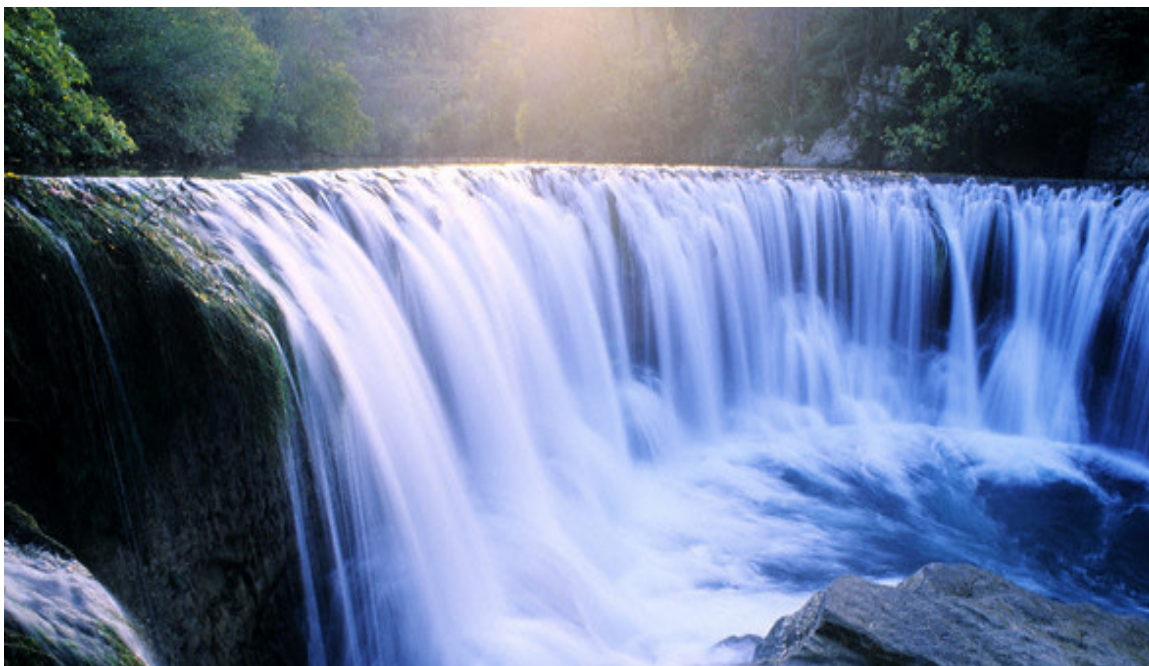




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΑΚΤΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ «ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Φώτη Σολδάτου

Επιβλέπουσα: Μαρία Παπαδοπούλου

Επικ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΕΙΔΗ ΝΕΡΟΥ	10
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ	13
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΥΚΑΔΑΣ.....	13
2.2 ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	15
2.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ – ΡΥΠΑΝΣΗ	18
2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ	19
2.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ.....	19
2.6 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	20
2.7 ΑΝΑΓΚΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	21
3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΛΥΨΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	23
3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ	23
3.2 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ.....	24
3.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ	25
3.4 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	26
3.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	27
3.5.1 Κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων	27
3.5.2 Συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.....	29
3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	32
4. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ.....	34
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	34
4.2 ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	34
4.2.1 Η Οδηγία πλαίσιο περί υδάτων (2000/60/ΕΚ)	35

4.3 ΕΘΝΙΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	36
4.3.1 Ο νόμος 3199/2003	37
4.3.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007	38
5. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	40
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	40
5.1.1 Διεθνής εμπειρία	40
5.1.2 Η αφαλάτωση στην Ελλάδα	41
5.1.3 Υδριάδα	43
5.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	44
5.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flushing, MSF)	45
5.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)	46
5.2.3 Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών (Vapour Compression, VC)	47
5.2.4 Ηλιακή απόσταξη	49
5.2.5 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis, RO)	50
5.2.6 Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED/EDr)	54
5.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ..	56
5.3.1 Νερό τροφοδοσίας	56
5.3.2 Ποιότητα παραγόμενου νερού	56
5.3.3 Μέγεθος μονάδας	57
5.3.4 Διαχείριση άλμης	57
5.3.5 Διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας	58
5.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	58
5.4.1 Τοποθεσία – εγκατάσταση μονάδας	58
5.4.2 Διαχείριση της άλμης	59
5.4.3 Χωροθέτηση αγωγών πρόσληψης νερού	59
5.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	60
5.5.1 Μεταβλητές φυσικού χώρου	60
5.5.2 Μεταβλητές ανθρωπογενούς χώρου:	64
5.6. ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	64
5.6.1 Παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος	65
5.6.2 Σύγκριση κόστους μονάδων αφαλάτωσης με άλλες μεθόδους υδροδότησης ..	68

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ	69
6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	69
6.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	71
6.3 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	72
6.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	74
6.4.1 Εκτίμηση επιπτώσεων.....	75
6.4.2 Μέτρα πρόληψης, περιορισμού ή και εξουδετέρωσης των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από το σύστημα αφαλάτωσης.....	79
6.4.3 Σχέδιο παρακολούθησης επιπτώσεων στο περιβάλλον	79
6.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	80
6.6 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	84
6.6.1 Τοποθεσία μονάδας αφαλάτωσης.....	84
6.6.2 Κατάταξη κατηγοριοποίηση μονάδας αφαλάτωσης.....	85
6.6.3 Βαθμοί όχλησης μονάδας αφαλάτωσης.....	86
6.7 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ.....	86
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Χρήσεις νερού στον ν. Λευκάδας.....	20
Πίνακας 3.1: Κριτήρια αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων.....	28
Πίνακας 3.2: Τρόπος αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων.....	29
Πίνακας 3.3: Συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.....	30
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	46
Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εξάτμισης.....	47
Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά Εξάτμισης με επανασυμπίεση ατμών.....	49
Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά αντίστροφης όσμωσης.....	54
Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά ηλεκτοδιάλυσης.....	56
Πίνακας 6.1: Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου αφαλάτωσης.....	70
Πίνακας 6.2: Κόστος αρχικής επένδυσης.....	73
Πίνακας 6.3: Κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....	74
Πίνακας 6.4: Εκτίμηση του βαθμού σοβαρότητας των αρνητικών επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία της μονάδας.....	77
Πίνακας 6.5: Εκτίμηση του βαθμού σοβαρότητας των επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία μιας συμβατικής μονάδας.....	78
Πίνακας 6.6: Μικροβιολογικοί παράμετροι.....	80
Πίνακας 6.7: Χημικοί παράμετροι.....	81
Πίνακας 6.8: Ενδεικτικοί παράμετροι.....	82
Πίνακας 6.9: Περιεκτικότητα νερού σε άλατα.....	83
Πίνακας 6.10: Κατηγοριοποίηση μονάδων αφαλάτωσης.....	86
Πίνακας 6.11: Αντιστοιχία βαθμών όχλησης.....	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Η θέση της Λευκάδας στον ελλαδικό χώρο.....	13
Εικόνα 2.2: Καλλικρατικοί δήμοι Λευκάδας και Μεγανησίου.....	14
Εικόνα 2.3: Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας και οι μεταξύ τους εξαρτήσεις.....	16
Εικόνα 2.4: Χάρτης πορείας αγωγού υδροδότησης (Λούρος – Λευκάδα).....	17

Εικόνα 5.1: Η Υδριάδα, η πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης στον κόσμο.....	43
Εικόνα 5.2: Σχηματική απεικόνιση της Πολυβάθμιας εξάτμισης	47
Εικόνα 5.3: Εγκαταστάσεις μονάδας Εξάτμισης με επανασυμπύεση ατμών.....	48
Εικόνα 5.4 Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης	50
Εικόνα 5.5 Το φαινόμενο της όσμωσης.....	51
Εικόνα 5.6 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης όσμωσης.....	52
Εικόνα 5.7 Εγκαταστάσεις μονάδας Αντίστροφης όσμωσης.....	53
Εικόνα 5.8 Σχηματική απεικόνιση της Ηλεκτροδιάλυσης.....	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 5.1: Παγκόσμια δυναμικότητα.....	40
Διάγραμμα 5.2 Παραγωγική δυναμικότητα ανά χώρα.....	41
Διάγραμμα 5.3: Παραγωγή αφαλατωμένου νερού στην Ελλάδα.....	42
Διάγραμμα 5.4: Σχέσεις δυναμικότητας μονάδας με κόστος.....	66
Διάγραμμα 5.5: Κόστος παραγόμενου νερού ανά έτος.....	68

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει ως στόχο την επίλυση του προβλήματος κάλυψης των αναγκών ύδρευσης στην ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» του Νομού Λευκάδας, με φιλικά προς το περιβάλλον έργα υδροδότησης.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στο υφιστάμενο δίκτυο υδροδότησης του νομού Λευκάδας και αναλύεται το πρόβλημα της έλλειψης νερού. Παρουσιάζονται οι εναλλακτικοί μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να λυθεί το πρόβλημα υδροδότησης και δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου. Στη συνέχεια γίνεται μια σύγκριση μεταξύ των μεθόδων κάλυψης των υδάτινων αναγκών με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης. Με βάση την έρευνα και την βιβλιογραφία για την περίπτωση της ακτής κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι», επιλέχθηκε η μέθοδος της αφαλάτωσης. Γίνεται ανάλυση των βασικών μεθόδων αφαλάτωσης τόσο όσον αφορά τον τρόπο λειτουργία τους, όσο και στα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματά τους. Ακόμη αναλύονται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης καθώς επίσης και οι επιπτώσεις που μπορούν να προκληθούν στο περιβάλλον εξαιτίας της λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας. Τέλος, προτείνεται μια λύση, έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υδροδότησης στο Πόρτο Κατσίκι και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο τεχνικό κομμάτι της αφαλάτωσης.

Θα ήθελα πολύ, να ευχαριστήσω την επίκουρη καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κα. Μαρία Παπαδοπούλου για την καθοδήγησή και την βοήθεια μου πρόσφερε στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, η οποία πέρα από το θεωρητικό της υπόβαθρο καταλήγει σε σημαντικά συμπεράσματα γύρω από τη χρήση της αφαλάτωσης σε περιοχές με σοβαρά προβλήματα έλλειψης νερού. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αθηνά Μπούρκα για την σημαντική της συμβολή σε τεχνικά θέματα σχετικά με την μέθοδο της αφαλάτωσης.

ABSTRACT

This thesis aims to examine the problem of water supply at the beautiful beach of “Porto Katsiki”, Lefkada, by the use of environmentally friendly means.

Initially, the existing water supply of the island of Lefkada is examined and the problem of water shortage is determined. The alternative methods through which the scarcity of water may be solved are presented with a main emphasis on the advantages and disadvantages of each method. Furthermore, a critical assessment among the latter methods is made in order for the more suitable one to be found. The outcome of the afore research indicates that the most appropriate method to be used for the beach “Porto Katsiki” is the method of desalination. For this reason, the function as well as the advantages and disadvantages of desalination are analyzed. Moreover, the factors that determine the cost of a desalination unit as well as the effects that its function may have on the environment are examined. Finally, the technical elements of the process of desalination are emphasized and a solution is provided so that the problem of water supply at “Porto Katsiki” may be resolved.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς αποτελεί πολύτιμη αξία στην τροφική αλυσίδα. Έχει κατοχυρωθεί ως κοινωνικό αγαθό και η πρόσβασή του σε αυτό θεωρείται ως βασικό ανθρώπινο δικαίωμα. Επίσης το νερό αποτελεί ουσιώδη παράγοντα για την ανάπτυξη κάθε κοινωνίας, καθώς αποτελεί κινητήριο δύναμη τόσο για τον πρωτογενή όσο και για το δευτερογενή τομέα παραγωγής. Παρόλα αυτά το νερό από ανανεώσιμος πόρος τείνει να γίνει μη ανανεώσιμος λόγω της αυξημένης ζήτησης και της διαρκώς ελατούμενης προσφοράς. Ο άνθρωπος θεωρώντας το μέχρι σήμερα ως ανεξάντλητο το σπαταλούσε, ενώ την ίδια στιγμή τα παγκόσμια αποθέματα γλυκού νερού συνεχώς μειώνονται σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού. Η υπέρμετρη ζήτηση υδάτινων πόρων οφείλεται και στην τιμολόγηση νερού όπως γίνεται σήμερα. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρεώνουν με τιμές που μόλις τους επιτρέπουν να καλύπτουν το λειτουργικό τους κόστος, οι τιμές είναι χαμηλότερες από ότι θα έπρεπε με αποτέλεσμα να μην δημιουργείται περιβαλλοντική συνείδηση και διαρκώς η ζήτηση για νερό να αυξάνεται (Γρεβενίτης, 1997).

1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΕΙΔΗ ΝΕΡΟΥ

Ως γλυκό νερό χαρακτηρίζεται το νερό που είναι αβλαβές για την υγεία, ευχάριστο στη γεύση, διαυγές, άοσμο και απαλλαγμένο από μικρόβια και οργανικές ύλες. Η θερμοκρασία του πρέπει να κυμαίνεται από 10 °C έως 15 °C (Χονδρογιάννης, 1991). Το νερό στη φύση ακολουθεί διαρκώς μια διαδικασία η οποία καλείται «υδρολογικός κύκλος». Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφεται από τα ακόλουθα βήματα: αρχικά το νερό της θάλασσας εξατμίζεται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, στη συνέχεια οι υδρατμοί ανεβαίνουν στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας συμπυκνώνονται και σχηματίζουν σύννεφα, τα οποία υπό συγκεκριμένες συνθήκες δημιουργούν τη βροχή, το χιόνι και το χαλάζι με αποτέλεσμα το νερό να καταλήγει και πάλι στη γη. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο εξατμίζονται 453.000 – 500.000 km³ νερού περίπου από τις θάλασσες και τους ωκεανούς, από το οποίο το 90%

επιστρέφει σε αυτές και το 10% μεταφέρεται στο ηπειρωτικό τμήμα (Μανασσής, 2001). Το νερό, ανάλογα με την προέλευσή του διακρίνεται σε:

- Βρόχινο: Είναι άριστο όταν συλλέγεται με όλους τους κανόνες υγιεινής και όταν δεν μολύνεται από ξένους παράγοντες είναι κατάλληλο για πόση. Έχει μικρή σκληρότητα (PH), λόγω της έλλειψης ασβεστούχων αλάτων.
- Επιφανειακό: Είναι το νερό που προέρχεται από λίμνες και ποτάμια. Συνήθως, δεν είναι καθαρό και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για πόση, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα καθαρισμού.
- Θαλάσσιο: Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη. Με την μέθοδο της αφαλάτωσης γίνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση και ύδρευση .
- Υπόγειο: Αυτό το είδος νερού προέρχεται από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Είναι κατάλληλο για πόση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία
- Αρτεσιανό: Βρίσκεται μέσα στο έδαφος υπό πίεση και ανέρχεται στην επιφάνεια διαμέσου των πηγών. Το αρτεσιανό όπως και το υπόγειο είναι υγιεινό, καθώς διέρχονται μέσα από τα διάφορα εδαφικά στρώματα και καθαρίζονται από τα διάφορα μικρόβια, τις φυτικές και ζωικές ουσίες, που έχουν αποσυντεθεί και τα αδιάλυτα συστατικά που κατακρατούνται από τους κόκκους του εδάφους.

1.2 ΕΛΛΕΙΨΗ ΝΕΡΟΥ

Η έλλειψη νερού είναι παγκόσμιο φαινόμενο και ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του πλανήτη. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται κυρίως στις τεράστιες αλλαγές που έχουν γίνει το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα. Παράγοντες όπως η συγκέντρωση πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα και σε περιοχές με μικρή διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, όπως επίσης και οι αυξανόμενες ανάγκες για άρδευση, βιομηχανική παραγωγή και γενικά ο σύγχρονος τρόπος ζωής, έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό της ζήτησης νερού τον τελευταίο αιώνα. Στην Ευρώπη συγκεκριμένα η ζήτηση νερού για διάφορες χρήσεις αυξήθηκε 6.5 φορές τα τελευταία 50 χρόνια (Τσακίρης). Η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα στις 7 χώρες της Ευρώπης που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας και η ένταση του φαινομένου δεν είναι η ίδια σε όλη την γεωγραφική της έκταση. Το νερό ως το πλέον πολύτιμο αγαθό σήμερα θεωρείται ανεπαρκές και το χειρότερο είναι ότι και τα

περιορισμένα αποθέματα που υπάρχουν, δεν είναι πάντα καλής ποιότητας. Η συνεχής μείωση των υδάτινων αποθεμάτων, σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές και την υποβάθμιση του εδάφους λόγω μόλυνσης, έχουν ως αποτέλεσμα να μειώνονται οι ποσότητες του πόσιμου νερού προδιαγράφοντας μια κατάσταση στο μέλλον, δυσκολότερη από τη σημερινή. Επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στην Ελλάδα, οι κυρίαρχοι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την κατάσταση σύμφωνα με τη «Ελληνική επιτροπή για την καταπολέμηση της ερημοποίησης» (2001) είναι οι ακόλουθοι:

- η άνιση κατανομή των υδάτινων αποθεμάτων στον Ελλαδικό χώρο,
- η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στον χρόνο (βροχοπτώσεις κυρίως τους χειμερινούς μήνες),
- τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας,
- η μείωση βροχοπτώσεων και αύξηση της θερμοκρασίας λόγω κλιματικών αλλαγών,
- η μείωση των δασικών εκτάσεων λόγω πυρκαγιών, καθώς και η άναρχη δόμηση σε δασικές περιοχές που αυξάνουν τις επιφανειακές επιρροές,
- η αλόγιστη κατανάλωση νερού στις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. (καλλιέργειες, βιομηχανίες, ύδρευση),
- οι ανεξέλεγκτες γεωτρήσεις που κατασπαταλούν τα υπόγεια νερά και επιταχύνουν το φαινόμενο της υφαλμύρυνσης,
- η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης του νερού.

Ο μεγαλύτερος «καταναλωτής» νερού, η γεωργία, που κατέχει το 84% της συνολικής κατανάλωσης, καταναλώνει την ποσότητα αυτή, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Την περίοδο αυτή, το νερό ύδρευσης διπλασιάζεται λόγω τουρισμού και σε συνδυασμό με τις σχεδόν ανύπαρκτες βροχοπτώσεις, παρατηρούνται έντονα φαινόμενα λειψυδρίας.

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΥΚΑΔΑΣ

Ο νομός Λευκάδας βρίσκεται στη δυτική πλευρά της Ελλάδας, νότια της Κέρκυρας, πλησίον των ακτών της Αιτωλοακαρνανίας και ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια Ιονίων Νήσων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ο νομός έχει 22.506 κατοίκους. Πρωτεύουσα του νομού είναι η πόλη της Λευκάδας (δ. Λευκαδίων) με 6.903 κατοίκους ενώ άλλα σημαντικά χωριά είναι η Λυγιά (739 κατ.), το Νυδρί (865 κατ.), η Καρυά (989), τα Λαζαράτα (454 κατ.) και η Νικιάνα (666 κατ.). Στην Εικόνα 2.1 παρατηρείται η θέση του νησιού της Λευκάδας στην Ελληνική Επικράτεια.

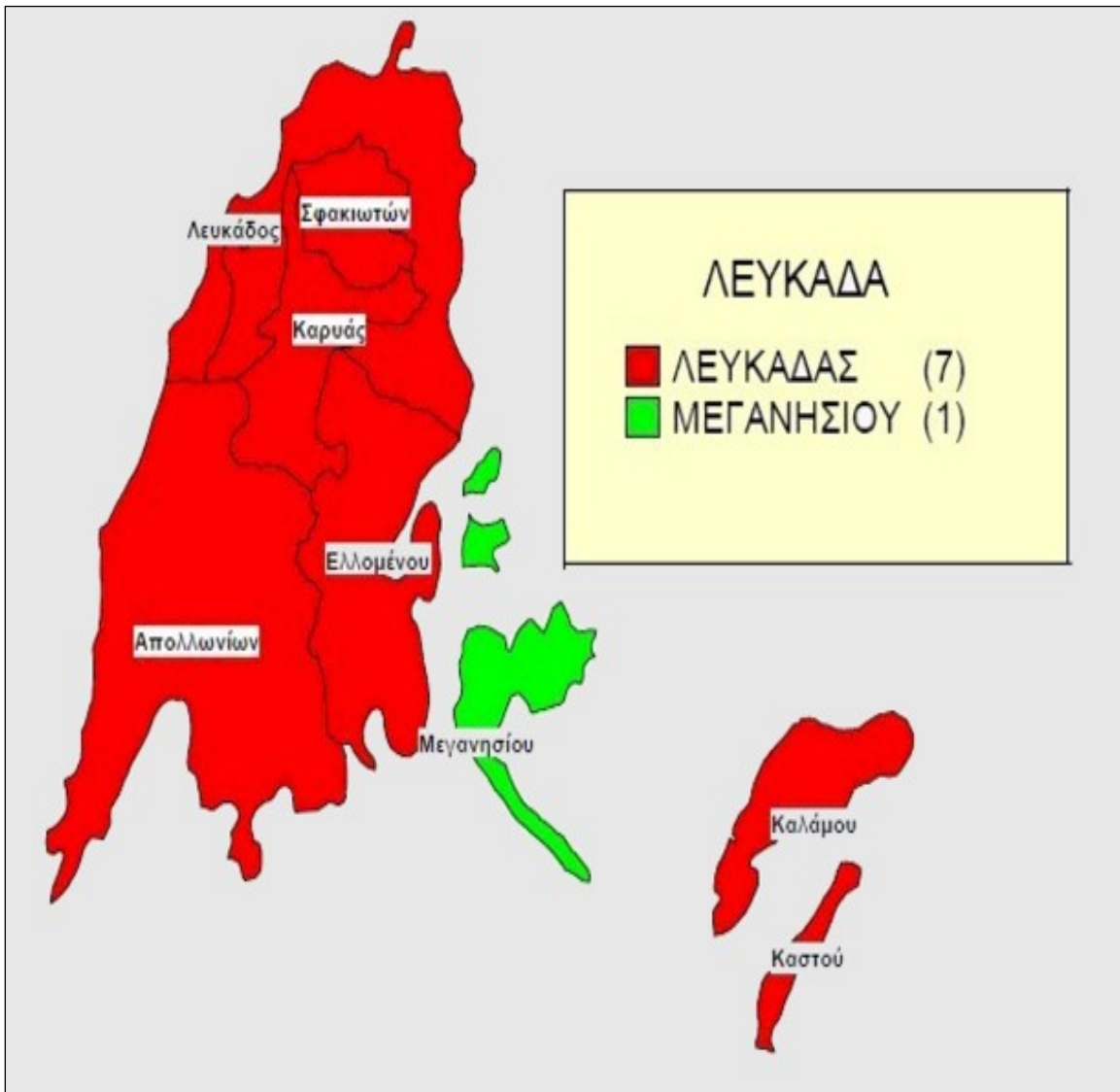
Εικόνα 2.1: Η θέση της Λευκάδας στον Ελλαδικό χώρο¹



¹ Από <http://www.holidays-in-lefkada.com/lefkas-map.html>

Με το νέο πρόγραμμα Καλλικράτης ο νομός Λευκάδας περιλαμβάνει 2 δήμους, τον ενιαίο δήμο Λευκάδας, δηλαδή το κυρίως νησί μαζί με τα νησιά του Καλάμου και του Καστού και τον δήμο Μεγανησίου. Επίσης διακρίνονται οι καποδιστριακοί δήμοι του νησιού μαζί με τις 2 κοινότητες του νομού όπως αυτοί ίσχυαν μέχρι και το 2010 (Εικόνα 2.2).

Εικόνα 2.2: Καλλικρατικοί δήμοι Λευκάδας και Μεγανησίου²



² <http://www.kolivas.de/2010/04/o-προτεινόμενος-χωροταξικός-σχεδια>

2.2 ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το νησί της Λευκάδας δεν διαθέτει πηγές οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του σε νερό. Παρόλο που οι βροχοπτώσεις είναι χαρακτηριστικό φαινόμενο στην Δυτική Ελλάδα κάθε χρόνο, το νερό από αυτές δεν αξιοποιείται και «χάνεται» στη θάλασσα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ολόκληρος σχεδόν ο νομός Λευκάδας να καλύπτει τις ανάγκες του από το υπόγειο υδατικό δυναμικό της γειτονικής περιοχής του Λούρου και συγκεκριμένα από τις πηγές του Αγίου Γεωργίου Φιλλιπιάδας. Η Λευκάδα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας μαζί με την Αιτωλοακαρνανία, την Ευρυτανία, κάποια τμήματα της Άρτας, της Φωκίδας και κάποια μικρότερα τμήματα των Τρικάλων και της Καρδίτσας. Οι ανάγκες της όμως σε νερό καλύπτονται από το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου στο οποίο ανήκει η περιοχή της Φιλλιπιάδας. Σύμφωνα με το Σύνδεσμο Ύδρευσης Λευκάδας-Αιτωλοακαρνανίας το νερό που καταναλώνει ο νομός Λευκάδας είναι 22.275 m^3 ημερησίως (περίπου $10.000.000 \text{ m}^3$ ετησίως). Με αυτό υδρεύεται ο δήμος Λευκάδας (περίπου $8.000.000 \text{ m}^3$ ετησίως) καθώς και οι υπόλοιποι δήμοι του νομού. Οι δήμοι του νομού Λευκάδας που δεν καλύπτουν τις ανάγκες τους με πόσιμο νερό από τις πηγές του Αγίου Γεωργίου είναι ο δήμος Απολλωνίων (Βασιλική) και ο δήμος Ελλομένου (Νυδρί). Ο δήμος Απολλωνίων καλύπτει τις υδατικές του ανάγκες από τις πηγές του Λούρου και το καλοκαίρι χρησιμοποιεί και δημοτικές γεωτρήσεις. Παρόλα αυτά διαπιστώνεται σημαντική έλλειψη. Ο δήμος Ελλομένου χρησιμοποιεί επίσης δημοτικές γεωτρήσεις αλλά το καλοκαίρι συμπληρώνει νερό για τις ανάγκες του από τις πηγές του Λούρου. Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζονται τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας καθώς και η εξάρτησή του καθενός από τα υπόλοιπα.

Εικόνα 2.3: Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας και οι μεταξύ τους εξαρτήσεις³

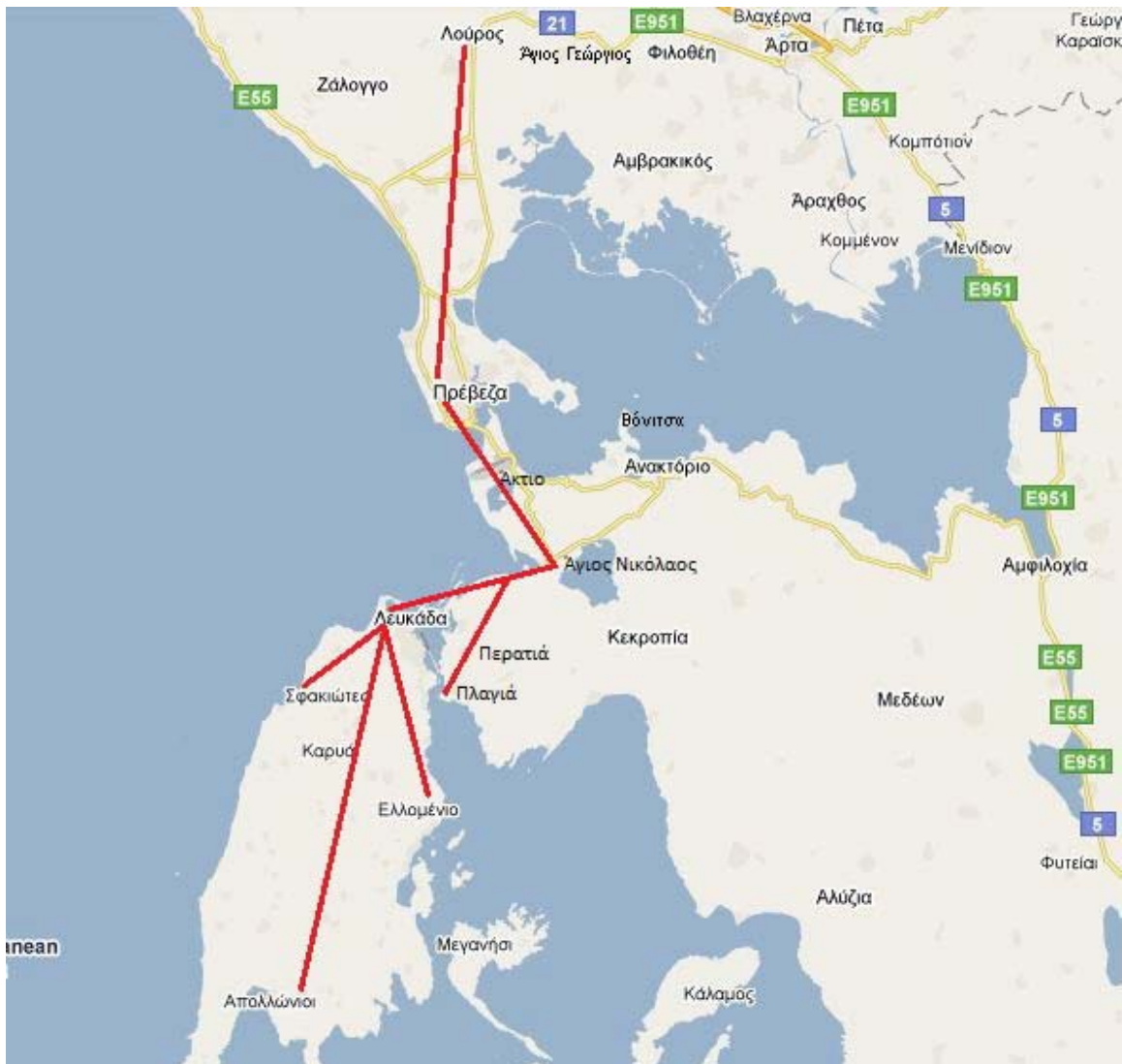


Ο κεντρικός αγωγός που υδροδοτεί την Λευκάδα, ακολουθεί την εξής διαδρομή (Εικόνα 2.4). Ξεκινά από τον Άγιο Γεώργιο στη περιοχή Λούρου και φτάνει στο Άκτιο όπου υπάρχει αντλιοστάσιο και από εκεί πληρώνεται μια μεγάλη δεξαμενή σε υψόμετρο 1000m. Ο αγωγός πριν το Άκτιο διακλαδίζεται σε δύο σημεία από όπου ξεκινούν αγωγοί που μεταφέρουν νερό στην Άρτα και στην Πρέβεζα. Στη συνέχεια, από το Άκτιο και

³ www.ypan.gr

μετά ο αγωγός φτάνει στη Λευκάδα με δύο ενδιάμεσες διακλαδώσεις που υδροδοτούν τον Άγιο Νικόλαο Αιτωλοακαρνανίας καθώς επίσης την Περατιά και την Πλαγιά Αιτωλοακαρνανίας. Υπολογίζεται ότι το κόστος κατασκευής του αγωγού από τις πηγές ως τη Λευκάδα έφτασε τα 2.500.000.000 δρχ.

Εικόνα 2.4: Χάρτης πορείας αγωγού υδροδότησης (Λούρος – Λευκάδα)⁴



Ο Σύνδεσμος Ύδρευσης Λευκάδας – Αιτωλοακαρνανίας είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία νερού σε όλους τους δήμους του νομού που υδρεύονται από τις πηγές του Άγιου Γεωργίου. Με αντλιοστάσια γεμίζει τις δεξαμενές των δήμων και κοινοτήτων και

⁴ Από <http://maps.google.com/>

από εκεί και πέρα ο κάθε δήμος είναι υπεύθυνος να τροφοδοτήσει τους καταναλωτές με πόσιμο νερό. Επίσης οι Δήμοι είναι υπεύθυνοι για την ποιότητα του νερού που προσφέρουν στους δημότες τους. Λόγω των πολλών αντλιοστασίων που χρησιμοποιούνται, το ενεργειακό κόστος για τον Σύνδεσμο Ύδρευσης Λευκάδας - Αιτωλοακαρνανίας ανέρχεται σε 32.000 ευρώ μηνιαίως (Κτενά, 2005).

2.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ – ΡΥΠΑΝΣΗ

Το νερό που υδροδοτεί τη Λευκάδα προέρχεται κατά κύριο λόγο από υπόγειες πηγές. Κύρια απειλή για την ποιότητα του νερού από υπόγειες πηγές είναι η εντατική χρησιμοποίησή τους, αλλά και η ρύπανση από χωματερές, μεταλλεία, νεκροταφεία κ.α. Κοντά στις πηγές του Αγίου Γεωργίου που υδροδοτούν το νησί υπάρχει ένα νεκροταφείο το οποίο αποτελεί μόνιμη απειλή για την ποιότητα του νερού. Αυτό αυξάνει την ανάγκη για τακτικό έλεγχο του νερού καθώς επίσης και την ανάγκη για μεταφορά του νεκροταφείου. Είναι γνωστό ότι το υπόγειο νερό κινείται πολύ αργά και για την αποκατάσταση της ποιότητας και της ποσότητας απαιτούνται πολλά χρόνια, η πρόληψη λοιπόν είναι ο καλύτερος τρόπος για την προστασία των υπόγειων νερών (Αντωνόπουλος, 2001). Οι δήμος Λευκάδας διενεργεί ελέγχους για την ποιότητα του νερού κάθε τρίμηνο. Υπεύθυνος για την δειγματοληψία είναι το Ινστιτούτο Γεωλογικών και & Μεταλλευτικών Ερευνών Πρεβέζης και οι αναλύσεις γίνονται στο Εργαστήριο Αναλύσεων Νερού στο Ι.Γ.Μ.Ε Πρεβέζης. Η δειγματοληψία γίνεται από διάφορα σημεία του νησιού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοπιστία των δειγμάτων. Ανεξαρτήτως των ελέγχων που γίνονται η ποιότητα του νερού δεν είναι η απαιτούμενη για όλες τις χρήσεις. Οι κάτοικοι του νησιού και ειδικότερα αυτοί του δήμου Λευκάδας καλύπτουν την ανάγκη τους για πόση με εμφιαλωμένο νερό ή αγοράζοντας νερό από τις πηγές «ΚΟΡΙΠΗ» που βρίσκονται στη γειτονική Βόνιτσα (Εικόνα 2.4). Το νερό από τις πηγές «ΚΟΡΙΠΗ» μεταφέρεται σχεδόν καθημερινά με υδροφόρο όχημα και διανέμεται σε ολόκληρο σχεδόν τον δήμο. Παλιότερα οι ανάγκες για πόσιμο νερό καλύπτονταν εξ' ολοκλήρου μέσω της μεταφοράς νερού από τη Βόνιτσα. Σήμερα η ποιότητα νερού του υφιστάμενου δικτύου έχει βελτιωθεί σημαντικά.

Παρόλα αυτά η αγορά εμφιαλωμένου νερού είναι ο κύριος τρόπος κάλυψης των αναγκών για πόση και η μεταφορά νερού συνεχίζεται έστω και σε μικρότερο βαθμό.

2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ

Ένας από τους κύριους παράγοντες που δημιουργεί το πρόβλημα της έλλειψης νερού είναι ο ίδιος ο άνθρωπος που προκαλεί ρύπανση των υδάτινων πόρων από βιομηχανικά, αστικά, αγροτικά λύματα και στερεά απορρίμματα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν και άλλοι λόγοι, ανεξάρτητοι της ανθρώπινης δραστηριότητας. Τέτοιοι λόγοι είναι κυρίως οι περιορισμένες βροχοπτώσεις, οι κλιματολογικές συνθήκες, η μικρή έκταση των νησιών που περιορίζει τη ποσότητα συγκέντρωσης νερού στο έδαφος και η έντονη ηλιοφάνεια που έχει ως αποτέλεσμα την εξάτμιση του νερού. Στη Λευκάδα συγκεκριμένα, παρότι οι βροχοπτώσεις είναι σημαντικές, το νερό «χάνεται» στη θάλασσα λόγω έλλειψης έργων. Το χειμώνα το πρόβλημα της έλλειψης νερού δεν είναι τόσο έντονο, τους καλοκαιρινούς όμως μήνες, όπου ο πληθυσμός του νησιού πολλαπλασιάζεται, η έλλειψη νερού είναι εμφανής. Χαρακτηριστικό είναι η ελάττωση της πίεσης του νερού καθώς και η διακοπή του νερού κάποιες ώρες της ημέρας καθημερινά. Μάλιστα υπάρχουν περιοχές που το καλοκαίρι υποφέρουν από διακοπές νερού ολόκληρες ημέρες. Αυτό εκτός των άλλων, έχει και ως αποτέλεσμα την δυσφήμιση του νησιού το οποίο σημαντικό αποτελεί πόλο έλξης χιλιάδων τουριστών κάθε χρόνο.

2.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ

Οι κυριότερες χρήσεις νερού στον νομό Λευκάδας είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία και η ύδρευση ενώ δεν περιλαμβάνεται χρήση νερού για βιομηχανική δραστηριότητα. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα στοιχεία των χρήσεων νερού του νομού σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (1995).

Πίνακας 2.1: Χρήσεις νερού στον Ν. Λευκάδας (ΕΛ. ΣΤΑΤ, 1995)

ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (hm ³ /έτος)	
	ΝΟΜΟΣ ΛΕΥΚΑΔΑΣ	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ (4ο) ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΑΡΔΕΥΣΗ	4.3	391.2
ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	0.3	9
ΥΔΡΕΥΣΗ	1.58	22.41

Όπως παρατηρείται, η ζήτηση νερού του νομού Λευκάδας σε σχέση με τη συνολική ζήτηση του υδατικού διαμερίσματος στο οποίο ανήκει είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Πρόκειται για την πιο χαμηλή ζήτηση σε σχέση με τους υπόλοιπους νομούς που περιλαμβάνονται στο 4^ο υδατικό διαμέρισμα, πράγμα απολύτως φυσιολογικό καθώς, ο νομός Λευκάδας αποτελεί τον μικρότερο νομό, όχι μόνο του 4^{ου} διαμερίσματος αλλά και ολόκληρης της Ελλάδας. Συγκεκριμένα η αρδευόμενη έκταση, που αποτελεί τον κύριο παράγοντα κατανάλωσης νερού, είναι μόλις 7.950 στρέμματα για τον νομό Λευκάδας τη στιγμή που η συνολική αρδευόμενη έκταση του διαμερίσματος ανέρχεται σε 556.406 στρέμματα.

2.6 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι». Η ακτή αυτή βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού της Λευκάδας και συγκεκριμένα στον δήμο Απολλωνίων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του δυτικού και νότιου τμήματος της Λευκάδας είναι η έντονη κλίση εδάφους, και τα βαθιά νερά. Το υψόμετρο λίγα μέτρα από την ακτογραμμή κυμαίνεται από 20 έως 100 μέτρα

(ΧΑΡΤΗΣ 1). Στο ανατολικό τμήμα του νησιού συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Η συγκεκριμένη παραλία μέχρι και σήμερα δεν διαθέτει καμία πηγή υδροδότησης. Αυτό δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην εξυπηρέτηση των εκατοντάδων λουομένων που επισκέπτονται καθημερινά την παραλία κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Από διερεύνηση που έχει κάνει ο δήμος φαίνεται ότι δεν υπάρχει προς το παρόν προοπτική για να υδροδοτηθεί η ακτή κολύμβησης από κάποια υφιστάμενη πηγή πόσιμου νερού που να βρίσκεται σε μικρή σχετικά απόσταση. Η εγκατάσταση και λειτουργία συστήματος τροφοδοσίας με νερό θεωρείται από το δήμο πρώτης προτεραιότητας:

- α) γιατί η συγκεκριμένη ακτή αποτελεί πόλο έλξης χιλιάδων τουριστών κάθε χρόνο
- β) για να αποφευχθεί η περαιτέρω ρύπανση και η υποβάθμιση από τον μεγάλο αριθμό επισκεπτών.

2.7 ΑΝΑΓΚΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι επισκέπτες σήμερα, την περίοδο αιχμής από 15 Ιουνίου μέχρι 15 Σεπτεμβρίου εκτιμάται ότι ανέρχονται σε 1000 άτομα περίπου ημερησίως. Στην ακτή έχουν κατασκευαστεί 4 τουαλέτες (WC) για την εξυπηρέτηση των επισκεπτών και παράλληλα λειτουργούν 4 καντίνες οι οποίες προβλέπεται να εφοδιαστούν με ισάριθμες τουαλέτες (WC). Μέχρι τώρα δεν έχει πραγματοποιηθεί, ούτε υπάρχει υπό μελέτη κάποιο έργο που αφορά την υδροδότηση της περιοχής, πράγμα το οποίο θα συμβάλει στην αναβάθμισή της. Σύμφωνα με στοιχεία από 39 ελληνικές πόλεις, προκύπτει ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση ανά άτομο είναι 137 lt. Η ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση ανέρχεται στα 54.8 lt/άτομο ενώ η μέγιστη στα 274 lt/άτομο (Καρκατσούλη, 2008).

Για 1000 άτομα ημερησίως η συνολική ποσότητα νερού που χρειάζεται για την περιοχή μελέτης υπολογίστηκε γύρω στα 46 m³/ημέρα και αφορά:

- τη χρήση τουαλέτας (WC): 1000 άτομα x 10 lt/ημέρα = 10 m³/ημέρα, λαμβάνοντας υπόψη ότι το νερό για κάθε χρήση του WC είναι 5 lt. Ενδεχομένως

η χρήση της τουαλέτας να είναι αναγκαία για περισσότερο από μία φορά για κάποιους καθώς και καθόλου για κάποιους άλλους.

- τις 4 καντίνες: με οικονομική χρήση νερού χρειάζονται 6 m^3 / ημέρα. Σε κάθε μία αντιστοιχεί $1.5 \text{ m}^3/\text{ημέρα} = 150 \text{ lt}/\text{ώρα} = 25 \text{ lt}/10 \text{ λεπτά}$, ποσότητα ικανοποιητική για χρήσεις νερού όπως πλυντήριο πιάτων, πλύσιμο πιάτων στο χέρι και άλλες.
- την ελεγχόμενη χρήση ντουζ: $30 \text{ m}^3/\text{ημέρα} = 30 \text{ lt}/\text{άτομο}$ Η χρήση ντουζ θα είναι ελεγχόμενη πράγμα που σημαίνει ότι αυτή η υπηρεσία μπορεί να παρέχεται στο τουριστικό κοινό με ένα μικρό αντίτιμο της τάξεως 0.5 ευρώ/χρήση ντουζ. Αυτό θα βοηθήσει σημαντικά στη μείωση της σπατάλης του νερού καθώς και στην απόσβεση ενός σημαντικού μέρους των δαπανών, που χρειάζονται για την κατασκευή του έργου.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι ανάγκες αυτές για νερό ισχύουν για την περίοδο αιχμής (15 Ιουνίου – 15 Σεπτεμβρίου) όπως προαναφέρθηκε και όχι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας αλλά για 12ωρη διάρκεια (8:00 – 20:00).

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΛΥΨΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

Για την επίλυση του σοβαρού προβλήματος της λειψυδρίας εμφανίζονται διάφορες τεχνικές λύσεις όπως η μεταφορά νερού, η κατασκευή φραγμάτων η αφαλάτωση και οι γεωτρήσεις. Η μείωση των βροχοπτώσεων, οι ακραίες κλιματολογικές μεταβολές και η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μερικοί παράγοντες που οδήγησαν πολλές χώρες στον κόσμο σε αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ύδρευσης. Η κακή διαχείριση των υδάτινων πόρων που θεωρείται από τα σημαντικότερα αίτια της λειψυδρίας οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και των επιφανειακών αποδεκτών, στην έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, στην κακή υποδομή όσον αφορά στα δίκτυα ύδρευσης και αποθήκευσης νερού, αλλά και στην τάση για προσωρινές και μη αποτελεσματικές λύσεις⁵.

3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ

Η μεταφορά νερού είναι μία επιλογή για πολλά νησιά που δεν έχουν άλλους τρόπους ύδρευσης ειδικά το καλοκαίρι όπου η ζήτηση είναι αυξημένη λόγω τουρισμού. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι αποτελεί μια απλή λύση καθώς δεν απαιτεί ιδιαίτερες υποδομές. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια δεξαμενή κατάλληλης χωρητικότητας ώστε να μπορεί να δεχτεί το απαιτούμενο νερό για την κάλυψη των αναγκών. Η μεταφορά γίνεται είτε με πλοία υδροφόρες είτε με υδροφόρα οχήματα. Όσο απλή όμως και αν φαίνεται το μεγάλο πρόβλημα δεν είναι άλλο από το κόστος. Το νερό που μεταφέρεται προέρχεται κυρίως από την ΕΥΔΑΠ, ενώ το κόστος για την μεταφορά κυμαίνεται ανάλογα την περιοχή. Κατά καιρούς έχουν υπάρξει και διάφορες ενστάσεις για την ποιότητα του νερού από αυτή τη μέθοδο. Επίσης το μεταφερόμενο νερό μπορεί να προέρχεται από περιοχή χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα αλλά δεν παύει να είναι πολύτιμο για την περιοχή η οποία θα το στερηθεί. Στα μειονεκτήματα της παραπάνω λύσης θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το περιβαλλοντικό κόστος στη περίπτωση που η μεταφορά γίνεται με υδροφόρα πλοία, καθώς επιβαρύνουν τη θάλασσα με απόβλητα και καυσαέρια

⁵ <http://www.enthesis.net>

(Σαμακίδης, 2009). Όλα τα παραπάνω μειονεκτήματα την καθιστούν μια «λύση απελπισίας» λόγω της αδυναμίας εφαρμογής άλλων μεθόδων, του υψηλού κόστους, αλλά και επειδή καθιστά μια περιοχή εξαρτημένη από μία άλλη. Όσον αφορά το νησί της Λευκάδας, όπως προαναφέρθηκε οι ανάγκες για πόσιμο νερό καλύπτονται είτε με την αγορά εμφιαλωμένου νερού είτε με τη μεταφορά νερού με υδροφόρο όχημα. Το κόστος για 10 lt αγγίζει το 1 €. Με δεδομένο αυτό το κόστος, η μεταφορά νερού στην περίπτωση της περιοχής μελέτης κρίνεται απαγορευτική.

3.2 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των γεωτρήσεων έχει ως αποτέλεσμα ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι να καταφεύγουν στην εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες τους σε ύδρευση και άρδευση. Αρχικά είναι αναγκαίο να εντοπιστεί ο υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής όπου θα γίνει η γεώτρηση και στη συνέχεια πραγματοποιείται η μελέτη της περιοχής και του χώρου όπου πρόκειται να γίνει η γεώτρηση. Η διάρκεια που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί ένα τέτοιο έργο σχετίζεται από το βάθος της γεώτρησης, το πλάτος της, και την διαπερατότητα του εδάφους. Όταν ολοκληρωθεί η διάτρηση απαιτείται η εσωτερική ενίσχυση με ειδικό σωλήνα έτσι ώστε να διασφαλίζεται η καλή λειτουργία του έργου. Πριν αρχίσει να λειτουργεί η γεώτρηση συνήθως γίνεται μια δοκιμαστική άντληση και καθαρισμός της γεώτρησης με αέρα. Η γεώτρηση είναι μια διαδικασία με χαμηλό κόστος καθώς δεν απαιτούνται ιδιαίτερες εγκαταστάσεις. Το κόστος κυμαίνεται ανάλογα με το βάθος της γεώτρησης, την ποσότητα και την ποιότητα παραγόμενου νερού καθώς και το είδος του εδάφους της κάθε περιοχής. Το μειονέκτημα στη γεώτρηση είναι ότι το νερό δεν είναι πάντα καλής ποιότητας και απαιτείται φιλτράρισμα. Ένα σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται από την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων από τις αμέτρητες γεωτρήσεις που λειτουργούν είναι η υφαλμύριση, δηλαδή η ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού. Το φαινόμενο της υφαλμύρισης είναι δύσκολα αναστρέψιμο και εντοπίζεται κυρίως σε παράκτιες και νησιώτικες περιοχές. Αυτό κάνει σχεδόν αδύνατη την τοποθέτηση μιας γεώτρησης κοντά στη θάλασσα καθώς η εισροή θαλάσσιου νερού έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της. Η σημαντική αύξηση των αντλούμενων

ποσοτήτων υπόγειου νερού τα τελευταία χρόνια, από μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων σε συνεχώς αυξανόμενο βάθος, οδήγησε στην μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα. Ακόμη, η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων οδηγεί σε προβλήματα όπως συμπίεση του εδάφους, αύξηση του κόστους άντλησης, καθιζήσεις και πλημμυρικά φαινόμενα⁶.

3.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Ένας βασικός λόγος για την κατασκευή ενός φράγματος, είναι η συλλογή νερού για την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών. Σήμερα, τα αγροτικά προϊόντα που μπορούν να δώσουν ικανοποιητικό εισόδημα στους αγρότες (καλαμπόκι, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα, κηπευτικά), απαιτούν συνεχή άρδευση και σημαντικές ποσότητες νερού. Δυστυχώς, η κατανομή των βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο είναι τέτοια, που η υγρή εποχή συμπίπτει με το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι που καλλιεργούνται τα περισσότερα φυτά, οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες. Προέκυψε λοιπόν η ανάγκη αποταμίευσης νερού κατά τη διάρκεια της υγρής και πλούσιας σε νερό περιόδου προκειμένου να εξασφαλίζεται νερό για τις πιο ξηρές περιόδους του έτους. Τα φράγματα είναι έργα ιδιαίτερης σημασίας με σημαντικό κόστος. Απαιτούν πολύ χρόνο για να κατασκευαστούν και ιδιαίτερα σοβαρές και πολυδάπανες γεωλογικές, περιβαλλοντικές και στατικές μελέτες. Αφού αποφασιστεί η θέση του, αρχίζουν ειδικές μελέτες και έρευνες του εδάφους και του υπεδάφους της περιοχής (γεωφυσικές έρευνες, γεωτρήσεις), με στόχο να διαγνωστούν πιθανές αδυναμίες, που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν αργότερα προβλήματα διαφυγής νερού και καταστροφής του φράγματος. Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή του φράγματος απαιτείται ένα σημαντικό χρονικό διάστημα για να γεμίσει ο υδροταμιευτήρας που εξαρτάται από την ένταση των βροχοπτώσεων, το ύψος του, και το μέγεθός του. Η λύση της κατασκευής των φραγμάτων ενδείκνυται σε περιοχές όπου το ανάγλυφο του εδάφους έχει έντονες κλίσεις και υψομετρικές διαφορές οπότε επιτυγχάνεται η επιφανειακή απορροή σημαντικών ποσοτήτων νερού. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Μυκόνου όπου μετά την κατασκευή δύο φραγμάτων λύθηκε το

⁶ <http://www.geotriseis-geothermia.gr/>

πρόβλημα της ύδρευσης. Φυσικά ούτε αυτή η λύση έχει μόνο πλεονεκτήματα καθώς η κατασκευή ενός φράγματος, έστω και μικρού, έχει υψηλό κόστος, απαιτεί πολλές υποδομές ενώ προκαλεί και σημαντική αλλοίωση στο περιβάλλον καθώς είναι μια μόνιμη κατασκευή η οποία ενδεχομένως να μην είναι και αισθητικά η καταλληλότερη (Σαμακίδης, 2009). Παρότι όμως ένα φράγμα αποτελεί μια λύση για υδροδότηση, ταυτόχρονα προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον όπως: α) η συγκράτηση του υδάτινου όγκου εντός του υδροταμιευτήρα καθώς επίσης και οι μεταβολές στη ροή του ποταμού που φράσσεται, εμποδίζουν την αναπαραγωγή των ψαριών και επηρεάζουν αρνητικά την πανίδα της περιοχής, β) η κάλυψη αρχαιολογικών χώρων και χώρων με ιδιαίτερη τοπογραφική, γεωλογική και αισθητική αξία, γ) η δημιουργία προβλημάτων στη διέλευση ζώων καθώς και αρνητικές συνέπειες στους θαλάσσιους οργανισμούς καθώς θα περνούν διαμέσου υδροφρακτών και στροβίλων, δ) η εκφόρτιση τοξικών ουσιών (φυτοφάρμακα, τοξικά μέταλλα) στο ποτάμιο οικοσύστημα και η συμπύκνωσή τους στην τροφική αλυσίδα μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις σε ευαίσθητα οικοσυστήματα ε) η αύξηση στις ασθένειες που οφείλονται στην ύπαρξη στάσιμων νερών, όπως τύφος, τυφοειδής πυρετός, ελονοσία και χολέρα και στ) η αλλαγή στο μικροκλίμα της περιοχής (Φιλίντας, 2008).

3.4 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Η αφαλάτωση είναι μια διαδικασία ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό, υφάλμυρο ή χαμηλής ποιότητας νερό, μέσω διεργασιών αφαίρεσης αλάτων από τα αλατούχα ύδατα. (Δαγκαλίδης, 2009). Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι αφαλάτωσης και διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: α) η πρώτη βασίζεται στην απόσταξη όπου το νερό αλλάζει τουλάχιστον δύο φορές φάση και β) η δεύτερη βασίζεται στη χρήση μεμβρανών οι οποίες διαχωρίζουν το νερό από τα άλατα. Η επιλογή της μεθόδου έχει να κάνει με πολλές παραμέτρους όπως η τοποθεσία, οι ειδικές καταστάσεις κάθε περιοχής, η διαθεσιμότητα της ενέργειας και η προέλευση και ποιότητα του νερού (αλμυρό ή υφάλμυρο). Η κάθε μέθοδος μπορεί να αξιολογηθεί με βάση τις απαιτήσεις του εκάστοτε προβλήματος. Η αφαλάτωση εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε περιοχές οι οποίες έχουν πρόσβαση σε θαλασσινό νερό και εμφανίζουν ξηρασία και προβλήματα έλλειψης νερού (Σαμακίδης, 2009). Όσον

αφορά την ποιότητα του νερού που παράγεται από αφαλάτωση, με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί η γεύση του να μην διαφέρει ιδιαίτερα από αυτή του γλυκού νερού. Η επεξεργασία αυτή είναι απαραίτητη, καθώς από το αφαλατωμένο νερό απουσιάζουν εντελώς τα άλατα και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται ανάμιξη με ποσότητες υφάλμυρου νερού ώστε να επιτυγχάνεται ένα ικανοποιητικό επίπεδο γεύσης. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μονάδων αφαλάτωσης σε σχέση με άλλες μεθόδους είναι ότι μπορούν να λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα τις βροχοπτώσεις (Γ. Γ. Επικοινωνίας - Ενημέρωσης, 2007).

3.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.5.1 Κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων

Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις βασίζονται τόσο στην επίλυση του προβλήματος ισοσκελισμού της ζήτησης και της προσφοράς νερού σε διάφορες χρήσεις, όσο και στις 3 διαστάσεις (περιβαλλοντική – κοινωνική – οικονομική) που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους εκτιμήσεις και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1: Κριτήρια αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ	
<p>Προώθηση του στόχου της "καλής ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των υδάτων" (Στόχος Οδηγίας-Πλαίσιο)</p>	<p>Εξετάζεται αν η λύση διευκολύνει την επίτευξη "καλής ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης" όλων των τύπων υδάτων (υπόγεια, επιφανειακών, παράκτιων)</p>
<p>Ποιότητα νερού συστήματος</p>	<p>Εξετάζεται η ποιότητα του παραγόμενου νερού</p>
<p>Αλλοίωση τοπίου</p>	<p>Εξετάζεται σε τι βαθμό αλλοιώνεται το τοπίο</p>
ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ	
<p>Ισοσκελίση ζήτησης - προσφοράς νερού</p>	<p>Εξετάζεται αν η λύση συνεισφέρει στην επίλυση του προβλήματος ισοσκελισμού ζήτησης και προσφοράς νερού σε διάφορες χρήσεις σε μακροπρόθεσμη βάση</p>
<p>Συνεισφορά στην προώθηση ανάπτυξης υδατικής συνείδησης</p>	<p>Εξετάζεται αν η λύση προωθεί την δημιουργία υδατικής συνείδησης</p>
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ	
<p>Κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας έργου</p>	<p>Εξετάζεται ποια λύση συμφέρει περισσότερο οικονομικά</p>

Τα κριτήρια αυτά βαθμολογούνται με τον ακόλουθο τρόπο όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2:

Πίνακας 3.2: Τρόπος βαθμολόγησης εναλλακτικών λύσεων

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
+	Το σενάριο ικανοποιεί το κριτήριο και θα έχει θετικές επιπτώσεις (ανάλογα με το πλήθος των +)
0	Το σενάριο θα έχει ουδέτερες ή αβέβαιες επιπτώσεις
-	Το σενάριο θα έχει αρνητικές επιπτώσεις και θα επιδεινώνει τα τυχόν υφιστάμενα προβλήματα (ανάλογα με το πλήθος των -)

3.5.2 Συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων

Στον πίνακα 3.3 αξιολογούνται οι εναλλακτικές λύσεις για την υδροδότηση της ακτής κολύμβησης «Πόρτο Κασίκι». Οι επιλογές για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η μεταφορά νερού, η δημιουργία μικρού φράγματος, η κατασκευή γεώτρησης και η εγκατάσταση και λειτουργία συστήματος αφαλάτωσης. Επίσης εξετάζεται η μηδενική λύση, δηλαδή η διατήρηση της υπάρχουσας κατάστασης.

Πίνακας 3.3: Συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων (1/2)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ					ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΛΥΣΗ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΡΑΓΜΑ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ							
Προώθηση του στόχου της "καλής ποιοτικής και ποσοτικής καταστάσης των υδάτων" (Στόχος Οδηγίας-Πλαίσιο)	Εξετάζεται αν η λύση διευκολύνει την επίτευξη "καλής ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης" όλων των τύπων υδάτων (υπόγεια, επιφανειακών, παράκτιων)	+	-	-	-	+	Με τη γεώτρηση, ειδικά από τη στιγμή που αυτή θα βρίσκεται κοντά στη θάλασσα, κάποια στιγμή θα παρατηρηθούν φαινόμενα υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων. Στην περίπτωση της μεταφοράς νερού δε πρέπει να αγνοηθεί ότι οι μεταφερόμενες ποσότητες προέρχονται από άλλη περιοχή, η οποία και τις στερείται.
Ποιότητα νερού	Εξετάζεται η ποιότητα του παραγόμενου νερού	0	-	+	+	++	Η αφαλάτωση μπορεί να δώσει νερό άριστης ποιότητας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι το νερό της γεώτρησης και του φράγματος δεν είναι καλό ποιοτικά.
Αλοιώση τοπίου	Εξετάζεται σε τι βαθμό αλλοιώνεται το τοπίο	+	+	+	---	-	Είναι προφανές ότι οποιοδήποτε τέτοια δραστηριότητα (πλην της μεταφοράς νερού) κοντά σε μια παραλία προκαλεί αλλοίωση του τοπίου. Ειδικά στη περίπτωση του φράγματος, το οποίο είναι μόνιμη κατασκευή, το αισθητικό πρόβλημα είναι μεγάλο. Ο μοναδικός τρόπος για τη μη αλλοίωση του τοπίου είναι η συνέχιση της υφιστάμενης κατάστασης.

Πίνακας 3.3: Συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων (2/2)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ					ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ							
Ισοσκελίση ζήτησης - προσφοράς νερού	Εξετάζεται αν η λύση συνεισφέρει στην επίλυση του προβλήματος ισοσκελισμού ζήτησης και προσφοράς νερού σε διάφορες χρήσεις σε μακροπρόθεσμη βάση	-	-	-	+	+	Η λύση της γεώτρησης δεν είναι ασφαλής καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες, που οι βροχοπτώσεις είναι χαμηλές, είναι πιθανόν να υπάρχουν προβλήματα εξάντλησης υδάτινων αποθεμάτων νερού.
Συνεισφορά στην προώθηση ανάπτυξης υδατικής συνείδησης	Εξετάζεται αν η λύση προωθεί την δημιουργία υδατικής συνείδησης	+	+	+	-	-	Η μεταφορά νερού λόγω τιμολογιακών μέτρων και η γεώτρηση λόγω των πιθανών περιορισμένων υπόγειων υδάτων θα γίνεται προσεχτικά κατανάλωση νερού. Αντίθετα η λύση της αφαλάτωσης ή του φράγματος ενθαρύνουν την αυξημένη κατανάλωση.
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ							
Κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας έργου	Εξετάζεται ποια λύση συμφέρει περισσότερο οικονομικά	0	--	+	--	-	Η κατασκευή ενός φράγματος έστω και μικρού προϋποθέτει πολλές υποδομές και έχει υψηλό κόστος. Επίσης η μεταφορά νερού έχει και αυτή μεγάλο κόστος.

3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Με την αξιολόγηση που έγινε προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα για την καταλληλότερη μέθοδο που είναι αναγκαίο να εφαρμοστεί για την υδροδότηση της ακτής κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι».

- Με βάση τα περιβαλλοντικά κριτήρια, η μονάδα αφαλάτωσης υπερτερεί από τις υπόλοιπες μεθόδους. Το νερό που παράγεται από μια μονάδα αφαλάτωσης είναι αρίστης ποιότητας χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η ποιότητα νερού από γεώτρηση ή φράγμα δεν είναι καλή. Η ποιότητα νερού που προέρχεται από τη μεταφορά σε υδροφόρα όχηματα είναι πάντα αμφιβόλου ποιότητας σύμφωνα με πολλές έρευνες. Οι γεωτρήσεις δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μακροχρόνια με ημερήσια παραγωγή νερού 50 m³ καθώς ο κίνδυνος της υφαλμύρισης σε παραθαλάσσιες περιοχές είναι μεγάλος. Σχετικά με την αλλοίωση τοπίου, όλες οι εναλλακτικές με εξαίρεση τη μεταφορά νερού, μειονεκτούν. Ειδικά η περίπτωση του φράγματος προκαλεί σημαντική αλλοίωση στο περιβάλλον λόγω των απαιτούμενων υποδομών. Επίσης, κρίνεται ασύμφορο να κατασκευαστεί ολόκληρο φράγμα για τόσο μικρή ποσότητα νερού όσο αυτή που χρειάζεται η περιοχή μελέτης.
- Με βάση τα κοινωνικά κριτήρια δε φαίνεται να υπερτερεί κάποια μέθοδος ξεκάθαρα καθώς όλες έχουν μειονεκτήματα. Με τη μεταφορά νερού και την γεώτρηση δεν εξασφαλίζεται η ισοσκελίση ζήτησης – προσφοράς νερού καθώς η γεώτρηση πιθανόν να μη λειτουργεί συνεχώς λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι το μεταφερόμενο νερό προέρχεται από άλλη περιοχή η οποία και το στερείται. Αντίθετα η αφαλάτωση και τα φράγμα μειονεκτούν στην προώθηση υδατικής συνείδησης καθώς προσφέρουν άφθονη ποσότητα νερό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή με αποτέλεσμα την σπατάλη του.
- Με βάση τα οικονομικά κριτήρια μια γεώτρηση ασφαλώς και πλεονεκτεί από τις υπόλοιπες μεθόδους. Η μεταφορά νερού αποτελεί τη λύση με το πιο ακριβό

κόστος ενώ και η κατασκευή ενός φράγματος προϋποθέτει πολλές δαπάνες για μελέτες, κατασκευή και συντήρηση.

- Τέλος η μηδενική λύση δεν είναι δυνατόν να συνεχιστεί να εφαρμόζεται, καθώς η περιοχή είναι αναγκαίο να αναβαθμιστεί και να αναδειχθεί. Με την συνέχιση της υφιστάμενης κατάστασης τα μόνα πλεονεκτήματα είναι η διατήρηση του τοπίου και το μηδενικό οικονομικό κόστος, καθώς δεν υφίσταται κάποιο έργο. Σε αυτή την περίπτωση η υποβάθμιση είναι σίγουρη καθώς ο αριθμός επισκεπτών ολοένα και αυξάνεται κάθε χρόνο.

Βάση αυτών των συμπερασμάτων, είναι λογικό ότι οι επικρατέστερες λύσεις για την υδροδότηση της ακτής κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» είναι η μέθοδος της αφαλάτωσης και η γεώτρηση. Η λειτουργία μιας γεώτρηση όμως δεν είναι δυνατόν να καλύψει τις ανάγκες της περιοχής ($50 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$) λόγω της χαμηλής στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς και του αυξημένου κινδύνου υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων που μπορεί να οδηγήσει στην υφαλμύριση του υδροφορέα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η καταλληλότερη μέθοδος για την υδροδότηση της περιοχής μελέτης είναι η μέθοδος της αφαλάτωσης. Παρόλα αυτά ένα ιδανικό σενάριο για την περιοχή, θα ήταν η λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης σε συνδυασμό με μια μία γεώτρηση, η οποία θα λειτουργεί ως εφεδρική σε περίπτωση που υπάρξει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.

4. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεν υπάρχει κάποιο ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για την αφαλάτωση αλλά εφαρμόζεται η νομοθεσία για την διαχείριση υδάτινων πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος. Στο κεφαλαίο αυτό θα γίνει αναφορά στο κοινοτικό και εθνικό θεσμικό πλαίσιο και στην εναρμόνιση της Οδηγίας Πλαίσιο (2000/60) για τα νερά στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι για την εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης ισχύει η νομοθεσία για την αδειοδότηση των δημόσιων και ιδιωτικών έργων.

4.2 ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Παρόλο που η Ευρώπη δεν αντιμετωπίζει προβλήματα λειψυδρίας, η ποιότητα του νερού της δεν χαρακτηρίζεται ικανοποιητική. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 65% του συνολικού πόσιμου νερού της Ευρώπης προέρχεται από υπόγεια ύδατα και το 60% των ευρωπαϊκών πόλεων υπερεκμεταλεύονται τα υπόγεια νερά τους. Ακόμη το 20% των επιφανειακών υδάτων απειλείται σοβαρά από ρύπανση και το 50% των υγροτόπων βρίσκονται σε δεινή περιβαλλοντική κατάσταση. Τέλος η αρδευόμενη έκταση στην νότια Ευρώπη έχει αυξηθεί κατά 20% τα τελευταία 30 χρόνια με αποτέλεσμα την αλματώδη αύξηση της ζήτησης νερού (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση στις 2 Φεβρουαρίου 1996 με σκοπό την διαμόρφωση ενιαίας πολιτικής στο θέμα της διατήρησης και προστασίας των υδάτινων πόρων. Κύρια σημεία της πολιτικής αυτής, είναι η εξασφάλιση πόσιμου νερού, η προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ο περιορισμός των φυσικών καταστροφών. Η Επιτροπή εξέδωσε μια ακόμη ανακοίνωση για την κοστολόγηση και τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Σύμφωνα με αυτή κάθε φορέας του οποίου η δραστηριότητα προκάλεσε ή πρόκειται να προκαλέσει περιβαλλοντική ζημιά, είναι ο οικονομικά υπεύθυνος για τη λήψη των απαραίτητων

μέτρων αποκατάστασης ή πρόληψης της περιβαλλοντικής ζημιάς. Για την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση η Επιτροπή ανακοίνωσε την Οδηγία 98/93/ΕΚ στις 3 Νοεμβρίου 1998. Με την Οδηγία αυτή, καθορίζονται τα κριτήρια υγιεινής και καθαριότητας που πρέπει να πληρούν τα νερά της Κοινότητας ώστε να μην θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να λαμβάνουν όλα τα μέτρα που είναι απαραίτητα για καθαρό πόσιμο νερό, να καθορίζουν παραμετρικές τιμές αντίστοιχες με αυτές της Οδηγίας, να πραγματοποιούν ελέγχους για την ποιότητα των νερών ανά τακτά χρονικά διαστήματα, να ενημερώνουν τακτικά τους πολίτες και να δημοσιεύουν εκθέσεις σχετικά με την ποιότητα του νερού. Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση ανακοίνωσε το 2001 κατευθύνσεις με τίτλο «Προς μια αειφόρο διαχείριση των υδάτινων πόρων: Μία στρατηγική προσέγγιση». Σκοπός των κατευθύνσεων αυτών είναι η σωστή διαχείριση και αξιοποίηση των υδάτινων πόρων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2005).

4.2.1 Η Οδηγία πλαίσιο περί υδάτων (2000/60/ΕΚ)

Με την Οδηγία-Πλαίσιο περί υδάτων η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει πλαίσιο για την προστασία:

- α) των εσωτερικών και επιφανειακών υδάτων
- β) των υπόγειων υδάτων,
- γ) των μεταβατικών υδάτων,
- δ) παράκτιων υδάτων,

Κύριες κατευθύνσεις της παρούσας Οδηγίας είναι η πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης, η προώθηση μίας βιώσιμης χρήσης του νερού, η προστασία του περιβάλλοντος, η βελτίωση της κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων των πλημμύρων και της ξηρασίας. Στόχος της είναι να επιτύχει «καλή κατάσταση» από οικολογικής και χημικής άποψης σε όλα τα κοινοτικά ύδατα μέχρι το 2015. Τα κράτη μέλη καλούνται να καταγράψουν τις υδρογραφικές λεκάνες στην επικράτεια τους και να τις συνδέσουν με υδρογραφικές περιοχές. Οι υδρογραφικές λεκάνες που εκτείνονται στις επικράτειες περισσότερων τους ενός κράτους μέλους,

θεωρείται ότι αποτελούν μέρος διεθνούς περιοχής λεκάνης απορροής. Μέχρι το 2004 το κάθε κράτος μέλος έπρεπε να έχει καταγράψει:

- α) τα χαρακτηριστικά της κάθε υδρογραφικής περιοχής τους,
- β) τις επιπτώσεις που προκαλεί η ανθρώπινη δραστηριότητα στα ύδατα,
- γ) την οικονομική ανάλυση της αξιοποίησης των υδάτων τους,
- δ) τις περιοχές που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας,
- ε) τα υδατικά οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται για υδροληψία με σκοπό ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν ποσότητες άνω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα.

Η καταγραφή αυτή θα επαναληφθεί το 2013 και ύστερα θα επαναλαμβάνεται ανά έτη. Η Οδηγία-Πλαίσιο ενθαρρύνει όλους τους πολίτες να συμμετέχουν ενεργά στην προστασία και στη διαχείριση των υδάτων αφού σε τελική ανάλυση η νομοθεσία θεσπίζεται για τους ίδιους, με στόχο την καλή ποιότητα και επαρκή ποσότητα υδάτων. Επίσης σκοπός της Οδηγίας είναι η μείωση και εξουδετέρωση κάθε μορφής ρύπανσης των υδάτων. Για τον έλεγχο της ρύπανσης έχει εκπονηθεί ένας κατάλογος ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις ρυπογόνες ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν κινδύνους στο υδάτινο περιβάλλον. Τέλος, η Οδηγία υιοθετεί την αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει» σύμφωνα με την οποία ο καθένας είναι υπεύθυνος για τις ζημιές που πρόκειται να προκαλέσει στο περιβάλλον και υποχρεώνεται να τις αποκαταστήσει οικονομικά (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2000).

4.3 ΕΘΝΙΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Από το 1900 μέχρι το 1985, η θέσπιση νομοθετικού πλαισίου στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από πλειάδα νόμων, διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Το 1986 γίνεται η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για τη θέσπιση ενός κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου με στόχο την προστασία και σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων. Συγκεκριμένα θεσπίζεται ο Ν. 1650/86 ο οποίος αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας του. Έναν χρόνο αργότερα, με τον Ν. 1739/87, εκσυγχρονίζεται η τότε υπάρχουσα νομοθεσία και

θεσμοθετούνται διαδικασίες και όργανα για την διαχείριση των υδάτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Επίσης καθορίζεται ο ρόλος των εμπλεκόμενων φορέων, με το Υπουργείο Ανάπτυξης να έχει ως αρμοδιότητα την διαχείριση των υδάτινων πόρων σε κεντρικό επίπεδο. Ακόμη καθορίζονται οι αρμόδιοι φορείς για την έρευνα και τον έλεγχο των υδάτινων πόρων καθώς και οι αρμοδιότητες των φορέων διανομής νερού. Τέλος, καθορίζονται τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα ως εξής:

- 1) Δυτικής Πελοποννήσου
- 2) Βόρειας Πελοποννήσου
- 3) Ανατολικής Πελοποννήσου
- 4) Δυτικής Στερεάς Ελλάδας
- 5) Ηπείρου
- 6) Αττικής
- 7) Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας
- 8) Θεσσαλίας
- 9) Δυτικής Μακεδονίας
- 10) Ανατολικής Μακεδονίας
- 11) Θράκης
- 12) Κρήτης
- 13) Νήσων Αιγαίου

Τα Υδατικά Διαμερίσματα αποτελούν το χώρο εφαρμογής της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε περιφερειακό επίπεδο (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001).

4.3.1 Ο νόμος 3199/2003

Παρόλο που με τον Ν.1739/87 εκσυγχρονίστηκε η τότε υπάρχουσα νομοθεσία για την διαχείριση των υδάτινων πόρων, η πολυπλοκότητα των διοικητικών σχημάτων, οι αδυναμίες του δημόσιου τομέα και το πρόβλημα κατανομής αρμοδιοτήτων είχε ως αποτέλεσμα μια επιφανειακή αντιμετώπιση του προβλήματος. Μετά από αρκετές καθυστερήσεις και διαβουλεύσεις η Οδηγία 2000/60/ΕΚ ενσωματώθηκε στο ελληνικό

δίκαιο το 2003 με τον Ν. 3199/2003. Επικεφαλής τίθεται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων η οποία έχει την τελική ευθύνη για την διαχείριση των υδάτων. Επίσης, ορίζεται α) το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων το οποίο υποβάλλει κάθε χρόνο μια έκθεση σχετικά με την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος της χώρας, β) η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων η οποία έχει συντονιστικό χαρακτήρα και γ) οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων, οι οποίες ελέγχονται από την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, και φέρουν την ευθύνη υλοποίησης των μέτρων προστασίας και αναβάθμισης των νερών. Τα νέα αυτά όργανα συστάθηκαν το 2005 αλλά η πορεία τους δεν ήταν η αναμενόμενη είτε λόγω έλλειψης πόρων είτε λόγω αδυναμίας στελέχωσής τους με ειδικευμένο προσωπικό με αποτέλεσμα η Οδηγία να μην εφαρμόζεται και η Ελλάδα να παραπεμφθεί στο Δικαστήριο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων δύο φορές για ατελή ενσωμάτωση της Οδηγίας (Παυλοπούλου, 2007).

Τα βασικά στοιχεία του Ν. 3199/2003 είναι:

- η ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων,
- η υιοθέτηση της αρχής ο «ρυπαίνων πληρώνει»,
- η κατάρτιση μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων για κάθε περιφέρεια,
- η ικανοποίηση της ζήτησης νερού γίνεται με βάση τα όρια των υδατικών αποθεμάτων,
- η παροχή νερού, η χρήση νερού και η εκτέλεση οποιονδήποτε έργου αξιοποίησης των υδατικών πόρων απαιτεί άδεια η οποία εκδίδεται από την εκάστοτε Περιφέρεια,
- σε οποιοδήποτε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που προκαλεί ρύπανση ή οποιαδήποτε υποβάθμιση των υδάτων επιβάλλεται χρηματικό πρόστιμο και μόνιμη ή οριστική παύση των δραστηριοτήτων τους,

Τέλος, εκτός από τις παραπάνω διοικητικές κυρώσεις, προβλέπονται και ποινικές κυρώσεις.

4.3.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007

Το συγκεκριμένο προεδρικό διάταγμα έχει ως στόχο την εφαρμογή των διατάξεων κάποιων άρθρων και διατάξεων του νόμου 3199/2003 που δεν εφαρμοζόταν μέχρι το 2007 καθώς και την συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ ώστε να επιτευχθεί η σωστή διαχείριση των υδάτων.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της σωστής διαχείρισης συνοψίζονται:

- στην αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης υδάτινων οικοσυστημάτων,
- στην προώθηση της βιώσιμης χρήσης νερού,
- στην προοδευτική μείωση επικίνδυνων ουσιών και εκπομπών στο χερσαίο και υδάτινο οικοσύστημα,
- στην προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών,
- στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

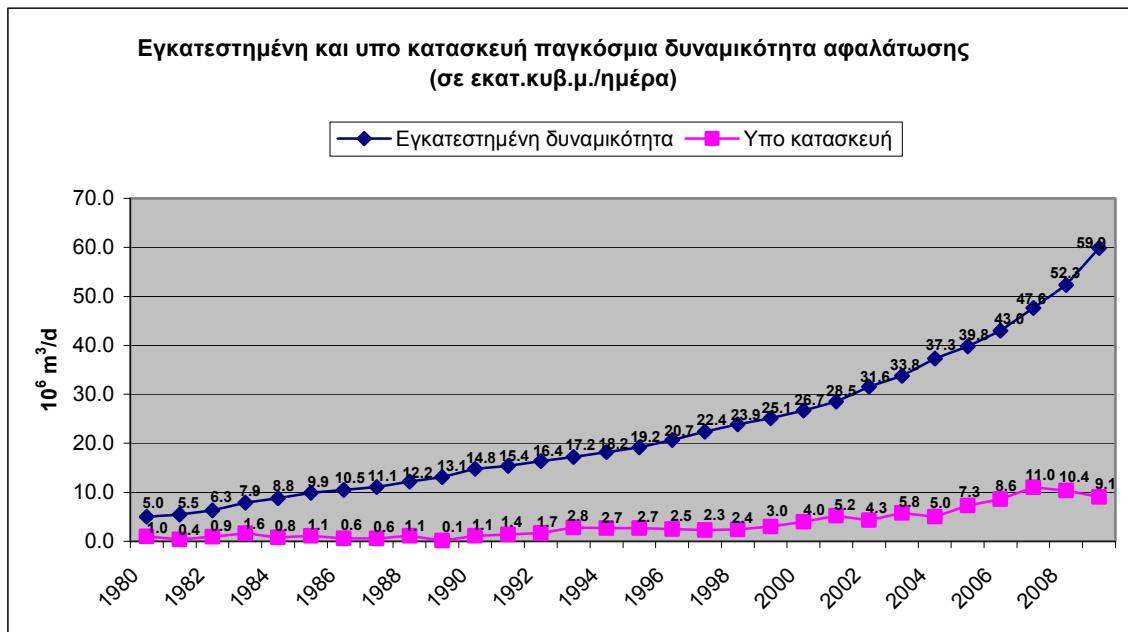
5. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

5.1.1 Διεθνής εμπειρία

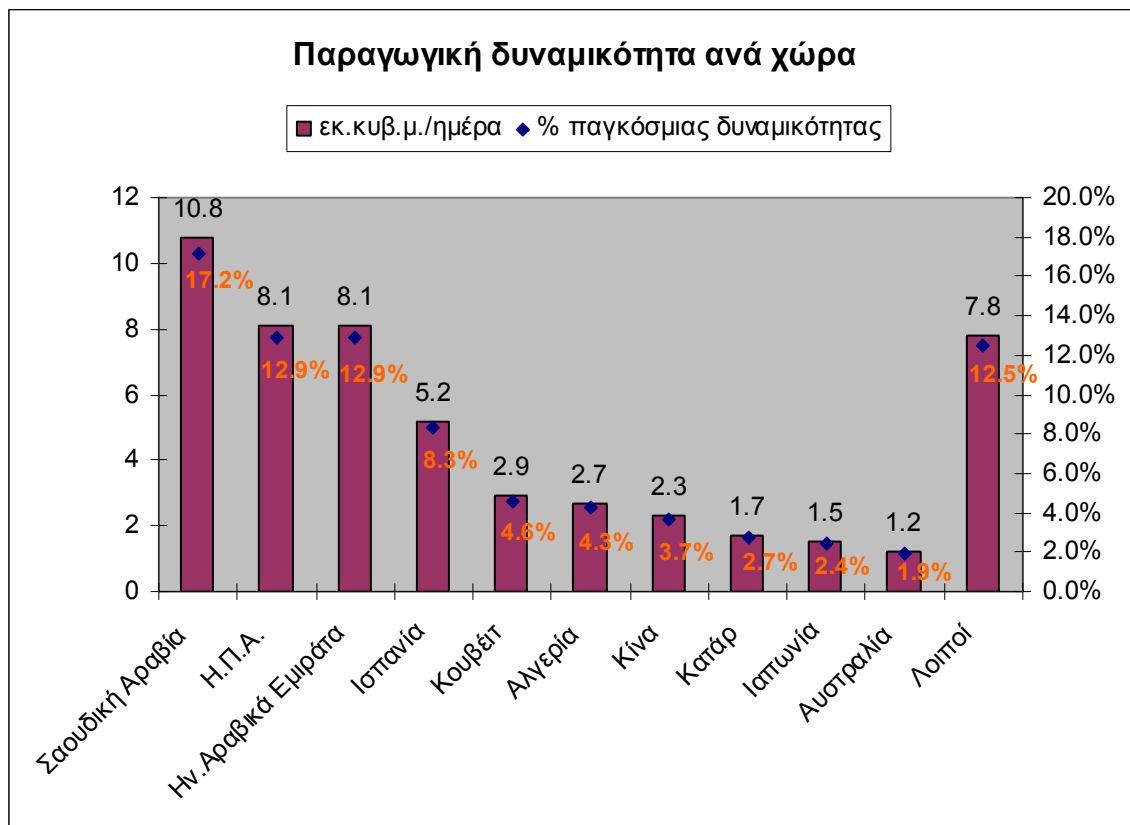
Οι πρώτες προσπάθειες για αφαλάτωση ξεκίνησαν από τα αρχαία χρόνια ως και τον Μεσαίωνα. Το 1675 κατατέθηκε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για παραγωγή πόσιμου νερού. Σήμερα σε όλο τον κόσμο υπάρχουν περίπου 11.000 εγκαταστάσεις με συνολική παροχή νερού $18.700.000\text{m}^3/\text{ημέρα}$. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στη πόλη Καρμπονέρας της Νότιας Ισπανίας (Πέππα, 2007). Τις τελευταίες δεκαετίες, η παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης παρουσιάζει μια ανάπτυξη περίπου 8% ετησίως (Διάγραμμα 5.1). Αυτό οφείλεται κυρίως στις εξελίξεις των τεχνολογιών και στην αύξηση των αναγκών σε πόσιμο νερό. Η εγκατεστημένη δυναμικότητα υπολογίζεται σήμερα σε 60 εκ. $\text{m}^3 / \text{ημέρα}$ ενώ άλλα 9.1 εκ. $\text{m}^3 / \text{ημέρα}$ βρίσκονται σε φάση κατασκευής.

Διάγραμμα 5.1: Παγκόσμια δυναμικότητα (Δαγκαλίδης, 2009)



Ο συνολικός αριθμός των συστημάτων αφαλάτωσης που λειτουργούν σήμερα παγκοσμίως υπερβαίνουν τις 14.000. Περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας δυναμικότητας είναι εγκατεστημένο σε χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, οι οποίες έχουν σοβαρό πρόβλημα έλλειψης νερού. Άλλες χώρες με σημαντικό δυναμικό είναι οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Ιαπωνία, η Αυστραλία, το Ισραήλ και η Κύπρος (Δαγκαλίδης, 2009). Στο Διάγραμμα 5.2 φαίνεται η παραγωγική δυναμικότητα ανά χώρα.

Διάγραμμα 5.2: Παραγωγική δυναμικότητα ανά χώρα (Δαγκαλίδης, 2009)

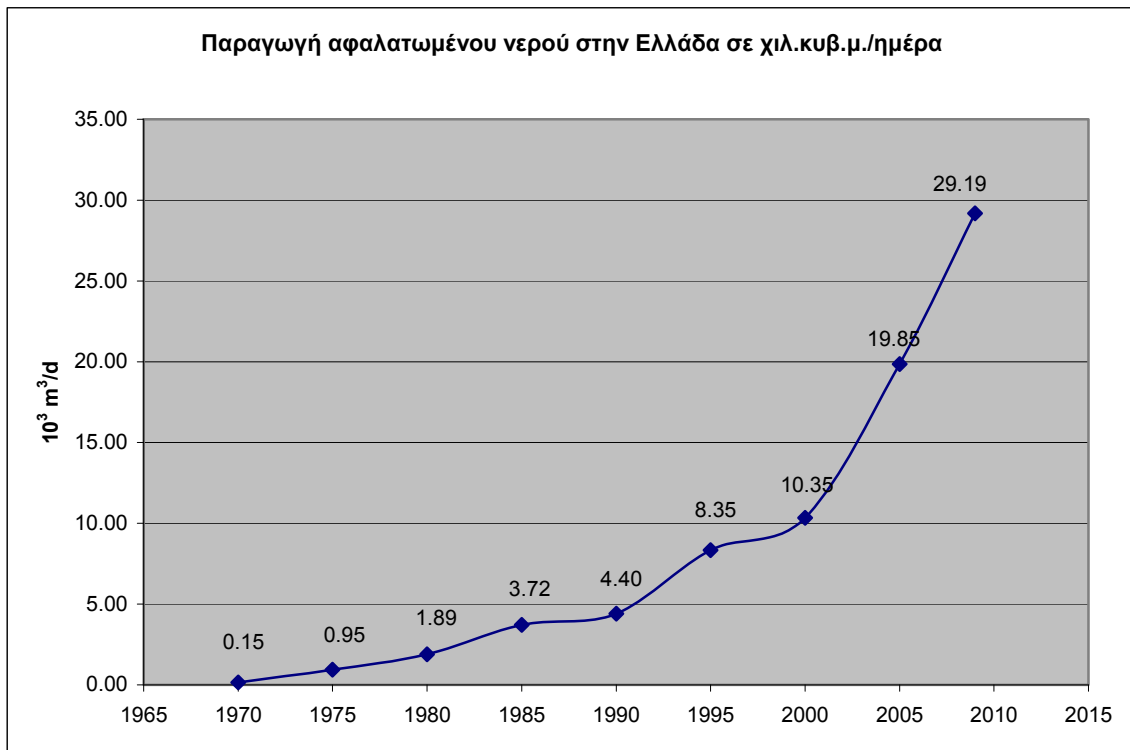


5.1.2 Η αφαλάτωση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες στον τομέα της αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της δεκαετίας του '60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Η πρώτη μονάδα αφαλάτωσης στην Ελλάδα εγκαινιάστηκε στην Σύμη το 1964. Τα επόμενα

χρόνια δημιουργήθηκαν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης στη Νίσυρο, Κίμωλο, Ιθάκη, Πάτμο, Καστελόριζο, Αίγινα και Σύμη. Οι περισσότερες από αυτές σταμάτησαν να λειτουργούν εξαιτίας προβλημάτων λειτουργίας και συντήρησης. Μετά το 1980 η ανάπτυξη της αφαλάτωσης στηρίχθηκε στην τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης. Μεγάλη όμως ανάπτυξη και πρόοδος παρουσιάζεται μετά το 1990 λόγω κυρίως των αυξημένης ανάγκης για ύδρευση στα άνυδρα ελληνικά νησιά, αποτέλεσμα της τεράστιας τουριστικής δραστηριότητας. Σήμερα στην Ελλάδα λειτουργούν περίπου 50 μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες εξυπηρετούν τις ανάγκες για υδρεύσεις πολλών δήμων, και κοινοτήτων. Η δυναμικότητά τους υπολογίζεται περίπου στα 35.000 m³/ημέρα ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες μονάδες ιδιωτικής χρήσης (Δαγκαλίδης, 2009). Στο Διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται η αύξηση της παραγωγής αφαλατωμένου νερού στην Ελλάδα από το 1970 μέχρι το 2009.

Διάγραμμα 5.3: Παραγωγή αφαλατωμένου νερού στην Ελλάδα (Δαγκαλίδης, 2009)



5.1.3 Υδριάδα

Η Υδριάδα είναι η πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης στον κόσμο (Εικόνα 5.1) και αποτελεί αποκλειστικά ελληνική κατασκευή και μελέτη. Η συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης βρίσκεται στην Ηρακλεία του νομού Κυκλάδων και παράγει ημερησίως 70 m³ νερού. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι η ενεργειακή της αυτονομία, λόγω της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών που διαθέτει. Τα έξοδα συντήρησης υπολογίζονται μόλις σε 0,2 ευρώ/m³ και ο έλεγχός της γίνεται εξ' αποστάσεως με σύστημα GPRS κινητής τηλεφωνίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της αντοχής της σε δύσκολες συνθήκες, μπορεί να τοποθετηθεί μακριά από τη στεριά, όπου ο άνεμος είναι πολύ ισχυρός με αποτέλεσμα η παραγωγή νερού να μη διακόπτεται.

Εικόνα 5.1: Η Υδριάδα, η πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης στον κόσμο (Μουτάφης, 2008)



Η «Υδριάδα» αποτελείται από τέσσερις περιφερειακούς κυλινδρικούς πλωτήρες και έναν κεντρικό, συνδεδεμένους με μεταλλικό δικτύωμα, σε μια γεωμετρία που ελαχιστοποιεί την επίδραση των κυμάτων. Ο κεντρικός πλωτήρας είναι τριώροφος και εκεί βρίσκονται όλα τα συστήματα. Στον ένα όροφο λειτουργεί η μονάδα αφαλάτωσης, που βασίζεται

στη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης. Στον δεύτερο όροφο βρίσκεται το κέντρο ελέγχου, που παρέχει τη δυνατότητα χειρισμού της εξέδρας από απόσταση, ενώ ο κάτω όροφος χρησιμοποιείται ως δεξαμενή για την αποθήκευση του παραγόμενου πόσιμου νερού. Η «Υδριάδα» έχει ύψος μιας δεκαώροφης πολυκατοικίας, ζυγίζει 150 τόνους και κόστισε 2.800.000 ευρώ. Οι ειδικοί ισχυρίζονται ότι οι επόμενες «Υδριάδες» αναμένεται να κοστίζουν μέχρι 700.000 ευρώ (Μουτάφης, 2008).

5.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από τις μεθόδους αφαλάτωσης που βασίζονται στην απόσταξη και στις οποίες το νερό αλλάζει τουλάχιστον δύο φορές φάση, καθώς περνάει από την υγρή στην αέρια φάση και αντίστροφα, μέχρις ότου να συμπυκνωθεί και πάλι σε υγρή μορφή. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις μεθόδους όπου χρησιμοποιούνται μεμβράνες για τον διαχωρισμό του νερού από τα άλατα και τις προσμίξεις που έχει. Η μέθοδος της απόσταξης χρησιμοποιείται σήμερα μόνο στις πετρελαιοπαραγωγούς χώρες της Μέσης Ανατολής που διαθέτουν άφθονους ενεργειακούς πόρους ενώ στις υπόλοιπες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης που είναι πιο οικονομική. Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά και ανάλυση των σημαντικότερων μεθόδων αφαλάτωσης (Δαγκαλίδης 2009).

Στις μεθόδους θερμικής απόσταξης υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες:

- Πολυβάθμια εκτόνωση (multi-stage flushing, MSF)
- Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation, MED)
- Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών (vapour compression, VC)
- Ηλιακή απόσταξη

Στις μεθόδους των μεμβρανών υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες:

- Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis, RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED)

Εκτός από τις μεθόδους που βασίζονται στην απόσταξη και στις μεμβράνες υπάρχουν άλλοι μέθοδοι που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ή καταλήγουν να είναι οικονομικά ασύμφορες όπως: η ιοντοανταλλαγή, το πάγωμα, η απόσταξη με μεμβράνες, η ηλιακή αεριοποίηση, η κρυσταλλοποίηση με υδρικό αιθάνιο και το νανοφιλτράρισμα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία των σημαντικότερων μεθόδων με ιδιαίτερη έμφαση όμως στη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης η οποία είναι και η πιο ενδεδειγμένη για τις Ελληνικές συνθήκες (Δαγκαλίδης, 2009; Σαμακίδης 2009).

5.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flushing, MSF)

Η τεχνολογία της πολυβάθμιας εκτόνωσης χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό και είναι κατάλληλη για εφαρμογές μεγάλου μεγέθους, της τάξεως των 1.000-60.000 m³/ημ. Στην μέθοδο αυτή, το θαλασσινό νερό θερμαίνεται υπό συγκεκριμένη πίεση, σε θερμοκρασία λίγο πιο χαμηλή από αυτή του σημείου βρασμού. Στη συνέχεια, το θαλασσινό νερό εισάγεται σε ένα θάλαμο με χαμηλότερη πίεση από αυτή του διαλύματος με αποτέλεσμα να προκαλείται ο απότομος βρασμός του. Το νερό αρχίζει να εξατμίζεται μέχρι να επέλθει ισορροπία με τους σχηματιζόμενους ατμούς. Ο απότομος αυτός βρασμός σε συνδυασμό με τον σχηματισμό ατμών έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη του διαλύματος. Για να είναι δυνατή μια νέα απότομη εξάτμιση στην επόμενη βαθμίδα πρέπει η πίεση στο θάλαμο να είναι χαμηλότερη από αυτή που αντιστοιχεί στο σημείο βρασμού του διαλύματος στην επόμενη βαθμίδα (Δαγκαλίδης, 2009). Τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη Μέση Ανατολή και καλύπτουν το 40% της παγκόσμιας χρήσης αφαλάτωσης. Αυτές οι εγκαταστάσεις συμφέρει να βρίσκονται κοντά σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου, δηλαδή ο ατμός υψηλής πίεσης πρώτα να εκτονώνεται στον αμοστρόβιλο για την παραγωγή ισχύος και κατόπιν να χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση. Τέλος, μπορεί να θεωρηθεί ως βαθμός απόδοσης της τεχνολογίας αυτής, το πηλίκο της μάζας του παραγόμενου αποσταγμένου νερού προς την μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε (Σαμακίδης, 2009). Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

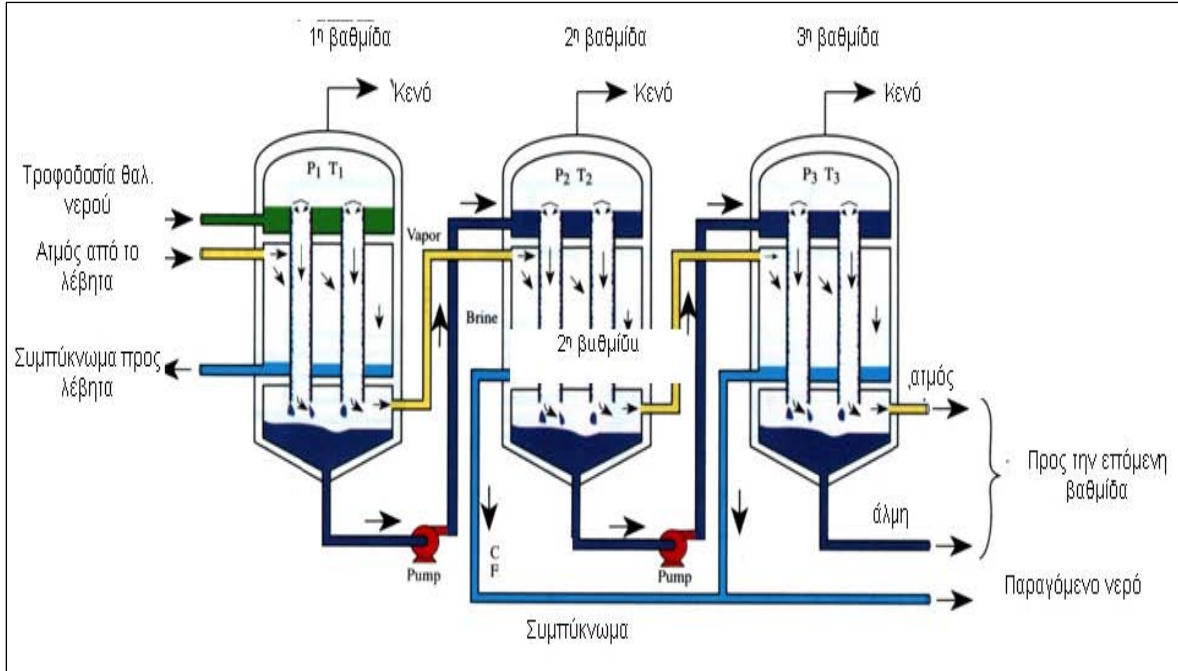
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά Πολυβάθμιας εκτόνωσης (Τζεν, 2001)

Πολυβάθμια εκτόνωση	
Εύρος μεγεθών	1.000-60.000 m ³ /ημ
Νερό τροφοδοσίας	Θαλασσινό
Ποιότητα παραγόμενου νερού	10ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Θερμική (290 KJ/kg) Ηλεκτρική (4-6 kWh/m ³)

5.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία είχε σταματήσει να εφαρμόζεται καθώς αντικαταστάθηκε σταδιακά από την πολυβάθμια εκτόνωση λόγω τεχνικών προβλημάτων. Παρόλα αυτά αρχίζει να χρησιμοποιείται ξανά καθώς ο βαθμός απόδοσής της είναι καλύτερος από αυτόν της πολυβάθμιας εκτόνωσης. Τα συστήματα αφαλάτωσης μιας βαθμίδας, είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και αποτελούνται από ένα λέβητα θέρμανσης, έναν αποστακτήρα, έναν συμπυκνωτή ατμών και έναν διαχωριστή που παγιδεύει τις λεπτές σταγόνες της άλμης και τις αποχωρίζει από τον ατμό. Τα συστήματα πολυβάθμιας εκτόνωσης αποτελούνται από περισσότερες βαθμίδες, δηλαδή πολλά εξατμιστήρια στην σειρά (Εικόνα 5.2), ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη εκμετάλλευση της θερμότητας του συστήματος. Ο ατμός θέρμανσης εισάγεται μόνο στην πρώτη βαθμίδα, όπου θερμαίνεται το αλμυρό νερό μέχρι την θερμοκρασία βρασμού του (100°C). Οι ατμοί που σχηματίζονται στην πρώτη βαθμίδα χρησιμοποιούνται ως ατμός θέρμανσης στην δεύτερη βαθμίδα, η οποία βρίσκεται σε χαμηλότερη πίεση από την πρώτη ώστε το διάλυμα της άλμης να βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ' την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (Σαμακίδης, 2009; Δαγκαλίδης, 2009). Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου.

Εικόνα 5.2: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (Καραχάλιου, 2010)



Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά Πολυβάθμιας εξάτμισης (Τζεν, 2001)

Πολυβάθμια εξάτμιση	
Εύρος μεγεθών	500-20.000 m ³ /ημ
Νερό τροφοδοσίας	Θαλασσινό
Ποιότητα παραγόμενου νερού	10ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Θερμική (290 Kj/kg), Ηλεκτρική (4-6 kWh/m ³)

5.2.3 Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών (Vapour Compression, VC)

Η μέθοδος της επανασυμπίεσης του ατμού αναφέρεται στην διαδικασία απόσταξης κατά την οποία ο ατμός που εξατμίζεται από το θαλασσινό λαμβάνεται από μια διάταξη θερμότητας που τον συμπιέζει. Η συμπίεση του ατμού αυξάνει τόσο την πίεση όσο και την θερμοκρασία του, οπότε είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η αποβαλλόμενη θερμότητα που προκύπτει από την συμπίεση για τη δημιουργία επιπλέον ατμού.

Εικόνα 5.3: Εγκαταστάσεις μονάδας Εξάτμισης με επανασυμπίεση ατμών (Τζεν, 2001)



Η συμπίεση του ατμού που περιγράφεται παραπάνω μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι με την χρήση ενός συστήματος εκβολής που λειτουργεί με ατμό σε μανομετρική πίεση από εξωτερική πηγή ώστε να ανακυκλώνει τον ατμό κατά την διαδικασία της αφαλάτωσης. Ο δεύτερος τρόπος είναι με την συμπίεση του ατμού μέσω μιας μηχανικής διάταξης, η οποία της περισσότερες φορές λειτουργεί με ηλεκτρισμό. Αυτή η διαδικασία έχει ονομαστεί μηχανική συμπίεση ατμού (Mechanical Vapor Compression MVC). Υπάρχουν 2 εκδοχές της μηχανικής συμπίεσης ατμού. Η μια είναι η συμπίεση ατμού (VC) η οποία λαμβάνει χώρα σε μανομετρικές πιέσεις και η άλλη είναι η συμπίεση ατμού υπό κενό (Vacuum Vapor Compression VVC) η οποία πραγματοποιείται σε πολύ χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις. Η συμπίεση τροφοδοτείται μηχανικά από διατάξεις που λειτουργούν ως μηχανικές τουρμπίνες. Όπως παράγεται ο ατμός μεταφέρεται σε ένα συμπυκνωτή όπου εναλλάσσεται θερμότητα και ο ατμός μετατρέπεται και πάλι σε νερό. Το πόσιμο νερό που προκύπτει μεταφέρεται στις δεξαμενές αποθήκευσης ενώ η θερμότητα χρησιμοποιείται και πάλι σε προηγούμενα στάδια της διαδικασίας. Η διαδικασία της συμπίεσης ατμού υπό κενό είναι η πιο αποδοτική διαδικασία απόσταξης όσο αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τους ρυθμούς παραγωγής πόσιμου νερού. Επίσης είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη, εύκολη στην διαχείριση, στην λειτουργία, ενώ είναι ιδιαίτερα ανθεκτική, οπότε μπορεί να

λειτουργήσει ακόμα και υπό αντίξοες συνθήκες (Σαμακίδης, 2009). Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου.

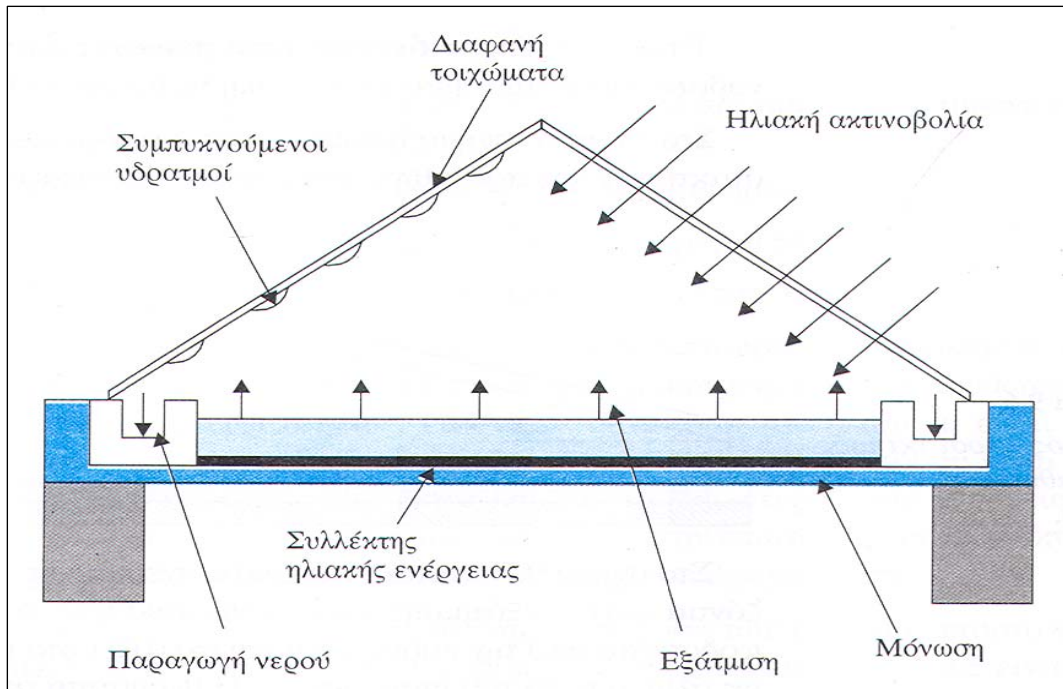
Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά εξάτμισης με επανασυμπύεση ατμών (Τζεν, 2001)

Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών	
Εύρος μεγεθών	25-2.500 m ³ /ημ
Νερό τροφοδοσίας	Θαλασσινό
Ποιότητα παραγόμενου νερού	10ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Ηλεκτρική (8-15 kWh/m ³)

5.2.4 Ηλιακή απόσταξη

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια και βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Κατά το φαινόμενο αυτό η φωτεινή ακτινοβολία εισέρχεται στο στεγασμένο χώρο (γυάλινη και διαφανή κατασκευή), απορροφάται εν μέρει, διαχέεται και επανεκπέμπεται. Η κατασκευή όμως είναι αδιαφανής για την δευτερογενή αυτή ακτινοβολία η οποία επανεκπέμπεται, με αποτέλεσμα να "παγιδεύεται" στον χώρο και τελικά να μετατρέπεται σε θερμότητα. Οι μονάδες αυτές έχουν ελάχιστο ή μηδενικό κόστος λειτουργίας εφόσον δεν χρησιμοποιούν κανενός είδους καύσιμο και ως εκ τούτου δεν ρυπαίνουν καθόλου το περιβάλλον. Οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή (Εικόνα 5.4) και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πυθμένα. Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Η μέγιστη θερμοκρασία ενός τέτοιου θερμοκηπίου φτάνει περίπου τους 45 C^o – 55 C^o το καλοκαίρι. Το μοναδικό κόστος είναι αυτό των υλικών κατασκευής και ως εκ τούτου θα πρέπει να αναζητηθούν σχετικώς φτηνά υλικά κατασκευής. Βέβαια, η απόδοση τέτοιων εγκαταστάσεων είναι σχετικά χαμηλή, μόλις 3,5 lt καθαρό νερό ανά m² εδάφους, και μάλιστα νερό όχι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται και περαιτέρω επεξεργασία (Καραχάλιου 2010).

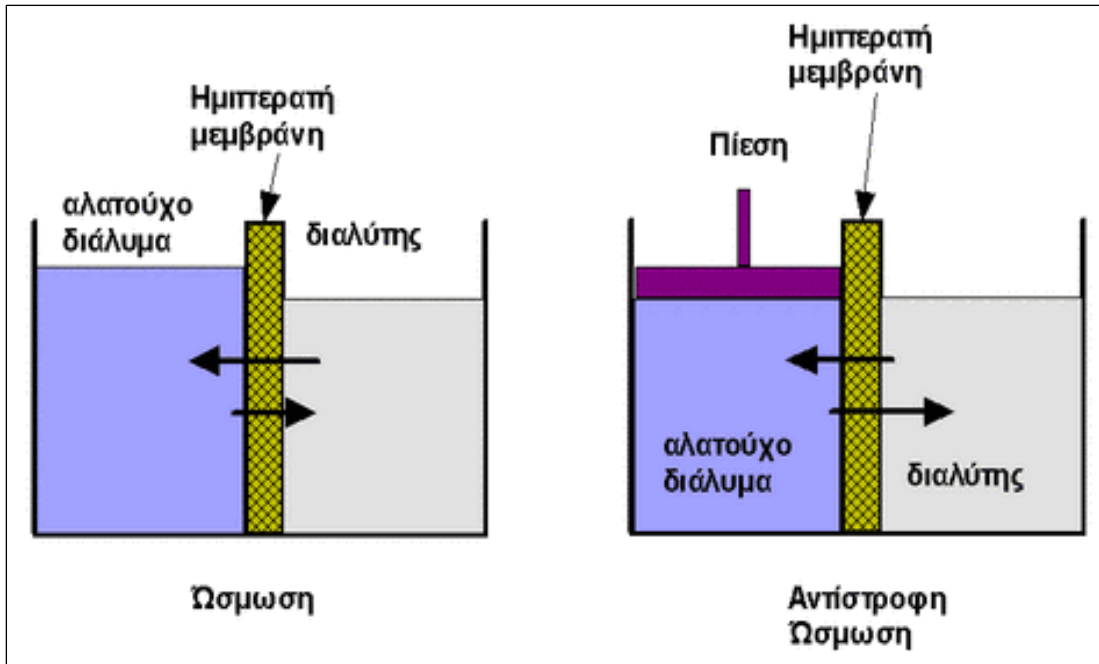
Εικόνα 5.4: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης (Σαχτούρη, 2008)



5.2.5 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis, RO)

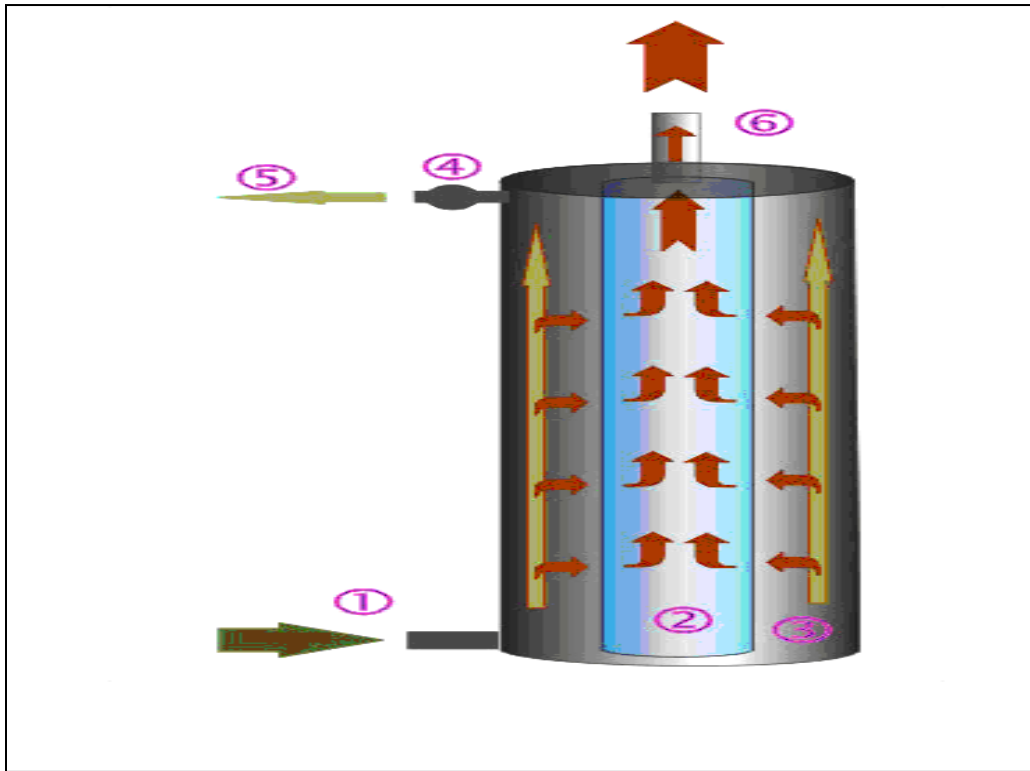
Η αντίστροφη όσμωση είναι μια διαδικασία διαχωρισμού η οποία χρησιμοποιεί πίεση για να ωθήσει ένα διάλυμα μέσω μιας μεμβράνης η οποία κρατάει την διαλυμένη ουσία στην μια πλευρά και επιτρέπει στον καθαρό, πλέον, διαλύτη να περάσει από την άλλη μεριά. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.5, τα τμήματα του δοχείου χωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη. Το ένα τμήμα περιέχει μια ποσότητα καθαρού νερού ενώ το άλλο τμήμα περιέχει ίδια ποσότητα αλατούχου διαλύματος. Αρχικά οι στάθμες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ενώ στη συνέχεια η στάθμη του τμήματος που περιέχει το αλατούχο διάλυμα ανεβαίνει καθώς τα μόρια του νερού που βρίσκονται στο τμήμα με το καθαρό νερό περνούν στο άλλο τμήμα διαμέσου της μεμβράνης. Το διάλυμα δηλαδή με την μικρότερη συγκέντρωση αλάτων θα περάσει μέσα από την μεμβράνη προς το πυκνότερο διάλυμα μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις. Αν με κάποιο τρόπο ανακοπεί η πορεία των μορίων του καθαρού νερού προς το αλατούχο, εφαρμόζοντας κάποια πίεση, τότε η ροή σταματά και τα δύο διαλύματα βρίσκονται κάτω από μια ισορροπία πιέσεων.

Εικόνα 5.5: Το φαινόμενο της όσμωσης (Μουτάφης, 2008)



Η πίεση που εφαρμόζεται, ονομάζεται οσμωτική πίεση. Εάν αυξηθεί η τεχνητή πίεση στο αλατούχο διάλυμα, θα συμβεί το εξής φαινόμενο: το νερό που υπάρχει στο αλατούχο διάλυμα θα περνά στο διαμέρισμα με το καθαρό νερό και η στάθμη αυτού του διαμερίσματος θα ανεβαίνει. Μέσα από τους πόρους της μεμβράνης διέρχεται μόνο το καθαρό νερό, ενώ το αλάτι παραμένει στο διαμέρισμα του αλατούχου διαλύματος και η στάθμη του συνεχώς κατεβαίνει. Η τεχνική αυτή, η οποία προκάλεσε το αντίθετο φαινόμενο από την ώσμωση ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση. Κατά τη διαδικασία αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση η αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται το αλμυρό νερό στο σύστημα μεμβρανών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6, το νερό προς αφαλάτωση εισέρχεται στο σύστημα από την είσοδο 1 και τοποθετείται στον χώρο 3. Αυτός ο χώρος βρίσκεται υπό πίεση και έτσι το νερό αναγκάζεται κατά ποσοστό 25% να περάσει μέσα από τη μεμβράνη 2 και να εξέλθει καθαρό από την έξοδο 6. Διαφορετικά αν ξεπεραστεί το όριο πίεσης της βαλβίδας θα εξέλθει από την έξοδο 5 χωρίς να έχει καθαριστεί.

Εικόνα 5.6: Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης όσμωσης (Μουτάφης, 2008)



Η αφαλάτωση θαλασσινού νερού ακολουθεί την εξής διαδικασία η οποία περιλαμβάνει 3 στάδια (Α. Δαγκαλίδης, 2009):

- το στάδιο της επεξεργασίας,
- το στάδιο της αντίστροφης όσμωσης,
- το τελικό στάδιο της επεξεργασίας.

Το στάδιο της προεπεξεργασίας είναι σημαντικό καθώς βοηθά στην προστασία των μεμβρανών από τα άλατα και τους μικροοργανισμούς. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει, ένα φίλτρο εισόδου (με τοποθέτηση σχάρας για να μην εισέρχονται ψάρια, πλαστικά κ.α. κατά την αναρρόφηση νερού), την προχλωρίωση του θαλασσινού νερού, την προσθήκη οξέων (για αποφυγή απόθεσης αλάτων), το φίλτρο άμμου (για φιλτράρισμα μικρότερων σωματιδίων), τα φίλτρα πολυπροπυλενίου (για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες), την αποχλωρίωση και την αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία. Στο στάδιο της αντίστροφης όσμωσης, το νερό δέχεται πίεση ώστε να περάσει μέσα από τις μεμβράνες και να απορρίψει τα άλατά του. Αυτή η πίεση έχει μέγεθος 54-80 bar. Καθώς ένα μέρος

του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες, στο υπόλοιπο νερό αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων.

Εικόνα 5.7: Εγκαταστάσεις μονάδας αντίστροφης όσμωσης (Τζεν, 2001)



Την ίδια στιγμή ένα μέρος του νερού που τροφοδοτείται στις μεμβράνες απορρίπτεται χωρίς να περάσει μέσα από αυτές. Χωρίς αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη, η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό θα συνέχιζε να αυξάνει, με επακόλουθο την εναπόθεση των υπερκορεσμένων αλάτων και αύξηση της οσμωτικής πίεσης κατά μήκος των μεμβρανών. Η ποσότητα του νερού αυτού είναι μεταξύ 20% και 70% της ροής τροφοδοσίας και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας. Στο στάδιο της τελικής επεξεργασίας πραγματοποιείται η προετοιμασία του παραγόμενου νερού ώστε να αρχίσει η διανομή του. Αυτή η προετοιμασία περιλαμβάνει την απομάκρυνση αερίων, όπως το υδρόθειο, την ρύθμιση της οξύτητας (pH), την αύξηση της σκληρότητας του νερού και την τελική χλωρίωση. Στην μέθοδο αυτή το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται χρησιμοποιείται από τις αντλίες που ασκούν πίεση στο νερό. Επειδή η οσμωτική πίεση (που πρέπει να υπερνικηθεί) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων, η αντίστροφη ώσμωση είναι η πρώτη επιλογή για υφάλμυρα

νερά, με την πίεση λειτουργίας να είναι 15 – 25 bar, ενώ για θαλάσσιο νερό είναι 54 – 80 bar, αφού η οσμωτική του πίεση είναι περίπου 25 bar. Η σημαντικότερη απώλεια ενέργειας είναι η εκτόνωση της άλμης, όταν βγαίνει με υψηλή πίεση απ’ τη συσκευή και γι’ αυτό, σε μεγάλες κυρίως μονάδες, υπάρχουν συστήματα ανάκτησης της ενέργειας αυτής, όπως υδροστρόβιλοι, με αποτελεσματικότητα μέχρι και 95% (Σαμακίδης, 2009; Δαγκαλίδης, 2009; Καραχάλιου 2010). Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4

Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά αντίστροφης όσμωσης (Τζεν, 2001)

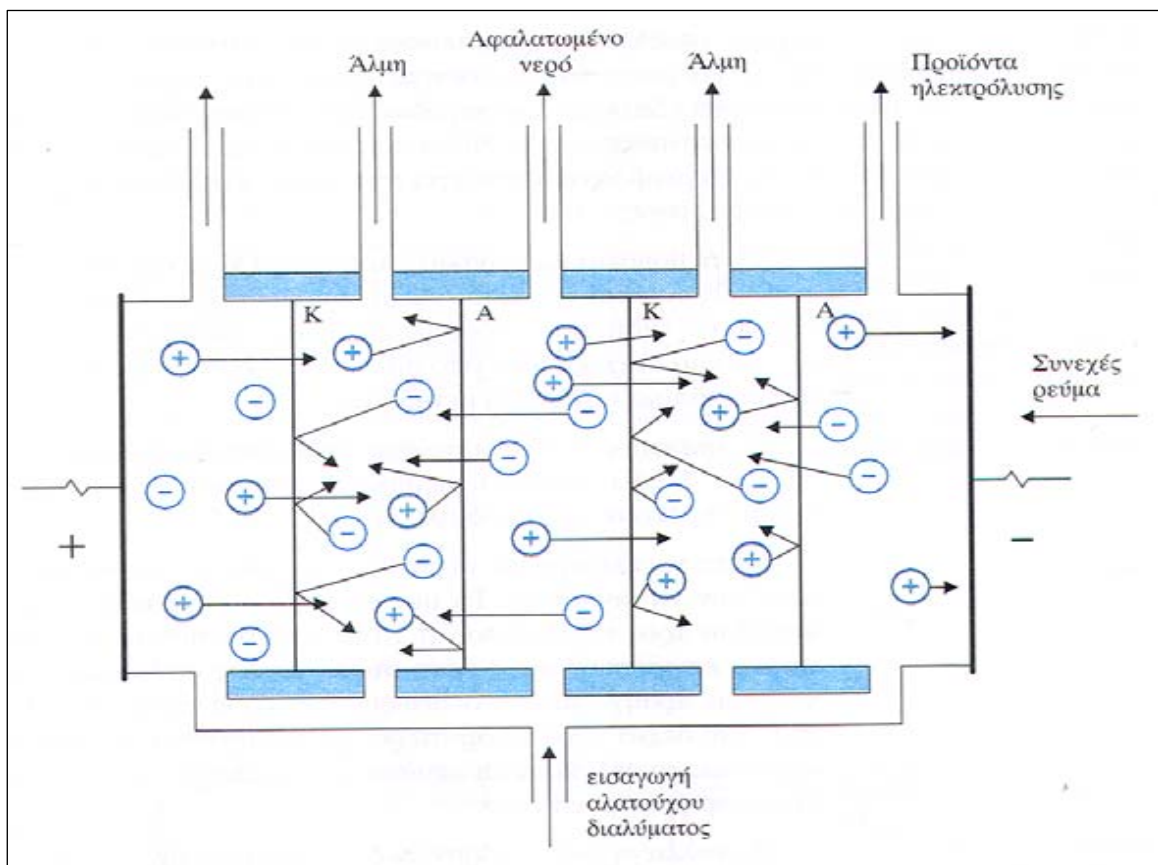
Αντίστροφη όσμωση	
Εύρος μεγεθών	0,4-128.000 m ³ /ημ (Θ) 2,5-98.000 m ³ /ημ (Υ)
Νερό τροφοδοσίας	Θαλασσινό (Θ), Υφάλμυρο (Υ)
Ποιότητα παραγόμενου νερού	250-500 ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Ηλεκτρική 3-15 kWh/m ³ (Θ) Ηλεκτρική 0,5-3 kWh/m ³ (Υ)

5.2.6 Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED/EDr)

Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται η αρχή της ηλεκτρόλυσης για να καθαρίσει το νερό. Το προς αφαλάτωση νερό περνάει μέσα από ένα σύστημα ηλεκτρικά φορτισμένων μεμβρανών που διαχωρίζουν τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων και τα απομακρύνουν από το καθαρό νερό. Τα ιόντα είναι οι ηλεκτρικά φορτισμένες μονάδες των μετάλλων και των ριζών που βρίσκονται στο νερό. Έστω ότι μέσα σε ένα δοχείο διαλύεται μια ποσότητα χλωριούχου νατρίου, σε αυτήν την υδάτινη μάζα θα υπάρχουν ιόντα νατρίου και ιόντα χλωρίου. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στο διάλυμα ηλεκτρική τάση επιβάλλοντας ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο διάλυμα. Τα φορτισμένα ιόντα κινούνται προς την κατεύθυνση των ηλεκτροδίων εκείνων που έχουν αντίθετο φορτίο με αυτά (Εικόνα 5.8). Στην αφαλάτωση με ηλεκτρόλυση, το ηλεκτρολυτικό κελί περιλαμβάνει δύο μεμβράνες σαν διαχωριστικά τοιχώματα. Στα πλευρικά τοιχώματα υπάρχουν τα ηλεκτρόδια της συσκευής που συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος. Στην συσκευή

διοχετεύεται θαλασσινό νερό. Κατά την κίνησή τους, τα διαλυμένα ιόντα προσκολλώνται στις μεμβράνες με επιλεκτικό τρόπο. Τα ιόντα των αλάτων που συνήθως περιλαμβάνονται στο νερό διαπερνούν τις μεμβράνες εγκαταλείποντας τον ενδιάμεσο θάλαμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ενδιάμεσος θάλαμος να περιέχει νερό με λιγότερα άλατα και επομένως πιο καθαρό. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να λειτουργήσει με μη ιοντικά στερεά, ενώ επίσης η απαιτούμενη ενέργεια είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων. Γι' αυτό η μέθοδος αυτή προτιμάται σε υφάλμυρα νερά, με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων. Συχνά για την βέλτιστη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, ώστε τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα να καθαρίζονται από την ροή καθαρού νερού (Σαμακίδης, 2009). Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6 που ακολουθεί.

Εικόνα 5.8 Σχηματική απεικόνιση της Ηλεκτροδιάλυσης (Σαχτούρη, 2008)



Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά ηλεκτροδιάλυσης (Τζεν, 2001)

Ηλεκτροδιάλυση	
Εύρος μεγεθών	15-50.000 m ³ /ημ.
Νερό τροφοδοσίας	κυρίως Υφάλμυρο
Ποιότητα παραγόμενου νερού	300-500 ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Ηλεκτρική (1,5-4 kWh/m ³ για 1.500-3.500 ppm TDS)

5.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η επιλογή βέλτιστης μεθόδου αφαλάτωσης βασίζεται σε παράγοντες όπως το νερό τροφοδοσίας, η απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου νερού, το μέγεθος της μονάδας, η διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας και η διαχείριση της άλμης (Μουτάφης, 2008).

5.3.1 Νερό τροφοδοσίας

Το νερό τροφοδοσίας καθορίζει σημαντικά την τεχνολογία αφαλάτωσης που θα επιλεγεί. Για επεξεργασία θαλασσινού νερού επιλέγονται οι τεχνολογίες της πολυβάθμιας εκτόνωσης, της πολυβάθμιας εξάτμισης και της επανασυμπύεσης ατμών. Για την επεξεργασία υφάλμυρου νερού επιλέγεται η τεχνολογία της ηλεκτροδιάλυσης ενώ η αντίστροφη όσμωση επεξεργάζεται τόσο το θαλασσινό όσο και το υφάλμυρο νερό. Η επιλογή υφάλμυρου νερού πλεονεκτεί, έναντι του θαλασσινού, καθώς η συγκέντρωση αλάτων είναι μικρότερη πράγμα που συνδέεται άμεσα με το μέγεθος της απαιτούμενης ενέργειας (Μουτάφης, 2008).

5.3.2 Ποιότητα παραγόμενου νερού

Οι θερμικές διεργασίες (πολυβάθμια εκτόνωση, πολυβάθμια εξάτμιση, επανασυμπύεση ατμών) παράγουν αποσταγμένο νερό με συγκέντρωση αλάτων πολύ χαμηλή της τάξης των 10 ppm. Αντίθετα οι διεργασίες μεμβράνης (αντίστροφη όσμωση και

ηλεκτροδιάλυση) παράγουν νερό με συγκέντρωση αλάτων 350-500 ppm. Ο παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της εκάστοτε τεχνολογίας εξαρτάται από τη χρήση για την οποία παράγεται το νερό. Σύμφωνα με την εμπειρία υπάρχουν αμφιβολίες για την καταλληλότητα των θερμικών διεργασιών για την παραγωγή πόσιμου νερού που θα καταναλωθεί μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα (Μουτάφης, 2008).

5.3.3 Μέγεθος μονάδας

Ο παράγοντας που καθορίζει τη δυναμικότητα μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι το μέγεθος της ζήτησης νερού. Η πολυβάθμια εκτόνωση συνίσταται για περιπτώσεις μεγάλου μεγέθους (1000 – 60000 m³), η πολυβάθμια εξάτμιση για περιπτώσεις μεσαίου μεγέθους (500 – 20000 m³) ενώ η εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις για πολύ μικρές εφαρμογές (25 – 2.500 m³). Από την άλλη μεριά, οι διεργασίες μεμβράνης είναι κατάλληλες για κάθε είδους εφαρμογές (0,4 – 128.000 m³) (Μουτάφης, 2008).

5.3.4 Διαχείριση άλμης

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά τη λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης, είναι η διαχείριση της άλμης. Η άλμη προέρχεται από την επεξεργασία του θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού και είναι ένα μείγμα με υψηλή αλατότητα. Οι επικρατέστερες λύσεις σήμερα είναι:

- α) να ταφεί στη γη
- β) να διοχετευτεί στη θάλασσα

Η πρώτη περίπτωση είναι περιβαλλοντικά απαράδεκτη καθώς η άλμη αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τις καλλιέργειες. Για παράδειγμα το μεγάλο πρόβλημα έπειτα από ένα τσουνάμι ή μια πλημμύρα της θάλασσας, δεν είναι η πλημμύρα αυτή καθ' αυτή αλλά το αλάτι που αφήνει πίσω της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταστρέφει κάθε καλλιέργεια στην ευρύτερη περιοχή μετατρέποντας τα χωράφια σε άγονα για πολλά χρόνια. Παρόλα αυτά όμως ούτε και η διάθεση στη θάλασσα είναι ακίνδυνη καθώς

ελλοχεύει ο κίνδυνος αλλαγής της χημικής σύστασης του θαλασσινού νερού με καταστροφικές συνέπειες για το τοπικό οικοσύστημα. Η καλύτερη λύση που ενδείκνυται, είναι η επιστροφή της άλμης στη θάλασσα με ένα δεύτερο ρεύμα νερού σε σημείο μακριά από εκεί από όπου γίνεται η άντληση. Η σωστή διαχείριση της άλμης αυξάνουν το κόστος αλλά είναι απαραίτητη για την προστασία του περιβάλλοντος (Τζέν, 2008).

5.3.5 Διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας

Η μέθοδος της αφαλάτωσης είναι αρκετά ενεργοβόρα και το μέγεθος της ενέργειας που απαιτείται ποικίλει ανάλογα με την δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης και από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται στην πολυβάθμια εξάτμιση / εκτόνωση κυμαίνεται από 4-6 kWh/m³ και στην επανασυμπίεση ατμών από 8-15 kWh/m³. Αντίθετα η αντίστροφη όσμωση και η ηλεκτροδιάλυση είναι οικονομικότερες και η απαιτούμενη ενέργεια κυμαίνεται από 0.5 - 3 kWh/m³ και 1.5 - 4 kWh/m³ αντίστοιχα. Λόγω του ότι η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τη ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορη (ειδικά σε μεγάλες εφαρμογές), τα τελευταία χρόνια έχει συνδυαστεί η μέθοδος της αφαλάτωσης με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) (Τζέν, 2001).

5.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η δημιουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης προϋποθέτει τη σωστή χωροθέτησή της, τη κατάλληλη χωροθέτηση των αγωγών πρόσληψης νερού και διάθεσης άλμης, το βέλτιστο σχεδιασμό των αγωγών διάθεσης, την κατάλληλη επεξεργασία των χημικών στις εκροές και λήψη μέτρων για την ηχορύπανση.

5.4.1 Τοποθεσία – εγκατάσταση μονάδας

Οι μονάδες αφαλάτωσης τοποθετούνται κοντά στη πηγή τροφοδοσίας του θαλασσινού νερού δίπλα στην ακτή. Πολλές φορές προτιμώνται τα θαλάσσια πηγάδια ως πηγές τροφοδοσίας καθώς υπάρχει το πλεονέκτημα του φιλτραρίσματος διαμέσου της άμμου. Η μονάδα αφαλάτωσης πρέπει να βρίσκεται σε χώρο ο οποίος είναι κοντά σε υδραυλικά έργα ώστε να υπάρχει εύκολη και γρήγορη σύνδεση της μονάδας για τη μεταφορά του νερού. Καλό θα είναι να τοποθετούνται σε περιοχές οι οποίες είναι μακριά από οικισμούς και σημεία στα οποία υπάρχει έντονη οικιστική και τουριστική ανάπτυξη. Αυτό το μέτρο βοηθά και στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ηχορύπανσης που προέρχεται τόσο από την κατασκευή της μονάδας όσο και από την μετέπειτα λειτουργία της. Εξίσου σημαντική μπορεί να θεωρηθεί και η ενδεχόμενη αισθητική ρύπανση με την τοποθέτηση μονάδων αφαλάτωσης σε παραθαλάσσιες περιοχές. Επιβάλλεται η χωροθέτησή τους μακριά από αρχαιολογικούς χώρους και τουριστικά θέρετρα, καθώς για μια μονάδα 5.000 -10.000 m³/ημέρα απαιτείται έκταση 10.000 m². Τέλος δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε περιοχές που συμπεριλαμβάνονται στο δίκτυο Φύση 2000 (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

5.4.2 Διαχείριση της άλμης

Η παραγόμενη άλμη από τις μονάδες αφαλάτωσης είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον, καθώς περιέχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από το θαλασσινό νερό σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης περιέχει χημικές ουσίες από την επεξεργασία του νερού λόγω της χλωρίωσης που υπόκειται το νερό προκειμένου να προστατευθούν οι μεμβράνες της μονάδας. Η απόρριψη δηλαδή της στη θάλασσα έχει ως αποτέλεσμα τη διατάραξη της ισορροπίας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και την καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας. Επίσης σε καμία περίπτωση δε μπορεί να γίνει ταφή της άλμης στη γη καθώς υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ρύπανσης των εδαφών και καταστροφής των καλλιεργειών (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

5.4.3 Χωροθέτηση αγωγών πρόσληψης νερού

Θα πρέπει οι αγωγοί πρόσληψης του νερού να τοποθετηθούν και να κατασκευαστούν ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος απορρόφησης των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών. Αρκετές φορές, λόγω της λειτουργίας μιας μονάδας, ο θάνατος των ψαριών που απορροφώνται από τον αγωγό υδροληψίας κατά την απορρόφηση του νερού και προσκρούουν πάνω στα πλέγματα, αυξάνεται σημαντικά. Σε αυτούς τους αγωγούς είναι αναγκαίο να τοποθετούν ειδικά φίλτρα εισόδου και φίλτρα άμμου έτσι ώστε να αποφεύγονται τα παραπάνω προβλήματα (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

5.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η κατασκευή μιας μονάδας αφαλάτωσης, όπως είναι φυσικό, προκαλεί επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατηγοριοποίηση αυτών των επιπτώσεων γίνεται με βάση τις μεταβλητές του φυσικού και ανθρωπογενούς χώρου. Ως μεταβλητές τους φυσικού χώρου ορίζονται τα στοιχεία εκείνα του περιβάλλοντος που το συνθέτουν και αποτελούν τον φυσικό υποδοχέα των χωροταξικών κατανομών και δραστηριοτήτων του ανθρώπου (Κασσιός, 2006).

5.5.1 Μεταβλητές φυσικού χώρου

Οι μεταβλητές του φυσικού χώρου οι οποίες και επηρεάζονται από ένα σύστημα αφαλάτωσης είναι: α) το έδαφος, β) τα υδρολογικά στοιχεία γ) το κλίμα - ατμόσφαιρα, δ) το θαλάσσιο περιβάλλον και ε) το τοπίο μιας περιοχής. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι, ο βαθμός επίδρασης μιας μονάδας αφαλάτωσης στις μεταβλητές του φυσικού χώρου σχετίζεται πάνω από όλα με το μέγεθος και την δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης. Στη συνέχεια θα εξεταστεί το πώς επηρεάζεται η κάθε μεταβλητή από τις μονάδες αφαλάτωσης (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Έδαφος: Το έδαφος αποτελεί ένα μη ανανεώσιμο φυσικό διαθέσιμο, όπου η σωστή διαχείρισή του και η σωστή κατανομή των χρήσεων ανάλογα με την αντοχή και την καταλληλότητα του, ρυθμίζει την επιτυχία ενός σωστού περιβαλλοντικού σχεδιασμού

(Κασσιός 2006). Η διαχείριση των αποβλήτων από ένα σύστημα αφαλάτωσης αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα και απαιτείται σωστή πολιτική για την πρόληψη της παραγωγής και ανακύκλωσης των αποβλήτων. Τα απόβλητα από μια τέτοια μονάδα είναι κυρίως η άλμη και κάποιες χημικές ουσίες για καθαρισμό και συντήρηση του συστήματος (μεμβράνες). Σε καμία περίπτωση η άλμη δεν μπορεί να ταφεί στο έδαφος καθώς υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για καταστροφή των εδαφικών χαρακτηριστικών και κατεπέκταση των καλλιεργειών. Η προστασία λοιπόν του εδάφους από τα απόβλητα εξασφαλίζεται από την πρόληψη, την ανάκτηση, την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση και τέλος την ασφαλή και ελεγχόμενη διάθεσή τους (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Υδρολογικά στοιχεία: Η υδρολογική κατάσταση μιας περιοχής (ανεξάρτητα μεγέθους) αποτελεί ουσιαστικό αντικείμενο μελέτης, δεδομένου ότι το νερό είναι από τους σημαντικότερους πόρους για ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα. Οι κατηγορίες υδάτινων πόρων διακρίνονται σε α) επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες/πηγές και β) σε υπόγειους-υδροφόρα στρώματα. Με την λειτουργία ενός συστήματος αφαλάτωσης υπάρχει ο κίνδυνος διαρροών άλμης ή θαλάσσιου νερού από αγωγούς μεταφοράς που τοποθετούνται πάνω σε υδροφορείς γλυκού νερού. Για παράδειγμα, αν μια μονάδα αφαλάτωσης, κατασκευαστεί μακριά από την παραλία με στόχο την μείωση των επιπτώσεων σε αυτή, υπάρχει η ανάγκη κατασκευής αγωγών μεταφοράς θαλάσσιου νερού και άλμης. Διαρροές από τους αγωγούς αυτούς, μπορεί να προκαλέσουν ρύπανση στους υδροφορείς. Τα παραπάνω ισχύουν για περιοχές που υπάρχουν υδροφορείς κάτι που είναι σύνηθες σε παράκτιες περιοχές. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι η προστασία των υπόγειων νερών αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές ανησυχίες στην τοποθέτηση νέων μονάδων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σωστή χωροθέτηση των αγωγών πρόσληψης νερού και των αγωγών διάθεσης της άλμης (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Κλίμα - ατμόσφαιρα: Η παραγωγή νερού με αφαλάτωση είναι μια διαδικασία πολύ εντατική σε απαιτήσεις ενέργειας. Οι διάφορες τεχνολογίες οδηγούν σε διαφορετικά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας που επιπρόσθετα επιβαρύνεται με το επίπεδο αλατότητας και ρύπων του θαλάσσιου νερού και την τοποθεσία της μονάδας. Η

κατανάλωση ενέργειας είναι ίσως ο πιο περιοριστικός παράγοντας σε έργα αφαλάτωσης. Ανάλογα με τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα), τα συστήματα αφαλάτωσης μεγάλης δυναμικότητας, αυξάνουν σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτές οι εκπομπές αερίων είναι η κύρια αιτία των κλιματικών αλλαγών σήμερα. Σύμφωνα με την συνθήκη του Κιότο (1997), υπάρχει δέσμευση μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 έως το 2012. Η βέλτιστη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Θαλάσσιο περιβάλλον: Τα συστήματα αφαλάτωσης πρέπει να λειτουργούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην επιβαρύνουν το θαλάσσιο περιβάλλον. Η παραγόμενη άλμη από τις μονάδες αφαλάτωσης θεωρείται ρυπαντική προς το περιβάλλον διότι έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από το θαλασσινό νερό και μεγαλύτερη θερμοκρασία. Στην αντίστροφη όσμωση υπάρχει συμπύκνωση της εξερχόμενης άλμης κατά 1.3 - 1.7 φορές. Επίσης περιέχει χημικές ουσίες από την επεξεργασία του νερού, διότι το αντλούμενο νερό προχλωριώνεται για την προστασία των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται ως φίλτρα. Επίσης η απόρριψη της άλμης στη θάλασσα επηρεάζει την ισορροπία των οικοσυστημάτων και καταστρέφουν την θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα. Στην Κύπρο και στην Σαουδική Αραβία όπου υπάρχουν οι μεγαλύτερες μονάδες στον κόσμο, έπειτα από χρόνια απόρριψης της άλμης στη θάλασσα, καταστράφηκε η χλωρίδα και η πανίδα σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις της αφαλάτωσης. Οι συμβατικοί τρόποι για την διαχείριση της άλμης είναι η απόρριψη πίσω στη θάλασσα, η απόρριψη σε συστήματα αποχέτευσης, η απόρριψη σε γεωτρήσεις ή απ' ευθείας στο έδαφος. Οι μη συμβατικοί τρόποι για την διαχείριση της άλμης είναι η χρήση της σε υγροβιότοπους και σε ιχθυοκαλλιέργειες. Υπάρχει η τεχνική της μείωσης του όγκου της απορριπτόμενης άλμης μέσω μιας δεύτερης βαθμίδας αφαλάτωσης, στην οποία θα εισέρχεται ως νερό τροφοδοσίας η άλμη που παράγεται από την πρώτη βαθμίδα. Άλλος περιβαλλοντικός κίνδυνος είναι η χημική ρύπανση του θαλασσινού νερού. Αυτή συμβαίνει από τα προϊόντα διάβρωσης, την προσθήκη αντισκωριακών μέσων, την προσθήκη οξέων, την προσθήκη απολυμαντικών μέσων, την προσθήκη αντιδραστηρίων κατά του αφρισμού

και κροκιδωτικών. Για αυτό το λόγο η άλμη στην έξοδο των μονάδων αφαλάτωσης συχνά περιέχει μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων λόγω διάβρωσης των εσωτερικών επιφανειών. Τα μέταλλα αυτά είναι ο χαλκός, το νικέλιο, το χρώμιο, και ο ψευδάργυρος στη περίπτωση μεθόδων με εξάτμιση, ή ο σίδηρος, το νικέλιο, το χρώμιο και το μολυβδαίνιο, στην περίπτωση της αντίστροφης όσμωσης. Στην συνέχεια τα βαρέα μέταλλα απορροφώνται από τα αιωρούμενα στερεά και με την συσσώρευσή τους στα ιζήματα επιδρούν στους οργανισμούς και στο περιβάλλον. Συχνά προστίθενται αντισκωριακά μέσα τόσο στις μεθόδους εξάτμισης όσο και στην αντίστροφη όσμωση που έχει ως παρενέργεια τον τοπικό ευτροφισμό λόγω του πολυφωσφορικού οξέως που υδρολύεται προς ορθοφωσφορικό οξύ. Εξάλλου, η προσθήκη οξέων αλλάζει το pH του θαλασσινού νερού, καθώς το όξινο θαλασσινό νερό αποβάλλεται στην θάλασσα και απαιτείται μεγάλος χρόνος για αφομοίωση από το περιβάλλον με αρνητικές επιδράσεις στους οργανισμούς. Τέλος παρουσιάζεται θνησιμότητα θαλάσσιων οργανισμών λόγω της απορρόφησής τους από τους αγωγούς πρόσληψης νερού (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Τοπίο: Το τοπίο είναι σημαντική παράμετρος του περιβάλλοντος, είτε αυτό είναι σημαντικής είτε ασήμαντης ομορφιάς. Το κοινό ενθαρρύνεται να συμμετέχει ενεργά στη διαχείριση του τοπίου, έτσι ώστε να αισθανθεί ότι έχει ευθύνη για ότι συμβαίνει σε αυτό. Η ανησυχία που εκφράστηκε στη διάσκεψη του Ρίο ντε Τζανέιρο (1992), για βιώσιμη ανάπτυξη διαμορφώνει το τοπίο ως μια ουσιαστική παράμετρο στην υιοθέτηση μια μέσης πολιτικής λύσης μεταξύ α) της συντήρησης της φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς ως αντανάκλαση της εθνικής ταυτότητας και της ποικιλομορφίας, και β) της χρησιμοποίησής του ως οικονομικού πόρου που δημιουργεί θέσεις απασχόλησης στα πλαίσια του βιώσιμου τουρισμού. Η κατασκευή μιας μονάδας αφαλάτωσης σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υποβαθμίζει το τοπίο μιας περιοχής, ειδικά όταν πρόκειται για ιδιαίτερου φυσικού κάλους και αυτό μπορεί να επιτευχθεί σε κάποιο βαθμό με τη σωστή χωροθέτηση της μονάδας και των αγωγών (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

5.5.2 Μεταβλητές ανθρωπογενούς χώρου:

Οι μεταβλητές του ανθρωπογενούς χώρου που δέχονται μεταβολές από τη δημιουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι: α) οικισμοί, β) απασχόληση-εισόδημα

Οικισμοί: Η δημιουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης κοντά σε οικισμό γίνεται με σκοπό την ύδρευση και άρδευσή της και κατ' επέκταση την ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής. Βέβαια όταν πρόκειται για μονάδες αφαλάτωσης μεγάλης κλίμακας υπάρχουν διαφωνίες από εμπλεκόμενους φορείς για τις χρήσεις γης. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την υδροδότηση ενός οικισμού, μιας ολόκληρης πόλης, ακόμη και ενός σημαντικού μέρους μιας χώρας απαιτούνται από εκατοντάδες έως χιλιάδες στρέμματα. Αυτό δημιουργεί προβλήματα όσον αφορά τους ιδιοκτήτες γης οι οποίοι καλούνται να χάσουν τις εκτάσεις τους έστω και με αποζημιώσεις (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Απασχόληση-εισόδημα: Η λύση του πρόβλημα της έλλειψης νερού για άρδευση σε μια περιοχή, οδηγεί στην ανάπτυξη της γεωργίας εφόσον αυτή είναι δυνατή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ανάγκη για απασχόληση στον πρωτογενή τομέα. Ο τουρισμός, ειδικά στην Ελλάδα, είναι από τους μεγαλύτερους παράγοντες ανάπτυξης. Για να είναι ελκυστική μια περιοχή δεν αρκεί μόνο το φυσικό της τοπίο. Υπάρχει η ανάγκη υποδομών που θα προσελκύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό τουριστών. Το νερό αποτελεί υψίστης σημασίας φυσικό αγαθό χωρίς το οποίο δεν είναι δυνατόν καλυφθούν κύριες ανάγκες. Με την λειτουργία ενός συστήματος αφαλάτωσης σε μια περιοχή, αυτή αναβαθμίζεται και γίνεται πιο ελκυστική. Όλα τα παραπάνω ενισχύουν την εκάστοτε τοπική οικονομία, είτε με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση μονάδας αφαλάτωσης) είτε ως αποτέλεσμα της τουριστικής ανάπτυξης (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

5.6. ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Το κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης διαχωρίζεται σε: α) κόστος αρχικής επένδυσης και β) κόστος λειτουργίας (Δεληγιάννη και Μπελεσιώτης, 1995).

Στο κόστος αρχικής επένδυσης περιλαμβάνεται το κόστος μελέτης και κατασκευής της μονάδας, το κόστος προμηθειών, το κόστος δανειοδότησης και το κόστος έκδοσης άδειας εγκατάστασης της μονάδας. Από τα παραπάνω, το μεγαλύτερο είναι αυτό της κατασκευής της μονάδας (50%-80% του συνολικού κόστους) (Δεληγιάννη και Μπελεσιώτης, 1995).

Στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης περιλαμβάνονται οι ενεργειακές δαπάνες, τα αναλώσιμα, τα ανταλλακτικά και το κόστος του εργατοτεχνικού προσωπικού. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης περιλαμβάνει δύο παραμέτρους: α) το σταθερό κόστος και β) το μεταβλητό. Το σταθερό κόστος αναφέρεται σε όλα τα κόστη που δεν εξαρτώνται από την ποσότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού. Αυτά είναι τα εργατικά, η συντήρηση του εξοπλισμού, ο τεχνικός έλεγχος, η περιβαλλοντική προστασία και το κόστος ασφάλειας και διοίκησης. Το σταθερό κόστος αποτελεί το 15-50% του συνολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Το μεταβλητό κόστος έχει να κάνει με την παραγόμενη ποσότητα νερού δηλαδή στην ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνεται, την αντικατάσταση ανταλλακτικών και τη διαχείριση της άλμης. Αυτά αποτελούν το υπόλοιπο 50-85% του συνολικού κόστους λειτουργίας και διαχείρισης. Για να υπολογιστεί το κόστος μιας μονάδας, υπολογίζεται το άθροισμα των παραπάνω κοστών σε € / m³ (Καραχάλιου, 2010).

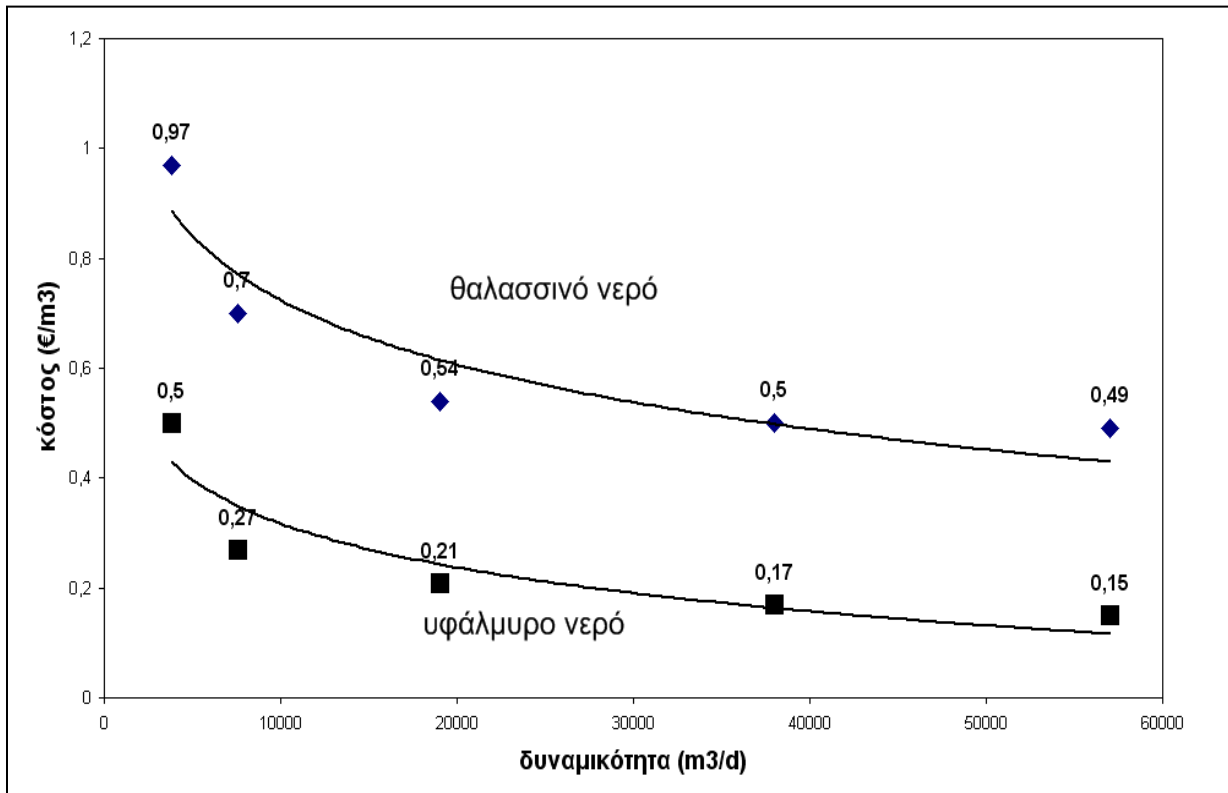
5.6.1 Παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος

α) Μέγεθος μονάδας

Μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει το κόστος είναι το μέγεθος της μονάδας. Για παράδειγμα σε μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με δυναμικότητα 5.000 m³/ημέρα το κόστος παραγόμενου νερού είναι κατά μέσο όρο 1,5 €/m³ ενώ όταν η

δυναμικότητα αυξηθεί σε 20.000 m³/ημέρα το κόστος μειώνεται σε 0,21 - 0,54 €/m³ κατά μέσο όρο (Μουτάφης, 2008). Η σχέση δυναμικότητας μονάδας με κόστος παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 5.4.

Διάγραμμα 5.4: Σχέση δυναμικότητας μονάδας με κόστος (Μουτάφης, 2008)



β) Συντελεστής διαθεσιμότητας μονάδας

Ο συντελεστής διαθεσιμότητας μονάδας ερμηνεύεται ως το ποσοστό του χρόνου που η μονάδα αφαλάτωσης παράγει ποσότητα ίση ή μικρότερη της ονομαστικής ετήσιας δυναμικότητας. Για παράδειγμα μια μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση, δυναμικότητας 100 m³/ημέρα, παράγει 100x365x1 = 36500 m³/έτος με συντελεστή διαθεσιμότητας 100%. Ενώ αν η ίδια μονάδα λειτουργεί 90% του χρόνου με δυναμικότητα λιγότερη από 100 m³/d, τότε η ετήσια παραγωγή θα είναι 100 x 365 x 0,9=32850 m³/έτος. Όταν αυξάνεται ο συντελεστής διαθεσιμότητας, αυξάνεται και το ετήσιο μεταβλητό κόστος λειτουργίας, αλλά συνήθως τα έσοδα από την πώληση του νερού υπερκαλύπτουν αυτό το αυξημένο κόστος.

γ) Ενεργειακό κόστος

Το ενεργειακό κόστος αποτελεί το 30-50% του συνολικού κόστους. Η διαθεσιμότητα φθηνής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει σοβαρό οικονομικό αντίκτυπο στη μονάδα. Στην περίπτωση που πρόκειται για μονάδα μεγάλης δυναμικότητας, είναι εντελώς ασύμφορη η λειτουργία της με ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για την λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης μεγάλης δυναμικότητας. Οι ΑΠΕ έχουν σχετικά χαμηλό κόστος, αφού καταναλώνουν δωρεάν πρώτη ύλη και δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, πράγμα που τις κάνει περιβαλλοντικά αποδεκτές. Παρόλα αυτά, δεν έχουν βρει ευρύτερη εφαρμογή ακόμη και σε μικρές μονάδες αφαλάτωσης λόγω του ότι α) δεν έχουν συνεχή ροή ώστε να ανταποκρίνονται στην ζήτηση της παραγωγής, β) δεν μπορούν να αποθηκεύσουν ποσότητα ενέργειας ή ένταση που απαιτείται για την σωστή λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης και γ) η τεχνολογία του συνδυασμού αφαλάτωσης και ΑΠΕ δεν είναι επαρκώς εξελιγμένη ώστε να παρέχεται φθηνή ενέργεια σε χαμηλό κόστος. Συνήθως η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται προέρχεται από φωτοβολταϊκά (Νικητάκος, 2008).

δ) Άλλοι παράμετροι

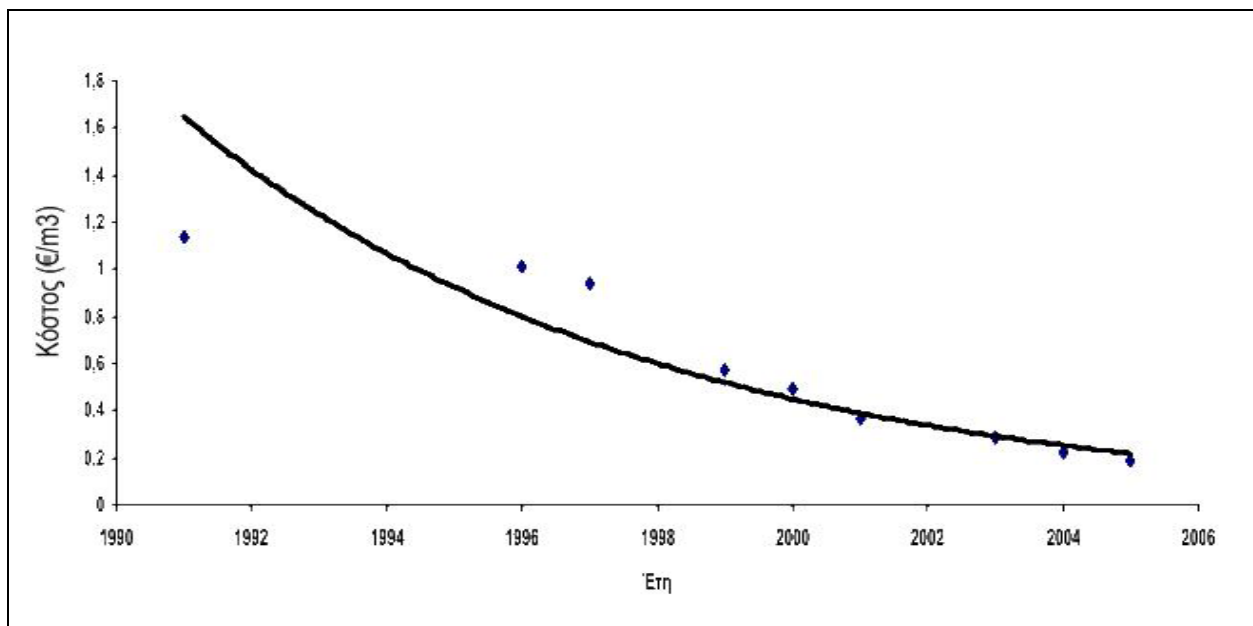
Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος του παραγόμενου νερού, κυρίως σε μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης είναι η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, δηλαδή η αλατότητα, η θερμοκρασία, η θολότητα, η ύπαρξη οργανικής ουσίας και η ύπαρξη χημικών στοιχείων όπως το πυρίτιο, μαγνήσιο και το κάλιο του εισρέοντος στη μονάδα νερού. Η αύξηση της αλατότητας του νερού τροφοδοσίας αυξάνει το αρχικό κόστος κατασκευής της μονάδας, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας γενικά μειώνει το κόστος παραγωγής αλλά καταστρέφει τις συστοιχίες των μεμβρανών. Τέλος, οι χημικές ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό τροφοδοσίας αυξάνουν το κόστος της επεξεργασίας που πρέπει να προηγηθεί, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η ποιότητα του προς χρήση νερού. Η απαιτούμενη ποιότητα του πόσιμου νερού αυξάνει σημαντικά το συνολικό κόστος της μονάδας. Ο τρόπος

διαχείρισης της άλμης επίσης επηρεάζει το κόστος, με την απόρριψη της άλμης στην θάλασσα να είναι η πιο φθηνή λύση αλλά περιβαλλοντικά απαράδεκτη.

5.6.2 Σύγκριση κόστους μονάδων αφαλάτωσης με άλλες μεθόδους υδροδότησης

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια για σύγκριση του κόστους παραγωγής νερού από μονάδες αφαλάτωσης σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως η κατασκευή φραγμάτων, η μεταφορά νερού και γενικά άλλα έργα υδατικών πόρων. Συνήθως αυτές οι συγκρίσεις δεν περιλαμβάνουν τις τελευταίες εξελίξεις σε ότι αφορά αυτές των μεμβρανών μακροδιήθησης, υπερδιήθησης, μικροδιήθησης, αντίστροφης ώσμωσης και άλλων. Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 2, το κόστος από τη μεταφορά νερού κυμαίνεται από 2-7 ευρώ/m³ ενώ η ποιότητά του δεν το χαρακτηρίζει ως πόσιμο. Επίσης το κόστος κατασκευής φραγμάτων είναι ιδιαίτερα υψηλό. Από την άλλη μεριά, και σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της αφαλάτωσης, το κόστος του παραγόμενου νερού από αφαλάτωση έχει μειωθεί κάτω από 0.5€/m³ (Τσακίρης). Στο Διάγραμμα 5.5 παρατηρείται ότι το κόστος του παραγόμενου νερού από αφαλάτωση έχει μειωθεί αισθητά με τη πάροδο των χρόνων.

Διάγραμμα 5.5: Κόστος παραγόμενου νερού ανά έτος (Καραχάλιου, 2010)



6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός φιλικά προς το περιβάλλον συστήματος υδροδότησης της ακτής κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» με τη μέθοδο της αφαλάτωσης. Οι ανάγκες για νερό στην περιοχή όπως υπολογίστηκαν ανέρχονται στα 46 m³ / ημέρα. Για λόγους ασφαλείας και επάρκειας νερού η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης θα έχει δυναμικότητας παραγωγής 50 m³ / ημέρα.

6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Εξετάζοντας την κάθε τεχνολογία αφαλάτωσης σύμφωνα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους επιλέχθηκε η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης. Η επιλογή αυτή, έγινε βάση των παραμέτρων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 4 και παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 6.1). Συγκεκριμένα στον Πίνακα 6.1 συγκρίνονται οι προδιαγραφές της προτεινόμενης μονάδας αφαλάτωσης σε σχέση με τις προδιαγραφές που μπορεί να προσφέρει η κάθε μέθοδος ξεχωριστά. Εύκολα γίνεται αντιληπτό, ότι η καταλληλότερη μέθοδος είναι αυτή της αντίστροφης όσμωσης.

Πίνακας 6.1: Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου αφαλάτωσης

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ	ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΚΤΟΝΩΣΗ	ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΜΕ ΕΠΑΝΑΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗ
ΝΕΡΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ)	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΥΦΑΛΜΥΡΟ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (100 - 500 ppm TDS)	10 ppm TDS	10 ppm TDS	10 ppm TDS	250 - 500 ppm TDS	300 - 500 ppm TDS
ΜΕΓΕΘΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (50 m ³ / ημέρα)	1.000 - 60.000 m ³ / ημέρα	500 - 20.000 m ³ / ημέρα	25 - 2.500 m ³ / ημέρα	0,4 - 128.000 m ³ / ημέρα	15 - 50.000 m ³ / ημέρα
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΛΜΗΣ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (0,5 KWh / m ³)	4 - 6 KWh / m ³	4 - 6 KWh / m ³	8 - 15 KWh / m ³	0.5 - 3 KWh / m ³	1.5 - 4 KWh / m ³



Ικανοποιεί τις προδιαγραφές



Δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές

Επίσης εκτός από τις παραπάνω παραμέτρους, στην επιλογή της αντίστροφης όσμωσης, καθοριστικοί παράγοντες ήταν:

- Η τεχνογνωσία της μεθόδου λόγω της μεγάλης ανάπτυξής της τα τελευταία χρόνια.
- Η αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε πολλές περιοχές και νησιά της Ελλάδας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία που υπάρχει για την εφαρμογή της μεθόδου της αφαλάτωσης στον ελληνικό χώρο, η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης είναι αυτή η οποία έχει κυριαρχήσει. Σε όλα τα νησιά (Σύρος, Σχοινούσα, Μύκονος, Πάρος, Τήνος, Ηρακλεία, Τήνος, Μήλος, Σίφνος, Χίος, Νίσυρος, Παξοί, Ίος, Πόρος, Οινούσες) οι μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν βασίζονται στην μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.
- Η μικρή επιφάνεια εγκατάστασης που απαιτείται για τη μονάδα. Είναι αναγκαίο σε μια άκρως τουριστική περιοχή η παρουσία μιας τέτοιας μονάδας να είναι όσο το δυνατόν πιο διακριτική. Στην συγκεκριμένη περιοχή βέβαια η μονάδα αφαλάτωσης είναι πολύ μικρή. Με βάση των δεδομένων μελέτης ο απαιτούμενος χώρος προσδιορίστηκε σε έκταση 500 m^2 (1/2 στρέμμα).

Επίσης, επειδή το χρησιμοποιούμενο νερό θα είναι θαλασσινό. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα, όπου το προς επεξεργασία νερό είναι θαλασσινό, εφαρμόζεται η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης και τέλος τα προβλήματα διάβρωσης που αντιμετωπίζουν οι μονάδες αντίστροφης όσμωσης είναι μικρότερα από αυτά των υπολοίπων.

6.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η μονάδα αφαλάτωσης που προτείνεται θα αποτελείται από:

- Αντλιοστάσιο θαλασσινού νερού και αγωγούς μεταφοράς (υποθαλάσσιο και χερσαίο). Το αντλιοστάσιο προτείνεται να εγκατασταθεί στην παράκτια ζώνη, λίγα μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και θα έχει τη δυνατότητα άντλησης $100 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Η δυνατότητα άντλησης είναι $100 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ λόγω του

ότι το παραγόμενο νερό σύμφωνα με τις απαιτήσεις πρέπει να είναι 50 m³/ημέρα. Για την ανύψωση του νερού 50 μέτρα από το επίπεδο της θάλασσας θα απαιτηθεί κατάλληλη αντλία 50 mΣΥ, ισχύος περίπου 1,5KW.

- Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης το οποίο περιλαμβάνει το σύστημα αντίστροφης όσμωσης, το σύστημα αυτόματου καθαρισμού μεμβρανών και το σύστημα χημικού καθαρισμού.
- Το αντλιοστάσιο καθαρού νερού και τον χερσαίο αγωγό μεταφοράς. Το αντλιοστάσιο καθαρού νερού θα βρίσκεται πλησίον της μονάδας αφαλάτωσης και μέσω του αγωγού μεταφοράς θα διανέμεται το πόσιμο νερό στις εγκαταστάσεις της παραλίας.
- Τον αγωγό απόρριψης άλμης (χερσαίο και υποθαλάσσιο) με τον οποίο η άλμη θα οδηγείται πάλι στη θάλασσα μέσω κατάλληλου αγωγού. Ο υποθαλάσσιος αγωγός θα πρέπει να εγκατασταθεί σε διαφορετικό σημείο από τον αντίστοιχο για την άντληση του θαλασσινού νερού.

6.3 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Το κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης αποτελείται από α) το κόστος αρχικής επένδυσης και β) το κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Το κόστος αρχικής επένδυσης για την προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης, δυναμικότητας 50 m³/ημέρα, παρουσιάζεται στον πίνακα 6.1 σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα αγοράς. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης για την προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης, περιλαμβάνει το κόστος για τις ενεργειακές δαπάνες και το κόστος για συντήρηση (αναλώσιμα κ.α.). Η συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης θα λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα καθώς το κόστος των άλλων εναλλακτικών (γεννήτρια, φωτοβολταϊκά) κρίθηκε απαγορευτικό. Στη συνέχεια γίνεται μια εκτίμηση του συνολικού κόστους της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 6.2: Κόστος αρχικής επένδυσης

A/A	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΚΟΣΤΟΣ
1	Σύστημα αφαλάτωσης με τοποθέτηση και συνδέσεις	42,000.00 €
2	Αντλιοστάσιο ανύψωσης θαλασσινού νερού και έργα επαναφοράς αλμοποιού	6,000 €
3	Ηλεκτρικός πίνακας με τηλεμετρία και πλήρεις ηλεκτρικές συνδέσεις	8,000 €
4	Διάφορα	2,000 €
ΣΥΝΟΛΟ		58,000 €

Κατανάλωση ενέργειας μονάδων αφαλάτωσης

Για ισχύ εγκατάστασης ίση με 18,5KW και ανάκτηση 27%, η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας στη μονάδα αφαλάτωσης εκτιμάται ίση με:

$$(1-0,27) \times 18,5 \text{ KW} \times 24\text{h} = 461,52 \text{ KWh} \quad (1)$$

Κατανάλωση Ενέργειας Αντλιοστασίου Θαλασσινού Νερού

Για την άντληση 100m³/d θαλασσινού νερού (5 m³/h) σε 50mΣΥ, απαιτείται αντλία περίπου ίση με 1,5KW. Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται ίση με:

$$1,5 \text{ KW} \times 24\text{h} = 36 \text{ KWh} \quad (2)$$

Κατανάλωση Ενέργειας Αντλιοστασίου Μεταφοράς Καθαρού Νερού

Για την τροφοδοσία των εγκαταστάσεων με 50m³/d καθαρού νερού (2,5 m³/h) σε 100mΣΥ, απαιτείται αντλία 2KW. Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται ίση με:

$$2 \text{ KW} \times 24\text{h} = 48 \text{ KWh} \quad (3)$$

Συνολική Ημερήσια Κατανάλωση Ενέργειας

Η συνολική ημερήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται από το άθροισμα των επιμέρους καταναλώσεων (1), (2), (3) και εκτιμάται ίση με: **545,52 KWh**

Λαμβάνοντας μία μέση τιμή κόστους της κιλοβατώρας ίση με 0,14 € / KWh, τότε το συνολικό κόστος ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας εκτιμάται ίσο με:

$$545,52 \text{ KWh} * 0,14 \text{ €/KWh} = 75,95 \text{ €/d} \quad (4)$$

Για λειτουργία της μονάδας τη περίοδο αιχμής, δηλαδή 90 ημέρες (3 μήνες), το συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται σε περίπου 7.000 €. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να καλυφθεί από φωτοβολταϊκά συστήματα, το κόστος των οποίων ανέρχεται ενδεικτικά σε 170.000€. Για την εγκατάσταση των συστημάτων αυτών απαιτείται διαθέσιμη έκταση της τάξης των 750m². Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης για την προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης, δυναμικότητας 50 m³/ημέρα σε βάθος πενταετίας παρουσιάζεται στον πίνακα 6.2 σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα αγοράς.

Πίνακας 6.3: Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

A/A	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΚΟΣΤΟΣ
1	Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της μονάδας 90 ημέρες.	7,000 €
2	Λειτουργία και συντήρηση της μονάδας αφαλάτωσης για 5 χρόνια. Περιλαμβάνει εργασία και χημικά.	2,400 €
ΣΥΝΟΛΟ		9,400 €

6.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

6.4.1 Εκτίμηση επιπτώσεων

Οι αρνητικές επιπτώσεις από την κατασκευή του συστήματος αφαλάτωσης στην ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» είναι κυρίως:

- Στις χρήσεις γης: αντιδράσεις κατοίκων και διαφόρων φορέων για την θέση της μονάδας αφαλάτωσης.
- Στους υδροφορείς: υπάρχει ο κίνδυνος διαρροών άλμης ή θαλάσσιου νερού από αγωγούς μεταφοράς που τοποθετούνται πάνω στους υδροφορείς.
- Στο θαλάσσιο περιβάλλον: η κατασκευή – τοποθέτηση αγωγών εκροής άλμης στη θάλασσα βλάπτει θανάσιμα τους θαλάσσιους οργανισμούς.
- Η ηχορύπανση: εδώ πρέπει να εξεταστεί ο βαθμός όχλησης του συστήματος αφαλάτωσης που πρόκειται να τοποθετηθεί στην ακτή.
- Η εντατική χρήση ενέργειας: η λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης απαιτεί αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η θνησιμότητα θαλάσσιων οργανισμών: πρέπει να γίνει κατάλληλος σχεδιασμός του αγωγού τροφοδοσίας έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος απορρόφησης θαλάσσιων οργανισμών.
- Οι οικονομικές επιπτώσεις: δαπάνες για κατασκευή μονάδας – εξάρτηση δαπανών από την ενέργεια
- Η αλλοίωση τοπίου: είναι σημαντικό η τοποθέτηση της μονάδας να γίνει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην επηρεάζει την αισθητική του τοπίου.

Οι θετικές επιπτώσεις και τα περιβαλλοντικά οφέλη από την κατασκευή του συστήματος αφαλάτωσης στην ακτή «Πόρτο Κατσίκι» είναι:

- Η αυξημένη αξιοπιστία στην παροχή νερού: το παραγόμενο νερό για ύδρευση θα έχει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας καθώς είναι σημαντική η ανεξάρτηση από τις καιρικές συνθήκες.
- Η βελτίωση στην ποιότητα και στην υγιεινή: η καλή ποιότητα παραγόμενου νερού σημαίνει καλύτερη ποιότητα λυμάτων.

- Η μείωση της υπεράντλησης των υπόγειων υδάτων.
- Η αναβάθμιση της περιοχής: η περιοχή είναι άκρως τουριστική και ένα τέτοιο έργο δημιουργεί τις κατάλληλες υποδομές για την αναβάθμιση της.

Ο βαθμός σοβαρότητας των αρνητικών επιπτώσεων και των οφελών από την κατασκευή της μονάδας αφαλάτωσης στην ακτή «Πόρτο Κατσίκι» σε σχέση με μια συμβατική μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 60.000 m³/ημέρα παρουσιάζονται στους πίνακες 6.3 και 6.4. Συγκρίνοντας τους 2 πίνακες είναι ξεκάθαρο ότι η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης στην ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» προκαλεί ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον σε σχέση με μια μονάδα μεγάλης δυναμικότητας. Οι επιπτώσεις αυτές είναι δυνατόν να περιοριστούν και να μηδενιστούν με τη λήψη κατάλληλων μέτρων καθώς επίσης και με σχέδια παρακολούθησης και πρόληψης. Από την άλλη μεριά τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις και αποτελούν ισχυρό κριτήριο για την κατασκευή μονάδων αφαλάτωσης γενικά.

Πίνακας 6.4: Εκτίμηση του βαθμού σοβαρότητας των επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία της μονάδας

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ					
	ΑΛΜΗ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ	ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	ΗΧΟΥΡΥΠΑΝΣΗ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ
ΕΔΑΦΟΣ	1	2	1	1	1	1
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1	1	1	1	1	1
ΚΛΙΜΑ - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	1	1	1	2	1	1
ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	2	2	2	1	1	1
ΤΟΠΙΟ	1	1	1	1	2	1
ΑΝΘΩΠΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΥΔΑΤΟΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ		ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ
ΟΙΚΙΣΜΟΙ - ΑΚΤΗ	3		2	3		1
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	1		1	1		1

1 = Καμία επίπτωση - Ασήμαντη

2 = Μέτρια

3 = Σημαντική

Πίνακας 6.5: Εκτίμηση του βαθμού σοβαρότητας των επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία μιας συμβατικής μονάδας.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ					
	ΑΛΜΗ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ	ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	ΗΧΟΥΡΥΠΑΝΣΗ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ
ΕΔΑΦΟΣ	2	2	1	1	2	2
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1	2	1	1	1	1
ΚΛΙΜΑ - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	1	1	1	3	1	3
ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	3	3	3	2	1	2
ΤΟΠΙΟ	1	1	1	1	3	1
ΑΝΘΩΠΟΓΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΥΔΑΤΟΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ		ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ
ΟΙΚΙΣΜΟΙ	3		2	3		1
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	1		3	3		2

1 = Καμία επίπτωση - Ασήμαντη

2 = Μέτρια

3 = Σημαντική

6.4.2 Μέτρα πρόληψης, περιορισμού ή και εξουδετέρωσης των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από το σύστημα αφαλάτωσης

Μετά την κατασκευή και τοποθέτηση του συστήματος αφαλάτωσης είναι αναγκαία η λήψη συγκεκριμένων μέτρων με σκοπό την πρόληψη, τον περιορισμό ή και την εξουδετέρωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις αυτές καθώς και τα μέτρα που είναι αναγκαία να ληφθούν, αναλύονται στη συνέχεια:

- **Θνησιμότητα θαλάσσιας ζωής:** η απορρόφηση ψαριών και άλλων οργανισμών αντιμετωπίζεται με τη δημιουργία υποθαλάσσιων έργων άντλησης θαλάσσιου νερού. Σε περίπτωση ανοικτού τύπου αγωγού, τότε μπορεί να γίνει εγκατάσταση συστήματος άντλησης θαλάσσιου νερού με χαμηλή ταχύτητα. Επίσης μπορεί να τοποθετηθεί σύστημα εσχάρωσης στην αρχή του αγωγού.
- **Διάθεση άλμης:** αυτό το θέμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς δεν πρέπει να διαταραχθεί σε καμία περίπτωση το θαλάσσιο οικοσύστημα της περιοχής. Γενικά η απόρριψη της άλμης περιορίζεται σε μικρή ακτίνα. Για τον πλήρη περιορισμό της άλμης, μπορεί αυτή να αραιωθεί με ένα άλλο ρεύμα νερού που επιστρέφει στη θάλασσα. Επίσης πρέπει να μελετηθεί ο υποθαλάσσιος χώρος διάχυσης της άλμης για την σωστή χωροθέτηση των διαχυτήρων.
- **Ρύπανση θάλασσας και εδάφους:** είναι αναγκαίο η χρήση χημικών και διαβρωτικών υλικών να περιορίζεται ή και να είναι μηδαμινή. Κατά την διάρκεια διαδικασιών, όπως του καθαρισμού μεμβρανών, είναι σημαντικό να γίνεται η ξεχωριστή συλλογή των αποβλήτων με υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

6.4.3 Σχέδιο παρακολούθησης επιπτώσεων στο περιβάλλον

Η καλύτερη αντιμετώπιση είναι η πρόληψη και για αυτό είναι σημαντικό αφού κατασκευαστεί η μονάδα στην περιοχή:

- Να ελέγχεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η ποιότητα του παραγόμενου νερού.
- Να ελέγχεται η κατάσταση των παράκτιων υδροφορέων
- Να γίνεται δειγματοληψία και ανάλυση της άλμης ανά τακτά χρονικά διαστήματα

6.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα του παραγόμενου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με την Οδηγία 98/83/EC, που ενσωματώθηκε στην Ελληνική νομοθεσία με την ΚΥΑ Υ2/2600/01, η οποία τροποποιήθηκε από την Υ.Α. ΔΥΓ2/ΓΠ οικ. 38295/2007. Σύμφωνα με την ανωτέρω νέα οδηγία, σχετικά με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, η παρακολούθηση της ποιότητάς του περιλαμβάνει τη δοκιμαστική και την ελεγκτική παρακολούθηση. Με βάση την ΚΥΑ Υ2/2600/01 τα χαρακτηριστικά εξόδου του νερού στις εξεταζόμενες παραμέτρους πρέπει να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που παρουσιάζονται στους πίνακες 6.6, 6.7, 6.8 και 6.9

Πίνακας 6.6: Μικροβιολογικοί παράμετροι (ΦΕΚ Β/892)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΤΙΜΗ
Escherichia coli	0
Εντερόκοκοι	0

Πίνακας 6.7: Χημικοί παράμετροι (ΦΕΚ Β/892)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
Ακρυλαμίδιο	0.1	μg/lt
Αντιμόνιο	5	μg/lt
Αρσενικό	10	μg/lt
Βενζόλιο	1	μg/lt
Βεζνο-α-πυρένιο	0.01	μg/lt
Βόριο	1	μg/lt
Βρώμικα άλατα	10	μg/lt
Κάδμιο	5	μg/lt
Χρόμιο	50	μg/lt
Χαλκός	2	μg/lt
Κυανιούχα άλατα	50	μg/lt
1,2-διχλωροαιθάνιο	3	μg/lt
Επιχλωρυδρίνη	0.1	μg/lt
Φθοριούχα άλατα	1.5	μg/lt
Μόλυβδος	10	μg/lt
Υδράργυρος	1	μg/lt
Νικέλιο	20	μg/lt
Νιτρικά άλατα	50	μg/lt
Νιτρώδη άλατα	0.5	μg/lt
Παρασιτοκτόνα	0.1	μg/lt
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0.5	μg/lt
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονλανθρακες	0.1	μg/lt
Σελήνιο	10	μg/lt
Τετραχλωροαιθένιο και τριχλωασθένιο	10	μg/lt
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/lt

Πίνακας 6.8: Ενδεικτικοί παράμετροι (ΦΕΚ Β/892)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
Αργίλιο	200	μg/lt
Αμμώνιο	0.5	mg/lt
Χλωριούχα άλατα	250	mg/lt
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων)	0	Αριθμός / 100 ml
Αγωγιμότητα	2500	Ms/cm ⁻¹ στους 20C
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	> 6.5 και < 9.5	Μονάδες pH
Σίδηρος	200	μg/lt
Μαγγάνιο	50	μg/lt
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5	mg/lt O ₂
Θειικά άλατα	250	mg/lt
Νάτριο	200	mg/lt
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε 22C και 37C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός / 100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	

Το προς κατανάλωση νερό θα περιέχει max 500 mg/lTDS (Total Dissolved Solids - Ολικά Αιωρούμενα Στερεά), θα είναι μικροβιολογικά εντός των ορίων που αναφέρονται παραπάνω και θα έχει δείκτη διαβρωτικότητας L.S.I, θετικό ($0 < L.S.I. < +0.5$).

Χαρακτηριστικά ακατέργαστου (θαλασσινού) νερού:

Το προς επεξεργασία νερό είναι θαλασσινό. Η περιεκτικότητα του νερού σε ολικά διαλυτά στερεά είναι: TDS = 42500 ppm.

Πίνακας 6.9: Περιεκτικότητα νερού σε άλατα (ΦΕΚ Β/892)

FEED	MG/LT
NH ₄	0.2
K	65
Na	13603
Mg	1530
Ca	360
Sr	0
Ba	0
HCO ₃	159
NO ₃	5
CL	23976.1
FEED	0.5
SO ₄	2800
SiO ₂	1

6.6 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι», είναι μια περιοχή ιδιαίτερου φυσικού κάλους και κάθε χρόνο την επισκέπτονται χιλιάδες τουρίστες. Χαρακτηριστικό της γνώρισμα είναι το έντονο πρωτόγονο στοιχείο το οποίο δεν πρέπει να αλλοιωθεί με την κατασκευή της μονάδας αφαλάτωσης. Ορισμένα θέματα, όπως, η όχληση από τη κυρίως μονάδα και από τους αγωγούς πρόσληψης νερού αλλά και η αλλοίωση του τοπίου πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη για το που και πως θα τοποθετηθούν τα συστήματα της μονάδας. Καταρχήν πρόκειται για μονάδα μικρής δυναμικότητας, η οποία απαιτεί μικρό όγκο εγκατάστασης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα της τοποθέτησης όλων των συστημάτων μέσα σε εμπορευματοκιβώτια. Ο απαιτούμενος χώρος για την εγκατάσταση του συστήματος αφαλάτωσης υπολογίζεται σε λιγότερο από μισό στρέμμα (500 m²).

6.6.1 Τοποθεσία μονάδας αφαλάτωσης

Για να την κατασκευή της μονάδας αφαλάτωσης στην περιοχή μελέτης είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν τα σημεία στα οποία θα τοποθετηθούν το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης (αντίστροφη όσμωση), τα αντλιοστάσια, καθώς και η διαδρομή που θα ακολουθεί ο αγωγός πρόσληψης νερού, ο αγωγός μεταφοράς νερού και ο αγωγός διάθεσης άλμης. Αρχικά, πρέπει να προσδιοριστεί το καταλληλότερο σημείο για το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης και στη συνέχεια, θα ακολουθήσει ο σχεδιασμός των αγωγών. Ύστερα από έρευνα στην περιοχή μελέτης, το επικρατέστερα σημεία για την τοποθέτηση του κυρίως συστήματος αφαλάτωσης είναι τα «Σ1», «Σ2» και «Σ3» (Χάρτης 2).

- Το «Σ2» απορρίφθηκε εξ αρχής, καθώς δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί ένα τέτοιο σύστημα σε μια ακτή κολύμβησης, η οποία αποτελεί τουριστικό προορισμό χιλιάδων επισκεπτών κάθε χρόνο. Η τοποθέτηση του εκεί, σε συνδυασμό με την παρουσία των αγωγών μεταφοράς και πρόσληψης νερού, θα οδηγούσαν στην πλήρη υποβάθμιση της ακτής (Χάρτης 2).
- Το «Σ3», σε αντίθεση με το «Σ2», δε βρίσκεται στη ακτή κολύμβησης, αλλά λόγω της θέσης του, η εγκατάσταση του συστήματος εκεί συνεπάγεται την

διέλευση των αγωγών πρόσληψης νερού και διάθεσης άλμης από αυτή. Κάτι τέτοιο, θα προκαλούσε αισθητικό πρόβλημα και υποβάθμιση της περιοχής. Επίσης το υψόμετρο είναι πολύ μεγάλο (130 m) με αποτέλεσμα να χρειάζονται αγωγοί μεγαλύτερου μήκους, αντλία ανύψωσης μεγαλύτερης ισχύος και κατ' επέκταση αύξηση του κόστους κατασκευής (Χάρτης 2).

- Το «Σ1» είναι το καταλληλότερο σημείο, καθώς λόγω της θέσης του, οι αγωγοί πρόσληψης νερού και διάθεσης άλμης δε θα έχουν οπτική επαφή με την ακτή κολύμβησης. Επίσης βρίσκεται στο μικρότερο δυνατόν υψόμετρο (50 m).

Από το «Σ1» ο αγωγός πρόσληψης νερού θα καταλήγει στο «Α» και ο αγωγός διάθεσης της άλμης θα καταλήγει στο «Β». Το σημείο πρόσληψης «Α» είναι σημαντικό να βρίσκεται σε απόσταση από το σημείο «Β» καθώς δεν είναι δυνατόν να απορροφάται νερό από το σημείο στο οποίο θα επιστρέφει η άλμη. Πλησίον της μονάδας αφαλάτωσης θα βρίσκεται το αντλιοστάσιο καθαρού νερού και μέσω αγωγού θα διανέμεται στις τουριστικές εγκαταστάσεις (WC, καντίνες, ντουζιέρες) (Χάρτης 2).

6.6.2 Κατάταξη κατηγοριοποίηση μονάδας αφαλάτωσης

Οι μονάδες αφαλάτωσης εντάσσονται στην κατηγορία «Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων» και κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Η συγκεκριμένη μονάδα για την ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι» όπως φαίνεται και στην Πίνακα 6.11 εντάσσεται στην «κατηγορία Β1» αφού και η ποσότητα του παραγόμενου νερού πρόκειται να είναι μικρότερη από το 100 m³/ημέρα, συγκεκριμένα 50 m³/ημέρα. Η «κατηγορία Β1» περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που προκαλούν μικρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο) και για την αδειοδότηση δραστηριοτήτων της «κατηγορίας Β1», αρμόδια αρχή είναι η νομαρχιακή υπηρεσία του Υ.Π.Ε.Κ.Α. Γίνεται δηλαδή αντιληπτό ότι όποιες αρνητικές επιπτώσεις περιβάλλον είναι σχετικά πολύ μικρές και μπορούν να περιοριστούν σε μηδενικό βαθμό σύμφωνα με τα μέτρα που προτάθηκαν παραπάνω. Τέλος πρέπει να

αναφερθεί ότι η περιοχή μελέτης δεν συμπεριλαμβάνεται στο δίκτυο Φύση 2000, οπότε και επιτρέπεται η κατασκευή μονάδας στην περιοχή.

Πίνακας 6.10: Κατηγοριοποίηση μονάδων αφαλάτωσης (ΦΕΚ Β/1022)

ΟΜΑΔΑ 9 ^η : ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ						
Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ Ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΩΤΗ		ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΗ		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		ΥΠΟΚΑΤ. 1 ^η	ΥΠΟΚΑΤ. 2 ^η	ΥΠΟΚΑΤ. 1 ^η	ΥΠΟΚΑΤ. 2 ^η	
265	Αφαλάτωση		> 100 m ³ /ημ.	≤ 100 m ³ /ημ.		Οι ποσότητες αναφέρονται στην δυναμικότητα της εγκατάστασης ως προς το παραγόμενο προϊόν (όγκος νερού).

6.6.3 Βαθμοί όχλησης μονάδας αφαλάτωσης

Το θέμα της όχλησης από το σύστημα και τους αγωγούς δεν επηρεάζει την τοποθέτηση της μονάδας στη περιοχή καθώς όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.12 οι μονάδες με δυναμικότητα μικρότερη των 100 m³/ημέρα έχουν χαμηλό βαθμό όχλησης. Η προτεινόμενη μονάδα θα έχει δυναμικότητα της τάξεως των 50 m³/ημέρα οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα.

Πίνακας 6.11: Αντιστοιχία βαθμών όχλησης (Ε. Τζεν, 2010)

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ Ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΟΧΛΗΣΗΣ			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΣΗ	ΧΑΜΗΛΗ	
Αφαλάτωση νερού		≥100 m ³ /ημέρα	≤100 m ³ /ημέρα	Οι ποσότητες αναφέρονται στην δυναμικότητα της εγκατάστασης ως προς το παραγόμενο προϊόν (όγκος νερού)

6.7 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ

Όπως αναφέρθηκε, στην ακτή «Πόρτο Κατσίκι» έχουν κατασκευαστεί 4 τουαλέτες (WC) ενώ παράλληλα λειτουργούν και 4 καντίνες. Από τη στιγμή που θα τοποθετηθεί το προτεινόμενο σύστημα αφαλάτωσης υπάρχει η ανάγκη της διάθεσης και επεξεργασίας των λυμάτων που θα προκύψουν. Ο όγκος των λυμάτων υπολογίζεται ότι θα είναι της τάξεως των 48 m³/ημέρα. Αυτό προκύπτει συνυπολογίζοντας τα 46 m³/ημέρα νερού που θα καλύπτουν τις ανάγκες των καντινών και των τουαλετών καθώς και τα λύματα από τις τουαλέτες. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων μειώνει τα ρυπαντικά φορτία σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90% και σε συνδυασμό με την απολύμανση μειώνει τα μικρόβια σε ποσοστό 99.9%. Η εκροή μπορεί να διατεθεί σε ελεγχόμενη άρδευση πρασίνου. Η έλλειψη νερού στην περιοχή καθιστά την επαναχρησιμοποίηση των εκροών για ανάπτυξη πρασίνου ιδιαίτερα ελκυστική. Αντίθετα η διάθεση των επεξεργασμένων εκροών στη θάλασσα κρίνεται απαγορευτική όχι μόνο λόγω υψηλού κόστους (πρόσθετοι αγωγοί μεγάλου μήκους), αλλά και λόγω της έστω και μικρής επιβάρυνσης που θα προκαλέσουν οι επεξεργασμένες εκροές στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Το σύστημα διαχείρισης των λυμάτων στο «Πόρτο Κατσίκι» θα πρέπει να περιλαμβάνει

- Μονάδα βιολογικού καθαρισμού για ποσότητα λυμάτων 48 m³ / ημέρα
- Σύστημα υπεδάφιας άρδευσης επεξεργασμένων εκροών
- Φύτευση δένδρων για την απορρόφηση των επεξεργασμένων εκροών
- Παροχή υπηρεσιών για λειτουργία και συντήρηση όλων των συστημάτων

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών από τον άνθρωπο, είναι πολύ περισσότερες από τις διαθέσιμες. Η βραχυπρόθεσμη λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας, ήταν μέχρι σήμερα η υπερεκμετάλλευση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, πράγμα που δεν αποτελεί πλέον βιώσιμη λύση.

Η περιοχή που μελετήθηκε είναι η ακτή κολύμβησης «Πόρτο Κατσίκι», η οποία βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού της Λευκάδας και συγκεκριμένα στον πρώην δήμο Απολλωνίων. Η εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος τροφοδοσίας νερού θεωρείται από τους τοπικούς φορείς πρώτης προτεραιότητας καθώς, η συγκεκριμένη ακτή αποτελεί πόλο έλξης χιλιάδων επισκεπτών κάθε χρόνο. Ύστερα από έρευνα, αποφασίστηκε ότι ημερήσιες ανάγκες για νερό στην ακτή ανέρχονται σε 50 m³. Για την επίλυση του προβλήματος εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν οι εξής περιπτώσεις: α) η μηδενική λύση, β) η μεταφορά νερού, γ) η γεώτρηση δ) τα φράγματα και ε) η αφαλάτωση. Τα συμπεράσματα, για το ποια λύση είναι η καταλληλότερη, προέκυψαν βάση περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών κριτηρίων και τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος της αφαλάτωσης. Η πιο ιδανική λύση θα ήταν η λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης σε συνδυασμό με μία γεώτρηση, η οποία θα λειτουργεί ως εφεδρική, σε περίπτωση που υπάρχει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος. Η μέθοδος αφαλάτωσης που προτείνεται είναι αυτή της αντίστροφης όσμωσης.

Παρά το γεγονός ότι η μέθοδος της αφαλάτωσης κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη, για την επίλυση του προβλήματος στην περιοχή μελέτης, υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον όπως.

- Η διάθεση της άλμης: το συμπύκνωμα της πυκνής άλμης επιστρέφει στη θάλασσα, με αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας του νερού και τη διατάραξη του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Η λύση που προτείνεται είναι η επιστροφής της άλμης στη θάλασσα με ένα άλλο ρεύμα νερού, σε σημείο διαφορετικό από αυτό στο οποίο γίνεται η άντληση.
- Η αύξηση της θνησιμότητα της θαλάσσιας ζωής: Η απορρόφηση νερού από τον αγωγό άντλησης, εγκυμονεί κινδύνους καθώς πολλές φορές απορροφούνται και

διάφοροι θαλάσσιοι οργανισμοί. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, προτείνεται η τοποθέτηση εσχάρωσεων στην αρχή του αγωγού άντλησης ή εγκατάσταση συστήματος άντλησης νερού με χαμηλή ταχύτητα.

- Η ρύπανση της θάλασσας και του εδάφους: κατά τη διάρκεια διάφορων διαδικασιών, όπως του καθαρισμού των μεμβρανών, χρησιμοποιούνται χημικά και διαβρωτικά υλικά. Είναι αναγκαίο να γίνεται ξεχωριστή συλλογή των αποβλήτων με υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

Οι αρνητικές επιπτώσεις που θα προκληθούν στο περιβάλλον, από την λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης, παρόλο που είναι πολύ περιορισμένες μπορούν να αντιμετωπιστούν σε μεγάλο βαθμό ή ακόμη και να εξουδετερωθούν πλήρως. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα σύνολο μέτρων που προτάθηκαν παραπάνω και με ένα σχέδιο παρακολούθησης το οποίο θα περιλαμβάνει:

- Τακτικό έλεγχο της ποιότητας του παραγόμενου νερού,
- Έλεγχο της κατάστασης των παράκτιων υδροφορέων,
- Δειγματοληψία και ανάλυση της άλμης ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η λήψη μέτρων και η πρόληψη είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για την περιοχή μελέτης αλλά για κάθε περιοχή στην οποία λειτουργούν μονάδες αφαλάτωσης.

Συμπερασματικά:

1. Η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος που μπορεί να προσφέρει ικανοποιητική ποσότητα και ποιότητα νερού ανεξάρτητα από το κλίμα της περιοχής και επιβάλλεται να επιλεγθεί ως λύση.
2. Δεδομένου ότι η αφαλάτωση είναι αδύνατον να καλύψει από μόνη της όλες τις ανάγκες για νερό, πρέπει να λειτουργεί συμπληρωματικά και σε καμία περίπτωση να μην αντικαταστήσει εξ' ολοκλήρου προσπάθειες όπως η συλλογή και αξιοποίηση του βρόχινου νερού.
3. Ο εξαιρετικά ενεργοβόρος χαρακτήρας των μονάδων αφαλάτωσης μεγάλης δυναμικότητας, επιβάλει την λειτουργία τους σε συνδυασμό με ανανεώσιμες

πηγές ενέργειας. Σε αντίθετη περίπτωση, το περιβαλλοντικό ισοζύγιο που προκύπτει είναι αρνητικό.

4. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αφαλάτωση αποτελούν μείζον πρόβλημα, το οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί με τον βέλτιστο σχεδιασμό ώστε να ελαχιστοποιηθούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Αντωνόπουλος Β**, «Ποιότητα και ρύπανση υπόγειων νερών», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2001.
- 2. Γρεβενίτης Π**, «Οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων», Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1997.
- 3. Δαγκαλίδης Α**, «Κλαδική μελέτη 12: Αφαλάτωση νερού», Τεχνική Έκθεση, Τράπεζα Πειραιώς, Αθήνα 2009.
- 4. Δεληγιάννη Ε. και Μπελεσιώτης Β.**, «Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης», Αθήνα 1995.
- 5. Γενική Γραμματεία Επικοινωνίας – Ενημέρωσης**, «Δελτίο Οικολογικών θεμάτων», Διεύθυνση Αναλύσεων και Τεκμηρίωσης, Τμήμα Οικολογικών και Πολιτιστικών Θεμάτων, Αθήνα 2007.
- 6. Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης**, «Ελληνικό σχέδιο δράσης κατά της ερημοποίησης», Αθήνα 2001.
- 7. Ευρωπαϊκή Επιτροπή**, Ενημερωτικό φυλλάδιο, «Η Οδηγία – Πλαίσιο περί υδάτων: Αντλήστε από αυτή! », Λουξεμβούργο 2002).
- 8. Καρκατσούλη Ε**, «Χρήση μοντέλων επίλυσης κυκλοφοριακών δικτύων ύδρευσης οικισμών», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2008.
- 9. Καραχάλιου Π**, «Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Αθήνα 2010.

10. Κασσιός Κ, «Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από έργα και προγράμματα», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2006.

11. Κτενά Π, «Διαχείριση πόσιμου νερού: Η περίπτωση της Λευκάδας», Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας, Αθήνα 2005.

12. Μανασσής Μ, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2001.

13. Μουτάφης Π, «Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2008.

14. Νικητάκος Ν, «Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Θαλάσσιο Περιβάλλον», Εκδόσεις Σιδέρη, 2008.

15. Παυλοπούλου Β, «Εφαρμογή του κοινοτικού δικαίου περιβάλλοντος στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών σπουδών, Αθήνα 2007.

16. Πέππα Φ, «Ηλιακή αφαλάτωση και μελέτη ηλιακού αποστακτήρα στην περιοχή της Αθήνας», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2007.

17. Σαμακίδης Δ, «Αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ: Διαστασιολόγηση και στρατηγικές ελέγχου», Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Αθήνα 2009.

- 18. Σαχτούρη Κ**, «Μελέτη σκοπιμότητας μονάδας αφαλάτωσης με αιολική ενέργεια», Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Ηράκλειο 2008.
- 19. Στουρνάρας Γ**, «Εφημερίδα καθημερινή», 2009.
- 20. Τζεν Ε**, «Μέθοδοι Αφαλάτωσης – Συγκριτική Αξιολόγηση και Εφαρμογές στα Νησιά του Αιγαίου», ΚΑΠΕ – Τμήμα αιολικής ενέργειας, Αθήνα 2001.
- 21. Τζεν Ε**, «Η νομοθεσία για της μονάδες αφαλάτωσης», ΚΑΠΕ – Τμήμα αιολικής ενέργειας, Αθήνα 2010.
- 22. Τσακίρης Γ**, «Το νερό στον 21^ο αιώνα: υπάρχει ελπίς;»
- 23. I.A.CO Ltd & ENVECO S.A**, «Στρατηγική περιβαλλοντική μελέτη από τα σχέδια αφαλατώσεων», Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, Λευκωσία 2010.
- 24. ΦΕΚ Α/160 – 16/10/1986**, «Νόμος υπ’ αριθμ. 1650: Για την προστασία του περιβάλλοντος», Αθήνα 1986.
- 25. ΦΕΚ Α/201 - 19-20/11/1987**, «Νόμος υπ’ αριθμ. 1739: «Διαχείριση των υδατικών πόρων», Αθήνα 1987.
- 26. ΦΕΚ Β/892 – 11/7/2001**, «Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001: Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης”, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998», Αθήνα 2001.
- 27. ΦΕΚ Β/1022 – 5/8/2002**, «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002», Αθήνα 2002.

28. ΦΕΚ Α/280 - 9//1/2003, «Νόμος υπ' αριθμ. 3199: Εναρμόνιση Οδηγίας 2000/60/ΕΚ με το ελληνικό δίκαιο», Αθήνα 2003.

29. ΦΕΚ Α/51 - 8/3/2007, «Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμ. 5: Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ», Αθήνα 2007.

30. Φιλίντας Α, «Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις», Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου συνέδριου μεγάλων φραγμάτων, Λάρισα 2008.

31. Χονδρογιάννης Α, «Υδραυλικά και θέρμανση στη σύγχρονη κοινωνία», Β' Έκδοση, Αθήνα 1991.

ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ

1. Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ), <http://www.statistics.gr/>

2. Υπουργείο Ανάπτυξης, Διαχειριστικά Σχέδια Υδατικών Διαμερισμάτων, <http://www.ypan.gr/>

3. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, <http://www.ypeka.gr>

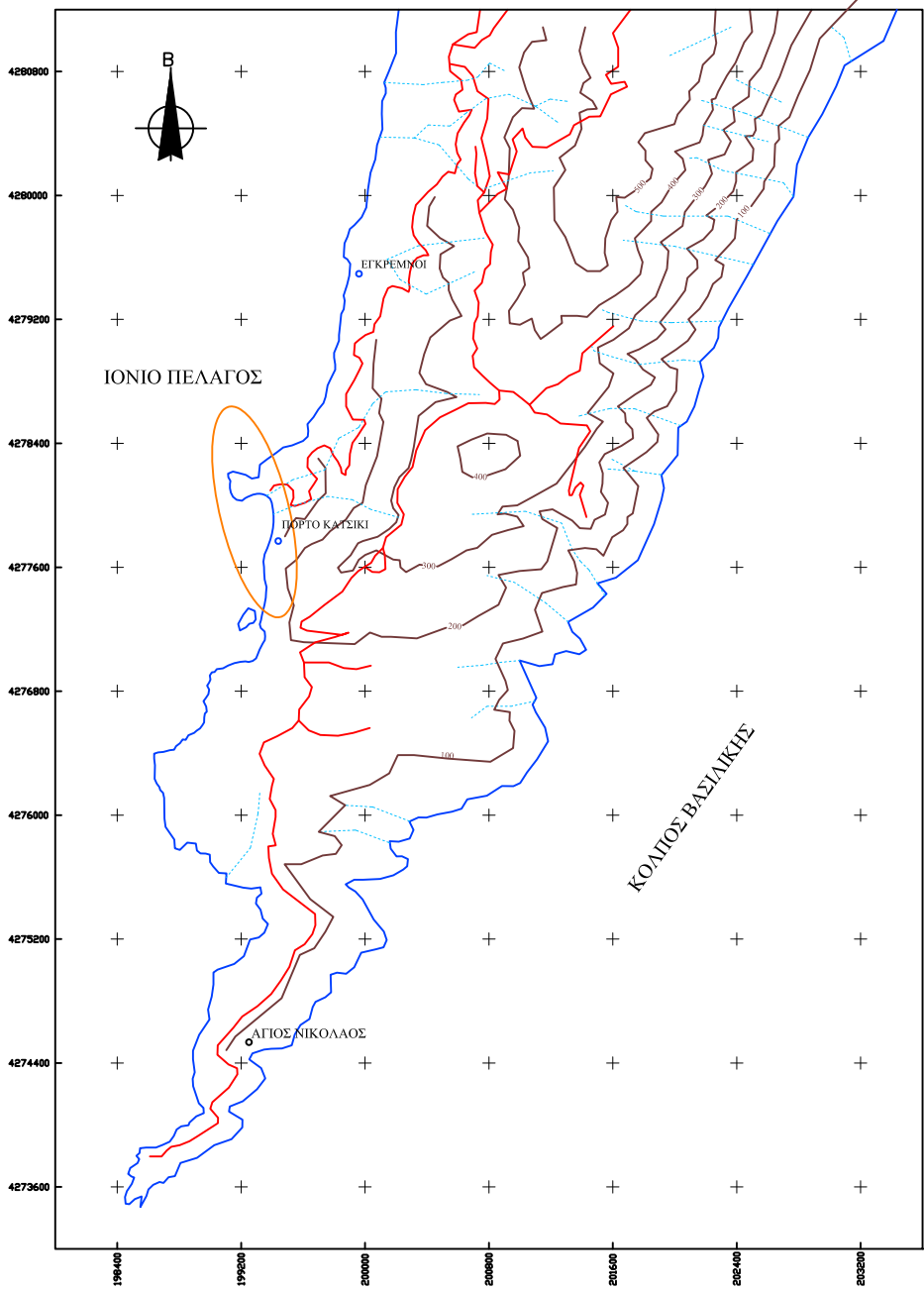
4. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Προστασία και διαχείριση υδάτων (Οδηγία-Πλαίσιο για τα ύδατα)», http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128002b_el.htm, 2000.

5. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Κοστολόγηση και βιώσιμη διαχείριση υδάτων»,

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128112_en.htm , 2005.

6. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Ποιότητα του πόσιμου νερού»,
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128079_el.htm , 2005.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



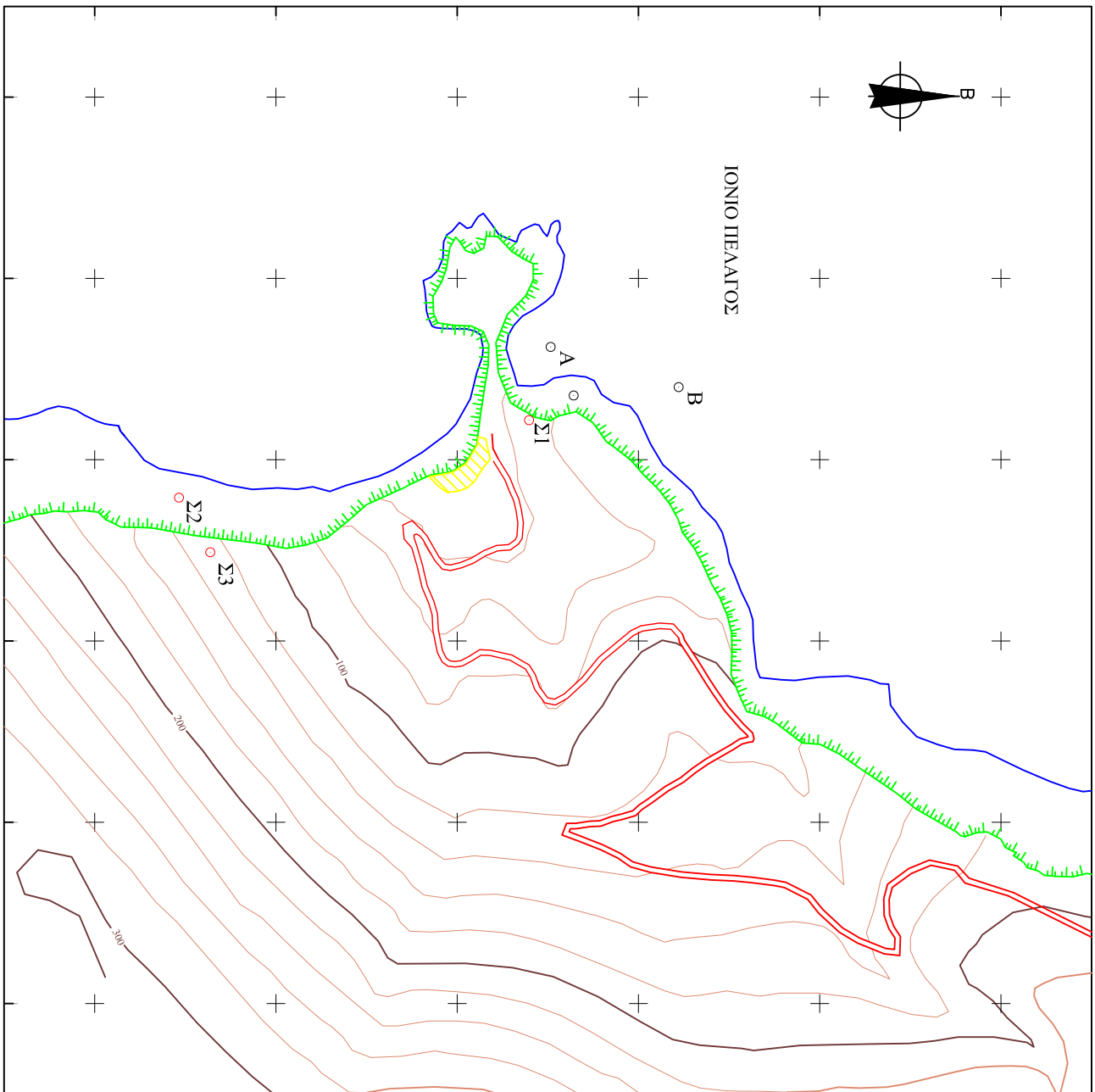
ΥΠΟΜΝΗΜΑ












-  ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ
-  ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
-  ΙΣΟΥΨΕΙΣ
-  ΡΕΜΑΤΑ
-  ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ
-  ΟΙΚΙΣΜΟΙ
-  ΑΚΤΕΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΣΗ	ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΕΥΚΑΔΑΣ
ΤΙΤΛΟΣ	ΧΑΡΤΗΣ 1
ΚΛΙΜΑΚΑ	1 / 30000
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ο ΣΥΝΤΑΞΕΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
	ΦΩΤΗΣ ΣΟΛΛΑΤΟΣ



<p>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</p> <ul style="list-style-type: none">  ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ  ΚΥΡΙΕΣ ΙΣΟΥΨΕΙΣ  ΔΕΥΤ. ΙΣΟΥΨΕΙΣ  ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ  ΠΡΑΝΕΣ  ΤΟΥΡΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ  ΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ  ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ  ΣΗΜΕΙΟ ΠΡΟΣΑΗΨΗΣ ΝΕΡΟΥ  ΣΗΜΕΙΟ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΛΜΗΣ 	
 <p>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΟ ΙΟΝΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΑΙΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ</p>	
ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΔΙΔΑΚΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΣΗ	ΠΟΡΤΟ ΚΑΤΣΙΚΙ ΛΕΥΚΑΔΑΣ
ΤΙΤΛΟΣ	ΧΑΡΤΗΣ 2
ΚΑΙΜΑΚΑ	1/5000
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
	ΦΩΤΗΣ ΣΟΛΛΑΤΟΣ