Water 2008-2009,The Biennial Report on Freshwater Resources
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος & διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.
- Διάφορες μελέτες και διπλωματικές εργασίες του ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Οργάνωσης Παραγωγής, κ.τ.λ..
- ΤΕΙ Πειραιά, Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Μηχανολογίας: διαχείριση υδάτινων πόρων στα νησιά του Αιγαίου. Σύνοψη εναλλακτικών λύσεων.
- Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου: Ετήσια έκθεση και παρουσιάσεις, 2009.
- ΥΠΑΝ: Σχέδιο Προγράμματος διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας, 2003.
- ΥΠΕΧΟΔΕ: Εισηγητική έκθεση για το σχέδιο νόμου « Προστασία και Διαχείριση Υδάτων», 2003.
- Εφημερίδες - Περιοδικά - internet: Ειδήσεις και άρθρα.