

Οικονομοτεχνική ανάλυση και αξιολόγηση συστήματος αφαλάτωσης από ΑΠΕ



ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ ΕΥΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ

ΔΙΠΛ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΜΔΕ - ΟΠ: 1016

Επιβλέπων: Δημήτριος Γεωργακέλλος

Καθηγητής

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2013

Λίγα λόγια από καρδιάς...

Για μένα σήμερα κατακτάται ένας πολύ σημαντικός στόχος μετά από μεγάλο κόπο και πολλή δουλειά.

Στην προσπάθεια αυτή δεν ήμουν μόνη μου, είχα δίπλα μου ανθρώπους που με βοήθησαν για να ολοκληρώσω αυτή την εργασία, η οποία σηματοδοτεί το τέλος ενός σημαντικού κεφαλαίου της ζωής μου και τον προορισμό ενός μεγάλου «ταξιδιού», γεμάτο στιγμές καλές και κακές, όμορφες και δύσκολες, αλλά σε κάθε περίπτωση αξέχαστες ...

Αυτούς, λοιπόν, τους «δικούς μου ανθρώπους» νιώθω την ανάγκη στο σημείο αυτό, να τους αναφέρω και να τους ευχαριστήσω:

- Τους γονείς μου και τον αδερφό μου Πάνο, για την ουσιαστική στήριξη και την πίστη τους, καθώς χωρίς αυτούς δε θα υπήρχε καν στόχος
- Το σύντροφό μου Τάκη, για την αγάπη και τη συμπαράσταση του ακόμα και όταν τα πράγματα δεν πήγαιναν και τόσο καλά
- Τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεωργακέλλο Δημήτριο για την υπομονή που είχε μαζί μου και για όλα όσα μου πρόσφερε από την πρώτη στιγμή που εντάχθηκα στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
- Τους αγαπημένους μου φίλους για την εμπιστοσύνη τους στις δυνάμεις μου και την «ψυχοθεραπεία»
- Την Ελένη και το Ματθαίο, γιατί σε αυτό το ταξίδι ήμασταν μαζί και παραμείναμε μέχρι το τέλος

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την εταιρεία SYCHEM S.A. για τις πολύτιμες πληροφορίες, απαραίτητες για την εκπόνηση της εργασίας, αλλά και τους συναδέλφους μου για την κατανόηση και τη βοήθεια τους.

Στους «δικούς
μου ανθρώπους», σε
όσους παλεύουν για
το καλύτερο και
στους εργαζόμενους
φοιτητές που δεν τα
παρατάνε

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Οικονομοτεχνική ανάλυση και αξιολόγηση συστήματος αφαλάτωσης που λειτουργεί από ΑΠΕ» αποτελεί τη Διπλωματική εργασία για την ολοκλήρωση του Ευρωπαϊκού Μεταπτυχιακού Προγράμματος στη Διοίκηση Επιχειρήσεων - Ολική Ποιότητα του Τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Κίνητρο για την επιλογή του θέματος αυτού, αποτέλεσε η επιθυμία μου να ασχοληθώ με ένα κρίσιμο πρόβλημα, όπως αυτό της λειψυδρίας, παρουσιάζοντας τη δοκιμασμένη λύση της αφαλάτωσης με επέκταση που μπορεί να εκμεταλλευτεί φυσικούς πόρους, αξιολογώντας το σενάριο από οικονομικής πλευράς, συνδυάζοντας παράλληλα και το τεχνικό υπόβαθρο του Μηχανολόγου Μηχανικού. Σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτριο Γεωργακέλλο που διδάσκει τα μαθήματα της «Περιβαλλοντικής Διαχείρισης» και της «Μεθοδολογίας Οικονομοτεχνικών Μελετών» στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, προσπαθήσαμε να τονίσουμε τη σημασία των βιώσιμων λύσεων στην έλλειψη φυσικών πόρων.

Αρχής γενημένης από τη συνειδητοποίηση του μεγέθους του προβλήματος της έλλειψης νερού παγκόσμια αλλά και στη χώρα μας, ειδικά σε περιοχές όπως τα νησιά, η αφαλάτωση προβάλλεται ως λύση εδώ και αρκετά χρόνια. Το θέμα είναι ότι σιγά - σιγά θα πρέπει να διεισδύσουν σε τέτοιου είδους έργα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, που μακροπρόθεσμα θα μπορούν να μας εξασφαλίσουν τους πόρους, που αυτή τη στιγμή αποκτούμε με συμβατικούς τρόπους, εξαντλώντας τη φύση και προκαλώντας προβλήματα που τα επόμενα χρόνια θα φέρουν δυσμενείς συνέπειες.

Για τις ανάγκες της εργασίας, επιλέχθηκε η εγκατάσταση συστήματος αφαλάτωσης σε ένα νησί των Κυκλάδων, την Κίμωλο, στην οποία σύντομα θα αρχίσει η κατασκευή μονάδας αντίστροφης όσμωσης, παρόμοιας τεχνολογίας με αυτή που περιγράφεται στην παρούσα εργασία, δυναμικότητας $600 \text{ m}^3 / \text{d}$. Η Κίμωλος είναι ένα νησί με πλούσιους φυσικούς πόρους (γεωθερμία, αιολικό δυναμικό), το οποίο, μπορεί να ικανοποιήσει τη συγκεκριμένη μελέτη, σε σχέση με την εκδοχή της ενδεχόμενης διασύνδεσης της μονάδας με ΑΠΕ.

Με αφορμή την ενασχόληση μου με το συγκεκριμένο αντικείμενο για την ολοκλήρωση της εργασίας μου, θα ήθελα να εκφράσω την ελπίδα μου ότι τα επόμενα χρόνια, τέτοιου είδους έργα θα προωθηθούν και θα αναβαθμίσουν την ποιότητα ζωής όλων μας.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	12
1.1 Το πρόβλημα της λειψυδρίας.....	12
1.2 Το πρόβλημα στην Ελλάδα.....	14
1.3 Αφαλάτωση - Μια πρώτη προσέγγιση	22
1.4 Θεσμικό πλαίσιο	24
1.4.1 Θεσμικό πλαίσιο για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης.....	24
1.4.2. Νομοθετικό πλαίσιο για την απόρριψη της άλμης.....	28
1.5. Κίμωνος	31
1.5.1. Γενικά στοιχεία νησιού - Χάρτης.....	31
1.5.2. Θαλασσινό νερό.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	35
2.1. Μέθοδοι αφαλάτωσης.....	35
2.2 Μέθοδοι θερμικών διεργασιών.....	36
2.2.1. Πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF)	36
2.2.2. Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)	38
2.2.3. Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC).....	39
2.2.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)	41
2.3 Μέθοδοι μεμβρανών	44
2.3.1 Αντίστροφη όσμωση.....	44
2.3.2 Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis)	46
2.4. Επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης	47
2.4.1. Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης	48
2.4.2 Πλεονεκτήματα αντίστροφης όσμωσης	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	55
3.1 Αφαλάτωση με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης	55

3.1.1 Γενική περιγραφή εγκατάστασης αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.	55
3.1.2. Μονάδα αντίστροφης όσμωσης - Διαδικασία σε στάδια.	56
3.1.3. Γενικές παρατηρήσεις για τα υπόλοιπα μέρη της εγκατάστασης.	65
3.2 Τεχνικές προδιαγραφές μονάδας RO θαλασσινό νερό δυναμικότητας 600 m ³ /ημέρα	67
3.2.1 Γενικά	67
3.2.2 Χώροι εγκατάστασης - απαιτήσεις	67
3.2.3 Παράμετροι σχεδιασμού	68
3.2.4 Στάδια επεξεργασίας.....	69
3.2.5 Εγκατάσταση	71
3.2.6 Σύστημα τροφοδοσίας θαλασσινού νερού.....	71
3.2.7 Διάταξη κλωρίωσης	71
3.2.8 Φίλτρα θολότητας- Πολυστρωματικά φίλτρα.....	72
3.2.9 Σύστημα αποκλωρίωσης.....	74
3.2.10 Σύστημα προσθήκης αντικαθαλατωτικού	75
3.2.11 Φίλτραση μέσω φίλτρων φύσιγγας	76
3.2.12 Σύστημα Μέτρησης SDI	76
3.2.13 Αντλίες υψηλής πίεσης - Σύστημα ανάκτησης ενέργειας	77
3.2.14 Συστοιχία μεμβρανών.....	79
3.2.15 Μονάδα έκπλυσης	80
3.2.16 Μονάδα Χημικού Καθαρισμού.....	80
3.2.17 Σύστημα μείωσης του pH (έγχυση H ₂ SO ₄) παραγόμενου νερού	81
3.2.18 Σύστημα αύξησης σκληρότητας και εξουδετέρωσης pH	81
3.2.19 Σύστημα μετακλωρίωσης παραγόμενου νερού.....	82
3.2.20 Σωληνώσεις.....	82
3.2.21 Βάσεις στήριξης	83
3.2.22 Όργανα ελέγχου.....	83
3.2.23 Διατάξεις ασφαλείας- Αυτοματισμοί	85

3.2.24 Κεντρικός Πίνακας Ελέγχου.....	87
3.2.25 Σύστημα SCADA (για την πιθανότητα μελλοντικής εγκατάστασης).....	92
3.2.26 Αντικεραυνική προστασία.....	92
3.2.27 Ηχομόνωση - Θερμομόνωση.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	94
4.1. Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	94
4.2. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και η διασύνδεσή τους με μονάδα αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης.	94
4.3. Πλεονεκτήματα ΑΠΕ.....	97
4.4. Προβληματισμοί σχετικά με τη διεύρυνση της χρήσης των ΑΠΕ.....	98
4.5. Μορφές ΑΠΕ που μπορούν να συνυπάρξουν με μονάδες αφαλάτωσης. ...	99
4.5.1. Ηλιακή θερμική ενέργεια.....	99
4.5.2. Ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά.....	99
4.5.3. Αιολική ενέργεια.....	100
4.5.4. Βιομάζα.....	101
4.5.5. Γεωθερμία.....	101
4.5.6. Ωκεάνια - κυματική ενέργεια.....	102
4.5.7. Υβριδικό σύστημα.....	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	104
5.1. Αφαλάτωση - Πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	104
5.2. Μεγάλη συγκέντρωση αλμολοίπου.....	105
5.2.1. Επιπτώσεις από την άλμη.....	105
5.2.2. Μέθοδοι απόρριψης της άλμης.....	107
5.2.3. Μέθοδοι επεξεργασίας της άλμης.....	111
5.2.4. Τεχνικές ελαχιστοποίησης του παραγόμενου όγκου άλμης.....	114
5.2.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων διάθεσης και τεχνολογιών επεξεργασίας της άλμης.....	115
5.3. Πρόσληψη νερού από τη θάλασσα.....	117
5.4. Ενεργειακές απαιτήσεις - επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	118

5.5. Ηχορύπανση	119
5.6. Αισθητική ρύπανση	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	120
6.1. Η εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης από οικονομική σκοπιά	120
6.2 Παράμετροι κόστους επένδυσης και λειτουργίας	121
6.2.1. Επιλογή θέσης.....	121
6.2.2. Επιλογή μεθόδου	121
6.2.3. Δυναμικότητα παραγωγής.....	122
6.2.4. Σχεδιαστικό κόστος.....	122
6.2.5. Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού και κτηριακών εγκαταστάσεων ...	122
6.2.6. Κόστος παροχής θαλασσινού νερού τροφοδοσίας	123
6.2.7. Κόστος διάθεσης της άλμης	123
6.2.8. Κόστος διαθέσιμης προς κατανάλωση ενέργειας.....	124
6.2.9. Έμμεσο κόστος επένδυσης	124
6.2.10. Ετήσιο κόστος λειτουργίας.....	124
6.3. Συνιστώσες κόστους.....	125
6.3.1. Κόστος επένδυσης (CAPEX).....	125
6.3.2. Κόστος λειτουργίας και διαχείρισης (OPEX)	127
6.3.3. Κόστος συντήρησης	128
6.4. Οικονομική αξιολόγηση έργου για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης στην Κίμωλο.....	130
6.4.1. Υφιστάμενη κατάσταση υδροδότησης - Κόστος	130
6.4.2. Κόστος παραγόμενου νερού με τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης	132
6.4.3. Κόστος παραγόμενου νερού με τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης και σύνδεσή της με ΑΠΕ.....	140
6.4.4. Αξιολόγηση επενδυτικού σχεδίου	141
Βιβλιογραφία	152
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αφαλάτωση κερδίζει έδαφος για τη λύση του προβλήματος της λειψυδρίας, με αρκετά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα το κόστος επένδυσης και τις ενεργειακές απαιτήσεις που καλύπτονται συνήθως από συμβατικές μορφές ενέργειας. Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια παρουσίασης ενός συστήματος αφαλάτωσης από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και αξιολόγησής του τεχνικά και οικονομικά. Για τη μελέτη του συστήματος αυτού επιλέχθηκε ως τόπος ένα νησί των Κυκλάδων, η Κίμωλος. Μέχρι σήμερα οι ανάγκες υδροδότησης του νησιού καλύπτονται μέσω υδροφόρων πλοίων. Προτείνεται η εγκατάσταση μονάδας αντίστροφης όσμωσης, που καλύπτεται ενεργειακά από ανεμογεννήτριες.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο θέμα, με την παράλληλη παρουσίαση του προβλήματος της λειψυδρίας εστιάζοντας στην Ελλάδα και ιδιαίτερα τα νησιά. Αναφέρονται οι αιτίες που το προκαλούν και παρουσιάζεται η αφαλάτωση ως ενδεχόμενη λύση στο πρόβλημα. Προτείνεται η λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Παράλληλα, αναφέρεται το θεσμικό πλαίσιο που αφορά στους υδάτινους πόρους, την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης, τη χρήση ΑΠΕ και τη διάθεση του αλμολοίπου, βασικού παραπροϊόντος αυτής της διαδικασίας. Τέλος, εισάγονται τα γενικά στοιχεία για την Κίμωλο που θα επηρεάσουν τη μελέτη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες αφαλάτωσης και αξιολογούνται με βάση τη δυνατότητα εφαρμογής τους. Μετά από σύγκριση και αφού έχουν ληφθεί υπόψη παράγοντες που αφορούν τα ελληνικά δεδομένα και το συγκεκριμένο χώρο εγκατάστασης του έργου, επιλέγεται η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η μονάδα που θα εγκατασταθεί στην Κίμωλο, η οποία μπορεί να παράγει περίπου $600 \text{ m}^3 / \text{d}$ πόσιμο νερό από θαλασσινό νερό τροφοδοσίας. Περιγράφονται τα στάδια της διαδικασίας και αναφέρεται όλος ο απαιτούμενος εξοπλισμός.

Το τέταρτο κεφάλαιο ασχολείται με τις μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τα πλεονεκτήματά τους. Λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία που αφορούν στο νησί της Κιμώλου, αλλά και τη συμβατότητα των ΑΠΕ με τη μονάδα αφαλάτωσης που έχει επιλεγεί, εξασφαλίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις από ανεμογεννήτριες.

Το πέμπτο κεφάλαιο φέρνει στο φως ένα πρόβλημα αυτών των μονάδων και μια σημαντική παράμετρο που πρέπει να αναλυθεί. Το συμπύκνωμα που αποβάλλεται από τη μονάδα θα πρέπει να διατεθεί σωστά για να αποφευχθούν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και υποβάθμιση του οικοσυστήματος. Για το λόγο αυτό αναλύονται τρόποι και πρακτικές που εφαρμόζονται με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξιολόγηση από οικονομικής σκοπιάς. Στην αρχή αναφέρεται το κόστος μεταφοράς νερού στην Κίμωλο και γενικά στις Κυκλάδες, τονίζοντας πόσο υπερβολικό είναι σε σχέση με την τιμή του νερού που μπορεί να αγοράσει ο δήμος από μια μονάδα αφαλάτωσης. Συγκρίνονται δύο σενάρια μονάδων, το ένα αναφέρεται σε μονάδα συνδεδεμένη με το δίκτυο ηλεκτροδότησης του νησιού και η άλλη με ανεμογεννήτριες.

Τέλος, αναφέρονται επιγραμματικά συμπεράσματα και σκέψεις σχετικά με το εγχείρημα αυτό και τη λογική του ενδεχόμενου επενδυτή.

ABSTRACT

While effects of drought become increasingly serious in our modern world, desalination tends to be considered as an effective solution, having various advantages and disadvantages, e.g. the high investment cost and the energy demand which is always covered by conventional energy. The purpose of this thesis is a presentation of a desalination plant using renewable energy sources (RES) and a technical and financial evaluation of such an investment.

The place having been selected for this Thesis is an Aegean island, called Kimolos which is fed with water via aquifers ships. The installation of a reverse osmosis plant using wind turbines will be suggested.

First of all, an introduction to the problem of drought, considering Greece and especially islands, will be attempted. The causes will be discovered and desalination will be tested as a possible solution, taking into consideration the institutional framework. Available desalination technologies will be explained and the analysis will result in selecting the method of reverse osmosis, as the solution meeting the needs of the place as well as the conditions.

Additionally, the plant which will be installed in Kimolos, that will produce 600m^3 /d of potable water, is also analyzed. It is followed by a description of all stages of the process and the necessary equipment. Also, the renewable sources of energy are discussed while, for Kimolos the energy demand will be ensured by wind turbines. A problem arising in such plants is the brine and the environmental consequences of its abortion. For this purpose, there are some practices commonly used, which are analyzed.

However, the most important factor to lead in such an investment is the financial analysis. The cost of water transfer in comparison with buying water from a desalination plant will be taken into serious consideration. An attempt to compare desalination plants using conventional energy and renewable sources (wind) will be attempted, as well.

Finally, the investment will be observed by the investor's perspective, reaching a conclusion for the project's sustainability.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Το πρόβλημα της λειψυδρίας

Αναμφισβήτητα το νερό αποτελεί πηγή ζωής και βασικό στοιχείο για τη διατήρηση ζωής στον πλανήτη. Η σημασία του για τον άνθρωπο είναι καθοριστική. Παρά το γεγονός ότι είναι πολύτιμο, η πρόσβαση του ανθρώπου σε αυτό έχει καταστεί ιδιαίτερα δύσκολη, κυρίως στην πόσιμη μορφή του.

Η επιφάνεια της γης καλύπτεται από τεράστιες ποσότητες νερού, από τις οποίες μόνο το 3% θεωρείται πόσιμο. Το υπόλοιπο 97% αποτελεί το νερό των ωκεανών και των θαλασσών και είναι αλμυρό (Αλεξάκης Α., 1993). Στον πίνακα 1.1 φαίνονται οι προδιαγραφές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για το πόσιμο νερό.

Συστατικά	Περιεκτικότητα εις mg/l	
	Ανώτατο δεκτό	Ανώτατο επιτρεπτό
Υλικά διαλυμένα άλατα TDS	500	1500
Χλωριούχα Cl	200	600
Θεϊκά SO ₄ ²⁺	200	400
Ασβέστιο Ca ²⁺	75	100
Μαγνήσιο Mg ²⁺	30	150
Φθοριούχα F ⁻	0.7	1.7
Νιτρικά NO ₃ ⁻	<50	100
Χαλκός Cu ²⁺	0.05	1.5
Σίδηρος Fe ³⁺	0.10	1.0
Υδρογόνο σε μονάδες	250	-
Χλωριούχο νάτριο NaCl	7.0 έως 8.5	6.5 έως 9.2
Υδρογόνο σε μονάδες pH		

Πίνακας 1.1.1.: Προδιαγραφές για το πόσιμο νερό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας

Πηγή: Δεληγιάννη Ε., Μπελεσιώτης Β., Μέθοδοι και συστήματα αφαλάτωσης Αρχές διεργασιών αφαλάτωσης, σελ. 11, 1995

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2, που ακολουθεί και αφορά μια εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής των υδάτινων πόρων, το μεγαλύτερο μέρος του γλυκού νερού (68,7%) βρίσκεται με τη μορφή παγετώνων στους πόλους και τις κορυφές των οροσειρών, ενώ ένα ποσοστό περίπου γύρω στο 30,1% αποτελεί τα υπόγεια ύδατα. Επομένως, το ποσοστό που βρίσκεται επιφανειακά και είναι προσβάσιμο (λίμνες, ποτάμια κτλ.) αποτελεί μόλις το 1% της συνολικής ποσότητας του νερού.

Μορφή νερού	Όγκος νερού σε κυβικά χιλιόμετρα	Ποσοστό γλυκού νερού	Ποσοστό συνολικού νερού
Ωκεανοί, Θάλασσες & Κόλποι	1.338.000.000	-	96,5000
Παγόβουνα, Παγετώνες & Μόνο χιόνι	24.064.000	68,700	1,7400
Υπόγειο Νερό	23.400.000	-	1,7000
- Γλυκό	10.530.000	30,100	0,7600
- Αλμυρό	12.870.000	-	0,9400
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,050	0,0010
Εδαφικός πάγος & Μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,860	0,0220
Λίμνες	176.400	-	0,0130
- Γλυκές	91.000	0,260	0,0070
- Αλμυρές	85.400	-	0,0060
Ατμόσφαιρα	12.900	0,040	0,0010
Έλη	11.470	0,030	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	-	100,0000

Πίνακας 1.1.2: Εκτίμηση παγκόσμιας κατανομής υδάτινων πόρων

Πηγή: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreekh.html>

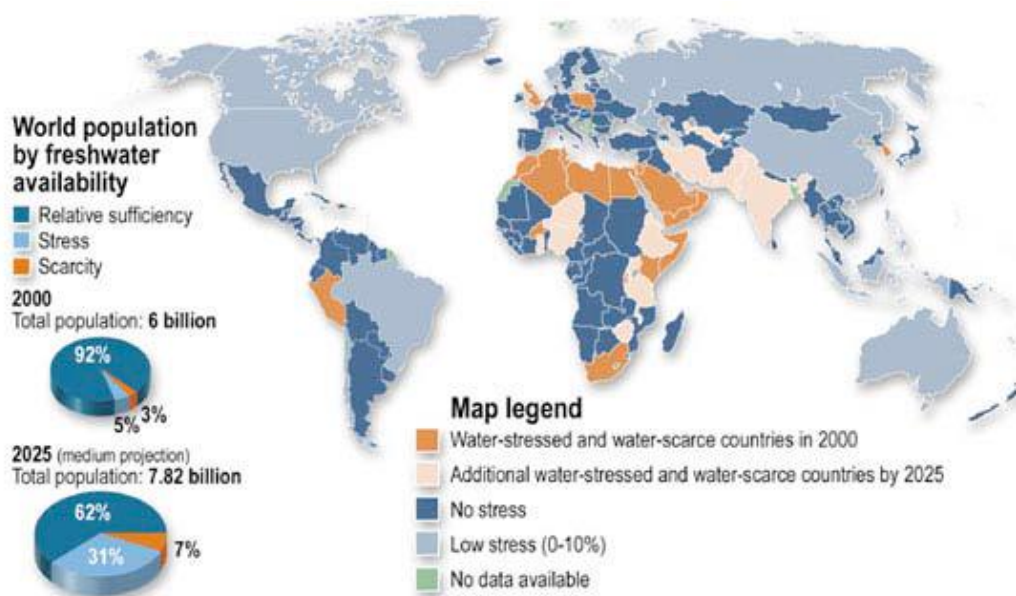
Συνεπώς, ένα από τα κυριότερα προβλήματα της σύγχρονης εποχής είναι η λειψυδρία. Αίτια όπως οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, η εξάντληση και γενικότερη υποβάθμιση των υπόγειων αποθεμάτων καθώς και οι δημογραφικές και λοιπές αλλαγές (αύξηση πληθυσμού, ο τουρισμός ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, οι μείωση των βροχοπτώσεων και οι ακραίες μετεωρολογικές μεταβολές), δημιουργούν σοβαρά προβλήματα έλλειψης πόσιμου νερού στα νησιά και γενικότερα στις παράκτιες περιοχές (Τζεν Ε., 2010).

Στα παραπάνω έρχεται να προστεθεί η αλόγιστη χρήση τόσο του επιφανειακού νερού, όσο και του υπόγειου. Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων, η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα αλλά και των επιφανειακών υδάτων, η έλλειψη σχεδίου διαχείρισης και οι αναποτελεσματικές υποδομές σε ότι αφορά τα δίκτυα ύδρευσης και τις δεξαμενές καθώς και η ανεπαρκής εξοικονόμηση με προσωρινές προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν, επιβαρύνουν την κατάσταση (Μαθιουδάκης Β., Τσάνης Ι., 2011).

Σε πολλές περιπτώσεις, οι εναλλακτικές λύσεις που εφαρμόστηκαν είτε δεν έφεραν αποτέλεσμα, είτε δεν ήταν οικονομικά βιώσιμες. Μερικές από τις λύσεις που

φιλοδοξούσαν να δώσουν περιορίσουν το πρόβλημα, είναι οι λιμνοδεξαμενές, κάποιες νέες γεωτρήσεις, αρκετά έργα εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων, ακόμη και μεταφορά νερού προς τις περιοχές που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα σε μεγαλύτερο βαθμό (Τζεν Ε., 2010). Επιπλέον, η υπερβολική χρήση άριστης ποιότητας πόσιμου νερού (προερχόμενου από γεωτρήσεις) για άρδευση αποτελεί σπατάλη και υπερεκμετάλλευση πολύτιμων και δύσκολα ανανεώσιμων πόρων (Δανιλάκης Β., 2011)

Λόγω των οξυμένων προβλημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, της έλλειψης εναλλακτικών επιλογών και κυρίως των προβλεπόμενων αυξημένων αναγκών για την επόμενη 10ετία, διαφαίνεται η ανάγκη για τη σωστή εκμετάλλευση του πολύτιμου αυτού φυσικού πόρου, του νερού. Σε αυτό το σημείο, η αφαλάτωση έρχεται ως ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση.



Εικόνα 1.1.1.: Κατανομή πληθυσμού βάση διαθεσιμότητας σε φρέσκο νερό

Πηγή: Environment Canada (<http://www.ec.gc.ca>)

1.2 Το πρόβλημα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα πλούσια σε υδάτινους πόρους, και αυτό υπολογίζεται περίπου στα 782 m³ πόσιμου νερού ανά κάτοικο ετησίως. Παρά το γεγονός ότι υπερτερεί έναντι πολλών άλλων χωρών όπως για παράδειγμα της

Γαλλίας (548 m³), της Γερμανίας (460 m³) και της Ιρλανδίας (284 m³) τα προβλήματα είναι ιδιαίτερα έντονα.

Το μεγαλύτερο μέρος του υδάτινου δυναμικού είναι συγκεντρωμένο στα δυτικά και στα βόρεια της χώρας με αποτέλεσμα την εμφάνιση της λειψυδρίας στα νησιά. Παράλληλα, παρατηρούνται και φαινόμενα αλόγιστης διαχείρισης του. Το 83,8% των συνολικών υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση έναντι του 24% ως μέσο όρο στην Ε.Ε. Το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει και σε υψηλότερα επίπεδα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα εξάντλησης ή υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων όπως είναι η Θεσσαλία, η Ανατολική Πελοπόννησος και η Ανατολική Στερεά Ελλάδα. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο κατά τους θερινούς μήνες, λόγω του τουρισμού και των αυξημένων αναγκών στο γεωργικό τομέα (Δαγκαλίδης Α., 2009)

Στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα η κατάσταση είναι ακόμα πιο επιβαρυνμένη. Τα ιδιαίτερα χαμηλά μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης και η μορφολογία του εδάφους, που δε βοηθά στη δημιουργία υδροφόρων οριζόντων, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι θεωρούνται ιδιαίτερα ελκυστικοί τουριστικοί προορισμοί, συνδράμει στην ανάγκη εύρεσης λύσης για το νερό. Συνεπώς, η έλλειψη του, εκτός από τη μείωση της ποιότητας ζωής που επιφέρει στους κατοίκους των νησιών, πλήττει και τον τουρισμό που θεωρείται η «βαριά βιομηχανία» της Ελλάδας και σημαντική πηγή εσόδων (Mohamed E., Παπαδάκης Γ., 2009). Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται σχηματικά το ποσοστό μείωσης των βροχοπτώσεων ανά περιοχή.



Εικόνα 1.2.1.: Ετήσια μείωση των βροχοπτώσεων

Πηγή: Καρδέλλης Ι., Κονδύλη Α., Κορμπάκης Γ., 2004

Συμπληρωματικά, στον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί, καταγράφονται η ποσότητα ζήτησης νερού σε m^3 ανά άτομο για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα και χρήση του νερού. Αποδεικνύεται ότι το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στη Θεσσαλία και στα νησιά του Αιγαίου.

Κ.Α.	Υδατικά διαμερίσματα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές
1	Δυτική Πελοπόννησος	201	5	23	3	20
2	Βόρεια Πελοπόννησος	401,5	6,6	41,7	3	
3	Ανατολική Πελοπόννησος	324,9	4,7	22,1		
4	Δυτική Στερεά Ελλάδα	366,5	9	22,4		
5	Ηπείρου	152,5	10,3	33,9	4,3	
6	Αττικής	99	2,5	420	17,5	
7	Ανατολική Στερεά Ελλάδα	773,7	9,9	41,6	12,6	
8	Θεσσαλία	1550	13	69		
9	Δυτική Μακεδονία	609,4	7,9	43,7	30	80
10	Κεντρική Μακεδονία	527,6	8	99,8	80	
11	Ανατολική Μακεδονία	627	5,8	32		
12	Θράκη	825,2	7,1	27,9	11	
13	Κρήτη	320	10,2	42,3		

14	Νησιά Αιγαίου	80,2	6,8	37,2		
	Σύνολο χώρας	6858,5	106,8	956,6	161,4	100

Πίνακας 1.2.1: Ετήσια ζήτηση νερού σε m³ στην Ελλάδα ανά χρήστη και διαμέρισμα

Πηγή: Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού Μονάδα οικονομικής ανάλυσης αγορών Τράπεζας Πειραιώς

Προσωρινή λύση στο πρόβλημα έρχεται να δώσει η μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία, που όμως δεν είναι ικανοποιητική λόγω του μεγάλου κόστους μεταφοράς το οποίο επιβαρύνει το ελληνικό κράτος και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τις αυξημένες κινήσεις πλοίων. Αλλά αυτό που κυρίως δείχνει ότι η εναλλακτική αυτή δεν είναι βιώσιμη, είναι το γεγονός ότι δεν λύνει το πρόβλημα μακροπρόθεσμα. Ακόμη, μέρος των αναγκών καλύπτεται από τοπικές μονάδες ή ιδιωτικές γεωτρήσεις, λιμνοθάλασσες, όπου γίνεται συγκέντρωση όμβριων υδάτων (σε επίπεδο οικισμού ή νησιού) και στέρνες (σε επίπεδο νοικοκυριού) που χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση.

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση της ανάγκης εύρεσης πόσιμου νερού έχει αναδείξει νέα έργα, όπως γεωτρήσεις, μονάδες αφαλάτωσης και ακόμα μεγαλύτερες μεταφερόμενες ποσότητες. Παράλληλα, δεν υπάρχει σωστή διαχειριστική πολιτική και ενημέρωση για την ευαισθητοποίηση των κατοίκων. Στον Πίνακα 1.2.1. που ακολουθεί αναφέρεται η μέση ετήσια κάλυψη υδρευτικών αναγκών ανά είδος προσφοράς, σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης για το έτος 2006.

ΝΗΣΟΣ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΕΙΣ %	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ %	ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ %	ΥΠΟΓΕΙΑ %	ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ %	ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ %	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΕΤΗΣΙΕΣ 2001
Αστυπάλαια			58,49	30,32	88,51	161560	1238	52929
Κάλυμνος - Ψέριμος - Τέλνδος - Καλόλιμνος		0,2		98,37	98,57	1474756	16441	117431
Λειψοί		55,46		23,83	79,29	67452	698	6070
Λέρος - Φαρμοκονήσι	5,46	11,38		82,26	99,1	773966	8207	29794
Πάτμος - Αρκοί		75		16,86	91,86	330781	3044	7221
Κάσος				100	100	113737	990	564
Κάρπαθος - Σαριά				100	100	754558	6511	207953
Κως				98,55	98,55	5428825	30947	631668
Νίσυρος - Γυαλί	71	14,93			85,92	110430	948	33765
Μεγίστη - Ρω		85,95		5,71	91,66	58616	430	8632
Ρόδος				91,98	91,98	17507447	117007	956026

Σύμη		85		6,71	91,71	293789	2606	35253
Χάλκη		89,55			89,55	50778	313	43860
Τήλος				93,19	93,19	79342	533	14385
Αγαθονήσι		83,7			83,7	12411	158	580
Άνδρος				98,9	98,9	1031920	10009	219295
Αμοργός		7,35		74,86	82,2	183264	1859	62490
Θήρα	4,28	0,36	25,87	54,32	84,83	1984189	12440	954917
Ίος	38,48		1,27	60,25	100	278987	1838	177934
Κύθνος				99,28	99,28	175833	1608	77646
Κέα				92,77	92,77	315813	2417	24381
Σέριφος				95,8	95,8	202635	1414	83012
Μήλος	24,56			58,44	83	626581	4771	94013
Σίφνος	15			72,63	87,63	345594	2442	79659
Νάξος			48,14	50,75	98,89	2115304	18188	475418
Πάρος	12,41			87,05	99,46	1675267	12853	891449
Σύρος	49,42			21,46	70,88	1855053	18181	344652
Μύκονος - Δήλος	29,75		37,27	14,27	81,29	1597541	9320	119105
Τήνος	8,71			88,77	97,48	1058208	8574	305669
Ανάφη				100	100	27695	273	10971
Δονούσα				99,09	99,09	13596	163	175
Ηρακλεία		91,99		4,35	96,35	14753	151	10860
Κουφονήσια		80		5,31	85,31	38470	366	10708
Σχοινούσσα		98,52			98,52	22597	206	22464
Κίμωλος	39,43	12,45		48,12	100	70388	769	8418
Σίκινος		40		56,85	96,85	24768	238	29670
Φολέγανδρος		39,56		8,89	48,45	72160	667	96372
Αντίπαρος				99,07	99,07	160573	1037	90110
Αγ. Ευστράτιος				100	100	40774	371	18336
Λέσβος				99,04	99,04	9135851	90643	525426
Λήμνος				96	96	1688189	18102	168141
Ικαρία				100	100	900725	8312	114531
Σάμος				78,07	78,07	6042336	33814	106917
Φούρνοι - Θύμεια				99,72	99,72	161168	1469	20100
Οινούσες	25,31		31,73	42,97	100	98790	1050	2300
Χίος	8,72		12,5	70,52	91,74	4585600	51936	192266
Ψαρά				100	100	33717	422	4290
Σύνολα / Μέσοι όροι	4,1	1,4	4,4	82,6	93,6	63967792	505976	2385978

Πίνακας 1.2.2.: Μέση ετήσια κάλυψη υδρευτικών αναγκών ανά είδος προσφοράς

Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης, 2006

Ενδεικτικά στις Κυκλάδες το 2007 μεταφέρθηκαν συνολικά περίπου 700.000 m³ και στα Δωδεκάνησα 1.100.000 m³ αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες ποσότητες, όπως είναι αναμενόμενο, καταναλώθηκαν κατά τους θερινούς μήνες. Άλλο ένα χρήσιμο

στοιχείο, που αποδεικνύει την ανάγκη για εύρεση πιο βιώσιμης λύσης στο πρόβλημα της λειψυδρίας, είναι και το γεγονός ότι μέσα στη 10ετία 1997 - 2007 το κόστος μεταφοράς νερού στα άνυδρα νησιά έχει δεκαπλασιαστεί. (Ευθυμιόπουλος Η., 2010). Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, είχε υπολογιστεί αύξηση της τάξεως του 10% τα επόμενα χρόνια, γεγονός που επιβεβαιώθηκε από τα αντίστοιχα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (<http://et.diavgeia.gov.gr/f/ypean/spending>).

Στον επόμενο πίνακα, σύμφωνα με τη «Μελέτη ανάπτυξης εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων των νησιών του Αιγαίου» της Κοινοπραξίας Αιγαίου, φαίνονται αναλυτικά οι συνολικές απαιτήσεις νερού και το συνολικό έλλειμμα κατά το έτος 2008. Στη συγκεκριμένη μελέτη υπάρχει ακόμα και μια πρόβλεψη για το έτος 2020, για τα αντίστοιχα μεγέθη, η οποία παρατίθεται επίσης παρακάτω. Είναι φανερό η αύξηση των συνολικών απαιτήσεων της τάξεως του 12% και του ελλείμματος σε ποσοστό 15% αντίστοιχα.

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	2003	1,2	2292	6,2
Λειψοί	164	53,2	184	50,3
Λέρος - Φαρμακονήσι	1030	4,5	1220	9,5
Πάτμος - Αρκοί	498	13,4	561	13
Κάσος	207	0	230	14,7
Κάρπαθος - Σαρία	1327	0	1586	0,6
Κως	13162	4,2	15061	12,5
Νίσυρος - Γυαλί	151	20,3	190	18
Μεγίστη - Ρω	63	11	84	11
Ρόδος	32057	3,4	38697	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
Άνδρος	5571	1,2	5817	2,2
Αμοργός	330	12,1	409	7,9
Θήρα	2338	16,5	3699	41,2
Ίος	409	0,3	556	0

Κύθνος	400	1	428	1,6
Κέα	1502	5,9	1652	15,2
Σέριφος	344	4,9	556	15,3
Μήλος	1255	10,5	1435	1,7
Σίφνος	614	16,8	753	7,1
Νάξος	12457	45,4	13759	45,1
Πάρος	3461	1,6	3820	13,7
Σύρος	3751	37,6	4199	41,4
Μύκονος - Δήλος	3037	24,3	3454	43,4
Τήνος	3321	9,7	3617	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
Σίκινος	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	44398	6,9	46617	10,1
Λήμνος	6290	5,5	6602	12,4
Ικαρία	2928	0	3055	2,1
Σάμος	14176	22,2	14362	11,7
Φούρνοι - Θύμαινα	189	0,3	241	19,1
Οινούσες	117	0	165	0
Χίος	11390	11	13596	6,8
Ψαρά	67	0	80	7,8
ΣΥΝΟΛΟ	165842	11,5	184965	13,20%

Πίνακας 1.2.3: Συνολικές απαιτήσεις και έλλειμμα νερού στα νησιά του Αιγαίου

Πηγή: Μελέτη ανάπτυξης εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων των νησιών του Αιγαίου Κοινοπραξία Αιγαίου

Στην Ελλάδα παρατηρείται σπατάλη του πόσιμου νερού, το οποίο χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό και για να καλύψει τις ανάγκες της άρδευσης. Στοιχεία αναφέρουν ότι στη χώρα λειτουργούν περίπου 300.000 γεωτρήσεις που εξαντλούν το πολύτιμο φυσικό πλούτο, αφού ο αριθμός αυτός είναι υπερβολικά μεγαλύτερος από τις δυνατότητες των υπεδαφικών υδροφορέων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ποσοστό κατά το οποίο η χρήση των γεωτρήσεων ξεπερνά αυτές τις δυνατότητες σε κάθε περιοχή.

Περιοχή	Ποσοστό %
Θεσσαλία	320

Αττική	260
Πελοπόννησος	200
Νησιά Αιγαίου	200
Δυτική Μακεδονία	30
Κεντρική Μακεδονία	20
Υπόλοιπο	31

Πίνακας 1.2.4: Ποσοστό υπερκάλυψης των δυνατοτήτων των υπεδαφικών υδροφορέων για κάθε περιοχή.
 Πηγή: Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού Μονάδα οικονομικής ανάλυσης αγορών Τράπεζας Πειραιώς

Το αποτέλεσμα των παραπάνω στοιχείων είναι η ραγδαία μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και η υφαλμύρωση τεράστιων παραθαλάσσιων εκτάσεων σε επίπεδα που θεωρούνται επικίνδυνα και για το πόσιμο νερό αλλά και τη γεωργική χρήση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Συνδέσμου Γεωλόγων Μελετητών Ελλάδας, η υφαλμύρωση υπερβαίνει τα 2.000.000 στρέμματα γεωργικής γης, με προβλήματα που εντοπίζονται κυρίως στο Αιγαίο και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.2.2: Ζώνες υφαλμύρωσης στην Ελλάδα
 Πηγή: Σύνδεσμος Γεωλόγων Μελετητών Ελλάδας

Τέλος, σημαντικές επιπτώσεις επιφέρει η ρύπανση των υπόγειων υδάτων με νιτρικά και ο ευτροφισμός των επιφανειακών υδάτων. Σε περίπου 20 περιοχές της Ελλάδος εντοπίζεται εκτεταμένη ρύπανση λόγω νιτρικών ενώσεων. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται στο 70% των υδατικών αποθεμάτων των λιμνών της χώρας, ιδιαίτερα σε περιοχές όπως η Αργολίδα, η Θεσσαλία, η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, το Κιλκίς, η Πέλλα, οι Σέρρες και η πεδιάδα Άρτας - Πρέβεζας (Δαγκαλίδης Α., 2009).

1.3 Αφαλάτωση - Μια πρώτη προσέγγιση

Ως αφαλάτωση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε διαδικασία διαχωρισμού αλάτων από υδατικά διαλύματα. Κατ' επέκταση η ανάκτηση πόσιμου νερού από θαλασσινό, υφάλμυρο ή χαμηλής ποιότητας νερό μπορεί να θεωρηθεί μια τεχνολογικά, αλλά και οικονομικά εφικτή και βιώσιμη λύση για την εξασφάλιση πόσιμου νερού.

Η χρήση μονάδων αφαλάτωσης για την παραγωγή καθαρού νερού (πόσιμου ή αποσταγμένου) από υφάλμυρο ή θαλασσινό νερό είναι ίσως η πιο αξιόπιστη λύση στην ουσιαστική αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Σε όλο τον κόσμο λειτουργούν περίπου 14.500 μονάδες αφαλάτωσης. Το 63% αυτών βρίσκονται στη Μέση Ανατολή, όπου η αφαλάτωση είναι πολύ διαδεδομένη εξαιτίας της έλλειψης νερού που προκαλεί η εκτεταμένη ερημοποίηση, και στην Καραϊβική. Επίσης, αρκετές χώρες της Μεσογείου, όπως η Ισπανία και η Μάλτα καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών τους σε νερό με τη χρήση συστημάτων αφαλάτωσης. Επιπλέον, σε μονάδες αφαλάτωσης για την παραγωγή καθαρού νερού έχουν ξεκινήσει δυναμικά να επενδύουν χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Βόρεια Αφρική, η Σιγκαπούρη, η Αυστραλία και η Κίνα, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ανοδική αύξηση του πληθυσμού και διαρκώς αναπτυσσόμενη βιομηχανία (Τζεν Ε., 2011).

Για την παραγωγή πόσιμου αλλά και βιομηχανικού νερού διαφόρων ποιοτικών απαιτήσεων, από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι αφαλάτωσης. Οι κυριότερες εμπορικές μέθοδοι αφαλάτωσης χωρίζονται κυρίως σε δύο κατηγορίες, στις θερμικές μεθόδους (μέθοδοι απόσταξης ή εξάτμισης) και στις μεθόδους με μεμβράνες, καθώς πλήθος άλλων μεθόδων βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο ή δεν είναι συμφέρουσες από οικονομική άποψη. Ωστόσο, στις πετρελαιοπαραγωγούς χώρες της Μέσης Ανατολής που

διαθέτουν άφθονους ενεργειακούς πόρους χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι εξάτμισης, ενώ στις υπόλοιπες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης που είναι η πιο οικονομική (Τζεν Ε., 2011). Οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Η εξασφάλιση πόσιμου νερού από μονάδα αφαλάτωσης μπορεί να προμηθεύσει σταθερά καλής ποιότητας νερό στους κατοίκους. Δεν εξαντλεί τους υδατικούς πόρους, και συγχρόνως βοηθά στην αειφορία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, έμμεσα διατηρεί την καλή ποιότητα των εσωτερικών επιφανειακών και υπόγειων νερών. Από την άλλη πλευρά, το κόστος παραγωγής είναι μεγαλύτερο από τις συνήθεις πηγές. Οι μονάδες αφαλάτωσης είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρες και επιβαρύνουν το ευρύτερο περιβάλλον κυρίως με αέριους ρύπους, εφόσον το ρεύμα παράγεται με συμβατικές μεθόδους. Επιπλέον, δημιουργεί πιέσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον με τη διάθεση της άλμης και παράγεται θόρυβος κοντά στη μονάδα.

Συνεπώς, η αφαλάτωση αποτελεί μια σημαντική εναλλακτική λύση για την προμήθεια νερού καλής ποιότητας, που είναι σύμφωνη με τις αρχές της διαχείρισης των υδατικών πόρων της οδηγίας 2000/60. Για να ελαχιστοποιηθούν τα αρνητικά σημεία της, μετά από κατάλληλη περιβαλλοντική μελέτη, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στα παρακάτω:

1. Στη σωστή χωροθέτηση μονάδων
 2. Στη σωστή χωροθέτηση αγωγών πρόσληψης νερού και διάθεσης άλμης
 3. Στο σωστό σχεδιασμό αγωγών διάθεσης με επίτευξη κατάλληλης αραίωσης
 4. Στην επεξεργασία των χημικών στις εκροές
 5. Στα μέτρα για τον περιορισμό του θορύβου
 6. Στην εξέταση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- (Αργυρόπουλος Δ., 2007)

Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες εφαρμογής αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της 10ετίας του '60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Σήμερα στη χώρα μας λειτουργούν 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση Δήμων και Κοινοτήτων με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης περίπου 35.000 m³/ημέρα σε περιοχές όπως σε Σύρος, Μήλος, Πάρος, Σαντορίνη, Ίος, Μύκονος, Τήνος, Χίος, Νίσυρος, Σχοινούσα, Σίφνος, Εύβοια, Ιθάκη κ.ά.

Στις εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα, εφαρμόζεται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης, η οποία προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων. Με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, αφαλατώνεται τόσο θαλασσινό, όσο και υφάλμυρο νερό, και μέσω αυτής της διαδικασίας παράγεται πόσιμο νερό. Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αντίστροφης όσμωσης, αυτές περιορίζονται μόνο στην απόρριψη της άλμης και στις ενεργειακές απαιτήσεις. Με μια πρώτη ματιά, η μέθοδος αυτή προσφέρεται για να δώσει λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας και να εξασφαλίσει πόσιμο νερό που θα καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων των περιοχών που πλήττονται.

Για τη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης, απαιτούνται σημαντικά ποσά ενέργειας. Ενδεικτικά, η κατανάλωση σε μια μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση κυμαίνεται στα 2,5 - 3KW/m³ παραγόμενου νερού. Η ενέργεια αυτή καλύπτεται μέσω των λεγόμενων συμβατικών μορφών ενέργειας που παρουσιάζουν συχνές και πολλές φορές σημαντικές αυξομειώσεις κόστους με αντίστοιχη επίδραση στο κόστος του αφαλατωμένου νερού. Στο σημείο αυτό, προτείνεται η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για τη λειτουργία των αντίστοιχων μονάδων, που παρουσιάζουν ένα πλήθος πλεονεκτημάτων τα οποία θα παρουσιαστούν στην επόμενη παράγραφο.

1.4 Θεσμικό πλαίσιο

1.4.1 Θεσμικό πλαίσιο για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της λειψυδρίας, έχουν θεσμοθετηθεί ρυθμίσεις, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, που ευνοούν την εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης. Οι ρυθμίσεις αυτές ορίζουν και κατευθύνουν τα κριτήρια χωροθέτησης, τους όρους αδειοδότησης και τα ανώτερα επιτρεπτά όρια που διέπουν την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση της μονάδας αφαλάτωσης, καθώς και των μονάδων παραγωγής της απαιτούμενης για τη λειτουργία της ενέργειας. Οι αντίστοιχες διατάξεις έχουν ως γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και τον περιορισμό των αρνητικών κοινωνικών και οικονομικών επιδράσεων στους κατοίκους της περιοχής που θα τοποθετηθεί η μονάδα.

Ορισμένες από τις σημαντικότερες ισχύουσες διατάξεις που αφορούν σε θέματα αφαλάτωσης και ενδεχόμενης σύνδεσης τους με μονάδα παραγωγής

ενέργειας που λειτουργεί από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, σε επίπεδο καταγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Νόμος 1739/1987, ο οποίος εκδόθηκε από το Υπουργείο Ανάπτυξης το 1987, με προοπτική τη διαχείριση των υδατικών πόρων, στο πλαίσιο του οποίου η Ελλάδα χωρίζεται σε 14 υδατικά διαμερίσματα (Δυτικής Πελοποννήσου, Ανατολικής Πελοποννήσου, Βόρειας Πελοποννήσου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης, Κρήτης και Νησιών Αιγαίου).

Αρμόδιες Αρχές για τη διαχείριση κατά κατηγορία χρήσης των υδάτινων πόρων ορίστηκαν οι παρακάτω:

- Το Υπουργείο Γεωργίας για την αγροτική χρήση (άρδευση, κτηνοτροφία, ιχθυοκαλλιέργεια, αγροτοβιομηχανία)
- Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων για τη χρήση με σκοπό την προστασία, όπως ορίζεται στην παρ. 1 του άρθρου 11 καθώς και την ύδρευση για τις περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης
- Το Υπουργείο Εσωτερικών για την ύδρευση των υπόλοιπων περιοχών της Ελλάδας
- Το Υπουργείο Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας για τη βιομηχανική και την ενεργειακή χρήση, ανεξάρτητα από την αρμοδιότητά του για τους φυσικούς πόρους αλλά και λοιπές άλλες χρήσης του νερού
- Το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών για τη χρήση των υδάτων στις μεταφορές
- Το Υπουργείο Πολιτισμού για τις αθλητικές χρήσεις
- Ο Εθνικός Οργανισμός Τουρισμού για ιαματικές και χρήσεις αναψυχής

Αρμόδιοι Φορείς για την εκπόνηση και εκτέλεση προγραμμάτων έρευνας των υδατικών πόρων ή για τη συμμετοχή σ' αυτά είναι:

- Το Υπουργείο Εσωτερικών,
- Το Υπουργείο Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων
- Το Υπουργείο Γεωργίας
- Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
- Το Υπουργείο Βιομηχανίας, Ενέργειας, και Τεχνολογίας

- Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
 - Το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
 - Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
 - Το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Δαγκαλίδης Α., 2009).
- Πρωτόκολλο του Κιότο, δεσμευτική συμφωνία 141 χωρών που τέθηκε σε ισχύ από το 2005 και αφορά στην καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος. Προβλέπει ένα σύνολο δράσεων για την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα αέρια του θερμοκηπίου, αλλά και πλήθος άλλων ενεργειακών ζητημάτων προτείνοντας διαφορετικές πολιτικές και δράσεις.
 - Οδηγία 2000/60/ΕΚ, σύμφωνα με την οποία εισάγεται η οικολογική ποιότητα των υδάτων και μία νέα προσέγγιση για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Πιο συγκεκριμένα, ακολουθείται σε επίπεδο λεκάνης απορροής:
 - Ανάλυση Πιέσεων
 - Ανάλυση Επιδράσεων
 - Ανάλυση Οικονομικών
 - Ανάλυση Συμμετοχής
 - Ανάλυση Δικτύου Παρακολούθησης
 - Νόμος 3199/2003 και Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, «Περί Προστασίας & Διαχείρισης Υδάτων», σύμφωνα με τα οποία ενσωματώνεται η Οδηγία 2000/60/ΕΚ στην Ελληνική Νομοθεσία. Δημιουργεί τις αρμόδιες αρχές, Εθνική Επιτροπή Υδάτων, Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, Διευθύνσεις Υδάτων Περιφέρειας και Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων, με σκοπό την κατάλληλη διευθέτηση της εναρμόνισης της Οδηγίας-πλαίσιο.
 - Νόμος 1650/1986, άρθρο 28, ορίζει τις κυρώσεις για τη μη τήρηση των προβλεπόμενων διατάξεων της Οδηγίας 200/60/ΕΚ και κατ' επέκταση του Νόμου 3199/2003 για την προστασία των υδάτων, καθιερώνοντας ότι, «ο ρυπαίνων θα πληρώνει».
 - Απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, τροποποιεί την Οδηγία-πλαίσιο θεσπίζοντας κατάλογο ουσιών προτεραιότητας των υδάτων (33 ενώσεις ή ομάδες ενώσεων), συμπληρώνοντας την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ (Σκληβανιώτης Μ., 2004).
 - Οδηγία 2005/89/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Ιανουαρίου 2006, περί μέτρων διασφάλισης του εφοδιασμού με ηλεκτρισμό και περί επενδύσεων υποδομής.

- Οδηγία 2003/54/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 26ης Ιουνίου 2003, σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Οδηγία 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Νόμος 3468/2006, που αφορά στην για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης. Ο Νόμος αυτός θεσπίστηκε προκειμένου να εναρμονιστεί η ελληνική νομοθεσία για την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2001/77/EK στην Ελληνική Νομοθεσία.
- ΚΥΑ 104247/2006, για τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης, αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων έργων ΑΠΕ.
- Νόμος 1739/1987 και Προεδρικό Διάταγμα 256/1989, για τη χορήγηση αδειών χρήσης νερού
- Ν.3851/10 (ΦΕΚ Α' 85/4-6-10), οποίος πραγματεύεται την «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής». (http://www.rae.gr/old/SUB2/2_4.htm)
- Ν. 3937/2011 (ΦΕΚ Α 60 31.3.2011), αρ.30: «Εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης για την εξυπηρέτηση των υδρευτικών αναγκών των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης των νησιών του Αιγαίου»

Για την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων παραγωγής ύδρευσης μέσω αφαλάτωσης σε νησιά που εντάσσονται στην αρμοδιότητα της Γενικής Γραμματείας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής του Υπουργείου Θαλασσιών Υποθέσεων, Νήσων και Αλιείας δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας και δεν εφαρμόζονται οι διατάξεις που ορίζονται από την ΚΥΑ 13727/724/5.8.2003 (ΦΕΚ Β 1087). Για τις εν λόγω διατάξεις τίθενται οι παρακάτω περιορισμοί:

- Η ημερήσια δυναμικότητα τους πρέπει να είναι κάτω των 500 m³ νερού και 700 m³ κατά τους θερινούς μήνες

- Το παραγόμενο νερό θα πρέπει να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την κάλυψη των αναγκών των αντίστοιχων Ο.Τ.Α. (<http://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/bbb19498-1ec8-431f-82e6-023bb91713a9/trpologiabiopoi.pdf>)

Αξίζει, ακόμη, να σημειωθεί ότι το Δεκέμβριο του 2012, ο Υφυπουργός Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ασημάκης Παπαγεωργίου, εισάγει προς Δημόσια Διαβούλευση το σχέδιο νόμου που αφορά σε «Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και άλλες διατάξεις». Το εν λόγω σχέδιο νόμου, αποτελεί ουσιαστικά το επόμενο βήμα για την προώθηση των Α.Π.Ε στη χώρα και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του μηχανισμού στήριξης τους. (<http://www.opengov.gr/minenv/?p=4717>)

Σε ότι αφορά την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, η αφαλάτωση αναφέρεται στις παρακάτω Οδηγίες:

- Public procurement Directive: Directive 93/38 EEC “Coordinating the procurement procedures of entities operating in the water, energy, transport and telecommunication sectors”
- EU Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy”

1.4.2. Νομοθετικό πλαίσιο για την απόρριψη της άλμης

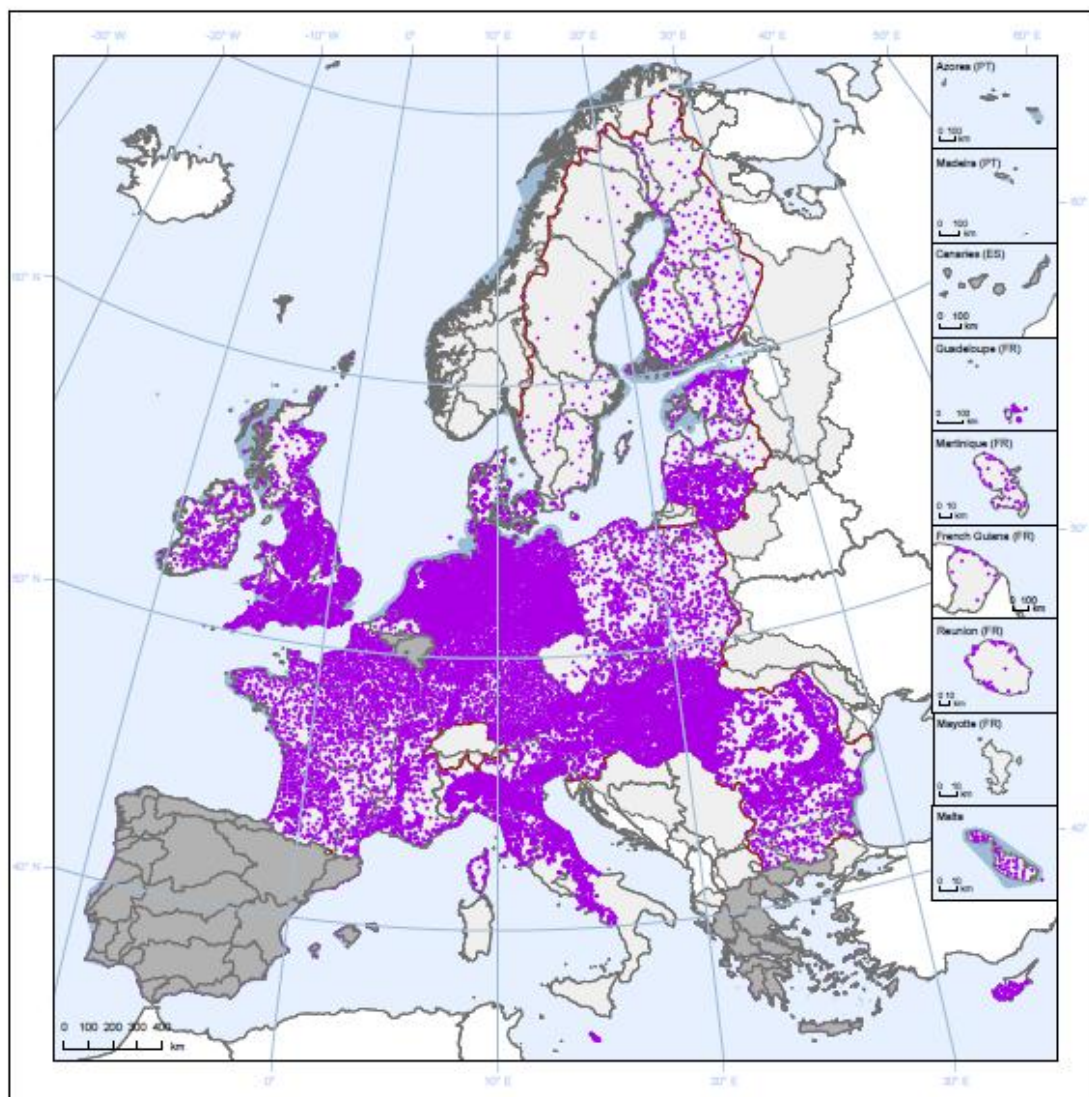
Πέρα από τη θεσμοθέτηση διατάξεων που διέπουν την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση μιας μονάδας αφαλάτωσης, καθώς και την πιθανή σύνδεση της με μονάδα παραγωγής ενέργειας που λειτουργεί με ΑΠΕ, υπάρχει ένα αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο τόσο σε ευρωπαϊκό, όσο και διεθνές επίπεδο, που αφορά στην απόρριψη της άλμης.

Όπως θα αναλυθεί και σε επόμενο κεφάλαιο, η άλμη είναι ο κυριότερος ρυπογόνος παράγοντας μιας μονάδας αφαλάτωσης, επομένως κρίθηκε απαραίτητος ο καθορισμός σωστών μέτρων και η επιβολή κυρώσεων για την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιδράσεις της μη σωστής διάθεσης του αλμολοίπου. Συνεπώς, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- Ορίζονται ποιες πρέπει να είναι οι οριακές τιμές των εκπομπών στο σημείο της απόρριψης, οι οποίες ελέγχονται μέσω περιβαλλοντικών προτύπων. Προβλέπονται ακόμη και ορισμένες τεχνικές επεξεργασίας και ανακύκλωσης του ρεύματος εκροής. Τα ποικίλα επιτρεπτά όρια καθιερώνονται βάσει εθνικού δικαίου, ενώ ακόμα πιο σαφείς νομοθετικές διατάξεις διέπουν τα βιομηχανικά απόβλητα.
- Οι βασικές παράμετροι απορρίψεων από μονάδες αφαλάτωσης είναι οι εξής:
 - Θερμοκρασία
 - Αλατότητα
 - pH
 - Διαλυμένο οξυγόνο και οργανικό φορτίο
 - Χαλκός
 - Νικέλιο
 - Χλώριο
- Ευρωπαϊκή οδηγία - Πλαίσιο για τα WFD (ΟΠΥ)

Αποτελεί ένα πλαίσιο της υδατικής πολιτικής της ΕΕ και συμπληρώνεται από άλλες νομοθετικές ρυθμίσεις οι οποίες διέπουν συγκεκριμένες πτυχές της χρήσης των υδάτων:

- Την οδηγία για τα υπόγεια ύδατα (2006)
- Την οδηγία για τα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας (2008)
- Δύο αποφάσεις της Επιτροπής (2005 και 2008), για την οικολογική κατάσταση, οι οποίες απετέλεσαν τη βάση κατάρτισης μητρώου περίπου 1500 τόπων που περιλαμβάνονται σε εγχείρημα διαβαθμονόμησης, ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκριση προτύπων από διαφορετικές χώρες και δημοσίευσης των αποτελεσμάτων. (<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/el.pdf>)



Εικόνα 1.5.1: Map of groundwater monitoring stations in River Basin Districts, 2012

Πηγή : http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/pdf/Groundwater%20monitoring%20stations-2012.pdf

- Έχει απαγορευτεί η άμεση διάχυση της άλμης σε υδάτινο φορέα και έχει επιβληθεί η έμμεση διάθεση της σε υπόγεια ύδατα μόνο ύστερα από φιλτράρισμα
- Στις ΗΠΑ υπάρχουν Ομοσπονδιακοί Κανονισμοί που αφορούν στα απόβλητα των μεμβρανών. Βέβαια οι διατάξεις αυτές εφαρμόζονται μόνο σε τοπικό επίπεδο.
- Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα για τη διεθνή ανάπτυξη (World Bank Guidelines) απαιτείται η μείωση της θερμοκρασίας πριν την απόρριψη της άλμης ($\Delta T < 3^{\circ} \text{C}$, Ζώνη ανάμειξης). (<http://uest.ntua.gr/solbrine/uploads/files/presentationofdel1.1.pdf>)

Σύμφωνα με την ελληνική Νομοθεσία, η εκάστοτε Νομαρχία εξουσιοδοτείται ως υπεύθυνη για να θεσπίσει τα κατάλληλα μέτρα που καθορίζουν τα είδη, τις προϋποθέσεις, την επεξεργασία και τις οριακές τιμές των τοξικών αποβλήτων που καταλήγουν σε θαλάσσιους αποδέκτες. Με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από έρευνα της Εταιρείας Νισυριακών Μελετών, σε ότι αφορά τουλάχιστον τη Νομαρχία Δωδεκανήσων, δεν υπάρχει προς το παρόν σχετική απόφαση. (Νικολόπουλος Ν., Σφακιανάκης Α., Φραντζής Ν., 2010)

1.5. Κίμωλος

1.5.1. Γενικά στοιχεία νησιού - Χάρτης

Η τοποθεσία που επιλέχτηκε για τη χωροθέτηση της μονάδας είναι το νησί της Κιμώλου.

Η Κίμωλος είναι ένα από τα νησιά του Αιγαίου που ανήκει στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων, βρίσκεται στο νοτιοανατολικό όριο, κοντά στη Μήλο. Η έκταση της είναι 37.426 km² και ο πληθυσμός της, με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2011, είναι περίπου 1300 μόνιμοι κάτοικοι (Ελληνική Στατιστική Αρχή, Απογραφή πληθυσμού 2011).



Εικόνα 1.5.1.: Χάρτης Κιμώλου

Πηγή: http://www.e-kyklades.gr/tourism/kimolos_map?lang=el

Όπως και τα περισσότερα νησιά της Ελλάδας, κατά τους θερινούς μήνες αποτελεί τουριστικό προορισμό, γεγονός που φανερώνει την ύπαρξη μεγαλύτερων αναγκών σε νερό κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών αυξάνεται. Αυτό καθιστά μεγαλύτερο το πρόβλημα της έλλειψης νερού, καθώς μέχρι στιγμής το νησί καλύπτει τις ανάγκες του σε νερό μέσω υδροφόρων που μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού από το Λαύριο. Το κόστος, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και η μη ύπαρξη αυτάρκειας των κατοίκων του νησιού και των τουριστών του σε νερό, οδήγησε σε προβληματισμό για το αν θα πρέπει αν δοθεί μια άμεση λύση σε αυτό.

Η Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής ανάρτησε την υπ' αριθ. ΓΥ/Φ.740 30/5559 στις 13/7/2012, η οποία έχει ως θέμα την «Έγκριση ανάθεσης παροχής επιστημονικών - τεχνικών συμβουλών και υπηρεσιών

αδειοδότησης εγκατάστασης και λειτουργίας Μονάδων Αφαλάτωσης στα νησιά Σχοινούσα, Δονούσα, Αμοργό και Κίμωλο». Μετά τη διεξαγωγή του διαγωνισμού, ξεκίνησε η υλοποίηση του έργου και στο επόμενο χρονικό διάστημα η Κίμωλος θα αποκτήσει μονάδα αφαλάτωσης που θα καλύπτει τις ανάγκες υδροδότησης του νησιού, ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση είναι μεγαλύτερη, βάζοντας τέλος στην εξάρτηση της από την ηπειρωτική Ελλάδα, στον τομέα αυτό. Η μονάδα θα καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες της, μετά από σύνδεσή της με το υπάρχον δίκτυο ηλεκτροδότησης του νησιού.

Η θέση που επιλέχθηκε από την ανάδοχο εταιρεία είναι ένα δημοτικό οικοπέδο στην περιοχή του Αγίου Αντωνίου που προσφέρεται για μια τέτοια εγκατάσταση λόγω και της μικρής απόστασης από τις υπάρχουσες δεξαμενές του δικτύου υδροδότησης. Στο σημείο αυτό υπήρχε και παλαιότερη μονάδα αφαλάτωσης.

Το έργο θεωρείται μεγάλης σημασίας, που θα καλύπτει αρχικά τις περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο ύδρευσης, ενώ σταδιακά θα δοθεί δυνατότητα επέκτασης (Δαλμυρά Α., 2013).

1.5.2. Θαλασσινό νερό

Η μονάδα αφαλάτωσης θα λαμβάνει ως νερό τροφοδοσίας από τη θάλασσα. Για τη σωστή μελέτη ενός τέτοιου έργου, έχουν διεξαχθεί σε πιστοποιημένα εργαστήρια αναλύσεις που δίνουν την ποιότητα του θαλασσινού νερού του νησιού, τα οποία και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ		
Ασβέστιο, Ca ⁺⁺ ,	σε ppm	560 ως Ca ⁺⁺
Σίδηρος, Fe ⁺²	σε ppm	0,001 ως, Fe ⁺²
Μαγνήσιο, Mg ⁺⁺ ,	σε ppm	1.480 ως Mg ⁺⁺
Όξινα ανθρακικά, HCO ₃ ⁻	σε ppm	156 ως HCO ₃ ⁻
Νάτριο, Na ⁺	σε ppm	13.200 ως Na ⁺
Κάλιο, K ⁺	σε ppm	415 ως K ⁺
Στρόντιο, Sr ⁺²	σε ppm	8 ως Sr ⁺²
Βάριο, Ba ⁺²	σε ppm	0,01 ως Ba ⁺²
Βόριο, B ⁺³	σε ppm	4,5 ως B ⁺³
Θειικά, SO ₄ ⁻	σε ppm	2.700 ως SO ₄ ⁻
Χλωριούχα, Cl ⁻	σε ppm	23.915 ως Cl ⁻
Νιτρικά, NO ₃ ⁻	σε ppm	2,1 ως NO ₃ ⁻
Φθοριούχα, F ⁻	σε ppm	0,5 ως F ⁻

Ανθρακικά, CO₃⁻²	σε ppm	30 ως CO ₃ ⁻²
Διοξείδιο του πυριτίου, SiO₂	σε ppm	3 ως SiO ₂
Διοξείδιο του άνθρακα, CO₂	σε ppm	0,5 ως CO ₂
TDS	σε ppm	42500
pH	σε μονάδες pH	8,25
Θολότητα	σε NTU	1
SDI	σε μονάδες SDI	5,5

Πίνακας 1.5.1.: Χημικά στοιχεία θαλασσινού νερού Κιμώνου

Πηγή: SYCHEM S.A.

Ενημερωτικά, το θαλασσινό νερό θεωρείται ότι προέρχεται από νερό ανοιχτής θαλάσσης με SDI>5, και μετά την προκατεργασία θα είναι SDI<5 (SYCHEM S.A., 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. Μέθοδοι αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους, οι οποίες ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες:

α) Μέθοδοι θερμικών διεργασιών

Οι μέθοδοι αυτοί ονομάζονται έτσι γιατί περιλαμβάνει αλλαγή φάσης. Τέτοιες είναι η απόσταξη και η κρυστάλλωση.

Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας που εφαρμόζονται είναι κυρίως μέθοδοι απόσταξης, οι πιο διαδεδομένες εκ των οποίων αναφέρονται ως εξής:

- Πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF)
- Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)
- Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC)
- Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

Στις μεθόδους αυτές το νερό περνάει από την υγρή στην αέρια φάση (ατμός) και στη συνέχεια συμπυκνώνεται και περνά από την αέρια πάλι στην υγρή, απαλλαγμένο από τα άλατα που είχε αρχικά. Η αλλαγή φάσης γίνεται με την προσαγωγή θερμότητας, η οποία αποδίδεται στο σύστημα κατά τη συμπύκνωση των ατμών.

β) Μέθοδοι μεμβρανών

Στην κατηγορία αυτή η αφαλάτωση πραγματοποιείται με τη βοήθεια μεμβρανών, οι οποίες επιτυγχάνουν το διαχωρισμό του νερού από τα άλατα και τις προσμίξεις. Καθ' όλη τη διαδικασία το νερό παραμένει στην υγρή φάση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι παρακάτω μέθοδοι:

- Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis, RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED)

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η αντίστροφη όσμωση είναι η μέθοδος που εφαρμόζεται στα περισσότερα project.

γ) Μέθοδοι εναλλαγής ιόντων

Με τη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση ρητινών ανιόντων και κατιόντων που προσροφούν τα ιόντα του διαλύματος και τα ανταλλάσσουν με τα κινητά ιόντα που βρίσκονται στο πλέγμα της ρητίνης. Στηρίζονται στις χημικές αντιδράσεις των ιόντων για τον διαχωρισμό νερού και άλατος. Υπάρχουν δύο τύποι εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο:

- Μέθοδος σταθεράς κλίνης
- Μέθοδος συνεχούς λειτουργίας

δ) Μέθοδος αφαλάτωσης με ψύξη (Freezing process)

Είναι μια απλή μέθοδος που στηρίζεται στο γεγονός ότι ο πάγος που σχηματίζεται κατά την ψύξη του θαλάσσιου νερού αποτελείται από γλυκό νερό ενώ τα άλατα συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του πάγου.

Η μέθοδος αυτή δεν είναι ιδιαίτερα επιτυχημένη και δεν έχει βρει την αναμενόμενη απήχηση δεδομένης της απλότητας της. Παρουσιάζει τεχνικά προβλήματα και αρκετά μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, δεν ήταν δυνατόν να σχηματιστούν μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου. Οι λεπτοί κρύσταλλοι συγκρατούσαν στην επιφάνεια τους τα άλατα για την απομάκρυνση των οποίων έπρεπε να χρησιμοποιείται σχεδόν η μισή ποσότητα του νερού. Συνεπώς, θεωρείται αντικοινωνική. Δεν κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί περαιτέρω.

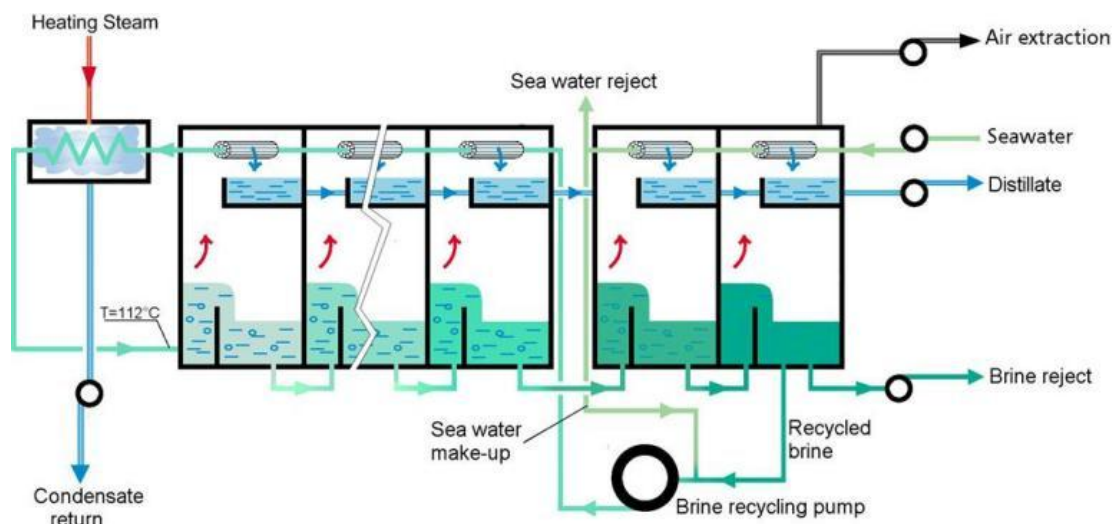
Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι παραπάνω μέθοδοι.

2.2 Μέθοδοι θερμικών διεργασιών

2.2.1. Πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF)

Η αφαλάτωση με τη μέθοδο της πολυβάθμιας εκτόνωσης χρησιμοποιείται κυρίως σε περιοχές όπως η Μέση Ανατολή, η Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και το Κουβέιτ.

Με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος θα γίνει κατανοητή η αρχή λειτουργίας της συγκεκριμένης μεθόδου.



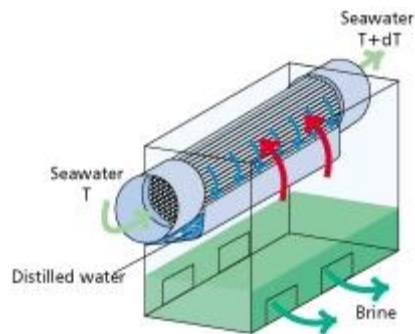
Εικόνα 2.2.1: Σχηματικά η πολυβάθμια εκτόνωση

Πηγή: <http://www.sidem-desalination.com/en/Process/MSF/>

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και 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 παρακολούθησε την αντίστοιχη 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 ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ισχύος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση.

Ο βαθμός απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας του αποσταγμένου νερού προς τη μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε. Σε μια μονάδα που λειτουργεί με αυτή τη μέθοδο, ο βαθμός απόδοσης μπορεί να φτάσει έως και το 8. Για μια τέτοια μονάδα των 20 θερμίδων απαιτείται περίπου 290 kJ/kg προϊόντος.



Εικόνα 2.2.2: The MSF cell

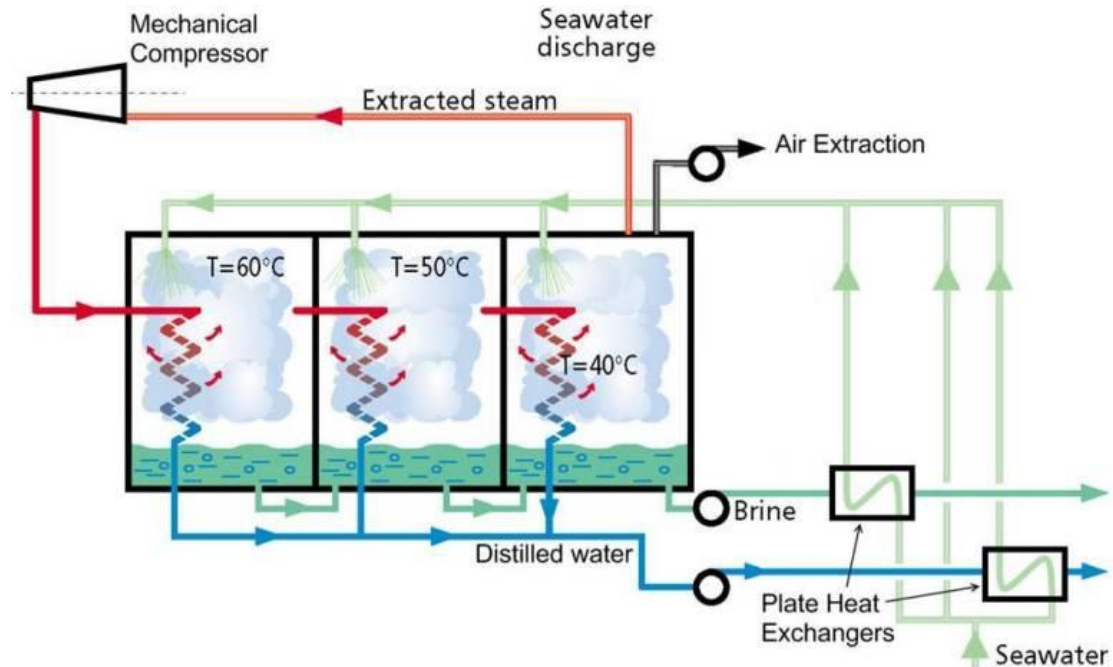
Πηγή: <http://www.sidem-desalination.com/en/Process/MSF/>

2.2.2. Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)

Η πολυβάθμια εξάτμιση έχει πολλά κοινά στοιχεία με την πολυβάθμια εκτόνωση. Συγκεκριμένα είναι προγενέστερη της και αντικαταστάθηκε από αυτή λόγω τεχνικών προβλημάτων. Όμως, λόγω καλύτερης θερμικής απόδοσης, ξανακερδίζει έδαφος λόγω καλύτερης θερμικής απόδοσης.

Η αρχή της μεθόδου αυτής στηρίζεται στον ατμό που περνάει μέσα από τους σωλήνες, ενώ ψεκάζεται το ψυχρό θαλασσινό νερό πάνω τους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα φιλμ και η εξάτμιση γίνεται πιο αποτελεσματικά. Ένα μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό. Ο υπόλοιπος ατμός μαζί με μέρος του θαλασσινού νερού που ατμοποιήθηκε οδηγούνται στον επόμενο θάλαμο. Σε κάθε επόμενο θάλαμο υπάρχει επίσης μια αντλία κενού που βοηθάει την εξάτμιση. Η πίεση, όσο ο ατμός προχωράει από θάλαμο σε θάλαμο, μειώνεται σταδιακά για να γίνει ίση με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία. Αυτό επιτρέπει τη λειτουργία σε υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία, δηλαδή σε πάνω από 90ο C ή κάτω από 90ο C αντίστοιχα. Η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να φτάσει μέχρι και τους 55οC, πράγμα που λειτουργεί ανασταλτικά στη διάβρωση και επιτρέπει τη χρήση χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενης θερμότητας από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται μηχανικοί ή θερμικοί συμπιεστές, ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ' την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την με την άλμη. Θα πρέπει δηλαδή να εξεταστεί αν υπάρχει ομορορή, αντιρροή ή παράλληλη ροή (Miller J., 2009).

Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας μιας μονάδας αφαλάτωσης που λειτουργεί με τη μέθοδο της πολυβάθμιας εξάτμισης παρατίθεται το παρακάτω σχήμα:

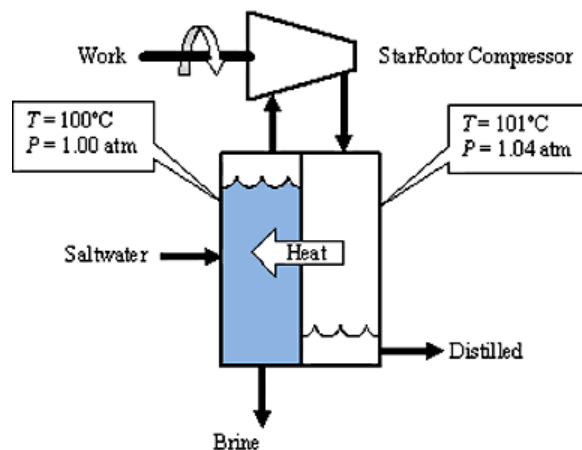


Εικόνα 2.2.3: Πολυβάθμια εξάτμιση

Πηγή: <http://www.sidem-desalination.com/en/Process/MED/MED-MVC/>

2.2.3. Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC)

Η αφαλάτωση με τη μέθοδο της εξάτμισης με συμπίεση ατμών, όπως δείχνει και το σχήμα που ακολουθεί είναι απλή στην κατασκευή και γενικά θεωρείται η πιο αποδοτική.



Εικόνα 2.2.4: Η μέθοδος της εξάτμισης με συμπίεση ατμών σχηματικά.

Πηγή: <http://www.atlanticgreenfuels.com/html/mar6-background.html>

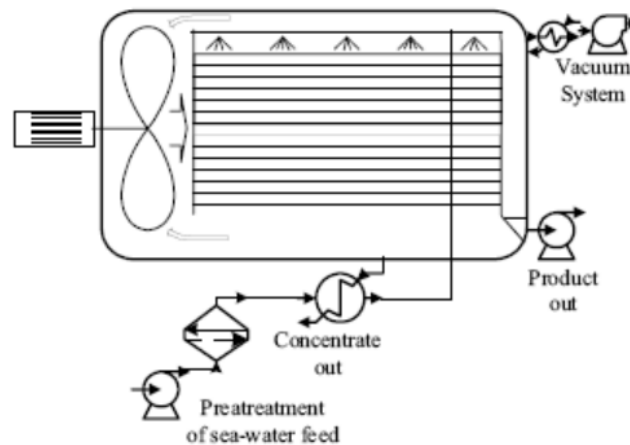
Δεν απαιτούνται πολλά στάδια. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω σε μια σειρά σωλήνων που τους διαπερνά ατμός. Ως εκ τούτου θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υπό πίεση. Ο συμπιεστής αυτός μαζεύει τους ατμούς του καθαρού νερού και τους εκτοξεύει με πίεση μέσα στους σωλήνες και με την επαφή του ψυχρού θαλασσινού νερού συμπυκνώνεται και λαμβάνονται ως προϊόν.

Συγκριτικά με τις προηγούμενες μεθόδους που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους (πολυβάθμια εκτόνωση και πολυβάθμια εξάτμιση), μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν με τη μέθοδο εξάτμισης με συμπίεση ατμών έχουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Επιπλέον ο εξοπλισμός δεν είναι ιδιαίτερα ογκώδης. Η εξάτμιση στη μέθοδο αυτή προκαλείται αποκλειστικά και μόνο από τη χαμηλή πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Συνεπώς, το γεγονός που διαφοροποιεί την εξάτμιση με συμπίεση ατμών από τις άλλες μεθόδους, είναι η απουσία πηγής θερμότητας. Η αποτελεσματικότητα της εξάτμισης και εν συνεχεία η αποδοτικότητα της εγκατάστασης οφείλεται κατά κύριο λόγο στο λεπτό φιλμ που δημιουργείται πάνω στους σωλήνες. Η μέθοδος ενδείκνυται για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις με δυνατότητα παραγωγής μέχρι και 3000m³ τη μέρα. Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, η μέθοδος εφαρμόζεται συνδυαστικά με Πολυβάθμια εξάτμιση.

Παρά τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής όμως δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη για τους παρακάτω λόγους:

- Το κόστος συντήρησης του αεροσυμπιεστή και των εναλλακτών είναι πολύ πιο υψηλό από το αντίστοιχο κόστος που απαιτούν οι άλλες μέθοδοι.
- Η μέθοδος αυτή έχει υψηλά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού παρά τη σχετική απλότητα του.

(<http://people.uwec.edu/piercech/desalination/VCD.htm>)



Εικόνα 2.2.5: Σχηματική παρουσίαση ενός οριζόντιου σωλήνα σε μονάδα αφαλάτωσης που λειτουργεί με τη μέθοδο της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.

Πηγή: <http://www.iwra.siu.edu/win/win2000/win03-00/semiat.pdf>

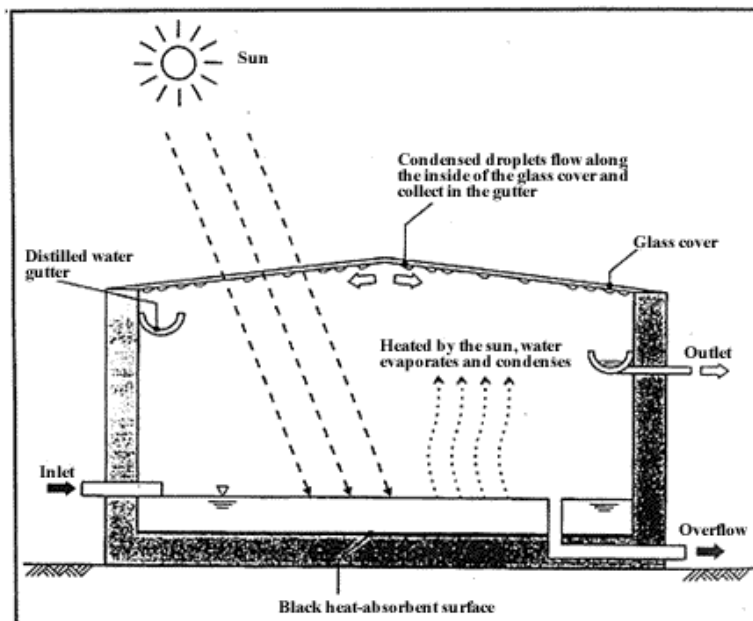
2.2.4 Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)



Εικόνα 2.2.6: Σύστημα αφαλάτωσης με ηλιακή απόσταξη

Πηγή: http://ecosustainablevillage.com.ip01-web23.net/solar_water_desalination.htm

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται ουσιαστικά στον λεγόμενο υδρολογικό κύκλο ή αλλιώς "Κύκλο του νερού", αλλά σαφώς σε πιο μικρή κλίμακα.

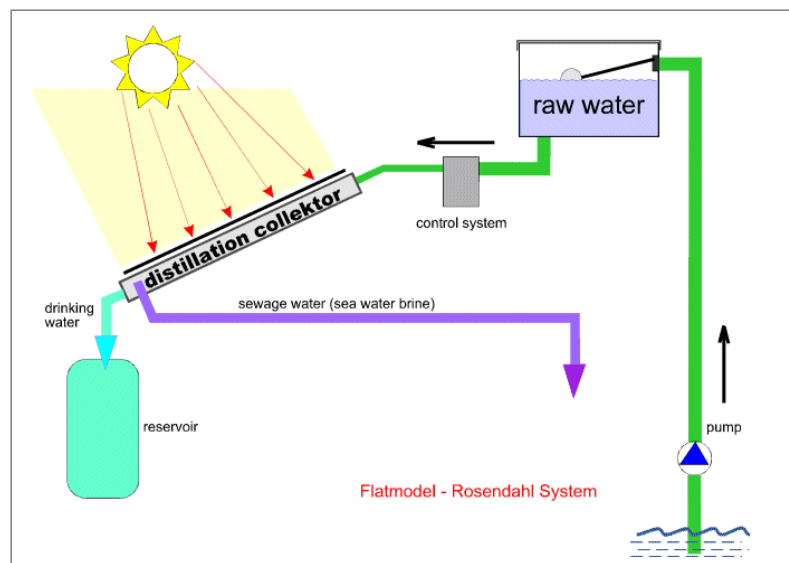


Εικόνα 2.2.7: Τμήμα ενός ηλιακού αποστακτήρα.

Πηγή: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/techpublications/TechPub-8d/desalination.asp>

Η διαδικασία περιγράφεται ως εξής:

- Το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πάτο θερμαίνεται από τις ακτίνες του ηλίου, οι οποίες διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή.
- Το θαλασσινό νερό εξατμίζεται και οι ατμοί ανεβαίνουν προς την κεκλιμένη οροφή.
- Οι ατμοί συμπυκνώνονται και συλλέγονται από κατάλληλη διάταξη.



Εικόνα 2.2.8: Η διαδικασία της ηλιακής απόσταξης σχηματικά.

Πηγή: http://www.mauenvios.com/trujillo2001/Raw_Water_Distillation.htm

Φαινομενικά η μέθοδος αυτή δείχνει απλή, στην πραγματικότητα όμως κρύβει αρκετά μειονεκτήματα. Συσκευές σαν αυτές που λειτουργούν όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες, χρησιμοποιούν λιγότερο απ' το 50% της προσπτώμενης ακτινοβολίας και η απόδοσή τους είναι αρκετά χαμηλή. Το προϊόν είναι περίπου 4 λίτρα καθαρό νερό την ημέρα ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Εκτός όμως από τη μικρή ποσότητα παραγωγής, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το προϊόν απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία, δεδομένου ότι το νερό που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία δεν "βράζει" σε μεγάλη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα να παραμένουν στο προϊόν οι μικροοργανισμοί.

Το κόστος για μια τέτοια εγκατάσταση είναι χαμηλό, ειδικά αν χρησιμοποιηθούν πιο φθηνά υλικά. Ωστόσο αυτό δεν αποτελεί κριτήριο για την επιλογή της μεθόδου αυτής, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρή κλίμακα, για οικιακή χρήση ή άλλες μικρές εγκαταστάσεις.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας συλλέκτης του συστήματος Rosendahl. Στο σύστημα έχει προστεθεί ένα φίλτρο για να καθαρίζει το τελικό προϊόν. Το φίλτρο αυτό είναι ζεσταίνεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 90°C. Περίπου το 50-70% της ποσότητας εξατμίζεται και συμπυκνώνεται πάλι. Το 30-50% παραμένουν ως λύματα ή άλμη, η οποία πρέπει να διατεθεί. Το ακατέργαστο προϊόν προθερμαίνεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Επομένως, το τελικό προϊόν συλλέγεται σε αυτή την περίπτωση απαλλαγμένο από τους μικροοργανισμούς και την άλμη, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Το προϊόν είναι πλέον έτοιμο να χρησιμοποιηθεί τώρα για πόσιμο νερό, καθώς επίσης και για βιομηχανικούς σκοπούς. Είναι ακόμη κατάλληλο για την άρδευση των φυτών και παροχή νερού για την κτηνοτροφία. Επιπλέον, με το πέρασμα του χρόνου, ο βελτιστοποιημένος συλλέκτης έχει κατασκευαστεί για να παράγει μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Πρόσφατα η 8η γενιά συλλεκτών, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής όπου είναι εγκατεστημένη η μονάδα, διατίθεται σε δύο μεγέθη (Rizzuti L., Ettouney H., Cipollina A., 2007):

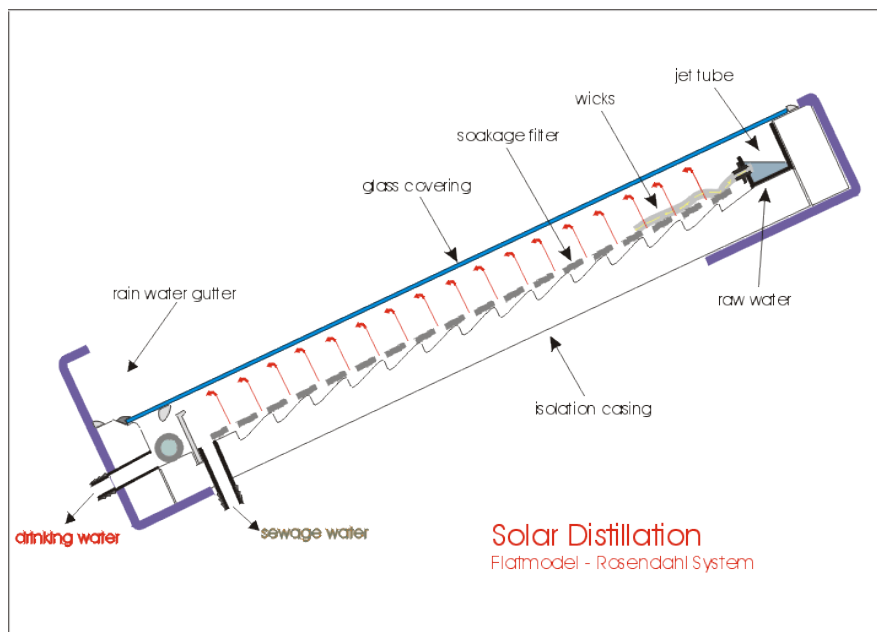
Τύπος συλλέκτη	Διαστάσεις, επιφάνεια	Παραγωγή
F8-Mini	1006x806mm, 0.8m ²	5 λίτρα

F8-250	2520x1050mm, 2.5m ²	15-20 λίτρα
--------	--------------------------------	-------------

Πίνακας 2.2.1: Παραγωγή και διαστάσεις διαθέσιμων τύπων συλλεκτών.

Πηγή: Rizzuti L., Ettouney H., Cipollina A., 2007

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας συλλέκτης του συστήματος Rosendahl.



Εικόνα 2.2.9: Συλλέκτης συστήματος Rosendahl System.

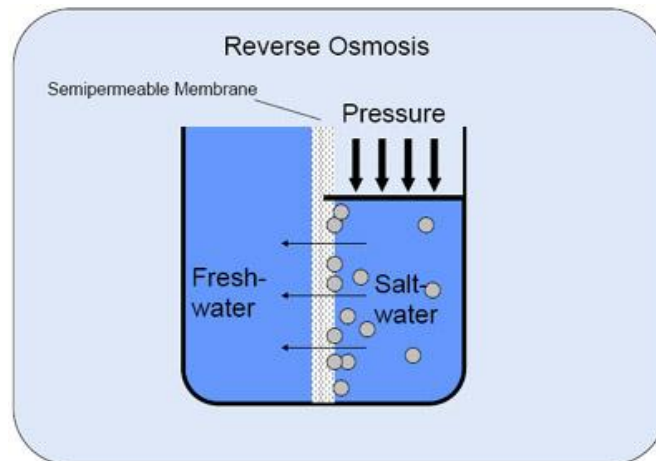
Πηγή: http://www.mauenvios.com/trujillo2001/Raw_Water_Distillation.htm

2.3 Μέθοδοι μεμβρανών

2.3.1 Αντίστροφη όσμωση

Η αντίστροφη όσμωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος μεμβρανών (με διήθηση) με την οποία μπορεί να παραχθεί πόσιμο νερό είτε χρησιμοποιώντας ως εισροή θαλασσινό, είτε υφάλμυρο νερό. Η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας μειώνεται σημαντικά ύστερα από το διαχωρισμό που υφίσταται λόγω της πίεσης (οσμωτικής).

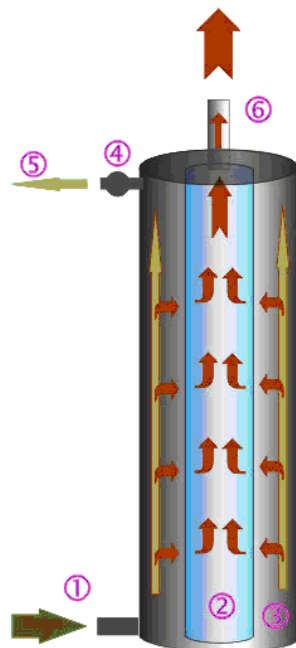
Η μέθοδος αυτή στηρίζει την αρχή της λειτουργίας της στο φαινόμενο της όσμωσης. Κατά το φαινόμενο αυτό, το οποίο απεικονίζεται παρακάτω, υπάρχουν δύο διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων σε ένα δοχείο και διαχωρίζονται με τη βοήθεια μιας ημιπερατής μεμβράνης, από πορώδες υλικό που δεν επιτρέπει την ανάμειξη των δύο διαλυμάτων αλλά και τη διέλευση σωματιδίων μεγέθους μεγαλύτερου του 1 μm.



Εικόνα 2.3.1: Το φαινόμενο της αντίστροφης όσμωσης με εφαρμογή στην αφαλάτωση νερού.

Πηγή: <http://www.fumatech.com/EN/Membrane-technology/Membrane-processes/Reverse-osmosis/>

Η λειτουργία αυτή οφείλεται στη χρήση μεμβρανών, και η συσκευή που επιτυγχάνει το αποτέλεσμα είναι όπως αυτή του παρακάτω σχήματος:



Εικόνα 2.3.2: Συσκευή αντίστροφης όσμωσης - Η λειτουργία της σχηματικά

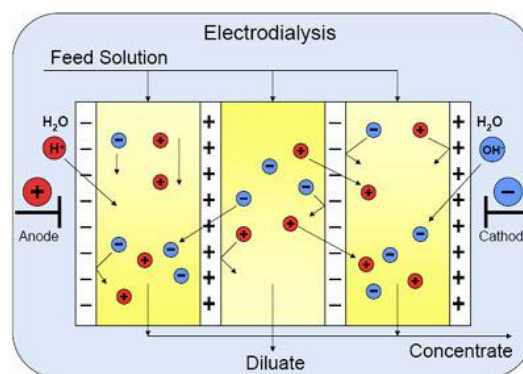
Πηγή: <http://www.tsamisaquarium.gr/Selides/Themata/osmose.htm>

- Σημείο 1: Είσοδος νερού τροφοδοσίας με την πίεση του δικτύου στην συσκευή αντίστροφης όσμωσης.
- Σημείο 2: Κυλινδρική μεμβράνη

- Σημείο 3: Ο χώρος που καταλαμβάνει το νερό τροφοδοσίας με την είσοδό του στη συσκευή. Το νερό στο συγκεκριμένο χώρο βρίσκεται υπό πίεση.
- Σημείο 4: Βαλβίδα που συντελεί στη διατήρηση της πίεσης στο χώρο 3 και επιτρέπει στο νερό να φύγει μόνο όταν η πίεση ξεπεράσει συγκεκριμένη τιμή πίεσης (περίπου 4-5 bar).
- Σημείο 5: Έξοδος ακάθαρτου νερού όταν ξεπερνάται το όριο της πίεσης της βαλβίδας. Το νερό αυτό περιέχει τα διαλυμένα άλατα και άλλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις που υπάρχουν στο νερό του δικτύου, αλλά δεν μπορούν να περάσουν μέσα από τη μεμβράνη. Το ποσοστό του νερού είναι περίπου το 75%.
- Σημείο 6: Έξοδος καθαρού νερού που έχει περάσει από τη μεμβράνη, απαλλαγμένο κατά 95-98% από όλα τα άλατα και λοιπές ουσίες που υπήρχαν στο νερό πριν μπει στην συσκευή. Το ποσοστό του νερού αυτού είναι περίπου το 25% του συνολικού.

2.3.2 Ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis)

Η ηλεκτροδιάλυση είναι άλλη μια μέθοδος από την οποία μπορεί να προκύψει διαχωρισμός του καθαρού νερού από την άλμη και χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό. Στην εικόνα φαίνεται παρακάτω, το νερό τροφοδοσίας περνάει ανάμεσα από φορτισμένες θετικά και αρνητικά μεμβράνες εναλλάξ.



Εικόνα 2.3.3: Αφαλάτωση με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάλυσης.

Πηγή: <http://www.fumatech.com/EN/Membrane-technology/Membrane-processes/Electrodialysis/>

Έτσι, τα ιόντα που είναι διαλυμένα προσκολλώνται στις μεμβράνες, οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευσή τους δημιουργώντας διαμερίσματα μικρότερης και μεγαλύτερης συγκέντρωσης. Έτσι προκύπτει το προϊόν και η άλμη αντίστοιχα.

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για υφάλμυρο νερό, του οποίου η συγκέντρωση των αλάτων είναι χαμηλή. Ο λόγος είναι ότι με την ηλεκτροδιάλυση δεν απομακρύνονται τα μη ιοντικά ιόντα, αλλά κατά την απομάκρυνση των ιοντικών, η απαιτούμενη ενέργεια αυξάνει ανάλογα με τη συγκέντρωση.

Για να συντηρείται η εγκατάσταση και να λειτουργεί σωστά η μονάδα, εφαρμόζεται η αντιστροφή των πεδίων. Με τον τρόπο αυτό. Αλλάζει η θέση των καναλιών του προϊόντος και της άλμης. Έτσι, οι μεμβράνες που δέχονται την άλμη και γεμίζουν άλατα, καθαρίζουν όταν γίνεται η αλλαγή των πεδίων και για κάποιο διάστημα περνάει το καθαρό νερό από αυτές.

Ένα κοινό στοιχείο με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (πέρα από τις μεμβράνες) είναι η επεξεργασία που γίνεται προκειμένου στο προϊόν προκειμένου να γίνει η ρύθμιση της σκληρότητας και του pH.

2.4. Επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης

Κάθε εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης είναι ένα ξεχωριστό έργο. Για να είναι βιώσιμη, θα πρέπει να ελεγχθούν πολύ προσεκτικά οι παράμετροι που τη διέπουν, ώστε να επιλεγεί η σωστή μέθοδος που θα δώσει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για το κάθε έργο από τεχνικής και φυσικά οικονομικής άποψης. Ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ελεγχθούν κατά τη επιλογή είναι (Τζεν Ε., 2001)

- Η ποιότητα του νερού που τροφοδοτεί την εγκατάσταση (αν πρόκειται για θαλασσινό ή υφάλμυρο)
- Η ποσότητα και η ποιότητα του νερού που παράγεται
- Το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του εξοπλισμού (γενικά το κόστος επένδυσης)
- Ο χώρος όπου θα εγκατασταθεί η μονάδα
- Οι ενεργειακές απαιτήσεις
- Ο απαιτούμενος χρόνος παράδοσης του έργου
- Η διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας
- Η διαθεσιμότητα και η εμπειρία του προσωπικού που θα αναλάβει το έργο
- Η δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ, το δυναμικό τους και η δυνατότητα διασύνδεσής τους με την μονάδα (Tzen E., Morris R., 2003)

2.4.1. Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης

Για να είναι εφικτή η σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης, θα πρέπει να γίνει η αντίστοιχη μελέτη για καθεμιά από της παρακάτω παραμέτρους:

1) Ενεργειακές απαιτήσεις

Οποιαδήποτε μέθοδος κι αν χρησιμοποιηθεί, η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία της μονάδας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το συνολικό κόστος της διαδικασίας, κυρίως γιατί από οικονομικής άποψης υφίσταται διακυμάνσεις από τις τιμές τους ορυκτού καυσίμου. Επιπλέον, όσο πιο εντατική θεωρείται η διαδικασία, τόσο περισσότερες είναι και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Στους πίνακες που φαίνονται παρακάτω αναφέρονται οι ενεργειακές απαιτήσεις μετρημένες σε Kwh/m³ για καθεμιά από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές αφαλάτωσης. Ο λόγος που επιλέχθηκε η μονάδα αυτή είναι για να επιτευχθεί η σύγκριση μεταξύ των θερμικών μεθόδων που απαιτούν θερμική ενέργεια και των μεθόδων μεμβρανών που λειτουργούν μόνο με ηλεκτρική ενέργεια.

2) Το κόστος του παραγόμενου νερού

Το κόστος του προϊόντος της αφαλάτωσης εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες που επηρεάζουν το CAPEX και το OPEX κόστος. Ορισμένες τεχνολογίες έχουν υψηλό κόστος επένδυσης, το οποίο περιλαμβάνει το χώρο, το σχεδιασμό και την αγορά της μονάδας, τη μεταφορά, την εγκατάσταση κτλ., ενώ άλλες μέθοδοι έχουν πιο υψηλό κόστος λειτουργίας, το οποίο περιλαμβάνει εργατικό δυναμικό, συντήρηση, ανταλλακτικά, ενέργεια και χημικά. Σε όλα αυτά θα πρέπει να συμπεριληφθούν και παράγοντες που δεν μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια. Τέτοιοι παράγοντες είναι το κόστος των καυσίμων, το κόστος των υλικών, το νερό τροφοδοσίας (ανάλογα με την αλατότητα ή τη θολότητα του διαφοροποιείται και το κόστος) και τέλος η μέθοδος υπολογισμού του κόστους που επιλέχθηκε.

3) Οι τάσεις εξέλιξης της τεχνολογίας

Οι τάσεις που επικρατούν και οι δυνατότητες που διαφαίνονται, υποδεικνύουν ποιες είναι οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται και θα κυριαρχήσουν τα επόμενα χρόνια στην αγορά.

4) Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Οι παράγοντες αυτοί πρέπει να μελετηθούν και να τους δοθεί μεγάλη σημασία υπό την έννοια ότι η αφαλάτωση, αν δεν εγκατασταθεί υπό προϋποθέσεις και δεν πληροί τους περιορισμούς που δίνονται σε κάθε περίπτωση, μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του περιβάλλοντος με τους εξής τρόπους:

- Η ανεξέλεγκτη διάθεση του αλμολοίπου μπορεί να υποβαθμίσει τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Αυτό συμβαίνει γιατί εκτός από την αύξηση της αλατότητας που είναι επιβλαβής για τους ζωντανούς οργανισμούς, ο αλμολοίπος μπορεί να περιέχει και ποσότητα χημικών από το πρώτο στάδιο της αφαλάτωσης.
- Οι μονάδες αφαλάτωσης για να λειτουργήσουν απαιτούν ενέργεια και επομένως πρέπει να είναι συνδεδεμένες με κάποιο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική, αν πρόκειται για μονάδα θερμικής διεργασίας. Συνεπώς, υπάρχουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που εντείνουν τα περιβαλλοντολογικά προβλήματα.
- Οι μονάδες αφαλάτωσης αν δε στηθούν στο σωστό σημείο αποτελούν πηγή ηχορύπανσης.

Τα χαρακτηριστικά των κυριότερων τεχνολογιών αφαλάτωσης ως προς τους παράγοντες που αναλύθηκαν παραπάνω, συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

- Για την πολυβάθμια εκτόνωση:

Πολυβάθμια εκτόνωση		
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ³)	Ηλεκτρική ενέργεια 3,5 - 5,0 kWh/m ³ Θερμική ενέργεια 44 - 47,22kWh/m ³	Ξεχωριστά
	Ηλεκτρική ενέργεια 3,5 - 5,0 kWh/m ³ Θερμική ενέργεια 44 - 47,22kWh/m ³	Με συμπαραγωγ ή
Κόστος παραγόμενου νερού (\$ / m ³)	0,9 - 1,5 \$/m ³	
Δυνατότητες εξέλιξης τεχνολογίας	Μέτριες	
Περιβαλλοντική επίδραση	10-15°C πιο θερμές οι εκροές 15%αύξηση του TDS	

Η πολυβάθμια εκτόνωση απαιτεί ουσιαστικά και ηλεκτρική αλλά και θερμική ενέργεια. Στον πίνακα φαίνονται οι απαιτήσεις όταν η μονάδα λειτουργεί μόνη της και όταν υπάρχει συμπαραγωγή (ESCWA , 2009). Σχετικά με το κόστος του παραγόμενου νερού, που φαίνεται να αγγίζει το 0,9 - 1,5 \$/m³ , υπάρχει

δυνατότητα μείωσης στην περίπτωση της συμπαραγωγής και ανάλογα με την ποσότητα του νερού που παράγεται (Winter T., Panell D., McCann L., 2008). Όσον αφορά την αποτίμηση της πολυβάθμιας εκτόνωσης ως μέθοδο αφαλάτωσης, θεωρείται σχετικά ώριμη αλλά με μέτριες δυνατότητες εξέλιξης. Τέλος, από περιβαλλοντικής άποψης, το αλμόλοιπο που προκύπτει μετά από αυτή τη διεργασία, μπορεί βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, όπως επίσης και ο δείκτης αλατότητας φαίνεται να είναι ιδιαίτερα αυξημένος (Sommariva C., Hogg H., Callister K., 2004).

- Για την πολυβάθμια εξάτμιση:

Πολυβάθμια εξάτμιση		
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ³)	Ηλεκτρική ενέργεια 0,5 - 1,5 kWh/m ³ Θερμική ενέργεια 41,67-61,11kWh/m ³	Ξεχωριστά
	Ηλεκτρική ενέργεια 1,5 - 2,5 kWh/m ³ Θερμική ενέργεια 27,78 kWh/m ³	Με συμπαραγωγή
Κόστος παραγόμενου νερού (\$ / m ³)	Περίπου 1 \$/m ³	
Δυνατότητες εξέλιξης τεχνολογίας	Υψηλές	
Περιβαλλοντική επίδραση	10-15°C πιο θερμές οι εκροές 15% αύξηση του TDS	

Οι ενεργειακές απαιτήσεις της πολυβάθμιας εξάτμισης διαφοροποιούνται και πάλι όταν η μονάδα λειτουργεί μόνη της και όταν έχουμε συμπαραγωγή, με τιμές που φαίνονται και στον παραπάνω πίνακα (ESCWA , 2009). Το κόστος του παραγόμενου νερού τροποποιείται και σε αυτή την περίπτωση, όταν υπάρχει συμπαραγωγή και ανάλογα με την ποσότητα του νερού που παράγεται (Zhou Y., Toi R., 2005). Η τεχνολογία αυτή θεωρείται ώριμη και προδιαθέτει θετικά για την εξέλιξη της, ενώ οι περιβαλλοντικές της επιδράσεις είναι περίπου ίδιες με την πολυβάθμια εκτόνωση (Sommariva C., Hogg H., Callister K., 2004)

- Στην αντίστροφη όσμωση:

Αντίστροφη όσμωση	
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ³)	4 - 8 kWh/m ³ (SW) 2 - 3 kWh/m ³ (BW)
Κόστος παραγόμενου νερού (\$ / m ³)	0,99 \$/m ³ (SW) 0,2-0,7 \$/m ³ (BW)
Δυνατότητες εξέλιξης τεχνολογίας	Υψηλές

Περιβαλλοντική επίδραση

Θερμοκρασία
περιβάλλοντος
50% αύξηση του TDS

Στη μέθοδο αυτή έχουμε διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις αλλά και κόστος ανάλογα με την προέλευση του νερού τροφοδοσίας. Είναι προφανές ότι η αφαλάτωση θαλασσινού νερού είναι πιο ενεργοβόρα (ESCWA, 2001) και δαπανηρή από μια μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού. Η μέθοδος αυτή έχει δυνατότητες εξέλιξης λόγω της βελτίωσης της τεχνολογίας των μεμβρανών και μακροπρόθεσμα προβλέπεται και ακόμα μεγαλύτερη μείωση του κόστους. Το αλμόλοιπο είναι στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, αλλά ο δείκτης αλατότητας παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένος (Sommariva C., Hogg H., Callister K., 2004).

Λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, διαπιστώνεται ότι μπορεί να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των μεθόδων αφαλάτωσης, όμως η τελική επιλογή γίνεται ασφαλώς έπειτα από διεξοδική μελέτη της κάθε περίπτωσης ξεχωριστά. Το καλύτερο σύστημα είναι αυτό που μπορεί να παράγει αξιόπιστα νερό με τις αναμενόμενες προδιαγραφές ποιότητας και την αναμενόμενη ποσότητα νερού σε λογικό κόστος (Loupassis, S., 2002). Ωστόσο, αξίζει να γίνουν γνωστά ορισμένα στοιχεία που σε κάποιες περιπτώσεις, η επιλογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου αφαλάτωσης αποτελεί μονόδρομο.

Δίνοντας έμφαση στο νερό τροφοδοσίας, οι θερμικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ η ηλεκτροδιάλυση για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού. Η αντίστροφη όσμωση μπορεί να παράγει πόσιμο νερό είτε με εισροή θαλασσινού, είτε υφάλμυρου νερού. Ανάμεσα στις μεθόδους μεμβρανών, για χαμηλή αλατότητα του τροφοδοτούμενου νερού και για μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης η ηλεκτροδιάλυση αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή. Όταν όμως η αλατότητα είναι υψηλή προτιμάται η αντίστροφη όσμωση.

Σε ότι αφορά τις θερμικές διεργασίες αφαλάτωσης, είναι αναμενόμενο ότι χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια για τη θέρμανση του νερού τροφοδοσίας. Θέλει, λοιπόν ιδιαίτερη προσοχή αν για το λόγο αυτό χρησιμοποιηθεί ηλεκτρική ενέργεια, καθώς η μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό έχει χαμηλή απόδοση και έχει ως αποτέλεσμα υψηλό ποσοστό απωλειών ενέργειας. Ενδεικτικά οι μονάδες εξάτμισης με επανασυμπίεση ατμών καταναλώνουν 15 KWh/m³ και οι μονάδες πολυβάθμιας εκτόνωσης καταναλώνουν πάνω από 20 KWh/m³.

Γενικά οι θερμικές διεργασίες παράγουν αποσταγμένο νερό με πολύ χαμηλό το δείκτη αλατότητας TDS (περίπου 10-20 ppm, ενώ αντίθετα ο δείκτης του

παραγόμενου νερού από αντίστροφη όσμωση και ηλεκτροδιάλυση είναι γύρω στα 350 - 500 ppm, δηλαδή στα όρια που πρέπει να έχει το πόσιμο νερό.

Σε εγκαταστάσεις με μεγάλη παραγωγή νερού, προτιμούνται οι μέθοδοι θερμικών διεργασιών. Από αυτές μόνο η εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές μικρότερης κλίμακας. Οι μέθοδοι μεμβρανών μπορούν να εφαρμοστούν και σε μικρές αλλά και μεγάλες εφαρμογές, γι αυτό και προτιμούνται πιο συχνά.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μεθόδων αφαλάτωσης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ						
Μέθοδος	Νερό τροφοδοσίας	Μορφή ενέργειας	Αλατότητα Προϊόντος (TDS σε ppm)	Παραγωγή προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Κατανάλωση ενέργειας	Κόστος εγκατάστασης
MSF	Θαλασσινό	Θερμική Ηλεκτρική	10	1000 - 60000	250kJ/kg 4-6KWh/m ³	1000 - 2000 € / (m ³ /ημέρα)
MED	Θαλασσινό	Θερμική Ηλεκτρική	10	500 - 20000	270kJ/kg 2.5- 3KWh/m ³	650 - 1750 € / (m ³ /ημέρα)
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	10	25 - 2500	8 - 15KWh/m ³	1000 - 2350 € / (m ³ /ημέρα)
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0.4 - 70000 και άνω	<5 KWh/m ³	650 - 4400 € / (m ³ /ημέρα)
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	250 - 500	2.5 - 50000 και άνω	0.5- 3KWh/m ³	300 - 2000 € / (m ³ /ημέρα)
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	300 - 500	15 - 50000	1.5- 4KWh/m ³	1000 - 5000 € / (m ³ /ημέρα)

Πίνακας 2.4.1. Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης

Πηγή: Τζεν Ε., 2010

2.4.2 Πλεονεκτήματα αντίστροφης όσμωσης

Συμπερασματικά, η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει επικρατήσει, γεγονός που ενισχύεται και από την εικόνα XXXX. Η μέθοδος αυτή συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα, τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Εφαρμόζεται, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σε μεγάλο εύρος εφαρμογών, εφ' όσον το νερό τροφοδοσίας μπορεί να είναι είτε θαλασσινό, είτε υφάλμυρο.
- Χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος παραγωγής νερού, είτε πρόκειται για εγκαταστάσεις μεγάλης δυναμικότητας, είτε για πιο περιορισμένης κλίμακας
- Οι μονάδες που κατασκευάζονται είναι αξιόπιστες, γεγονός που οφείλεται στην απλότητα κατασκευής της, στην «ωριμότητα» της μεθόδου της αντίστροφης όσμωσης και στην εξέλιξη των αντίστοιχων τεχνολογιών από τεχνικής άποψης.
- Χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού, που είναι και το κυριότερο ζητούμενο.
- Η κατανάλωση ενέργειας κινείται σε πιο χαμηλά επίπεδα, αν συγκριθεί με τις άλλες μεθόδους.
- Η κατασκευή της είναι modular και compact, και συνεπώς μπορεί να εγκατασταθεί μέσα σε ένα container.



Εικόνα 2.4.1.: Μονάδα τοποθετημένη σε container

Πηγή: SYCHEM S.A.

- Η μονάδα αντίστροφης όσμωσης δεν έχει πολύ μεγάλες απαιτήσεις σε έκταση γης.

- Σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους ο χρόνος κατασκευής μιας τέτοιας μονάδας είναι μικρότερος. Μια μικρή μονάδα αντίστροφης όσμωσης μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε ένα μήνα.
- Οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται είναι πολύ μικρότερες σε όγκο για την ίδια ποσότητα παραγόμενου νερού.
- Δεν απαιτείται θέρμανση του νερού τροφοδοσίας και επομένως έχει χαμηλότερες θερμικές απώλειες, λιγότερα προβλήματα διάβρωσης, υψηλότερο βαθμό απόδοσης και δυνατότητα απομάκρυνσης μαζί με τα άλατα, και άλλων συστατικών, που δεν πρέπει να καταλήξουν στο τελικό προϊόν, όπως για παράδειγμα, βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί.
- Σε ότι αφορά την κατανάλωση ενέργειας, η αντίστροφη όσμωση, όταν εφαρμόζεται σε θαλασσινό νερό, δίνει τη δυνατότητα τοποθέτησης ανάκτησης ενέργειας, για ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση (Τζεν Ε., 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Αφαλάτωση με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης

3.1.1 Γενική περιγραφή εγκατάστασης αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, θα αναλυθεί παρακάτω η διαδικασία της παραγωγής πόσιμου νερού από μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης.

Στις μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν με τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης, το νερό που τις τροφοδοτεί, αφού πρώτα υποστεί μια προεργασία, διέρχεται μέσω αντλίας υψηλής πίεσης από μια μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή κρατάει την διαλυμένη ουσία στη μια πλευρά της και αφήνει το καθαρό νερό να περάσει από την άλλη μεριά (Mezher T., Fath H., Abbas Z., Khaled A., 2011). Η πίεση που ασκείται σχετίζεται με το φαινόμενο που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και έδωσε και το όνομά της στη συγκεκριμένη τεχνολογία μεμβρανών, αυτό της αντίστροφης όσμωσης. Το φαινόμενο οφείλεται στην διαφορετική συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων μέσα στο νερό. Η άλμη που απορρίπτεται έχει συγκέντρωση από 20% έως 70%, ανάλογα με την αλατότητα του νερού τροφοδοσίας. Για το διαχωρισμό δεν απαιτείται ούτε θέρμανση, ούτε αλλαγή φάσης (Buros O.K., 2000).

Για να γίνει ο διαχωρισμός θα πρέπει η υψηλή πίεση που θα ασκηθεί στην πλευρά της υψηλής συγκέντρωσης να είναι της τάξεως των 2-17 bar αν πρόκειται για υφάλμυρο νερό και 40-70 bar για το θαλασσινό νερό. Στη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης δρουν δύο δυνάμεις που επηρεάζουν την κίνηση του νερού:

- Λόγω της οσμωτικής πίεσης

Η δύναμη αυτή ωθεί το διαλύτη να κινηθεί από την περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στην περιοχή με την υψηλή συγκέντρωση αυτής.

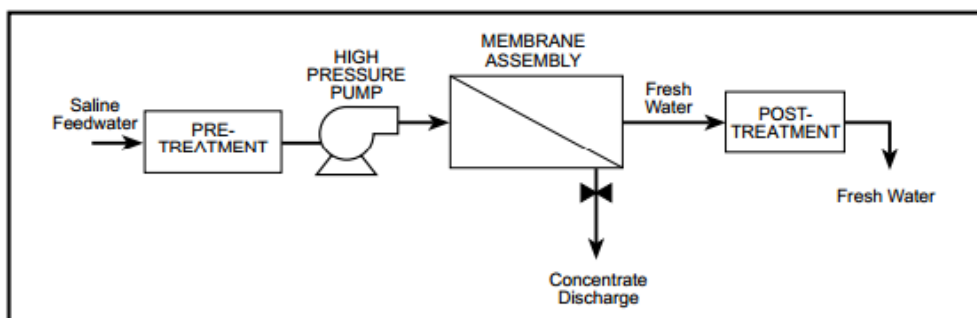
- Λόγω της πίεσης που επιβάλλεται εξωτερικά

Η δύναμη αυτή έχει αντίθετη κατεύθυνση από την πρώτη, άρα προκαλεί και την αντίθετη κίνηση του νερού.

Σκοπός είναι να υπερیشύσει η δεύτερη δύναμη, ώστε να προκύψει νερό απαλλαγμένο από τη διαλυμένη ουσία, δηλαδή άλατα και προσμίξεις, και να επιτευχθεί η διαδικασία της αφαλάτωσης. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο η πίεση που ασκείται εξωτερικά πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση του διαλύματος.

3.1.2. Μονάδα αντίστροφης όσμωσης - Διαδικασία σε στάδια.

Στις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης, το νερό τροφοδοσίας θα πρέπει να περάσει από τρία στάδια για να ολοκληρωθεί με επιτυχία η παραγωγή του προϊόντος, δηλαδή του πόσιμου νερού. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής, φαίνεται ξεκάθαρα η εν λόγω διαδικασία:



Εικόνα 3.1.1: Προδιαγραφές για το πόσιμο νερό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας

Πηγή: Buros O.K., 2000.

Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- Στάδιο προεπεξεργασίας
- Στάδιο αντίστροφης όσμωσης
- Τελικό στάδιο επεξεργασίας

3.1.2.α. Στάδιο προεπεξεργασίας

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την επεξεργασία του τροφοδοτικού νερού, που τροφοδοτεί τις μεμβράνες και αποτελείται από τις παρακάτω επιμέρους διαδικασίες:

- Το θαλασσινό νερό κατά την είσοδό του περνά από ένα φίλτρο, όπου βρίσκεται τοποθετημένη κατάλληλη σάρα, για να παρεμποδίζεται η ταυτόχρονη με το νερό τροφοδοσίας είσοδος ψαριών, θαλάσσιων φυτών και άλλων αντικειμένων κατά την αναρρόφηση.

- Το νερό τροφοδοσίας αποθηκεύεται σε δεξαμενή κατάλληλου όγκου, ώστε να πραγματοποιηθεί η καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων και να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος χρόνος επαφής, για απολύμανση.

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο υλικό κατασκευής της δεξαμενής ώστε να μην επηρεάζει την ποιότητα του νερού. Η δεξαμενή πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά που δεν επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Το νερό παραμένει και αποθηκεύεται στη δεξαμενή για τουλάχιστον 20 λεπτά μέχρι να αρχίσει η επεξεργασία του. Ταυτόχρονα μέσω κατάλληλων αυτοματισμών ελέγχεται η ροή του νερού. Όταν δεν υπάρχει νερό στη δεξαμενή, γίνεται άμεσα αντιληπτό από το σύστημα και διακόπτεται η τροφοδοσία νερού. Με τον τρόπο αυτό προστατεύονται οι αντλίες τροφοδοσίας, οι οποίες δεν πρέπει να λειτουργούν χωρίς την παροχή νερού. Επιπλέον, η εκκίνηση ή διακοπή της αντλίας υδροληψίας του τροφοδοτικού νερού, ελέγχεται ανάλογα με το αν η στάθμη του νερού είναι υψηλή ή χαμηλή αντίστοιχα.

- Στη συνέχεια πραγματοποιείται προχλωρίωση με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου μέσω κατάλληλης διάταξης χλωρίωσης. Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την απολύμανση και οξειδωση βλαβερών ουσιών όπως είναι η οργανική ύλη, σίδηρο, αμμωνία και άλλες ουσίες που προκαλούν βακτηριολογική μόλυνση. Οι ουσίες αυτές εκτός από το ότι είναι ανεπιθύμητες για το τελικό προϊόν, προκαλούν πρόωρη φθορά στις μεμβράνες. Για το λόγο αυτό, οι εν λόγω ουσίες οξειδώνονται, αδρανοποιούνται και κατακρατούνται για να μην περάσουν στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας.

Η ποσότητα του διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου ελέγχεται μέσω δοσομετρικής αντλίας, διαφραγματικού τύπου με ενσωματωμένο κινητήρα. Ο κινητήρας, αλλά και όλα τα τμήματα της αντλίας που έρχονται σε επαφή με το διάλυμα προστατεύονται από τις διαβρωτικές ουσίες μέσω του πλαστικού κελύφους και των υπόλοιπων υλικών που επιλέγονται για να αντέχουν της συνθήκες λειτουργίας της αντλίας. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία της διαδικασίας, υπάρχει στην εγκατάσταση άλλη μία δοσομετρική αντλία που ο ρόλος της είναι εφεδρικός. Η παροχή της δοσομετρικής αντλίας μπορεί να ρυθμίζεται με

διακόπτη από 0% έως 100% της μέγιστης παροχής της και έχει τη δυνατότητα ρύθμισης με υψηλή ακρίβεια ακόμα και στις χαμηλές παροχές δοσομέτρησης. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε η αντλία να προστατεύεται από την ξηρή λειτουργία και ο κινητήρας να έχει IP65 (δείκτης προστασίας).

Ο κάδος διαλύματος είναι κατασκευασμένος από κατάλληλο υλικό ανθεκτικό στις ουσίες (πλαστικό κατά κύριο λόγο) και διαθέτει δείκτη στάθμης. Η χωρητικότητα του κάδου είναι τέτοια ώστε να παρέχει επάρκεια του διαλύματος τουλάχιστον για πέντε ημέρες.

Επιπλέον, προστίθεται θειικό οξύ για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων και χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη προκειμένου να πραγματοποιηθεί συσσωμάτωση των κολλοειδών και οργανικών ουσιών.

- Το ακατέργαστο θαλασσινό νερό είναι πλέον έτοιμο να οδηγηθεί προς τη μονάδα επεξεργασίας μέσω μιας αντλίας κατάθλιψης κατάλληλης ικανότητας και παροχής, η οποία καταθλίβει το θαλασσινό νερό σε αγωγό από πολυαιθυλένιο ή PVC, κατάλληλης διαμέτρου.

Η αντλία αυτή είναι συνήθως πολυβάθμια φυγοκεντρική ή περιστροφική θετικής εκτόπισης, από ανοξείδωτο χάλυβα ή άλλο ανοξείδωτο υλικό ανθεκτικό στο θαλασσινό νερό, και λειτουργεί με τριφασικό κινητήρα. Στο σύστημα υπάρχει άλλη μία τέτοια αντλία που λειτουργεί ως εφεδρική. Στη δεξαμενή αποθήκευσης του θαλασσινού νερού υπάρχει και ένα ηλεκτρικό φλοτέρ, που ελέγχει την αντλία κατάθλιψης. Επίσης, η σωλήνωση στην αναρρόφηση της αντλίας διαθέτει βάνα απομόνωσης και στο σημείο της κατάθλιψης της αντλίας υπάρχει ένα ανοξείδωτο μανόμετρο (συνήθως γλυκερίνης), μια βάνα απομόνωσης και μια βαλβίδα αντεπιστροφής .

Η ίδια αντλία χρησιμοποιείται και για να γίνει έκπλυση των αυτοτήτων φίλτρων θολότητας που έπεται.

Συνεπώς, στη συνέχεια της διαδικασίας το νερό καταθλίβεται σε πολυχρωματικά φίλτρα θολότητας. Ο σκοπός αυτού είναι να γίνει κατακράτηση της άμμου, των ιζημάτων, της λάσπης, των βαρέων μετάλλων, της οργανικής ύλης, των διάφορων αιωρούμενων σωματιδίων και των άλλων βλαβερών για την επεξεργασία ουσιών. Τα φίλτρα είναι κατάλληλης παροχής, διαθέτουν τα απαραίτητα πιστοποιητικά καταλληλότητας πόσιμου νερού και βοηθούν στον

περιορισμό του Δείκτη Πυκνότητας Λάσπης (Silt Density Index, SDI) του ακατέργαστου νερού μέσα στα όρια που θεωρούνται αποδεκτά για τις μεμβράνες. Ο δείκτης αυτός ελέγχεται από τις αναμονές δειγματοληψίας που βρίσκονται στη σωλήνα εισόδου και στη σωλήνα εξόδου κάθε φίλτρου κατά την προκατεργασία .

Πιο συγκεκριμένα, το νερό που είναι έτοιμο προς επεξεργασία εισέρχεται από το πάνω μέρος του φίλτρου και εξέρχεται από το κάτω διαπερνώντας τα υλικά πλήρωσης με μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα τα 15 m/h ώστε να πετυχαίνεται φίλτραση καλύτερης ποιότητας. Η ταχύτητα με την οποία το νερό διαπερνά τα φίλτρα εξαρτάται από τη δυναμικότητα της μονάδας.

Μέσα στα φίλτρα υπάρχουν στρώσεις από δύο ή και περισσότερα υλικά διαφορετικής κοκκομετρίας. Έχουν την ιδιότητα να κατακρατούν τις ουσίες που προορίζονται να συλλέγουν χωρίς να προσδίδουν στο νερό οσμή, χρώμα ή βλαβερές ουσίες. Τα υλικά πλήρωσης των φίλτρων πρέπει να συνοδεύονται από τα απαραίτητα πιστοποιητικά καταλληλότητας για χρήση σε πόσιμο νερό από επίσημο φορέα της Ε.Ε.

Για την ποιοτική λειτουργία της διαδικασίας είναι απαραίτητος ο καθαρισμός των φίλτρων σε τακτά χρονικά διαστήματα σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους. Οι επικαθίσεις απομακρύνονται με αντιστροφή της ροής του νερού μέσω κατάλληλων αυτοματισμών. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται και κατά τη διάρκεια της κανονικής ροής όπου απομακρύνεται όποια επικαθιση παρέμεινε κατά την αντίστροφη ροή, έτσι ώστε τα φίλτρα να είναι ξανά έτοιμα για λειτουργία. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο ελεύθερο ύψος στο δοχείο του φίλτρου, το οποίο πρέπει να είναι κατάλληλο ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ανάδευση των υλικών πλήρωσης κατά τη διαδικασία καθαρισμού με αντίστροφη ροή. Στην έξοδο των αποχετεύσεων των φίλτρων και της αντίστροφης και της κανονικής πλύσης, είναι τοποθετημένοι ρυθμιστές ροής οι οποίοι εξασφαλίζουν τις σωστές παροχές.

Η λειτουργία έκπλυσης των φίλτρων προγραμματίζεται και ελέγχεται μέσω κατάλληλων αυτοματισμών PLC, ενσωματωμένο σε ηλεκτρονικό πίνακα. Αυτός χρησιμεύει για την αυτόματη ρύθμιση της περιόδου και της διάρκειας των κύκλων πλύσης. Ωστόσο, για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της διαδικασίας υπάρχει και η δυνατότητα να δοθεί η εντολή για πλύση χειροκίνητα, σε περίπτωση ανάγκης. Το κάθε φίλτρο λειτουργεί αυτόνομα, ελέγχεται από δικό του πίνακα και έχει το δικό του PLC. Η τάση λειτουργίας των αυτοματισμών για λόγους ασφαλείας είναι 12VAC και συνοδεύεται από τον απαραίτητο μετασχηματιστή 220 V-12 V. Ο

ηλεκτρικός πίνακας θα πρέπει να συμμορφώνεται με όλες τις διατάξεις των Κοινοτικών Οδηγιών και των Προτύπων (CE).

Τόσο στην είσοδο, όσο και στην έξοδο των φίλτρων είναι τοποθετημένα μανόμετρα από βαρέως τύπου συνθετικό υλικό που ελέγχουν την πτώση της πίεσης. Τα μανόμετρα αυτά έχουν μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και στις πιέσεις λειτουργίας, όπως και οι σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα που για τον ίδιο λόγο κατασκευάζονται από PVC.

- Για την ασφάλεια λειτουργίας της μονάδας αντίστροφης όσμωσης υπάρχει σύστημα συνεχούς δοσομέτρησης για την παροχή της σωστής ποσότητας αντικαθαλωτικού διαλύματος στο νερό τροφοδοσίας. Ο έλεγχος αυτής της λειτουργίας διασφαλίζεται μέσω αυτοματισμών ελέγχου με PLC. Έτσι, στην περίπτωση που η στάθμη στον κάδο του διαλύματος είναι χαμηλή ή έχει πέσει ο ρυθμός δοσομέτρησης διακόπτεται η λειτουργία της μονάδας.

Η έγχυση του αντικαθαλωτικού γίνεται στη σωλήνωση πριν την είσοδο του νερού στο φίλτρο ασφαλείας της μονάδας αντίστροφης όσμωσης. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται στη φάση αυτή, πρέπει να διαθέτουν πιστοποιητικά καταλληλότητας για το πόσιμο νερό, από αναγνωρισμένο οργανισμό.

- Ειδικό σύστημα δοσομέτρησης υπάρχει για να ελέγχει και την ποσότητα του όξινου θειικού νατρίου που επιδρά στην αποχλωρίωση του θαλασσινού νερού, απαραίτητη διαδικασία για την προστασία των μεμβρανών από την παρουσία ελεύθερου χλωρίου. Η φιλοσοφία του συστήματος αυτού είναι γενικά παρόμοια με την διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και αφορούσε στη δοσομέτρηση αντικαθαλωτικού. Η αποχλωρίωση γίνεται με δοσομέτρηση όξινου θειώδους νατρίου, διαλύματος μεταθειώδους νατρίου.

Για την αποτελεσματική αποχλωρίωση ελέγχεται το δυναμικό οξειδοαναγωγής (REDOX) με σύστημα συνεχούς μέτρησης. Τη στιγμή που η τιμή υπερβαίνει το όριο, το γεγονός αυτό γίνεται αμέσως αντιληπτό από τον κεντρικό πίνακα ελέγχου και διακόπτεται η λειτουργία της μονάδας.

Εναλλακτικά, για την αποχλωρίωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα ενεργού άνθρακα. Τα φίλτρα αυτά έχουν την ιδιότητα να απορροφούν το χλώριο και τα παράγωγα που προκύπτουν από την αντίδραση του με το θαλασσινό νερό καθώς καθώς και ουσίες που βρίσκονται σε ελάχιστη ποσότητα στο νερό και προκαλούν οσμή, γεύση ή χρώμα. Συνεπώς, τα φίλτρα αυτού του τύπου προστατεύουν σε μεγάλο βαθμό τις μεμβράνες από την οξείδωση.

Εκτός όμως από αυτά ο ενεργός άνθρακας έχει τη δυνατότητα να κατακρατά ακόμη και ένα αρκετά υψηλό ποσοστό λαδιών και πετρελαιοειδών από το νερό. Τέτοιες ουσίες βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρή ποσότητα και προέρχονται από διερχόμενα σκάφη, αλλά είναι ικανές να δημιουργήσουν ανεπανόρθωτες ζημιές στις μεμβράνες.

Επιπλέον, τα φίλτρα ενεργού άνθρακα έχουν σημαντική ικανότητα κατακράτησης της θολότητας και συνεπώς λειτουργεί ως δεύτερη βολίδα φυσικής φίλτρανσης. Ακόμα και στην περίπτωση βλάβης των πολυστρωματικών φίλτρων άμμου, μπορεί να λειτουργήσει μερικώς και ως φίλτρα θολότητας.

- Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας γίνεται αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία προκειμένου να κατακρατηθούν τα σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου από 1 μm.

Εναλλακτικά, η τελική φίλτρανση επιτυγχάνεται με κατάλληλα φίλτρα ασφαλείας σακούλας ή φυσιγγίων. Τα φίλτρα αυτά έχουν την ιδιότητα να κατακρατούν όλα τα σωματίδια, μεγέθους μεγαλύτερου του 1 μm, που τυχόν διέφυγαν από τα προηγούμενα στάδια φίλτρανσης ή προστέθηκαν κατά την έκχυση των χημικών διαλυμάτων. Συνήθως είναι κατασκευασμένα από ανοξειδωτο χάλυβα, κατάλληλο για χρήση σε θαλασσινό νερό.

3.1.2.β. Στάδιο κύριας επεξεργασίας

Το θαλασσινό νερό είναι έτοιμο για επεξεργασία. Στη φάση αυτή ξεκινάει η κυρίως διαδικασία της αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

Αντλητικό συγκρότημα

Το αντλητικό συγκρότημα που είναι τοποθετημένο στη μονάδα, καταθλίβει το προς επεξεργασία νερό στις μεμβράνες με την κατάλληλη υψηλή πίεση για να πραγματοποιηθεί η αντρίστροφη όσμωση.

Αποτελείται συνήθως από περιστροφική αντλία θετικής εκτόπισης ή πολυβάθμια φυγοκεντρική από ανοξειδωτο υλικό, που θα είναι ανθεκτική στο θαλασσινό νερό. Ο κινητήρας, ο οποίος είναι τριφασικός, θα πρέπει να έχει ονομαστική ισχύ μεγαλύτερη τουλάχιστον κατά 10% από την απορροφούμενη ισχύ της αντίστοιχης αντλίας.

Μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

Οι μεμβράνες είναι το κυρίαρχο κομμάτι της εγκατάστασης, εφόσον η αφαλάτωση πραγματοποιείται μέσα σε αυτές. Στο σημείο αυτό γίνεται ο διαχωρισμός του νερού τροφοδοσίας σε αφαλατωμένο νερό που είναι το προϊόν της διαδικασίας και στην άλμη, η οποία αποβάλλεται. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, η ύπαρξη πολλών φίλτρων έχει ως στόχο την προστασία των μεμβρανών από τη φθορά. Για το λόγο αυτό στην επιλογή τους θα πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία στο χρόνο ζωής που δίνεται από τον κατασκευαστή.

Ο σχεδιασμός της μονάδας καθορίζει τον αριθμό και τον τύπο των μεμβρανών που απαιτούνται, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να απορρίπτουν άλατα σε πολύ υψηλό ποσοστό. Τοποθετούνται σε μεμβρανοθήκες κατασκευασμένες από βαρέως τύπου συνθετικό υλικό, συνδέονται μεταξύ τους πλευρικά και διαθέτουν σημεία δειγματοληψίας για κάθε μεμβράνη, ώστε να ελέγχεται συνεχώς το παραγόμενο νερό.

Οι σύγχρονες μονάδες αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση διαθέτουν συνήθως και μια διάταξη ανάκτησης ενέργειας (energy recovery), η οποία εκμεταλλεύεται την υψηλή πίεση της άλμης από τις μεμβράνες και προσδίδει επιπλέον ενέργεια στο σύστημα κατάθλιψης υψηλής πίεσης. Η διάταξη αυτή δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης σημαντικού ποσού ενέργειας.

Για την προστασία και τη σωστή συντήρηση των μεμβρανών, υπάρχει στη εγκατάσταση μονάδα χημικού καθαρισμού (έκπλυσης). Οι μεμβράνες περνούν από τη διαδικασία της έκπλυσης με χημικά μέσα που βοηθούν στην απομάκρυνση των επικαθίσεων και στην αποφυγή κινδύνων έμφραξης και φθοράς.

Το σύστημα καθαρισμού αποτελείται από ένα σύνολο τριών μερών συνδεδεμένων μεταξύ τους. Αρχικά υπάρχει ένα δοχείο κατάλληλης χωρητικότητας από πολυαιθυλένιο υψηλής αντοχής στη διάβρωση για την αποθήκευση των χημικών ουσιών. Με οριζόντια φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας από ανοξείδωτο χάλυβα υψηλής ποιότητας, κατάλληλης παροχής για τη διάταξη παρέχεται το χημικό για τον καθαρισμό του συνόλου των μεμβρανών της εγκατάστασης. Το σύστημα ενισχύεται με ροόμετρο και βάνα ρύθμισης ρυθμού ανακυκλοφορίας. Για την ομαλή λειτουργία της μονάδας, η πλύση των μεμβρανών πραγματοποιείται κάθε στιγμή που σταματά η διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης, αλλά και προγραμματισμένα σε περιοδικά διαστήματα.

Βάσεις στήριξης

Η μονάδα στηρίζεται σε δοκούς κατάλληλης διατομής με αντικραδασμικά στηρίγματα, κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα.

Όργανα ελέγχου

Η ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς, ώστε να εξασφαλιστεί η ποιότητα του παραγόμενου νερού. Για το σωστό έλεγχο της μονάδας απαιτείται η τοποθέτηση οργάνων που μετρούν παραμέτρους όπως η πίεση, το pH, η θερμοκρασία και η οξειδοαναγωγή. Τα όργανα ελέγχου, διακόπτουν μέσω PLC τη λειτουργία της μονάδας, αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα ή αν υπάρξει υπέρβαση των καθορισμένων ορίων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα όργανα που είναι τοποθετημένα σε μια μονάδα αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση και εξυπηρετούν τον παραπάνω σκοπό:

ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕ RO				
α/α	Όργανο	Σημείο τοποθέτησης	Σκοπός που εξυπηρετεί	Σχόλια
1	Μανόμετρα	Κατάθλιψη αντλίας	Μέτρηση πίεσης	
2	Μανόμετρα	Είσοδος φίλτρου		
3	Μανόμετρα	Έξοδος φίλτρου		
4	Μετρητής REDOX	?	Μέτρηση οξειδοαναγωγής	Διαθέτει αισθητήριο, ψηφιακή ένδειξη και controller
5	Μετρητής pH	Γραμμή προκατεργασμένου	Μέτρηση οξύτητας νερού	Ψηφιακός μετρητής με αισθητήριο και controller
6	Μετρητής pH	Γραμμή πόσιμου νερού	Μέτρηση οξύτητας νερού	Ψηφιακός μετρητής με αισθητήριο και controller
7	Θερμοστάτης	Πριν από τις μεμβράνες	Έλεγχος θερμοκρασίας προκατεργασμένου νερού	
8	Μανόμετρο	Πριν από το σύστημα υψηλής πίεσης	Μέτρηση πίεσης προκατεργασμένου νερού	Υλικό: ανοξείδωτος χάλυβας, Εύρος μέτρησης: 0-10 atm
9	Μανόμετρο	Πριν από τις μεμβράνες	Μέτρηση πίεσης στην είσοδο των μεμβρανών	Υλικό: ανοξείδωτος χάλυβας, Εύρος μέτρησης: 0-100 atm
10	Μανόμετρο	Στην έξοδο της άλμης	Μέτρηση πίεσης της άλμης	Υλικό: ανοξείδωτος χάλυβας, Εύρος μέτρησης: 0-100 atm
11	Μανόμετρο	Στην έξοδο του παραγόμενου	Μέτρηση πίεσης του προϊόντος	

12	Μετρητής παροχής		Μέτρηση παροχής	Μετράει την ολική παροχή παραγόμενου νερού και άλμης
13	Πιεζοστάτης χαμηλής πίεσης	Στην είσοδο της αντλίας υψηλής πίεσης	Έλεγχος πίεσης	
14	Πιεζοστάτης υψηλής πίεσης	Στην είσοδο της αντλίας υψηλής πίεσης	Έλεγχος πίεσης	
15	Διακόπτης υψηλής πίεσης	στην έξοδο των μεμβρανών	?	
16	Ψηφιακό αγωγιμόμετρο	στην γραμμή προκατεργασίας	Μέτρηση αγωγιμότητας	
17	Ψηφιακό αγωγιμόμετρο	στην γραμμή παραγωγής	Μέτρηση αγωγιμότητας	
18	Ηλεκτρικός ωρομετρητής			

3.1.2.γ. Στάδιο μετέπεξεργασίας

Το στάδιο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για το τελικό προϊόν. Είναι ουσιαστικά η διαδικασία εμπλουτισμού του παραγόμενου νερού με τα απαραίτητα συστατικά για να γίνει πόσιμο. Ρυθμίζεται η σκληρότητα του, το pH και οτιδήποτε άλλο θα το καταστήσει κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Το νερό περνά από φίλτρα-δοχεία ανθρακικού ασβεστίου, όπου το CaCO_3 προοδευτικά διαλύεται. Με τη ροή αυτή το CO_2 που περιέχεται στο νερό αντιδρά με το CaCO_3 και γίνεται πιο σκληρό και αποκτά το κατάλληλο pH. Η προοδευτική αύξηση της σκληρότητας και η ρύθμιση της αλκαλιότητας που επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό δεν μπορεί να φτάσει επιθυμητά επίπεδα. Πρίν την είσοδο του παραγόμενου νερού στα δοχεία αποθήκευσης, γίνεται έγχυση ποσότητας θειικού οξέος μέσω δύο αυτόματων δοσομετρικών αντλιών τύπου μεμβράνης. Η μία από τις δύο αντλίες έχει ρόλο εφεδρικό. Η ακρίβεια της δοσομέτρησης ελέγχεται από αυτόματο πεχάμετρο. Επιπλέον, με άλλο πεχάμετρο ελέγχεται το pH του τελικού πόσιμου νερού, λόγω του ότι οι διάφορες διακυμάνσεις σε παραμέτρους όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, υπάρχει περίπτωση να πρέπει να δοθούν διαφορετικές τιμές αλκαλικότητας του νερού. Η τελική διόρθωση γίνεται με την έγχυση ελάχιστης

δόσης υδροξειδίου του νατρίου (σόδας), επίσης μέσω δυο αυτόματων δοσομετρικών αντλιών. Η δοσομέτρηση των αντλιών ελέγχεται φυσικά από πεχάμετρο.

Στη συνέχεια το πόσιμο πλέον νερό οδηγείται σε δεξαμενή προς αποθήκευση. Η δεξαμενή είναι κατασκευασμένη από υλικά που ενδείκνυνται και είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού. Η στάθμη της δεξαμενής αποθήκευσης. Η στάθμη της δεξαμενής ελέγχεται μέσω κατάλληλων αυτοματισμών. Όταν η στάθμη στη δεξαμενή είναι ψηλά, διακόπτεται η τροφοδοσία του θαλασσινού νερού προς το σύστημα επεξεργασίας, ενώ αν είναι σε πιο χαμηλά επίπεδα από τα επιτρεπτά όρια, διακόπτεται τροφοδοσία νερού προς το δίκτυο ύδρευσης.

3.1.3. Γενικές παρατηρήσεις για τα υπόλοιπα μέρη της εγκατάστασης.

Σωληνώσεις και υδραυλικά εξαρτήματα

Σε κάθε στάδιο της διαδικασίας υπάρχει πλήθος από σωληνώσεις και υδραυλικά εξαρτήματα. Πλήρως προσαρμοσμένες με τις απαιτήσεις λειτουργίας της εγκατάστασης, οι σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα που βρίσκονται στην είσοδο του τροφοδοτικού νερού στις μεμβράνες και στις εξόδους της άλμης προς απόρριψη και του παραγόμενου νερού προς περαιτέρω επεξεργασία, είναι υψηλής πίεσης και από κατάλληλο υλικό. Αντίθετα, στη γραμμή παροχής νερού τροφοδοσίας και στην έξοδο του παραγόμενου πόσιμου νερού, οι αντίστοιχες σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα είναι χαμηλής πίεσης κατασκευασμένα από PVC ή πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE). Τα υλικά αυτά καλύπτουν τις προδιαγραφές για το πόσιμο νερό, είναι μη τοξικά και έχουν πολλή υψηλή αντοχή στη διάβρωση.

Για τις σωληνώσεις που βρίσκονται μετά την αντλία υψηλής πίεσης και στην απόρριψη της άλμης, το κατάλληλο υλικό θα πρέπει να είναι αντοχής AISI 904 ή ανθεκτικότερο ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις αντίστοιχες πιέσεις λειτουργίας και στην αλατότητα του διερχόμενου νερού.

Διατάξεις ασφαλείας

Η μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση ελέγχεται συνεχώς ώστε να προστατεύεται από τη λειτουργία εκτός των ορίων που έχουν τεθεί. Με κατάλληλες διατάξεις που συνδέονται με τον πίνακα ελέγχου, οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιαστεί γίνεται αντιληπτό και διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος όταν αυτό είναι αναγκαίο. Συνεπώς οι διατάξεις ασφαλείας που εγκαθίστανται σε μια

τέτοια μονάδα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον αυτές που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ		
a/a	Διατάξεις ασφαλείας	Σημείο τοποθέτησης
1	Διακόπτης χαμηλής στάθμης	Δεξαμενή ακατέργαστου νερού
2	Διακόπτης υψηλής στάθμης	Δεξαμενή ακατέργαστου νερού
3	Θερμικός διακόπτης προστασίας	Ηλεκτροκινητήρες
4	Διακόπτης χαμηλής πίεσης	Είσοδος αντλίας υψηλής πίεσης
5	Διακόπτης χαμηλής στάθμης	Δοχεία χημικών διαλυμάτων
6	Διακόπτης υψηλής πίεσης	Είσοδος μεμβρανών
7	Διακόπτης υψηλής πίεσης	Γραμμή παραγόμενου νερού
8	Διακόπτης υψηλής πίεσης	Έξοδος μεμβρανών
9	Συναγερμός υψηλής τιμής REDOX	Είσοδος της αντίστροφης όσμωσης
10	Συναγερμός υψηλής αγωγιμότητας παραγόμενου νερού	Έξοδος των μεμβρανών
11	Αυτοματισμός διακοπής λόγω χαμηλού ή υψηλού ρυθμού τροφοδότησης	Για το αντικαθαλατωτικό
12	Αυτοματισμός διακοπής λόγω χαμηλού ή υψηλού ρυθμού τροφοδότησης	Για το διάλυμα μεταθειώδους νατρίου
13	Άλλοι αυτοματισμοί	Για την ασφαλή λειτουργία της μονάδας
14	Άλλοι αυτοματισμοί	Για την προστασία του προσωπικού

Πίνακας ισχύος

Ο πίνακας ισχύος περιλαμβάνει όλα τα κυκλώματα ισχύος των παρακάτω αντλιών:

- αντλιών τροφοδοσίας
- αντλιών υψηλής πίεσης
- δοσομετρικών αντλιών

Επίσης, παρέχει ηλεκτρική τροφοδοσία σε όλα τα ηλεκτρονικά όργανα του συστήματος, στους εξαεριστήρες και στα φώτα των εγκαταστάσεων. Παράλληλα θα πρέπει να συνεργάζεται με τον ηλεκτρονικό πίνακα ελέγχου.

3.2 Τεχνικές προδιαγραφές μονάδας RO θαλασσινό νερό δυναμικότητας 600 m³/ημέρα (SYCHEM S.A., 2012)

3.2.1 Γενικά

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να περιγραφεί η μονάδα που θα εγκατασταθεί στην Κίμωλο και θα καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων σε πόσιμο νερό. Η μονάδα αφαλάτωσης RO θα διαθέτει κάθε απαραίτητη διάταξη και αυτοματισμό, ώστε να πραγματοποιεί αυτόνομα όλο τον κύκλο επεξεργασίας, δηλαδή τροφοδοσία θαλασσινού νερού (αντλίες), προκατεργασία (φίλτρα), αντλίες υψηλής πίεσης, μεμβράνες αφαλάτωσης (αντίστροφη ώσμωση - Reverse Osmosis), μετεπεξεργασία, κατάθλιψη παραγόμενου νερού και αποθήκευσή του σε δεξαμενή (ρύθμιση χαρακτηριστικών πόσιμου νερού προς αποθήκευση και διάθεση στην κατανάλωση). Η εν λόγω μονάδα θα είναι καινούρια και όλα τα επιμέρους εξαρτήματα και όργανα της θα πρέπει να φέρουν σήμανση «CE».

Η μονάδα φέρει κάθε κατάλληλο αυτοματισμό για την αυτόματη λειτουργία όλων των διεργασιών όπως, εκκίνηση, σταμάτημα, έκπλυση και χημικό καθαρισμό. Οι αυτοματοποιημένες εργασίες γίνονται μέσω PLC. Όλος ο ως άνω εξοπλισμός είναι εγκατεστημένος σε μεταλλικά εμπορευματοκιβώτια (container) κατά εργονομικό τρόπο. Όλα τα εξαρτήματα της μονάδας είναι εγκατεστημένα σε ισχυρές βάσεις κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα (316). Οι σωληνώσεις υψηλής πίεσης είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 904L ή Duplex SS.

Η Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής είναι εκείνη που θα καλύψει τα διάφορα έργα υποδομής. Πιο συγκεκριμένα, θα προχωρήσει προσαρμογή των υπαρχουσών υποδομών, ούτως ώστε να εξασφαλίσει την παροχή και σύνδεση του ηλεκτρικού ρεύματος τροφοδοσίας στον ηλεκτρικό πίνακα της μονάδας, την κατάλληλη διαμόρφωση του σημείου αναρρόφησης του θαλασσινού νερού (πηγάδια, γεωτρήσεις, υποθαλάσσιος αγωγός), την όδευση στη δεξαμενή συγκέντρωσης θαλασσινού νερού, τη δεξαμενή συγκέντρωσης του πόσιμου νερού, την τοποθέτηση και σύνδεση με τη μονάδα των αγωγών παροχής του θαλασσινού και πόσιμου νερού, καθώς και απόρριψης της άλμης και των νερών έκπλυσης των φίλτρων, με το φρεάτιο υποδοχής τους.

3.2.2 Χώροι εγκατάστασης - απαιτήσεις

Η μονάδα θα εγκατασταθεί στην περιοχή Άγιος Αντώνιος της νήσου Κιμώλου, σε δημοτικό οικόπεδο δίπλα στις δεξαμενές του Δήμου. Ο επενδυτής θα πρέπει να

λάβει γνώση των χώρων εγκατάστασης των μονάδων και των προσβάσεων σε αυτούς.

Ο χώρος θα φέρει βάσεις τοποθέτησης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι εξωτερικές διαστάσεις της κάθε εγκατάστασης ορίζονται στα 5 x 13 m περίπου και το συνολικό βάρος και των δύο εμπορευματοκιβωτίων ανέρχεται σε ~27,5 t. Η απαιτούμενη ηλεκτρική παροχή για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της μονάδας είναι 400 V / 315 A.

3.2.3 Παράμετροι σχεδιασμού

Για το σχεδιασμό της μονάδας λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω στοιχεία, τα οποία προκύπτουν από σχετικές χημικές αναλύσεις από τις περιοχές άντλησης στο εργαστήριο που διεξάγονται σε πιστοποιημένα χημικά εργαστήρια.

Τα αποτελέσματα για το θαλασσινό νερό της Κιμώλου, από την περιοχή όπου θα εγκατασταθεί η μονάδα αφαλάτωσης, έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 1.

Ποιότητα παραγόμενου νερού

Το παραγόμενο από τη διεργασία αφαλάτωσης νερό και μετά την επεξεργασία θα είναι απολύτως κατάλληλο για πόση, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία του Ελληνικού κράτους και τις σχετικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα, η ποιότητα του παραγόμενου νερού υγειονομικά και χημικά, θα πρέπει να καλύπτει τις ελάχιστες προδιαγραφές του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EC/3-11-98 όπως αυτή ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την Υπ. Απ. Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/τ.β./11-7-01) και γενικότερα των διατάξεων που ισχύουν τη χρονική περίοδο εγκατάστασης της μονάδας για το πόσιμο νερό.

Είναι απαραίτητο να διεξάγονται χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις του παραγόμενου νερού, τα αποτελέσματα των οποίων πρέπει οπωσδήποτε να πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές. Αν κατά τις αναλύσεις το παραγόμενο νερό προκύψει ακατάλληλο για πόσιμο, θα πρέπει να προβεί σε βελτιωτικές ενέργειες, ώστε η ποιότητα του παραγόμενου νερού να είναι απόλυτα σύμφωνη με τις παραπάνω προδιαγραφές.

Ποσότητα παραγόμενου πόσιμου νερού

Η παραγόμενη ποσότητα πόσιμου νερού θα είναι 25,6 m³/h με ποσοστό ανάκτησης 39,50%. Η μονάδα έχει τη δυνατότητα να εργάζεται σε 24ωρη βάση όλο το έτος (και ανάλογα με τις υδρευτικές ανάγκες) και σταματά μόνο για

απαιτούμενες συντηρήσεις/καθαρισμούς. Η μονάδα παράγει 604 m³ ημερησίως (συνυπολογίζοντας την αντίστροφη πλύση των αμμόφιλτρων και τους απαραίτητους χρόνους για συντηρήσεις/καθαρισμούς: μέση λειτουργία 23,6 ώρες το εικοσιτετράωρο). Λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο συντήρησης, η συνολική ετήσια παραγωγή φθάνει τουλάχιστον τα 220.460 m³ (4 χημικοί καθαρισμοί ετησίως) πόσιμο παραγόμενο νερό ετησίως. Οι παραπάνω υπολογισμοί της δυναμικότητας παραγωγής πραγματοποιούνται για θερμοκρασία νερού 21 °C. Σε όλο το θερμοκρασιακό εύρος η δυναμικότητα είναι 25,6 m³/h και το ποσοστό ανάκτησης 39,5%, επηρεάζοντας απειροελάχιστα τις υπόλοιπες παραμέτρους λειτουργίας της μονάδας (πίεση λειτουργίας, ενεργειακή κατανάλωση, κτλ.) καλύπτοντας πάντα τις τεχνικές προδιαγραφές που θέτει η μελέτη.

3.2.4 Στάδια επεξεργασίας

Η λειτουργία της μονάδας στο νησί της Κιμώλου περιλαμβάνει αναλυτικότερα τα εξής στάδια:

1. Τροφοδοσία θαλασσινού νερού (Αντλίες τροφοδοσίας)

Η τροφοδοσία του θαλασσινού νερού γίνεται με αντλίες, η αναρρόφηση των οποίων θα βρίσκεται στη δεξαμενή συγκέντρωσης του θαλασσινού νερού (χωρητικότητας τουλάχιστον 20 m³). Για τη βελτιστοποίηση των όρων λειτουργίας των αντλιών το νερό θα φθάνει στην αναρρόφηση βαρυτικά. Η επιλογή των αντλιών έχει γίνει με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι πτώσεις πίεσης που προκαλούνται από το δίκτυο (συμπεριλαμβανομένων των σωληνώσεων, των εξαρτημάτων, των φίλτρων σάκου και των αμμόφιλτρων κτλ.) έως την εισαγωγή του δικτύου της αντίστροφης όσμωσης. Στόχος είναι να εξασφαλίζεται η απαραίτητη πίεση στην αναρρόφηση της αντίστροφης όσμωσης για την αποδοτικότερη δυνατή λειτουργία της.

2. Προκατεργασία

Η προκατεργασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Χλωρίωση, η οποία γίνεται στον αγωγό θαλασσινού νερού ή στη δεξαμενή θαλασσινού νερού, κατόπιν συνεννόησης
- Φίλτραση με φίλτρα παρακράτησης θολότητας - αιωρούμενων σωματιδίων (πολυστρωματικά φίλτρα, αμμόφιλτρα)
- Αποχλωρίωση με προσθήκη διαλύματος όξινου θειώδους / μεταδιθειώδους νατρίου

- Προσθήκη αντικαθαλωτικού
- Φίλτραυση μέσω φίλτρων φυσιγγίων

3. Σύστημα αντίστροφης όσμωσης

Το σύστημα αντίστροφης όσμωσης περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- Εμβολοφόρα αντλία υψηλής πίεσης, με σύστημα ανάκτησης ενέργειας, ώστε να διατηρείται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία συστήματος ανάκτησης ενέργειας.

- Δοχεία μεμβρανών
- Μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

4. Βοηθητικά συστήματα

Η λειτουργία της μονάδας περιλαμβάνει τα εξής επιπλέον βοηθητικά συστήματα:

- Σύστημα αυτόματης έκπλυσης μεμβρανών
- Μονάδα χημικού καθαρισμού μεμβρανών
- Σύστημα αυτόματης έκπλυσης πολυστρωματικών φίλτρων
- Σύστημα αυτοματισμού και οργάνων

5. Μετεπεξεργασία

Η μετεπεξεργασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Αύξηση σκληρότητας, αλκαλικότητας
- Ρύθμιση του pH
- Μεταχλωρίωση

6. Σύστημα SCADA

Υφίσταται η δυνατότητα σύνδεσης συστήματος SCADA με την μονάδα αφαλάτωσης (σε περίπτωση μελλοντικής απαίτησης). Το σύστημα θα επιβλέπει, ελέγχει και καταχωρεί δεδομένα λειτουργίας στις υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τα αντλιοστάσια τροφοδοσίας τους και της υπό προμήθεια μονάδας αφαλάτωσης για θαλασσινό νερό.

3.2.5 Εγκατάσταση

Η μονάδα θα βρίσκεται εργονομικά εγκατεστημένη εντός 2x12 m μεταλλικών εμπορευματοκιβωτίων.

3.2.6 Σύστημα τροφοδοσίας θαλασσινού νερού

Η τροφοδοσία της μονάδας με την απαιτούμενη ποσότητα θαλασσινού νερού, εξασφαλίζεται από δύο πλήρως εγκατεστημένες αντλίες (η μία εφεδρική), κατάλληλης παροχής και μανομετρικού, οι οποίες αναρροφούν το νερό από τη δεξαμενή θαλασσινού νερού.

Οι αντλίες είναι κάθετες πολυβάθμιες φυγοκεντρικές, εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316, με άριστη αντοχή στην θαλάσσια διάβρωση εξαιτίας και της πρόσθετης επεξεργασίας (electro-polish & passivation). Η ονομαστική παροχή των εν λόγω αντλιών είναι 65 m³/h στα 40 m.Υ.Σ και ονομαστικής ισχύος 11 kW η κάθε μια.

Οι ηλεκτροκινητήρες των αντλιών είναι ασύγχρονοι βραχυκυκλωμένου δρομέα, κατάλληλης προστασίας και κλάσης μόνωσης F. Η τάση λειτουργίας των ηλεκτροκινητήρων θα είναι 380-415 V (τριφασικό) στα 50 Hz. Έχοντας πιστοποιηθεί με την ανώτατη ενεργειακή κλάση (IE3, αυστηρότερο του παλαιού προτύπου EFF1), αποτελούν την βέλτιστη επιλογή όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι αντλίες αυτές θα είναι τοποθετημένες εντός του container και εγκατεστημένες πάνω σε ισχυρές βάσεις από ανοξείδωτο χάλυβα.

Οι σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης κατασκευάζονται από PVC (PN=16 atm). Στην κατάθλιψη υπάρχει βαλβίδα αντεπιστροφής και βάνα απομόνωσης επίσης από PVC (PN=16 atm). Οι σωληνώσεις της κατάθλιψης συναντώνται σε συλλέκτη, από τον οποίο αναχωρεί ένας μόνο αγωγός της ίδιας διαμέτρου.

3.2.7 Διάταξη χλωρίωσης

Το νερό πριν την είσοδο του στα φίλτρα θολότητας, χλωριώνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου 14%. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία, η οποία είναι παράλληλα συνδεδεμένη με τις αντλίες παροχής θαλασσινού νερού και όταν αυτές τίθενται σε λειτουργία, θα γίνεται ταυτόχρονη δοσομέτρηση και τροφοδοσία της απαιτούμενης ποσότητας χλωρίου. Θα υπάρχει και δεύτερη δοσομετρική χλωρίωσης (εφεδρική) και θα τίθεται αυτόματα σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης ή ελαττωματικής λειτουργίας της πρώτης. Οι αντλίες είναι

διαφραγματικού τύπου, ρυθμιζόμενης παροχής. Ο κινητήρας θα είναι τοποθετημένος μέσα σε πλαστικό κέλυφος, προστατευμένος από τις διαβρωτικές ιδιότητες του χημικού υλικού.

Οι δοσομετρικές αντλίες θα είναι ψηφιακές, διαφραγματικού τύπου, ρυθμιζόμενης παροχής σε ml/h με ρύθμιση τόσο της συχνότητας όσο και του βέλτιστου μήκους εμβολισμών. Επίσης διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα και οθόνη υγρών κρυστάλλων, που επιτρέπει την εύκολη ρύθμιση του ρυθμού δοσομέτρησης αλλά και επιπλέον βοηθητικές λειτουργίες. Διαθέτουν πλαστικό στεγανό σώμα και οι κεφαλές τους θα είναι PVC. Το υλικό κατασκευής είναι απόλυτα κατάλληλο για όλα τα χημικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Επιπλέον, το σύστημα δοσομέτρησης αποτελείται από δοσομετρικό δοχείο 200 l (κοινό για την προχλωρίωση και μεταχλωρίωση), από όπου θα αναρροφάται το διάλυμα. Το δοχείο είναι κατασκευασμένο από ανθεκτικό στο χλώριο πολυαιθυλένιο (MDPE) και φέρει δείκτη στάθμης, σύστημα υπερχειλίσης και εκκένωσης. Όλα τα τμήματα που έρχονται σε επαφή με το χημικό διάλυμα είναι κατασκευασμένα από υλικό ανθεκτικό στη συγκεκριμένη ουσία.

3.2.8 Φίλτρα θολότητας- Πολυστρωματικά φίλτρα

Το νερό κατόπιν οδεύει προς τα φίλτρα κατακράτησης θολότητας, όπου κατακρατούνται διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, η θολότητα, ο σίδηρος, η αμμωνία και ουσίες βλαπτικές για την επεξεργασία, ώστε ο δείκτης S.D.I να είναι μικρότερος του 5.

Θα χρησιμοποιηθούν τρία (3) φίλτρα, βαρέως βιομηχανικού τύπου.

Το μέγεθος του κάθε φίλτρου είναι 60'' x 74'' (διάμετρος 1.523 mm και ύψος χωρίς τη βάση 1.930 mm) και το υλικό κατασκευής είναι το πολυαμίδιο P.A.-6. Μέγιστη πίεση λειτουργίας του είναι τα 10,5 bar ενώ η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι 50 °C. Φέρει εσωτερικά επικάλυψη (liner) από πολυαιθυλένιο (ως συμπολυμερές) που καλύπτει τις προδιαγραφές E.E που τίθενται από την 2002/72/CE για το πόσιμο νερό.

Η διάμετρος των φίλτρων έχει επιλεγεί ώστε μαζί με τις σωληνώσεις και τις βάνες να υπάρχει διάδρομος επαρκούς πλάτους για την άνετη πρόσβαση σε όλο το εμπορευματοκιβώτιο. Μεγαλύτερης διαμέτρου φίλτρα θα καθιστούσαν την πρόσβαση από το προσωπικό δυσχερή.

Για τη φίλτραση, χρησιμοποιούνται διαφορετικής κοκκομετρίας χαλαζιακό χαλίκι, χαλαζιακή άμμος, γκαρνέτ και ανθρακίτης, τα οποία διαστρώνονται

διαδοχικά μέσα στα φίλτρα. Το νερό θα εισέρχεται από το πάνω μέρος των φίλτρων και αφού διαπεράσει όλα τα στρώματα θα εξέρχεται από το κάτω μέρος.

Η πλήρωση των φίλτρων πραγματοποιείται ως εξής (από το ανώτερο προς το κατώτερο στρώμα):

ΟΝΟΜΑ ΣΙΑ	ΚΟΚΚ ΟΜΕΤΡΙΑ [mm]	ΠΑΧ ΟΣ ΣΤΡΩΣΗΣ [mm]	ΠΟΣ ΟΤΗΤΑ [l]	ΒΑΡ ΟΣ ΑΝΑ ΣΤΡΩΣΗ [kg]	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΣΤΡΩΣΗ [Kg/m ³]
Ανθρα κίτης	1,4- 2,5	300	502	36 6	0,73
Χαλαζι ακή άμμος	0,4- 0,8	500	832	13 31	1,6
Garne t	0,2- 0,5	300	502	11 25	2,24
Χαλαζι ακό Χαλίκι	1-2	186	225	36 0	1,6
Χαλαζι ακό Χαλίκι	3-5	186	225	36 0	1,6

Τα παραπάνω υλικά πλήρωσης, έχουν πολύ καλές ιδιότητες κατακράτησης των ουσιών που προορίζονται να συλλέγουν, διαθέτουν μεγάλη αντοχή στις τριβές, δεν προσδίδουν στο νερό οσμή, χρώμα ή βλαβερές ουσίες και διαθέτουν πιστοποιητικά καταλληλότητας για την χρήση τους ως υλικά φίλτρανσης για την επεξεργασία πόσιμου νερού.

Τα παραπάνω φίλτρα εξασφαλίζουν ταχύτητα διέλευσης 12,4 m³/m²h. Όταν πραγματοποιείται η έκπλυση των φίλτρων η μονάδα σταματά να λειτουργεί για 20 λεπτά κάθε μέρα. Επίσης, έχουν καθαρό ύψος κλίνης 1.170 mm, πίεση λειτουργίας 10,5 bar και μέγιστη θερμοκρασία 50 °C.

Τα φίλτρα καθαρίζονται αυτόματα με αντιστροφή της ροής εντός του φίλτρου (backwash), παρασύροντας τις επικαθίσεις (σε καμία περίπτωση ο καθαρισμός αυτός δε θα είναι επιβλαβής και δε θα μειώνει τη ζωή του φίλτρου). Κατόπιν, τα φίλτρα ξεπλένονται και κατά την κανονική ροή παρασύροντας οποιαδήποτε άλλη επικαθίση που τυχόν δεν απομακρύνθηκε προετοιμάζοντας τα

πάλι για κανονική λειτουργία. Οι έξοδοι των αποχετεύσεων κάθε φίλτρου (αντίστροφης και κανονικής πλύσης) είναι εφοδιασμένες με ρυθμιστές ροής για την τήρηση των σωστών παροχών.

Η λειτουργία των φίλτρων θα πρέπει να ελέγχεται πλήρως από ανεξάρτητο ηλεκτρικό πίνακα (ένας για κάθε φίλτρο), ο οποίος προγραμματίζεται και εκτελεί αυτόματα τους κύκλους απόπλυσης. Με τον προγραμματισμό, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διάρκειας και της περιοδικότητας κάθε κύκλου (ογκομετρικά και χρονικά) ή και ο απευθείας έλεγχος των αντιστοίχων διαφραγματικών βαλβίδων.

Η διαδικασία της έκπλυσης μπορεί να πραγματοποιηθεί και με χειροκίνητη εντολή για καθένα φίλτρο διαφορετικά.

Το κάθε φίλτρο άμμου φέρει πέντε σφαιρικές πνευματικές βαλβίδες διαμέτρου 63 mm και επιπλέον ρυθμιστή ροής στην αποχέτευση κάθε φίλτρου. Οι βαλβίδες είναι κατασκευασμένες εξ' ολοκλήρου από PVC ώστε να μην τίθεται θέμα διάβρωσης.

Όλες οι σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα, είναι κατασκευασμένα από PVC (PN=16 atm) άριστης αντοχής στη διάβρωση και τη πίεση λειτουργίας.

Οι πνευματικές βάνες ελέγχονται από ηλεκτρομαγνητικές πιλοτικές βαλβίδες στα 24 V και η παροχή του αέρα γίνεται από κατάλληλο αεροσυμπιεστή.

Υπάρχει η δυνατότητα αδειάσματος και αναγόμωσης των φίλτρων χωρίς να απαιτείται μετακίνησή τους.

3.2.9 Σύστημα αποχλωρίωσης

Η αποχλωρίωση επιτυγχάνεται με προσθήκη διαλύματος όξινου θειώδους / μεταθειώδους νατρίου (sodium metabisulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Το σύστημα αποχλωρίωσης αποτελείται από δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική), ένα δοσομετρικό δοχείο διαλύματος 200 l, αναδευτήρα, αισθητήρα και όργανο μέτρησης REDOX, το οποίο ελέγχει την αποτελεσματικότητα της δοσομετρικής αντλίας και κλείνει αυτόματα σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η πλήρης εξουδετέρωση του χλωρίου.

Οι δοσομετρικές αντλίες είναι επίσης ψηφιακές, διαφραγματικού τύπου, ρυθμιζόμενης παροχής σε ml/h με ρύθμιση τόσο της συχνότητας όσο και του βέλτιστου μήκους εμβολισμών. Επίσης διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα και οθόνη υγρών κρυστάλλων, που επιτρέπει την εύκολη ρύθμιση του ρυθμού δοσομέτρησης αλλά και επιπλέον βοηθητικές λειτουργίες. Διαθέτουν πλαστικό στεγανό σώμα και

οι κεφαλές τους θα είναι PVC. Το υλικό κατασκευής είναι απόλυτα κατάλληλο για όλα τα χημικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Το δοσομετρικό δοχείο είναι κατασκευασμένο από υψηλής αντοχής συνθετικό υλικό (MDPE) και περιλαμβάνει δείκτη στάθμης, σύστημα υπερχειλίσης-εκκένωσης. Το δοχείο φέρει φλοτέρ κατώτατης στάθμης που σταματά την μονάδα σε περίπτωση μείωσης του όγκου του διαλύματος κάτω του κατώτατου σημείου.

Ο προσφερόμενος αναδευτήρας αποτελείται από ηλεκτροκινητήρα με ανοξείδωτο AISI 316 άξονα και έλικα.

3.2.10 Σύστημα προσθήκης αντικαθαλατωτικού

Στο νερό τροφοδοσίας, πριν την είσοδο στις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης γίνεται η δοσομέτρηση κατάλληλης ποσότητας αντικαθαλατωτικού, το οποίο διασφαλίζει την προστασία των μεμβρανών. Η προσθήκη του αντικαθαλατωτικού επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία που είναι παράλληλα συνδεδεμένη με τις αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού και όταν αυτές τίθενται σε λειτουργία, θα γίνεται ταυτόχρονη εκκίνηση της δοσομετρικής παρέχοντας την αντίστοιχη ποσότητα αντικαθαλατωτικού.

Η διάταξη δοσομέτρησης ειδικού αντικαθαλατωτικού υψηλής απόδοσης, κατάλληλου για χρήση σε εφαρμογές αφαλάτωσης παραγωγής πόσιμου νερού, προστατεύει τις μεμβράνες τόσο από αιωρούμενα, όσο και από διαλυτά χημικά, υπερκαλύπτοντας τις προδιαγραφές ενός κοινού αντικαθαλατωτικού για την αύξηση της διαλυτότητας των αλάτων ασβεστίου, μαγνησίου και σιδήρου).

Αποτελείται από δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) και αξιόπιστο σύστημα ελέγχου δοσομέτρησης. Οι δοσομετρήσεις ελέγχονται από τον κεντρικό πίνακα της μονάδας αυτόματα, με χρήση PLC. Αν ο ρυθμός δοσομέτρησης είναι χαμηλότερος του κανονικού (Low Dosing), ή η στάθμη του υγρού στον κάδο κάθε διαλύματος είναι χαμηλή (Low Level), θα ενεργοποιούνται σε πρώτη φάση αντίστοιχες ενδεικτικές λυχνίες στον πίνακα ελέγχου. Σε περίπτωση υπέρβασης των επιτρεπόμενων ορίων, η λειτουργία της μονάδας θα διακόπτεται αυτόματα και θα μπορεί να τεθεί ξανά σε λειτουργία μόνο χειροκίνητα (RESET). Η δοσομέτρηση γίνεται από δοσομετρικό δοχείο χωρητικότητας 200 l της από πολυαιθυλένιο (MDPE), ειδικό για δοσομέτρηση χημικών. Επίσης, ο κάδος φέρει δείκτη στάθμης και πώμα εκκένωσης.

Σε όλες τις δοσομετρικές αντλίες η αναρρόφηση γίνεται μέσω άκαμπτου σωλήνα με δείκτη στάθμης, που επιτρέπει τη διακοπή λειτουργίας της μονάδος από χαμηλή στάθμη δοχείου αντικαθαλωτικού.

3.2.11 Φίλτραση μέσω φίλτρων φύσιγγας

Για την επίτευξη της μικροδιήθησης και φίλτρασης στο επίπεδο του 1 μm χρησιμοποιούνται δύο ειδικά φίλτρα φύσιγγας, βαρέως βιομηχανικού τύπου, συνδεδεμένα παράλληλα, τα οποία τοποθετούνται ως τελική φίλτραση, με σκοπό την κατακράτηση όλων των σωματιδίων μεγέθους μεγαλύτερου του 1 μικρόμετρου, που τυχόν διέφυγαν από τα προηγούμενα στάδια φίλτρασης ή προστέθηκαν κατά την έκχυση των χημικών διαλυμάτων.

Το μέγεθος του κάθε φίλτρου είναι επιλεγμένο για την βέλτιστη λειτουργία (διάμετρος 342 mm και ολικό ύψος 1.875 mm) και το υλικό κατασκευής είναι πολυαμίδιο P.A.-6. Μέγιστη πίεση λειτουργίας του είναι τα 10,5 bar ενώ η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι 50 °C. Φέρει εσωτερικά επικάλυψη (liner) από πολυαιθυλένιο (ως συμπολυμερές) που καλύπτει τις προδιαγραφές E.E που τίθενται από την 2002/72/CE για το πόσιμο νερό.

Θα χρησιμοποιηθούν 2x14 (συνολικά 28) φυσίγγια μεγέθους 40", έτσι ώστε να προκύπτει ότι η ωριαία παροχή από κάθε φυσίγγιο να είναι 2,32 m³/h. Η αντικατάσταση τους είναι εξαιρετικά εύκολη και ταχεία, αφού πραγματοποιείται μέσω ειδικού συστήματος με καπάκι ταχείας απελευθέρωσης.

3.2.12 Σύστημα Μέτρησης SDI

Προβλέπεται να γίνεται έλεγχος του SDI που αποτελεί τον δείκτη καθαρότητας του νερού προς κατεργασία. Για την καλύτερη δυνατή μέτρηση, υπάρχουν αναμονές δειγματοληψίας σε τέσσερα σημεία της μονάδας (στην είσοδο θαλασσινού νερού των φίλτρων θολότητας και στην είσοδο & έξοδο των φίλτρων φύσιγγας).

Το όργανο περιλαμβάνει :

- Μειωτή πίεσης με μανόμετρο
- Θήκη τοποθέτησης φίλτρου διήθησης
- Βάνες για απομόνωση λήψης
- Στήριξη εξοπλισμού
- Ογκομετρικό δοχείο

- Χρονόμετρο
- Φίλτρα διήθησης

3.2.13 Αντλίες υψηλής πίεσης - Σύστημα ανάκτησης ενέργειας

A. Αντλία υψηλής πίεσης

Έχει επιλεγθεί μία αντλία, εμβολοφόρα εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα duplex / super duplex. Βάσει του βέλτιστου σχεδιασμού (και δυσμενέστερου σεναρίου) λειτουργεί σε παροχή 26,2 m³/h στα 622 m.Υ.Σ, στις 1.182 rpm με απορροφούμενη ισχύ 55,2 kW. Ο βαθμός απόδοσης της αντλίας στο σημείο λειτουργίας ανέρχεται στο 90,0%.

Η αντλία αυτή έχει όλα τα πλεονεκτήματα των εμβολοφόρων αντλιών (υψηλή απόδοση και μικρό μέγεθος) χωρίς τα μειονεκτήματα τους όπως η λίπανση με λάδι, κραδασμοί στο δίκτυο, υψηλή στάθμη θορύβου, ανάγκη για συχνή συντήρηση και δεν πρέπει να συγχέεται με τις κλασσικές παλινδρομικές εμβολοφόρες αντλίες. Για την λίπανση χρησιμοποιείται μέρος της ροής του ρευστού (υδρολιπαινόμενη).

Η αντλία ελέγχεται ως προς την ισχύ της, μέσω μετατροπέα συχνότητας (ρυθμιστής στροφών - inverter) 75 kW. Με τη ομαλή εκκίνηση της αντλίας από το inverter αποφεύγεται το υδραυλικό πλήγμα.

B. Ηλεκτροκινητήρας οδήγησης αντλίας υψηλής πίεσης

Ο κινητήρας είναι της ανώτατης ενεργειακής κατηγορίας IE3, υψηλής απόδοσης και αξιοπιστίας.

Τάση λειτουργίας: 380-415 V (τριφασικό) στα 50 Hz

Τύπος: ασύγχρονου βραχυκυκλωμένου δρομέα

Ονομαστική Ισχύς: 75 kW

Στροφές ανά λεπτό: 1.486

Κλάση Μόνωσης: F

Διάταξη Προστασίας: IP55

Εκκίνηση: μέσω inverter (μετατροπέας συχνότητας)

Βαθμός Απόδοσης: 95,3-95,8%

Σύστημα ανάκτησης ενέργειας

Το σύστημα ανάκτησης ενέργειας, στην πιο σύγχρονη εκδοχή του, δε στηρίζεται στην αρχή του υδροστροβίλου αλλά σε μια πρωτοποριακή τεχνική, που λέγεται εναλλαγή πίεσης.

Συγκεκριμένα έχει επιλεχθεί ένας εναλλάκτης πίεσης X-220, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εναλλαγή έως και 50 m³/h (δηλαδή της παροχής του συμπυκνώματος) υπερκαλύπτοντας τη προβλεπόμενη παροχή (39,4 m³/h).

Η εναλλαγή πίεσης φτάνει στο 97%, καθώς τα δυο ρευστά (απορριπτόμενο συμπύκνωμα και φρέσκο θαλασσινό νερό) έρχονται σε απευθείας επαφή μέσω μίας τουρμπίνας, που λειτουργεί με την λογική ενός κινητήρα με δύο νοητά υδροέμβολα.

Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανέρχεται στο 54,9%. Συγκεκριμένα, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 75,1 kW, ενώ η κατανάλωση ανέρχεται σε 61,7 kW. Σε σύνολο 136,8 kW, προκύπτει ότι η εξοικονόμηση είναι $75,1/136,8=0,54898$ ή 54,9%.

Το σύστημα συνδυάζεται με μία πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία προώθησης (booster pump) σε σειρά, η απόδοση της οποίας ρυθμίζεται με μετατροπέα συχνότητας (Inverter) 7,5 kW.

Με το μοναδικό αυτό σύστημα ανακτάται το 97% της πίεσης του συμπυκνώματος και μεταφέρεται στο φρέσκο θαλασσινό νερό. Η αντλία προώθησης συμπληρώνει την μικρή απώλεια σε πίεση και τροφοδοτεί τις μεμβράνες. Όλο το σύστημα είναι εγκατεστημένο σε ισχυρές βάσεις από ανοξείδωτο χάλυβα.

Σε ιδανικές συνθήκες το σύστημα μπορεί να παρέχει νερό με 2,3 kWh/m³ (χωρίς τον υπολογισμό των αντλιών αναρρόφησης θαλασσινού νερού) παρέχοντας μοναδικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων συστημάτων, που η ενεργειακή κατανάλωση υπερβαίνει το 4,5 kWh/m³ εφόσον μπορούν να ανακτήσουν μόνο το 35-40% της πίεσης.

Στα πλεονεκτήματα του συστήματος συγκαταλέγονται τα ακόλουθα:

- Η έλλειψη κραδασμών (λειτουργεί ως τουρμπίνα)
- Ο χαμηλός θόρυβος
- Η εργονομία στην τοποθέτηση και ο ελάχιστος αναγκαίος χώρος τοποθέτησης
- Η πολύ υψηλή αξιοπιστία, λειτουργία και η έλλειψη κάθε είδους συντήρησης. Το σύστημα δεν έχει μεταλλικά μέρη και δεν υπόκειται σε φθορά ή διάβρωση.

- Υψηλή απόδοση του συστήματος ακόμη και σε περίπτωση που βασικές παράμετροι λειτουργίας όπως η αλατότητα και η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού διαφοροποιηθούν.
- Ο ειδικός μηχανολογικός σχεδιασμός επιτρέπει την απομόνωση του συστήματος ανάκτησης και την λειτουργία της μονάδας χωρίς το σύστημα ανάκτησης, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παροχή στα 40%.

3.2.14 Συστοιχία μεμβρανών

Περιλαμβάνονται 6 μεμβρανοθήκες διαμέτρου 8 inch, με δυνατότητα τοποθέτησης 7 στοιχείων μεμβρανών έκαστη. Η διάταξη των μεμβρανών εντός του container είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπεται η εύκολη πρόσβαση σε αυτές και είναι τοποθετημένες σε πλαίσιο από ανοξείδωτο χάλυβα.

Οι μεμβρανοθήκες είναι κατασκευασμένες από ενισχυμένο πολυεστέρα με μέγιστη αντοχή σε πίεση τα 1.200 psi. Έχουν πλάγιες εξόδους (side port) από ανοξείδωτο χάλυβα ανώτερης ποιότητας του 904L (duplex SAF2507), ώστε η αντικατάσταση της οποιασδήποτε μεμβράνης να γίνεται εύκολα, χωρίς να απαιτείται η αποσύνδεση άλλων εξαρτημάτων ή μεμβρανών.

Στις μεμβρανοθήκες τοποθετούνται συνολικά 42 μεμβράνες χαμηλής ενέργειας και υψηλής απόρριψης, μέγιστης πίεσης λειτουργίας 83 bar, με σταθεροποιημένη απόρριψη αλάτων 99,8%. Η σύνδεση διασφαλίζει με άνεση ότι με πίεση λειτουργίας 65 bar, έμφραξη 5% ανά έτος, θερμοκρασία 21 °C και ποιότητα νερού όπως προδιαγράφεται η συνολική παροχή των 600 m³/ημέρα, αφού η μονάδα παράγει 604 m³/day, αφαιρώντας το χρόνο που απαιτείται για την έκπλυση των φίλτρων. Συνολικά, θα τοποθετηθούν 42 μεμβράνες.

Στο σύστημα των μεμβρανών υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου με:

α) δειγματοληψία του νερού στη γραμμή προϊόντος και αποχέτευσης για κάθε συστοιχία

β) διάταξη δειγματοληψίας στη γραμμή προϊόντος σε κάθε μεμβρανοθήκη

Οι σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα υψηλής πίεσης του θαλασσινού νερού είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα duplex / 904L και super duplex εξαιρετικά υψηλής αντοχής σε διαβρώσεις και καταπονήσεις (υπερκαλύπτοντας τις προδιαγραφές του διαγωνισμού) και το αφαλατωμένο νερό εξέρχεται με σωληνώσεις PVC PN16. Οι ταχυσύνδεσμοι που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, ενώ το βρεχόμενο τους τμήμα (παρέμβυσμα) είναι

από πλαστικό υλικό υψηλής αντοχής.

3.2.15 Μονάδα έκπλυσης

Το σύστημα των μεμβρανών διαθέτει διάταξη αυτόματης απόπλυσης για να ξεπλένονται οι μεμβράνες αλλά και τα φίλτρα φύσιγγας από θαλασσινό νερό, κάθε φορά που η μονάδα σταματά να λειτουργεί, είτε χειροκίνητα, είτε από τον δείκτη στάθμης της δεξαμενής επεξεργασμένου νερού, ώστε να αποφεύγονται διάβρωση μεταλλικών μερών και επικαθίσεις στις μεμβράνες.

Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από πλαστική δεξαμενή αφαλατωμένου νερού 1 m³, την αντλία έκπλυσης κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316 με πνευματική βάνα normally open από PVC. Η διαφορά της ωσμωτικής πίεσης είναι αρκετή ώστε να γίνει ξέπλυμα με φυσική ροή για όλες τις μεμβράνες ακόμη και σε περιπτώσεις διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος. Ενδεχόμενη τοποθέτηση δεξαμενής πάνω από τις μεμβρανοθήκες δεν έχει παραπάνω όφελος ενώ είναι προκαλεί και σημαντικά προβλήματα στην εργονομία της μονάδας. Η μονάδα έκπλυσης έχει κοινή αντλία και δεξαμενή με την μονάδα χημικού καθαρισμού.

3.2.16 Μονάδα Χημικού Καθαρισμού

Το σύστημα χημικού καθαρισμού αποτελείται από:

1. Δοχείο αποθήκευσης χημικών ουσιών, από πολυαιθυλένιο (MDPE) με υψηλή αντοχή 1 m³, το οποίο επαρκεί πλήρως για τον καθαρισμό των μεμβρανών (κοινό με αυτό που χρησιμοποιείται στην έκπλυση).
2. Κατακόρυφη πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία τροφοδοσίας κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα 316L 11 kW, ανώτατης ενεργειακής απόδοσης IE3, πλήρως εγκατεστημένη με βαλβίδες (κοινή με αυτή που χρησιμοποιείται στην έκπλυση).
3. Ηλεκτρικό αναδευτήρα χημικών ουσιών με άξονα και έλικα από ανοξείδωτο χάλυβα 316 και επικάλυψη από τεφλόν (PTFE).
4. Ρυθμιστή παροχής διαλύματος από ανοξείδωτο χάλυβα 316L.
5. Όργανο μέτρησης θερμοκρασίας του διαλύματος με δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας πάνω από 35 °C.

Στο δοχείο του χημικού καθαρισμού υπάρχει και η υπόλοιπη υδραυλική διασύνδεση, που επιτρέπει την ανακυκλοφορία νερού.

Ο χημικός καθαρισμός πραγματοποιείται αυτόματα με αντίστοιχη εντολή από

τον πίνακα ελέγχου, αφού πρώτα έχει γίνει η κατάλληλη προσθήκη χημικού στην δεξαμενή χημικού καθαρισμού.

Το είδος και οι ποσότητες των χημικών ουσιών που απαιτούνται, καθώς και η συχνότητα των χημικών καθαρισμών, μαζί με αναλυτικό προσδιορισμό κόστους ανά κύκλο προσδιορίζονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο των υπολογισμών.

3.2.17 Σύστημα μείωσης του pH (έγχυση H_2SO_4) παραγόμενου νερού

Για την λειτουργία του φίλτρου αύξησης της σκληρότητας απαιτείται η μείωση του pH, ώστε το παραγόμενο νερό να διαλύει το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) του φίλτρου αύξησης της σκληρότητας.

Το σύστημα αποτελείται από δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) και ένα δοσομετρικό δοχείο διαλύματος 100 l.

Οι δοσομετρικές αντλίες είναι, όπως και οι άλλες που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση ψηφιακές, διαφραγματικού τύπου, ρυθμιζόμενης παροχής σε ml/h με ρύθμιση τόσο της συχνότητας όσο και του βέλτιστου μήκους εμβολισμών. Επίσης διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα και οθόνη υγρών κρυστάλλων, που επιτρέπει την εύκολη ρύθμιση του ρυθμού δοσομέτρησης αλλά και επιπλέον βοηθητικές λειτουργίες. Διαθέτουν πλαστικό στεγανό σώμα και οι κεφαλές τους θα είναι PVC. Το υλικό κατασκευής είναι απόλυτα κατάλληλο για όλα τα χημικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Το δοσομετρικό δοχείο είναι κατασκευασμένο από υψηλής αντοχής συνθετικό υλικό (MDPE) και περιλαμβάνει δείκτη στάθμης, σύστημα υπερχείλισης-εκκένωσης. Το δοχείο φέρει φλοτέρ κατώτατης στάθμης που σταματά την μονάδα σε περίπτωση μείωσης του όγκου του διαλύματος κάτω του κατώτατου σημείου.

3.2.18 Σύστημα αύξησης σκληρότητας και εξουδετέρωσης pH

Στο παραγόμενο νερό πραγματοποιείται αύξηση της σκληρότητας στα αποδεκτά από τις σχετικές διατάξεις όρια. Μετά την έξοδο του νερού από τις μεμβράνες το νερό διέρχεται από φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου, τύπου PTF 60x74, διαμέτρου 1.523 mm, μέγιστη αντοχή σε πίεση 10,5 bar.

Το φίλτρο είναι κατασκευασμένο από πολυαμίδιο P.A.-6 με μέγιστη πίεση λειτουργίας τα 10,5 bar και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους 50 °C. Φέρει

εσωτερικά επικάλυψη (liner) από πολυαιθυλένιο (ως συμπολυμερές) που καλύπτει τις προδιαγραφές που θέτονται από την 2002/72/CE για το πόσιμο νερό.

Το φίλτρο φέρει 5 σφαιρικές βάνες διαμέτρου Ø63 και μία Ø50 διαφράγματος ώστε να μπορεί είτε να παρακαμφθεί προς συντήρηση ή προσθήκη υλικού είτε να γίνει αντίστροφη πλήση, αν και εφόσον απαιτηθεί (μετά από περίοδο παρατεταμένης στασιμότητας στο φίλτρο).

Το φίλτρο φέρει άνω και κάτω ανθρωποθυρίδα, προκειμένου να επιτυγχάνεται η εύκολη προσθήκη του υλικού πλήρωσης. Έχει εγκατεστημένο ένα ανοξείδωτο μανόμετρο στην έξοδο του. Επιπλέον, θα υπάρχει ένα ρΗμετρο για τον έλεγχο του ρΗ μέσω κατάλληλου ηλεκτροδίου μέτρησης. Στη συνέχεια, η ένδειξη αναγράφεται σε ψηφιακό όργανο και θα ελέγχεται η κατάλληλη δοσομέτρηση της αντλίας οξέος για την μείωση του ρΗ.

3.2.19 Σύστημα μεταχλωρίωσης παραγόμενου νερού

Το παραγόμενο νερό μετά την διέλευση από το σύστημα αύξησης σκληρότητας και ρΗ θα πρέπει να χλωριώνεται σε επίπεδο 0,2-0,4 ppm με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία παράλληλα συνδεδεμένη με την αντλία υψηλής πίεσης και όταν αυτή τίθεται σε λειτουργία, γίνεται ταυτόχρονη εκκίνηση της δοσομετρικής παρέχοντας την αντίστοιχη ποσότητα απολυμαντικού.

Αποτελείται από δύο δοσομετρικές αντλίες, όπως και οι άλλες που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι δοσομετρήσεις θα ελέγχονται από τον κεντρικό πίνακα της μονάδας αυτόματα, με χρήση PLC. Η δοσομέτρηση θα γίνεται από δοσομετρικό δοχείο χωρητικότητας 200 l κοινό με αυτό της προχλωρίωσης. Επίσης, το δοχείο θα φέρει δείκτη στάθμης και πώμα εκκένωσης. Σε όλες τις δοσομετρικές αντλίες η αναρρόφηση γίνεται μέσω άκαμπτου σωλήνα με δείκτη στάθμης επιτρέπει τη διακοπή λειτουργίας της μονάδος από χαμηλή στάθμη του δοχείου.

3.2.20 Σωληνώσεις

Όλες οι σωληνώσεις υψηλής πίεσης και τα υδραυλικά τους εξαρτήματα (συστολές, καμπύλες, ταυ, φλάντζες κ.λ.π.) από την αντλία υψηλής πίεσης προς τις μεμβράνες και την εξαγωγή της άλμης με υψηλή πίεση, είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα Duplex, με κύρια διάμετρο 2''. Οι συγκολλήσεις γίνονται με χρήση αερίου αργού με τη μέθοδο TIG (tungsten inert gas) μαζί με τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια.

Στο μεταλλικό τμήμα του δικτύου (υψηλής πίεσης) όλα τα υδραυλικά

εξαρτήματα (αντλίες, βαλβίδες, μεμβρανοθήκες κλπ) συνδέονται στο δίκτυο με ταχυσυνδέσμους ή με φλάντζες για εύκολη, ταχεία αποσυναρμολόγηση και συντήρηση και είναι από ανοξείδωτο χάλυβα 904L ή duplex εξίσου υψηλής αντοχής στη διάβρωση.

Οι υπόλοιπες σωληνώσεις χαμηλής πίεσης και τα εξαρτήματά τους είναι κατασκευασμένες από PVC πίεσης λειτουργίας 16 bar, μη τοξικό, κατάλληλο για εγκαταστάσεις ποσίμου νερού.

3.2.21 Βάσεις στήριξης

Οι βάσεις στήριξης όλων των εξαρτημάτων της μονάδας, είναι κατασκευασμένες με δοκούς από ανοξείδωτο χάλυβα (AISI 316L) 5x5 mm, όπως και κάθε κοχλίας και περικόχλιο με το οποίο αναρτώνται εξαρτήματα και συσκευές επ' αυτών. Στα σημεία έδρασης επί του κιβωτίου (container) παρεμβάλλονται επίσης ανθεκτικά ελαστικά παρεμβύσματα για την αποφυγή κραδασμών και θορύβων.

3.2.22 Όργανα ελέγχου

Στη μονάδα υφίστανται εγκατεστημένα τα απαραίτητα όργανα ελέγχου, που επιτηρούν πλήρως τις διαδικασίες προεπεξεργασίας του θαλασσινού νερού (πίεσεις και παράμετροι λειτουργίας φίλτρων, καθαρισμός αυτών, λειτουργία όλων των δοσομετρητών, ποιότητα νερού κ.α.), μετεπεξεργασίας παραγόμενου νερού (έλεγχος ποιότητας και σύστασης, πίεσεις, παράμετροι λειτουργίας, δοσομετρικές κ.α.) και τη διαδικασία αντίστροφης όσμωσης (πίεσεις και παράμετροι λειτουργίας αντλιών υψηλής πίεσης και οσμωτικών μεμβρανών, προγραμματισμός απόπλυσης και χημικού καθαρισμού κ.α.).

Τοποθετημένα πάνω στην μονάδα παραδίδονται τα παρακάτω όργανα:

1. Μηχανικά ανοξείδωτα μανόμετρα στις αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού, στην είσοδο και την έξοδο των φίλτρων άμμου και φύσιγγας, 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.

2. 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.

Πιο αναλυτικά:

a. μανόμετρα 0-10 atm από ανοξειδωτο χάλυβα 316L στην είσοδο κάθε φίλτρου θολότητας, φυσιγγίων και ανθρακικού ασβεστίου.

b. μανόμετρα 0-10 atm από ανοξειδωτο χάλυβα 316L στην έξοδο κάθε φίλτρου, θολότητας, φυσιγγίων και ανθρακικού ασβεστίου.

c. μανόμετρο 0-10 atm από ανοξειδωτο χάλυβα 316L στην κατάθλιψη κάθε αντλίας θαλασσινού και παραγόμενου νερού

d. μανόμετρο από ανοξειδωτο χάλυβα 316L 0-10 atm, πριν το σύστημα υψηλής πίεσης,

e. μανόμετρο από ανοξειδωτο χάλυβα 316L 0-100 atm, πριν και μετά τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης,

f. μανόμετρο από ανοξειδωτο χάλυβα 316L 0-100 atm στην έξοδο της άλμης,

g. μανόμετρο από ανοξειδωτο χάλυβα 316L 0-10 atm στην έξοδο του παραγόμενου από τις μεμβράνες νερού,

3. Ψηφιακοί μετρητές pH στη γραμμή προκατεργασμένου, και του τελικά παραγόμενου πόσιμου νερού με δυνατότητα διακοπής λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση ανίχνευσης υπέρβασης ορίων και ελέγχου δοσομέτρησης οξέος.

4. Ψηφιακός μετρητής REDOX πριν τις μεμβράνες, με δυνατότητα διακοπής λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση υπέρβασης ορίων, παράλληλα είναι και ελεγκτής της δοσομέτρησης της αποκλωρίωσης.

5. Ψηφιακό όργανο μέτρησης θερμοκρασίας θαλασσινού νερού.

6. Ψηφιακό θερμόμετρο θαλασσινού νερού πριν τις μεμβράνες (μετά τα φίλτρα φύσιγγας)

7. Ψηφιακοί μετρητές αγωγιμότητας παραγόμενου νερού με δυνατότητα αυτόματης διακοπής της λειτουργίας της μονάδας, σε περίπτωση υπέρβασης ορίων. Θα τοποθετηθεί ένα ψηφιακό αγωγιμόμετρο, με κλίμακες 0-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 200-2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη γραμμή του παραγόμενου νερού, αποτελούμενο από αισθητήρα, ψηφιακή ένδειξη και controller και ένα ψηφιακό αγωγιμόμετρο, με κλίμακα 200-50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για το θαλασσινό νερό

8. Ψηφιακοί μετρητές παροχής στους κλάδους άλμης και παραγόμενου νερού. Τα ενδεικτικά των οργάνων θα βρίσκονται στον κεντρικό πίνακα ελέγχου όπου θα βρίσκονται και όλα τα ψηφιακά όργανα.

9. Ψηφιακοί μετρητές παροχής τροφοδοτούμενου θαλασσινού νερού πριν και μετά τον εναλλάκτη πίεσης. Τα ενδεικτικά των οργάνων θα βρίσκονται στον κεντρικό πίνακα ελέγχου όπου θα βρίσκονται και όλα τα ψηφιακά όργανα.

10. Πρεσοστάτες χαμηλής και υψηλής πίεσης πριν και μετά την αντλία υψηλής πίεσης, καθώς και στο παραγόμενο νερό. Σε κάθε περίπτωση υπέρβασης των ορίων θα προκαλείται σταμάτημα της μονάδας.

11. Autodialer για τηλεφωνική ειδοποίηση σε προκαθορισμένους αριθμούς εάν παρουσιασθεί οποιαδήποτε μη αναμενόμενη διακοπή λειτουργίας.

12. Ψηφιακό πολύμετρο για τη μέτρηση της έντασης και τάσης ρεύματος των τριών φάσεων παροχής και τη συχνότητα του ρεύματος.

13. Ωρομετρητής χρόνου λειτουργίας μονάδας

14. Τα όργανα ελέγχου θα διακόπτουν τη λειτουργία της μονάδας αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα, ή υπέρβαση καθορισμένων ορίων σύμφωνα με το λογισμικό και τις παραμέτρους που έχουν εισαχθεί στο PLC. Τονίζεται ότι, όπως έχει αναφερθεί, όλα τα ενδεικτικά των ηλεκτρονικών οργάνων θα βρίσκονται στον κεντρικό πίνακα ελέγχου.

3.2.23 Διατάξεις ασφαλείας- Αυτοματισμοί

Για την πλήρη προστασία της μονάδας από την εκτός προκαθορισμένων ορίων λειτουργία της, υπάρχουν αυτόματες διατάξεις ασφαλείας, οι οποίες θα επικοινωνούν με τον κεντρικό πίνακα ελέγχου και το PLC για να εκτελέσουν μία διεργασία ή να σημάνουν συναγερμό ή να διακόψουν τη λειτουργία της αν αυτό χρειαστεί. Σε κάθε περίπτωση θα στέλνεται το κατάλληλο τηλεφωνικό μήνυμα με το Autodialer.

Οι διατάξεις αυτές θα είναι:

- Διάταξη θερμικής προστασίας ή μαγνητοθερμικός διακόπτης σε κάθε ηλεκτροκινητήρα
- Επιτηρητής φάσεων και τάσης
- Συναγερμός και διακόπτης χαμηλής πίεσης στην είσοδο της αντλίας υψηλής πίεσης,
- Συναγερμός και διακόπτης υψηλής πίεσης στην είσοδο των μεμβρανών,

- Συναγερμός και διακόπτης υψηλής πίεσης στην έξοδο της άλμης,
- Συναγερμός και διακόπτης υψηλής πίεσης στο παραγόμενο νερό
- Αυτοματισμός ρύθμισης δοσομέτρησης και διακοπής από ύπαρξη ελεύθερου χλωρίου στην είσοδο των μεμβρανών,
- Αυτοματισμός ρύθμισης δοσομέτρησης και διακοπής λόγω υψηλής τιμής του pH στην είσοδο των μεμβρανών,
- Αυτοματισμός διακοπής λόγω υψηλής πτώσης πίεσης στα φίλτρα άμμου και αυτόματο σταμάτημα της μονάδας και έναρξη έκπλυσης στο βαθμό που ελέγχεται η έκπλυση μέσω μετρήσεων πίεσης.
- Συναγερμός υψηλής θερμοκρασίας νερού στην είσοδο των μεμβρανών,
- Συναγερμός υψηλής αγωγιμότητας παραγόμενου νερού στην έξοδο των μεμβρανών και αν αυτό διαρκεί για προκαθορισμένο χρόνο σταμάτημα της μονάδας.
- Συναγερμός λόγω υψηλής ή χαμηλής τιμής του pH στη γραμμή πόσιμου νερού,
- Σύστημα προστασίας όλων των αντλιών από «εν ξηρώ» λειτουργία
- Συναγερμός χαμηλής στάθμης στη δεξαμενή της θάλασσας
- Συναγερμός υψηλής στάθμης στη δεξαμενή πόσιμου νερού
- Autodialer για ενημέρωση σε προκαθορισμένα τηλέφωνα σε περίπτωση συναγερμού ή σταματήματος, το οποίο θα λειτουργεί και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος

Επιπρόσθετα

Επιπρόσθετα των απαιτήσεων του διαγωνισμού υπάρχει η δυνατότητα η μονάδα να διακόψει τη λειτουργία της από:

- Συναγερμό χαμηλής στάθμης στα δοχεία των χημικών διαλυμάτων
- Συναγερμό ανεπαρκούς δοσομέτρησης αντικαθαλατωτικού

και χαμηλής στάθμης

- Συναγερμό χαμηλής παροχής παραγόμενου νερού
- Συναγερμό υψηλής παροχής παραγόμενου νερού

Εκτός από την αναγραφή στην οθόνη αφής, το σήμα συναγερμού προκαλεί και την λειτουργία κόκκινης λυχνίας και φάρου.

Θα παρέχεται επίσης δυνατότητα τηλεειδοποίησης, εφόσον γίνει διασύνδεση με σύστημα SCADA ή παροχή τηλεφωνικής γραμμής στο ενσωματωμένο modem της μονάδας.

3.2.24 Κεντρικός Πίνακας Ελέγχου

Ο κεντρικός πίνακας ελέγχου, θα είναι εφοδιασμένος με PLC και οθόνη αφής σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με πιστοποιητικό CE. Είναι κατασκευασμένος από χαλυβοέλασμα 1,5 mm τουλάχιστον με κατάλληλη αντιδιαβρωτική προστασία.

Η ψηφιακή οθόνη αφής μέσω της οποίας πραγματοποιείται πλήρης παρακολούθηση του συνόλου των παραμέτρων λειτουργίας των μονάδων με χρήση ψηφιακών ενδείξεων και γραφικής απεικόνισης:

- Κατάσταση λειτουργίας
- Τιμές αγωγιμότητας
- Τιμές Πιέσεων
- Τιμές ροών και ολικών παροχών
- Τιμές pH
- Τιμές υπολειμματικού χλωρίου
- Τιμές θολερότητας
- Τιμές θερμοκρασίας
- Σήματα alarm
- Πληροφορίες επικοινωνίας

Πέραν της παρακολούθησης, η ψηφιακή οθόνης αφής προσφέρει δυνατότητα ρύθμισης σειράς παραμέτρων όπως π.χ. σημεία συναγερμού (alarm) κλπ

□ Απεικόνιση κατάστασης λειτουργίας όλων των βασικών τμημάτων της μονάδας (αντλίες, ηλεκτροβαλβίδες κλπ).

□ Ο πίνακας είναι βαριάς βιομηχανικής κατασκευής με εποξειδική βαφή με διπλό άνοιγμα και βαθμό προστασίας IP 55.

- Όλες οι αντλίες έχουν θερμομαγνητικούς διακόπτες προστασίας, οι οποίοι και διασυνδέονται με το PLC για την επιβεβαίωση σωστής λειτουργίας.

- Υφίσταται η δυνατότητα σύνδεσης με περιβάλλον SCADA για την κεντρική διαχείριση και την γραφική απεικόνιση του συστήματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

- Είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και θα έχει πιστοποιητικό πιστότητας (CE).

Με αυτόν συνδέονται όλες οι διατάξεις ασφαλείας και τα όργανα ελέγχου, ώστε να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της μονάδας και η αυτόματη διακοπή λειτουργίας της εφόσον οι συνθήκες το απαιτούν.

Υπάρχουν εγκατεστημένα «μανιτάρια» διακοπής λειτουργίας όλου του συστήματος σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Στον πίνακα συμπεριλαμβάνονται επίσης γενικός αυτόματος διακόπτης, αυτόματες ασφάλειες, κάρτες εισόδων εξόδων, κάρτες 4 Analog Input, επιτηρητής ασυμμετρίας, μικροελέ εξόδων καθώς και όλα τα υπόλοιπα υλικά (μπάρες, κλέμνες, καλώδια, κανάλια κλπ) όπου χρειάζονται βάσει των προδιαγραφών. Όλες οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD-384.

Εντός του πίνακα υπάρχει πλήρης διαχωρισμός της διέλευσης και της θέσης των καλωδίων ισχυρών και ασθενών ρευμάτων (σημάτων οργάνων) με σκοπό την αποφυγή παρεμβολών.

Όλοι οι περιστροφικοί διακόπτες, ενδεικτικές λυχνίες, είναι κατάλληλα τοποθετημένα ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα τους. Τα καλώδια εισέρχονται από το κάτω μέρος του πίνακα με στυπιοθλίπτες και περιβάλλονται από ανοξειδωτο μεταλλικό πλαίσιο. Επίσης, στον εξαερισμό του πίνακα τοποθετείται ειδική καλύπτρα από ανοξειδωτο χάλυβα. Ο πίνακας διαθέτει ακόμη, διακόπτη κινδύνου (emergency stop) για άμεση διακοπή της μονάδας σε περίπτωση κινδύνου.

Όλα τα σήματα θα συγκεντρώνονται στο PLC του κεντρικού πίνακα, το οποίο συνδέεται με Η/Υ (μπορεί να τοποθετηθεί εντός οικίσκου ελέγχου), όπου μέσω συστήματος SCADA είναι δυνατή η απεικόνιση όλων των λειτουργιών της μονάδας, η εμφάνιση όλων των κρίσιμων τιμών (παροχές, αγωγιμότητα pH, υπολειμματικό χλώριο, πιέσεις λειτουργίας), η εμφάνιση μηνυμάτων ή alarm και η αποθήκευσή τους.

Για την πιθανή μελλοντική εγκατάσταση του SCADA θα πρέπει να γίνει προμήθεια νέου Η/Υ με οθόνη, πληκτρολόγιο, ποντίκι, εκτυπωτή, UPS και όλα τα απαραίτητα λειτουργικά προγράμματα στο υφιστάμενο δωμάτιο ελέγχου της αφαλάτωσης, από τον οποίο θα γίνεται η παρακολούθηση, ο έλεγχος και οι χειρισμοί του συνόλου της εγκατάστασης.

Διαδικασία Ειδοποίησης για Ενδείξεις Δυσλειτουργίας (Warning)

Αναφέρεται σε παραμέτρους ή όρια παραμέτρων που δεν είναι κρίσιμα και δεν θέτουν την μονάδα εκτός λειτουργίας αλλά ειδοποιούν τον χρήστη, όπως για παράδειγμα υψηλή αγωγιμότητα παραγόμενου νερού, χαμηλό ή υψηλό επίπεδο χλωρίωσης, χαμηλή παραγωγή, αυξημένο pH ακατέργαστου νερού κτλ.

Οι ενδείξεις αυτές προκαλούν την λειτουργία κίτρινης λυχνίας και απεικονίζονται στην οθόνη αφής, αλλά δεν διακόπτουν την λειτουργία της μονάδας.

Πίνακες Ελέγχου Φίλτρων

Ανεξάρτητος ηλεκτρικός πίνακας (ένας για κάθε φίλτρο) για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας των φίλτρων. Ο κάθε πίνακας προγραμματίζεται και εκτελεί αυτόματα τους κύκλους απόπλυσης. Με τον προγραμματισμό, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διάρκειας και της περιοδικότητας κάθε κύκλου (ογκομετρικά και χρονικά) ή και ο απευθείας έλεγχος των αντιστοίχων διαφραγματικών βαλβίδων.

Αυτοματισμοί

Όλοι οι αυτοματισμοί ελέγχονται από την οθόνη αφής για τον επιτόπου χειρισμό καθώς και δυναμικά μέσω του SCADA. Όλος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός διαθέτει εντολή και επιβεβαίωση λειτουργίας από το αντίστοιχο ρελέ προς τα PLC.

Σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα μέσα από ειδικό πίνακα επιλογής (menu) και κατόπιν κωδικού να προγραμματιστεί το PLC σε κρίσιμες παραμέτρους, όπως όρια για συναγερμό και διακοπή λειτουργίας, χρονοκαθυστερήσεις, μηδενισμός μετρητών συνολικών καταναλώσεων, επιλεκτική απενεργοποίηση αντλιών στην αυτόματη λειτουργία κλπ.

Οι αυτοματισμοί περιλαμβάνουν και τις κάτωθι λειτουργίες (χωρίς να περιορίζονται σε αυτές όμως που αναφέρονται):

Διαδικασία Σταδιακής Εκκίνησης της Αφαλάτωσης

Εκκίνηση της αντλίας τροφοδοσίας, έλεγχος πιέσεων, θερμοκρασίας νερού, συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου στο θαλασσινό νερό κλπ., ενεργοποίηση δοσομετρικών χημικών προκατεργασίας, έλεγχος ότι τα συστήματα

προκατεργασίας λειτουργούν σωστά, σταδιακή εκκίνηση αντλιών υψηλής πίεσης, πλήρωση των δεξαμενών έκπλυσης και χημικού καθαρισμού.

Διαδικασία Χημικού Καθαρισμού

Από ειδικό menu της οθόνης αφής, η μονάδα τίθεται σε λειτουργία χημικού καθαρισμού, όπου παρακάμπτονται διάφορα alarm (π.χ. pH, αγωγιμότητα, χαμηλή πίεση κλπ) και επιτρέπεται η λειτουργία των αντλιών χημικού καθαρισμού. Στην διαδικασία αυτή υπάρχει ειδικός συναγερμός για σχετικά με την μέγιστη θερμοκρασία του καθαρισμού καθώς και τον χρόνο του χημικού καθαρισμού (παράμετροι που ρυθμίζονται από την οθόνη αφής).

Διαδικασία Κανονικής Διακοπής Λειτουργίας από Διακόπτη Στάθμης (Φλοτέρ)

Ουσιαστικά είναι η αντίστροφη διαδικασία, σε σχέση με αυτή της έναρξης λειτουργίας, δηλαδή υλοποιείται η σταδιακή διακοπή λειτουργίας του συστήματος, με πρώτα το κλείσιμο της αντλίας υψηλής πίεσης, μετά του εναλλάκτη, ακολουθεί ξέπλυμα με θαλασσινό νερό της μονάδας ενώ στο τέλος ακολουθεί ξέπλυμα με την χρήση της αντλίας ξεπλύματος μέσω της δεξαμενής έκπλυσης.

Διαδικασία Ειδοποίησης για Ενδείξεις Δυσλειτουργίας (Warning)

Αναφέρεται σε παραμέτρους ή όρια παραμέτρων που δεν είναι κρίσιμα και δεν θέτουν την μονάδα εκτός λειτουργίας αλλά ειδοποιούν τον χρήστη, όπως για παράδειγμα υψηλή παραγωγή, υψηλή αγωγιμότητα ακατέργαστου νερού κτλπ.

Οι ενδείξεις αυτές προκαλούν την λειτουργία κίτρινης λυχνίας και απεικονίζονται στην οθόνη αφής, αλλά δεν διακόπτουν την λειτουργία της μονάδας.

Διαδικασία Αντίστροφης Πλύσης Φίλτρων

Η διαδικασία αντίστροφης πλύσης ελέγχεται με έξυπνο και ευέλικτο προγραμματισμό από τους τοπικούς ανεξάρτητους ηλεκτρικούς πίνακες των φίλτρων, ενώ ο τελικός έλεγχος και επιτήρηση πραγματοποιείται από τον κεντρικό πίνακα ελέγχου και την οθόνη αφής. Η διαδικασία ενεργοποιείται με μέτρηση της διαφορικής πίεσης ή χρονικά (συνήθως 24 ώρες λειτουργίας για τα φίλτρα άμμου). Και οι δυο παράμετροι είναι εύκολα ρυθμιζόμενοι από την οθόνη και ρυθμίζονται κατά την παράδοση και έλεγχο λειτουργίας της μονάδας (με βάση το SDI).

Η διαδικασία περιλαμβάνει την αντίστροφη πλύση με τον χειρισμό των πνευματικών βανών αλλά και την επανεκκίνηση των φίλτρων σε κανονική ροή με απόρριψη του πρώτου φιλτραρισμένου νερού για 5 λεπτά.

Δηλαδή είναι δυνατή ρύθμιση της διάρκειας και της περιοδικότητας κάθε κύκλου και ο έλεγχος των αντίστοιχων βαλβίδων πεταλούδας. Οι διαδικασίες αυτές θα μπορούν να γίνονται και με χειροκίνητες εντολές όταν ο εκάστοτε χειριστής το επιθυμεί.

Καταγραφή Μόνιμων Παραμέτρων Χρονικά Αθροιζομένων

Η μονάδα διαθέτει ειδική λειτουργία άθροισης παραμέτρων και συγκεκριμένα:

- Μετρητή συνολικού χρόνου λειτουργίας
- Μετρητή συνολικής κατανάλωσης ρεύματος
- Μέτρηση συνολικής παραγόμενης ποσότητας νερού

Εποπτική και Ομαδοποιημένη Παρουσίαση Παραμέτρων Λειτουργίας με Γραφική Απεικόνιση (Πιέσεις, Παροχές, Αγωγιμότητα, pH, Υπολειμματικό Χλώριο)

Στην οθόνη αφής και μέσα από ομαδοποιημένο πίνακα επιλογής, ο χειριστής μπορεί να βλέπει με γραφική απεικόνιση σειρά παραμέτρων.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι μεταδίδονται μέσω σύνδεσης και είναι δυνατή η επιτήρηση και η καταγραφή τους σε γραφικό περιβάλλον. Για τη σύνδεση τους με κεντρικό υπολογιστή εγκαθίσταται το απαραίτητο λογισμικό (με συμπεριλαμβανόμενη άδεια λειτουργίας του προγράμματος και τα απαραίτητα εγχειρίδια).

Διαδικασία Reset

Όταν υπάρχει κάποια ένδειξη alarm, η επανεκκίνηση της μονάδος γίνεται με το πάτημα του πλήκτρου R και αφού έχει εξαλειφθεί ο λόγος για τον οποίο προκλήθηκε το alarm.

Διαδικασία Χειροκίνητης Λειτουργίας

Με την εισαγωγή σχετικού κωδικού στην οθόνη αφής, υπάρχει η δυνατότητα να γίνει χειροκίνητος χειρισμός όλων των αντλιών και ηλεκτροβαλβίδων από διακόπτες 2 θέσεων.

Οι διακόπτες είναι φωτιζόμενοι και 2 θέσεων και βρίσκονται στον πίνακα με ανεξίτηλη ταμπέλα και κωδικό περιγραφής. Είναι παντελώς ανενεργοί, αν δεν τεθεί η μονάδα στην θέση manual μέσα από την οθόνη αφής και την εισαγωγή του σχετικού κωδικού.

Το σύστημα παρέχει και την σημαντική δυνατότητα Manual Start δηλαδή μπορεί να γίνει αυτόματη εκκίνηση ακόμα και αν ο διακόπτης στάθμης στην δεξαμενή παραγόμενου νερού είναι στο άνω μέρος. Η λειτουργία αυτή είναι σημαντική σε περίπτωση που υπάρχει επιθυμία του χειριστή να ενεργοποιήσει για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα την μονάδα για να ελέγξει κάποιο τεχνικό σφάλμα και γίνεται κατόπιν εισαγωγής σχετικού κωδικού στην οθόνη αφής.

3.2.25 Σύστημα SCADA (για την πιθανότητα μελλοντικής εγκατάστασης)

Στην μονάδα δύναται να εγκατασταθεί σύστημα SCADA που θα επιτρέπει φιλικά προς τον χρήστη τον εποπτικό έλεγχο και καταγραφή όλων των παραμέτρων ποιότητας και λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, στην οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, από όπου θα μπορεί να γίνεται ο έλεγχος. Το σύστημα SCADA θα:

- Εξασφαλίζει την αδιάλειπτη λειτουργία της μονάδας και των απαιτούμενων αντλιών
- Εγγυάται τον έλεγχο και καταγραφή σε πραγματικό χρόνο της λειτουργίας της μονάδας και των παραμέτρων λειτουργίας και ποιότητας
 - Εντοπίζει και προσδιορίζει τις βλάβες
 - Διαχωρίζει τις βλάβες που χρήζουν άμεσης επέμβασης
 - Ειδοποιεί άμεσα με ηχητικό μήνυμα ή με μήνυμα SMS σχετικά με βλάβη ή αναμενόμενο πρόβλημα
- Επιτρέπει την ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται
- Αποκρίνεται σε συμβάντα σε λιγότερο από 5 sec
- Έχει ικανότητα επίβλεψης και διαχείρισης της μονάδας μέσω διαδικτύου (internet)

3.2.26 Αντικεραυνική προστασία

Η εγκατάσταση είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να παρέχει απόλυτη ασφάλεια για τον ανθρώπινο παράγοντα και να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Συγκεκριμένα το σύστημα προστασίας αποτελείται από σύστημα γείωσης και σύστημα αντικεραυνικής προστασίας για κάθε οικίσκο ξεχωριστά:

- Σύστημα γείωσης (έκαστου οικίσκου)

Θεμελιακή γείωση στις πλάκες έδρασης των οικίσκων κατασκευασμένη από χαλύβδινη ταινία θερμά επιψευδαργυρωμένη (St/tZn), διαστάσεων 40,0x4,0mm.

Η ταινία στερεώνεται ανά 2m επάνω στους οπλισμούς με την αρπάγη ταχυσύνδεσμο οπλισμού κατασκευασμένη από χαλύβδινη ταινία θερμά επιψευδαργυρωμένη (St/tZn).

Στις τέσσερις (4) άκρες της εδαφικής πλάκας τοποθετείται ηλεκτρόδιο μορφής σταυρού, διαστάσεων 5x5x1500mm κατασκευασμένο από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (St/tZn).

Το ηλεκτρόδιο συνδέεται με την ταινία μέσω τμήματος αγωγού Φ10 χαλύβδινου θερμά επιψευδαργυρωμένου (St/tZn).

Ο αγωγός Φ10 συνδέεται με την ταινία 40x4.0mm με τη χρήση σφικτήρα διασταύρωσης Φ10/40 με ενδιάμεση πλάκα.

- Σύστημα συλλογής (έκαστου οικίσκου)

Περιμετρικά και επάνω στην οροφή του κάθε οικίσκου θα τοποθετηθεί χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος (St/tZn) αγωγός Φ10.

Η στερέωση του αγωγού θα γίνει με τη χρήση στηρίγματος τύπου niro clip κατασκευασμένο από ανοξείδωτο ατσάλι.

3.2.27 Ηχομόνωση - Θερμομόνωση

Τα εμπορευματοκιβώτια φέρουν την κατάλληλη ηχομόνωση, έτσι ώστε το μέγιστο αποδεκτό όριο εκπομπής θορύβου (45 dB) να μην ξεπερνιέται.

Επίσης, φέρουν την κατάλληλη θερμομόνωση ώστε η θερμοκρασία περιβάλλοντος εντός αυτών να είναι ανεκτή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ο πίνακας ελέγχου είναι εργονομικά κατασκευασμένος και έχει όλα τα ενδεικτικά ηλεκτρονικά όργανα των μετρούμενων παραμέτρων της συνολικής διεργασίας συγκεντρωμένα σε οθόνη αφής, ώστε ο εργαζόμενος εύκολα και άμεσα να έχει ολοκληρωμένη εικόνα για την λειτουργία της μονάδας αλλά και να μπορεί να ρυθμίσει τις οριακές τιμές των alarm μέσω ενός ενιαίου τρόπου για όλα τα όργανα έλεγχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ονομάζουμε τις ενεργειακές πηγές, που υπάρχουν στο φυσικό περιβάλλον και πρακτικά είναι ανεξάντλητες. Αποτελούν την πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων.

Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974. Η συνειδητοποίηση των σοβαρών παγκόσμιων προβλημάτων την τελευταία δεκαετία, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι ΑΠΕ δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, οδήγησε στην παγίωση της αντίληψης ότι αποτελούν λύση για την εξασφάλιση της ενέργειας που απαιτείται για τις ανάγκες και δραστηριότητες του ανθρώπου.

Η αξιοποίηση των ΑΠΕ περιορίζεται μόνο από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν ως σκοπό τη δέσμευση του δυναμικού τους. Αρκετές χώρες, που διαθέτουν υψηλό ενεργειακό δυναμικό, δημιουργούν ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο και συμβάλλουν στη μείωση εξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Με βάση αυτά, γίνεται κατανοητό ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ καθημερινά κερδίζει έδαφος, ενώ διερευνώνται και εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερες τεχνολογίες αξιοποίησης τους στην προσπάθεια αντικατάστασης των συμβατικών πηγών ενέργειας.

4.2. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και η διασύνδεσή τους με μονάδα αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης.

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί, η παραγωγή του πόσιμου νερού από μονάδα αφαλάτωσης είναι μία μέθοδος που κερδίζει έδαφος έναντι των συμβατικών τρόπων υδροδότησης. Ιδιαίτερα στις απομακρυσμένες περιοχές που έτσι κι αλλιώς η «παραδοσιακή» μεταφορά νερού με υδροφόρες είναι προβληματική αλλά και αρκετά δαπανηρή.

Συνήθως οι περιοχές αυτές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Το δίκτυο που είναι συνδεδεμένες οι δυσπρόσιτες περιοχές,

όπως είναι τα νησιά, δεν είναι πάντα τόσο ισχυρό, ώστε να μπορεί να καλύψει ενεργειακά τις απαιτήσεις των μεθόδων αφαλάτωσης. Αλλά ακόμη και αν αυτό είναι εφικτό, σίγουρα δεν αποτελεί και την πιο οικονομικά συμφέρουσα λύση καθώς οι ντιζελογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι ιδιαίτερα ακριβό μέσο. Συγχρόνως και η χρήση της φθηνότερη επιλογής, αυτής του λιγνίτη, παρουσιάζει ατέλειες κυρίως ως προς τις αρνητικές του επιδράσεις στο περιβάλλον.

Τη λύση στις προαναφερθείσες δυσκολίες έρχονται να δώσουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, των οποίων τα πλεονεκτήματα αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι σύγχρονες μέθοδοι εξασφάλισης παροχής ενέργειας μπορούν σχετικά απλά να εφαρμοστούν για τις ανάγκες μιας μονάδας αφαλάτωσης, αρκεί να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό όλες οι παράμετροι που θα δώσουν τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό. Μερικά από τα κριτήρια που θα πρέπει να μελετηθούν για τη σωστή επιλογή ΑΠΕ είναι οι παρακάτω:

- Η διαθεσιμότητα της τεχνολογίας
- Η εμπορική ωριμότητα της κάθε ΑΠΕ
- Η δυνατότητα εφαρμογής της με την επιλεγείσα μέθοδο αφαλάτωσης
- Το δυναμικό της κάθε μορφής ΑΠΕ στο σημείο εγκατάστασης
- Οι υπάρχουσες υποδομές
- Οι υποδομές που απαιτούνται και το κατά πόσο είναι εφικτές
- Κόστος επένδυσης
- Κόστος εγκατάστασης

Το κλειδί στην επιλογή είναι ποια μορφή ΑΠΕ μπορεί να προσαρμοστεί κατάλληλα στην εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης που έχει επιλεγεί στην κάθε περίπτωση. Η προσαρμογή αναφέρεται με την έννοια του κατά πόσο θα ταιριάξουν τα χαρακτηριστικά της ενέργειας που θα παραχθεί με τις ιδιαιτερότητες της μεθόδου αφαλάτωσης που θα εγκατασταθεί. Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό για το λόγο ότι αν αυτό το «πάντρεμα» δεν επιτευχθεί, το αποτέλεσμα θα είναι χαμηλή απόδοση του συστήματος, υπολειτουργία, σημαντικές απώλειες ενέργειας, μείωση παραγόμενου νερού, εμφάνιση προβλημάτων και σφαλμάτων, ακόμα και καταστροφή τμημάτων της μονάδας.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα κριθεί αν η προσαρμογή της διαθέσιμης ΑΠΕ με τη μονάδα αφαλάτωσης είναι εφικτή, έχουν κυρίως να κάνουν με τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής (τοπικά στοιχεία) και μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Γεωγραφικές συνθήκες
- Τοπογραφία περιοχής
- Χωρητικότητα της διάταξης - Διαθέσιμος χώρος
- Ενέργεια που είναι διαθέσιμη στο χαμηλότερο κόστος
- Ύπαρξη τοπικών υποδομών
- Περιεκτικότητα του νερού σε αλάτι
- Ανθεκτικότητα του συστήματος
- Η απλότητα της λειτουργίας του
- Το χαμηλό κόστος συντήρησης
- Το μέγεθος της κατασκευής
- Η εύκολη μεταφορά του εξοπλισμού στην περιοχή
- Η διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας
- Η αντοχή σε αντίξοες καιρικές συνθήκες

Ως γενικό κανόνα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι θερμικές διαδικασίες συνδυάζονται καλύτερα με τεχνολογίες θερμικής ενέργειας και οι διαδικασίες αφαλάτωσης που απαιτούν ηλεκτρική ή μηχανική ενέργεια μπορούν να λειτουργήσουν πιο αποδοτικά με ηλεκτρομηχανικές τεχνολογίες. Οι συνδυασμοί που απαντώνται πιο συχνά είναι:

- μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση που καλύπτεται ενεργειακά με αιολική ενέργεια ή φωτοβολταϊκά
- μονάδα αφαλάτωσης με απόσταξη με ηλιακή θερμική ενέργεια ή ηλιακή ακτινοβολία

Το βασικότερο πρόβλημα που προκύπτει όταν χρησιμοποιείται κάποια από τις ΑΠΕ για την παροχή ενέργειας μιας εγκατάστασης είναι ο τυχαίος και ο παροδικός χαρακτήρας τους. Το χαρακτηριστικό αυτό προκαλεί αδυναμία πρόβλεψης για το μέλλον και δυσκολία στον προγραμματισμό. Αυτό είναι αναμενόμενο να συμβαίνει καθώς οι περισσότερες μορφές ΑΠΕ εξαρτώνται από στοιχεία της φύσης όπως είναι η ταχύτητα του ανέμου και η ηλιακή ακτινοβολία, για τα οποία δε μπορεί να υπάρξει σίγουρη πρόβλεψη.

Για να γίνει η επιτυχής προσαρμογή των ΑΠΕ με την μονάδα αφαλάτωσης που πρόκειται να συνδεθούν, έχουν αναπτυχθεί οι παρακάτω στρατηγικές:

- Δίνεται έμφαση στη διαχείριση ισχύος, δηλαδή παρέχεται στη μονάδα η κατάλληλη ισχύς, ανεξάρτητα με τις επικρατούσες συνθήκες. Αυτό

προϋποθέτει ένα υβριδικό σύστημα που θα παρέχει κάθε στιγμή την απαιτούμενη ενέργεια μέσω πλήθους επιλογών πηγών ενέργειας, ανανεώσιμες, συμβατικές ή συσκευές αποθήκευσης.

- Σε αυτή τη στρατηγική, που χαρακτηρίζεται ως «παρόντος φορτίου», όπου όλη η παραγόμενη ισχύς βασίζεται στις ΑΠΕ και αντίστοιχα η μονάδα ασφαλάτωσης σταματάει να παράγει νερό ή λειτουργεί σε διαφορετικό σημείο λειτουργίας.
- Η τρίτη στρατηγική είναι ουσιαστικά συνδυασμός των δύο προηγούμενων, στην προσπάθεια να περιοριστεί η εξάρτηση της μονάδας από τη συμβατική παροχή ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή ελέγχεται επιπλέον και η μονάδα παραγωγής ενέργειας πέρα από τη μονάδα ασφαλάτωσης.

Συμπερασματικά, αυτό που τελικά θα καθορίσει την επιλογή είναι η σχέση ανάμεσα στην παροχή ισχύος της μονάδας παραγωγής ενέργειας και τις ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας ασφαλάτωσης.

4.3. Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

Αρκετά από τα πλεονεκτήματα που αιτιολογούν τη στροφή προς τις ΑΠΕ κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, φαίνονται παρακάτω (Τζανακάκη, 2008):

- Το κυριότερο πλεονέκτημα τους είναι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ότι οι ΑΠΕ είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και δημιουργούν τις προοπτικές για τη μείωση εξάρτησης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.

- Η χρήση των ΑΠΕ σταθεροποιεί τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η μείωση αυτή διαπιστώνεται ύστερα από μετρήσεις και σε άλλες εκπομπές ρυπαντών όπως οξείδιο του θείου, οξείδιο του αζώτου κ.α., σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας στους οποίους οι ΑΠΕ έχουν αντικαταστήσει τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

- Οι ΑΠΕ, όπου αξιοποιούνται, αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή και σε οικονομικό επίπεδο, καθώς συνεισφέρουν στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού με λιγότερο κόστος.

- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

- Οι ΑΠΕ προσφέρουν ανακούφιση στα συστήματα υποδομής και μειώνουν τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας, αφού προσφέρουν δυνατότητα κάλυψης σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι είναι διάσπαρτες γεωγραφικά.

- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.

- Η προσφορά των ΑΠΕ έχει και κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις δεδομένου ότι σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν πυρήνα αναζωογόνησης υποβαθμισμένων περιοχών, προωθώντας τις επενδύσεις σε αυτές και μετατρέποντας τις περιοχές σε πόλο για τοπική ανάπτυξη και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

4.4. Προβληματισμοί σχετικά με τη διεύρυνση της χρήσης των ΑΠΕ

Παρά το σύνολο των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η διεύρυνση των ΑΠΕ στις διάφορες εφαρμογές μονάδων αφαλάτωσης είναι σχετικά περιορισμένη. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες από τις αιτίες που προσωρινά η χρήση τους είναι σε μικρή κλίμακα (Νικητάκος Ν., 2008):

- Αν και υπάρχουν αρκετές επιτυχημένες εφαρμογές συνδυασμού μονάδων αφαλάτωσης που λειτουργούν με ΑΠΕ, η τεχνολογία και των δύο δεν είναι ακόμη σε επίπεδο ικανό να δημιουργηθεί σύστημα που να λειτουργεί βέλτιστα.

- Το κόστος επένδυσης είναι υψηλό και ιδιαίτερα σε ότι αφορά στις μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθιστώντας πολλές φορές τις επενδύσεις μη βιώσιμες.

- Παρά το γεγονός ότι οι ΑΠΕ είναι θεωρητικά ανεξάντλητες, ο «παροδικός» χαρακτήρας τους, που αναφέρθηκε και πιο πάνω, πολλές φορές δε δίνει τη δυνατότητα μέγιστης αξιοποίησης τους.

- Η εξάρτηση τους από τοπικούς παράγοντες, καθώς επίσης και οι προδιαγραφές που καθορίζονται από τη νομοθεσία και πρέπει να τηρούνται, έχουν ως αποτέλεσμα σε μερικές περιπτώσεις να μη συμπίπτει το σημείο που πρέπει να τοποθετηθεί η μονάδα παραγωγής ενέργειας με το χώρο που θα εγκατασταθεί η μονάδα αφαλάτωσης για να λύσει το πρόβλημα της λειψυδρίας.

- Οι δυσπρόσιτες και απομονωμένες περιοχές, που έχουν και περισσότερο ανάγκη από τέτοιες επενδύσεις, συνήθως δεν έχουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό, την τεχνογνωσία και της υποδομές. Οπότε, δεν είναι αξιόπιστη και η απαιτούμενη παροχή τεχνικής υποστήριξης.

- Η υπάρχουσα και ισχύουσα νομοθεσία δημιουργεί περιορισμούς στον ενδεχόμενο επενδυτή μιας τέτοιας εγκατάστασης. Σύμφωνα με το Ν.3851/2010,

δίνεται προτεραιότητα στην αδειοδότηση μονάδων ΑΠΕ με αφαλάτωση, εφ' όσον η ισχύς του σταθμού ΑΠΕ δεν υπερβαίνει κατά 25% την ισχύ της αφαλάτωσης και υπό την προϋπόθεση ότι έχουν συναφθεί συμβάσεις πώλησης του νερού. Ακόμη, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη μονάδα ΑΠΕ συμψηφίζεται, σε ωριαία βάση, με την καταναλισκόμενη από την μονάδα αφαλάτωσης. Και επιπλέον, το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διατίθεται στο διαδίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος σύμφωνα με τα ισχύοντα για τους ηλεκτροπαραγωγούς.

Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά είναι δυνατό να ξεπεραστούν με το σωστό σχεδιασμό και μελέτη της εγκατάστασης και την οικονομοτεχνική ανάλυση μιας τέτοιας επένδυσης.

4.5. Μορφές ΑΠΕ που μπορούν να συνυπάρξουν με μονάδες αφαλάτωσης.

Πολλές από τις διαθέσιμες μορφές ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως προς την αξιοπιστία τους και τη βιωσιμότητα τους. Μόνο όμως μερικές από αυτές μπορούν να συνυπάρξουν και να αξιοποιηθούν από μια μονάδα αφαλάτωσης.

4.5.1. Ηλιακή θερμική ενέργεια

Η ηλιακή θερμική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί από μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με διάφορους τρόπους.

Υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής ενός συστήματος απόσταξης που αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη και έναν αποστάκτη. Αυτή είναι η λεγόμενη έμμεση ηλιακή αφαλάτωση. Στην περίπτωση που το σύστημα είναι ολοκληρωμένο και περιλαμβάνει και τα δύο, είναι η άμεση ηλιακή αφαλάτωση. Και τα δύο συστήματα είναι εμπορικά διαθέσιμα και η ηλιακή θερμική ενέργεια μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε ηλεκτρική ή μηχανική ώστε να εφαρμοστεί κατάλληλα.

4.5.2. Ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά

Μία διάταξη από φωτοβολταϊκά πάνελ μπορεί να συλλέξει ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας μονάδας αφαλάτωσης. Οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι κατασκευασμένες από ημιαγώγιμο υλικό, όπως για παράδειγμα σιλικόνη.

Οι εμπορικά διαθέσιμες εφαρμογές αποδίδουν σε ποσοστό 10-15% (μονοκρυσταλλικές ή πολυκρυσταλλικές κυψέλες), αλλά μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη απόδοση με τη χρήση ανακλαστικών κατόπτρων ή άλλων συσκευών που εντοπίζουν την κατάλληλη θέση του ήλιου και στρέφουν προς τα εκεί τις κυψέλες. Αν και αναμένεται τα επόμενα χρόνια οι νέες τεχνολογίες να στραφούν προς την αύξηση της απόδοσης τους, τη μείωση του κόστους κατασκευής και την βελτίωση των ημιαγωγών υλικών, τα φωτοβολταϊκά είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα σε σύγχρονες εφαρμογές.

Ειδικότερα για εφαρμογές αφαλάτωσης που λειτουργούν με ΑΠΕ, ανάλογα με τη χωρητικότητα, τη συγκέντρωση άλατος του νερού τροφοδοσίας και την απόσταση της από το ηλεκτρικό δίκτυο, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι βιώσιμη και πιο αποδοτική από συμβατικές πηγές ενέργειας. Συνήθως αυτό συμβαίνει με μονάδες αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση, αλλά και με ηλεκτροδιάλυση όταν πρόκειται για υφάλμυρο νερό. Το πρόβλημα που ανακύπτει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι σε μονάδες μεγάλης δυναμικότητας, απαιτούνται αρκετά φωτοβολταϊκά πάνελ και επομένως μεγάλη έκταση γης, που αυξάνει το κόστος επένδυσης.

4.5.3. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει λύση για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ειδικά σε περιοχές που το αιολικό δυναμικό είναι υψηλό, δηλαδή η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι πάνω από 5m/s. Στην περίπτωση αυτή αξιοποιείται η κινητική ενέργεια του ανέμου και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια ικανή να καλύψει τις ανάγκες του δικτύου αλλά και της αφαλάτωσης.

Οι ανεμογεννήτριες είναι το μέσο για την παραγωγή ενέργειας και εμπορικά είναι αρκετά διαδεδομένες σε διάφορους τύπους ανάλογα με την ονομαστική ισχύ τους. Οι παράκτιες περιοχές είναι ιδανικές για μια τέτοια εγκατάσταση, καθώς το αιολικό δυναμικό είναι επαρκές.

Ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με συστήματα αφαλάτωσης είναι τεχνικά εφικτός και οικονομικά ελκυστικός. Δίνεται επιπλέον η δυνατότητα να αποθηκεύεται η ενέργεια και τα συστήματα να διαχειρίζονται ηλεκτρονικά τη μεγάλη μεταβλητότητα της αιολική ενέργειας, ώστε να λειτουργεί η μονάδα ακόμη και σε περιόδους που δεν υπάρχει άνεμος. Ο καλύτερος συνδυασμός είναι με μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης, που δεν έχουν μεγάλες ενεργειακές

απαιτήσεις, όπως επίσης και με ηλεκτροδιάλυση όταν έχουμε υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας.

Και σε αυτή την περίπτωση, ανακύπτει το πρόβλημα της μεταβλητότητας στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς σε εφαρμογές μεθόδων που χρησιμοποιούν μεμβράνες, μπορεί να δημιουργηθούν δυσλειτουργίες. Οι μεμβράνες, όπως συμβαίνει στην αντίστροφη όσμωση, θα πρέπει να λειτουργούν με σταθερή εισερχόμενη ενέργεια για να διασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία τους.

4.5.4. Βιομάζα

Η χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι εφικτή τεχνολογικά αλλά η εμπορική της αξιοποίηση κρύβει ερωτηματικά. Για το συνδυασμό με μονάδα αφαλάτωσης τα δεδομένα δεν είναι πολύ ενθαρρυντικά, καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω βιομάζας απαιτεί έτσι κι αλλιώς νερό. Επίσης η απόσταση από την μονάδα διασύνδεσης δεν πρέπει να είναι μεγάλη. Συνεπώς, η οικονομική αξιοποίηση της βιομάζας ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας αφαλάτωσης, δεν ενδείκνυται.

4.5.5. Γεωθερμία

Οι πηγές γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη μετρούμενη θερμοκρασία τους ως χαμηλής θερμοκρασίας (<100ο C), μεσαίας (100-150 ο C) και υψηλής(>150 ο C). Στα εδάφη της Ελλάδας υπάρχει πλήθος πηγών όπου το θερμικό δυναμικό ποικίλλει από 15 έως 75 ° C ανά χιλιόμετρο βάθους, αλλά η ροή θερμότητας είναι ανώμαλη σε διάφορες ηπειρωτικές περιοχές.

Οι πηγές γεωθερμίας υψηλής πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Αυτή η δυνατότητα, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική, επιτρέπουν τη χρήση διάφορων μεθόδων αφαλάτωσης οι οποίες ταιριάζουν στη μορφή ενέργειας. Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αφαλάτωση με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα αφού χαμηλής θερμότητας πηγές γεωθερμίας στα ανώτερα 100 μέτρα μπορούν να αποτελέσουν φθηνή λύση.

Η γεωθερμία μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα αφαλάτωσης με τους εξής τρόπους:

- Στην περίπτωση που η γεωθερμική πηγή περιέχει ατμό υπό πίεση σε μεγαλύτερη αναλογία, παράγεται απ' ευθείας αφαλατωμένο συμπύκνωμα, μόλις ο ατμός συμπυκνωθεί.
- Αν η γεωθερμική πηγή παράγει μίγμα νερού και ατμού, πρώτα εκτονώνεται κατάλληλα για την παραγωγή ατμού και στη συνέχεια ο υδρατμός διοχετεύεται σε ατμοστρόβιλο και η θερμή άλμη στα εξατμιστήρια της αφαλάτωσης.
- Και όταν η γεωθερμική πηγή παράγει μίγμα στο οποίο το υγρό βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τον ατμό και στη συνέχεια το μίγμα διοχετεύεται σε εξατμιστήρια πολλαπλών εκτονώσεων.

4.5.6. Ωκεάνια - κυματική ενέργεια

Η θάλασσα κρύβει πολύ μεγάλα ποσά ενέργεια που αν αξιοποιηθούν σωστά μπορούν να δώσουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, με τους εξής τρόπους:

- Μεγάλη ποσότητα ενέργειας προέρχεται από το θερμικό δυναμικό της θάλασσας, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα.
- Η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας που προέρχεται από τα κύματα έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Πρόσφατα, δοκιμάστηκε στην Αυστραλία η τεχνολογία CETO με αισιόδοξα αποτελέσματα. Το σύστημα CETO διαφέρει από τα υπόλοιπα συστήματα κυματικής ενέργειας διότι λειτουργεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και αγκυροβολείται στον πυθμένα, ενώ σημαντήρες είναι προσδεμένοι με αντλίες βυθού. Οι σημαντήρες κινούνται με την μετατόπιση των κυμάτων και τροφοδοτούν τις αντλίες. Οι αντλίες συμπυκνώνουν νερό, το οποίο διοχετεύεται στη στεριά μέσω ενός υποθαλάσσιου αγωγού. Εκεί, το νερό υπό υψηλή πίεση χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία υδροηλεκτρικών γεννητριών παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια μηδενικών ρύπων. Το ίδιο νερό χρησιμοποιείται σε μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης αντικαθιστώντας τις ρυπογόνες αντλίες υψηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται σε αντίστοιχες μονάδες.

Το σύστημα CETO παρουσιάζεται ως **περιβαλλοντικά φιλικό**, με ελάχιστο αντίκτυπο στο θαλάσσιο τοπίο καθότι βυθισμένο, ενώ επίσης προστατεύεται από καταιγίδες και μεγάλα κύματα. Σε μια μοναδική συστοιχία μπορούν να συνδεθούν πολλές μονάδες καθιστώντας το προσαρμόσιμο σε μεγαλύτερες ανάγκες.

Στην Ελλάδα, τέτοιου τύπου τεχνολογίες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν βιώσιμα αλλά οι έρευνες βρίσκονται ακόμη σε αρκετά πρώιμο στάδιο (Econews.gr, 2013).

4.5.7. Υβριδικό σύστημα

Μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική είναι η ανάπτυξη ενός υβριδικού συστήματος. Το σύστημα αυτό συνδυάζει δύο ή περισσότερες διαφορετικές πηγές ενέργειας.

Τα θετικά στοιχεία αυτού του συστήματος είναι ότι σε περίπτωση αδυναμίας παροχής ενέργειας από την πρώτη πηγή, χρησιμοποιείται η δεύτερη, που έχει εφεδρικό ρόλο. Συνεπώς, η εγκατάσταση δεν τίθεται εκτός λειτουργίας, καθώς έχοντας περισσότερες πηγές ενέργειας, δίνεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης των πλεονεκτημάτων της κάθε πηγής και περιορισμού των προβλημάτων των αρνητικών σημείων τους που αναφέρθηκαν παραπάνω για καθεμία από αυτές.

Παρ' όλο που η συγκεκριμένη πρόταση μπορεί να αυξήσει το κόστος εγκατάστασης, η επιλογή αυτή βρίσκει εφαρμογή στις μονάδες αφαλάτωσης και μάλιστα με αρκετές εναλλακτικές. Συνήθως συνδυάζεται η αιολική ενέργεια και το συμβατικό δίκτυο, τη χρήση ντιζελογεννήτριας ή τα φωτοβολταϊκά. Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η χρήση αιολικής και ηλιακής ενέργειας, δύο δηλαδή ώριμων τεχνολογικά ΑΠΕ, ακούγεται ιδιαίτερα δελεαστική.

Σε κάθε υβριδικό σύστημα είναι σημαντικό να υπολογίζεται με ακρίβεια το ποσοστό συμμετοχής κάθε πηγής στην παραγωγή ενέργειας. Από ήδη υπάρχουσες εφαρμογές, είναι φανερό ότι τα υβριδικά συστήματα αποτελούν συμφέρουσες επιλογές για εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. Αφαλάτωση - Πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η ανάκτηση πόσιμου νερού από θαλασσινές πηγές, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες με την τεχνολογία της αφαλάτωσης αποτελεί μια αξιόπιστη και αποτελεσματική λύση σε περιοχές με ξηρό κλίμα και πρόσβαση σε θαλασσινό νερό. Από τη άλλη μεριά όμως, είναι πολλές οι πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να προκληθούν στο περιβάλλον και σχετίζονται με τις μονάδες αφαλάτωσης, όπως άλλωστε συμβαίνει και με κάθε αναπτυξιακό έργο.

Η όλη διαδικασία της αφαλάτωσης θα πρέπει να είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στα παρακάτω θέματα που προκύπτουν σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω της λειτουργίας της μονάδας:

- Βελτίωση στις διαδικασίες αφαλάτωσης και μείωση των λυμάτων που διατίθενται.
- Εκτίμηση της σύνθεσης των αποβλήτων της μονάδας
- Εκτίμηση κινδύνων που προκύπτουν από τη λειτουργία της μονάδας στο περιβάλλον.

Θα πρέπει να μελετηθούν και να ληφθούν υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων αφαλάτωσης με στόχο την ενημέρωση και την προστασία από αυτές. Τα περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τις μονάδες αφαλάτωσης αφορούν στην χωροθέτηση της μονάδας, την προσρόφηση του νερού τροφοδοσίας και στην απόρριψη της άλμης (Khawajia A. , Kutubkhanaha I., Wieb J., 2008).

Συνεπώς, ορισμένες αιτίες των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν από την εγκατάσταση και λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι οι παρακάτω:

- Όταν η αντλία προσροφά μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού, εισάγει και ένα μεγάλο μέρος οργανισμών που ζουν στη θάλασσα.
- Λόγω των ενεργειακών απαιτήσεων για τη λειτουργία της μονάδας, αναμενόμενη είναι η εκπομπή αέριων.
- Η λειτουργία της μονάδας δεν είναι σε καμία περίπτωση αθόρυβη.

- Αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να φέρει και το παραπροϊόν που παράγεται από τη μονάδα, δηλαδή το συμπύκνωμα αλάτων και χημικών αποβλήτων που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο το θαλάσσιο οικοσύστημα (Lattemann S., Hörner T., 2008).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η μονάδα αφαλάτωσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτές που προέρχονται από τη χρήση ενέργειας και αυτές που προκαλούνται από την απόρριψη της άλμης. Διακρίνονται ακόμη σε αυτές που εμφανίζονται κατά την κατασκευή ή κατά τη λειτουργία (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).

Στη συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένα από αυτά προβλήματα που μπορούν να προκύψουν.

5.2. Μεγάλη συγκέντρωση αλμολοίπου

5.2.1. Επιπτώσεις από την άλμη

Το σημαντικότερο πρόβλημα, από περιβαλλοντικής άποψης, που πρέπει να αντιμετωπιστεί σχετικά με τη μονάδα αφαλάτωσης είναι η διάθεση του αλμολοίπου.

Κατά την επεξεργασία του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού δημιουργούνται απόβλητα άλμης, που θα πρέπει να διατεθούν σωστά, ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας. Έχει παρατηρηθεί ότι ιδίως σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης, η διάθεση της άλμης στη απευθείας στη θάλασσα μπορεί να προκαλέσει:

- Αύξηση της αλατότητας
- Αλλαγή και διατάραξη της ισορροπίας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων
- Αύξηση της θερμοκρασίας του υδάτινου αποδέκτη κατά 3 - 4°C (μονάδα αντίστροφης όσμωσης).
- Μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και διακύμανση της αλατότητας του νερού
- Ευτροφισμός λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων
- Αύξηση των συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων που δεσμεύονται στα ιζήματα
- Η αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό

- Χημική ρύπανση που οφείλεται στα οξέα, τα απολυμαντικά μέσα και στην πλύση των μεμβρανών αλλά και λόγω της ανακατανομής των συγκεντρώσεων σε ιχνοστοιχεία.
- Θνησιμότητα των θαλάσσιων οργανισμών, της κλωρίδας και της πανίδας
- Μείωση παραγωγικότητας των φυτών και του εδάφους, υφαλμύρωση

Όρια θρεπτικών στοιχείων		
Κριτήρια νιτρικών ιόντων για oligotroφικά οικοσυστήματα		
Κατάσταση ποιότητας	Συγκέντρωση (μmol/l)	μg/l (=10 ⁻³ mg/l)
Καλή	< 6.5	97.15 - 135
Μέτρια	6.5 - 9.0	
Φτωχή	9.0 - 16.0	
Κακή	> 16.0	
Κριτήρια φωσφορικών ιόντων για oligotroφικά οικοσυστήματα		
Κατάσταση ποιότητας	Συγκέντρωση (μmol/l)	μg/l (=10 ⁻³ mg/l)
Καλό	< 0.5	
Αποδεκτό	0.5 - 0.7	15 - 21
Φτωχή	0.7 - 1.1	
Κακή	> 1.1	

Εικόνα 5.2.1. Χαρακτηριστικά άλμης

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

Σε συνέχεια των παραπάνω τα χημικά χαρακτηριστικά της άλμης που ελέγχονται, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράμετροι		
Κατιόντα (mg/l)	Ανιόντα (mg/l)	Βαρέα μέταλλα (mg/l)
Μαγνήσιο	Χλωριούχα (Cl ⁻)	Χαλκός
Νάτριο	Θειικά (SO ₄ ⁻²)	Σίδηρος
Κάλιο	Ανθρακικά (HCO ⁻³)	Ψευδάργυρος
Ασβέστιο	Φωσφορικά (PO ₄ ⁻³)	Μαγγάνιο
		Κάδμιο

		Μόλυβδος
	Χημικά στοιχεία	
	Βόριο	
	Στρόντιο	
Θερμοκρασία	Αλατότητα (mg/l)	Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) (mg/l)
pH	Ολικό οργανικό φορτίο (mg/l)	Αγωγιμότητα (mS / cm)

Πίνακας 5.2.1. Χαρακτηριστικά άλμης

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την απόρριψη της άλμης σε έναν υδάτινο φορέα είναι οι επόμενοι:

- Το βάθος και τα τοπογραφικά στοιχεία του σημείου απόρριψης
- Ο ρυθμός και η πίεση εκροής, ο βαθμός αραίωσης - ανάμειξης, η ταχύτητα ανάμειξης μέσω των διαχυτήρων στην έξοδο των αγωγών απόρριψης
- Η διαδρομή και ο σχεδιασμός αγωγού απόρριψης λαμβάνοντας και συγκεκριμένα οι διαστάσεις αυτού όπως το μήκος και η γωνία μέχρι το σημείο απόρριψης
- Τα μετεωρολογικά στοιχεία (κατεύθυνση - ταχύτητα ανέμου)
- Τα βαθυμετρικά χαρακτηριστικά του σημείου απόρριψης
- Οι κύριες διευθύνσεις και η δύναμη κυμάτων
- Τα θαλάσσια ρεύματα και ο βαθμός ευαισθησίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).

5.2.2. Μέθοδοι απόρριψης της άλμης

Στις μονάδες αντίστροφης όσμωσης, η συγκέντρωση της άλμης που αποβάλλεται είναι περίπου 1,3 - 1,7 φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του θαλασσινού νερού. (Sadhwania J., Vezaa J., Santanab C., 2005). Για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος και τον περιορισμό των αρνητικών συνεπειών του αλμολοιπού, θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος απόρριψης της και να είναι σύμφωνη με την ισχύουσα νομοθεσία. Συνεπώς, θα πρέπει να μελετηθούν διεξοδικά οι εναλλακτικές.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μεθόδου είναι:

- Η ποσότητα ή ο όγκος του συμπυκνώματος
- ο βαθμός προεπεξεργασίας πριν την τελική διάθεση
- η κοινωνική αποδοχή
- τα φυσικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη
- η χημική σύσταση του συμπυκνώματος
- η βιωσιμότητα της μεθόδου σε σχέση με το λειτουργικό
- επενδυτικό κόστος
- περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Πιτσαρή Στ., 2011).

Παράμετρος	Οριακές τιμές εκπομπών (ES)	Επιτρεπτά όρια απόρριψης (AS)
Χαλκός	500 µg/l (Worldbank)	4.8 µg/l (USEPA)
Χλώριο	200 µg/l (Worldbank)	7.5 µg/l (USEPA)
Θερμοκρασία	10 °C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος	3 °C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος
Αλατότητα	Δεν έχουν καθοριστεί (RO: αύξηση πάνω από 35000 ppm)	5 – 10% της υπάρχουσας τιμής (Ισπανία)

Εικόνα 5.2.2. Επιτρεπτά όρια απορρίψεων άλμης στη ζώνη ανάμιξης

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

Οι βασικές μέθοδοι της απόρριψης της άλμης καθορίζονται από την τοποθεσία που βρίσκεται εγκατεστημένη η μονάδα αφαλάτωσης (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011):

Μέθοδοι που εφαρμόζονται στην ενδοχώρα

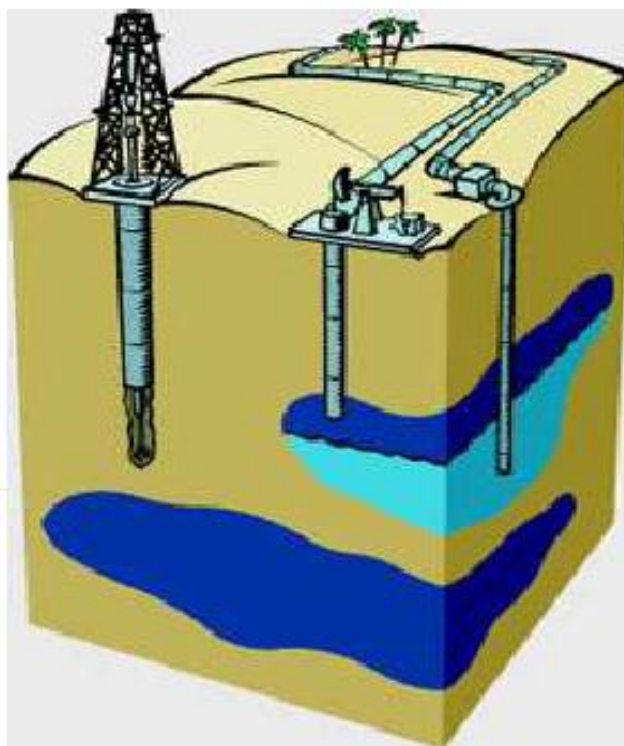
- Έγχυση σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη βιομηχανία και θεωρείται αποτελεσματική και βιώσιμη για μονάδες αφαλάτωσης. Σύμφωνα με αυτή το παραπροϊόν αποθηκεύεται σε υπόγειους στεγανούς και πορώδεις γεωλογικούς σχηματισμούς βάθους μικρότερου από 2.500m μέσω διάνοιξης πηγαδιού και γεωτρήσεων.

Για να επιλεχθεί αυτή η μέθοδος θα πρέπει να εξεταστεί η διαθεσιμότητα του αποθηκευτικού χώρου, η συμβατότητα του συμπυκνώματος με τη συγκεκριμένη μέθοδο και η αποδοχή από την τοπική κοινωνία.

Από οικονομικής σκοπιάς η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πιο αποδοτική από τις μεθόδους αυτής της κατηγορίας. Ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να μειονεκτήματα της:

- Κόστος συντήρησης άλμης
- Πιθανότητα διάβρωσης
- Επακόλουθη διαρροή άλμης στο περίβλημα του πηγαδιού
- Φθορά του πηγαδιού λόγω σεισμικών δονήσεων που μπορεί να οδηγήσει στη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).



Εικόνα 5.2.3. Απόρριψη σε γεώτρηση μέσω πηγαδιού

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

- Έγχυση υδροφόρα στεγανά στρώματα με πετρώματα που δεν περιέχουν πόσιμο νερό.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται διάχυση της απορριπτόμενης άλμης μέσω φρεατίων σε υπόγειους και μεγάλου βάθους υδροφόρους ορίζοντες που δεν περιέχουν πόσιμο νερό. Εφαρμόζεται σε περιοχές που υπάρχουν διαθέσιμα υδροφόρα στρώματα, μολονότι η δυνατότητα ελέγχου για πιθανές διαρροές θεωρείται δυσμενής με αποτέλεσμα τη μεγάλη αβεβαιότητα των συνεπακόλουθων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος και εφαρμόζεται σε περιοχές με κατάλληλες υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).

- **Απόρριψη σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων**

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες κοντά σε περιοχές που υπάρχει ήδη σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Παρατηρείται ότι με τη μέθοδο αυτή μπορεί να οδηγήσει σε καθίζηση ανθρακικού ασβεστίου στα φίλτρα επεξεργασίας καθώς επίσης ότι δύναται να ευνοήσει την ανάπτυξη βακτηρίων και υπερφόρτωση της δυναμικότητας του συστήματος.

- **Απόρριψη σε σύστημα αποχέτευσης**

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για μικρές μονάδες αφαλάτωσης και είναι η πιο απλή και οικονομική. Ουσιαστικά, η άλμη αραιώνεται κι μετά απορρίπτεται.

- **Εδαφική διάθεση**

Η μέθοδος αυτή είναι ακατάλληλη για τα ελληνικά δεδομένα, εφαρμόζεται όμως επιτυχημένα στη Σαουδική Αραβία , καθώς απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις αχανείς και έρημες. Η άλμη απορρίπτεται σε φυσικό χώρο και έτσι υπάρχει περίπτωση να επηρεαστεί η χλωρίδα και η ποιότητα του υπεδάφους.

- **Απόθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής**

Η εν λόγω μέθοδος εφαρμόζεται από την πλειοψηφία εναλλακτικών μεθόδων μείωσης της άλμης καθώς αποτελεί χωροταξικά το τελευταίο σημείο απόρριψης της άλμης σε υγρή ή στερεή μορφή. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι το κόστος μεταφοράς, αδειοδότησης και εναπόθεσης (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).

Μέθοδοι που εφαρμόζονται σε παράκτιες περιοχές

- **Απόρριψη με αγωγούς σε ακτή - όχθη**

Η μέθοδος αυτή δε θεωρείται σε καμία περίπτωση περιβαλλοντικά αποδεκτή και βιώσιμη. Στην περίπτωση που υπάρχει αρκετή απόσταση μεταξύ της παροχής και του σημείου εκροής του ύδατος και επομένως μπορεί να εξαλειφτεί ή να ελαχιστοποιηθεί το ρίσκο υποβάθμισης της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας. Είναι πολύ σημαντικό, αν η άλμη εναποτεθεί στην όχθη, τότε πρέπει να δοθεί έμφαση στην επιλογή της ακτής που θα πρέπει να μην αποτελεί περιβαλλοντικά ευαίσθητη στην επιλογή της ακτής που θα πρέπει να μην αποτελεί περιβαλλοντικά ευαίσθητη περιοχή καθώς θα προκαλούσε σημαντική αύξηση της αλατότητας.

- **Απόρριψη στην εκροή ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων**

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε θερμικές μονάδες αφαλάτωσης και πλεονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων. Ο λόγος είναι ο μεγάλος βαθμός αραίωσης που επιτυγχάνεται μειώνοντας την πυκνότητα της άλμης ελαχιστοποιώντας την καθίζηση της στο βυθό.

- **Υγροβιότοποι**

Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση της ποιότητας του νερού που επιτυγχάνεται μέσω φυσικών, χημικών και ταυτόσημων διεργασιών. Θεωρείται σήμερα μια αποδεκτή μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων προερχόμενων των αστικών, βιομηχανικών και γεωργικών πηγών (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, , 2011).

5.2.3. Μέθοδοι επεξεργασίας της άλμης

- **Ηλιακός ξηραντήρας**

Σε συστήματα μικρής δυναμικότητας η βέλτιστη λύση είναι οι ηλιακές λίμνες, εφόσον απαιτείται χαμηλή ζήτηση νερού και μικρή αξία της σχετικής γης. Η συγκεκριμένη μέθοδος επεξεργασίας εφαρμόζεται με επιτυχία στην Ισπανία, στο Aquasol Project.



Εικόνα 5.2.4. Ηλιακός ξηραντήρας με καμινάδα (AQUASOL)

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

Είναι μια απόπειρα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας με σκοπό τη λειτουργία του συστήματος αφαλάτωσης. Το έργο περιλαμβάνει έναν ξηραντήρα επιτυγχάνοντας υψηλή συγκέντρωση της άλμης και ολική ανάκτηση άλατος από σύστημα πολυβάθμιας εξάτμισης.



Εικόνα 5.2.5. Ηλιακή λίμνη (El Paso, Texas)

Πηγή: Πιτσαρή Στ., 2011

- Χρήση δονούμενων μεμβρανών VSEP

Η συγκεκριμένη μέθοδος ελαχιστοποίησης της άλμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη βαθμίδα εξάτμισης μειώνοντας την πιθανότητα απόφραξης της μεμβράνης και τη συγκέντρωση της άλμης στην επιφάνεια των μεμβρανών. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται στην Καλιφόρνια. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται και η ποσότητα του συμπυκνώματος της άλμης που προορίζεται για εναπόθεση. Για την ολική εναπόθεση της άλμης απαιτείται υγειονομική ταφή και κρυστάλλωση της παραγόμενης άλμης. Γενικά, χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας επιφανειακών υδάτων και υγρών αποβλήτων μεμβρανών.



Εικόνα 5.2.6. VSEP

Πηγή: <http://www.vsep.com/>

- **Αντίστροφη όσμωση υψηλής αποδοτικότητας HERO**

Η συγκεκριμένη μέθοδος συνιστά ένα από τα ποικίλα στάδια επεξεργασίας σε συνδυασμό με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης εφαρμοζόμενης σε συνθήκες υψηλού pH . Η διαδικασία αποτελείται από τρία στάδια και μείωση της σκληρότητας, απομάκρυνση διαλυμένων στερεών και διοξειδίου του άνθρακα. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πρωτοποριακή και έχει εφαρμοστεί σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και βιομηχανίες μεταλλείων και ορυκτών. Το βασικό πλεονέκτημα έναντι συμβατικών συστημάτων αντίστροφης όσμωσης έγκειται στη μείωση πιθανότητας απόφραξης των μεμβρανών, σε ανάκτηση του επιθυμητού προϊόντος κατά 95% και εξάλειψη βιολογικής και οργανικής επίστρωσης λόγω υψηλής τιμής του pH .

- **SAL-PROC - Residual Recovery - Συνδυασμός εξάτμισης πολλών βαθμίδων - χημικές επεξεργασίας**

Χαρακτηρίζεται ως καινοτόμα μέθοδος επεξεργασίας και εφαρμόζεται σε βιομηχανίες των ΗΠΑ. Κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας τα διαλυμένα συστατικά της τροφοδοσίας υψηλής αλατότητας μπορούν εν συνεχεία να εξαχθούν με τη μορφή πολύτιμων χημικών παραπροϊόντων σε κρυσταλλική, υγρή και πυλώδη μορφή. Είναι οικονομική, εάν η ενέργεια σε αυτή προσδίδεται μέσω ΑΠΕ.

- **Χημική αποσκλήρυνση / δεύτερη βαθμίδα αφαλάτωσης υψηλής πίεσης (νερό τροφοδοσίας)**

Είναι ένας συνδυασμός χημικών και φυσικών διεργασιών με στόχο την υψηλότερη ανάκτηση άλμης που παράγεται από πρωταρχικές μονάδες αντίστροφης

όσμωσης. Το παραγόμενο συμπύκνωμα άλμης επεξεργάζεται με συμβατικά, χημικά μέσα αποσκλήρυνσης πχ καυστική σόδα, νάτριο, κτλ με στόχο την καθίζηση των μεταλλικών ουσιών. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η διατίθεται μεγάλος όγκος στερεών που προέρχεται από τη χημική αποσκλήρυνση και απαιτείται αρκετή ποσότητα χημικών.

5.2.4. Τεχνικές ελαχιστοποίησης του παραγόμενου όγκου άλμης

Με τις τεχνικές αυτές επιτυγχάνεται η μείωση του παραγόμενου συμπυκνώματος άλμης με τη σχετική ανάκτηση μέσω μεμβρανών και την υιοθέτηση τεχνικών που καταστέλλουν την συγκέντρωση άλμης σε προηγούμενα στάδια της απόρριψης.

- **Συμπυκνωτής άλμης**

Οι συμπυκνωτές άλμης λειτουργούν συνήθως σε συνδυασμό με λίμνη εξάτμισης και με βάση την αρχή λειτουργίας των μηχανικών εξατμιστήρων μιας βαθμίδας που χρησιμοποιούν ατμό για τη θέρμανση των διαλυμάτων άλμης. Η εξάτμιση αυτή ενισχύεται μέσω ενός ηλεκτροδοτούμενου συμπυκνωτήρα ατμού. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τον συμπυκνωμένο ατμό μεταφέρεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας σε διάλυμα άλμης και στη συνέχεια εξατμίζεται.

- **Κρυσταλλωτήρας εξάτμισης, συνδυαστική λειτουργία με συμπυκνωτή σύστημα ZLD**

Ο κρυσταλλωτήρας μετατρέπει το απόρριμμα του νερού σε καθαρό νερό το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στη μονάδα λειτουργίας και τα διαλυμένα στερεά σε κατάλληλη μορφή σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ο κρυσταλλωτήρας συνήθως απαντάται σε παράλληλη λειτουργία με τον συμπυκνωτήρα με στόχο τη μείωση πιθανότητας απόφραξης αυτών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν το κόστος των ηλιακών λιμνών εξάτμισης είναι απαγορευτικό.

- **Αρχή Μηδενικής Απόρριψης**

Βασίζεται στην προσπάθεια παραγωγής ενός στερεού τελικού προϊόντος χωρίς να μεσολαβεί η οποιαδήποτε απόρριψη υγρού απορρίμματος στο περιβάλλον. Έτσι είναι πιθανό να ανακτηθεί μεγάλη ποσότητα άλμης μειώνοντας τον τελικό της

όγκο και αυξάνεται η τελική της συγκέντρωση. Η μέθοδος αυτή είναι συνδυασμός ποικίλλων τεχνικών επεξεργασίας και απόρριψης.

5.2.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων διάθεσης και τεχνολογιών επεξεργασίας της άλμης

Στον παρακάτω πίνακα βρίσκονται συγκεντρωμένα όλα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μεθόδων που αναφέρθηκαν παραπάνω, ώστε να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διάθεσης του αλμολοίπου.

Μέθοδοι διάθεσης - επεξεργασίας άλμης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Επιφανειακά χωρικά ύδατα	Χαμηλό κόστος	Διατάραξη φυσικού κύκλου
	Μεγάλοι όγκοι άλμης	Εξάρτηση από τις φυσικές συνθήκες, υδρογραφικά στοιχεία της περιοχής
Συστήματα αποχέτευσης	Μείωση οργανικού φορτίου άλμης	Εμποδίζει την ανάπτυξη βακτηρίων - οργανισμών
	Αραίωση συμπυκνώματος	Δυσχεραίνει την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, αύξηση TDS, υψηλή αλατότητα
		Υπερφόρτωση - επιβάρυνση δυναμικότητας συστήματος επεξεργασίας των αποβλήτων, μείωση υδραυλικής δυναμικότητας συστήματος
Υπόγειοι σχηματισμοί μεγάλου βάθους μέσω πηγαδιών - γεωτρήσεις	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	Υψηλό κόστος
	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και μικρούς όγκους άλμης	Επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα
		Αύξηση αλατότητας σε υπόγεια ύδατα

		Αβεβαιότητα του χρόνου ζωής - επίδοσης (χρήση υπολογιστικού μοντέλου προσομοίωσης)
Εδαφική διάθεση	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	Μεγάλη έκταση γης
	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και μικρούς όγκους άλμης	Υποβάθμιση φυσικής βλάστησης
	Άρδευση σε φυτά - καλλιέργειες ανθεκτικές σε αλατότητα	Πιθανότητα αύξησης αλατότητας υπογείων υδάτων, υποκείμενου εδάφους
Αλυκές - λίμνες εξάτμισης	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και άγονες και απομακρυσμένες περιοχές	Υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης
	Εμπορική εκμετάλλευση του παραγόμενου άλατος (προϊόν με υψηλή καθαρότητα και μεγάλο όγκο)	Πιθανότητα αύξησης αλατότητας υπογείων υδάτων, υποκείμενου εδάφους
	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	
Συμπυκνωτής άλμης	Μηδενική επίδραση αποβλήτων	Υψηλό κόστος
	εμπορική εκμετάλλευση του παραγόμενου	Υψηλή κατανάλωση ενέργειας

	άλατος, παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού	
	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	
Ανάμειξη με νερό ψύξης θερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας	Αραίωση - διάλυση των ρευμάτων εξόδου πριν την απόρριψη	Εξάρτηση από την ύπαρξη θερμικού σταθμού παραγωγής ενέργειας
	Κοινή εκροή, μείωση κόστους	
	Μείωση αλατότητας (αποδέκτες - επιφανειακά ύδατα)	
Ανάμειξη με επεξεργασμένα λύματα	Αραίωση - διάλυση των ρευμάτων εξόδου	Συσσώρευση, καθίζηση σωματιδίων των λυμάτων, επίδραση βενθικών οργανισμών, παρεμπόδιση διάχυσης φωτός
	Μη επιβάρυνση της δυναμικότητας συστήματος επεξεργασίας των αποβλήτων	Προϋποθέσεις: ξηρά κλίματα, υψηλός βαθμός εξάτμισης, μεγάλη έκταση γης, επίπεδο εδάφους
	Μείωση αλατότητας	Συχνός έλεγχος

Πίνακας 5.2.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων διάθεσης και τεχνολογιών επεξεργασίας της άλμης

Πηγή: Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E. , 2011

5.3. Πρόσληψη νερού από τη θάλασσα

Οι μονάδες αφαλάτωσης μπορούν να προσλάβουν νερό από πολλές πηγές, αλλά η πιο κοινή είναι η θάλασσα. Το θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται ως νερό τροφοδοσίας και στο έργο που έχει περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Η πρόσληψη θαλασσινού νερού για την εκκίνηση της λειτουργίας της μονάδας συμπίπτει με την πρόσληψη ενός μεγάλου ποσού μικροοργανισμών του

θαλάσσιου οικοσυστήματος, είτε πρόκειται για οργανική, είτε για φυτική ύλη, με αποτέλεσμα την διατάραξη της ισορροπίας του (Lattemann S., Hörner T., 2008).

Το θαλασσινό νερό είναι φυσικό περιβάλλον και περιέχει ολόκληρο οικοσύστημα από πλαγκτόν, ασπόνδυλα και ψάρια. Παρουσιάζονται, λοιπόν, υψηλά ποσοστά θνησιμότητας μικρών οργανισμών λόγω του ότι συμπαρασύρονται στην εισροή της μονάδας. Παράλληλα, παρατηρείται θνησιμότητα και σε μεγάλα θαλάσσια είδη, λόγω πρόσκρουσης στον αγωγό εισροής.

Γεγονός που επιβεβαιώνει τη μακροπρόθεσμη υποβάθμιση του οικοσυστήματος, είναι ότι για την παραγωγή 1 m³ πόσιμου νερού, απαιτείται άντληση 3 m³ θαλασσινού νερού, συνεπώς μεγάλης ποσότητας.

Ένας τρόπος να περιοριστεί το φαινόμενο αυτό, ειδικά σε μονάδες αντίστροφης όσμωσης είναι, να μειωθεί η ταχύτητα εισροής του νερού τροφοδοσίας στη μονάδα. Με τη λογική αυτή, όλο και λιγότερα μέλη της θαλάσσιας πανίδας και λοιποί ζωντανοί οργανισμοί θα παρασύρονται (Lattemann S., Hörner T., 2008).

5.4. Ενεργειακές απαιτήσεις - επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι μονάδες αφαλάτωσης απαιτούν σημαντικά ποσά ενέργειας, όποια μέθοδος και αν χρησιμοποιηθεί. Στην περίπτωση της αντίστροφης όσμωσης, απαιτούνται μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Στα στοιχεία αναφέρεται ότι η μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 604m³/d που μελετήσαμε απαιτεί 2,85 kWh/m³.

Εκφράζονται περιβαλλοντικές ανησυχίες σχετικά με αυτό, καθώς κατά τη διάρκεια της αφαλάτωσης και λόγω της ενέργειας που απαιτεί, αφενός εκπέμπονται ρύποι και αφετέρου ψύχονται τα νερά από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Επίσης, η μεταφορά των καυσίμων είναι ακόμη ένας παράγοντας επιδείνωσης. Αυτός ήταν και ο κύριος λόγος που μελετήθηκε η ενδεχόμενη σύνδεση της μονάδας αφαλάτωσης με ΑΠΕ, και το ενθαρρυντικό είναι ότι κρίθηκε σενάριο με προοπτική.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο για την κλιματική αλλαγή, οι περισσότερες από τις βιομηχανικές χώρες πρέπει να μειώσουν την εκπομπή αερίων, η οποία μπορεί να συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη, κατά 5 % κάτω από τα επίπεδα του 1990, για την περίοδο 2008 -2012. Οι περισσότερες μονάδες

αφαλάτωσης κατά τα επόμενα έτη χρειάζονται νέες υποδομές που ενδεχομένως να αυξήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και εν συνεχεία τις εκπομπές αερίων. Αυτό δε θα συμβεί αν οι συμβατικοί τρόποι εξασφάλισης ενέργειας αντικατασταθούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι σύγχρονες μονάδες αφαλάτωσης (Sadhwanian J., Vezaa J., Santanab C., 2005).

5.5. Ηχορύπανση

Η ηχορύπανση είναι επίσης επιβαρυντικός παράγοντας για το περιβάλλον. Τόσο κατά το στάδιο της κατασκευής, όσο και της λειτουργίας με τις αντλίες υψηλής πίεσης, τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας, τις τουρμπίνες κτλ είναι επόμενο να δημιουργείται θόρυβος υψηλής έντασης.

5.6. Αισθητική ρύπανση

Σημαντική είναι και η ενδεχόμενη αισθητική ρύπανση με την τοποθέτηση μονάδων αφαλάτωσης σε παραθαλάσσιες περιοχές. Επιβάλλεται η χωροθέτηση τους μακριά από αρχαιολογικούς χώρους και τουριστικά θέρετρα, αφού μια μονάδα 5.000 - 10.000 m³/d απαιτείται έκταση 10.000 m² (Sadhwanian J., Vezaa J., Santanab C., 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1. Η εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης από οικονομική σκοπιά

Ένα έργο όπως αυτό που έχει παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια μπορεί να αποτελέσει ένα επενδυτικό σχέδιο, για το οποίο απαραίτητη είναι η αξιολόγηση του ως προς την οικονομική του απόδοση. Για να διαπιστωθεί αν η επένδυση αυτή είναι βιώσιμη θα πρέπει να αξιολογηθεί, αφού πρώτα υπολογιστεί το κόστος του παραγόμενου νερού και εκτιμηθούν τα έσοδα από την πώληση του, όσο αυτό είναι δυνατό.

Η εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης είναι ένα σύνθετο έργο, καθώς επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος του παραγόμενου νερού είναι η επιλογή της μεθόδου αφαλάτωσης και το νερό τροφοδοσίας (θαλασσινό ή υφάλμυρο). Στο εν λόγω έργο, έχει επιλεγεί η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης, με θαλασσινό νερό τροφοδοσίας.

Η απόφαση για εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι δύσκολη και η λήψη της εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων. Οι επενδυτικοί σχεδιασμοί γίνονται με ορίζοντα λειτουργίας 15 - 20 ετών, επομένως για να αποδώσουν πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την εγκατάσταση, λειτουργία και διάθεση του τελικού προϊόντος. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν ορισμένοι υπολογισμοί, έχοντας κάνει φυσικά ορισμένες παραδοχές, ώστε να προκύψει ένα ασφαλές συμπέρασμα.

Αναμφισβήτητα, η τεχνολογία αφαλάτωσης μπορεί να ανταγωνισθεί οικονομικά με τις συμβατικές μεθόδους παροχής πόσιμου νερού από επιφανειακά και υπόγεια αποθέματα. Στις συμβατικές μεθόδους διάθεσης νερού χρήσης, το κόστος παραγωγής και επένδυσης συνίσταται στις εγκαταστάσεις συλλογής, καθαρισμού, απολύμανσης και τελικής διάθεσης στους καταναλωτές. Αντίθετα η μέθοδος της αφαλάτωσης απαιτεί την επένδυση σημαντικών ποσών και πόρων για τη δημιουργία της εγκατάστασης αφαλάτωσης και τη λειτουργία της.

6.2 Παράμετροι κόστους επένδυσης και λειτουργίας

Παρακάτω περιγράφονται οι παράμετροι που καθορίζουν το κόστος επένδυσης και λειτουργίας μιας μονάδας.

6.2.1. Επιλογή θέσης

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο για οποιαδήποτε επένδυση και καθορίζει άμεσα τη λήψη μιας σειράς από αποφάσεις. Για την περίπτωση της επένδυσης σε μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, η περιοχή που πρέπει να εγκατασταθεί πρέπει να είναι κοντά στην ακτή, να εξεταστεί λεπτομερώς η γεωλογία της, οι ποσοτικές ανάγκες σε νερό συγκεκριμένης ποιότητας και η διαθεσιμότητα ζωτικών πόρων για τη λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης σε συνάρτηση με την τεχνολογία που ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί. Για να διατεθεί το παραγόμενο προϊόν, δηλαδή το πόσιμο νερό, θα πρέπει ασφαλώς να υπάρχει και δίκτυο υδροδότησης. Παράλληλα θα πρέπει να επαληθευτεί η ύπαρξη δικτύου ηλεκτροδότησης για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων, ανεξάρτητα από το αν θα χρησιμοποιηθούν ΑΠΕ ή όχι. Γίνεται λοιπόν σαφές ότι οι ιδιαιτερότητες μιας περιοχής αποτελούν ευνοϊκό ή αποτρεπτικό παράγοντα για τη λήψη της επενδυτικής απόφασης.

6.2.2. Επιλογή μεθόδου

Η συγκεκριμένη έρευνα προσανατολίζεται στην εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση για τους λόγους που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και σχετίζονται άμεσα με τα ελληνικά δεδομένα και τις ελληνικές πρακτικές. Ωστόσο, η επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης είναι γενικά ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου.

Κάθε μέθοδος έχει διαφορετικό κόστος παραγωγής και για το μέγεθος αυτού θα πρέπει συνεκτιμηθούν ένα σύνολο παραμέτρων. Με δεδομένη τη θέση όπου θα εγκατασταθεί η μονάδα, θα χρησιμοποιηθεί διαφορετική τεχνολογία που θα είναι η μοναδική εφικτή και οικονομικά βιώσιμη λύση για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Ορισμένα από τα στοιχεία που θα μελετηθούν προκειμένου να επιλεγεί η σωστή μέθοδος αφαλάτωσης φαίνονται παρακάτω:

- Η οικονομική διάρκεια ζωής της μονάδας
- Η διαθεσιμότητα κατάλληλου εργατικού δυναμικού, ανταλλακτικών και γενικότερα η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον όπου θα εγκατασταθεί η μονάδα.

- Το κόστος και η συχνότητα συντήρησης, σε συνδυασμό με το κόστος λειτουργίας.
- Τη διάρκεια ζωής και το κατά πόσο η λειτουργία της μονάδας είναι αξιόπιστη.

6.2.3. Δυναμικότητα παραγωγής

Ο όγκος παραγωγής αποτελεί έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το κόστος επένδυσης. Υπάρχουν αρκετές δαπάνες που παραμένουν σταθερές και ανεξάρτητες της δυναμικότητας. Όμως, κατά κύριο λόγο, όσο αυξάνεται η δυναμικότητα, η ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος δαπάνη μειώνεται. Για το λόγο αυτό είναι εύλογη η εξάρτηση της ανάγκης για κάλυψη της ζήτησης για νερό με το αντίστοιχο κόστος επένδυσης. Εξάλλου, επαληθεύεται η ελαστικότητα που παρουσιάζει η μονάδα όσον αφορά στον όγκο παραγωγής, με άλλα λόγια αποδεικνύεται η αποδοτική λειτουργία σε μεγάλο εύρος δυναμικότητας και η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης της, για να καλύψει ενδεχόμενη αύξηση της ζήτησης.

6.2.4. Σχεδιαστικό κόστος

Το σχεδιαστικό κόστος περιλαμβάνει τις δαπάνες που απαιτούνται για την εκπόνηση της οικονομοτεχνικής, της περιβαλλοντικής μελέτης, της έκδοσης όλων των νόμιμων αδειών, το κομμάτι του project management ως προς τον χρονικό προγραμματισμό του έργου και την έναρξη των εργασιών για την εγκατάσταση της μονάδας. Το ύψος του σχεδιαστικού κόστους επηρεάζει την οικονομική αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη ότι τα κόστος αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις θα πρέπει να καταβληθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, για να προχωρήσουν οι εργασίες και να μην υπάρξει καθυστέρηση στην παράδοση του έργου.

6.2.5. Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού και κτηριακών εγκαταστάσεων

Το κόστος επένδυσης επηρεάζεται σε καθοριστικό βαθμό από μία ακόμα συνιστώσα που αφορά στην αγορά του κατάλληλου εξοπλισμού για την εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης και της ανέγερσης των απαραίτητων κτιριακών εγκαταστάσεων που θα υποστηρίξουν τη λειτουργία της μονάδας. Το κόστος αυτό είναι συνυφασμένο με την επιλογή της τεχνολογίας αφαλάτωσης.

6.2.6. Κόστος παροχής θαλασσινού νερού τροφοδοσίας

Από τη στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση για την επένδυση σε ένα τέτοιο έργο, θα πρέπει να αναλυθεί λεπτομερώς η ποιότητα του θαλασσινού νερού που θα τροφοδοτεί το σύστημα της αφαλάτωσης. Είναι η «πρώτη ύλη» για την παραγωγή του προϊόντος που θα πουληθεί και θα αποφέρει το κέρδος, επομένως κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό για τον υποψήφιο επενδυτή.

Η ανάλυση αυτή είναι κρίνεται απαραίτητη, ώστε να σχεδιαστεί το σύστημα προεργασίας του εισερχόμενου θαλασσινού νερού, το οποίο αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα για το κόστος παραγωγής αλλά και την αποφυγή προβλημάτων λειτουργίας στις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, τα οποία οφείλονται σε επιζήμιες ή καταστρεπτικές χημικές ενώσεις, σωματίδια και βιολογικούς παράγοντες που πιθανόν να βρίσκονται στο διάλυμα τροφοδοσίας. Υψηλή συγκέντρωση αλάτων, για παράδειγμα, απαιτεί πολύ μεγαλύτερη πίεση λειτουργίας σε μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης. Επίσης, κακής ποιότητας και επιβαρυσμένο θαλασσινό νερό απαιτεί πολύπλοκη προκατεργασία εκτοξεύοντας στα ύψη το συνολικό κόστος παραγωγής. Επομένως, πριν ληφθεί οποιαδήποτε απόφαση για την εγκατάσταση, συνίσταται η επαναλαμβανόμενη χημική ανάλυση του διατιθέμενου νερού σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

6.2.7. Κόστος διάθεσης της άλμης

Έχει αναφερθεί ότι σε όλες τις μονάδες αφαλάτωσης παράγεται συμπυκνωμένο θαλασσινό νερό, δηλαδή η άλμη. Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουν αναφερθεί οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον και στο επόμενο θα αναλυθούν και οι εναλλακτικές διάθεσης του παραπροϊόντος. Συνεπώς, μέσα στο κόστος θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος που απαιτείται για αυτή.

Σε πολλές περιπτώσεις, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη διεργασία, η παραγόμενη άλμη βρίσκεται σε υψηλές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Για τη διάθεση της συνεχόμενης ροής με περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο, η λύση που προτιμάται είναι η απόρριψη της άλμης στη θάλασσα με σχεδιαστική πρόβλεψη, ώστε η ανάμειξη να γίνεται ομαλά, χωρίς μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης τοπικά και χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής.

Το κόστος που απαιτείται για το παραπάνω κομμάτι του έργου συνεκτιμάται στο κόστος επένδυσης, όμως συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες συνιστώσες, δεν αποτελεί υψηλή επένδυση.

6.2.8. Κόστος διαθέσιμης προς κατανάλωση ενέργειας

Ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες κόστους που επηρεάζουν τις εγκατεστημένες μονάδες είναι το ποσό και η τιμή της προς διάθεση ενέργειας. Επειδή το κόστος της ενέργειας είναι αυτό που θα καθορίσει το τελικό κόστος παραγωγής και ο σχεδιασμός προσανατολίζεται στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, με ολοένα και αποδοτικότερα συστήματα ανάκτησης από την άλμη. Είναι, λοιπόν, αναμενόμενο η κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας του κόστους της, αποτελεί βασικό παράγοντα σύγκρισης μεθόδων ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος, αλλά και κρίσιμος παράγοντας για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου.

6.2.9. Έμμεσο κόστος επένδυσης

Στο συνολικό κόστος της επένδυσης που αφορά στην εγκατάσταση μιας νέας μονάδας αφαλάτωσης, συμπεριλαμβάνονται και ορισμένες δευτερεύουσες δαπάνες που κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν. Σε αυτές τις δαπάνες υπολογίζονται συνήθως τα παρακάτω:

- Τα μεταφορικά που απαιτούνται για την εγκατάσταση
- Η απόσβεση του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού
- Η απαραίτητη ασφάλιση των περιουσιακών στοιχείων
- Οι τόκοι από τα δανειζόμενα κεφάλαια
- Τα απρόβλεπτα, ως παράγοντας ασφαλείας για κάποια μελλοντική ανάγκη που δεν είναι δυνατόν εξαρχής να προβλεφτεί.

Τις περισσότερες φορές, ένα μέρος των έμμεσων δαπανών δεν είναι άμεσα μετρήσιμο και υπολογίζεται ως ποσοστό επί του συνολικού κόστους επένδυσης, αλλά δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αγνοηθεί.

6.2.10. Ετήσιο κόστος λειτουργίας

Μόλις η μονάδα εγκατασταθεί και ξεκινήσει να λειτουργεί, θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος λειτουργίας της μονάδας, το οποίο είναι σε όλες τις περιπτώσεις υπολογίσιμος παράγοντας. Με δεδομένο το χρονικό ορίζοντα μιας τέτοιας επένδυσης, προκύπτει πως το κόστος λειτουργίας και συντήρησης επιβαρύνει ετησίως το διαχειριστή της μονάδας αφαλάτωσης. Είναι δυνατόν να μειωθεί με την αυτοματοποίηση των διεργασιών που εισάγουν οι νέες τεχνολογίες, αλλά με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται το αρχικό κόστος της επένδυσης. Στο κόστος αυτό περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες (πάγιες και μη), οι οποίες πραγματοποιούνται για την ομαλή και συνεχή λειτουργία της μονάδας.

Συγκεκριμένα, οι αμοιβές για την εργασία ανθρώπινου δυναμικού που απασχολείται με την επιτήρηση και τη συντήρηση, το κόστος των ανταλλακτικών, η δαπάνη για την κατανάλωση χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται στη διεργασία, το κόστος για την ενέργεια που καταναλώνεται και το κόστος της ασφάλειας σύμφωνα με τους κανονισμούς αποτελούν τις κύριες δαπάνες, που απαρτίζουν το κόστος λειτουργίας. Όπως γίνεται κατανοητό, το ύψος και η χρονική διάρκεια του κόστους λειτουργίας, το καθιστούν ένα από τα κύρια κριτήρια σύγκρισης και επιλογής ανάμεσα στις διαθέσιμες μεθόδους αφαλάτωσης (Wittholz M., O'Neill B., Colby C., Lewis D., 2008).

6.3. Συνιστώσες κόστους

Το συνολικό κόστος του παραγόμενου νερού από τη μονάδα αφαλάτωσης είναι το άθροισμα του κόστους επένδυσης, του κόστους λειτουργίας και του κόστους συντήρησης. Οι συνιστώσες του συνολικού κόστους αναλύονται παρακάτω (Loupassis St., 2002) και υπολογίζεται το τελικό αποτέλεσμα σε €/m³:

6.3.1. Κόστος επένδυσης (CAPEX)

Το κόστος επένδυσης περιλαμβάνει τον εξοπλισμό, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις υδραυλικές εγκαταστάσεις και άλλα έργα υποδομής. Στα τελευταία συμπεριλαμβάνεται το κόστος μελέτης, κατασκευής, προμηθειών, δανειοδότησης, το κόστος για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης. Προφανώς, το μεγαλύτερο κόστος (σε ποσοστό 50-80%) που συνιστά το κόστος επένδυσης είναι αυτό που απαιτεί η κατασκευή της εγκατάστασης, και περιλαμβάνει τα κόστη προμήθειας, κατασκευής και εγκατάστασης των συστημάτων αφαλάτωσης και των συστημάτων επεξεργασίας νερού. (Δεληγιάννη Ε., Μπελεσιώτης Β., 1995).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται δαπάνες που σχετίζονται με την εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης καθώς και εγκατάστασης των ανεμογεννητριών που θα ηλεκτροδοτούν τη μονάδα αφαλάτωσης σε μελλοντικό σενάριο.

α/α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Δαπάνες Μελετών - Συμβούλων - Αδειοδοτήσεων	Μελέτη Μονάδας Αφαλάτωσης
		Αρχιτεκτονική μελέτη
		Ηλεκτρομηχανολογικές Μελέτες
		Επίβλεψη

2	Μονάδα Αφαλάτωσης	Έργα υποδομής: 1) Διαμόρφωση γηπέδου εγκατάστασης ΜΑ 2) Δρόμος προσπέλασης 3) Κατασκευή βάσεων για τον εξοπλισμό και τις υποδομές 4) Περίφραξη 5) Φωτισμός 6) Μέτρα ασφαλείας
		Υποδομές για την άντληση του θαλασσινού νερού: 1) Φρεάτιο άντλησης θαλασσινού νερού 2) Φίλτρο 3) Σωλήνες προσαγωγής - επιστροφής 4) Εργασίες στη θάλασσα 5) Σωλήνες τροφοδότησης
		Εξοπλισμός: 1) Φίλτρα προεπεξεργασίας 2) Αντλιοστάσια θαλασσινού νερού 3) Δεξαμενές 4) Containers 5) Μονάδες αφαλάτωσης RO 6) Μετεπεξεργασία και δεξαμενή πόσιμου νερού
		Μεταφορά - εγκατάσταση εξοπλισμού
		Σύνδεση
		Περονοφόρο ανυψωτικό
		Δοκιμές, θέση σε λειτουργία
		Αποκατάσταση και βελτίωση περιβάλλοντος χώρου
		Εκπαίδευση προσωπικού
		3
4	Ανεμογεννήτριες	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών: 1) Μεταφορά στο λιμάνι της Κιμώλου 2) Κόστος εγκατάστασης 3) Γερανοί ανέγερσης
		Έργα υποδομής: 1) Χωματουργικά 2) Αποσκατάσταση περιβάλλοντος
		Εκπαίδευση προσωπικού

Πίνακας 5.3.1. Περιγραφή δαπανών για το κόστος επένδυσης

6.3.2. Κόστος λειτουργίας και διαχείρισης (OPEX)

Το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης αναφέρεται στις ενεργειακές δαπάνες που απαιτεί η εγκατάσταση, στο κόστος του προσωπικού που παρακολουθεί και ελέγχει τη λειτουργία της μονάδας, καθώς επίσης και στο κόστος για τα αναλώσιμα, όπως είναι τα χημικά και οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης (Wittholz M., O'Neill B., Colby C., Lewis D., 2008).

6.3.2.a. Κόστος ενέργειας

Το κόστος αυτό είναι ανάλογο με τις ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας. Η κατανάλωση ενέργειας βασίζεται σε παράγοντες όπως είναι η συγκέντρωση θαλασσινού νερού, η θερμοκρασία λειτουργίας, ο ρυθμός μετατροπής, οι απώλειες θερμότητας κτλ. Για τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης οι ενεργειακές απαιτήσεις εξαρτώνται από την αλμυρότητα του νερού τροφοδοσίας. Για εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιείται σύστημα ανάκτησης που μπορεί να εξοικονομήσει έως 40%, όπως έχει αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις της κάθε μεθόδου αφαλάτωσης:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ			
Μέθοδος	Ενέργεια του ατμού kWh/m ³	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας kWh/m ³	Ισοδύναμη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας kWh/m ³
MSF	7,5 - 11	2,5 - 3,5	10 - 14,5
MED	4 - 7	~ 2	6 - 9
VC		7 - 15	7 - 15
SWRO		4 - 6 με ανάκτηση 7 - 13 χωρίς ανάκτηση	4 - 6 με ανάκτηση 7 - 13 χωρίς ανάκτηση
BWRO		0,5 - 2,5	0,5 - 2,5
ED		0,7 - 2,5	0,7 - 2,5

Πίνακας 5.3.2. Ενεργειακές απαιτήσεις για κάθε μέθοδο αφαλάτωσης

Πηγή: Al-Karaghoulí A., Renne D., Kazmerski L., 2009

Η κατανάλωση ενέργειας για την περίπτωση που έχει επιλεγεί και φαίνεται στον πίνακα με κόκκινο χρώμα, δηλαδή η περίπτωση της αντίστροφης όσμωσης με θαλασσινό νερό τροφοδοσίας και συσκευή ανάκτησης, κινείται σε χαμηλά προς μέτρια επίπεδα.

6.3.2.B. Κόστος εργατικού δυναμικού

Το κόστος αυτό είναι αναπόφευκτο εφόσον η μονάδα θα χρειαστεί εργατικό δυναμικό, πέρα από τη περίοδο της εγκατάστασης της, και στη συνέχεια για το

κομμάτι του ελέγχου της σωστής λειτουργίας και της συντήρησης της. Ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας και το βαθμό που είναι αυτοματοποιημένη, αποφασίζεται και ο αριθμός του προσωπικού που απαιτείται.

6.3.2.γ. Κόστος για αναλώσιμα

Για τη λειτουργία της μονάδας είναι απαραίτητο να διατίθεται ένα ποσό για αναλώσιμα, όπως είναι τα χημικά και οι μεμβράνες. Οι μεμβράνες είναι από τα πιο ακριβά στοιχεία αυτής της διάταξης.

6.3.3. Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης περιλαμβάνει το κόστος για την προετοιμασία του νερού τροφοδοσίας, τον περιοδικό καθαρισμό του συστήματος και την αντικατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων ελέγχου.

Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρονται τα στοιχεία κόστους για τις διαδεδομένες μεθόδους αφαλάτωσης:

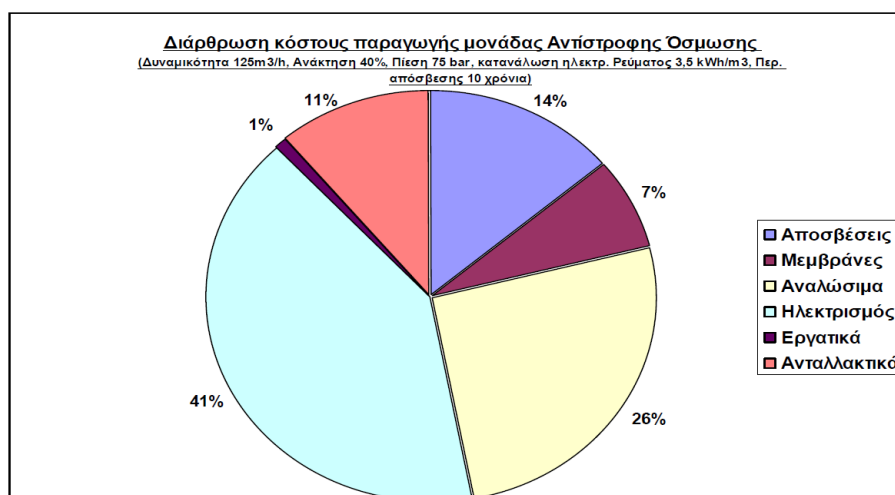
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ						
Μέθοδος αφαλάτωσης	Επένδυση €/m ³ day	Ενέργεια €/m ³ day	Αναλώσιμα €/m ³ day	Προσωπικό €/m ³ day	Συντήρηση €/m ³ day	Συνολικό Κόστος €/m ³ day
MSF	1000 - 2000	0,6 - 1,8	0,03 - 0,09	0,03 - 0,2	0,02 - 0,06	0,68 - 2,15
MED	900 - 1800	0,38 - 1,12	0,02 - 0,15	0,03 - 0,2	0,02 - 0,06	0,45 - 1,53
VC	900 - 2500	0,56 - 2,4	0,02 - 0,15	0,03 - 0,2	0,02 - 0,08	0,63 - 2,83
SWRO	800 - 1600	0,32 - 1,28	0,09 - 0,25	0,03 - 0,2	0,02 - 0,05	0,46 - 1,78
BWRO	200 - 500	0,04 - 0,4	0,05 - 0,13	0,03 - 0,2	0,004 - 0,02	0,12 - 0,75
ED	266 - 328	0,06 - 0,4	0,05 - 0,13	0,03 - 0,2	0,006 - 0,009	0,15 - 0,74

Πίνακας 5.3.3. Στοιχεία κόστους για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης

Πηγή: Al-Karaghoulis A., Renne D., Kazmerski L., 2009

Η μέθοδος που έχει επιλεγεί κινείται και πάλι σε μέτρια επίπεδα σε ότι αφορά στο συνολικό κόστος. Παρατηρείται ότι το κόστος των αναλωσίμων είναι πιο υψηλό σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, συνεπώς αυτό δείχνει και την τάση για προσπάθεια μείωσης του κόστους, λόγω του ότι οι μεμβράνες εκτοξεύουν την τιμή αυτή.

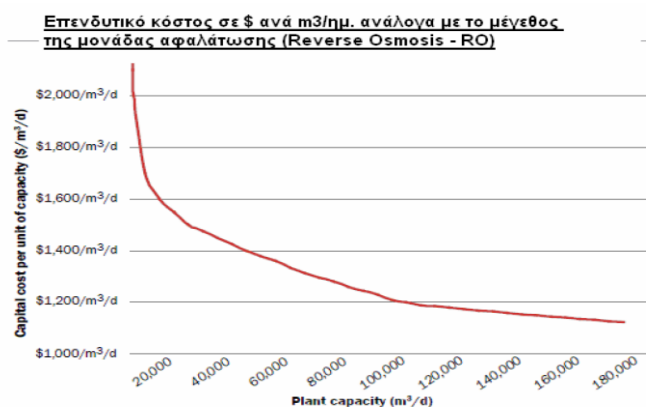
Στο επόμενο διάγραμμα, φαίνεται πως επιμερίζεται το συνολικό κόστος στη μονάδα αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης:



Εικόνα 5.1: Κατανομή κόστους παραγωγής σε μονάδες αντίστροφης όσμωσης

Πηγή: Τζανακάκη Στ., 2010

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο για το κόστος, αλλά και για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου, είναι ότι η μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση επηρεάζεται καθοριστικά από τις οικονομίες κλίμακας, ιδιαίτερα όταν οι εγκαταστάσεις έχουν παραγωγική δυναμικότητα μεγαλύτερη από 100.000 m³ /d. Το κόστος επένδυσης σε \$/ m³d παραγόμενου νερού, μειώνεται όσο αυξάνεται η δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 5.2: Επενδυτικό κόστος σε σχέση με τη δυναμικότητα της μονάδας.

Πηγή: <http://www.globalwaterintel.com/archive/10/11/analysis/seawater-reverse-osmosis-desalination-plant-costs-chart.html>

6.4. Οικονομική αξιολόγηση έργου για την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης στην Κίμωλο.

6.4.1. Υφιστάμενη κατάσταση υδροδότησης - Κόστος

Το πρόβλημα της υδροδότησης στα άνυδρα νησιά, ακόμη και σήμερα αντιμετωπίζεται με μεταφορά νερού μέσω υδροφόρων πλοίων. Αυτό συμβαίνει σε πολλά νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, εκτοξεύοντας το κόστος στα ύψη. Ενδεικτικά στους παρακάτω πίνακες βρίσκονται συγκεντρωμένα τα στοιχεία που αφορούν στη μεταφορά του νερού σε άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και το κόστος, για το έτος 2006.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΝΥΔΡΑ ΝΗΣΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΤΟ 2006			
Νησιά	Ποσότητες νερού (m ³ / έτος)	Μόνιμοι κάτοικοι (αποτελέσματα απογραφής 2001)	Μόνιμοι κάτοικοι (αποτελέσματα απογραφής 2011)
Αμοργός	25.024	1.859	2.202
Κουφονήσια	44.983	366	
Κίμωλος	39.949	769	1.378
Ηρακλεία	16.818	151	
Σχοινούσα	31.047	206	
Φολέγανδρος	60.153	667	819
Τήνος	14.571	8.574	10.069
Σίκινος	17.084	238	423
Θηρασία	12.729	268	
Μήλος	298.040	4.771	5.129

Εικόνα 5.4.1: Στοιχεία μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού στις Κυκλάδες το 2006

Πηγή: Υπουργείο Αιγαίου και Ελληνική Στατιστική Αρχή

Σε ότι αφορά τα στοιχεία του πληθυσμού, χρησιμοποιήθηκε ως βάση η απογραφή του 2001, ενώ για ορισμένα νησιά υπάρχουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα της απογραφής του 2011 από την ΕΛ.ΣΤΑΤ., ώστε να φαίνεται η αντίστοιχη αύξηση. Θα πρέπει να συνεκτιμηθεί ότι ο πληθυσμός κατά την τουριστική περίοδο αυξάνεται 2 ή 3 φορές. Η Κίμωλος που αφορά την παρούσα εργασία, είναι ένα από τα 12 νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων που κάλυψαν τις ανάγκες τους το μεγαλύτερο μέρος της χρονιάς μέσω της μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία (Λιάλος Γ., 2013).

Στον επόμενο πίνακα, φαίνονται τα συνολικά κυβικά μέτρα νερού που μεταφέρθηκαν στις Κυκλάδες, και το αντίστοιχο κόστος για το έτη 1997 - 2006.

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΚΥΚΛΑΔΕΣ		
Έτος	Ποσότητες νερού (m ³)	Κόστος (σε €)
1997	86.252	€ 311.078
1998	91.050	€ 650.755
1999	87.760	€ 672.712
2000	145.570	€ 1.158.370
2001	203.792	€ 1.625.093
2002	329.343	€ 2.561.278
2003	336.777	€ 2.772.718
2004	338.812	€ 2.787.235
2005	464.562	€ 4.006.916
2006	567.719	€ 4.677.686

Εικόνα 5.4.2: Κυβικά μέτρα νερού που μεταφέρθηκε στις Κυκλάδες και το κόστος

Πηγή: Υπουργείο Αιγαίου, 2006

Παρατηρείται μια πολύ μεγάλη αύξηση στις μεταφερόμενες ποσότητες από 500.000 m³ το 1997 σε σχεδόν 1.600.000 το 2006. Αξιοσημείωτο και αναμενόμενο είναι ότι οι ποσότητες νερού που μεταφέρονται στα άνυδρα νησιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι τουλάχιστον ίση με τη μισή ετήσια ζήτηση.

Γενικά, η λύση της μεταφοράς του νερού με υδροφόρα πλοία έχει προσωρινό χαρακτήρα, αφού αποδεικνύεται ιδιαίτερα δαπανηρή. Χρηματοδοτείται από Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής (πρώην Υπουργείο Αιγαίου). Το 2006, το κόστος για τις συνολικά μεταφερόμενες ποσότητες στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα έφτασε το συνολικό ποσό των 9,5 εκατομμυρίων €.

Η διαχρονική εξέλιξη του ανά κυβικό μεταφορικού κόστους του νερού στις Κυκλάδες απεικονίζεται στον επόμενο πίνακα:

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ	
Έτος	Κόστος (€ /m ³)
1997	3,60
1998	7,15
1999	7,67
2000	7,96
2001	7,97
2002	7,78
2003	8,23
2004	8,23
2005	8,63
2006	8,24

Εικόνα 5.4.3: Κόστος μεταφερόμενου νερού διαχρονικά

Πηγή: Υπουργείο Αιγαίου

Είναι προφανής η αύξηση του κόστους του νερού με τη χρήση υδροφόρων πλοίων καθώς από 3,60 € /m³ το 1997, έφτασε να κοστίζει πάνω από 8 € /m³ το 2006. Το κόστος είναι ακόμα και πιο υψηλό από το αντίστοιχο στα Δωδεκάνησα γιατί είναι διαφορετικά τα δρομολόγια. Οι Κυκλάδες προμηθεύονται από την Αθήνα (ΕΥΔΑΠ), ενώ τα Δωδεκάνησα από τη Ρόδο.

Τα πιο πρόσφατα στοιχεία αποδεικνύουν ότι το κόστος αυτό συνεχίζει να αυξάνεται όσο περνούν τα χρόνια, γεγονός που κάνει τη λύση αυτή ασύμφορη. Συγκεκριμένα, η εταιρεία που ανέλαβε το συγκεκριμένο έργο της μεταφοράς του νερού στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων το Μάιο του 2013, θα αμειφτεί με το ποσό των 2.500.000 €, που αντιστοιχεί σε 11,90 € /m³ (Λιάλος Γ., 2013).

6.4.2. Κόστος παραγόμενου νερού με τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης

6.4.2.1 Κόστος επένδυσης

Όπως και σε κάθε επένδυση, το αρχικό κόστος, στην προκειμένη περίπτωση το κόστος που απαιτείται για την κατασκευή της μονάδας αφαλάτωσης είναι το πιο υψηλό και αυτό που θα καθορίσει αν η επένδυση είναι ή όχι συμφέρουσα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα έξοδα που θα πρέπει να υπολογιστούν για την εγκατάσταση της μονάδας. Στην πρώτη στήλη είναι τα ποσά που πρέπει να δαπανηθούν για το «στήσιμο του εγχειρήματος» και πως αυτά

μοιράζονται ανάμεσα στον υποψήφιο επενδυτή και το δήμο, που θα αγοράσει το παραγόμενο νερό.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ				
Α/Α	Σκοπός δαπάνης	Περιγραφή δαπάνης	Εκτίμηση κόστους (€)	
			Επενδυτής	Δήμος
1	Δαπάνες Μελετών - Συμβούλων - Αδειοδοτήσεων	Μελέτη Μονάδας Αφαλάτωσης	100.000	
		Αρχιτεκτονική μελέτη		
		Ηλεκτρομηχανολογικές Μελέτες		
		Επίβλεψη		
2	Μονάδα Αφαλάτωσης	Διαμόρφωση γηπέδου και λοιπά έργα υποδομής		70.000
		Φρεάτιο άντλησης θαλάσσινου νερού, φίλτρο, σωληνώσεις	60.000	
		Εξοπλισμός	700.000	
		Μεταφορά - εγκατάσταση εξοπλισμού	170.000	
		Σύνδεση	40.000	
		Περονοφόρο ανυψωτικό	12.000	
		Δοκιμές, θέση σε λειτουργία	35.000	
		Αποκατάσταση και βελτίωση περιβάλλοντος χώρου		7.000
		Εκπαίδευση προσωπικού	8.000	
3	Αντλιοστάσια και αυτοματισμοί	Αντλιοστάσια	150.000	
		Αντλίες		
		Καταθλιπτικός αγωγός		
		Αγωγοί μεταφοράς		
		Αυτοματισμοί		
ΣΥΝΟΛΟ			1.275.000,00	77.000,00

Εικόνα 5.4.4: Εκτιμώμενες δαπάνες επενδυτή και Δήμου

Πηγή: Μουτάφης Π., 2008

6.4.2.2. Κόστος διαχείρισης, λειτουργίας και συντήρησης

6.4.2.1. Ενέργεια – Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης

Το ύψος του κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων τις μονάδας καθορίζεται από την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού. Οι πληροφορίες που δίνουν τα τεχνικά φυλλάδια των κατασκευαστών βοηθούν ώστε να υπολογιστεί κατά προσέγγιση ποια είναι η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς λειτουργίας και πως αυτή μεταφράζεται σε κόστος.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι προδιαγραφές των αντλιών και της συσκευής ανάκτησης ενέργειας:

Αντλία	Αριθμός	Εγκατεστημένη Ισχύς ανά αντλία [Kw]	Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς [kW]
Αντλία τροφοδοσίας	1	11	11
Αντλία υψηλής πίεσης	1	75	75
Αντλία ανακυκλοφορίας	1	7,5	7,5
Δοσομετρικές Αντλίες	5 (+5)	0,016	0,08
Υπόλοιπος Εξοπλισμός	1	-	7
Εφεδρική Τροφοδοσίας	1	11	11
Αντλία καθαρισμού	1	11	11
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς	-	-	122,58

Εικόνα 5.4.5: Υπολογισμός συνολικής ισχύος

Πηγή: SYCHEM S.A., 2012

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς λειτουργίας συμπεριλαμβανόμενων των αντλιών τροφοδοσίας, λειτουργίας είναι 100,58 kW .

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθεται αντίστοιχα η συνιστώσα του κόστος παραγόμενου νερού που σχετίζεται με την ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία της μονάδας:

Ενεργειακή κατανάλωση	Ισχύς από ΔΕΗ (kW)	Ισχύς σε kWh/m ³	Κόστος Παραγόμενου Νερού (€/m ³)
Αντλία τροφοδοσίας	11,3	0,44	0,04
Αντλία υψηλής πίεσης	55,2	2,16	0,17
Αντλία ανακυκλοφορίας	6,51	0,25	0,02
Λοιπές καταναλώσεις	2	0,08	0,01
ΣΥΝΟΛΟ	75,01	2,93	0,234

Εικόνα 5.4.6: Κόστος παραγόμενου νερού - Ενέργεια

Πηγή: Sychem SA, 2012

Η ενεργειακή κατανάλωση της αντλίας υψηλής πίεσης για παροχή 26,2 m³/h προκύπτει στα 62,2 bar. Με εισαγωγή της ενεργειακής κατανάλωσης της αντλίας υψηλής πίεσης και της αντλίας ανακυκλοφορίας προκύπτει η ενεργειακή κατανάλωση της αφαλάτωσης (χωρίς τις λοιπές καταναλώσεις) που είναι 2,85 kWh/m³ παραγόμενου νερού (συμπεριλαμβανομένης της αντλίας τροφοδοσίας). Όλα τα στοιχεία αυτά προκύπτουν μέσω προγραμμάτων υπολογισμού που χρησιμοποιούν οι κατασκευάστριες εταιρείες αντλιών και λαμβάνουν υπόψη και το σύστημα ανάκτησης ενέργειας που επιλέγεται.

Με βάση την ελάχιστη παροχή παραγόμενου νερού των 25,6 m³/h (21 °C, με έμφραξη 15%) προκύπτει ότι η κατανάλωση ενέργειας θα είναι 2,93 kWh/m³ παραγόμενου νερού.

Με ενδεικτική τιμή κόστους kWh τα 0,08 € προκύπτει ότι το ενεργειακό κόστος της αφαλάτωσης συνολικά από την τροφοδοσία της μονάδος αφαλάτωσης από τη δεξαμενή θαλασσινού νερού μέχρι τη δεξαμενή αποθήκευσης του φορέα για την ελάχιστη παροχή παραγόμενου νερού των 26,5 m³/h φθάνει τα 0,234 €/m³ (SYCHEM SA, 2012).

6.4.2.2. Χημικά

Μία άλλη συνιστώσα του κόστους παραγόμενου νερού κατά τη λειτουργία της μονάδας, που δε μπορεί να παραληφθεί από τους υπολογισμούς, είναι το κόστος των χημικών που απαιτούνται σε όλα τα στάδια της διαδικασίας. Επομένως είναι απαραίτητο να υπολογιστούν κατά προσέγγιση οι ποσότητες που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία της μονάδας. Αναλυτικά:

- Υπολογισμός Δοσομέτρησης αντικαθαλωτικού

Ο προσδιορισμός της σωστής ποσότητας δοσομέτρησης του αντικαθαλωτικού εξαρτάται από τις προδιαγραφές που θέτει ο κατασκευαστής και της ποιότητας του ακατέργαστου θαλασσινού νερού. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση απαιτούνται 1 ppm ή ml ανά m³ ακατέργαστου νερού ή 65 ml/h αντικαθαλωτικού υψηλής απόδοσης ή 2,45 ml ανά m³ παραγόμενου νερού ή 1,56 l/ημέρα.

Η χωρητικότητα του δοσομετρικού δοχείου των 200 l που έχει επιλεγεί είναι φανερό ότι επαρκεί για μεγαλύτερο διάστημα των δύο μηνών συνεχόμενης λειτουργίας (128 ημέρες).

- Υπολογισμός Δοσομέτρησης χλωρίου (προχλωρίωση και μεταχλωρίωση)

Για τη χλωρίωση με περιεκτικότητα 1 ppm χλωρίου και τη μεταχλωρίωση του παραγόμενου νερού σε επίπεδα των 0,2-0,4 ppm ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου, όπως της περίπτωσης της μονάδας στην Κίμωλο, ανάλογα με το στάδιο της διαδικασίας αφαλάτωσης, οι υπολογισμοί εξάγουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Προχλωρίωση

Για προχλωρίωση με περιεκτικότητα 1 ppm χλωρίου απαιτείται δοσομέτρηση 13,1 ml NaOCl (αφού η περιεκτικότητα διαλύματος είναι 14% και η πυκνότητα 1,2 gr/cm³) και συνεπώς για παροχή ακατέργαστου νερού 65 m³/h, απαιτούνται 0,85

l/h. Η αντλία επιλέγεται να υπερκαλύπτει την απαίτηση αυτή και δίνει 6 l στα 10 bar.

- Μεταχλωρίωση

Για μεταχλωρίωση με περιεκτικότητα 0,3 ppm χλωρίου απαιτείται δοσομέτρηση 3,93 ml NaOCl (αφού η περιεκτικότητα διαλύματος είναι 14% και η πυκνότητα 1,2 gr/cm³) και συνεπώς για παροχή παραγόμενου νερού 25,6 m³/h, απαιτούνται 0,10 l/h. Η προσφερόμενη αντλία υπερκαλύπτει την απαίτηση αυτή αφού δίνει 6 l στα 10 bar.

Συνολικά, λοιπόν απαιτούνται περίπου 0,95 λίτρα την ώρα και 22,8 λίτρα την ημέρα. Συνεπώς το δοσομετρικό δοχείο επαρκεί για 8 μέρες.

- Σύστημα αποχλωρίωσης

Στο σημείο αυτό, είναι απαραίτητη η η συνεχής δοσομέτρηση του θειοθειικού νατρίου. Το πρόγραμμα του αντικαθαλατωτικού, προβλέπει τη δόσολογία στα 2,4 mg/L ανά κυβικό μέτρο ακατέργαστου θαλασσινού νερού. Για λόγους ασφάλειας προτείνεται η ποσότητα αυτή να αλλάξει και να υπολογιστεί στα 3 mg/L ανά κυβικό μέτρο ακατέργαστου νερού ή 7,6 mg/l ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου νερού. Συνεπώς για διάλυμα 35% απαιτούνται 0,56 l/h οπότε αντίστοιχα έχει επιλεγεί και η κατάλληλη δοσομετρική αντλία. Βάσει των παραπάνω υπολογισμών απαιτούνται 13,44 l την ημέρα.

Και για το διάλυμα θειοθειικού νατρίου προβλέπεται ότι η χωρητικότητα του δοσομετρικού δοχείου που έχει επιλεγεί (200 l) θα επαρκεί για τουλάχιστον 14 ημέρες.

- Υπολογισμός αύξησης σκληρότητας και κατανάλωσης ανθρακικού ασβεστίου

Για να εξασφαλιστεί η μη διαβρωτικότητα του νερού, θα πρέπει να αυξηθεί η σκληρότητα του μέσω φίλτρων ανθρακικού ασβεστίου. Για να μπορέσει να διαλυθεί το ανθρακικό ασβέστιο θα πρέπει να προστίθεται θειικό οξύ.

Για το φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου απαιτούνται ημερησίως 0,06 kg/m³ x 604,2 m³/ημέρα = 36.3 kg ή 24,15 l ανθρακικού ασβεστίου.

Η χωρητικότητα του κάθε φίλτρου ανθρακικού ασβεστίου 60x74 είναι 2.400 l και η πυκνότητα του ανθρακικού ασβεστίου είναι 1.5 kg/m³. Εάν αξιοποιηθούν τα 1.700 l, τότε η πλήρωση του φίλτρου γίνεται με 2.550 kg ανθρακικού ασβεστίου. Εάν η πλήρωση του γίνεται κάθε φορά όταν έχει καταναλωθεί το 50% της συνολικής ποσότητας τότε η πλήρωση θα γίνεται όταν έχουν καταναλωθεί 1.275 kg. Βάσει της

ημερήσιας κατανάλωσης, αυτό σημαίνει ότι η πλήρωση του θα είναι περίπου ανά 34 ημέρες.

- Υπολογισμός Δοσομέτρησης θειικού οξέος μετακατεργασίας

Για τη διάλυση του θειικού οξέος η κατανάλωση οξέως θα είναι 29,4 ppm H_2SO_4 και συνεπώς για παραγωγή νερού ίση με $26,5 \text{ m}^3/\text{h}$, πυκνότητα διαλύματος 98% και πυκνότητα θειικού οξέος ίση με $1,83 \text{ gr}/\text{cm}^3$ η απαιτούμενη παροχή της αντλίας θα είναι 0,79 l/h. Η αντίστοιχη αντλία που έχει επιλεγεί υπερκαλύπτει τις τεχνικές προδιαγραφές αφού δίνει 2,5 l/h στα 11 bar.

Η ημερήσια κατανάλωση θειικού οξέως είναι 19 l/ημέρα και συνεπώς ο κάδος που θα υπάρχει στη μονάδα, χωρητικότητας 200 l επαρκεί για περίπου 10 ημέρες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται συγκεντρωτικά το κόστος όλων των χημικών που απαιτούνται για τη διαδικασία της αφαλάτωσης σε όλα τα στάδια.

Τύπος χημικού υλικού	Ποσότητα χημικού για κάθε kg/m^3 παραγόμενου νερού	Κόστος χημικών (€/kg)	Κόστος χημικών παραγόμενου νερού €/m ³
Αντικαθαλατωτικό	0,0028	7,00	0,02 €
Υγρό Χλώριο 12-14% (προχλωρίωση)	0,0349	0,25	0,01 €
Υγρό Χλώριο 12-14% (μεταχλωρίωση)	0,0041	0,25	0,00 €
Όξινο Θειώδες Νάτριο	0,0076	0,90	0,01 €
Θειικό Οξύ 98%	0,0538	0,50	0,03 €
Ανθρακικό Ασβέστιο	0,06	0,60	0,04 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ			0,10 €

Εικόνα 5.4.7: Κόστος παραγόμενου νερού - Χημικά

Πηγή: SYCHEM SA , 2012

Συνεπώς, το συνολικό κόστος των χημικών που απαιτείται για την παραγωγή 1 m^3 ενός ανέρχεται σε περίπου $0,10 \text{ €/m}^3$. Το ποσό αυτό είναι υπολογισμένο με βάση την ελάχιστη παροχή παραγόμενου νερού, γεγονός που

πρακτικά σημαίνει ότι αντιστοιχεί στο μέγιστο δυνατό κόστος χημικών που μπορεί να προκύψει.

6.4.2.3. Κόστος Απασχολούμενου Προσωπικού

Συνήθως τέτοιες μονάδες, όπως και αυτή που μελετάται, είναι πλήρως αυτοματοποιημένες, έτσι ώστε να απαιτείται η ελάχιστη δυνατή απασχόληση του προσωπικού για τη λειτουργία της μονάδας. Αυτό ελαχιστοποιεί το κόστος μόνιμου προσωπικού υπεύθυνου για λειτουργία της μονάδας με αναγωγή σε m^3 παραγόμενου νερού. Ωστόσο απαιτείται σίγουρα ένας εργαζόμενος με τις εξής αρμοδιότητες:

- συμπλήρωση των χημικών,
- αλλαγή των ανταλλακτικών φίλτρων
- έλεγχο των παραμέτρων λειτουργίας της μονάδας.

Για όλα αυτά απαιτούνται κατά μέσο όρο 4 ώρες την εβδομάδα, που στοιχίζουν ενδεικτικά με κόστος εργατοώρας τα 12 € (συμπεριλαμβανομένης ασφάλισης και λοιπών εξόδων απασχόλησης προσωπικού), για όλο το χρόνο 2.496 € που μεταφράζετε για μια μονάδα τέτοιας δυναμικότητας στα 0,011 € ανά κυβικό παραγόμενου νερού (με βάση ελάχιστη παραγωγή m^3 ανά έτος).

6.4.2.4. Κόστος Συντήρησης – Αναλώσιμων

Στις προηγούμενες ενότητες αναφέρθηκε κυρίως το κόστος του παραγόμενου νερού που προκύπτει από την λειτουργία της μονάδας. Όμως μέσα σε αυτό θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος συντήρησης, το οποίο είναι αναπόφευκτο και αποτελείται από το κόστος των αναλώσιμων υλικών που απαιτούνται για τον καθαρισμό και τη συντήρηση της μονάδας.

- Υπολογισμός Κόστους Χημικού Καθαρισμού

Για να εξασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία της μονάδας και η ποιότητα του προϊόντος, έχει υπολογιστεί ότι πρέπει να πραγματοποιούνται συνολικά το λιγότερο 4 χημικοί καθαρισμοί το χρόνο. Μια τέτοια διαδικασία απαιτεί τουλάχιστον 5 εργατοώρες. Αναλυτικά το κόστος του χημικού καθαρισμού φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος Χημικού	Ποσότητα Χημικού ανά καθαρισμό (kg)	Τιμή/kg (€)	Κόστος (€)
Αντικαθαλωτικό	15	3,00	45,00
Καυστικό νάτριο 50%	8	0,50	4,00

Κιτρικό Οξύ	16	2,00	32,00
Εργατικά (5 ώρες)	-	-	60,00
ΣΥΝΟΛΟ			141,00

Εικόνα 5.4.5: Κόστος χημικού καθαρισμού

Πηγή: Sychem SA

Συνολικά το κόστος συντήρησης της μονάδας αναλύεται στον παρακάτω πίνακα και περιλαμβάνει και την αντικατάσταση των ανταλλακτικών φύσιγγας κάθε μήνα:

Κόστος Συντήρησης - Αναλωσίμων Υλικών	Συχνότητα / Τεμάχια	Ετήσιο Κόστος [€]	€/m ³ παραγόμενου νερού
Φίλτρα Φύσιγγας	336 ανά έτος	2688	0,012
Χημικοί Καθαρισμοί	4 ανά έτος	141	0,001
Εργατικά (έλεγχος μονάδας)	208 h ανά έτος	2496	0,012
Συντήρηση Λοιπού Εξοπλισμού (αισθητήρες, αντλίες κλπ)	Ανά έτος	2400	0,011
ΣΥΝΟΛΟ			0,045

Εικόνα 5.4.9: Κόστος χημικού καθαρισμού

Πηγή: SYCHEM SA, 2012

6.4.2.5. Συνολικό κόστος παραγόμενου νερού

Με δεδομένα τα παραπάνω καθώς επίσης και το γεγονός ότι το χρόνο η μονάδα παράγει 220.460 m³ και το κόστος ενέργεια υπολογίζεται με 0,08 €/Α, θα υπολογιστεί στον παρακάτω πίνακα το τελικό κόστος του παραγόμενου νερού:

Κόστος	Κατανάλωση ανά m ³	Κόστος παραγόμενου νερού [€/m ³]
Ενέργεια	2,93 kWh	0,234
Αναλώσιμα Χημικά		0,099
Κόστος συντήρησης / αναλώσιμα (φίλτρα, χημικά καθαρισμού, αισθητήρες, εργατικά κλπ)	-	0,045
Ενοίκιο γηπέδου		0,163

ΣΥΝΟΛΟ	-	0,541
---------------	---	--------------

Εικόνα 5.4.10: Συνολικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος

Πηγή: SYCHEM Project, 2012

Το κόστος αυτό είναι το μέγιστο κόστος παραγόμενου νερού θα είναι ίσο με 0,541 €/m³ παραγόμενου νερού. Στους υπολογισμούς δεν έχει συμπεριληφθεί η φθορά των μεμβρανών, οι οποίες επιβαρύνονται κατά μέσο όρο 5% κάθε χρόνο και χρειάζονται περισσότερη ενέργεια για να παράγουν την ίδια παροχή παραγόμενου νερού. Αυτή η παραδοχή, μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα μόνο αν η απόδοση του επενδυτικού σχεδίου είναι οριακά θετική.

6.4.3. Κόστος παραγόμενου νερού με τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης και σύνδεσή της με ΑΠΕ

6.4.3.1 Κόστος επένδυσης

Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρεται το κόστος επένδυσης και έχουν προστεθεί οι δαπάνες που απαιτούνται για την προμήθεια και τη σύνδεση της μονάδας αφαλάτωσης με τις αντίστοιχες ανεμογεννήτριες.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ				
Α/ Α	Σκοπός δαπάνης	Περιγραφή δαπάνης	Εκτίμηση κόστους (€)	
			Επενδυτής	Δήμος
1	Ανεμογεννήτριες	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών (5 ανεμογεννήτριες)	2.500.000	
		Έργα υποδομής		20.000
		Εκπαίδευση προσωπικού	8.000	
2	Αφαλάτωσης	Κόστος εγκατάστασης μονάδας αφαλάτωσης	1.275.000,00	77.000,00
ΣΥΝΟΛΟ			3.783.000,00 €	97.000,00 €

Εικόνα 5.4.11: Κόστος εγκατάστασης σεναρίου 2

Πηγή: Μουτάφης Π., 2008

6.4.3.2. Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Για τη μελέτη περίπτωσης κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες, θα πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό του κόστους κάποια επιπλέον έξοδα που απαιτούνται για τη συντήρηση

των ανεμογεννητριών και τα οποία θα προστεθούν στο μοναδιαίο λειτουργικό κόστος της μονάδας, το οποίο υπολογίστηκε παραπάνω.

ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ				
Α/Α	Σκοπός δαπάνης	Περιγραφή δαπάνης	Εκτίμηση κόστους (€)	
			Επενδυτής	Δήμος
1	Ανεμογεννήτριες	Συντήρηση μονάδας, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	17.000	
		Δαπάνες προσωπικού, λειτουργίας - συντήρησης	60.000	
		Τεχνική υποστήριξη	5.000	
		Ασφάλεια Έργου	5.000	
		Διάφορα έξοδα	4.000	
ΣΥΝΟΛΟ			91.000,00	
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			0,41 €/m³	

Εικόνα 5.4.12: Λειτουργικό κόστος σεναρίου 2 - Ανεμογεννήτριες

Πηγή: Μουτάφης Π., 2008

Συνεπώς, το συνολικό ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος λειτουργικό κόστος της μονάδας θα είναι : $0,410 + 0,541 - 0,234 = 0,717 \text{ €/m}^3$.

6.4.4. Αξιολόγηση επενδυτικού σχεδίου

6.4.4.1 Επενδυτικά σενάρια - Στοιχεία

Στην προηγούμενη παράγραφο έγιναν κάποιοι υπολογισμοί που θα διευκολύνουν την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων που παρουσιάζονται και βοηθήσουν στη λήψη της απόφασης που θα πρέπει να πάρει ο υποψήφιος επενδυτής.

- Σενάριο 1

Μελετάται η περίπτωση εγκατάστασης μονάδας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης στην Κίμωλο, με εξοπλισμό που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και σύνδεση της μονάδας αυτής με το δίκτυο ηλεκτροδότησης του νησιού.

Στην αξιολόγηση αυτού του σεναρίου είναι χρήσιμα τα παρακάτω στοιχεία:

α/α	Περιγραφή	Στοιχείο	Αποτέλεσμα Υπολογισμού
1	Παραγόμενη ποσότητα = Ζήτηση	604m ³ /d	220.460m ³ /year
2	Κόστος επένδυσης	Πίνακας 5.4.4.	1275000

3	Μοναδιαίο συνολικό κόστος	Πίνακας 5.4.10.	0,541 €/m ³
4	Τιμή πώλησης νερού	Από δοκιμές	2,40 €/m ³
5	Προβλεπόμενα έσοδα από την πώληση νερού	220.460*2,40 €	529.104 €
6	Συντελεστής φορολόγησης	http://www.forologikanea.gr	26%
7	Καθαρό κέρδος μετά φόρων	529.104*(1-26%)	391.537€
8	Καθαρές ροές μετά φόρων	391.537 - 0,541*220.460	272.268,10 €

Εικόνα 5.4.12: Στοιχεία αξιολόγησης επενδυτικού σχεδίου - Σενάριο 1

- Σενάριο 2

Σε αυτό το σενάριο θα μελετηθεί η περίπτωση της σύνδεσης της ίδιας μονάδας αφαλάτωσης με ανεμογεννήτριες, οι οποίες θα τροφοδοτούν τη μονάδα με την απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία της, αλλά μεγάλο μέρος της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας θα προσφέρεται στο δίκτυο προς πώληση.

Για το σενάριο αυτό τα στοιχεία που απαιτούνται για την αξιολόγηση του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

α/α	Περιγραφή	Στοιχείο	Αποτέλεσμα Υπολογισμού
1	Παραγόμενη ποσότητα = Ζήτηση	604m ³ /d	220.460m ³ /year
2	Κόστος επένδυσης	Πίνακας 5.4.11	3.783.000 €
3	Μοναδιαίο συνολικό κόστος	Πίνακας 5.4.12	0,717 €/m ³
4	Τιμή πώλησης νερού	Από δοκιμές	2,40 €/m ³
5	Τιμή πώλησης ρεύματος	Τιμή για μη συνδεδεμένες νήσους (PAE)	0,09945 €/KWh
6	Προβλεπόμενα έσοδα από την πώληση νερού	220.460*2,40	529.104 €
7	Προβλεπόμενα έσοδα από την πώληση ρεύματος	4.900.000*0,09945	487.305 €
8	Συνολικά προβλεπόμενα έσοδα	529.104 + 487.305	1.016.409 €
9	Συντελεστής φορολόγησης	http://www.forologikanea.gr	26%

10	Καθαρό κέρδος μετά φόρων	1.016.409 *(1-26%)	752.143 €
11	Καθαρές ροές μετά φόρων	752.143 - 0,951*220.460	542.485,20 €

Εικόνα 5.4.13: Στοιχεία αξιολόγησης επενδυτικού σχεδίου - Σενάριο 2

Και στα δύο σενάρια ο χρονικός ορίζοντας του έργου καθορίζεται ίσος με τη διάρκεια ζωής του τεχνικού εξοπλισμού, δηλαδή τα 20 έτη. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι εξετάζοντας τα επιμέρους σενάρια με τις μεθόδους αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων που θα ακολουθήσουν, αναμένεται ότι ο συντελεστής απόδοσης θα πρέπει αν είναι τουλάχιστον 5% (1/20). Συνεπώς, προσοδοφόρο θεωρείται το σενάριο εκείνο που ο βαθμός απόδοσης του θα είναι μεγαλύτερος από 5%.

6.4.4.2 Μέθοδοι αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων - Υπολογισμοί

- **Μέθοδος Payback**

Για τη μέθοδο αυτή θα χρειαστεί

Σενάριο 1

$$PV = 272.268,10 \times 20 - 1.275.000 = 4.170.362 \text{ €}$$

Σενάριο 2

$$PV = 542.485,20 \times 20 - 3.783.000 = 7.066.704 \text{ €}$$

- **Μέθοδος ARR (Accounting Rate of Return)**

ARR = Annual net profit / Investment cost

Σενάριο 1

$$ARR_1 = 272.268,10 / 1.275.000 = 21,35 \%$$

Το ποσοστό αυτό μεταφράζεται σε απόσβεση του κόστους επένδυσης σε 4,68 έτη.

Σενάριο 2

$$ARR_1 = 542.485,20 / 3.783.000 = 14,34 \%$$

Το ποσοστό αυτό μεταφράζεται σε απόσβεση του κόστους επένδυσης σε 6,97 έτη.

Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι δεν λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος, γεγονός που την καθιστά λιγότερο αξιόπιστη από άλλους τρόπους αξιολόγησης επενδύσεων.

- **Μέθοδος IRR (Internal Rate of return)**

Ο εσωτερικός βαθμού απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των πρόσθετων ετήσιων ταμειακών ροών μετά από φόρους οι οποίες προέρχονται από το πρόγραμμα, με το αρχικό κόστος του προγράμματος. Εξισώνει την καθαρή παρούσα αξία ίση με το μηδέν (Πετράκης Π., 2002).

Ο βαθμός απόδοσης λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος (Time value of money) και το cash flow αποσείονται κατά ένα συντελεστή (discount rate), προκειμένου να καταλήξουμε στις τωρινές ταμειακές ροές, οι οποίες θα συγκριθούν με το κόστος επένδυσης το οποίο πραγματοποιείται για $t=0$.

Σενάριο 1

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι υπολογισμοί:

Έτος t	Χρηματοροές	Απομειωμένες	$(1+i)^t$
0	-1275000,00	-1275000,00	1,21
1	272268,10	225201,08	1,21
2	272268,10	186270,53	1,46
3	272268,10	154069,92	1,77
4	272268,10	127435,83	2,14
5	272268,10	105405,98	2,58
6	272268,10	87184,43	3,12
7	272268,10	72112,85	3,78
8	272268,10	59646,69	4,56
9	272268,10	49335,56	5,52
10	272268,10	40806,91	6,67

11	272268,10	33752,62	8,07
12	272268,10	27917,80	9,75
13	272268,10	23091,64	11,79
14	272268,10	19099,79	14,26
15	272268,10	15798,01	17,23
16	272268,10	13067,00	20,84
17	272268,10	10808,11	25,19
18	272268,10	8939,71	30,46
19	272268,10	7394,30	36,82
20	272268,10	6116,05	44,52
		-1545,20	

Εικόνα 5.4.14: Υπολογισμός IRR - Σενάριο 1

Ο βαθμός απόδοσης για το σενάριο αυτό είναι 20,9 % το οποίο δείχνει ότι είναι ιδιαίτερα προσοδοφόρο.

Σενάριο 2

Έτος t	Χρηματοροές	Απομειωμένες	$(1+i)^t$
0	-3.783.000,00	-3.783.000,00	1,1469
1	594.072,84	517.981,38	1,1469
2	594.072,84	451.636,04	1,3154
3	594.072,84	393.788,51	1,5086
4	594.072,84	343.350,34	1,7302
5	594.072,84	299.372,52	1,9844
6	594.072,84	261.027,57	2,2759
7	594.072,84	227.594,01	2,6102
8	594.072,84	198.442,77	2,9937
9	594.072,84	173.025,34	3,4334
10	594.072,84	150.863,50	3,9378
11	594.072,84	131.540,24	4,5163
12	594.072,84	114.691,98	5,1797

13	594.072,84	100.001,73	5,9406
14	594.072,84	87.193,07	6,8133
15	594.072,84	76.025,00	7,8142
16	594.072,84	66.287,38	8,9621
17	594.072,84	57.797,00	10,2786
18	594.072,84	50.394,11	11,7885
19	594.072,84	43.939,41	13,5203
20	594.072,84	38.311,45	15,5064
		263,34	

Εικόνα 5.4.15: Υπολογισμός IRR - Σενάριο 2

Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης είναι 14,69 %. Η επένδυση δε θα αποδώσει τόσο όσο στην πρώτη περίπτωση εξ αιτίας του μεγάλου κόστους επένδυσης, όμως και αυτό το επενδυτικό σχέδιο είναι βιώσιμο και μάλιστα με προοπτική μεγάλου κέρδους.

- **Μέθοδος NPV (Net Present Value)**

Η μέθοδος NPV βασίζεται στην απλή παραδοχή ότι αν η σημερινή αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμιακών ροών από μια επένδυση είναι μεγαλύτερη από το κόστος της, τότε η επένδυση θα είναι βιώσιμη, διαφορετικά θα πρέπει να απορριφθεί. Στην περίπτωση επιλογής της «καλύτερης» επένδυσης από διαφορετικές επενδύσεις, επιλέγεται σαφώς αυτή που θα έχει μεγαλύτερη NPV των ροών μετά της αφαίρεση του κόστους.

Σενάριο 1

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι υπολογισμοί:

Έτος t	Χρηματοροές	Απομειωμένες	$(1+i)^t$
0	-1275000	-1275000	1
1	272268	259303	1

2	272268	246955	1
3	272268	235195	1
4	272268	223996	1
5	272268	213329	1
6	272268	203171	1
7	272268	193496	1
8	272268	184282	1
9	272268	175506	2
10	272268	167149	2
11	272268	159190	2
12	272268	151609	2
13	272268	144390	2
14	272268	137514	2
15	272268	130966	2
16	272268	124729	2
17	272268	118790	2
18	272268	113133	2
19	272268	107746	3
20	272268	102615	3
		2118062	

Εικόνα 5.4.16: Υπολογισμός NPV - Σενάριο 1

Από τον πίνακα και τους υπολογισμούς φαίνεται ότι μετά τον 6^ο χρόνο, το κόστος επένδυσης έχει καλυφθεί και τα κέρδη μπορούν να επανεπενδυθούν. Αυτό το συμπέρασμα σε συνδυασμό με τον πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης της προηγούμενης μεθόδου, επιβεβαιώνει τους ισχυρισμούς για το προσοδοφόρο αυτό σενάριο.

Σενάριο 2

Έτος t	Χρηματοροές	Απομειωμένες	$(1+i)^t$
0	-3.783.000,00	-3.783.000,00	1,0500
1	594.072,84	565.783,66	1,0500
2	594.072,84	538.841,58	1,1025
3	594.072,84	513.182,46	1,1576

4	594.072,84	488.745,20	1,2155
5	594.072,84	465.471,61	1,2763
6	594.072,84	443.306,30	1,3401
7	594.072,84	422.196,48	1,4071
8	594.072,84	402.091,88	1,4775
9	594.072,84	382.944,65	1,5513
10	594.072,84	364.709,19	1,6289
11	594.072,84	347.342,09	1,7103
12	594.072,84	330.801,99	1,7959
13	594.072,84	315.049,51	1,8856
14	594.072,84	300.047,15	1,9799
15	594.072,84	285.759,19	2,0789
16	594.072,84	272.151,61	2,1829
17	594.072,84	259.192,01	2,2920
18	594.072,84	246.849,54	2,4066
19	594.072,84	235.094,80	2,5270
20	594.072,84	223.899,81	2,6533
		3.620.460,69	

Εικόνα 5.4.17: Υπολογισμός NPV - Σενάριο 2

Το 2^ο σενάριο είναι φανερά λιγότερο προσοδοφόρο από το 1^ο εφ' όσον το κόστος επένδυσης καλύπτεται μετά τον 9^ο χρόνο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το μικρότερο συντελεστή απόδοσης της προηγούμενης μεθόδου.

6.4.4.3 Παραδοχές και συμπεράσματα

Για τις ανάγκες της εργασίας και την απλοποίηση των υπολογισμών χρειάστηκε να γίνουν οι παρακάτω παραδοχές:

- Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική
- Στους υπολογισμούς δεν έχει συμπεριληφθεί το replacement cost, το οποίο πιθανότατα θα χρειαστεί να δαπανηθεί μετά το πέρας της 7ετίας, δεδομένου ότι οι μεμβράνες πολύ πιθανό να χρειαστούν αντικατάσταση. Ο παράγοντας αυτός είναι σημαντικός γιατί αυξάνει το μοναδιαίο κόστος και μειώνει τις ροές. Όμως αυτό δεν επηρεάζει την απόδοση σε μεγάλο βαθμό, καθώς και τα δύο σενάρια δεν είναι οριακά βιώσιμα αλλά ξεπερνούν αρκετά το 5%.

- Για τη σωστή λήψη της απόφασης του επενδυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι και τα δύο σενάρια έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης άρα αναμένονται κέρδη. Όμως σίγουρα από περιβαλλοντική σκοπιά είναι προτιμότερο να επενδυθεί σε μια πιο ολοκληρωμένη λύση και στην πράσινη ενέργεια. Η συμβατική ενέργεια είναι πιο ακριβή, επιδεινώνει το περιβάλλον και εξαντλείται, ενώ οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα η επένδυση στο αιολικό δυναμικό της Κιμώλου, αποδίδει μακροπρόθεσμα οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

- Στο κόστος εξοπλισμού και ενέργειας έχει συμπεριληφθεί και ο μηχανισμός της διάθεσης του αλμολοίπου.

- Σε όποιο από τα δύο σενάρια και να αποφασίσει να επενδύσει ο υποψήφιος επενδυτής, το σίγουρο είναι ότι το νερό στην Κίμωλο θα στοιχίζει έως και 80% λιγότερο.

- Η λύση της υδροδότησης μέσω μονάδας αφαλάτωσης, αποτελεί ανάσα για το νησί και σηματοδοτεί το τέλος της περιπέτειας των κατοίκων που περιμένουν με ανυπομονησία το καράβι από το Λαύριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΣΧΟΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όσα εκτέθηκαν παραπάνω, η αφαλάτωση αναδεικνύεται ως μια πραγματική λύση με προοπτικές για την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού . Όμως παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία αυτή είναι ώριμη και πολλά υποσχόμενη, δε στερείται προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν, ώστε να είναι εφικτή και βιώσιμη εναλλακτική.

Μέγιστης σημασίας παράγοντας είναι η εξάλειψη επιπτώσεων μιας τέτοιας μονάδας, όπως είναι η άλμη. Τα υπόλοιπα της εγκατάστασης συνιστούν παράγοντα όχλησης και εύλογης επικινδυνότητας για την περιοχή. Το συμπύκνωμα που προκύπτει από την επεξεργασία και την παραγωγή πόσιμου νερού, θα πρέπει να διατίθεται σωστά, ώστε να περιορίζονται τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αναδύονται από αυτό. Κρίνεται απαραίτητο να λαμβάνονται ειδικά μέτρα τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά την επεξεργασία των μονάδων.

Οι μονάδες αφαλάτωσης που επιλέχθηκαν είναι ενεργοβόρες, γεγονός που αυξάνει το κόστος άρα και την τιμή του παραγόμενου νερού. Μεγάλες εγκαταστάσεις δε νοούνται δίχως την ύπαρξη ΑΠΕ, εφ' όσον το περιβαλλοντικό ισοζύγιο θα προκύπτει αρνητικό, σε αντίθετη περίπτωση. Ωστόσο σε μεσαίας δυναμικότητας μονάδες, όπως αυτή που μελετήθηκε, ίσως αξίζει να πάρει ο επενδυτής το ρίσκο να επενδύσει στη μονάδα αφαλάτωσης που λειτουργεί από ΑΠΕ, ακόμα κι αν είναι λιγότερο προσοδοφόρα από την αντίστοιχη μονάδα όταν χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο. Ο λόγος είναι και πάλι το περιβάλλον και ίσως η πιθανότητα μελλοντικής επέκτασης.

Από οικονομικής σκοπιάς, το κόστος των μονάδων αφαλάτωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυναμικότητα της μονάδας, που υπολογίζεται σύμφωνα με τις ανάγκες της ζήτησης και τις τάσεις αυτής, αλλά και από τον συνδυασμό τους με ΑΠΕ. Για να επιτευχθεί η χρυσή τομή, θα πρέπει να υιοθετηθεί η άποψη ότι κάθε έργο είναι ξεχωριστό και κάθε σημείο έχει τις ιδιαιτερότητες του. Η προσεκτική μελέτη και η εξάντληση όλων των εναλλακτικών προσαρμοσμένων στις συνθήκες που παρουσιάζονται είναι αυτή που θα καθορίσει την εφαρμογή αλλά και τη βιωσιμότητα του. Με το σωστό σχεδιασμό, θα μπορούσε μία μονάδα αφαλάτωσης να αποφέρει πολύ μεγαλύτερα κέρδη.

Σύμφωνα και με τα στοιχεία που αναλύθηκαν παραπάνω, και κυρίως στο κομμάτι της οικονομικής αξιολόγησης, στην περίπτωση που ακολουθηθεί το σενάριο με την υψηλή απόδοση και το κόστος εγκατάστασης αποσβησθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, μπορεί να υπάρξουν κέρδη με δυνατότητα επανεπένδυσης. Και στο σημείο αυτό μπορεί να είναι εφικτή η σύνδεση της μονάδας με ΑΠΕ, που αφενός η τεχνολογία θα έχει ωριμάσει και το κόστος μπορεί να είναι διαφορετικό μετά από κάποια χρόνια και αφετέρου, οι ΑΠΕ προσφέρουν επιπλέον κέρδη από την πώληση και ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι η λύση της αφαλάτωσης είναι μια καλή επιλογή οικονομοτεχνικά. Σχετικές μελέτες για συγκριμένα νησιωτικά μέρη, όπως και η παρούσα εργασία, έχουν αποδείξει ότι πρόκειται για μια βιώσιμη και κερδοφόρα επένδυση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Econews.gr*. (2013, 9 3). Ανάκτηση από <http://www.econews.gr/2013/09/03/kymatiki-energeia-afalatosi-104714/>
- Buros O.K. (2000). *The ABCs of Desalting*. USA: International Desalination Assosiation .
- ESCWA . (2009). *Role of Desalination in Addressing Water Scarcity* .
- ESCWA. (2001). *The role of desalinated water in augmentation of the water supply in selected ESCWA memeber countries*. New York: United Nations.
- Khawajia A. , Kutubkhanaha I., Wieb J. (2008). *Advances in seawater desalination technologies*. *Desalination* 221, σσ. 47-69.
- Lattemann S., Höpner T. (2008). "Environmental impact and impact assessment of seawater desalination". *Desalination* 220, σσ. 1-15.
- Loupassis, S. (2002). "Technical analysis of existing RES desalination schemes. Renewable Energy Driven Desalination Systems". *REDDES, Commission of the European Communities Directorate-General for Energy and Transport*.
- Mezher T., Fath H., Abbas Z., Khaled A. (2011). *Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies* . *Desalination* 266, σσ. 263-273.
- Mohamed E., Παπαδάκης Γ. . (2009). «Η τεχνολογία της αφαλάτωσης ως λύση για το πρόβλημα του νερού στα νησιά του Αιγαίου», Σημειώσεις για την Ενεργειακή Ακαδημία. Αθήνα.
- Rizzuti L., Ettouney H.,Cipollina A.. (2007). "Solar Disalination for the 21st Century . A Review of Modern Technologies and Researches on Desalination Coupled to Renewable Energies". *Springer*, σσ. 236-246.
- Sadhwanja J., Vezaa J., Santanab C. (2005). "Case studies on environmental impact of seawater". *Desalination* 185, σσ. 1-8.
- Safrai I., Zask A. (2008). "Reverse Osmosis Desalination plants - marine environmentalist regulator point of view, *Desalination* 220, 72 - 84

Sommariva C., Hogg H., Callister K. (2004). Environmental impact of seawater desalination: Relations between improvement in efficiency and environmental impact. *Desalination* 167, σσ. 439 - 444.

SYCHEM S.A. (2012). *Kimolos Project* .

Tzen E., Morris R. (2003). Renewable Energy Sources for Desalination. *Solar Energy* 75, σσ. 375-379.

Winter T., Panell D., McCann L. (2008). Economics of desalination and its potential applications in Australia. Australia: University of Western Australia.

Wittholz M., O'Neill B., Colby C., Lewis D. (2008). Michelle K. Wittholz, Brian K. O'Neill*, Chris B. Colby, David Lewis. *Desalination* 229, σσ. 10-20.

Zhou Y., Toi R. (2005). Evaluating the costs of desalination and water transport. *Water Resources Research* 41.

Αλεξάκης Α. (1993). *Αφαλάτωση*. Αθήνα: Σιδέρη.

Αργυρόπουλος Δ. (2007). «Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην Ελλάδα». *Παγκύπριο σεμινάριο για σημαντικά θέματα διαχείρισης των νερών*.

Δαγκαλίδης Α. (2009). «Αφαλάτωση νερού». Τράπεζα Πειραιώς, Μονάδα Οικονομικής Ανάλυσης και Αγορών.

Δαλμυρά Α. (2013, Δεκέμβριος). "Λύση στην υδροδότηση". *Κοινή γνώμη , Ημερήσια Εφημερίδα των Κυκλάδων* .

Δανιλάκης Β. (2011). « Ελλείμματα και προβλήματα στην εφαρμογή της πολιτικής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα: Η περίπτωση της λίμνης Κορώνειας, Νόμος και Φύση, Δίκαιο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης.

Δεληγιάννη Ε., Μπελεσιώτης Β. (1995). *"Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης"*. Αθήνα: Αρχες Διεργασιών Αφαλάτωσης.

Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E, . (2011). "Αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθόδων επεξεργασίας και διάθεσης της άλμης". Αθήνα.

Ελληνική Στατιστική Αρχή, Απογραφή πληθυσμού 2011, Δελτίο Τύπου

- Ευθυμιόπουλος Η. (2010). « Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ », Ημερίδα Γεωπονικού Πανεπιστημίου. Αθήνα.
- Λιάλος Γ. (2013). Μεταφορά νερού σε άνυδρα νησιά. *Καθημερινή*, 31/8/2013.
- Μεντής Δ. (2011). Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ στα άνυδρα νησιά του Νοτίου Αιγαίου, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, ΕΜΠ
- Μουτάφης Π. (2008). Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική Εργασία , Αθήνα, ΕΜΠ
- Νικητάκος Ν. (2008). "Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον . Εκδόσεις Σιδέρη.
- Νικολόπουλος Ν., Σφακιανάκης Α., Φραντζής Ν. (2010). «Νίσυρος και γεωθερμία: το πέρασμα στη βιομηχανοποίηση του νησιού", Εταιρεία Νισυριακών Μελετών .
- Πασίσης Ι., (2011). Αφαλάτωση νερού με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Πετράκης Π. (2002). *Χρηματοοικονομική διοίκηση και Τραπεζική Οικονομική*. Αθήνα: Π.Ε. Πετράκης.
- Πιτσαρή Στ. (2011). Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων - τεχνικών επεξεργασίας και ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε Ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο". *Sol Brine*.
- Σκληβανιώτης Μ. (2004). "Ποιότητα πόσιμου νερού". *Δημοτική Επιχείρηση Υδρευσης Αποχέτευσης Πάτρας, Τεύχος 35*.
- Τζανάκη Στ. (2010). Μονάδες αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση - Τεχνική περιγραφή και κριτήρια χωροθέτησης, Διπλωματική εργασία , Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ
- Τζεν Ε. (2001). Μέθοδοι αφαλάτωσης - Συγκριτική Αξιολόγηση και Εφαρμογές στα νησιά του Αιγαίου. Πάρος: Συμπόσιο " Αιγαίο - Νερό - Βιώσιμη Ανάπτυξη".
- Τζεν Ε. (2010). "Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ". Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

[Et.diavgeia.gov.gr/f/ypean/spending](http://et.diavgeia.gov.gr/f/ypean/spending)

<http://et.diavgeia.gov.gr/f/ypean/spending>

http://www.rae.gr/old/SUB2/2_4.htm

<http://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/bbb19498-1ec8-431f-82e6-023bb91713a9/trpologiabiopoi.pdf>

<http://www.opengov.gr/minenv/?p=4717>

<http://uest.ntua.gr/solbrine/uploads/files/presentationofdel1.1.pdf>