



Διπλωματική Εργασία

«Εξασφάλιση Μελλοντικής Υδροδότησης στη Φολέγανδρο»



Άγας Ιωάννης , ΑΜ: 06104082

Επιβλέπων Καθηγητής: Γ. Τσακίρης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικές αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων.....	9
1.2 Περιγραφή προβλήματος.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γενικά Χαρακτηριστικά Της Νήσου Φολεγάνδρου

2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά.....	13
2.2 Διοικητική Δομή.....	13
2.3 Κλίμα.....	14
2.3 Υδρογεωλογία.....	15
2.4 Πληθυσμός.....	17
2.5 Πρωτογενής Τομέας.....	18
2.6 Τουρισμός.....	19
2.7 Ενέργεια.....	21
2.8 Υδατικοί Πόροι.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εκτίμηση Αναγκών Σε Νερό

3.1 Εισαγωγή.....	24
3.2 Μέθοδοι εκτίμησης εξέλιξης μελλοντικού πληθυσμού.....	25
3.3 Υπολογισμός αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015 μόνιμων κατοίκων..	28
3.4 Υπολογισμός αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015 εποχιακού πληθυσμού.....	30
3.5 Υπολογισμός συνολικών αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015.....	32
3.6 Κατανομή απαιτούμενης ποσότητας ύδρευσης στους οικισμούς.....	34
3.7 Μακροπρόθεσμη Εκτίμηση Πληθυσμού - Μόνιμου κ Εποχιακού.....	35
3.8 Μακροπρόθεσμη πρόβλεψη αναγκών ύδρευσης.....	39
3.9 Ανάγκες για άρδευση.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Τεχνική Περιγραφή Υφιστάμενων Έργων

4.1 Εισαγωγή.....	43
4.2 Σημεία Υδροληψίας.....	44
4.3 Δημοτικές Δεξαμενές – Δεξαμενές Ρύθμισης Ανά Οικισμό.....	48
4.4 Ιδιόκτητες δεξαμενές.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αφαλάτωση

5.1. Εισαγωγή – Ιστορικά στοιχεία.....	55
5.2 Συνήθεις μέθοδοι αφαλάτωσης.....	56
5.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF).....	57
5.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation).....	59
5.2.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (vapor compression).....	60

5.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation).....	61
5.2.5 Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis).....	62
5.2.6 Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis).....	68
5.2.7 Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Reverse Electrodialysis).....	69
5.2.8 Άλλες μεθοδοι αφαλάτωσης.....	69
5.3 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης.....	71
5.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις απ τη λειτουργία αφαλάτωσης.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Αναγκαία Έργα Για Την Κάλυψη Αναγκών Ύδρευσης

6.1 Εισαγωγή.....	75
6.2 Διαστασιολόγηση έργου - Υπολογισμός του ελλείμματος.....	76
6.3 Σχεδιασμός ανεξαρτήτων μονάδων αφαλάτωσης.....	78
6.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά λύσης.....	78
6.3.2 Σύντομη περιγραφή λειτουργίας συστήματος.....	85
6.3.3 Λειτουργικό κόστος.....	97
6.3.4 Οικονομικά στοιχεία.....	100
6.4 Συνολική δυναμικότητα δημοτικών δεξαμενών.....	101
6.4.1 Προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές νερού.....	101
6.4.2 Οικονομικά στοιχεία.....	112
6.4.3 Κανονισμοί και πρότυπα προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ. 2.1: Χάρτης Φολεγάνδρου.....	14
Εικ. 4.1: Μονάδες αφαλάτωσης Δήμου Φολεγάνδρου.....	44
Εικ. 4.2: Εσωτερικό μονάδας αφαλάτωσης.....	45
Εικ. 4.3: Σημείο άντλησης θαλασσινού νερού.....	47
Εικ. 4.4: Πανοραμική άποψη Καραβοστάση- Δεξαμενές αποθήκευσης νερού.....	49
Εικ. 4.5: Κεντρική δεξαμενή οικισμού χώρας – Τοποθεσία ελικοδρόμιο.....	49
Εικ. 4.6: Γενική άποψη νησιού – Σημεία υφιστάμενων δεξαμενών ρύθμισης.....	51
Εικ. 4.7: Νοτιανατολική Φολέγανδρος- Υφιστάμενα σημεία δεξαμενών ρύθμισης	52
Εικ. 4.8: Βορειοδυτική Φολέγανδρος – Υφιστάμενα σημεία δεξαμενών ρύθμισης	52
Εικ. 4.9: Αγροτική δεξαμενή.....	53
Εικ. 5.1: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	58
Εικ. 5.2: Μονάδα πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Μέση Ανατολή.....	59
Εικ. 5.3: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	60
Εικ.5.4: Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.....	61
Εικ. 5.5: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης.....	62
Εικ. 5.6: Οσμωση.....	63
Εικ. 5.7: Αντίστροφης όσμωσης.....	64
Εικ. 5.8: Σχηματική απεικόνιση της ηλεκτροδιάλυσης	68
Εικ.6.1: Ενδεικτική τρισδιάστατη απεικόνιση του συστήματος RO με αντλητικό συγκρότημα υψηλής πίεσης και διάταξη ανάκτησης ενέργειας.....	90
Εικ. 6.2: Μορφή- πρόσοψη πίνακα λειτουργίας.....	97
Εικ.6.3: Μονάδες αφαλάτωσης πλήρως εγκατεστημένες σε containers.....	100
Εικ.6.4: Προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές.....	102
Εικ. 6.5: Τομή Α-Α βάσης προκατασκευασμένης δεξαμενής.....	103
Εικ.6.6: Τρισδιάστατη απεικόνιση βάσης – αγωγός αποστράγγισης.....	104
Εικ.6.7: Απεικόνιση σύνδεσης λαμαρινών- κύριος κορμός δεξαμενής.....	105

Εικ. 6.8: Σκελετός στερέωσης στέγης δεξαμενής.....	108
Εικ. 6.9: Άποψη στέγης- ανθρωποθυρίδας- σκάλας ασφαλείας.....	109
Εικ. 6.10: Φωτορεαλιστική απεικόνιση δεξαμενής.....	112

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχ. 2.1: Διακύμανση πληθυσμού.....	18
Σχ. 3.1: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού.....	29
Σχ. 3.2: Απαιτούμενος ημερήσιος όγκος νερού.....	33
Σχ. 3.3: Απαιτούμενος μηνιαίος όγκος νερού.....	33
Σχ. 3.4: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού – Γραμμική αύξηση.....	36
Σχ. 3.5: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού- Πολυωνυμική αύξηση.....	37
Σχ. 3.6: Εκτιμώμενος όγκος νερού για το έτος 2041.....	40
Σχ. 3.7: Εκτιμώμενος όγκος νερού για το έτος 2031.....	41
Σχ. 5.1: Ποσοστιαία κατανομή νερού.....	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Στοιχεία απογραφής έτους 2011.....	17
Πίνακας 2.2: Κατανομή τουριστικών καταλυμάτων.....	21
Πίνακας 3.1: Εξέλιξη πληθυσμού.....	28
Πίνακας 3.2: Κατανομή πληθυσμού ανά οικισμό.....	30
Πίνακας 3.3: Απαιτούμενος όγκος νερού μόνιμων κατοίκων.....	30
Πίνακας 3.4: Πληρότητα καταλυμάτων κατά την τουριστική περίοδο.....	31
Πίνακας 3.5: Κατανάλωση νερού εποχιακού πληθυσμού.....	31
Πίνακας 3.6: Συνολική ημερήσια και μηνιαία κατανάλωση νερού.....	32
Πίνακας 3.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων πληθυσμιακής αύξησης.....	37
Πίνακας 3.8: Συνολικός ημερήσιος και μηνιαίος όγκος νερού κατά το έτος 2041..	39
Πίνακας 3.9: Συνολικός ημερήσιος και μηνιαίος όγκος νερού για το έτος 2031....	41
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά μεθόδων αφαλάτωσης.....	72
Πίνακας 6.1: Παρουσίαση ελλείμματος πριν και μετά την υλοποίηση προτεινόμενων έργων.....	77
Πίνακας 6.2: Ποιότητα θαλασσινού νερού.....	79
Πίνακας 6.3: Διαφορά κόστους λειτουργίας αφαλάτωσης αναλόγως τη διάταξη...	81
Πίνακας 6.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας.....	87
Πίνακας 6.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα.....	87
Πίνακας 6.6: Υλικά πλήρωσης φίλτρων.....	88
Πίνακας 6.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας υψηλής πίεσης.....	91
Πίνακας 6.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα αντλίας υψηλής πίεσης.....	92
Πίνακας 6.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας booster.....	92
Πίνακας 6.10: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα αντλίας booster.....	92
Πίνακας 6.11: Τεχνικά χαρακτηριστικά φίλτρου πρόσδοσης σκληρότητας.....	94
Πίνακας 6.12: Δεδομένα λειτουργίας.....	98
Πίνακας 6.13: Συνολικό κόστος παραγόμενου νερού.....	98
Πίνακας 6.14: Οικονομικά –Τεχνικά στοιχεία προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών.....	112
Πίνακας 6.15: Κανονισμοί σχεδιασμού και κατασκευής μεταλλικών δεξαμενών.	113

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό καθιστούν επιτακτική ανάγκη την ορθή διαχείριση υδατικών πόρων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η εξασφάλιση υδροδότησης της Φολεγάνδρου. Εξετάζονται οι σημερινές και μελλοντικές υδατικές ανάγκες του νησιού και προτείνονται λύσεις που θα εξασφαλίσουν τις απαιτούμενες ποσότητες νερού.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις γενικές αρχές της διαχείρισης των υδατικών πόρων καθώς και στο πρόβλημα της λειψυδρίας στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου. Επίσης παρουσιάζεται το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, για τη μελέτη επάρκειας των υδατικών πόρων στη Φολεγάνδρο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής παρουσίαση των γενικών χαρακτηριστικών του νησιού της Φολεγάνδρου όπως είναι τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, η διοικητική δομή, το κλίμα κ.α.

Στο τρίτο κεφάλαιο υπολογίζονται οι απαιτούμενες ποσότητες νερού σε ημερήσια και μηνιαία βάση για το τρέχον έτος 2015 και για τα έτη 2031 και 2041. Για τον υπολογισμό του όγκου νέρου έγιναν οι αντίστοιχες εκτιμήσεις αύξησης του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού του νησιού καθώς ο πληθυσμός αποτελεί την κύρια αιτία αύξησης της κατανάλωσης μιας και δεν συναντώνται άλλες μορφές κατανάλωσης στο νησί όπως η άρδευση και η βιομηχανία.

Ακολούθως, στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται η τεχνική περιγραφή των υφιστάμενων έργων. Αυτά είναι το εργοστάσιο αφαλάτωσης, οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού καθώς και ο τρόπος που διανέμεται το νερό στους εκάστοτε οικισμούς και στις δεξαμενές ρύθμισης. Περιγράφονται όλα τα χαρακτηριστικά τους, η χρήση τους, και οι δυνατότητες τους ώστε να διαστασιολογηθούν στη συνέχεια τα νέα έργα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η αφαλάτωση. Αναφέρονται ιστορικά στοιχεία, πληροφορίες για τη χρήση της αφαλάτωσης ανά τον κόσμο και αναλύονται οι μέθοδοι αφαλάτωσης, η τεχνολογία τους και οι δυνατότητες της κάθε μεθόδου. Επίσης γίνεται σύγκριση των μεθόδων και αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των έργων αφαλάτωσης.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται η πρόταση των έργων που απαιτούνται για την κάλυψη των υδατικών αναγκών του νησιού. Αρχικά γίνεται η διαστασιολόγηση δύο μονάδων αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης για την αύξηση των ποσοτήτων πόσιμου νερού. Έπειτα γίνεται η τεχνική περιγραφή δύο προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών που θα συναρμολογηθούν σε προκαθορισμένα σημεία για την αύξηση της αποθήκευσης νερού. Ακολουθούν όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο έργων καθώς και οικονομικά στοιχεία τους, το κόστος για την προμήθεια και εγκατάσταση αυτών, καθώς και τη λειτουργία τους.

Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

ABSTRACT

The continuously increasing needs in water render the proper management of water resources as an imperative need. The present dissertation examines the insurance of water supply of the island Folegandros. The current and future water needs of the island are investigated and solutions are proposed which will ensure the required quantities of water.

The first chapter refers to the basic principles of the water resources management as well as to the problem of water shortage in the arid islands of the Aegean Sea. Furthermore, it presents the subject of this dissertation, which is a study on water resources sufficiency in the island Folegandros.

In the second chapter, there is an extensive presentation of the general characteristics of the island Folegandros such as its geographic characteristics, its administrative structure, its climate, etc.

In the third chapter, the required quantities of water are calculated on a daily and monthly base for the current year 2015 and for the years 2031 and 2041. For the calculation of the water volume the respective estimations have been made on the increase in the permanent and the seasonal population of the island, hence the population constitutes the main cause of increase in the water consumption, as there are no other forms of consumption in the island such as irrigation and industry.

Subsequently, in the fourth chapter, there is a technical description of the existing works. These are the desalination factory, the water storage reservoirs as well as the way that the water is distributed in each settlement and in the regulation reservoirs. All their characteristics, their use, and their possibilities are described in order to later on estimate the dimensions of the new works.

In the fifth chapter the desalination is described. The historical facts and the information on the use of desalination worldwide are reported, and moreover the methods of desalination, their technology and the possibilities of each method are analyzed. In addition, a comparison of the methods is made, and the environmental repercussions from the operation of the desalination works are analyzed.

In the sixth chapter, a proposal is made about the required works for the coverage of the water needs of the island. Firstly, the measurement is made of the dimensions of the two desalination units with the reverse osmosis method for the increase of the quantities of potable water. It is followed by the technical description of the two prefabricated metal reservoirs, which are going to be assembled in predetermined points for the increase of water storage. Further on, all the technical characteristics of the two works are mentioned as well as their financial information, the cost for the supply and installation of these, as well as their operation.

Finally, in the seventh chapter the conclusions of this dissertation are presented.

1.1 Γενικές αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων

Διαχείριση Υδατικών Πόρων (Δ.Υ.Π.) νοείται μια δυναμική διαδικασία που αποβλέπει στην πληρέστερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών, για κάθε χρήση με βάση ένα ορθολογικό προγραμματισμό που στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες. Επομένως η Δ.Υ.Π. ετοιμάζει σχέδια σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο που εξασφαλίζουν την βέλτιστη χρήση του νερού σήμερα αλλά και στο μέλλον. Επίσης έχει την ευθύνη της εφαρμογής των σχεδίων με διοικητικά μέτρα και κανονισμούς καθώς και με το συντονισμό της κατασκευής των υδραυλικών έργων.

Είναι προφανές ότι η ΔΥΠ είναι μια συνεχής διαδικασία με χρονικό ορίζοντα από τη μελέτη, την κατασκευή και τη διάρκεια (ορίζοντα) ζωής ενός υδραυλικού έργου. Συνήθως επίσης η ΔΥΠ αναφέρεται σε έκταση που καλύπτει περισσότερα του ενός υδραυλικά έργα. Επομένως παρά το γεγονός ότι χρονικά προηγήθηκαν τα διάφορα υδραυλικά έργα, η ΔΥΠ υπερέχει όσον αναφορά στο χρόνο και στο χώρο των υδραυλικών έργων και επομένως είναι ιεραρχικά υψηλότερα. Σε πολλές περιπτώσεις και περιοχές του κόσμου δεν γίνεται διαχείριση υδατικών πόρων ή γίνεται υποτυπώδης διαχείριση. Συνήθως δεν εφαρμόζεται η ΔΥΠ όπου υπάρχει χαμηλός κίνδυνος στην έλλειψη νερού και στην ρύπανση των υδατικών πόρων. Αντίθετα όσο η πίεση για απαιτήσεις μεγαλώνει και η χρήση του νερού δημιουργεί περιβαλλοντικά και άλλα προβλήματα τόσο η ΔΥΠ αποκτά περιεχόμενο και συγκεντρώνει την προσοχή του μεγάλου κοινού.

Συνοπτικά επομένως η διαχείριση υδατικών πόρων έχει ως στόχους :

- Να προμηθεύει νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας για την, κατά το δυνατόν, ικανοποίηση των οικιακών, αγροτικών, βιομηχανικών, ενεργειακών και άλλων αναγκών,

- Να προστατεύσει τους υδατικούς πόρους από τη ρύπανση,
- Να παρέχει ικανοποιητική προστασία από τα ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πλημμύρες, ξηρασίες)

Εντελώς επιγραμματικά οι βασικοί κανόνες διαχείρισης είναι:

- Ισομερής κατανομή μεταξύ των χρηστών με βάση αντικειμενικά κριτήρια.
- Οικονομική βελτιστοποίηση της χρήσης νερού τώρα και στο μέλλον.
- Αποφυγή βλαβών και άλλων αρνητικών συνεπειών (όπως καταστροφή

πόρων και περιβάλλοντος)

- Βιωσιμότητα της ανάπτυξης (long-term sustainability of the development).

Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων αναδεικνύεται σε θέμα σημαντικό για την Ελλάδα,

διότι σχετίζεται άμεσα με:

- ✓ Τον βέλτιστο τρόπο κάλυψης της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης νερού, και
- ✓ Τους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης σε δυναμικούς τομείς της οικονομίας, που

εμφανίζουν μεγάλες προοπτικές.

Τα περισσότερα από τα νησιά του Αιγαίου και ιδιαίτερα οι Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα νερού που οφείλεται κυρίως στις υδρογεωλογικές συνθήκες, στην περιορισμένη έκτασή τους, στην γεινίαση με τη θάλασσα και στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν που είναι όμως διαφορετικές από νησί σε νησί.

Η κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη ενός νησιού στηρίζεται στους φυσικούς και ανθρώπινους πόρους. Κύριος παράγοντας ανάπτυξης αποτελούν οι υδατικοί πόροι, οι οποίοι εκτός των άλλων είναι σημαντικοί για την διατήρηση της χλωρίδας και πανίδας του κάθε νησιού.

Το νερό είναι ένας πεπερασμένος πόρος και αυτή η ιδιότητά του, του προσδίδει μεγάλη αξία χρήσης του. Η αξία αυτή είναι τόσο οικονομική όσο και περιβαλλοντική. Το νερό είναι

ανανεώσιμο αγαθό. Αποτελεί βασικό μέρος του κύκλου ζωής. Η ποιότητά του προσδιορίζει και την δυνατότητα χρήσης του. Δηλαδή η κάθε ποιότητα σε ένα συγκεκριμένο σκοπό. Η κατηγοριοποίηση του νερού σε κλίμακες ποιότητας και στόχευσης της χρήσης θα συνδράμουν στην ορθολογικότερη χρησιμοποίηση του για τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις.

Η βάση της οικονομίας των νησιών του Νομού Κυκλάδων είναι ο τουρισμός. Όλες οι οικονομικές δραστηριότητες εξυπηρετούν τον τουρισμό και επομένως η κυρίαρχη ζήτηση νερού προορίζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της ύδρευσης. Οι ανάγκες σε νερό μεγιστοποιούνται κατά τη θερινή περίοδο, οπότε οι βροχοπτώσεις είναι μηδενικές. Κατά την ίδια περίοδο πρέπει να ικανοποιηθούν και οι ανάγκες άρδευσης. Η αρδευόμενη γεωργία απαιτεί πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα στρέμμα αρδευόμενης έκτασης απαιτούνται περίπου 500 m³ νερού, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν τις υδρευτικές ανάγκες επτά ανθρώπων για ένα έτος, το γεγονός αυτό επιτείνει τον ανταγωνισμό των δύο χρήσεων και δημιουργεί βασικά διλήμματα στο σχεδιασμό ανάπτυξης. Η αρδευόμενη γεωργία στα νησιά, περιορισμένη από την έλλειψη υδατικών και εδαφικών πόρων, συρρικνώθηκε περαιτέρω τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της απορρόφησης του ενεργού εργατικού δυναμικού από τον τουρισμό. Επομένως στην προσπάθεια εξεύρεσης και αξιοποίησης υδατικών πόρων στα νησιά, και με δεδομένο ότι η αξιοποίηση αυτή απαιτεί γενναίες οικονομικές επιβαρύνσεις θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις ανάγκες του κάθε νησιού ξεχωριστά αλλά και ως μέρος του συνόλου του νομού Κυκλάδων.

1.2 Περιγραφή προβλήματος

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει αντικείμενο τη μελέτη επάρκειας των υδατικών πόρων στο νησί της Φολέγανδρου. Δηλαδή καλούμαστε να εξετάσουμε κατά πόσο επαρκούν οι υφιστάμενοι υδατικοί πόροι και ποια έργα είναι απαραίτητα να γίνουν ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του νησιού σε νερό.

Τα περισσότερα από τα νησιά των Κυκλάδων καθώς και γενικότερα τα νησιά του Αιγαίου αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα νερού που οφείλεται κυρίως στις υδρογεωλογικές συνθήκες, στην περιορισμένη έκτασή τους, στην γεινίαση με τη θάλασσα και στις κλιματικές συνθήκες. Το πρόβλημα εμφανίζεται εντονότερα στα μικρά νησιά. Χαρακτηριστική είναι η μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων), σύμφωνα με την οποία είκοσι νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκανήσου αναμένεται να αντιμετωπίσουν αύξηση των ελλειμμάτων νερού από 25-40% στα επόμενα χρόνια. Στα άνυδρα νησιά καταλέγονται, σύμφωνα με τη μελέτη του Ε.Μ.Π., τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινος, Σχοινούσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλεία, Θηρασία και τα νησιά της Δωδεκανήσου Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος. Κύρια αιτία της αύξησης των ελλειμμάτων νερού είναι η τουριστική ανάπτυξη που παρουσιάζεται στα νησιά αυτά με την άκριτη μεταφορά καταναλωτικών συνηθειών των κατοίκων μεγαλουπόλεων σε άνυδρες και ξηρές περιοχές (αυξημένη κατανάλωση σε τουριστικές μονάδες, πισίνες, γκολφ σε ξηρές περιοχές, χωρίς συχνά συστήματα εξοικονόμησης-ανακύκλωσης-επαναχρησιμοποίησης νερού).

Γενικά Χαρακτηριστικά της Φολεγάνδρου

2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Η Φολεγάνδρος είναι νησί των Κυκλάδων, μεταξύ της Σικίνου και της Μήλου. Απέχει 15 μίλια (ανατολικά) από τη Μήλο και 22 μίλια ΒΔ. από τη Σαντορίνη. Αποκαλείται επίσης και Πολύκαντρος ή Πολύκανδρος. Η συνολική της έκταση είναι 32,072 km². Είναι επιμήκης νήσος με διεύθυνση Β.ΒΔ. προς Ν.ΝΑ., συνολικού μήκους 13 km.. Παρουσιάζει μέγιστο πλάτος 3,5 -4,0 km και περί το μέσον ελάχιστο πλάτους 1,1 km με μορφολογία ισθμού, καλούμενου "Πόρτα", με δύο εκατέρωθεν κολπίσκους, τους Βαθύ και Πλάκα, που τη χωρίζουν σε δύο ισομήκη ορεινά και χωρίς βλάστηση τμήματα. Η «Πόρτα» αποτελεί και το φυσικό σύνορο των δύο βασικών οικισμών του νησιού. Οι ακτές της που έχουν μήκος 40km είναι περισσότερο απόκρημνες και σχηματίζουν πολλά ακρωτήρια όπως το Καστέλι, ο Κυπάρισσος, η Ασπρόπουντα που φέρει Φάρο, ο Βιτσέντζος, η Γκρότα, το Λιβιάδι, το Λιβαδάκι κ.ά. καθώς επίσης και αρκετές παραλίες πολλές απ αυτές προσβάσιμες μόνο από μονοπάτι. Υψηλότερη κορυφή του νησιού είναι ο Άγιος Ελευθέριος με υψόμετρο 455m ενώ σημαντικότερη κοιλάδα το «Λιβιάδι» στο νότιο τμήμα. Μεγάλοι ποταμοί δεν υφίστανται αλλά μόνο χειμάρροι που καλούνται από τους ντόπιους «ποταμοί» όπως σ' όλες τις Κυκλάδες και ενεργοποιούνται ύστερα από κάποια σημαντική βροχόπτωση.

2.2 Διοικητική δομή

Το νησί της Φολεγάνδρου διοικητικά ανήκει στον νομό Κυκλάδων. Από το 2011 και το σχέδιο Καλλικράτης έως σήμερα αποτελεί το Δήμο Φολεγάνδρου. Παλαιότερα, από το 1998 και πριν γίνει δήμος αποτελούσε την κοινότητα Φολεγάνδρου ενώ πριν τη δημιουργία της κοινότητας Φολεγάνδρου χωρίζονταν σε δύο διαφορετικές διοικητικές περιοχές, την κοινότητα της Χώρας και την κοινότητα της Άνω Μεριάς. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η

Χώρα Φολεγάνδρου ενώ ο δεύτερος οικισμός είναι η Άνω Μεριά. Στη Χώρα και την Άνω Μεριά κατανέμεται η πλειοψηφία των μόνιμων κατοίκων οι οποίοι ανέρχονται στους 460 στη Χώρα και 255 στην Άνω Μεριά σύμφωνα με την απογραφή του 2011 και ακολουθεί ο Καραβοστάσης ως τρίτος οικισμός με μόλις 50 μόνιμους κατοίκους. Ο Καραβοστάσης αποτελεί επίσης το λιμάνι στο ΝΑ μέρος του νησιού. Στη Χώρα, όπου συγκεντρώνεται η καθημερινή δραστηριότητα του νησιού, υπάρχουν το δημαρχείο - ΚΕΠ, το αγροτικό ιατρείο, το φαρμακείο καθώς επίσης και το δημοτικό-γυμνάσιο –λύκειο και το ταχυδρομικό ταμειυτήριο. Αντίθετα στην Άνω Μεριά υπάρχει μόνο το αστυνομικό τμήμα του νησιού και το νηπιαγωγείο.



Εικ. 2.1: Χάρτης Φολεγάνδρου

2.3 Κλίμα

Το κλίμα της Φολεγάνδρου είναι ξηρό, με εξαιρετικά λίγες βροχές. Το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος για το νησί είναι 385 mm και θεωρείται πολύ χαμηλό, εάν συγκριθεί με το αντίστοιχο ύψος της ηπειρωτικής Ελλάδας που κυμαίνεται από 600 – 800 mm. Το νησί είναι εξαιρετικά εκτεθειμένο σχεδόν όλη τη διάρκεια του έτους σε ισχυρούς βόρειους

ανέμους. Χαρακτηριστικό στοιχείο της έντασής τους είναι η κλίση που έχουν λάβει τα δέντρα του νησιού προς το νότο. Ειδικά το χειμώνα φτάνουν σε ένταση που εμποδίζουν ακόμα και την προσέγγιση από πλοία της γραμμής. Αυτό το στοιχείο έχει αρνητική επίδραση στην προοπτική κατασκευής διαφόρων εγκαταστάσεων –ιδίως λιμενικών και γεωργικών. Για την προστασία των καλλιεργειών έχουν κατασκευαστεί ανάβαθμοι, ενώ για την προστασία των οπωροφόρων δέντρων κυκλικά τοιχία. Αυτό το κλίμα σε συνδυασμό με το πετρώδες του εδάφους δημιουργούν ένα φυσικό περιβάλλον που το χαρακτηρίζει η έλλειψη βλάστησης. Την άνοιξη που το κλίμα είναι πιο δροσερό και έχει αρκετή υγρασία από την θάλασσα, αναπτύσσεται μια πολύ μεγάλη ποικιλία από χαμηλή βλάστηση, κυρίως αγριολούλουδα, αγριόχορτα και βότανα. Οι Νότιοι άνεμοι σπανίζουν στο νησί και κυρίως εμφανίζονται την Άνοιξη. Όταν συμβαίνει αυτό, συνοδεύονται από ομίχλη η οποία είναι εντονότερη στη στεριά απ’ ότι στη θάλασσα. Όσον αφορά στην προστασία της από τους ανέμους, η Φολέγανδρος διατηρεί αδυναμίες και στη γεωμορφολογία της.

2.3 Υδρογεωλογία

Από γεωλογικής μεριάς στην Φολέγανδρο οι τύποι πετρωμάτων που παρατηρούνται είναι κυρίως γνευσιοσχιστολίθοι, σχιστολίθοι και μάρμαρα. Οι γνευσιοσχιστολίθοι και σχιστολίθοι συναντώνται στο ΒΔ μέρος του νησιού ενώ τα μάρμαρα στο ΝΑ.

Από τους παραπάνω σχηματισμούς οι σχιστόλιθοι και γνευσιοσχιστόλιθοι θεωρούνται πρακτικά σαν στεγανοί σχηματισμοί. Μόνο σε περιοχές που εμφανίζονται επιφανειακά και υπάρχει επιφανειακή ροή του νερού, σε περιόδους βροχόπτωσης, είναι δυνατόν από τη διάβρωση που έχουν υποστεί να σχηματίσουν μια σαθρή οροφή με πρωτογενές πορώδες, που επιτρέπει την κίνηση του νερού. Στα χαμηλότερα τοπογραφικά, εκεί που συναντάται το υγιές πέτρωμα ή άλλος αδιαπέρατος σχηματισμός, το νερό αναγκάζεται να διακόψει την ημιυπόγεια διαδρομή του και να εμφανιστεί σαν πηγή, ονομαζόμενη πηγή σαθρούς οροφής.

Τα μάρμαρα, πρωτογενώς αδιαπέρατοι σχηματισμοί, είναι δυνατόν να αναπτύξουν μια δευτερογενή υδροπερατότητα, που οφείλεται κυρίως στην αρχική ύπαρξη ρηγμάτων και κατακλάσεων στο πέτρωμα και στη μετέπειτα δράση του νερού της βροχής που διεύρυνε τα

αρχικά ανοίγματα και βαθμιαία σχημάτισε υπόγειους αγωγούς, έγκοιλα και στα χαμηλότερα τοπογραφικά υδροαποθεματικές ζώνες. Τα φαινόμενα αυτά ονομάζονται καρστικά και οι υδροφορείς που σχηματίζονται καρστικοί.

Στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων, εκτός των πετρωμάτων που δεν ευνοούν όπως προαναφέρθηκε την διείσδυση των επιφανειακών υδάτων, η απουσία εκτεταμένης ενδοχώρας και η υδραυλική γεινίαση των περισσότερων υδροφόρων με τη θάλασσα είναι οι σημαντικότεροι φυσικοί αρνητικοί παράγοντες στη δημιουργία υδροσυστημάτων μεγάλης υδροαποθεματικότητας και καλής ποιότητας νερού.

Μια πιο αναλυτική και γενική εικόνα των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στο νησιωτικό χώρο του Αιγαίου και κυρίως στα μικρά νησιά (όπως η Φολέγανδρος) δίνεται παρακάτω:

- Η μικρή έκταση των νησιών σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο δεν επιτρέπουν τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.
- Οι υπόγειοι υδροφορείς δεν μπορούν εύκολα να συγκρατήσουν το νερό που κατεισδύει από τις επιφανειακές απορροές, καθώς είναι μικροί και έχουν ανοιχτό μέτωπο επικοινωνίας με τη θάλασσα
- Οι υψηλές θερμοκρασίες, η ηλιοφάνεια και τα μελέμια ευνοούν τη μεγάλη εξάτμιση.
- Οι υδατοστεγείς γεωλογικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση στα νησιά και δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση υπόγειων υδροφορέων ικανοποιητικής απόδοσης..
- Η ολόπλευρη προσβολή των νησιών από τη θάλασσα σε συνδυασμό με τον ορεινό χαρακτήρα τους, επιτείνει τόσο την επιφανειακή και υπόγεια απορροή όσο και τα φαινόμενα υφαλμύρισης.
- Μικρά ετήσια ύψη βροχής και άλλων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων περιορίζουν τόσο την επιφανειακή απορροή όσο και την κατείσδυση ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων (Αειφόρος, 2012-14).

2.4 Πληθυσμός

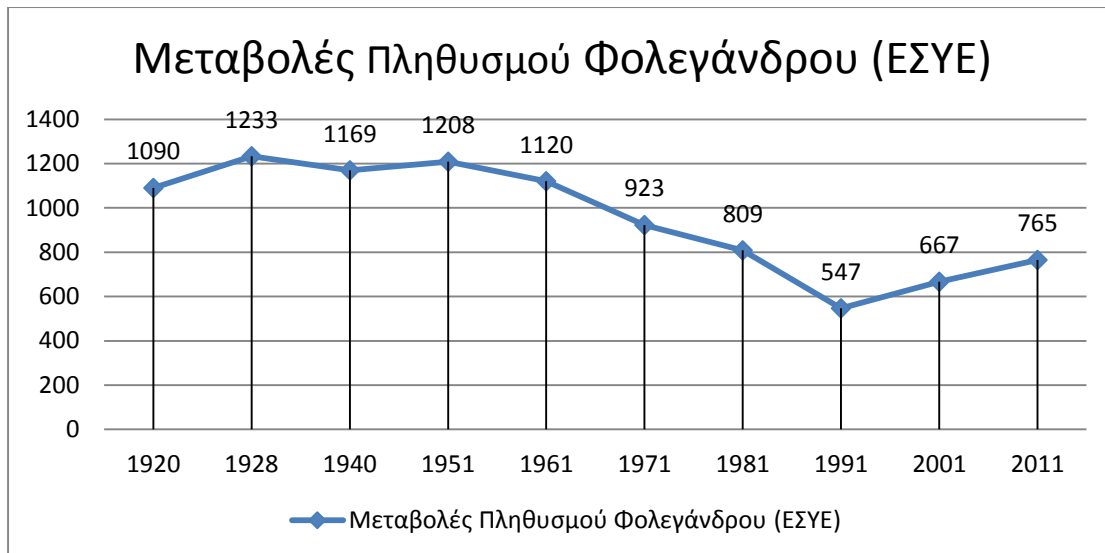
Όπως αναφέραμε σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ για το 2011 ο πληθυσμός της Φολεγάνδρου αριθμεί σε 765 μόνιμους κατοίκους από τους οποίους οι 460 βρίσκονται στη Χώρα, οι 255 στην Άνω Μεριά ενώ 50 μόνιμοι κάτοικοι καταγράφονται στον Καραβοστάση. Επιγραμματικά τα στοιχεία της απογραφής για το 2011 και τους τρεις οικισμούς του δήμου Φολεγάνδρου παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.1 : Στοιχεία απογραφής έτους 2011

Σύνολο Μόνιμων Κατοίκων	Χώρα	Άνω Μεριά	Καραβοστάσης
765	460	255	50

Στην απογραφή της ΕΣΥΕ το 2001 αριθμούσε 676 μόνιμους κατοίκους και το 1991 αριθμούσε 547. Καταγράφηκε μέσα στην τελευταία εικοσαετία (1991-2011) μια εντυπωσιακή αύξηση της τάξης του 42,59%, ενώ για τα 10 χρόνια (1991-2001) αυτή η αύξηση αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό της τάξης του 23,5%, τη στιγμή που για το σύνολο των Κυκλάδων η αύξηση αγγίζει το 18,2% για την ίδια περίοδο, καθώς πάντα σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ στην απογραφή του 1991 ο πληθυσμός των Κυκλάδων ήταν 93.322 κάτοικοι, ενώ για το 2001 ο αριθμός αυτός ήταν ίσος με 109.956 κατοίκους. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι ο πληθυσμός του Δήμου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αυξάνεται, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να ξεπερνά ακόμα και τις 3.500 κατοίκους (μόνιμων και επισκεπτών), καθώς είναι προορισμός για πολλούς τουρίστες και επισκέπτες.

Στη συνέχεια, με βάση τα στοιχεία του Δήμου Φολεγάνδρου από τις απογραφές παρουσιάζεται σε γράφημα η διακύμανση του πληθυσμού.



Σχ. 2.1: Διακύμανση πληθυσμού

Εμφανής είναι η πτώση του πληθυσμού μετά το 1951 ενώ μέχρι εκεί κυμαινόταν σε σταθερά επίπεδα μεταξύ 1.100 και 1.200 κατοίκων, αλλά και ενθαρρυντική η σταδιακή αύξησή του κατά την περίοδο 1991 – 2011.

2.5 Πρωτογενής τομέας

Οι μονάδες πρωτογενούς παραγωγής συνίστανται σε γεωργικές – κτηνοτροφικές και αλιευτικές. Η πρώτη κατηγορία αφορά τους δύο αγροτικούς συνεταιρισμούς του νησιού, έναν στην Άνω Μεριά κι ένα στην Χώρα. Στον πρώτο συνεταιρισμό καταγράφονται 35 μέλη που έχουν ως πρώτη επαγγελματική τους δραστηριότητα τη γεωργία, με καλλιεργήσιμη έκταση τα 6 km². Οι δραστηριότητες αφορούν την καλλιέργεια κριθαριού κυρίως (είναι η μόνη καλλιέργεια που μπορεί να αντέξει τους δυνατούς βορείους ανέμους του χειμώνα), εκτροφή αιγοπροβάτων (περίπου 800), λίγων βοοειδών και φυσικά κάποιων γαίδουριών τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες εργασίες (αλώνισμα – μεταφορές) . Ο συνεταιρισμός της Χώρας αποτελείται από 45 μέλη. Οι δραστηριότητές του και οι αρχές λειτουργίας του, είναι όμοιες με του συνεταιρισμού της Άνω Μεριάς ενώ το δυναμικό του σε ζώα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα. Σημειώνεται πάντως, πως η δυναμικότητα του συνεταιρισμού της Άνω Μεριάς

είναι πολλαπλάσια του συνεταιρισμού της Χώρας καθώς τα μέλη της Χώρας έχουν ως κύρια δραστηριότητα τον τουρισμό και όχι την κτηνοτροφία- γεωργία. Το προϊόν και των δυο συνεταιρισμών, χρησιμοποιείται κυρίως για ιδιοκατανάλωση, εκτός από κάποιο αριθμό ζώων τα οποία πωλούνται την άνοιξη. Άξια αναφοράς είναι και η μικρή παραγωγή φυτικών προϊόντων, η οποία απλώς συμπληρώνει την οικιακή οικονομία (λεμόνια, κρεμμύδια, λάδι, κρασί, ρακί, όσπρια, καθώς και μέλι) .

Ο Αλιευτικός Σύλλογος αποτελείται από 20 επαγγελματικές άδειες και αρκετά αλιευτικά σκάφη παράκτιας αλιείας (δηλαδή μέχρι 1 ναυτικό μίλι από τις ακτές). Το προϊόν συνίσταται σε μικρά ψάρια (μαρίδες), καθώς και ψάρια και οστρακοειδή βυθού (μπαρμπούνια, φαγκριά, αστακοί). Οι παραγωγικές περιόδους θεωρούνται ο Μάιος και ο Σεπτέμβριος, ασφαλώς σε συνάρτηση με τον καιρό. Το προϊόν, από το φθινόπωρο μέχρι το τέλος της άνοιξης διατίθεται προς πώληση στις αγορές του Πειραιά, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η τουριστική προσέλευση είναι υψηλή, για κατανάλωση στο νησί (Αειφόρος, 2012-14).

2.6 Τουρισμός

Η Φολέγανδρος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ίσως μέχρι και το Σεπτέμβρη (εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και τα ακτοπλοϊκά δρομολόγια) αποτελεί πόλο έλξης πολλών τουριστών από την εγχώρια αγορά αλλά και από το εξωτερικό. Τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι ελκυστικό έχει γίνει και το Πάσχα στη Φολέγανδρο κυρίως για κάποιους που έχουν επισκεφτεί ξανά το νησί. Την τελευταία 10ετία παρουσιάστηκε ραγδαία ανάπτυξη στον τουριστικό τομέα, τόσο σε επίπεδο αφίξεων, καθώς και σε τουριστικές υποδομές. Ο αριθμός των αφίξεων ανέρχεται περίπου στις 35.000. Η πλειοψηφία αυτών προέρχονται από τον Πειραιά με τα High Speed αλλά και τα συμβατικά πλοία το ταξίδι των οποίων διαρκεί 4 και 7 ώρες αντίστοιχα. Επίσης μεγάλο ποσοστό είναι κ' αυτό που φτάνει στο νησί με τοπικά πλοία από τα γύρω νησιά, κυρίως την Σαντορίνη και τη Μήλο. Επίσης, το σύνολο των κλινών που

αυτή τη στιγμή υπολογίζεται ότι ξεπερνά τις 3000 κλίνες, ολοένα και μεγαλώνει καθώς κάθε χρόνο λειτουργεί και κάποιο καινούριο ξενοδοχειακό κατάλυμα.

Η μεγαλύτερη τουριστική δραστηριότητα εμφανίζεται στη Χώρα. Τα περισσότερα και μεγαλύτερα καταλύματα (ξενοδοχεία- ενοικιαζόμενα) βρίσκονται μέσα στη Χώρα καθώς και περιμετρικά έξω απ τη Χώρα στην τοποθεσία «Θεμωνιές» όπου βρίσκονται οι νεότερες και σύγχρονες ξενοδοχειακές μονάδες. Στο κέντρο της Χώρας, που ομολογουμένως αποτελεί την ομορφότερη Χώρα των Κυκλάδων, είναι μαζεμένα στις διαδοχικές πλατείες σχεδόν όλα τα εστιατόρια καθώς και τα μπαρ-καφέ της Χώρας όπως επίσης και τουριστικά γραφεία, γραφεία ενοικιάσεων μοτοποδηλάτων – αυτοκινήτων, καταστήματα τουριστικών ειδών κ.α.

Σημαντική τουριστική δραστηριότητα παρουσιάζεται επίσης στον Καραβοστάση και στην Αγκάλη (παραλία οδικώς προσβασίμη στο νότιο τμήμα του νησιού προστατευόμενη από τους βόριους ανέμους) περιοχές στις οποίες εμφανίζεται ιδιαίτερη κίνηση μόνο κατά την τουριστική περίοδο καθώς τον υπόλοιπο χρόνο δεν υπάρχει ιδιαίτερη δραστηριότητα. Εδώ παρατηρούνται κυρίως καταλύματα και χώροι εστίασης. Επίσης και οι δυο περιοχές αυτές αποτελούν κομβικό σημείο αφού από δω αναχωρούν τα τουριστικά караβάκια για τις απρόσιτες παραλίες (Καραβοστασης- Κάτεργο και Αγκάλη- Αι Νικόλας – Λιβαδάκι).

Αντίθετα με τους παραπάνω οικισμούς στην Άνω Μεριά δεν παρατηρείται ιδιαίτερη αλλαγή με τον ερχομό της τουριστικής περιόδου. Ο οικισμός κρατάει το πρότυπο της αγροκατοικίας με τα διάσπαρτα σπίτια κατά μήκος του οδικού δικτύου που διασχίζει το χωριό και ελάχιστες είναι οι τουριστικές υποδομές. Εδώ λειτουργούν μόνο 3-4 παραδοσιακές ταβέρνες και 4 συγκροτήματα επιπλωμένων διαμερισμάτων δυναμικότητας περίπου 10-15 κλινών το καθένα. Αυτό συμβαίνει διότι η πλειοψηφία των ανωμεριτών (όπως ονομάζονται οι κάτοικοι της Άνω Μεριάς) απασχολούνται στον πρωτογενή τομέα καθώς και στον τομέα των κατασκευών (οικοδόμοι). Αξιοσημείωτο βέβαια είναι, ότι στην Άνω Μεριά στο βορειότερο κυρίως τμήμα του νησιού έχουν πωληθεί τα περισσότερα οικοπέδα προς δόμηση εξοχικών κατοικιών οι οποίες προορίζονται για πώληση ή ιδιοκατοίκηση.

Τέλος στην περιοχή Λιβιάδι, 1km από το λιμάνι λειτουργεί κατά την τουριστική περίοδο το camping δυναμικότητας περίπου 400 ατόμων.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των καταλυμάτων στους 4 τουριστικούς οικισμούς του νησιού.

	Ξενοδοχεία	Ενοικ.Δωμάτια	Επιπλωμένα Διαμερίσματα	Σύνολο Καταλυμάτων
Χώρα	19	22	8	49
Καραβοστάσης	5	8	3	16
Άνω Μεριά	0	5	4	9
Αγκάλη	1	5	0	6

Πίνακας 2.2: Κατανομή τουριστικών καταλυμάτων (www.folegandros.gr)

Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι οι υποδομές του νησιού είναι αρκετά ποιοτικές καθώς οι περισσότερες από αυτές έχουν κατασκευαστεί την τελευταία 10ετία στα πρότυπα της κυκλαδίτικης αρχιτεκτονικής, παρέχοντας όλες τις σύγχρονες ανέσεις που απαιτούνται. Συνέπεια των παραπάνω είναι ότι οι επισκέπτες μπορούν να θεωρηθούν πως ανήκουν σε μεσαία εισοδηματική τάξη και άνω ενώ ανήκουν στην πλειονότητά τους στην ηλικιακή ομάδα των 20 – 40 ετών.

2.7 Ενέργεια

Η Φολέγανδρος δεν διαθέτει ενεργειακή αυτονομία. Ηλεκτροδοτείται από την πετρελαϊκή θερμοηλεκτρική μονάδα της Πάρου, μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου. Το υποθαλάσσιο καλώδιο εξέρχεται από τη θάλασσα στην εγγύτερη περιοχή του Λιβαδίου, και από εκεί με

υπέργειες γραμμές σε υποσταθμό υψηλής τάσης κοντά στην περιοχή του ελικοδρομίου. Από εκεί κι έπειτα υπάρχει δίκτυο διανομής που κατανέμεται και στους τρεις βασικούς οικισμούς του νησιού (Καραβοστάσης, Χώρα, Άνω Μεριά). Το δίκτυο διανομής ακολουθεί τον κεντρικό δρόμο που συνδέει αυτούς τους οικισμούς. Επιπλέον, ηλεκτροδοτείται και ο τουριστικός οικισμός της Αγκάλης. Η Φολέγανδρος αποτελεί το τρίτο νησί κατά σειρά που ηλεκτροδοτείται από την Πάρο καθώς προτεραιότητα έχουν η Ίος και η Σίκινος.

2.8 Υδατικοί πόροι

Οι φυσικοί υδατικοί πόροι στο νησί είναι περιορισμένοι έως ανύπαρκτοι. Οι εισροές από φυσικά φαινόμενα δεν κρίνεται επαρκής για την υδατική αυτονομία του νησιού. Η μόνη σημαντική φυσική πηγή υδατικών πόρων που καταγράφεται στο νησί είναι τα υπόγεια νερά τα οποία τείνουν και αυτά να στερέψουν. Οι εισροές από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, κυρίως της βροχής, καθώς οι χιονοπτώσεις είναι σπάνιες, είναι αμελητέες, ενώ δεν υπάρχουν φυσικές πηγές, υγρότοποι, χείμαρροι κτλ.. Και τα υπόγεια νερά και τα όμβρια ύδατα που συγκεντρώνονται στις δεξαμενές συντηρούν κυρίως την κτηνοτροφία του νησιού ή έχουν ενισχυτικό ρόλο προς τις μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν από το Σεπτέμβρη του 2012, σε κοντινή απόσταση από το λιμάνι της Φολεγάνδρου.

Οι μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν στην περιοχή του Καραβοστάση και έχουν συνολική δυναμικότητα 700m^3 ανά ημέρα (2x350). Το παραγόμενο νερό διοχετεύεται στις δεξαμενές του Καραβοστάση και στη συνέχεια στην κεντρική δεξαμενή που τροφοδοτεί τη Χώρα, η οποία βρίσκεται στην περιοχή του ελικοδρομίου –σε υψόμετρο- κι έχει χωρητικότητα 1000m^3 . Πριν την λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης το νησί υδροδοτούνταν από υδροφόρα πλοία με εισαγωγές νερού από την ηπειρώτικη Ελλάδα. Τα υδροφόρα πλοία έφταναν στο λιμάνι του Καραβοστάσι 2 με 3 φορές την εβδομάδα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και σπανιότερα την υπόλοιπη διάρκεια του χρόνου. Η υδροδότηση της κεντρικής

δεξαμενής της Χώρας ακολουθούσε την ίδια διαδικασία με αυτή της αφαλάτωσης καθώς η αφαλάτωση συνδέθηκε στο ήδη υπάρχον δίκτυο.

Ενιαίο δίκτυο ύδρευσης από την αφαλάτωση μέχρι το σημείο διάθεσης του νερού στους καταναλωτές (δημοτικές δεξαμενές) υπάρχει μόνο για τους οικισμούς του Καραβοστάση και της Χώρας. Περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο (Αγκάλη και Άνω Μεριά) εξυπηρετούνται από υδροφόρες που μεταφέρουν νερό στις δημοτικές δεξαμενές των οικισμών. Από τις δεξαμενές υδροδότησης των οικισμών προς τους καταναλωτές υπάρχει σε όλους του οικισμούς ενιαίο δίκτυο ύδρευσης.

Η κύρια τεχνική υδροδότησης σε κάθε οίκημα ή επιχειρηματική μονάδα (ξενοδοχείο, εστιατόριο, κ.α.) είναι η ύπαρξη ατομικής δεξαμενής η οποία τροφοδοτείται από το δίκτυο ύδρευσης του νησιού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η κατανάλωση «απομονώνεται» ανά οικιστική μονάδα. Αυτό ωφελεί, αφενός στο ότι αυξάνεται η χωρητικότητα αποθήκευσης νερού στο νησί αφετέρου μειώνει την επιβάρυνση του δικτύου ύδρευσης των οικισμών αφήνοντας ουσιαστική προτεραιότητα στις μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, οι οποίες έχουν μεγάλη κατανάλωση κατά την τουριστική περίοδο όπου το πρόβλημα ύδρευσης του νησιού είναι μείζον.

Όσον αφορά στην ποιότητα του νερού δεν εξασφαλίζει τη δυνατότητα για πόση, παρά μόνο για πλύση. Για τις ανάγκες σε πόση εισάγεται ποσότητα εμφιαλωμένου νερού.

Αρδευόμενες εκτάσεις δεν υπάρχουν στο νησί και το πότισμα των ζώων γίνεται με χρήση του διαθέσιμου νερού από τα πηγάδια και τις δεξαμενές που βρίσκονται σε διάφορα μέρη του νησιού καθώς επίσης και από ιδιωτικά βυτιοφόρα οχήματα.

Εκτίμηση Αναγκών σε Νερό

3.1 Εισαγωγή

Η αναλυτική μέθοδος προσομοίωσης των καταναλώσεων, συνίσταται στη χωριστή ανάλυση των επιμέρους παραγόντων που διαμορφώνουν τη ζήτηση, όπως η δημογραφική εξέλιξη, η ανάπτυξη των διαφόρων χρήσεων (τουριστική), των απωλειών κτλ. Η μελέτη των αναμενόμενων μακροπρόθεσμων εξελίξεων πραγματοποιείται με προβολές της πληθυσμιακής εξέλιξης, προβολές εξέλιξης του τουρισμού, γεωργική και κτηνοτροφική εξέλιξη και άλλων παραγόντων. Επισημαίνεται ότι, για μακρές περιόδους πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σταθερών ποσοστών αύξησης του πληθυσμού με απλή εφαρμογή του τύπου του ανατοκισμού.

Συνήθως οι διάφορες συνιστώσες της υδατικής κατανάλωσης εκφράζονται με το δείκτη της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ανά κάτοικο (L/ημ/κατ). Τυπικές τιμές ειδικής κατανάλωσης στην Ελλάδα είναι:

- οικιακή χρήση μόνιμων κατοίκων 150-200 L/d/κάτοικο
- οικιακή χρήση παραθεριστών 200-250 L/d/κάτοικο
- τουριστική χρήση 250-350 L/d/κλίνη

Επομένως στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα υπολογιστούν οι παροχές νερού που είναι απαραίτητες για την ομαλή υδροδότηση της περιοχής μελέτης. Επίσης θα γίνει μια εκτίμηση των αναγκών αυτών για τα επόμενα χρόνια κάνοντας κάποιες παραδοχές για τη εξέλιξη του πληθυσμού και των κλινών. Οι ανάγκες του νερού για ύδρευση θα επικεντρωθούν σε δυο κατηγορίες, αυτές της οικιακής χρήσης των μόνιμων κατοίκων και τις ανάγκες για εποχιακή ή τουριστική χρήση. Όλοι οι υπολογισμοί γίνονται βάση επίσημων στοιχείων του Δήμου

Φολεγάνδρου για την εκτίμηση του πληθυσμού και της δυναμικότητας που έχει το νησί ως τουριστικός προορισμός σε κλίνες. Επίσης θα γίνει κάποια παραδοχή για το ποσοστό πληρότητας που εμφανίζει το νησί την τουριστική περίοδο βάση στοιχείων του συλλόγου ξενοδόχων.

3.2 Μέθοδοι εκτίμησης εξέλιξης μελλοντικού πληθυσμού

Η εκτίμηση του πληθυσμού μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους οι οποίες χωρίζονται σε τρεις σημαντικές κατηγορίες. Αναφορικά:

Μαθηματικές Μέθοδοι

- Σταθερός ρυθμός αύξησης

Η μέθοδος αυτή υποθέτει σταθερή ετήσια αύξηση σύμφωνα με τη σχέση:

$$dP / dt = K \quad (3.1)$$

όπου P είναι ο πληθυσμός, t είναι ο χρόνος και K ο σταθερός ρυθμός (άνθρωποι/ έτος). Η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί:

$$P_i = P_0 + K*(t_i - t_0) \quad (3.2)$$

Όπου, P_i ο πληθυσμός για το έτος πρόβλεψης, $t_i =$ το έτος πρόβλεψης, $P_0 =$ ο πληθυσμός ενός αρχικού έτους t_0 και K ο συντελεστής που μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο

$$K = (P_t - P_j) / (t_i - t_j) \quad (3.3)$$

όπου P_j ο πληθυσμός κάποιου έτους t_j πριν από το έτος t_i

- Αναλογικός ρυθμός αύξησης

Η μέθοδος αυτή υποθέτει ότι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού είναι ανάλογος του πληθυσμού δεδομένου έτους

$$dP /dt = a* P \quad (3.4)$$

$$P_n = P_0 * (1 + a)^n \quad (3.5)$$

Όπου P_0 ο σημερινός πληθυσμός, P_n ο πληθυσμός μετά από n έτη και a η σταθερή ετήσια ποσοστιαία αύξηση του πληθυσμού.

Η εκτίμηση του a γίνεται επίσης βάση την απογραφή δυο προηγούμενων ετών ως εξής:

$$a = \exp [(\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)] - 1 \quad (3.6)$$

Η εκτίμηση του πληθυσμού βάση τις προαναφερόμενες μεθόδους παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα. Αυτές οι μέθοδοι αποτελούν μονοπαραμετρικές συναρτήσεις, με μοναδική παράμετρο τον ετήσιο ρυθμό αύξησης, a , ή τον σταθερό ρυθμό αύξησης των κατοίκων, K . Με βάση λοιπόν τις δυο προηγούμενες θεωρήσεις γίνεται έμμεσα η παραδοχή ότι η χωρητικότητα σε κατοίκους είναι απεριόριστη, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα.

- **Απλή γραμμική παλινδρόμηση**

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ισχύει:

$$P_i = K_m \cdot t_i + b \quad (3.7)$$

Όπου οι συντελεστές K_m , b υπολογίζονται από απλή γραμμική παλινδρόμηση βάση δεδομένων προηγούμενων ετών.

- **Καμπύλη S**

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο πληθυσμός μιας περιοχής αυξάνει μέχρι ένα ανώτατο σημείο, το οποίο ονομάζεται πληθυσμός κορεσμού ακολουθώντας μια καμπύλη σχήματος S σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση

$$P_t = K_s \cdot (1 - \exp(a - b \cdot t)) - 1 \quad (3.8)$$

Όπου P_t είναι ο πληθυσμός του χρόνου t και K_s , a , b , είναι σταθερές. Η μέθοδος δεν ενδείκνυται για περιοχές μικρών πληθυσμών.

Οι μαθηματικές μέθοδοι πρόβλεψης πληθυσμού γενικά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα. Το μειονέκτημα τους είναι ότι αγνοούν άλλους παράγοντες, όπως ρυθμούς γεννήσεων και θανάτων, καθώς επίσης και το βιοτικό επίπεδο της περιοχής.

Αναλογικές μέθοδοι

- **Μέθοδος των σταθερών λόγων**

Η μέθοδος αυτή περιγράφεται με την παρακάτω σχέση:

$$P_e / P'_e = P_t / P'_t \quad (3.9)$$

Όπου P_e η πρόβλεψη πληθυσμού για την υπό μελέτη περιοχή, P'_e η πρόβλεψη για μια ευρύτερη περιοχή (πχ. Περιφέρεια), P_t ο πληθυσμός της περιοχής σύμφωνα με την τελευταία απογραφή και P'_t ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με την τελευταία απογραφή.

- **Μέθοδος πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης**

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μπορεί να γίνει πρόβλεψη του πληθυσμού μιας περιοχής με βάση διάφορες παραμέτρους, οι οποίες μπορούν να προσδιοριστούν με πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση.

Σύνθετες Μέθοδοι

Η πλέον συνήθης σύνθετη μέθοδος που χρησιμοποιείται για της εκτίμηση πληθυσμιακής αύξησης μιας περιοχής εκφράζεται από τον τύπο:

$$P_t = P_1 + M + N \quad (3.10)$$

Όπου N η καθαρή φυσική αύξηση και M η καθαρή φυσική μετανάστευση κατά της περιόδου αυτή (Παπαδοπούλου Κ., 2008).

3.3 Υπολογισμός αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015 μόνιμων κατοίκων

Για το τρέχον έτος 2015 οι ανάγκες για ύδρευση υπολογίζονται βάση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο. Η μέση ημερήσια κατανάλωση λαμβάνεται ίση με 200L/ημ/κατ. Για τον υπολογισμό του μόνιμου πληθυσμού στο τρέχον έτος θα χρησιμοποιήσουμε τα πληθυσμιακά στοιχεία που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.3 καθώς η τελευταία απογραφή είναι για το έτος 2011.

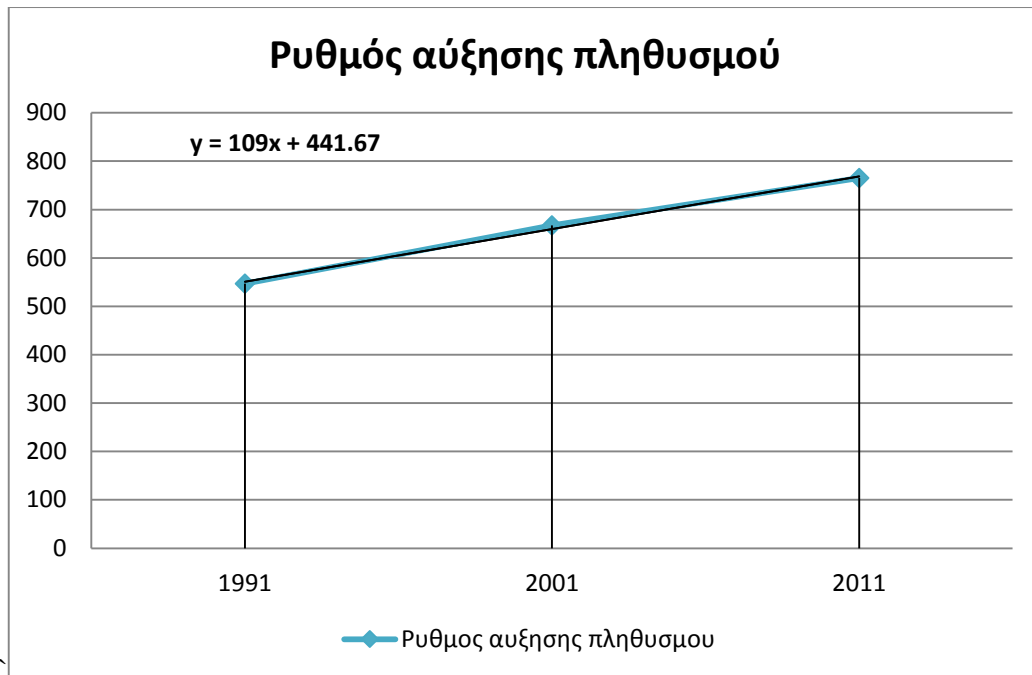
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η εξέλιξη του πληθυσμού τα τελευταία 40 χρόνια.

Πίνακας 3.1: Εξέλιξη πληθυσμού

Έτος	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός	923	809	547	667	765

Για τον υπολογισμό του μόνιμου πληθυσμού²⁰¹⁵ θα λάβουμε υπόψη μόνο την εξέλιξη του την τελευταία 20ετία διότι αυτά είναι και τα χρόνια της τουριστικής ανάπτυξης που προσέλκυσαν μόνιμους κατοίκους προσφέροντας εργασία.

Παραθέτοντας τα στοιχεία του πίνακα σε ένα φύλλο excel εξάγουμε το διάγραμμα αύξησης του πληθυσμού για τα έτη 1991- 2001- 2011 και την αντίστοιχη εξίσωση.



Σχ. 3.1: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού

Από το διάγραμμα που πρόεκυψε βάση των στοιχείων που έχουμε παρατηρούμε ότι τα τελευταία 20 χρόνια η αύξηση είναι σχεδόν σταθερή και απεικονίζεται με ευθεία. Στην πραγματικότητα στο διάστημα 1991- 2001 παρουσιάζεται αύξηση 22% ενώ τη δεκαετία 2001- 2011 παρουσιάζεται αύξηση 14,6 %. Επομένως για την εκτίμηση του πληθυσμού στο τρέχον έτος 2015 χρησιμοποιούμε τη γραμμική μαθηματική μέθοδο της οποίας η εξίσωση είναι:

$$Y_i = 109 X + 441,67 \quad (3.11)$$

Όπου :

Y_i είναι ο ζητούμενος πληθυσμός για το έτος i , και X το οποίο εκφράζει την τρέχουσα 10ετία (πχ. Για το έτος 1991 $X = 1$, για το 2001 $X=2$ κτλ) .

Συμπερασματικά, χρησιμοποιώντας της εξίσωση 3.1 προκύπτει ότι ο μόνιμος πληθυσμός για το τρέχον έτος 2015 είναι $Y_{2015} = 812$ κάτοικοι. Αναλογικά με τον συνολικό πληθυσμό μπορούμε να βρούμε και τον αντίστοιχο πληθυσμό για τον κάθε οικισμό. Επομένως, η

αύξηση που παρουσιάζεται από το 2011 στο τρέχον έτος 2015 είναι 6% άρα για τους οικισμούς του δήμου ο πληθυσμός διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 3.2: Κατανομή πληθυσμού ανά οικισμό

Οικισμός	Χώρα	Άνω Μεριά	Καραβοστάσης	Σύνολο
Αρ. κατοίκων 2011	460	255	50	765
Αρ. κατοίκων 2015	488	270	53	812

Με βάση την ειδική τιμή κατανάλωσης για οικιακή χρήση, 200 L/κατ/ημ, βρίσκουμε τους απαιτούμενους όγκους νερού για την ύδρευση των μόνιμων κατοίκων ανά οικισμό αλλά και του Δήμου στο σύνολό του. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.3: Απαιτούμενος όγκος νερού μόνιμων κατοίκων

Οικισμός	Χώρα	Άνω Μεριά	Καραβοστάσης	Δήμος Φολεγάνδρου
Αριθμός κατοίκων	488κάτοικοι	270κάτοικοι	53κατοικοι	812κάτοικοι
Q _{ημ}	97,6m ³	54m ³	10,6m ³	162.4m ³
Q _{μήνα} (31 μέρες)	3025,6 m ³	1674 m ³	328,6 m ³	5034.4m³

3.4 Υπολογισμός αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015 εποχιακού πληθυσμού.

Ως εποχιακός πληθυσμός χαρακτηρίζονται οι τουρίστες και οι παραθεριστές. Ως παραθεριστές αναφέρονται οι κάτοικοι εξοχικής κατοικίας στο νησί, οι φιλοξενούμενοι για κάποιο χρονικό διάστημα και οι επισκέπτες για λόγους εργασίας. Ο εποχιακός πληθυσμός υπολογίζεται με βάση το τουριστικό δυναμικό του νησιού που λαμβάνεται ίσο με τον αριθμό κλινών των καταλυμάτων (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα) της περιοχής μελέτης και το ποσοστό πληρότητας ανά μήνα την τουριστική περίοδο.

Ο αριθμός των τουριστικών κλινών ορίστηκε στις 3000 κλίνες βάση στοιχείων του Δήμου Φολέγανδρου συμπεριλαμβανομένων δηλωμένων και αδήλωτων κλινών. Επίσης η τουριστική περίοδος στο νησί περιορίζεται στους τρεις με τέσσερις μήνες από Ιούνιο – Σεπτέμβρη, και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι παρουσιάζει 100% πληρότητα μόνο κατά τον μήνα Αύγουστο. Η τουριστική κίνηση που παρατηρείται το Πάσχα δεν λαμβάνεται υπόψη στην μελέτη που εκπονείται καθώς περιορίζεται σε 3-4 διανυκτερεύσεις και περίπου 100-150 επισκέπτες.

Αναλυτικά, ο εποχιακός πληθυσμός που βρίσκεται στο νησί παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα ο οποίος υπολογίστηκε με βάση τη συγκεκριμένη πληρότητα ανά τουριστικό μηνά επί τις 3000 κλίνες που ορίσαμε. Επομένως:

Πίνακας 3.4: Πληρότητα καταλυμάτων κατά την τουριστική περίοδο

Μήνας	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβρης
Πληρότητα	40%	70%	100%	40%
Εποχιακός Πληθυσμός/ ημ	1200	2100	3000	1200

Στη συνέχεια οι απαιτούμενες παροχές για την ικανοποίηση των αναγκών του εποχιακού πληθυσμού παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα χρησιμοποιώντας για τους υπολογισμούς μας την ειδική τιμή κατανάλωσης για τους εποχιακούς που είναι 250 L /ημ/ κλίνη.

Πίνακας 3.5: Κατανάλωση νερού εποχιακού πληθυσμού

Μήνας	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβρης
Εποχιακός Πληθυσμός/ημ	1200	2100	3000	1200
Q _{ημ} (m ³)	300	525	750	300
Q _{μήνα} (m ³)	9000	16275	23250	9000

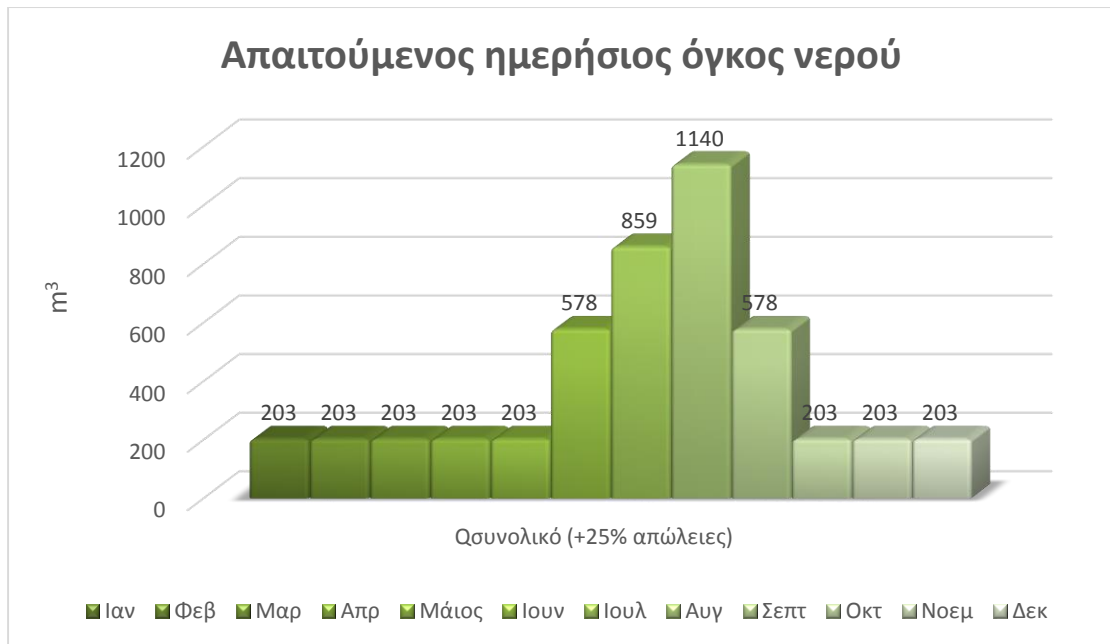
3.5 Υπολογισμός συνολικών αναγκών ύδρευσης για το τρέχον έτος 2015.

Το σύνολο του απαιτούμενου όγκου νερού για την περιοχή μελέτης προκύπτει από την πρόσθεση των ποσοτήτων ημερήσιας κατανάλωσης του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού. Στον συνολικό όγκο θα υπολογίσουμε μια προσαύξηση 25% λόγο απωλειών εφόσον το δίκτυο ύδρευσης του νησιού χαρακτηρίζεται καλό.

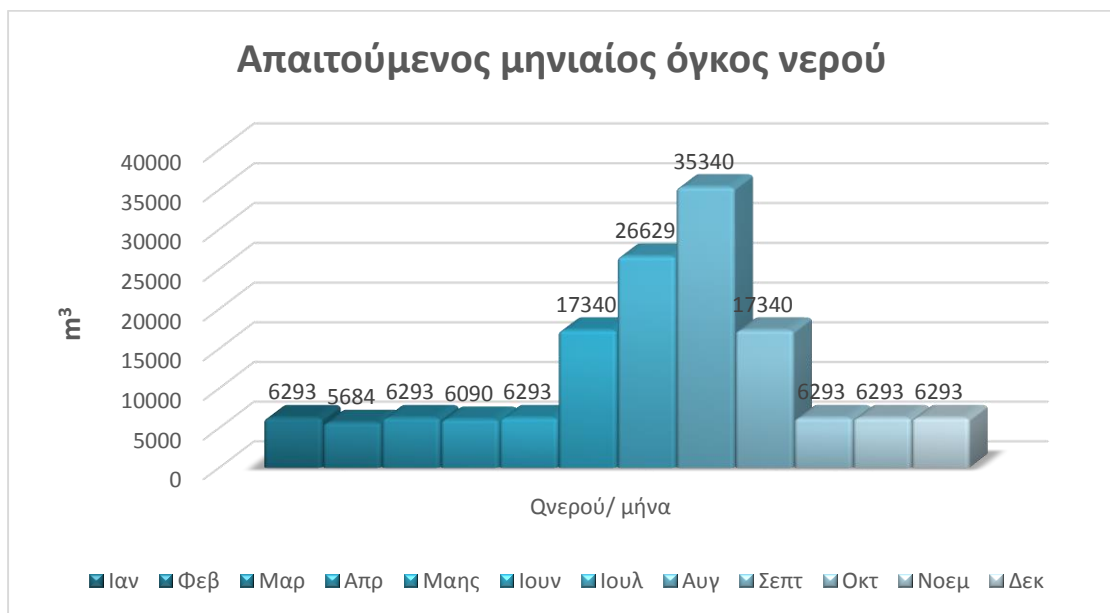
Τα αποτελέσματα σε ημερήσια και μηνιαία βάση παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες και αντίστοιχα διαγράμματα. Για τους μήνες Οκτώβριο έως και το Μάιο θα θεωρήσουμε ότι η μοναδική κατανάλωση είναι αυτή των μόνιμων κατοίκων.

Πίνακας 3.6: Συνολική ημερήσια και μηνιαία κατανάλωση νερού

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάιος	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Qμόνιμων / ημ (m ³)	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4
Qεποχιακό/ ημ (m ³)	0	0	0	0	0	300	525	750	300	0	0	0
Qσυνολικό/ ημ (m ³)	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	462,4	687,4	912,4	462,4	162.4	162.4	162.4
Qσυνολικό/ ημ (m ³) (+25% απωλειες)	203	203	203	203	203	578	859	1140	578	203	203	203
Qσυνολικο/μήνα(m ³)	6293	5684	6293	6090	6293	17340	26629	35340	17340	6293	6293	6293



Σχ. 3.2: Απαιτούμενος ημερήσιος όγκος νερού



Σχ. 3.3: Απαιτούμενος μηνιαίος όγκος νερού

Συμπερασματικά, ο απαιτούμενος όγκος νερού για το τρέχον έτος 2015 βάση των μέσων δεικτών κατανάλωσης και με την προσαύξηση 25% για τις οποίες απώλειες συναντιούνται στο δίκτυο ύδρευσης ξεπερνούν ημερησίως τα 1000m³. Όπως ήταν αναμενόμενο η εκτόξευση της κατανάλωσης συναντάται κατά τους μήνες αιχμής της τουριστικής περιόδου

κυρίως όμως τον Αύγουστο. Στην ουσία αυτό είναι και το πρόβλημα που εξετάζεται στη παρούσα διπλωματική, δηλαδή η εξεύρεση της ορθής λύσης για την αντιμετώπιση της εκτόξευσης της ζήτησης νερού για μικρό χρονικό διάστημα. Τους μήνες χαμηλής τουριστικής κίνησης Ιούνιο και Σεπτέμβρη υπάρχει μια αύξηση της ζήτησης νερού η οποία όμως δεν προκαλεί καμία ανησυχία καθώς το παραγόμενο νερό είναι περισσότερο από το απαιτούμενο. Βάσει των υπολογισμών η ετήσια κατανάλωση νερού φτάνει τα 146.000m³.

3.6 Κατανομή απαιτούμενης ποσότητας ύδρευσης στους οικισμούς.

Μετά τον υπολογισμό του συνολικού όγκου νερού που απαιτείται για την ύδρευση ολόκληρου του νησιού θα γίνει μια προσπάθεια να υπολογίσουμε τον συνολικό όγκο που χρειάζονται οι επιμέρους οικισμοί. Η περίοδος που μας ενδιαφέρει αυτή η ανάλυση είναι ο μήνας Αύγουστος που έχουμε την μεγαλύτερη ζήτηση και χρειάζεται η ορθότερη κατανομή των ποσοτήτων. Επομένως για τους τέσσερις καλοκαιρινούς οικισμούς θα κάνουμε μια κατά προσέγγιση εκτίμηση της κατανομής του εποχιακού πληθυσμού βάσει των κλινών που καταγράφονται αλλά και των μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού στους οικισμούς της Άνω Μεριάς και της Αγκάλης βάσει των καταγεγραμμένων δρομολογίων της υδροφόρας του Δήμου κατά το μήνα Αύγουστο το 2013. Επομένως:

- Για την Άνω Μεριά καταγράφονται περίπου 100 κλίνες και άλλοι 100 περίπου εποχιακοί κάτοικοι σε εξοχικές κατοικίες ή φιλοξενούμενοι των μόνιμων κατοίκων. Επίσης οι μεταφερόμενες ποσότητες υπολογίζονται στα 100m³ ημερησίως. Με διασταύρωση των παραπάνω επαληθεύεται η ποσότητα των 100m³ ημερησίως.
- Για την Αγκάλη που είναι εξολοκλήρου καλοκαιρινός οικισμός βάσει των μεταφερόμενων ποσοτήτων υπολογίζεται ότι οι ανάγκες της ανέρχονται στα 40m³ ημερησίως. Επίσης ο εποχικός πληθυσμός της αγκάλης υπολογίζεται ότι φτάνει τους 150 καταναλωτές.

- Για τον Καραβοστάση υπολογίζεται ότι βάσει κλινών ο πληθυσμός του δεκαπλασιάζεται κατά τη θερινή περίοδο. Έτσι από 50 μόνιμους κατοίκους υπολογίζεται ότι φτάνει τους 500 καταναλωτές κατά το μήνα Αύγουστο με πολλές κλίνες σε ξενοδοχειακές μονάδες αλλά και πολλές εξοχικές κατοικίες. Έτσι ο απαιτούμενος όγκος νερού για ύδρευση είναι περίπου 130 m³
- Για τον βασικό οικισμό της Χώρας, εκεί που έχουμε και την μεγαλύτερη κατανάλωση, υπολογίζεται ότι οι κλίνες των εποχικών είναι γύρω στις 2200 και μαζί με τους μόνιμους κατοίκους φτάνουμε σχεδόν τους 2650 καταναλωτές που χρειάζονται περίπου 660 m³

Βάσει των παραπάνω υπολογισμών ο συνολικός όγκος νερού που εκτιμήθηκε στο σύνολο του νησιού επαληθεύεται αν αθροίσουμε τις επιμέρους ποσότητες με μικρή απόκλιση της τάξης του 10% που οφείλεται στις προσεγγιστικές εκτιμήσεις που κάναμε και σε απώλειες στο δίκτυο.

3.7 Μακροπρόθεσμη εκτίμηση πληθυσμού - Μόνιμου και εποχιακού

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα γίνει η εκτίμηση του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού για τα έτη πρόβλεψης 2021, 2031, 2041. Για το επερχόμενο έτος 2015 χρησιμοποιήσαμε τη γραμμική μαθηματική μέθοδο για τον υπολογισμό των μόνιμων κατοίκων καθώς είναι πολύ κοντά στην τελευταία απογραφή (2011). Για την μακροπρόθεσμη εξέλιξη του πληθυσμού (για τα επόμενα 30 χρόνια) θα χρησιμοποιηθούν δύο γραμμές τάσης που θα προκύψουν από το λογιστικό πρόγραμμα excel, η γραμμική και η πολυωνυμική και θα εκτιμηθεί ποια απ' τις δύο δίνει ασφαλέστερα αποτελέσματα. Για την εξέλιξη του εποχιακού πληθυσμού θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης τουριστικών κλινών σε επίπεδο χώρας, που είναι 2%, και δίνεται από το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο. Κατόπιν θα ελέγχει εάν στην παρούσα μελέτη για την Φολέγανδρο η τιμή αυτή είναι ορθή.

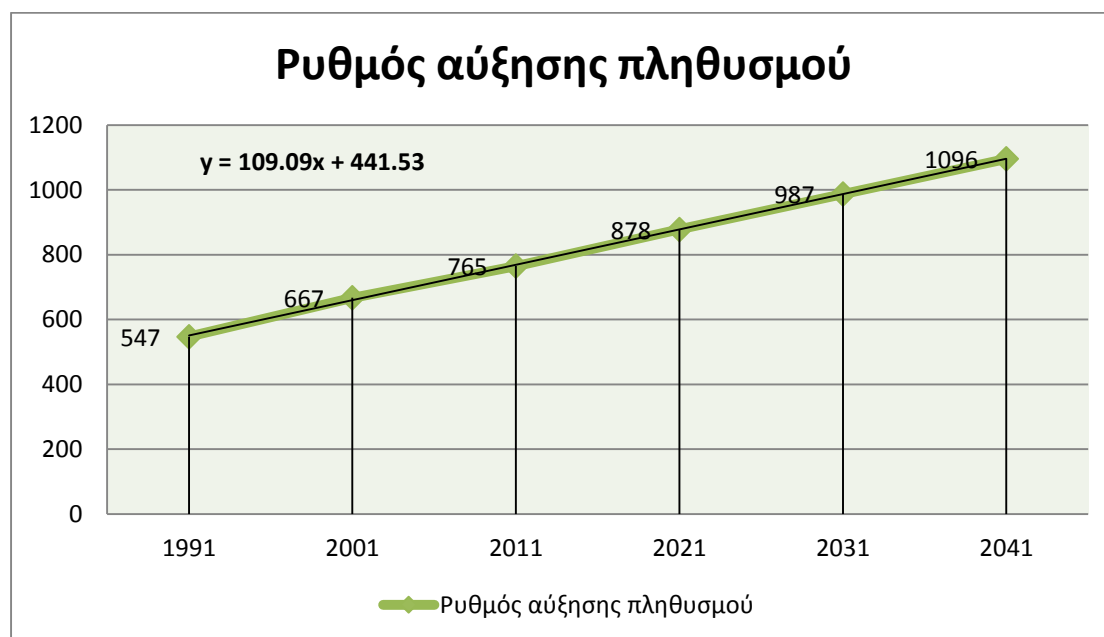
Μακροπρόθεσμη Εξέλιξη Μόνιμου Πληθυσμού

Ο πίνακας (3.1) της πληθυσμιακής εξέλιξης βάσει απογράφων παραθέτεται ξανά στη συνέχεια και βάση αυτού έγιναν οι εκτιμήσεις για την πληθυσμιακή εξέλιξη.

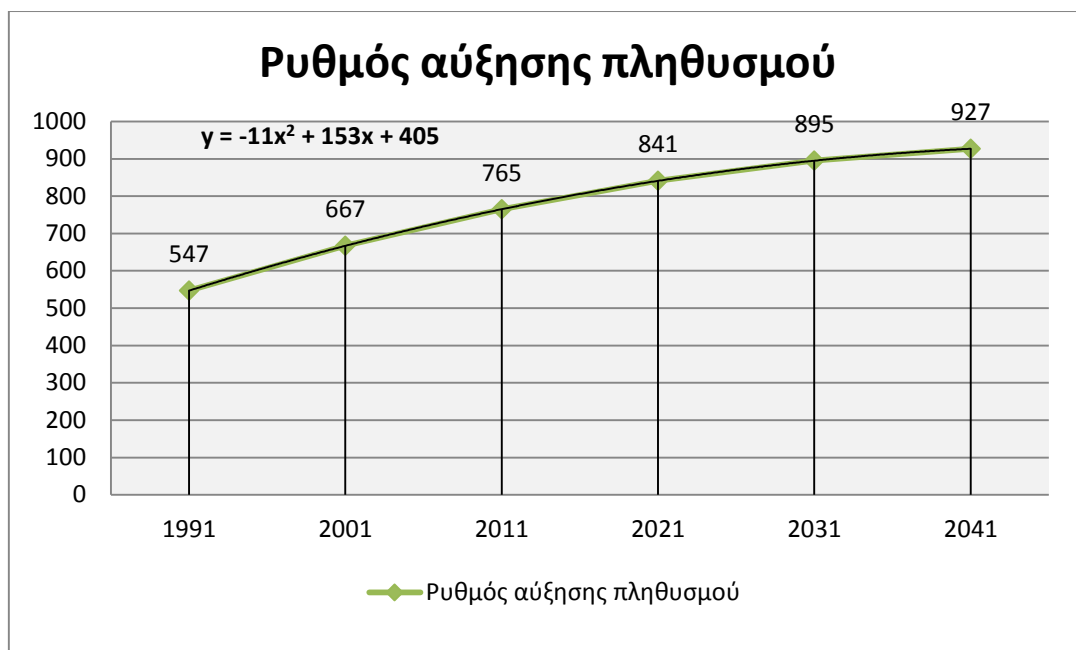
Πίνακας 3.1: Εξέλιξη πληθυσμού

Έτος	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός	923	809	547	667	765

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν είναι μόνο τα έτη μετά το 1991 καθώς όπως προαναφέρθηκε τότε άρχισε η τουριστική κίνηση στο νησί και παρατηρείται και αύξηση του μόνιμου πληθυσμού. Επομένως από excel προκύπτουν τα διαγράμματα για την εξέλιξη έως το 2041 με βάση την γραμμική και την πολυωνυμική τάση.



Σχ. 3.4: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού – Γραμμική αύξηση



Σχ. 3.5: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού- Πολυωνυμική αύξηση

Τα δεδομένα των γραφημάτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων πληθυσμιακής αύξησης

Έτος	1991	2001	2011	2021	2031	2041
Πολυωνυμική Εξέλιξη	547	667	765	841	895	927
Γραμμική Εξέλιξη	547	667	765	878	987	1096

Όπως ήταν αναμενόμενο, με τη γραμμική μέθοδο ο πληθυσμός αυξάνεται σταθερά φτάνοντας τους 1096 μόνιμους κατοίκους το 2041, αύξηση 43.3% από το 2011 που είναι και η τελευταία επίσημη απογραφή. Αντίθετα η πολυωνυμική μέθοδος παρουσιάζει συνεχή αύξηση πληθυσμού αλλά με πτωτικό ρυθμό. Η αύξηση αυτή είναι 21,2 %, σχεδόν η μισή από αυτή που προκύπτει με τη γραμμική μέθοδο. Στη συνέχεια των υπολογισμών θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα της πολυωνυμικής εξέλιξης καθώς κρίνεται καταλληλότερη.

Μακροπρόθεσμη Εξέλιξη Εποχιακού Πληθυσμού

Για τον εποχιακό πληθυσμό όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει μια δεδομένη ετήσια αύξηση κλινών σε επίπεδο χώρας που δίνεται από το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο της τάξης του 2%. Επίσης συγκεκριμένα για τη Φολέγανδρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια εμπειρική εκτίμηση. Παρατηρείται την τελευταία 5ετία (περίοδος μετά την οικονομική κρίση) μια αύξηση κλινών της τάξης των 50 κλινών ανά έτος και αυτή αφορά είτε κάποιο καινούριο ξενοδοχείο δυναμικότητας περίπου 30 -50 κλινών ή κάποιες εξοχικές κατοικίες που μπορούν να φιλοξενήσουν περίπου 10 άτομα το καθένα ή συνδυασμός των παραπάνω.

Η σημερινή εκτίμηση εποχιακού πληθυσμού είναι 3000 και αυτή παίρνουμε ως αρχική τιμή για την εκτίμηση των συνολικών κλινών το 2041.

- Επομένως στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε το σταθερό ετήσιο λόγο του 2% ο εκτιμώμενος αριθμός εποχιακού πληθυσμού δίνεται από τον τύπο της γεωμετρικής προόδου:

$$a_n = a_1 \cdot \lambda^{n-1} \quad (3.12)$$

όπου $a_1 = 3000$ κλίνες, $a_n =$ αριθμός κλινών μετά από n έτη και $\lambda = 1,02$. Άρα μετά από 26 χρόνια, δηλαδή το 2041, ο εκτιμώμενος αριθμός κλινών είναι 4921. Η αύξηση των 1921 κλινών είναι της τάξης του 64%.

- Η εμπειρική εκτίμηση της αύξησης των 50 κλινών ανά έτος μας δίνει έπειτα από 26 χρόνια (2041) μια αύξηση $50 \cdot 26 = 1300$ κλίνες δηλαδή 43% αύξηση, δηλαδή συνολικός αριθμός κλινών 4300 κλίνες.

Με βάση τις δύο παραπάνω εκτιμήσεις για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν θεωρείται καλύτερη προσέγγιση αυτή του εμπειρικού τύπου. Γενικά μια γεωμετρική αύξηση δεν θα ήταν καλή επιλογή σε βάθος χρόνου 26 ετών για ένα από τα μικρότερα νησιά των Κυκλάδων στο οποίο γρήγορα επέρχεται κορεσμός. Αντίθετα η εμπειρική εκτίμηση μας δίνει μια ασφαλή εκτίμηση αύξησης 1300 κλινών.

3.8 Μακροπρόθεσμη πρόβλεψη αναγκών ύδρευσης.

Όπως και στα προηγούμενα κεφάλαια (3.2 και 3.3) που υπολογίστηκε ο απαιτούμενος όγκος νερού για το τρέχον έτος 2015 έτσι και εδώ θα υπολογιστούν οι απαιτούμενες ποσότητες για τα έτη πρόβλεψης. Για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι τα δεδομένα παραμένουν τα ίδια. Επομένως:

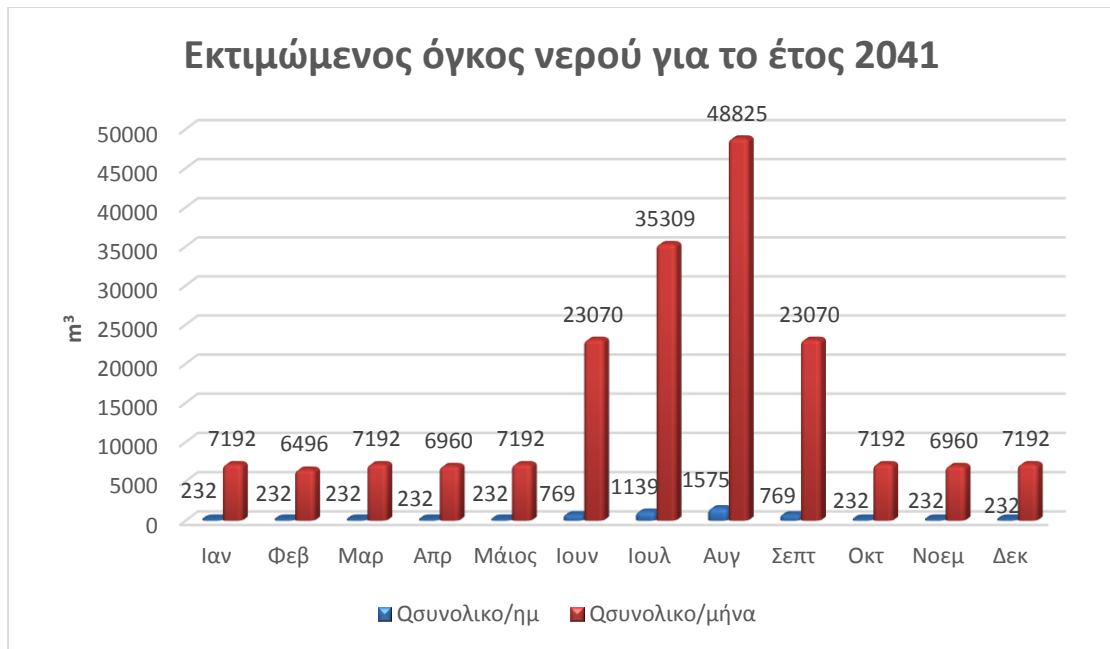
Για έτος πρόβλεψης 2041

- οικιακή χρήση μόνιμων κατοίκων 200 L/d/κάτοικο
- 927 μόνιμοι κάτοικοι το 2041
- χρήση εποχιακού πληθυσμού 250 L/d/κλίνη
- 4300 κλίνες το 2041
- τουριστική κίνηση παραμένει η ίδια, 4 μήνες από Ιούνιο έως και Σεπτέμβρη
- πληρότητα / μήνα παραμένει ίδια
- απώλειες στο δίκτυο υπολογίζονται 25%

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι εκτιμώμενες τιμές για ημερήσια και μηνιαία παροχή για το έτος 2041 καθώς και η διακύμανση των τιμών αυτών στο επόμενο διάγραμμα.

Πίνακας 3.8: Συνολικός ημερήσιος και μηνιαίος όγκος νερού κατά το έτος 2041

2041	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάιος	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Qμόνιμων /ημ (m ³)	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4
Qεποχιακό /ημ (m ³)	0	0	0	0	0	430	752,5	1075	430	0	0	0
Qσυνολικό /ημ (m ³)	185,4	185,4	185,4	185,4	185,4	615,4	911	1260,4	615,4	185,4	185,4	185,4
Qσυνολικό (m ³) (+25% απώλειες)	232	232	232	232	232	769	1139	1575	769	232	232	232
Q/μήνα (m ³)	7192	6496	7192	6960	7192	23070	35309	48825	23070	7192	6960	7192



Σχ. 3.6: Εκτιμώμενος όγκος νερού για το έτος 2041

Για το έτος πρόβλεψης 2031

Πληθυσμιακά δεδομένα για μόνιμους και εποχιακούς είναι τα ακόλουθα

- 895 μόνιμοι κάτοικοι το 2031
- 3800 κλίνες το 2031

Και παραδοχές για κατανάλωση, πληρότητα και απώλειες παραμένουν τα ίδια με προηγούμενα. Άρα οι εκτιμώμενες ποσότητες είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 3.9: Συνολικός ημερήσιος και μηνιαίος όγκος νερού για το έτος 2031

2031	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάιος	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Ομόνιμων/ημ (m ³)	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
Ζεποχιακό/ημ (m ³)	0	0	0	0	0	380	665	950	380	0	0	0
Qσυνολικό/ημ (m ³)	179	179	179	179	179	559	844	1129	559	179	179	179
Qσυνολικό (m ³) (+25% απωλειες)	223	223	223	223	223	699	1055	1411	699	223	223	223
Qσυνολικό/μήνα (m ³)	6913	6244	6913	6690	6913	20970	32705	43741	20970	6913	6690	6913



Σχ. 3.7: Εκτιμώμενος όγκος νερού για το έτος 2031

Για την κατανομή των ποσοτήτων αυτών στους οικισμούς του νησιού δεν θα γίνει κάποια πρόβλεψη καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία που να μας δίνουν κάποια απάντηση για την κατανομή με ασφάλεια. Για παράδειγμα μια μεγάλη ξενοδοχειακή μονάδα με την

κατανάλωση των ενοίκων και τις απαιτήσεις των υπηρεσιών της μπορεί να αντισταθμίσει οποιαδήποτε αύξηση εξοχικών κατοικιών σε κάποιο άλλο σημείο του νησιού.

3.9 Ανάγκες για άρδευση

Όσον αφορά την άρδευση, η Φολέγανδρος έχει μόνο ξερικές καλλιέργειες, κυρίως ελιές και αμπέλια, δηλαδή δεν χρειάζονται πότισμα και αρκούνται μόνο στην υγρασία του εδάφους. Αυτό είναι φυσικά ευτύχημα, διότι πιθανόν τα πράγματα να ήταν τελείως διαφορετικά με τη ζήτηση νερού και βέβαια προς το χειρότερο. Οι κήποι που πιθανόν έχουν οι κάτοικοι σε σπίτια, ξενοδοχεία κτλ δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στις καλλιέργειες και δεν μπορεί να εκτιμηθεί η ποσότητα νερού που χρειάζονται. Πάντως το πιθανότερο είναι να καλύπτεται μεγάλο ποσοστό του καταναλισκόμενου νερού από πηγάδια που έχουν συγκεντρωθεί όμβρια ύδατα και να μην χρησιμοποιείται πόσιμο νερό.

Τεχνική Περιγραφή Υφιστάμενων Έργων

4.1 Εισαγωγή

Στην Φολέγανδρο τα υφιστάμενα έργα ταμίευσης νερού αποτελούν την απλούστερη μορφή της δομής ενός δικτύου ύδρευσης. Γενικά κάθε δίκτυο ύδρευσης αποτελεί ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, που παραλαμβάνει νερό από ολιγάριθμες πηγές (σημεία εισόδου) και το οδηγεί προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου ή καταναλωτές). Ουσιαστικά διανέμει το επεξεργασμένο (καθαρό) νερό από τις δεξαμενές σε πολλαπλά σημεία προορισμού (καταναλωτές) μιας αστικής περιοχής.

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη:

Εξωτερικό υδραγωγείο

Το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η διάταξη έργων μεταφοράς νερού από την υδροληψία στη δεξαμενή ρύθμισης, αποθήκευσης του οικισμού. Το εξωτερικό υδραγωγείο μπορεί να αποτελείται από:

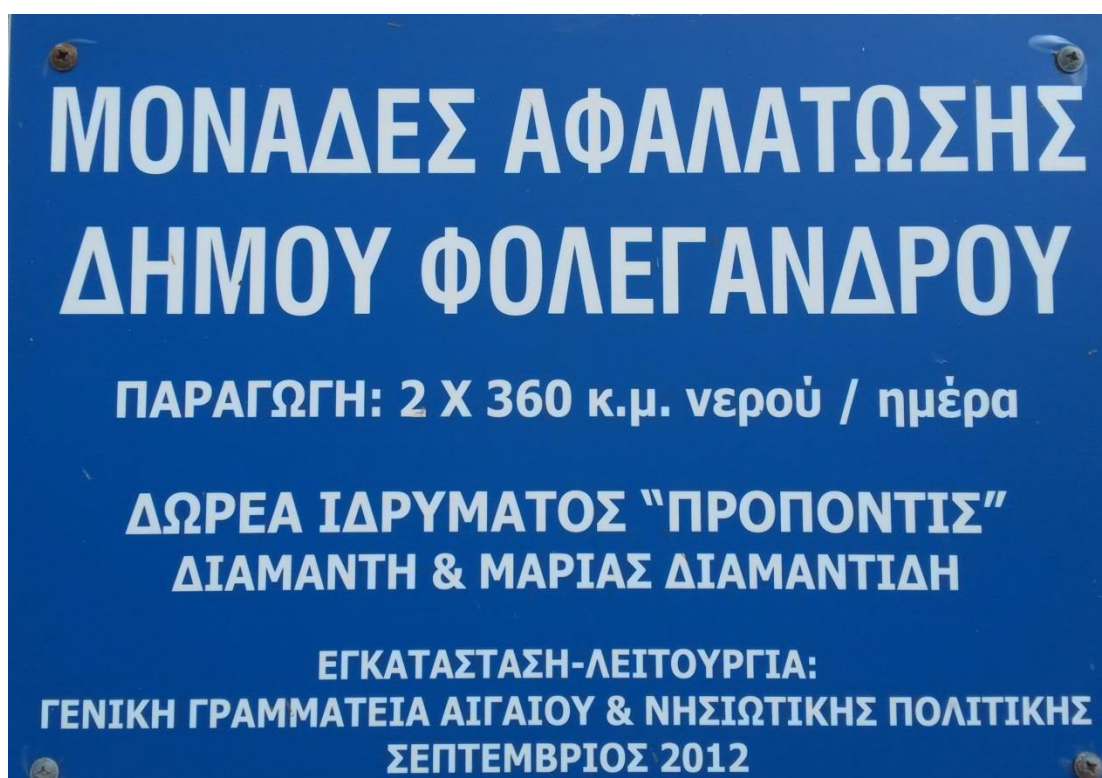
- Ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας
- Κλειστούς αγωγούς υπό πίεση. Οι υπό πίεση αγωγοί μπορεί να είναι είτε βαρύτητας είτε να είναι αγωγοί κατάθλιψης, δηλαδή να υποβοηθούνται από αντλητικό συγκρότημα.
- Κλειστούς αγωγούς που λειτουργούν όμως σαν αγωγοί ελευθέρως επιφάνειας.

Εσωτερικό υδραγωγείο

Το εσωτερικό υδραγωγείο είναι το σύστημα διανομής νερού και περιλαμβάνει το άθροισμα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Εκτός από το δίκτυο των αγωγών περιλαμβάνει και όλα τα υπόλοιπα έργα διανομής κατάντη της δεξαμενής αποθήκευσης του νερού, όπως τις αντλίες, τις δικλείδες, τους ρυθμιστές πίεσης κ.τ.λ (Σπηλιώτης Μ. και Τσακίρης Γ., 2008).

4.2 Σημεία υδροληψίας

Εργοστάσιο Αφαλάτωσης – Βασικό σημείο Υδροληψίας



Εικ. 4.1: Μονάδες αφαλάτωσης Δήμου Φολεγάνδρου

Από τον Σεπτέμβρη του 2012 λειτουργούν στον Καραβοστάση, σε απόσταση 400μ από το λιμάνι του νησιού, 2 μονάδες αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης. Το εργοστάσιο αφαλάτωσης ουσιαστικά αποτελεί το μοναδικό σημείο υδροληψίας για το νησί. Αποτελεί την αφετηρία του εξωτερικού υδραγωγείου του νησιού μέχρι την κεντρική

δεξαμενή ρύθμισης στο ελικοδρόμιο. Η σωτήρια λύση της αφαλάτωσης, για το άνυδρο νησί της Φολεγάνδρου και αποκλειστικά εξαρτώμενο από την μεταφορά νερού από την ηπειρωτική Ελλάδα μέσω υδροφόρων πλοίων, δόθηκε ύστερα από δωρεά ιδιώτη δύο μονάδων αφαλάτωσης οι οποίες παράγουν πόσιμο νερό και καλύπτουν τις ανάγκες του νησιού. Οι μονάδες αφαλάτωσης αποτελούνται από δυο container ανεξάρτητα το ένα προς το άλλο πλήρως εξοπλισμένα με φίλτρα και αντλίες καθώς και όλα τα ηλεκτρονικά συστήματα για τον έλεγχο της διαδικασίας αντίστροφης όσμωσης.



Εικ. 4.2: Εσωτερικό μονάδας αφαλάτωσης

Τα containers τοποθετήθηκαν πίσω από το παλιό εργοστάσιο της ΔΕΗ σε υψόμετρο περίπου 40μ καθώς θεωρήθηκε από τους μελετητές ότι ήταν το καταλληλότερο σημείο. Εκτός από τα containers το εργοστάσιο της αφαλάτωσης συμπληρώνουν δυο γεωτρήσεις βάθους 60μ και δυναμικότητας άντλησης $70\text{m}^3/\text{h}$ για την παροχή θαλασσινού νερού καθώς και πλαστικές δεξαμενές αποθήκευσης θαλασσινού και παραγόμενου νερού. Οι μονάδες αφαλάτωσης τροφοδοτούνται με θαλασσινό νερό μέσω των δεξαμενών οι οποίες είναι ήδη γεμάτες από τις γεωτρήσεις και ύστερα από την κατάλληλη διεργασία παράγουν $30\text{m}^3/\text{h}$ πόσιμο νερό το

οποίο αποθηκεύεται στις δεξαμενές παραγόμενου νερού και εν συνεχεία μέσω αγωγών κατάθλιψης διοχετεύεται στους οικισμούς του Καραβοστάση και της Χώρας. Επίσης σε ένα φρεάτιο έξω από τα containers γίνεται η έγχυση της άλμης που καταλήγει σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η συνολική παραγωγή νερού από την αφαλάτωση είναι 700m³ καθώς το σύστημα δουλεύει 23 ώρες παράγοντας νερό και 1 ώρα λειτουργεί για τον αυτοκαθαρισμό των μονάδων. Οι μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν αποκλειστικά με συμβατική ενέργεια και όχι με ΑΠΕ. Η εξάρτηση της παραγωγής νερού από την ηλεκτροδότηση του νησιού προκαλεί σημαντικά προβλήματα καθώς η περίοδος που συναντάμε τα προβλήματα στην ηλεκτροδότηση συμβαδίζει με την αιχμή ζήτησης σε νερό γεγονός που οδηγεί στην εκπόνηση μελετών από το Δήμο και στην αναζήτηση πόρων για την χρησιμοποίηση ΑΠΕ. Γενικά, οι μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ελατώνοντας τις ημερήσιες ώρες λειτουργίας τους κατά την χειμερινή περίοδο ανάλογα με τις ανάγκες για νερό. Να σημειωθεί ότι το σημείο εγκατάστασης των μονάδων αφαλάτωσης είναι μόλις λίγα μέτρα από το οδικό δίκτυο στο οποίο περνάει το προϋπάρχον δίκτυο διοχέτευσης του μεταφερόμενου νερού μέσω των υδροφόρων πλοίων και αυτό βοήθησε στην άμεση διοχέτευση του παραγόμενου νερού και στην ελαχιστοποίηση του κόστους του έργου. Επίσης οι αγωγοί κατάθλιψης έχουν δυνατότητα διοχέτευσης νερού έως 100 m³ /h το οποίο αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο για αύξηση της παραγωγής νερού από επιπλέον μονάδες αφαλάτωσης χωρίς επιπλέον κόστος για αλλαγή σωληνώσεων και αντλιοστασίων.



Εικ. 4.3: Σημείο άντλησης θαλασσινού νερού

Γεωτρήσεις – Δευτερεύον Σημείο Υδροληψίας

Τα υπόγεια αποθέματα έχουν σχεδόν στερήσει στο νησί και πλέον μόνο μια γεώτρηση είναι σε λειτουργία. Η γεώτρηση αυτή βρίσκεται στο δρόμο προς τον Πετούση (παλιός αγροτικός οικισμός στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού) στη διασταύρωση με τον δρόμο που οδηγεί στο ΧΥΤΑ. Είναι η μοναδική γεώτρηση που λειτουργεί στο νησί και παρουσιάζει συνεχώς μειωμένη δυναμικότητα. Η γεώτρηση τίθεται σε λειτουργία μόνο την περίοδο αιχμής, δηλαδή τον Αύγουστο και τροφοδοτεί με νερό την κύρια δεξαμενή υδροδότησης της Χώρας στο Ελικοδρόμιο. Η μέγιστη ποσότητα νερού που τροφοδοτεί είναι περίπου στα 60m³ ημερησίως.

Πηγάδι υφάλμυρου νερού στο Λιβάδι. – Σημείο Υδροληψίας ιδιωτικής εκμετάλλευσης

Στην τοποθεσία Λιβάδι λίγα μόλις μέτρα από την ομώνυμη παραλία και σε πολύ χαμηλό υψόμετρο υπάρχουν πηγάδια τα οποία είναι ιδιωτικής εκμετάλλευσης. Από τα πηγάδια αυτά

εφοδιάζεται νερό η ιδιωτική υδροφόρα που λειτουργεί στο νησί. Το νερό των πηγαδιών αυτών χαρακτηρίζεται ως υφάλμυρο και είναι κατάλληλο μόνο για πλύση. Υπολογίζεται ότι η μέγιστη δυναμικότητα των πηγαδιών αυτών είναι 100m³ ημερησίως έχοντας ενισχυτικό και πολλές φορές σωτήριο ρόλο για το νησί. Την ιδιωτική υδροφόρα σε περίοδο αιχμής τη βλέπεις συνεχώς να κάνει δρομολόγια εφοδιάζοντας νερό κυρίως μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, διάφορες επιχειρήσεις που έχουν αυξημένη κατανάλωση νερού ακόμα και κατοικίες που δεν καλύπτονται οι ανάγκες τους από το δίκτυο.

4.3 Δημοτικές δεξαμενές – Δεξαμενές ρύθμισης ανά οικισμό

Κάθε οικισμός στο νησί έχει και μια δημοτική δεξαμενή για την παροχή νερού στους καταναλωτές. Οι δεξαμενές αυτές βρίσκονται σε σημεία με υψόμετρο μεγαλύτερο απ' αυτό του οικισμού ώστε να παρέχουν ικανοποιητικό πιεζομετρικό φορτίο για την υδροδότηση. Η τροφοδοσία των δημοτικών δεξαμενών γίνεται είτε απευθείας από την αφαλάτωση είτε με υδροφόρα φορτηγά (κυρίως του δήμου Φολεγάνδρου αλλά και ιδιόκτητο) που μεταφέρουν το νερό σ' αυτές. Από τις δημοτικές δεξαμενές και έπειτα υπάρχει ενιαίο δίκτυο σε όλους τους οικισμούς για την υδροδότηση τους. Αναλυτικά:

Δημοτική Δεξαμενή Καραβοστάση

Χωροθετείται σε απόσταση περίπου 500μετρα από τον οικισμό του Καραβοστάση προς την παραλία λιβάδι. Το υψόμετρο των 65 μέτρων της θέσης κατασκευής της δεξαμενής παρέχει ικανοποιητικό φορτίο για την υδροδότηση του οικισμού. Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι 700m³ και αποτελείται από δύο δεξαμενές, μία από οπλισμένο σκυροδεμα και μία προκατασκευασμένη μεταλλική δεξαμενή οι οποίες λειτουργούν σαν μία. Το νερό διοχετεύεται απ' ευθείας από την μονάδα αφαλάτωσης που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση (περίπου 500μετρα). Ο έλεγχος για την διοχέτευση νερού στη δεξαμενή δεν είναι αυτοματοποιημένος, αντίθετα ο τεχνικός υπεύθυνος λειτουργίας της αφαλάτωσης και

γενικότερα του δικτύου ύδρευσης ελέγχει τη στάθμη του νερού στη δεξαμενή και όποτε είναι απαραίτητο διοχετεύει το παραγόμενο νερό στη συγκεκριμένη δεξαμενή.



Εικ. 4.4: Πανοραμική άποψη Καραβοστάση- Δεξαμενές αποθήκευσης νερού

Δημοτική Δεξαμενή Χώρας

Η υδροδότηση της Χώρας γίνεται από τη δεξαμενή που βρίσκεται στην περιοχή του ελικοδρόμιου. Η χωρητικότητα της κύριας δεξαμενής είναι 1000m^3 και βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 280μετρων.



Εικ. 4.5: Κεντρική δεξαμενή οικισμού χώρας – Τοποθεσία ελικοδρόμιο

Η διοχέτευση του νερού στη δεξαμενή είναι απ' ευθείας από την μονάδα αφαλάτωσης με δυο ενδιάμεσα αντλιοστάσια και δεξαμενές. Η πρώτη δεξαμενή βρίσκεται στους Αγίους Αναργύρους στο δρόμο Καραβοστάση –Χώρα και έχει χωρητικότητα 100m^3 ενώ η δεύτερη στη συνέχεια της διαδρομής Καραβοστάση -Χώρα στην περιοχή "Περάκη" και έχει χωρητικότητα 200m^3 . Η διαδικασία διοχέτευσης του νερού στην κεντρική δεξαμενή της Χώρας είναι αυτοματοποιημένη. Εφόσον επιλεγεί η δεξαμενή που θα τροφοδοτηθεί με νερό το σύστημα των δεξαμενών και αντλιοστασίων δουλεύει αυτόματα διοχετεύοντας νερό στην κεντρική δεξαμενή της Χώρας, αυτή του ελικοδρομίου. Επομένως η συνολική δυναμικότητα των δεξαμενών του βασικού οικισμού του νησιού διαμορφώνεται στα 1300m^3 .

Δημοτική Δεξαμενή Αγκάλης

Η δεξαμενή που υδροδοτεί τον τουριστικό οικισμό της Αγκάλης είναι η πιο πρόσφατα κατασκευασμένη δημοτική δεξαμενή στο νησί. Μέχρι πρότεινος οι παραθεριστικές κατοικίες και οι όποιες επιχειρήσεις υπήρχαν στη Αγκάλη τροφοδοτούνταν με νερό από ιδιωτική υδροφόρα απ' ευθείας στις ιδιωτικές δεξαμενές. Η δεξαμενή της Αγκάλης βρίσκεται στο μέσο της διαδρομής Πόρτες- Αγκάλη 500μετρα από την παραλία και σε υψόμετρο περίπου 50 μέτρα . Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι 350m^3 και δεν υπάρχει κάποιο δίκτυο που να συνδέει τη δεξαμενή αυτή με τις υπόλοιπες τροφοδοτώντας νερό. Το νερό διοχετεύεται στη δεξαμενή από την υδροφόρα του Δήμου ενώ πολλές φορές τον Αύγουστο επιστρατεύεται και ιδιωτική υδροφόρα. Οι υδροφόρες εφοδιάζονται νερό από την ενδιάμεση δεξαμενή της Χώρας στην τοποθεσία Περάκη.

Δημοτική Δεξαμενή Άνω Μεριάς

Η δημοτική δεξαμενή της Άνω Μεριάς έχει ίδια χωρητικότητα μ' αυτή της Αγκάλης, δηλαδή 350m^3 . Το νερό μεταφέρεται και εδώ με τις υδροφόρες του νησιού καθώς δεν υπάρχει δίκτυο

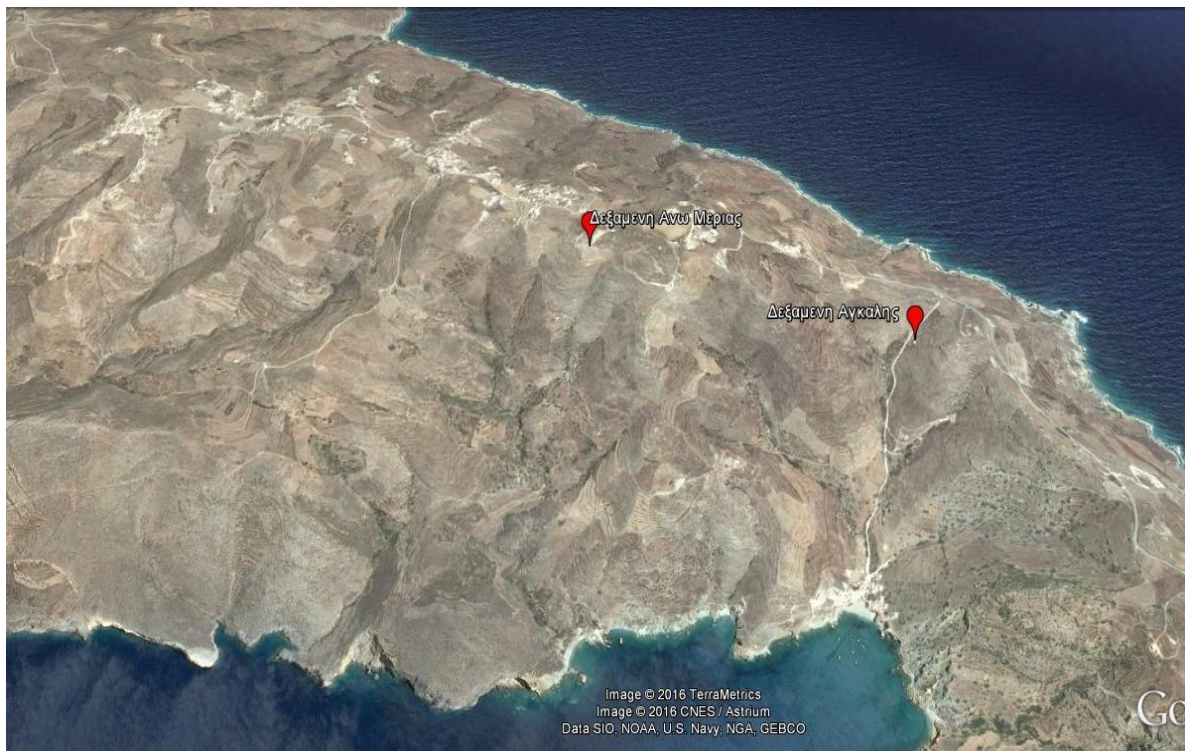
που να συνδέει τη δεξαμενή με την μονάδα αφαλάτωσης ή με κάποια άλλη δεξαμενή. Η δεξαμενή χωροθετείται στην αρχή του χωριού, στην ιδιοκτησία Ν. Άγα . Για την επάρκεια πιεζομετρικού φορτίου στην προκειμένη περίπτωση μόνο, λειτουργούν αυτόματα τρεις αντλίες που αυξάνουν όποτε είναι απαραίτητο το φορτίο για την ομαλή υδροδότηση του οικισμού.



Εικ. 4.6: Γενική άποψη νησιού – Σημεία υφιστάμενων δεξαμενών ρύθμισης



Εικ. 4.7: Νοτιοανατολική Φολέγανδρος- Υφιστάμενα σημεία δεξαμενών ρύθμισης



Εικ. 4.8: Βορειοδυτική Φολέγανδρος – Υφιστάμενα σημεία δεξαμενών ρύθμισης

Δεξαμενές Συντήρησης Κτηνοτροφίας

Διάσπαρτες σ' όλο το νησί υπάρχουν οι δεξαμενές που συντηρούν την κτηνοτροφία και σε μικρότερο βαθμό ανάγκες ποτίσματος κάποιων κηπευτικών καθώς δεν υπάρχουν αρδευόμενες εκτάσεις στο νησί. Οι δεξαμενές αυτές είναι είτε καινούριες ή κάποιο παλιό πηγάδι ή στέρνα που απλά καθαρίζεται και συντηρείται από τους ίδιους τους κατοίκους που την εκμεταλλεύονται. Οι δεξαμενές αυτές γεμίζουν από τα όμβρια νερά και σε ελάχιστες περιπτώσεις συμπληρώνουν νερό οι υδροφόρες. Μια γενική άποψη μιας τέτοιας δεξαμενής φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία όπου διακρίνεται το αυλάκι περισυλλογής των όμβριων νερών και η ποτίστρα για τα ζώα.



Εικ. 4.9: Αγροτική δεξαμενή συλλογής όμβριων νερών- Rain water harvesting

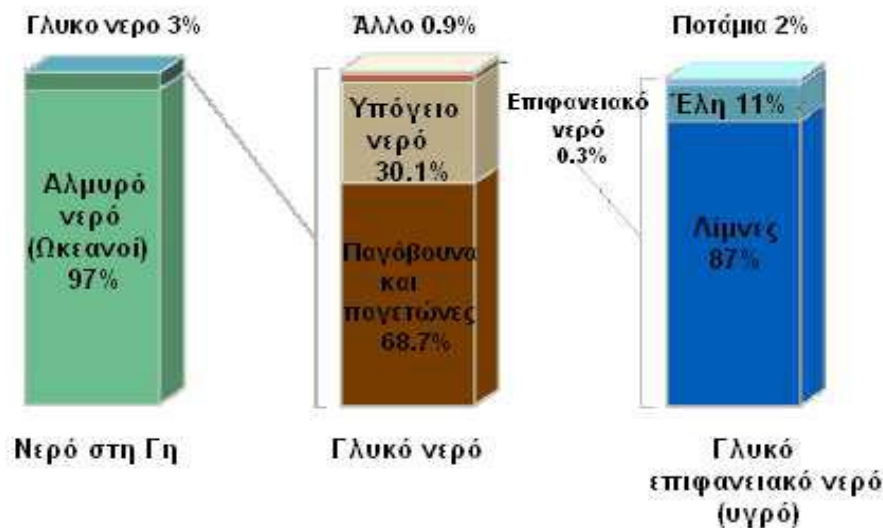
4.4 Ιδιόκτητες δεξαμενές

Όλες οι κατοικίες και επιχειρήσεις για την υδροδότηση τους χρησιμοποιούν ιδιόκτητες δεξαμενές. Οι δεξαμενές αυτές μπορεί να είναι είτε στέρνες κυρίως υπόγειες ή κάποιο βυτίο αποθήκευσης νερού. Τα βυτία συναντώνται στα δώματα κυρίως παλαιών σπιτιών και είναι χωρητικότητας 1-2 κυβικών και δεν αφορούν την μελέτη μας. Σημαντικά αποθέματα νερού

μπορούν να συγκεντρωθούν μόνο από τις στέρνες στις οποίες συγκεντρώνονται τα όμβρια νερά που τρέχουν στις ταράτσες και αυλές των κτηρίων έπειτα από μια βροχή. Η χωρητικότητα των δεξαμενών αυτών δεν μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα, υπολογίζεται όμως ότι μια νεόδμητη οικία διαθέτει 40-50 m³ δεξαμενή ενώ οι ξενοδοχειακές μονάδες διαθέτουν δεξαμενές της τάξης των 100 – 150 m³ ανάλογα με την δυναμικότητα και τις υπηρεσίες που πρέπει να υποστηρίξουν (κυρίως πισίνες, πότισμα κήπων, γήπεδα γκολφ κα.). Οι ιδιόκτητες δεξαμενές έπειτα από μια ισχυρή βροχόπτωση μπορεί να γεμίσουν χωρίς κανένα κόστος προς τον ιδιοκτήτη. Επίσης παρέχουν αυτονομία στον ιδιώτη για περίπου 10 μέρες ή και περισσότερο (ανάλογα τη χωρητικότητα της δεξαμενής) αντιμετωπίζοντας τεχνικά προβλήματα στο δίκτυο ύδρευσης του νησιού, την έλλειψη νερού την περίοδο αιχμής (Αύγουστος) και φαινομένων ημερήσιας μέγιστης ζήτησης κτλ. Τέλος οι δεξαμενές αυτές εκτός από τα όμβρια νερά τροφοδοτούνται από το δίκτυο ύδρευσης του εκάστοτε οικισμού ή από υδροφόρα εάν δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο ή επαρκές πιεζομετρικό φορτίο για να φτάσει το νερό.

5.1. Εισαγωγή – Ιστορικά στοιχεία

Με τον όρο «αφαλάτωση» χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι, κατ' επέκταση, η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό και υπόγεια υφάλμυρα ύδατα. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση όμως σε θαλασσινό νερό. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20^ο αιώνα με την εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό το 97 % περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ακόμα και για βιομηχανικές διεργασίες καθίσταται αδύνατη. Αναγκαία επομένως κρίνεται η ανεύρεση νέων μεθόδων παραγωγής νερού κατάλληλης ποιότητας (πόσιμο νερό).



Σχ. 5.1: Ποσοστιαία κατανομή νερού (Μουτάφης Π., 2008)

Ιστορικά η ιδέα της αφαλάτωσης ανάγεται στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς που την εφαρμόζαν κατά τον 4^ο π.Χ. αιώνα με την εξάτμιση του θαλασσινού νερού που την περιγράφει και ο Αριστοτέλης. Επίσης περιγραφή αφαλάτωσης αναφέρεται ως πραγματεία από Άραβα συγγραφέα του 8ου μ.Χ. αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού. Τον 18^ο αιώνα, με την ανάπτυξη της ατμοπλοΐας η αναγκαιότητα μεγάλης ποσότητας ύδατος στη χρήση των ατμομηχανών κατέστησε επιτακτική ανάγκη την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ώστε να μη προκαλείται ταχύτατη διάβρωση των μηχανών. Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αφαλάτωσης νερού δόθηκε στην Αγγλία το 1869. Η σπουδαιότητα αυτής της ανακάλυψης φάνηκε από το γεγονός ότι τον ίδιο αμέσως χρόνο οι Άγγλοι εγκατέστησαν τη πρώτη μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος στο Άντεν για τις ανάγκες του στόλου τους. Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος για εμπορική και βιομηχανική χρήση εγκαταστάθηκε στην Αρούμπα (τότε Ολλανδικές Αντίλλες) το 1930.

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

5.2 Συνήθεις μέθοδοι αφαλάτωσης

Δεν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος αφαλάτωσης η οποία να θεωρείται η καλύτερη και πιο αξιόπιστη. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από τεχνολογίες αφαλάτωσης που απομακρύνουν αποτελεσματικά τα άλατα από το αλμυρό νερό παράγοντας ένα ρεύμα ύδατος με χαμηλή συγκέντρωση άλατος (ρεύμα προϊόντος) και ένα άλλο με υψηλή συγκέντρωση των υπόλοιπων αλάτων (άλμη ή συμπύκνωμα).

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης γενικά διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στις διεργασίες που περιλαμβάνουν **αλλαγή φάσης** (θερμικές διεργασίες) και σε διεργασίες που πραγματοποιούνται σε **μια μόνο φάση** (υγρή μορφή).

- **Αλλαγή φάσης:** Αυτές είναι η απόσταξη και η κρυστάλλωση. Η δεύτερη όμως δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Όσον αφορά την απόσταξη, οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η **πολυβάθμια εκτόνωση** (Multiple Stage Flashing, MSF), η **πολυβάθμια εξάτμιση** (Multiple Effect Distillation, MED), η **εξάτμιση με συμπίεση ατμών** (Vapor Compression, VC) και η **ηλιακή απόσταξη** (Solar Distillation).
- **Μια μόνο φάση :** Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν η **αντίστροφη όσμωση** (Reverse Osmosis, RO), η **ηλεκτροδιάλυση** (Electrodialysis, ED), και η **αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση** (Reverse Electrodialysis) οι οποίες χρησιμοποιούν μεμβράνες για την απομάκρυνση των αλάτων.

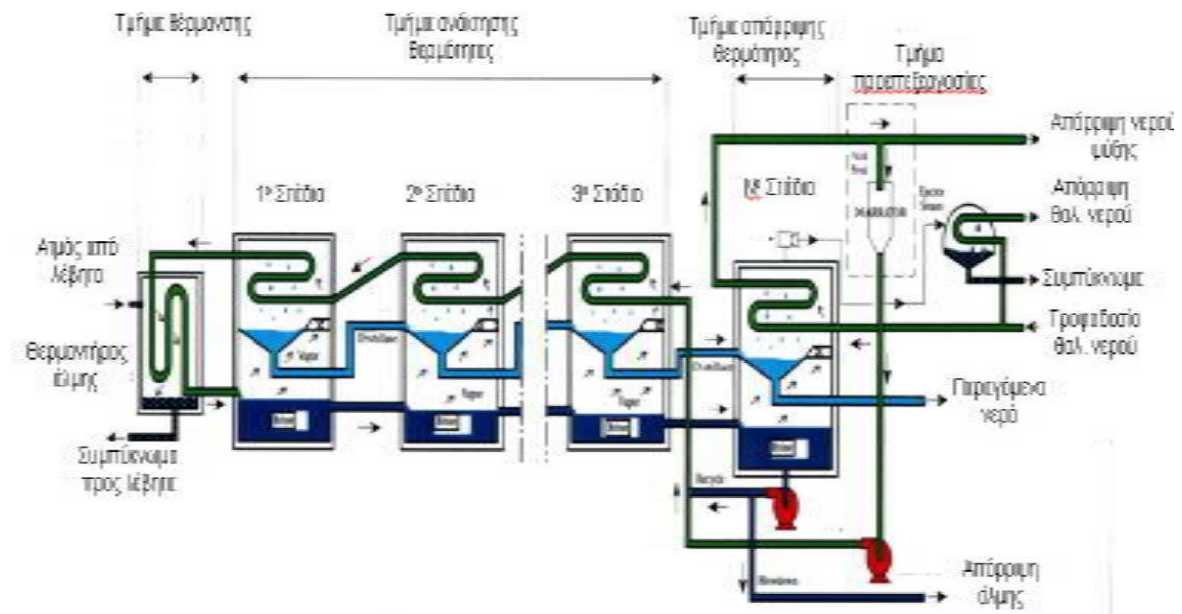
Εκτός από τις μεθόδους που βασίζονται στην εξάτμιση και στις μεμβράνες υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ή καταλήγουν να είναι οικονομικά ασύμφορες όπως:

- **ιοντοανταλλαγή** (Ion - Exchange Methods),
- **πάγωμα** (Freezing)
- **υβριδικές μέθοδοι** (Methane hydrate crystallization).

5.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF)

Η αρχή λειτουργίας της είναι η εξής: το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και στη συνέχεια εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο που υπάρχει πίεση χαμηλότερη απ' την πίεση κορεσμού, οπότε ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό, υγροποιείται και

συλλέγεται ως καθαρό νερό. Η άλμη προωθείται στους επόμενους θαλάμους, όπου το φαινόμενο επαναλαμβάνεται και η πίεση διαρκώς μειώνεται (για να παρακολουθήσει την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας της άλμης), μέχρι που τελικά απορρίπτεται. Σε πολλές εφαρμογές οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται δίπλα σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας για καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Έτσι ο ατμός υψηλής πίεσης εκτονώνεται στον αμοστρόβιλο για παραγωγή ισχύος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση. Η τυπική λειτουργία μιας τέτοιας εγκατάστασης απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 5.1, όπως παρουσιάζεται παρακάτω (Καραχάλιου Π., 2010) .



Εικ. 5.1: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης

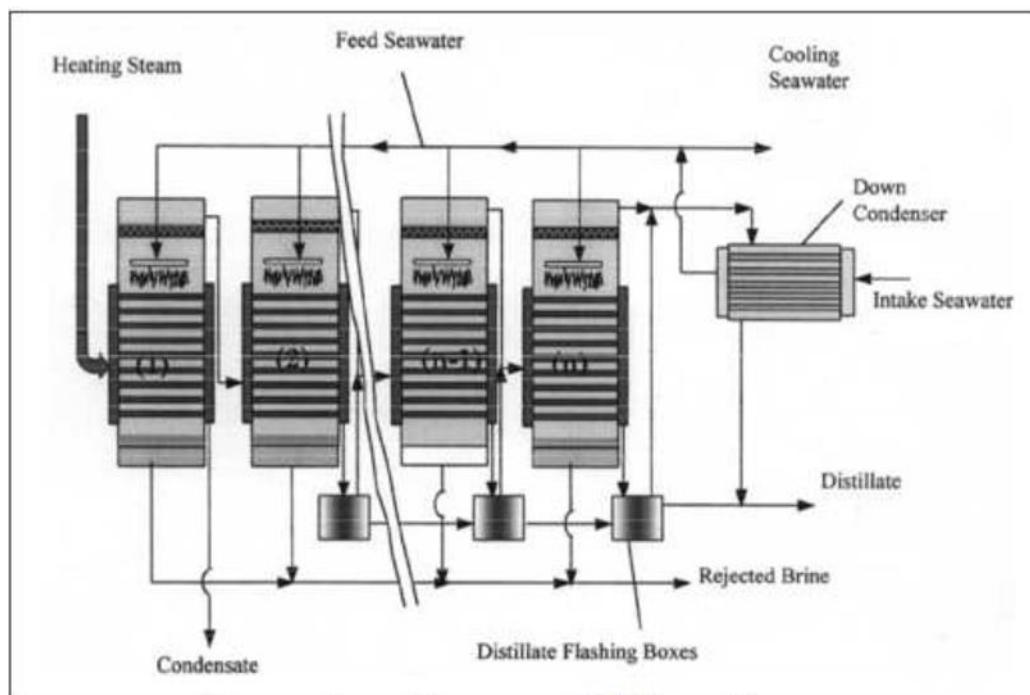


Εικ. 5.2: Μονάδα πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Μέση Ανατολή

5.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation)

Η πολυβάθμια εξάτμιση είναι παρόμοια με την πολυβάθμια εκτόνωση, αναπτύχθηκε νωρίς και υπήρχαν εγκαταστάσεις από τη δεκαετία του '50. Παρ' όλα αυτά σταδιακά αντικαταστάθηκε απ' την πολυβάθμια εκτόνωση, λόγω τεχνικών προβλημάτων και ακόμη και σήμερα δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Τελευταία αρχίζει όμως να ξανακερδίζει έδαφος λόγω καλύτερης θερμικής απόδοσης. Εδώ ο ατμός περνάει μέσα από σωλήνες, ενώ το ψυχρό θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω τους, για να δημιουργηθεί φιλμ και να εξατμιστεί αποτελεσματικότερα. Έτσι, μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενώ ο υπόλοιπος ατμός, μαζί με μέρος του θαλασσινού νερού που ατμοποιήθηκε, συνεχίζουν στον επόμενο θάλαμο. Και εδώ σε κάθε θάλαμο υπάρχει αντλία κενού για να βοηθά την εξάτμιση, με βαθμιαία μειούμενη πίεση σε κάθε θάλαμο, ίση με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία. Αυτό επιτρέπει τη λειτουργία σε υψηλή (>90 °C) ή χαμηλή (<90 °C) θερμοκρασία και μάλιστα η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να είναι έως και 55 °C, πράγμα που λειτουργεί ανασταλτικά στη διάβρωση και επιτρέπει τη χρήση

χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενης θερμότητας από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ' την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομορροή, αντιρροή ή παράλληλη) (Καραχάλιου Π., 2010).

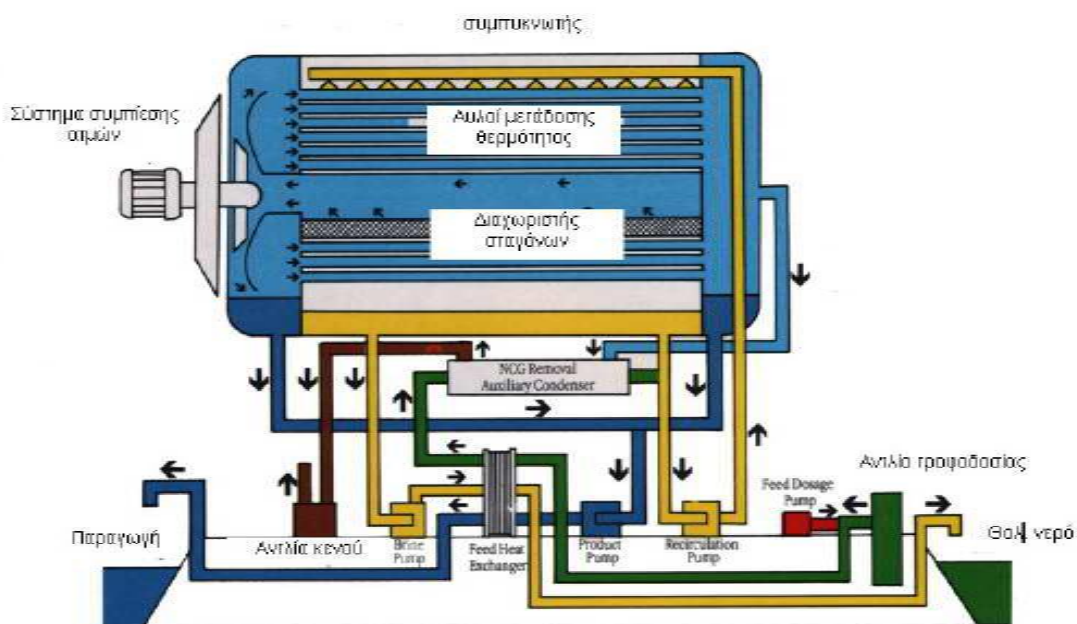


Εικ. 5.3: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης

5.2.3 Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (vapor compression)

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο αποδοτική και απλή στην κατασκευή, χωρίς πολλαπλά στάδια. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω σε μια σειρά σωλήνων που τους διαπερνά ατμός, θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση. Ο συμπιεστής αυτός μαζεύει τους ατμούς του καθαρού νερού και τους εκτοξεύει με πίεση μέσα στους σωλήνες και με την επαφή του ψυχρού θαλασσινού νερού συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν. Η κύρια διαφορά με τις προηγούμενες δυο μεθόδους είναι προφανώς η απουσία πηγής θερμότητας, αφού εδώ η εξάτμιση προκαλείται αποκλειστικά και μόνο απ' τη χαμηλή πίεση, δηλαδή λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Και εδώ η δημιουργία

λεπού φίλμ πάνω στους σωλήνες είναι το κλειδί για την αποτελεσματικότερη εξάτμιση και άρα απόδοση της εγκατάστασης. Η εξάτμιση με συμπίεση ατμών χρησιμοποιείται γενικά σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις και παράγει μέχρι και 3000 m³/ημέρα (Μουτάφης Π., 2008).

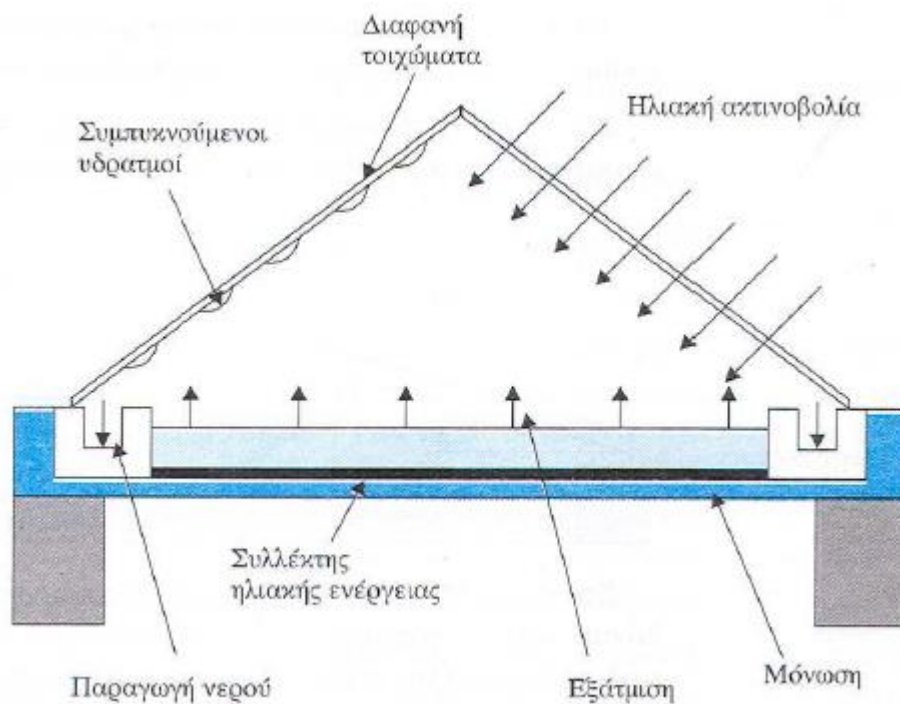


Εικ.5.4: Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών

5.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation)

Οι συσκευές της κατηγορίας αυτής ουσιαστικά αναπαράγουν τον υδρολογικό κύκλο σε μικρή κλίμακα: οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πάτο. Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν λιγότερο απ' το 50% της προσπτόμενης ακτινοβολίας και η απόδοσή τους είναι αρκετά χαμηλή, περίπου 4 λίτρα καθαρό νερό την ημέρα ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι το νερό που παράγεται δεν είναι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, διότι δεν βράζει σε μεγάλη

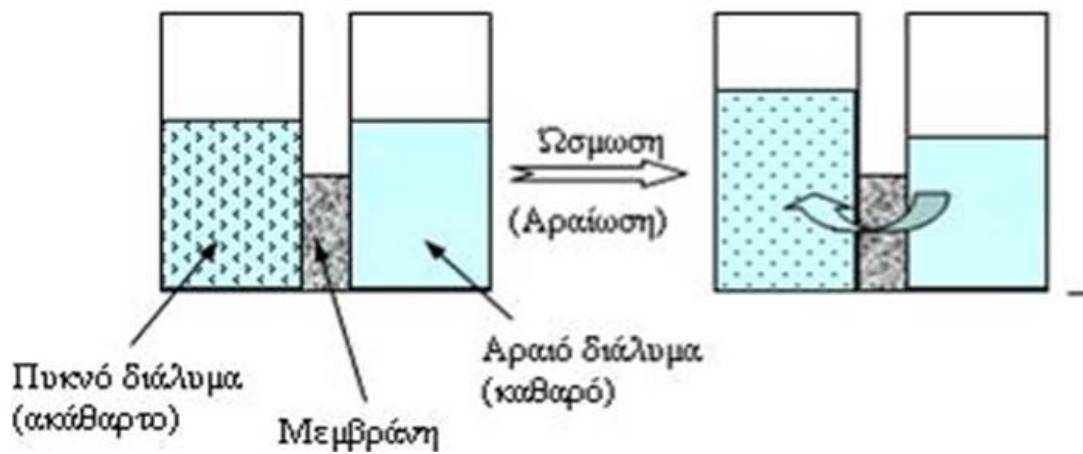
θερμοκρασία και άρα χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Κατά συνέπεια η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε μικρές εγκαταστάσεις ή για οικιακή χρήση (Μουτάφης Π., 2008).



Εικ. 5.5: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης

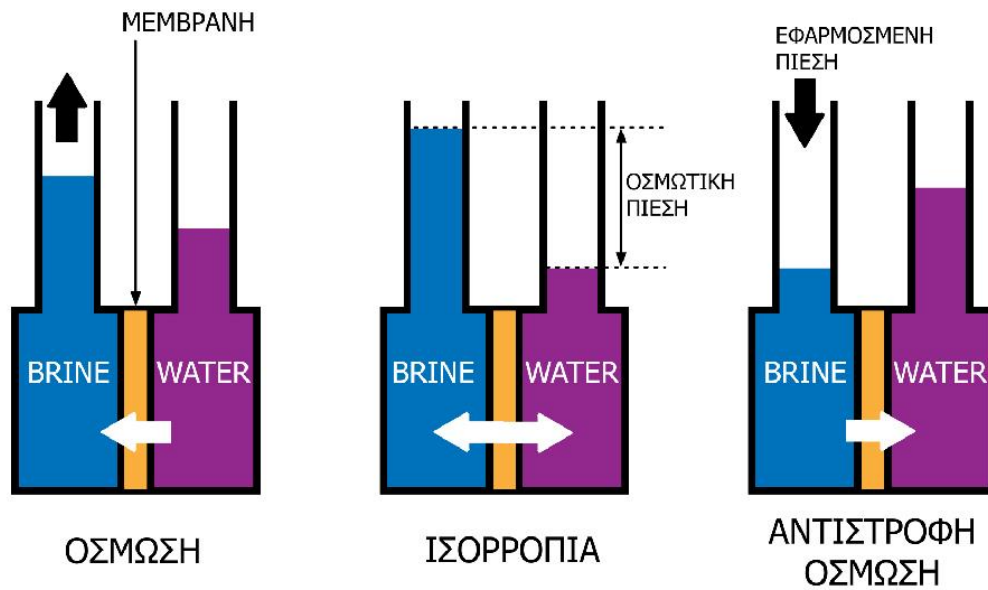
5.2.5 Αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης, όπως φαίνεται και από το όνομά της, βασίζεται στο φαινόμενο της όσμωσης, κατά το οποίο όταν δυο διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις (πυκνότητες) χωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη (δηλ. μεμβράνη που δεν επιτρέπει τη διέλευση κάποιων ουσιών μέσα από αυτή, όπως π.χ. άλατα) τότε το διάλυμα με τη μικρότερη συγκέντρωση θα περάσει μέσα από τη μεμβράνη προς το πυκνότερο διάλυμα, μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις τους.



Εικ. 5.6: Όσμωση

Το φαινόμενο αυτό απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς, ανάμεσά τους και ο άνθρωπος, καθώς πολλές κυτταρικές λειτουργίες βασίζονται σ' αυτό, για παράδειγμα το δέρμα, τα νεφρά, οι πνεύμονες και τα ίδια τα κύτταρα λειτουργούν λίγο ως πολύ ως μεμβράνες. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος για να μην λάβει χώρα το φαινόμενο της όσμωσης ονομάζεται **οσμωτική πίεση**. Η αντίστροφη όσμωση συνιστά ακριβώς αυτό: την άσκηση πίεσης (μεγαλύτερη της οσμωτικής) στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού), ώστε απ' την άλλη να παραληφθεί φιλτραρισμένο καθαρό νερό.



Α. Το νερό περνά από το διάλυμα με τη χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα στο διάλυμα με την υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα

Β. Οσμωτική πίεση είναι η πίεση που χρειάζεται για να σταματήσει η ροή του νερού μέσω της μεμβράνης και να δημιουργηθεί ισορροπία

Γ. Εφαρμόζοντας πίεση μεγαλύτερη της οσμωτικής το νερό διαπερνά τη μεμβράνη στην αντίθετη κατεύθυνση, από το διάλυμα με υψηλή συγκέντρωση σε άλατα στο διάλυμα με χαμηλή συγκέντρωση σε άλατα

Εικ. 5.7: Αντίστροφης όσμωσης

Στην πράξη μια αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύει συνεχώς θαλασσινό νερό σε μεμβράνες που βρίσκονται σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης. Το διάλυμα τροφοδοσίας χωρίζεται στο καθαρό νερό που διέρχεται από τις μεμβράνες και στο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, την άλμη. Αυτό λοιπόν το διάλυμα άλμης γίνεται με την πάροδο του χρόνου όλο και πιο πυκνό. Για να μειωθεί αυτή η συγκέντρωση αλάτων που απομένει ένα τμήμα του διαλύματος υψηλής συγκέντρωσης αλάτων – άλμης αποσύρεται από το δοχείο. Αν αυτό δεν γίνει, τότε η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στο διάλυμα θα συνεχίσει να αυξάνεται, απαιτώντας συνεχώς μεγαλύτερες εισροές ενέργειας για να ξεπεραστεί η φυσικώς αυξανόμενη οσμωτική πίεση. Το ποσοστό του αφαιρούμενου νερού που μπορεί να ληφθεί κυμαίνεται μεταξύ 30% και 85% του όγκου του νερού που εισέρχεται, εξαρτάται δηλαδή από την αρχική ποιότητα του νερού, την ποιότητα του προϊόντος και την τεχνολογία και τις μεμβράνες που θα χρησιμοποιηθούν.

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης για θαλάσσιο νερό ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία:

- ✓ Στάδιο προεπεξεργασίας
- ✓ Στάδιο αντίστροφης όσμωσης
- ✓ Τελικό στάδιο επεξεργασίας

Στάδιο προεπεξεργασίας

Στα συστήματα αντίστροφης όσμωσης μεμβρανών, για την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών το πρώτο στάδιο επεξεργασίας θαλασσινού νερού είναι πολύ σημαντικό. Γι' αυτό στο στάδιο αυτό οι μικροοργανισμοί πρέπει να καταστραφούν και τα αιωρούμενα σωματίδια να αφαιρεθούν ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες. Η προεπεξεργασία θαλάσσιου νερού συνήθως περιλαμβάνει:

- Φίλτρο εισόδου (με τοποθέτηση σχάρας στην αναρρόφηση για να μην εισέλθουν ψάρια, φύκια και πλαστικά)
- Προχλωρίωση του θαλάσσιου νερού (με διάλυμα υποχλωριώδους του νατρίου)
- Προσθήκη οξέος (συνήθως θειικό οξύ για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων)
- Συσσωμάτωση κολλοειδών/οργανικών ουσιών (με προσθήκη χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη)
- Φίλτρο άμμου (περιλαμβάνει άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη για την κατακράτηση ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων).
- Φίλτρα πολυπροπυλενίου (για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες)
- Αποχλωρίωση (με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, γιατί οι μεμβράνες καταστρέφονται στην παρουσία ελεύθερου χλωρίου)

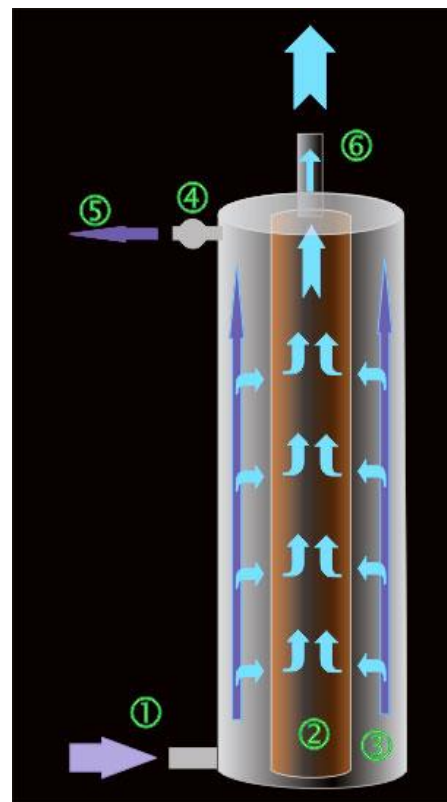
- Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία

Στάδιο αντίστροφης όσμωσης

Στο στάδιο του διαχωρισμού στις μεμβράνες, αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν την πίεση που απαιτείται ώστε το νερό να περάσει μέσα από τις μεμβράνες και να απορρίψει τα άλατά του. Αυτή η πίεση είναι μεταξύ 54 και 80 ατμόσφαιρες. Καθώς ένα μέρος του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες, στο υπόλοιπο νερό αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων. 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.

Τυπική αναπαράσταση RO:

Από το σημείο 1 εισέρχεται το νερό με την πίεση του δικτύου στην συσκευή αντίστροφης όσμωσης. Μέσα σε αυτήν υπάρχει μια κυλινδρική μεμβράνη 2. Το νερό βρίσκεται υπό πίεση μέσα στον χώρο 3 αφού στην έξοδο 5 υπάρχει μια βαλβίδα 4 που επιτρέπει στο νερό να φεύγει όταν ξεπεραστεί μια πίεση 4 ή 5 bar. Λόγω ακριβώς της πίεσης που υπάρχει μέσα στον χώρο 3, ένα μέρος από το νερό υποχρεώνεται να περνά μέσα από την μεμβράνη για να βρει έξοδο προς το σημείο 6. (Αν δεν υπήρχε η πίεση, δεν θα περνούσε καθόλου νερό μέσα από την μεμβράνη) Μέσα από την μεμβράνη όμως



μπορούν να περάσουν τα μόρια του νερού, αλλά όχι και τα διαλυμένα άλατα και άλλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις που υπάρχουν στο νερό του δικτύου. Έτσι, ένα μέρος του νερού (περίπου 75%) φεύγει από την έξοδο 5 και ένα άλλο μέρος (25%) από την έξοδο 6. Αυτό το νερό που φεύγει από την έξοδο 6 είναι απαλλαγμένο κατά 95-98% από όλα τα άλατα και λοιπές ουσίες που υπήρχαν στο νερό πριν μπει στην συσκευή (Γη & Ύδωρ).

Τελικό στάδιο επεξεργασίας

Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας γίνεται σταθεροποίηση του παραγόμενου νερού και προετοιμασία του για τη διανομή του ως πόσιμο νερό. Το στάδιο αυτό μπορεί να αποτελείται από:

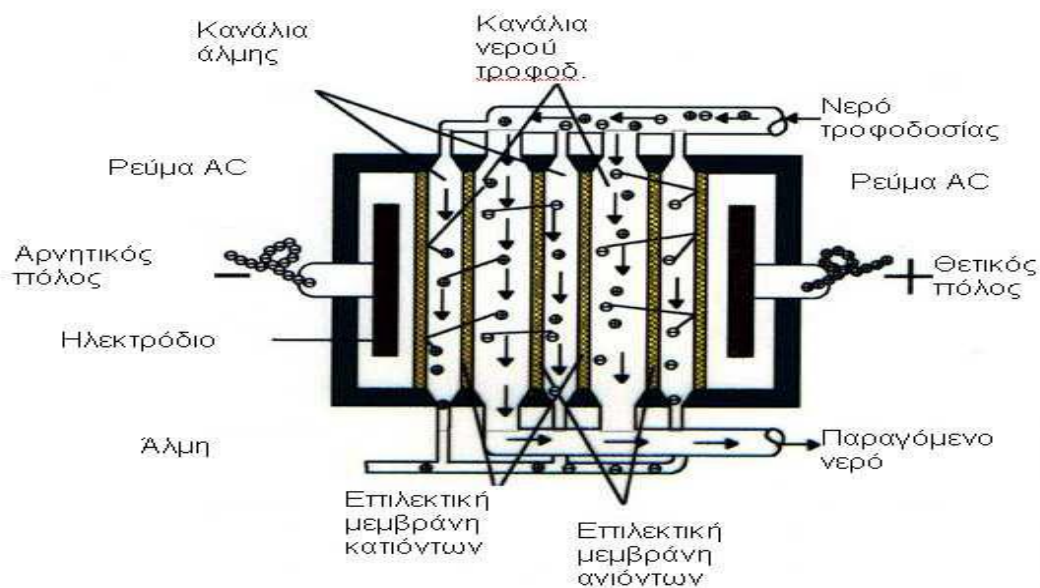
- Απομάκρυνση αερίων, όπως το υδρόθειο
- Ρύθμιση της οξύτητας (pH) και αύξηση της σκληρότητας (με προσθήκη ειδικά επεξεργασμένου ασβέστη και διοξειδίου του άνθρακα)
- Τελική χλωρίωση

Είναι φανερό ότι στη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης η ενέργεια που απαιτείται καταναλώνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις αντλίες για τη συμπίεση του νερού. Επειδή η οσμωτική πίεση (που πρέπει να υπερνικηθεί) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων, η αντίστροφη όσμωση 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, π.χ. υδροστρόβιλοι, με αποτελεσματικότητα μέχρι και 95%.

5.2.6 Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis)

Όπως δηλώνει και το όνομά της, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό για να καθαρίσει το νερό. Το νερό τροφοδοσίας περνάει ανάμεσα από φορτισμένες μεμβράνες, θετικά και αρνητικά εναλλάξ. Έτσι τα ιόντα που είναι διαλυμένα προσκολλώνται στις μεμβράνες, οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευσή τους και μόνο, δημιουργώντας διαμερίσματα μικρότερης και μεγαλύτερης συγκέντρωσης, που μας δίνουν το προϊόν και την άλμη αντίστοιχα.

Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να απομακρύνει τα μη ιοντικά στερεά, αλλά και όσον αφορά τα ιοντικά, η απαιτούμενη ενέργεια αυξάνει ανάλογα με τη συγκέντρωση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε νερά χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων, όπως τα υφάλμυρα. Για τον καθαρισμό και την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, αλλάζοντας θέση στα κανάλια του προϊόντος με αυτά της άλμης. Έτσι τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα καθαρίζονται από τη ροή καθαρού νερού. Στο τέλος της διεργασίας γίνεται επεξεργασία του νερού για τη ρύθμιση της σκληρότητας και του pH, όπως στην αντίστροφη όσμωση (Μουτάφης Π., 2008).



Εικ. 5.8: Σχηματική απεικόνιση της ηλεκτροδιάλυσης

5.2.7 Αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση (Reverse electro dialysis)

Στις αρχές του 1970, εισήχθη στη αγορά μια τροποποίηση της ηλεκτροδιάλυσης, η αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση. Μια μονάδα αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης λειτουργεί με την ίδια αρχή όπως μια πρότυπη μονάδα ηλεκτροδιάλυσης, εκτός του ότι τόσο το προϊόν όσο και τα κανάλια της άλμης είναι πανομοιότυπα σε κατασκευή. Αρκετές φορές μέσα σε μια ώρα, η πολικότητα των ηλεκτροδίων αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το κανάλι της άλμης και η ροή του καναλιού του παραγόμενου νερού ενεργοποιούνται. Αμέσως μετά την αντιστροφή της πολικότητας και της ροής, τα ιόντα έλκονται προς την αντίθετη κατεύθυνση κατά μήκος της στοιβάς της μεμβράνης και το νερό που παράγεται χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της στοιβάς και των γραμμών. Μετά την έκλυση και για μερικά λεπτά, η μονάδα επανέρχεται στην παραγωγή νερού. Η έκλυση επιτρέπει στη μονάδα να λειτουργεί με λιγότερα χημικά προεπεξεργασίας και ελαχιστοποιεί την ρύπανση της μεμβράνης. Οι μονάδες αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και αν η θολότητα του νερού τροφοδοσίας είναι υψηλή και είναι λιγότερο επιρρεπείς σε βιορύπανση σε σχέση με τις μονάδες αντίστροφης όσμωσης. Η κύρια απαίτηση ενέργειας είναι το συνεχές ρεύμα που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των ιόντων στην στοιβά των μεμβρανών. Ηλεκτροδιάλυση και αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό κλάσμα (λιγότερο από 1%) της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας αφαλάτωσης (Συσκάκη Κ., 2013).

5.2.8 Άλλες μεθοδοι αφαλατωσης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχουν κ άλλες μέθοδοι που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ή το οικονομικό κόστος τους καθιστά ασύμφορη την εφαρμογή τους. Πιο αναλυτικά:

Ιοντοανταλλαγή (Ion- Exchange)

Οι μέθοδοι ανταλλαγής ιόντων χρησιμοποιούν ρητίνες για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων ιόντων στο νερό. Για παράδειγμα οι ρητίνες ανταλλαγής κατιόντων χρησιμοποιούνται σε σπίτια και δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού για την απομάκρυνση του ασβεστίου και των ιόντων μαγνησίου σε “σκλήρο” νερό. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, τόσο πιο συχνά πρέπει να αντικατασταθούν οι πολυδάπανες ρητίνες, κάνοντας την όλη διαδικασία οικονομικά ασύμφορη σε σύγκριση με την αντίστροφη όσμωση RO και την Ηλεκτροδιάλυση ED. Όμως, οι μέθοδοι αυτές έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές, σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις και για μικρής κλίμακας συστήματα. Έτσι, κάποια μέθοδος ανταλλαγής ιόντων χρησιμοποιείται μερικές φορές για τον τελικό καθαρισμό των υδάτων που το μεγαλύτερο μέρος της περιεκτικότητάς τους σε αλάτι είχε αφαιρεθεί από διαδικασίες αντίστροφης όσμωσης RO ή ηλεκτροδιάλυσης ED (Συσκάκη Κ., 2013).

Πάγωμα (Freezing)

Η αφαλάτωση με ψύξη εκμεταλλεύεται την αδιαλυτότητα των αλάτων στον πάγο. Όταν σχηματιστούν κρύσταλλοι πάγου, τα διαλυμένα άλατα αποκλείονται φυσικώς. Εάν οι καθαροί κρύσταλλοι πάγου που προκύπτουν μπορούν να διαχωριστούν από την άλμη, τότε μπορεί να παραχθεί αφυδατωμένο νερό. Η μέθοδος ψύξης απέτυχε κυρίως γιατί δεν έγινε δυνατόν να σχηματιστούν μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου. Εκτεταμένες εργασίες έγιναν στη δεκαετία του 1950 και του 1960 σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας αφαλάτωσης με ψύξη. Η ψύξη έχει κάποια θεωρητικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την απόσταξη. Χαμηλή ενεργειακή απαίτηση, ελάχιστη πιθανότητα για διάβρωση κ.α. Μεταξύ των μειονεκτημάτων, ωστόσο, είναι η δυσκολία του χειρισμού και της επεξεργασίας του μίγματος πάγου νερού. Ένας μικρός αριθμός μονάδων επίδειξης έχουν κατασκευαστεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών, αλλά, εκτός από την επεξεργασία ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων, η διαδικασία ποτέ δεν έχει αποδειχθεί εμπορικά εφικτή (Συσκάκη Κ., 2013).

Υβριδικές μέθοδοι (Methane Hydrate Crystallization)

Οι υβριδικές μέθοδοι αφαλάτωσης, αποτελούν συνδυασμό διαφόρων μεθόδων, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα, με σκοπό καλύτερες αποδώσεις στην αφαλάτωση και μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σύμφωνα με τους Almulla, Hamad και Gadalla δυο τεχνολογίες μπορούν να ενωθούν και να μειωθεί το συνολικό κόστος παραγωγής του νερού και του ηλεκτρισμού, όπως και έγινε σε ένα εργοστάσιο που κτίστηκε πρόσφατα στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Το συγκεκριμένο εργοστάσιο συνδυάζει δυο από τις θερμικές μεθόδους (Πολυβάθμια εξάτμιση και Πολυβάθμια εκτόνωση) με την αντίστροφη όσμωση και έχει δυνατότητα παραγωγής περίπου 400.000 m³/ημέρα. Το συγκεκριμένο αυτό υβριδικό σύστημα χρησιμοποιεί την αντίστροφη όσμωση κατά 40% στην παραγωγή φρέσκου νερού. Με το σύστημα αυτό η κατανάλωση καυσίμου μειώθηκε σε 115 τόνους/ώρα από 119 τόνους/ώρα που αυτό αυτόματα αντιστοιχεί σε ετήσια εξοικονόμηση 50-70 εκατ. \$ στο λειτουργικό κόστος. Ακόμα μειώθηκαν οι απαιτήσεις σε νερό τροφοδοσίας από 188.000 m³/ώρα σε 140.000 m³/ώρα, για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας φρέσκου νερού (Συσκάκη Κ., 2013).

5.3 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης

Για την αξιολόγηση μιας μεθόδου αφαλάτωσης ως η καταλληλότερη θα πρέπει να σκεφτεί κανείς τις παρακάτω παραμέτρους.

- Την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας (αν είναι θαλασσινό ή υφάλμυρο)
- Την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου νερού
- Το κόστος επένδυσης
- Τη διαθεσιμότητα χώρου
- Τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας
- Τη διαθεσιμότητα και την εμπειρία του προσωπικού

Γενικά τα χαρακτηριστικά των μεθόδων αφαλάτωσης με βάση τις παραπάνω παραμέτρους παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά μεθόδων αφαλάτωσης (Συσκάκη Κ., 2013)

Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης €/ (m ³ /ημέρα)
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	1.000- 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4-6 KWh/m ³	1000 – 2000
MED	Θαλασσινό	Θερμική	500 - 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 KJ/k 2,5-3 KWh/m ³	850 – 1750
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25 - 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 KWh/m ³	1000 – 2350
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0,4- >70.000	Ηλεκτρική	< 3 KWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 – 4400
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2,5- >50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 KWh/m ³	300 – 2000
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15- 50.000	Ηλεκτρική	1,5 – 4 KWh/m ³	1000 – 5000

Γενικά η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει επικρατήσει στην αφαλάτωση του θαλασσινού και υφάλμυρου νερού. Αυτό οφείλεται στην αξιοπιστία της σε όλο το εύρος μεγεθών (από μερικά λίτρα μέχρι χιλιάδες κυβικά την μέρα) στην σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και στην συμπαγή, εύκολη και καθόλου χρονοβόρα κατασκευή της σε σχέση με άλλες μεθόδους. Όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης χαρακτηρίζονται ως ενεργοβόρες αφού οι ανάγκες τους σε ενέργεια ενδεικτικά μπορούν να ξεπεράσουν τις 15 kWh/m³ για τις μονάδες VC και τις 20 kWh/m³ για μονάδες MSF. Ακόμα η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης με τη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας έχει καταφέρει να μειώσει δραστικά την κατανάλωση ενέργειας περίπου στις 2,5 kWh/m³ σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης. Στις μονάδες που δεν κάνουν χρήση των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας η κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στις 5-8 kWh/m³.

5.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία αφαλάτωσης

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

- Ηλεκτρική ενέργεια
- Τροφοδοσία θαλασσινού νερού
- Επιπτώσεις από τη διάθεση άλμης σε παράκτια νερά-χημική μόλυνση
- Ηχορύπανση
- Υποβάθμιση χρήσης γης-αισθητική ρύπανση
- Επιδράσεις στον υπόγειο υδροφόρο

Γενικά στο στάδιο της τροφοδοσίας (άντληση θαλασσινού νερού) σημειώνεται θνησιμότητα μικρών οργανισμών, όπως μικρά ψάρια, πλαγκτόν, αβγά ψαριών αλλά και μεγαλύτερων θαλάσσιων ειδών, λόγω απορρόφησης ή πρόσκρουσής τους στον αγωγό εισροής. Στο στάδιο

της προεπεξεργασίας αλλά και της τελικής επεξεργασίας χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά (χλώριο, θειικό οξύ, ασβέστιο, διοξείδιο του άνθρακα, κ.λπ.) ενώ η όλη διαδικασία απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας (περίπου 3 – KWh/m³ για θαλασσινό και 0,5 – 3 KWh/m³ για το υφάλμυρο νερό). Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης είναι η λιγότερο ενεργοβόρος και ρυπαίνουσα από τις λοιπές καθιερωμένες μεθόδους. Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι τα απόβλητα άλμης που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού, τα οποία διοχετεύονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία στη θάλασσα. Στις μικρές μονάδες αφαλάτωσης και σε περιοχές με θαλάσσια ρεύματα οι επιπτώσεις δεν είναι σημαντικές αλλά σε μεγαλύτερες μονάδες, που λειτουργούν εδώ και χρόνια σε χώρες της Μέσης Ανατολής, παρατηρήθηκε καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδα σε ακτίνα αρκετών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Εκτός από την αλατότητα, προβλήματα δημιουργούνται και από την αύξηση της θερμοκρασίας της άλμης κατά περίπου 3 – 4°C στην αντίστροφη όσμωση (έναντι 10 – 15°C στις μεθόδους εξάτμισης). Παρατηρούνται επίσης συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που δεσμεύονται στα ιζήματα και χημική ρύπανση που οφείλεται στα οξέα, τα απολυμαντικά μέσα και στην πλύση των μεμβρανών.

Αναγκαία Έργα για την Κάλυψη Αναγκών Ύδρευσης**6.1 Εισαγωγή**

Στα προηγούμενα κεφάλαια υπολογίσαμε ποιες είναι οι απαραίτητες ποσότητες νερού που χρειάζονται για να καλυφτούν οι ανάγκες των καταναλωτών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους 2015 καθώς και για τα έτη 2031 και 2041 με βάση τις πληθυσμιακές εκτιμήσεις που έγιναν. Επίσης καταγράφηκαν οι παραγόμενες ποσότητες και οι εν δυνάμει αποθηκεύτιμες δυνατότητες μέσω των δεξαμενών. Στο παρόν κεφάλαιο θα προταθούν νέα έργα που θα καλύπτουν με ασφάλεια της απαιτούμενες ανάγκες για το τρέχον έτος αλλά και μελλοντικά.

Τα έργα που προτείνονται αφορούν στην:

- παραγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού από μονάδες αφαλάτωσης
- δημιουργία νέων δεξαμενών ρύθμισης
- ενίσχυση της λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ
- διασύνδεση δεξαμενών ρύθμισης με καταθλιπτικό δίκτυο – απεξάρτηση από υδροφόρα φορητά μεταφοράς νερού
- συντήρηση δικτύων για μείωση απωλειών

Στην παρούσα μελέτη προτεραιότητα δίνεται στα δυο πρώτα προαναφερθείσα έργα, στην αύξηση δηλαδή της παραγωγής νερού από μονάδες αφαλάτωσης καθώς και αύξηση της χωρητικότητας αποθήκευσης νερού με τη δημιουργία νέων δεξαμενών. Τα έργα αυτά χαρακτηρίζονται ως πρωτεύοντα δίνοντας λύση στο πρόβλημα υδροδότησης το νησιού σε σχέση με τα υπόλοιπα τα οποία βελτιώνουν σε κάποιο βαθμό την ήδη υπάρχουσα κατάσταση και μειώνοντας το κόστος λειτουργίας (ΑΠΕ).

6.2 Διαστασιολόγηση έργου - Υπολογισμός του ελλείμματος

Για την διαστασιολόγηση των απαιτούμενων έργων απαραίτητο είναι να δοθεί προσοχή στο ποιες είναι οι εκτιμώμενες απαιτούμενες ποσότητες για το έτος 2041. Για το 2041 επομένως υπολογίστηκαν ότι οι μηνιαίες παροχές για τον μήνα Αύγουστο αγγίζουν τις 49000m^3 , δηλαδή 1580 m^3 ημερησίως. Ο λόγος που εξετάζεται ο μήνας Αύγουστος είναι προφανής καθώς τον Αύγουστο κυρίως αλλά και τον Ιούλιο παρατηρείται εκτόξευση της κατανάλωσης και αυτή η εκτόξευση πρέπει να καλυφτεί. Επομένως σύμφωνα με την σημερινή κατάσταση που οι παραγόμενες ποσότητες νερού από τα σημεία υδροληψίας είναι:

- 700 m^3 από τις μονάδες αφαλάτωσης
- 60 m^3 από μια γεώτρηση
- και περίπου 100 m^3 υφάλμυρου νερού από την περιοχή λιβάδι

παρατηρείται έλλειμμα της τάξεως των 720 m^3 ημερησίως. Επίσης σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι από τα σημεία υδροληψίας της γεώτρησης και του υφάλμυρου νερού παρουσιάζουν μια αβεβαιότητα καθώς σύμφωνα με μαρτυρίες με το πέρασμα των χρόνων οι ποσότητες αυτές έχουν μειωθεί αισθητά, άρα δε θα ήταν ορθό να συνυπολογίζονται ως δεδομένες ποσότητες για το μέλλον και ούτε να εκτιμηθεί η εξέλιξη των αποθεμάτων τους. Οι ποσότητες αυτές μπορούν απλά να διατηρήσουν το χαρακτηρισμό τους ως συμπληρωματικές σε περίπτωση ανάγκης. Άρα ως δεδομένο έλλειμμα θεωρείται η διαφορά της εκτιμώμενης απαιτούμενης ποσότητας μείον την παραγόμενη ποσότητα των αφαλατώσεων. Η διαφορά αυτή είναι 880 m^3 ημερησίως. Άρα για τη μείωση του ημερήσιου ελλείμματος θα πρέπει να αυξηθεί η παρεχόμενη ποσότητα νερού από τα σημεία υδροληψίας. Αξιόλογα σημεία υδροληψίας για τη νήσο Φολέγανδρο δεν μπορούν να θεωρηθούν άλλα πέραν των μονάδων αφαλάτωσης. Δυστυχώς στο νησί λόγω της γεωγραφίας του, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν μπορούν να αξιοποιηθούν τα όμβρια νερά σε μεγάλο βαθμό δημιουργώντας κάποια λιμνοδεξαμενή ή παρόμοιο έργο, ούτε τα υπόγεια νερά αφού το νησί παρουσιάζει “φτωχό” υδροφόρο ορίζοντα. Επομένως κρίνεται

απαραίτητη η επέκταση της παραγωγής πόσιμου νερού από το εργοστάσιο αφαλάτωσης με επιπλέον μονάδες. Αν θεωρηθεί ότι διπλασιάζεται η παραγωγή νερού, δηλαδή τοποθετούνται στο εργοστάσιο αφαλάτωσης επιπλέον δυο μονάδες ίδιας δυναμικότητας, τότε το ημερήσιο έλλειμμα σε περίοδο αιχμής και για το έτος μελέτης 2041 συρρικνώνεται στα 180m³ από 880m³.

Πίνακας 6.1: Παρουσίαση ελλείμματος πριν και μετά την υλοποίηση προτεινόμενων έργων

Ελλειμμα	Παρούσα φάση	Κατόπιν υλοποίησης έργου
Με συμπληρωματικές ποσότητες	720 m ³	20 m ³
Χωρίς Συμπληρωματικές ποσότητες	880 m ³	180 m ³

Η τιμή αυτή κρίνεται αποδεκτή καθώς είναι εφικτό να καλυφτεί από τα αποθέματα των δεξαμενών ταμείωσης όπως και από άλλα έργα βελτιστοποίησης της λειτουργίας του δικτύου υδροδότησης όπως αυτά αναφέροντα επιγραμματικά στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου αλλά δεν θα εξεταστούν στην παρούσα μελέτη.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα αναπτυχτεί η διαστασιολόγηση δυο μονάδων αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης θαλασσινού νερού με σύστημα ανάκτησης ενέργειας ικανότητας παραγωγής 700 m³/ημέρα (2 X 350m³/ημέρα) νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (πόσιμο νερού) καθώς και η αύξηση της χωρητικότητας των δεξαμενών ρύθμισης (αποθέματος). Οι μονάδες αφαλάτωσης πλήρως εγκατεστημένες σε containers θα τοποθετηθούν στο εργοστάσιο αφαλάτωσης δίπλα στις ήδη υπάρχουσες μονάδες για την εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων και μείωση του κόστους (παροχή θαλασσινού νερού, παροχή ρεύματος και απ' ευθείας σύνδεση με το δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης). Επίσης για την αύξηση του αποθέματος θα προταθεί η δημιουργία δύο δεξαμενών αποθήκευσης νερού στα πρότυπα των προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών.

6.3 Σχεδιασμός ανεξαρτήτων μονάδων αφαλάτωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθεί ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η προμήθεια, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία δύο μονάδων για τον Δήμο Φολέγανδρου, επεξεργασίας θαλασσινού νερού ποιότητας 60715 μ S/cm (42500ppm TDS) με αντίστροφη όσμωση με διάταξη ανάκτησης ενέργειας εκ των οποίων κάθε μία θα παράγει 350m³ επεξεργασμένου πόσιμου νερού / ημέρα (μετά την μετακατεργασία), με τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους. Η κάθε προσφερόμενη μονάδα καθώς και τα επιμέρους εξαρτήματα και όργανα που θα είναι απόλυτα καινούργια και αμεταχείριστα, κατασκευασμένα εντός του τρέχοντος έτος της προμήθειας. Η κάθε μονάδα είναι αυτόνομη, έτοιμη προς λειτουργία και φέρει όλα εκείνα τα στοιχεία που την καθιστά ασφαλή ως προς τη λειτουργία της σε σχέση με το προσωπικό αλλά και με το περιβάλλον. Θα τοποθετηθούν πλήρως εγκατεστημένες και σε κανονική λειτουργία στον χώρο του ήδη υπάρχοντος εργοστασίου αφαλάτωσης στον Καραβοστάση. Ο Δήμος θα διαθέσει την απαιτούμενη ποσότητα ακατέργαστου νερού, την ηλεκτρική παροχή του συστήματος, την γραμμή αποχέτευσης του απορριπτόμενου νερού και τους απαιτούμενους χώρους για την εγκατάσταση. Το παραγόμενο πόσιμο νερό – μετά τη μετακατεργασία - θα είναι απολύτως κατάλληλο για τη χρήση που προορίζεται, σύμφωνα με την ισχύουσα υγειονομική διάταξη του Ελληνικού κράτους για νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998, την Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/11-7-2001) και την τροποποίηση αυτής (ΦΕΚ 630/26-4-2007).

6.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά λύσης

A. Δεδομένα

- Προέλευση νερού : Νερό θαλασσινό, αλατότητας 60715 μ S/cm (42500ppm TDS)
- Θερμοκρασία σχεδιασμού : 20⁰C

Ενδεικτική Ανάλυση Θαλασσινού Νερού

Η σχεδιάσή βασίζεται σε νερό αλατότητας προσαυξημένο κατά 2,5% - 3% περίπου, ώστε να καλύπτεται η πραγματική απαίτηση των ~62.290μS/cm (43.600 ppm TDS) όπως ορίζει το πρόγραμμα ανάκτησης ενέργειας, σαν τελική ποιότητα του νερού εισόδου στις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης. Αναλυτικότερα, η μελέτη βασίστηκε σε νερό εισόδου της ακόλουθης ποιότητας:

Πίνακας 6.2: Ποιότητα θαλασσινού νερού

Παράμετρος	Μονάδα Μέτρησης	Παραμετρικές Τιμές
Ασβέστιο	mg/l	562,00
Όξινα ανθρακικά	mg/l	166,00
Νάτριο	mg/l	13.760,00
Θειικά	mg/l	3.360,00
Κάλιο	mg/l	415,00
Χλωριούχα	mg/l	24.150,00
Μαγνήσιο	mg/l	1.423,00
Σίδηρος	mg/l	0,001
Στρόντιο	mg/l	3,70
Βάριο	mg/l	0,06
Νιτρικά	mg/l	0,00
Φθοριούχα	mg/l	0,50
Διοξείδιο του πυριτίου	mg/l	0,50
Βόριο	mg/l	4,60
Διοξείδιο του άνθρακα	mg/l	0,89
pH		8,20
TDS	mg/l	43.854 > 42.500
Αγωγιμότητα	μS/cm	62.650 > 60.715
Θολότητα	NTU	1,00

B. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά λύσης

1. Επεξεργασία θαλασσινού νερού με ποιοτικά στοιχεία που υπερκαλύπτουν τη δεδομένη αλατότητα του νερού (TDS) στα 42.500 ppm. Η σχεδίαση της μονάδας και όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί έγιναν για TDS (αλατότητα) του νερού εισόδου στις μεμβράνες στα 43.854 ppm TDS έτσι ώστε η λειτουργία και το κόστος αυτής να στηρίζεται σε πραγματικές συνθήκες και δεδομένα λαμβάνοντας υπόψη τη μίξη που δημιουργείται στον στρόβιλο ανάκτησης ενέργειας.

2. Στη σχεδίασή έχει ληφθεί υπόψη και πρόσθετος συντελεστής αύξησης αλατότητας του παραγόμενου νερού, ανά χρόνο λειτουργίας ίσος με 10%, διασφαλίζοντας ότι ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση το τελικά παραγόμενο νερό θα είναι απολύτως κατάλληλο για πόσιμο.

3. Κάθε μία από τις δύο προσφερόμενες μονάδες είναι αυτόνομη, με δική της προκατεργασία, κυρίως διεργασία και μετακατεργασία, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας της μίας εκ των δύο μονάδων εάν αυτό απαιτηθεί.

4. Υψηλής ποιότητας εξοπλισμός που απαρτίζουν τα στοιχεία της λύσης για μακροχρόνια εγγυημένη καλή λειτουργία του συστήματος αφαλάτωσης, συνεχή και απρόσκοπτη λειτουργία, χωρίς βλάβες, φθορές και εκπλήξεις με περιορισμό του απαιτούμενου κόστους λειτουργίας, συντήρησης και service. Ειδικότερα ισχύουν:

4.1. Αντλία υψηλής πίεσης από super duplex SS, μέγιστης ενεργειακής απόδοσης, συνοδευόμενη από αυτόματο ρυθμιστή στροφών (inverter).

4.2. Διάταξη εξοικονόμησης (ανάκτησης) ενέργειας τύπου εναλλάκτη πίεσης με μέγιστη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μονάδα αντίστροφης όσμωσης, με οικονομικό όφελος μέχρι και 26.000 € ανά σεζόν, από ότι εάν δεν προσφερόταν διάταξη ανάκτησης ενέργειας.

Πίνακας 6.3: Διαφορά κόστους λειτουργίας αφαλάτωσης αναλόγως τη διάταξη

Διάταξη Ανάκτησης Ενέργειας	Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας στη Μονάδα Αντίστροφης Όσμωσης	Κόστος Ενέργειας για κάθε Μονάδα Αντίστροφης Όσμωσης για 180 μέρες λειτουργίας (*)(**)
Τύπου εναλλάκτη πίεσης ERI με εμβολοφόρα αντλία υψηλής πίεσης και βοηθητική αντλία booster	2,56 kWh/m ³ παραγόμενου νερού	14.515 €
Τύπου εναλλάκτη πίεσης ERI με φυγοκεντρική αντλία υψηλής πίεσης και βοηθητική αντλία booster	3,40 kWh/m ³ παραγόμενου νερού	19.278 €
Χωρίς διάταξη ανάκτησης ενέργειας με φυγοκεντρική αντλία υψηλής πίεσης	7,22 kWh/m ³ παραγόμενου νερού	40.937 €

(*) Η τιμή kWh έχει θεωρηθεί 0,09 €.

(**) Ενδεικτικό κόστος με βάση τα πρότυπα μονάδων αφαλάτωσης της εταιρίας TEMAK

4.3. Μεμβράνες αφαλάτωσης υψηλής απόρριψης αλάτων. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στη μελέτη είναι πολύ αποτελεσματικές στην απόρριψη του στοιχείου Βορίου (B) με ποσοστό απόρριψης 92% – όριο ποσίμου στην Ελληνική Νομοθεσία < 1 ppm.

4.4. Σωληνώσεις υψηλής πίεσης από duplex SS SAF2205 υλικό κατάλληλο για αφαλατώσεις θαλασσινού νερού εξασφαλίζοντας άριστη συμπεριφορά στην συγκεκριμένη εφαρμογή χωρίς

προβλήματα διαρροών, σκουριάς κ.λπ., βαλβίδες και εξαρτήματα των κορυφαίων κατασκευαστών από την Ευρώπη και τις Η.Π.Α.

5. Φίλτραση πριν την αντλία υψηλής πίεσης, η οποία επιτυγχάνεται από δύο (2) φίλτρα φυσιγγίων big blue 20’’ εν σειρά και σταδιακής φίλτρασης από 25μm σε 1μm. Έτσι επιτυγχάνουμε απόλυτη ασφάλεια φίλτρασης για την αντλία υψηλής πίεσης και τις μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης.

6. Χρήση αντλιών υψηλής πίεσης θετικής εκτόπισης διασφαλίζοντας:

6.1. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας: έχουν βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο από 95%. Αντίστοιχες φυγοκεντρικές αντλίες έχουν βαθμό απόδοσης 70-75%, εξοικονομώντας έτσι περίπου 20% σε κατανάλωση και κόστος ενέργειας.

6.2. Μεγάλη διάρκεια ζωής: λειτουργούν πάνω από 8000 ώρες χωρίς ανάγκη για service και χωρίς ανάγκη συχνής ενασχόλησης του προσωπικού (π.χ. για αλλαγή λαδιών)

6.3. Αντοχή στη διάβρωση: Όλα τα διαβρεχόμενα μέρη της αντλίας είναι κατασκευασμένα από super duplex ανοξείδωτο χάλυβα.

7. Διάταξη με inverter τόσο στην αντλία υψηλής πίεσης όσο και στη βοηθητική αντλία booster. Για την ομαλή εκκίνηση-κράτηση των αντλιών αλλά και για την ακριβή ρύθμιση της παροχής της αντλίας, προσφέρεται διάταξη ρύθμισης των στροφών του κινητήρα της αντλίας με κατάλληλους ρυθμιστές συχνότητας του ρεύματος τροφοδοσίας (inverter). Χάρη στη χρήση του inverter παρέχεται η δυνατότητα το σημείο λειτουργίας της αντλίας να ρυθμίζεται κατάλληλα ανάλογα με την επιθυμητή παραγωγή του συστήματος της αντίστροφης όσμωσης. Η διάταξη με inverter περιλαμβάνει σύστημα soft start – soft stop και εξασφαλίζει μακροζωία τόσο στο σύστημα της αντλίας υψηλής πίεσης όσο και στο λοιπό υδραυλικό εξοπλισμό αφού εξαλείφεται τελείως το υδραυλικό πλήγμα.

8. Αντλίες τροφοδοσίας θαλασσινού νερού από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316L με ειδική παθητικοποίηση για πλήρη ανθεκτικότητα και αντοχή στη διάβρωση του θαλασσινού

νερού. Επίσης, για την απρόσκοπτη λειτουργία του κάθε συστήματος προσφέρονται δύο αντλίες τροφοδοσίας, σε κάθε σύστημα.

9. Χρήση φίλτρου ανθρακικού ασβεστίου κατασκευής ανοικτού τύπου από πολυαιθυλένιο και όχι fiberglass, εξασφαλίζοντας ευκολία και αμεσότητα στην πλήρωση του φίλτρου. Το προσφερόμενο φίλτρο είναι κατασκευασμένο από λευκό πολυαιθυλένιο έτσι ώστε να μπορεί εύκολα ο χρήστης να βλέπει εξωτερικά τη στάθμη του ανθρακικού ασβεστίου και να το συμπληρώνει αντίστοιχα όταν φθάσει στο επίπεδο συμπλήρωσης. Το άνοιγμα πλήρωσης είναι αρκετά μεγαλύτερο από το άνοιγμα ενός δοχείου fiberglass και για την πλήρωσή του δε χρειάζεται ξεβίδωμα σωληνώσεως PVC, όπως θα γινόταν εάν χρησιμοποιούσαμε δοχεία fiberglass.

10. Σύστημα χημικού καθαρισμού και έκπλυσης των μεμβρανών, για μακροζωία του εξοπλισμού (κυρίως των μεμβρανών και του σώματος της αντλίας υψηλής πίεσης) και μονίμως απρόσκοπτη λειτουργία.

11. Αυτοματισμός μέσω ανεξάρτητου (ξεχωριστού από τον πίνακα ισχύος) ηλεκτρονικού πίνακα, με ενσωματωμένο PLC που ελέγχει απόλυτα τον κύκλο λειτουργίας, δηλαδή προκατεργασία, αφαλάτωση (αντίστροφη όσμωση) και μετακατεργασία με προειδοποίηση πιθανής βλάβης. Είναι κατασκευασμένος ειδικά για τον έλεγχο λειτουργίας εγκαταστάσεων αντίστροφης όσμωσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και φέρει πιστοποιητικό ποιότητας CE. Βασικό πλεονέκτημα του ηλεκτρονικού πίνακα αποτελεί η απλότητα στην απεικόνιση των παραμέτρων λειτουργίας και η ευκολία στην εκμάθηση και στους χειρισμούς (όταν απαιτούνται) από το προσωπικό λειτουργίας. Ο πίνακας ελέγχου από τον οποίο γίνονται οι χειρισμοί του συστήματος είναι ξεχωριστός του ηλεκτρολογικού πίνακα και λειτουργεί σε χαμηλή τάση 24V προστατεύοντας απόλυτα από κάθε κίνδυνο ηλεκτροπληξίας με ότι επακόλουθο αποτέλεσμα μπορεί να επέλθει εξ αυτού τους χρήστες αλλά και κάθε επισκέπτη που μπορεί να βρεθεί στο χώρο της αφαλάτωσης. Διαθέτει ευανάγνωστο μιμικό διάγραμμα με αποτύπωση όλου του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού για

πλήρη εποπτικό έλεγχο του συστήματος στη λειτουργία του αλλά και σε περίπτωση σφάλματος ή βλάβης για την άμεση αναγνώριση της και την αποκατάστασή της. Η οθόνη επικοινωνίας με τον χρήστη γίνεται με μηνύματα στην Ελληνική γλώσσα.

12. Η παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος θα μπορεί να γίνεται τόσο επιτόπου από τον χώρο ελέγχου της μονάδας όσο και από οποιοδήποτε άλλο σημείο, αφού τα δεδομένα λειτουργίας μπορούν να καταγράφονται από τον υπεύθυνο και να αποστέλλονται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, υλοποιώντας έτσι διπλή παρακολούθηση της λειτουργίας της μονάδας προς πρόληψη, αποφυγή και άμεση αντιμετώπιση του όποιου προβλήματος πιθανόν παρουσιασθεί.

13. Διαθέτει πλήθος ελέγχων και συστημάτων προστασίας με υψηλό βαθμό ασφάλειας:

13.1. Των μεμβρανών (σταδιακή αύξηση πίεσης, προστασία από έλλειψη νερού, προστασία από υψηλή πίεση, εξασφάλιση συνεχώς επαρκούς αποχέτευσης, προστασία από αντίθλιψη κ.λπ.), ώστε να διασφαλίζεται η υψηλή ανθεκτικότητά τους και η μέγιστη απόδοσή τους.

13.2. Της ποιότητας του παραγόμενου νερού (σύστημα διασφάλισής της ή αυτόματη εκτροπή του στην αποχέτευση).

13.3. Του εξοπλισμού και των χρηστών.

13.4. Των αντλιών υψηλής πίεσης με διπλή εν σειρά φίλτρανση (τελική φίλτρανση και φίλτρανση ασφαλείας αντλιών υψηλής πίεσης) του εισερχόμενου νερού στις αντλίες.

14. Μοναδικός ειδικός εξοπλισμός που μεταξύ των άλλων περιλαμβάνει:

14.1. Σύστημα αυτόματης εξαέρωσης του συστήματος αντίστροφης όσμωσης προς αποφυγή πλήγματος από εγκλωβισμένο αέρα σε μεμβράνες και σύστημα, σε κάθε εκκίνησή του.

14.2. Η βάνια αυτόματης εξαέρωσης είναι από super duplex SS.

14.3. Όλα τα μανόμετρα που χρησιμοποιούνται στην προκατεργασία του συστήματος είναι μανόμετρα διαφράγματος (διάφραγμα από PVC). Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αντοχή και ελαχιστοποίηση φθοράς μιας και τα εξαρτήματα του οργάνου δεν έρχονται σε επαφή απευθείας με το θαλασσινό νερό.



14.4. Όλα τα μανόμετρα που χρησιμοποιούνται στην γραμμή υψηλής πίεσης είναι μανόμετρα διαφράγματος (διάφραγμα από super duplex)



14.5. Στη γραμμή υψηλής πίεσης σε επαφή με το θαλασσινό νερό δε χρησιμοποιούνται πουθενά βιδωτά εξαρτήματα για μέγιστη αντοχή και ασφάλεια.



14.6. Σε σημεία υψηλής πίεσης αντί για πρεσοστάτες χρησιμοποιούνται μεταδότες υψηλής πίεσης που έχουν diaphragm seal με βρεχόμενα μέρη από super duplex SS SAF 2507, διάφραγμα από Hastelloy και συνδέσεις victaulic για μέγιστη αντοχή και ένδειξη της πίεσης συνεχώς στην οθόνη του πίνακα.



14.7. Βάνες με ηλεκτρικό κινητήρα – όχι πνευματικό – προς αποφυγή των πληγμάτων (πιο αργό ανοιγοκλείσιμο).

14.8. Σύνδεσμοι victaulic από ανοξείδωτο χάλυβα duplex SS. Στην είσοδο – έξοδο των μεμβρανών οι σύνδεσμοι είναι διπλοί.



6.3.2 Σύντομη περιγραφή λειτουργίας συστήματος

Το ακατέργαστο θαλασσινό νερό αντλείται από τη θάλασσα, καταθλίβεται σε δεξαμενή θαλασσινού νερού χωρητικότητας 50m³ όπου χλωριώνεται και οδηγείται παράλληλα στα δύο συστήματα :

- ✓ στο στάδιο της προκατεργασίας,
- ✓ στο στάδιο της κύριας διεργασίας και,
- ✓ στο στάδιο της μετακατεργασίας

προς συνολική παραγωγή 700 m³/d (2 x 350m³/d) επεξεργασμένου νερού προς ικανοποίηση των αναγκών του Δήμου.

Στάδιο Προκατεργασίας Κάθε Συστήματος

Το νερό (παροχή 36,4 m³/h) διέρχεται από αυτόματα πολυστρωματικά φίλτρα θολότητας, με ταχύτητα φίλτρασης που δεν ξεπερνά τα 16,5 m/h, για αφαίρεση της θολότητας και του σιδήρου/μαγγανίου που τυχόν περιέχονται στο νερό.

Στη συνέχεια, το νερό αποχλωριώνεται με έγχυση μεταθειώδους νατρίου ενώ γίνεται έγχυση αντικαθαλατωτικού για προστασία των μεμβρανών από αποθέσεις αλάτων.

Στη συνέχεια διέρχεται τελικά από φίλτρα ασφαλείας φυσιγγίων, πορώδους 5 micron.

Στάδιο Κύριας Διεργασίας Κάθε Συστήματος

Το άριστα προκατεργασμένο νερό τροφοδοσίας (σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών των μεμβρανών), οδηγείται στη μονάδα αντίστροφης όσμωσης (συμπεριλαμβάνει μονάδα C.I.P. και έκπλυσης μεμβρανών), η οποία επιτυγχάνει τις ακόλουθες αποδόσεις:

1. Ποσοστό ανάκτησης	:	42%
2. Πίεση λειτουργίας	:	65,5 bar @ 20 ⁰ C
3. Νερό τροφοδοσίας	:	36,4 m ³ /h
4. Νερό απόρριψης	:	21,1 m ³ /h
5. Παραγόμενο νερό	:	15,3 m ³ /h
6. Ειδική κατανάλωση ενέργειας	:	2,56 kWh/m ³ παραγόμενου νερού (αντλητικό συγκρότημα υψηλής πίεσης – αντλία υψηλής πίεσης και βοηθητική αντλία booster).

Τα παραπάνω ισχύουν για θερμοκρασία 20°C και ανάλυση ακατέργαστου νερού όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο «ΔΕΔΟΜΕΝΑ».

Στην κυρίως μονάδα είναι τοποθετημένος όλος ο αυτοματισμός και ο κεντρικός πίνακας ελέγχου όλου του συγκροτήματος.

Στάδιο μετακατεργασίας (για ποιότητα ποσίμου) κάθε συστήματος

Στο αφαλατωμένο νερό γίνεται έγχυση θεικού οξέος και εν συνεχεία διέρχεται από διάταξη με ανθρακικό ασβέστιο, με σκοπό την αύξηση της σκληρότητάς του, εξασφαλίζοντας την προστασία του δικτύου από διάβρωση και την παραγωγή νερού ποιότητας ποσίμου, με βάση την ισχύουσα νομοθεσία. Το νερό αποθηκεύεται τελικά σε υπάρχουσα δεξαμενή, αφού πρώτα γίνει τελική ρύθμιση του pH και μεταχλωρίωση.

Συγκεκριμένα, το σύστημα περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

Στάδιο προκατεργασίας κάθε συστήματος

1. Τροφοδοσία θαλασσινού νερού: Το ακατέργαστο θαλασσινό νερό, συνολικής ποσότητας 36,4 m³/h, αντλείται από τη δεξαμενή καθίζησης με κατάλληλο αντλητικό συγκρότημα. Η αντλία είναι οριζόντια, φυγοκεντρική, κατασκευής AISI316L με ειδική παθητικοποίηση για αντοχή στη διάβρωση του θαλασσινού νερού. Είναι κατάλληλης παροχής και μανομετρικού (36,4 m³/h @ 4,45 bar) για την προώθηση του νερού μέχρι τη μονάδα αντίστροφης όσμωσης. Η ίδια αντλία χρησιμοποιείται και για την έκπλυση των φίλτρων θολότητας.



Πίνακας 6.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας

Παροχή:	36,4 m ³ /h
Μανομετρικό:	4,45 bar
Απορροφούμενη ισχύς:	6,8 kW
Βαθμός απόδοσης:	64,9 % (στο σημείο λειτουργίας)
Στροφές λειτουργίας:	2900 rpm
Υλικό κατασκευής:	AISI316L με ειδική παθητικοποίηση υψηλής αντοχής στη διάβρωση του θαλασσινού νερού

Πίνακας 6.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα

Τύπος	IEC132
Ρεύμα λειτουργίας:	Τριφασικό 400 Volt / 50 Hz
Ονομαστική ισχύς:	7,5 kW
Στροφές ανά λεπτό:	2900 rpm
Βαθμός απόδοσης:	89,9%
Απορροφούμενη ισχύς:	7,57 kW
Κλάση προστασίας:	IP55
Κλάση μόνωσης:	F
Τεμάχια:	Δύο (2), (1 εφεδρική)

2. Τμήμα χλωρίωσης του νερού τροφοδοσίας: Σκοπός είναι η απολύμανση του θαλασσινού νερού, προστατεύοντας τις μεμβράνες από μικροβιακό φορτίο. Αποτελείται από δοσιμετρική



αντλία μέγιστης παροχής 1 L/h σε πίεση 15 bar, βαρέως τύπου (δεν καταστρέφεται αν λειτουργήσει χωρίς δοσιμετρούμενο υγρό) και από βαθμονομημένο κάδο αποθήκευσης χλωρίου χωρητικότητας 180 L, από πολυαιθυλένιο. Η δοσιμετρική αντλία είναι διαφραγματικού τύπου ρυθμιζόμενης παροχής.

Τύπος: 1 L – 15 bar / 180 L (τεμ.1)

3. Συστοιχία αυτόματων φίλτρων θολότητας: Χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων και της θολότητας του θαλασσινού νερού. Για να επιτυγχάνεται η κατάλληλη επιφάνεια φίλτρανσης, επιλέχθηκαν φίλτρα διαμέτρου 1230mm και ύψους 2450mm. Τα δοχεία είναι κατασκευασμένα από φυγοκεντρισμένο fiber-glass, βαρέως βιομηχανικού τύπου, υψηλής αντοχής στην πίεση και στη διάβρωση. Είναι εφοδιασμένα με σύστημα βανών και αυτοματισμό ο οποίος πραγματοποιεί την αντίστροφη έκπλυσή τους με νερό. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλο σύστημα βανών τον αυτοματισμό των οποίων παρέχει ο ηλεκτρονικός πίνακας.



Τα υλικά πλήρωσης κάθε φίλτρου από κάτω (υποβαστάζοντα) προς τα επάνω (διηθητικά) φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 6.6: Υλικά πλήρωσης φίλτρων

Υλικό	Λειτουργία	Κοκκομετρία (mm)	Ύψος στρώσης (mm)	Όγκος στρώσης (L)
Χαλαζιακό χαλίκι A	Υπόστρωμα	3 – 6	146	165
Χαλαζιακό χαλίκι C	Υπόστρωμα	1,5 - 2,5	117	132
Χαλαζιακή άμμος	Διηθητικό υλικό	0,4 – 0,8	642	726
Υδροανθρακίτης	Διηθητικό υλικό	1,4 – 2,5	265	300
Σύνολο			1170	1323

Όλα τα υλικά πλήρωσης έχουν ιδιότητες που εξασφαλίζουν την κατακράτηση των ουσιών που προορίζονται να συλλέγουν, δεν προσδίδουν στο νερό οσμές, γεύση, χρώμα ή άλλες βλαβερές ουσίες και είναι κατάλληλα για χρήση σε πόσιμο νερό και συνοδεύονται από πιστοποιητικά καταλληλότητας για πόσιμο νερό από διαπιστευμένο φορέα.

Τύπος: (τεμ.2, σε παράλληλη λειτουργία το κάθε ένα με πίνακα)

4. Σύστημα δοσιμέτρησης μεταθειώδους νατρίου: Σκοπός είναι η αποχλωρίωση του νερού από το υπολειμματικό χλώριο, το οποίο καταστρέφει τις μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης. Η δοσιμετρική αντλία και ο κάδος αποθήκευσης δοσιμετρούμενου υγρού είναι πανομοιότυπα με αυτά της χλωρίωσης.

Τύπος: 1 L – 15 bar / 180 L (τεμ.1)

5. Σύστημα δοσιμέτρησης αντικαθαλατωτικού: Σκοπός είναι η προστασία των μεμβρανών από τις καθαλατώσεις. Η δοσιμετρική αντλία και ο κάδος αποθήκευσης δοσιμετρούμενου υγρού είναι πανομοιότυπα με αυτά της χλωρίωσης. Το προτεινόμενο αντικαθαλατωτικό υλικό Genesys LF είναι υδατικό διάλυμα οργανο-φωσφορικής σύνθεσης. Διαθέτει έγκριση για χρήση από τους κατασκευαστές των μεμβρανών, πιστοποιητικά χρήσης από αναγνωρισμένο οργανισμό για το πόσιμο νερό και είναι προκαταχωρημένο σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού REACH (αριθμός καταχώρησης EF214637-49).

Τύπος: 1 L – 15 bar / 180 L (τεμ.1)

6. Τελική φίλτραση: Στόχος είναι η τελική φίλτραση από αιωρούμενα σωματίδια, και η αποφυγή εμφράξεων των μεμβρανών. Έχουν δυνατότητα φίλτρασης σωματιδίων μεγέθους 5 micron. Η τελική φίλτραση υλοποιείται με φίλτρο με 9 φύσιγγες μήκους 40". Η συχνότητα

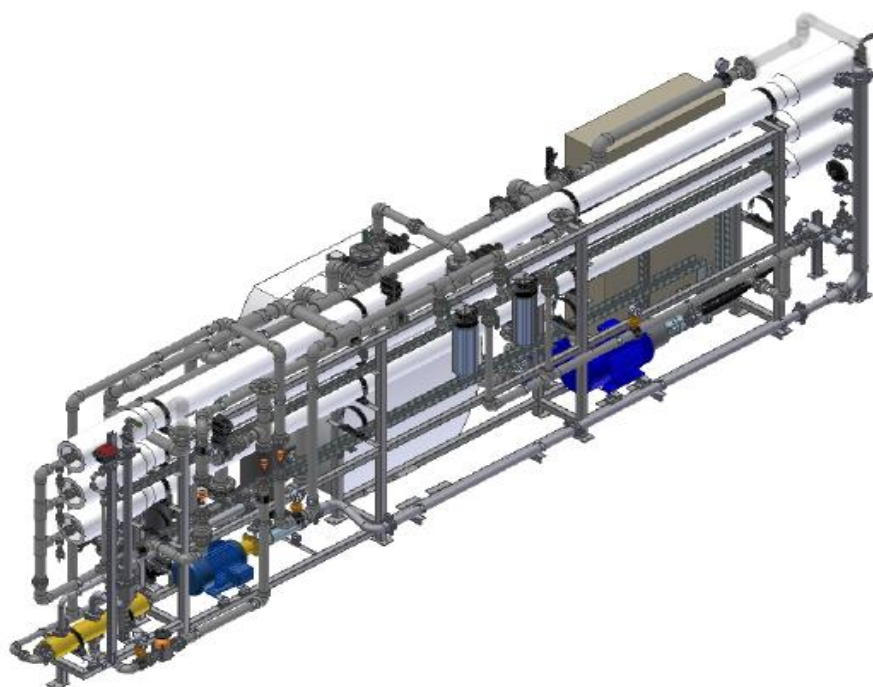
αντικατάστασής τους ορίζεται μία φορά των τρίμηνο (4 φορές/έτος) ή όταν το ΔP εισόδου – εξόδου είναι 1bar (όποιο από τα δύο προηγηθεί).

Τύπος: 9 φύσιγγες των 40’’ πορώδους 5 μ m (τεμ.1)

7. Σύστημα μέτρησης θολότητας (SDI) του νερού σε διαφορετικά σημεία του συστήματος: Είναι επιπλέον μέσο ασφαλείας, το οποίο ελέγχει την καθαρότητα του νερού, σε όλα τα σημεία της προκατεργασίας.

Στάδιο Κύριας Διεργασίας Κάθε Συστήματος

8. Μονάδα αντίστροφης όσμωσης με αντλητικό συγκρότημα υψηλής πίεσης και διάταξη ανάκτησης ενέργειας τύπου εναλλάκτη πίεσης: Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού γίνεται μέσω αντίστροφης όσμωσης με χρήση μεμβρανών υψηλής απόρριψης και κατακράτησης μεγαλύτερης από 99,8% των στοιχείων που υπάρχουν στο θαλασσινό νερό. Στις μεμβράνες γίνεται διαχωρισμός του εισερχόμενου θαλασσινού νερού σε δύο (2) ρεύματα. Στο αφαλατωμένο νερό που εξέρχεται από τις μεμβράνες για περαιτέρω επεξεργασία (ένα μικρό μέρος συνήθως οδηγείται στη δεξαμενή έκπλυσης και χημικού καθαρισμού των μεμβρανών) και στο συμπύκνωμα (νερό με αυξημένη αλατότητα) που οδηγείται στην αποχέτευση αφού πρώτα διέλθει από το σύστημα ανάκτησης ενέργειας.



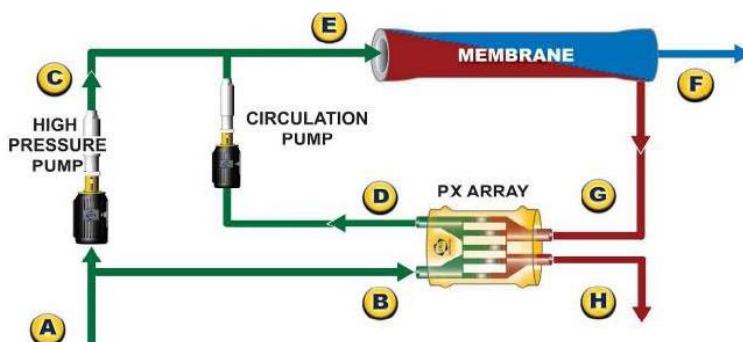
Εικ.6.1: Ενδεικτική τρισδιάστατη απεικόνιση του συστήματος RO με αντλητικό συγκρότημα υψηλής πίεσης και διάταξη ανάκτησης ενέργειας.

Το θαλασσινό νερό μετά το στάδιο της προκατεργασίας προωθείται μέσω της αντλίας υψηλής πίεσης και της διάταξης ανάκτησης ενέργειας προς τις συστοιχίες των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης στην απαιτούμενη πίεση για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού.

Διάταξη ανάκτησης ενέργειας τύπου εναλλάκτη πίεσης (PX):

Με δεδομένο ότι η εγκατάσταση περιλαμβάνει διάταξη ανάκτησης ενέργειας από την απορριπτόμενη άλμη η όλη διάταξη ανύψωσης πίεσης στο θαλασσινό νερό πριν τις μεμβράνες αφαλάτωσης περιλαμβάνει δύο ρεύματα νερού.

Το θαλασσινό νερό μετά το στάδιο της προκατεργασίας (A) διαχωρίζεται σε δύο ρεύματα. Το πρώτο ρεύμα (C) προωθείται μέσω της αντλίας υψηλής πίεσης προς τις συστοιχίες των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης στην απαιτούμενη πίεση για την



παραγωγή αφαλατωμένου νερού. Το δεύτερο ρεύμα (B) οδηγείται σε στρόβιλο ανάκτησης ενέργειας, ο οποίος λειτουργεί σαν εναλλάκτης πίεσης (pressure exchanger) μεταξύ του ρεύματος αυτού και του ρεύματος της απόρριψης της αντίστροφης όσμωσης (G). Η πίεση στο ρεύμα θαλασσινού νερού προς αφαλάτωση, αφού εξέλθει από τον στρόβιλο (D), έχει ανέλθει σε υψηλά επίπεδα, κοντά στην απαιτούμενη πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης αντίστροφης όσμωσης. Για να φτάσει την απαιτούμενη πίεση εισόδου στις μεμβράνες (E) ενισχύεται επιπλέον από φυγοκεντρική βοηθητική αντλία booster. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλευόμαστε την υψηλή πίεση του απορριπτόμενου νερού της αντίστροφης όσμωσης **με συνέπεια η αντλία υψηλής πίεσης να διαστασιολογείται με την μισή περίπου παροχή από ότι εάν δεν υπήρχε διάταξη ανάκτησης ενέργειας και κατ' επέκταση με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.**

Προκειμένου λοιπόν, να καλυφθεί η απαραίτητη παροχή των 16,2 m³/h που υποδεικνύει το πρόγραμμα υπολογισμού του στρόβιλου θα χρησιμοποιηθεί εμβολοφόρα περιστροφική αντλία όπως περιγράφεται στους παρακάτω πίνακες συνέχεια.

Πίνακας 6.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας υψηλής πίεσης

Παροχή:	16,2 m ³ /h
Πίεση στην είσοδο της αντλίας:	2 bar
Πίεση στην έξοδο της αντλίας:	65,5 bar @ 20 ⁰ C
Ανύψωση πίεσης:	63,5 bar
Απορροφούμενη ισχύς:	33,75 kW
Στροφές λειτουργίας:	1320 rpm
Υλικό κατασκευής:	Ανοξείδωτος χάλυβας super duplex SS για μέγιστη αντοχή στη διάβρωση του θαλασσινού νερού
Τεμάχια:	Ένα

Πίνακας 6.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα αντλίας υψηλής πίεσης

Ονομαστική ισχύς:	45 kW
Βαθμός απόδοσης:	94,3 %
Απορροφούμενη ισχύς:	35,8 kW
Αριθμός πόλων:	4
Στροφές λειτουργίας:	1500 rpm
Τάση λειτουργίας:	Τριφασικός 400V, 50Hz
Προστασία:	IP55
Κλάση μόνωσης:	F
Εκκίνηση:	Μετατροπέας στροφών (Inverter)
Τεμάχια:	Ένα (1)

Για την προστασία της αντλίας υψηλής πίεσης και σε πλήρη συμφωνία με τις οδηγίες του οίκου κατασκευής, υπάρχει διάταξη από φίλτρο ασφαλείας διπλής φίλτρανης με φύσιγγα πορώδους 25-1μm, στην αναρρόφηση της αντλίας.

Η πίεση στο ρεύμα θαλασσινού νερού προς αφαλάτωση, αφού εξέλθει από τον στρόβιλο, έχει ανέλθει σε υψηλά επίπεδα, κοντά στην απαιτούμενη πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης αντίστροφης όσμωσης. Για να φτάσει την απαιτούμενη πίεση εισόδου στις μεμβράνες ενισχύεται επιπλέον από φυγοκεντρική αντλία booster.

Πίνακας 6.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας booster

Παροχή:	20,23 m ³ /h
Ανύψωση πίεσης:	3,18 bar
Απορροφούμενη ισχύς:	3,02 kW
Βαθμός απόδοσης:	58 % (στο σημείο λειτουργίας)
Υλικό κατασκευής:	Ανοξείδωτος χάλυβας AL6XN
Τεμάχια:	Ένα (1)

Πίνακας 6.10: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα αντλίας booster

Ονομαστική ισχύς:	7,5 kW
Βαθμός απόδοσης:	90 %
Απορροφούμενη ισχύς συγκροτήματος:	3,36 kW
Κλάση προστασίας:	IP55
Κλάση μόνωσης:	F
Εκκίνηση:	Με μετατροπέα στροφών (inverter)
Τεμάχια:	Ένα (1)

Ο εναλλάκτης πίεσης (pressure exchanger, PX) που χρησιμοποιείται με βαθμό απόδοσης 94%. Αυτό σημαίνει ότι εξοικονομείται το 94% περίπου της ενέργειας που υπάρχει στο απορριπτόμενο νερό και διοχετεύεται στο ρεύμα του εισερχόμενου θαλασσινού νερού.

9. Σύστημα χημικού καθαρισμού και έκπλυσης μεμβρανών: Εξασφαλίζει αμεσότητα στο service και στον καθαρισμό των μεμβρανών, διασφαλίζοντας μονίμως απρόσκοπτη λειτουργία με μηδενική απώλεια χρόνου. Επίσης, σε κάθε σταμάτημα του συστήματος της αντίστροφης όσμωσης, αυτόματα ξεπλένονται οι μεμβράνες και οι σωληνώσεις του συστήματος με το αποθηκευμένο αφαλατωμένο νερό που υπάρχει στη δεξαμενή έκπλυσης (κοινή με τη δεξαμενή χημικού καθαρισμού). Αποτελείται από δεξαμενή αφαλατωμένου νερού χωρητικότητας 2000 L, ανοξείδωτη φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας, μανόμετρο εξόδου αντλίας.

Στάδιο μετακατεργασίας κάθε συστήματος (για ποιότητα πόσιμου)

10. Τμήμα δοσιμέτρησης θεικού οξέος: Σκοπός είναι η οξίνιση του παραγόμενου νερού, προετοιμάζοντας το κατάλληλα για το επόμενο βήμα της επεξεργασίας που είναι η διάταξη πρόσδοσης σκληρότητας. Η δοσιμετρική αντλία και ο κάδος αποθήκευσης είναι πανομοιότυπα με αυτά της χλωρίωσης αλλά με κεφαλή δοσιμέτρησης από Teflon, που είναι ανθεκτικό στο θειικό οξύ. Η διάταξη συνοδεύεται από πεχάμετρο.

Τύπος: 1 L – 15 bar / 180 L (τεμ.1)

11. Διάταξη πρόσδοσης σκληρότητας: Λόγω της χρήσης του νερού ως πόσιμο, χρησιμοποιείται πλήρης διάταξη πρόσδοσης σκληρότητας με φίλτρο ανοικτού τύπου για να αυξηθεί η αλκαλικότητά του και να εμπλουτιστεί με ασβέστιο, ώστε να πληρεί τις προδιαγραφές του ποσίμου, βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας.

Πίνακας 6.11: Τεχνικά χαρακτηριστικά φίλτρου πρόσδοσης σκληρότητας

Υλικό	Λειτουργία	Κοκκομετρία (mm)	Ύψος στρώσης (mm)	Όγκος στρώσης (L)
Χαλαζιακό χαλίκι A	Υπόστρωμα	1,5 - 2,5	95	99
Χαλαζιακό χαλίκι C	Υπόστρωμα	1,5 - 2,5	63	66
Ανθρακικό ασβέστιο	Υλικό αύξησης σκληρότητας	1,8 - 2,5	1259	1309
Σύνολο			1417	1474

Το υλικό αύξησης σκληρότητας είναι **απολύτως κατάλληλο** για πόσιμο νερό και δεν προσδίδει στο νερό χρώμα, γεύση ή οσμές. Το αφαλατωμένο νερό διέρχεται από το κάτω μέρος του φίλτρου προς τα επάνω. Κατά τη πορεία του μέσα από το φίλτρο, το νερό διαλύει ανθρακικό ασβέστιο αποκτώντας έτσι την επιθυμητή σκληρότητα και αλκαλικότητα. Η κατά αντιρροή συνεχής λειτουργία του διασφαλίζει:

- ✓ **Καλύτερη απόδοση** της διάταξης λόγω του ότι σε όλα τα σημεία υπάρχει η ίδια ταχύτητα νερού

- ✓ **Μεγαλύτερο χρόνο επαφής** με το ανθρακικό ασβέστιο άρα και αποτελεσματικότερη διάλυσή του.

Επιπροσθέτως, η χρήση φίλτρου ανθρακικού ασβεστίου κατασκευής ανοικτού τύπου από πολυαιθυλένιο και όχι fiberglass, εξασφαλίζει ευκολία και αμεσότητα στην πλήρωση του φίλτρου – κάθε φορά που απαιτείται – τόση που μπορεί να γίνει και από τον άνθρωπο που θα επιβλέπει τη μονάδα και τη λειτουργία της. Το προσφερόμενο φίλτρο είναι κατασκευασμένο από λευκό πολυαιθυλένιο έτσι ώστε να μπορεί **εύκολα ο χρήστης να βλέπει εξωτερικά τη στάθμη του ανθρακικού ασβεστίου και να το συμπληρώνει αντίστοιχα** όταν φθάσει στο επίπεδο συμπλήρωσης. Το άνοιγμα πλήρωσης είναι αρκετά μεγαλύτερο από το άνοιγμα ενός δοχείου fiberglass και για την πλήρωσή του δε χρειάζεται ξεβίδωμα σωληνώσεως PVC όπως θα γινόταν εάν χρησιμοποιούσαμε δοχεία fiberglass. Εν συνεχεία το εμπλουτισμένο νερό υπερχειλίζει σε ενδιάμεση δεξαμενή προώθησης, χωρητικότητας 850 L και καταθλίβεται στην υπάρχουσα δεξαμενή με χρήση κατάλληλης φυγοκεντρικής αντλίας.

12. Τμήμα δοσιμέτρησης καυστικής σόδας: Σκοπός είναι η ρύθμιση του pH του τελικά παραγόμενου πόσιμου νερού, ώστε το νερό να μην είναι διαβρωτικό. Η δοσιμετρική αντλία και ο κάδος αποθήκευσης είναι πανομοιότυπα με αυτά της προχλωρίωσης. Η διάταξη συνοδεύεται από πεχάμετρο.

Τύπος: 1 L – 15 bar / 180 L (τεμ.1)

13. Τμήμα χλωρίωσης του παραγόμενου πόσιμου νερού: Επιτυγχάνεται έτσι η προστασία του παραγόμενου πόσιμου νερού από μικροβιακό φορτίο. Η δοσιμετρική αντλία και ο κάδος αποθήκευσης είναι πανομοιότυπα με αυτά της προχλωρίωσης.

Τύπος: 1 L-15 bar / 180 L (τεμ.1)

Σωληνώσεις και βάσεις στήριξης

Οι σωληνώσεις και τα εξαρτήματα χαμηλής πίεσης θα είναι από PVC κλάσης 16 bar, μη τοξικό, υψηλής αντοχής στην διάβρωση και κατάλληλο για εγκαταστάσεις πόσιμου νερού.

Οι σωληνώσεις και τα εξαρτήματα υψηλής πίεσης στην είσοδο των μεμβρανών, καθώς και οι γραμμές προσαγωγής της άλμης στο σύστημα ανάκτησης ενέργειας και απόρριψης της στη συνέχεια, θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα duplex SAF2205.

Οι σύνδεσμοι victaulic που θα χρησιμοποιηθούν είναι από ανοξείδωτο χάλυβα duplex SS. Όλος ο εξοπλισμός είναι στερεωμένος σε ανοξείδωτο σκελετό.

Όργανα παρακολούθησης ελέγχου

Στα όργανα ελέγχου συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- ✓ Μανόμετρα στην κατάθλιψη κάθε αντλίας.
- ✓ Μανόμετρο εξόδου φίλτρου θολότητας, μανόμετρο εξόδου φίλτρου τελικής φίλτρανσης και μανόμετρο εξόδου φίλτρου ασφαλείας αντλίας υψηλής πίεσης.
- ✓ Μανόμετρο εισόδου – εξόδου μεμβρανών.
- ✓ Μανόμετρο στην έξοδο της άλμης προς τον στρόβιλο ανάκτησης ενέργειας.
- ✓ Μανόμετρο στην έξοδο της άλμης προς την αποχέτευση.
- ✓ Μανόμετρο στην αναρρόφηση της βοηθητικής αντλίας booster
- ✓ Πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης στη γραμμή τροφοδοσίας της αντλίας υψηλής πίεσης
- ✓ Μεταδότης υψηλής πίεσης στην γραμμή τροφοδοσίας των μεμβρανών
- ✓ Μεταδότης υψηλής πίεσης στην έξοδο των μεμβρανών (πριν τον στρόβιλο ανάκτησης ενέργειας)
- ✓ Μετρητής παροχής στην γραμμή του προϊόντος
- ✓ Μετρητής παροχής στην γραμμή αποχέτευσης της άλμης
- ✓ Αυτόματη βάνα ελέγχου ποιότητας παραγόμενου νερού
- ✓ Μετρητής pH μετά τη δοσιμέτρηση θειικού οξέος και στη γραμμή τελικού πόσιμου νερού, μετά τη δοσιμέτρηση της καυστικής σόδας, αποτελούμενος από αισθητήριο και ηλεκτρονικό πίνακα
- ✓ Μετρητής αγωγιμότητας αποτελούμενος από αισθητήριο και ηλεκτρονικό πίνακα στη γραμμή πόσιμου νερού
- ✓ Όργανο μέτρησης αγωγιμότητας προϊόντος αντίστροφης όσμωσης
- ✓ Ηλεκτρικό φλοτέρ στη δεξαμενή καθίζησης ακατέργαστου νερού
- ✓ Ηλεκτρικό φλοτέρ στην ενδιάμεση δεξαμενή προώθησης παραγόμενου νερού
- ✓ Ωρομετρητής λειτουργίας ενσωματωμένος στο PLC της μονάδας

Αυτοματισμός

Με τον πίνακα της μονάδας τύπου συνδέονται όλες οι διατάξεις και τα όργανα ελέγχου ώστε να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της μονάδας. Είναι ηλεκτρονικός, με ενσωματωμένο **PLC** και ελέγχει απόλυτα τον κύκλο λειτουργίας, δηλαδή προκατεργασία, αφαλάτωση (αντίστροφη όσμωση) και μετακατεργασία. Είναι κατασκευασμένος ειδικά για τον έλεγχο λειτουργίας εγκαταστάσεων αντίστροφης όσμωσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και φέρει πιστοποιητικό ποιότητας CE. Στον πίνακα αναγράφονται και όλες οι απαραίτητες ενδείξεις λειτουργίας και τα alarm με ενδεικτικές λυχνίες και αντίστοιχες ενδείξεις, ενώ υπάρχει και μιμικό διάγραμμα ροής για την υποβοήθηση των χειριστών. Λειτουργεί με χαμηλή τάση 24V και για λόγους ασφαλείας είναι ανεξάρτητος του πίνακα

ισχύος. Επιτηρούνται έτσι πλήρως οι διαδικασίες προεπεξεργασίας του ακατέργαστου νερού (παράμετροι λειτουργίας φίλτρων, καθαρισμός αυτών, λειτουργία δοσιμετρητών, ποιότητα νερού κ.ά.), ελέγχου ποιότητας και σύστασης παραγόμενου νερού (πίεσεις, παράμετροι λειτουργίας, λειτουργία δοσιμετρητών κ.ά.) και η διαδικασία αντίστροφης όσμωσης (πίεσεις και παράμετροι λειτουργίας αντλιών υψηλής πίεσης και οσμωτικών μεμβρανών, προγραμματισμός απόπλυσης και χημικού καθαρισμού κ.α.).

Ο πίνακας έχει τη δυνατότητα να διακόπτει αυτόματα τη λειτουργία της μονάδας αν ξεπεραστούν κάποια όρια ή παρουσιαστεί δυσλειτουργία γενικότερα και:

- ✓ Έχει οθόνη επικοινωνίας με τον χρήστη με μηνύματα στην Ελληνική γλώσσα.
- ✓ Σε περίπτωση σφάλματος, αυτό αναγράφεται στην οθόνη, ώστε να είναι δυνατός ο εύκολος εντοπισμός της θέσης σφάλματος.
- ✓ Αποθηκεύει στη μνήμη τουλάχιστον τα δέκα (10) τελευταία σφάλματα που έχουν καταγραφεί, ώστε να μπορεί ο χρήστης να τα δει στην οθόνη.
- ✓ Παρέχει σήμα εκκίνησης στην αντλία τροφοδοσίας της όσμωσης
- ✓ Ελέγχει όλη την προκατεργασία
- ✓ Έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας με τα συστήματα δοσιμέτρησης και διακόπτει τη λειτουργία του συστήματος σε περίπτωση δυσλειτουργίας κάποιου εξ' αυτών.
- ✓ Έχει ενσωματωμένο ωρομετρητή και σύστημα αυτόματης προστασίας των μεμβρανών από αυτόματη αύξηση της πίεσης και της επικόλλησης αλάτων σε αυτές κατά την εκκίνηση της αντλίας υψηλής πίεσης.
- ✓ Έχει αυτόματο σύστημα προστασίας των μεμβρανών από υψηλή συγκέντρωση αλάτων συμπυκνώματος κατά το σταμάτημα του συστήματος.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
ΠΑΡΟΧΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ RO	8,2 m ³ /h
ΠΑΡΟΧΗ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ RO	19,4 m ³ /h
ΠΑΡΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΕ ΙΣΑΝΕ	19,3 m ³ /h
ΛΟΓΟΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ RO	29,7 %
ΑΠΑΡΙΘΜΗΤΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ RO	50767 m ³

Εικ. 6.2: Μορφή- πρόσοψη πίνακα λειτουργίας

6.3.3 Λειτουργικό κόστος

Το λειτουργικό κόστος του συστήματος ανά κυβικό επεξεργασμένου νερού για επεξεργασία θαλασσινού νερού ποιότητας **60715 μ S/cm (42500 ppm TDS)** συνίσταται σε:

- ✓ Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (έχει θεωρηθεί ενδεικτική τιμή 0,1€/kWh).
- ✓ Κόστος αναλωσίμων χημικών [προχλωρίωση, μεταθειώδες νάτριο, αντικαθαλατωτικού, θειικό οξύ, καυστική σόδα (αμελητέο κόστος) και μεταχλωρίωση.
- ✓ Κόστος αλλαγής μεμβρανών (συνήθως αλλαγή σε πενταετία).
- ✓ Κόστος συμπλήρωσης ανθρακικού ασβεστίου.
- ✓ Κόστος αλλαγής φυσιγγίων τελικής φίλτρανης και ασφαλείας αντλιών υψηλής πίεσης.

Τα παραπάνω για σύστημα με διάταξη ανάκτησης ενέργειας τύπου εναλλάκτη πίεσης PX και εμβολοφόρα αντλία υψηλής πίεσης παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 6.12: Δεδομένα λειτουργίας

Παροχές	Παροχή ακατέργαστου νερού - αντλίας υψηλής πίεσης, m ³ /h	36,40
	Παροχή τελικά παραγόμενου νερού, m ³ /h	15,30
	Παροχή απόρριψης νερού, m ³ /h	21,10
	Πίεση στην είσοδο των μεμβρανών, bar	65,50
	Πίεση στην είσοδο της αντλίας υψηλής πίεσης, bar	2,00
Χημικά	Προχλωρίωση, ppm	1
	Αντικαθαλατωτικό, ppm	1,03
	Μεταθειώδες νάτριο, ppm	3
	Θειικό οξύ μετακατεργασίας 100%, ppm	53
	Ανθρακικό ασβέστιο, ppm	107,71
	Μεταχλωρίωση, ppm	0,5
Λοιπά	Πλήθος δοσιμετρικών αντλιών, τεμ	6
	Πλήθος μεμβρανών, τεμ	24
	Αντικατάσταση μεμβρανών, έτη	5
	Πλήθος φυσιγγίων, τεμ	9
	Αντικατάσταση φυσιγγίων, φορές / έτος	4
	Πλήθος φυσιγγίων ασφ. αντλίας υψηλής πίεσης, τεμ	2
	Αντικατάσταση φυσιγγίων, φορές / έτος	3
	Ημέρες λειτουργίας ανά έτος	180
Τιμές	Τιμή κιλοβατώρας, €/KWh	0,10
	Τιμή υποχλωριώδους νατρίου εμπορίου, €/kg	0,4
	Τιμή αντικαθαλατωτικού, €/kg	10
	Τιμή μεταθειώδους νατρίου, €/kg	0,7
	Τιμή θειικού οξέος, €/kg	0,5
	Τιμή ανθρακικού ασβεστίου, €/kg	1,2
	Τιμή μεμβρανών, €/τεμ	1000,00
	Τιμή φυσιγγίου, €/τεμ	10
		35,00
		Τιμή φυσιγγίου, €/τεμ

Πίνακας 6.13: Συνολικό κόστος παραγόμενου νερού

Κατανάλωση ενέργειας	Αντλία τροφοδοσίας, KW	7,57
	Αντλία υψηλής πίεσης, KW	39,16
	Δοσιμετρικές αντλίες, KW	0,222
	Αυτοματισμός, KW	0,3
	Σύνολο κατανάλωσης ισχύος, KW	47,252
	Ειδική κατανάλωση ενέργειας, KWh/m ³	3,09
	Κόστος από ηλεκτρική ενέργεια, €/m³	0,27810
Κατανάλωση χημικών	Υποχλωριώδες νάτριο εμπορίου	
	Κατανάλωση χημικού, g/h	352,4
	Ειδική κατανάλωση χημικού, g/m ³	23,03
	Κόστος υποχλωριώδους νατρίου, €/m ³	0,00576
	Αντικαθαλατωτικό	
	Κατανάλωση χημικού, g/h	37,49
	Ειδική κατανάλωση χημικού, g/m ³	2,45
	Κόστος αντικαθαλατωτικού, €/m ³	0,01960
	Μεταθειώδες νάτριο	
	Κατανάλωση χημικού, g/h	109,2
	Ειδική κατανάλωση χημικού, g/m ³	7,14
	Κόστος μεταθειώδους νατρίου, €/m ³	0,00486
	Θειικό οξύ, 98%	
	Κατανάλωση χημικού, g/h	827,45
	Ειδική κατανάλωση χημικού, g/m ³	54,08
	Κόστος θειικού οξέος, €/m ³	0,01731
	Ανθρακικό ασβέστιο	
Κατανάλωση χημικού, g/h	1647,96	
Ειδική κατανάλωση χημικού, g/m ³	107,71	
Κόστος ανθρακικού ασβεστίου, €/m ³	0,10556	
Σύνολο κόστους από χημικά, €/m³	0,15309	
Άλλα αναλώσιμα	Επιβάρυνση κόστους από αντικατάσταση μεμβρανών, €/m ³	0,0581
	Επιβάρυνση κόστους από αντικατάσταση φυσιγγίων, €/m ³	0,00452
	Επιβάρυνση κόστους από αντικατάσταση φυσιγγίων abs, €/m ³	0,00309
Συνολικό κόστος νερού	Κόστος από ηλεκτρική ενέργεια, €/m ³	0,27810
	Σύνολο κόστους από χημικά, €/m ³	0,15309
	Άλλα αναλώσιμα, €/m ³	0,06571
	Σύνολο κόστους παραγόμενου νερού, €/m³	0,43880
	Σύνολο κόστους παραγόμενου νερού μετά από 5 χρόνια που πιθανά γίνει η πρώτη αλλαγή των μεμβρανών, €/m³	0,49690

Συμπερασματικά, ισχύει:

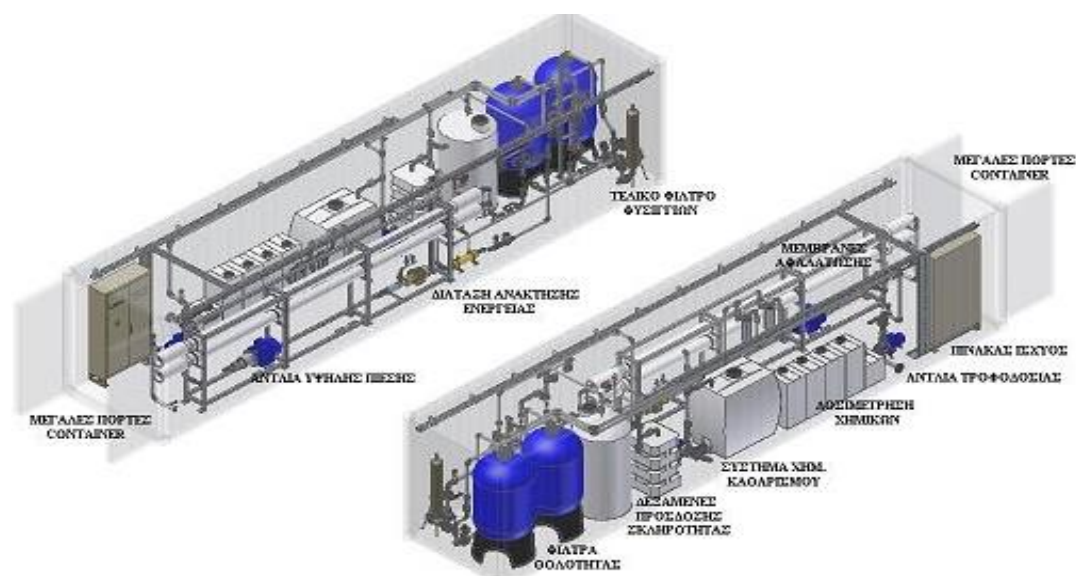
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ ΠΟΣΙΜΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
Συνολικό Κόστος για τα 5 πρώτα χρόνια λειτουργίας	Συνολικό Κόστος μετά τα 5 πρώτα χρόνια λειτουργίας που πιθανά να γίνει η πρώτη αλλαγή των μεμβρανών
0,439 €/m ³ παραγόμενου νερού	0,497 €/m ³ παραγόμενου νερού

Σημείωση

Το παραπάνω λειτουργικό κόστος δεν περιλαμβάνει το ηλεκτρικό ρεύμα που καταναλώνει η αντλία που θα πληρώνει τη δεξαμενή τροφοδοσίας και την αντλία προώθησης από το φίλτρο πρόσδοσης σκληρότητας, αφού δε μπορεί να υπολογιστεί άλλωστε με ακρίβεια, διότι δεν είναι γνωστές όλες οι λεπτομέρειες που αφορούν την εγκατάσταση (π.χ. η υψομετρική διαφορά κ.λπ)

6.3.4 Οικονομικά στοιχεία

Το οικονομικό κόστος για την προμήθεια και εγκατάσταση των δύο μονάδων αφαλάτωσης πλήρως εγκατεστημένες σε containers προς παραγωγή 700 m³/d (2 X 350 m³/d) επεξεργασμένου πόσιμου νερού εκτιμάται ότι ανέρχεται στο ποσό των 400.000€ βάσει προσφοράς που δόθηκε από εταιρία που δραστηριοποιείται στο χώρο επεξεργασίας νερού.



Εικ.6.3: Μονάδες αφαλάτωσης πλήρως εγκατεστημένες σε containers

6.4 Συνολική δυναμικότητα δημοτικών δεξαμενών

Οι δημοτικές δεξαμενές όπως παρουσιάστηκαν στο κεφ. 4.3 αποτελούν την αφετηρία για την υδροδότηση του εκάστοτε οικισμού που εξυπηρετούν. Λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους χωρίς να είναι συνδεδεμένες σε ένα σύστημα εξωτερικού υδραγωγείου. Η συνολική δυναμικότητα των υφιστάμενων δεξαμενών είναι 2700m^3 και αυτή η ποσότητα θεωρείται ως απόθεμα για να καλύψει το έλλειμμα που μπορεί να προκύψει ανά περίοδο στο δίκτυο ύδρευσης. Το έλλειμμα αυτό παρουσιάζεται το μήνα Αύγουστο καθώς μέχρι και τον Ιούλιο οι παροχές από τα σημεία υδροληψίας καλύπτουν απόλυτα την ζήτηση. Σκοπός για τις μελλοντικές προβλέψεις είναι να χρησιμοποιείται μέρος του αποθέματος αυτού αλλά να μην εξαντλείται. Να υπάρχει δηλαδή απρόσκοπτη παροχή νερού στους οικισμούς και συγχρόνως να εξασφαλίζεται ένας βαθμός ασφάλειας ως προς την παροχή νερού στους οικισμούς σε περίπτωση βλάβης, αστοχίας στις μελλοντικές εκτιμήσεις κτλ.

Στο παρόν κεφάλαιο θα προταθεί η αύξηση της συνολικής δυναμικότητας των δεξαμενών ρύθμισης με την κατασκευή νέων δεξαμενών καθώς και η υλοποίησή τους. Το μέγεθος των δεξαμενών αυτών θα πρέπει να κινηθεί στα πρότυπα των ήδη υπάρχοντων δηλαδή μεταξύ 350m^3 - 1000m^3 ενώ το υλικό κατασκευής τους δεν θα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα αντίθετα θα προταθούν προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές νερού.

6.4.1 Προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές νερού

Οι προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές νερού που προτείνονται συνοδεύονται απ' όλα τα πιστοποιητικά ποιότητας και πιστοποιητικά ασφαλείας τα οποία εναρμονίζονται πλήρως με την εθνική και διεθνή νομοθεσία.



Εικ.6.4: Προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές

Τεχνικά χαρακτηριστικά λύσης

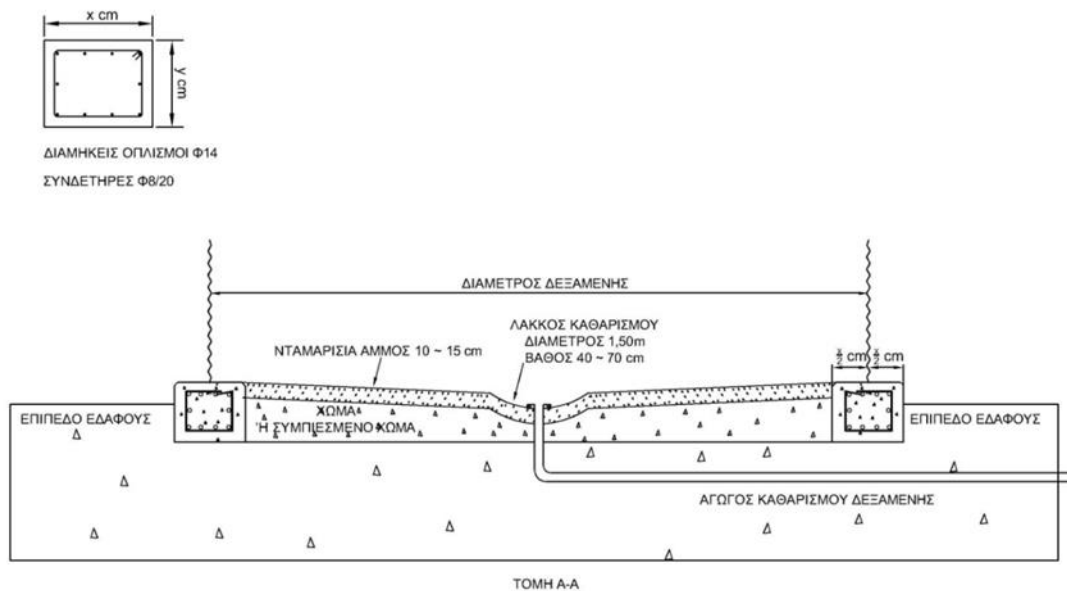
A. Βάση δεξαμενής

Η βάση για την έδραση της δεξαμενής που προτείνεται αποτελείται από μια έξυπνη, οικονομική και ιδιαίτερα ανθεκτική κατασκευή. Συγκεκριμένα, σε σταθερό, ισοπεδωμένο και επίπεδα διαμορφωμένο έδαφος, κατασκευάζεται κυκλικό στεφάνι από κατάλληλα οπλισμένο σκυρόδεμα. Το μεταλλικό σώμα της δεξαμενής τοποθετείται και πακτώνεται στο μέσο του τσιμεντένιου στεφανιού. Για την κατασκευή του τσιμεντένιου στεφανιού απαιτείται εκσκαφή όπου θα τοποθετηθεί μέσα το σκυρόδεμα (το τσιμεντένιο στεφάνι εξέχει του εδάφους 10 εκατοστά). Εντός του κυκλικού δίσκου που σχηματίζεται από το τσιμεντένιο στεφάνι τοποθετείται στρώμα άμμου πάχους 10 εκατοστών. Πάνω στο στρώμα της άμμου “πατά” η στεγανωτική μεμβράνη αφού παρεμβληθεί ειδικό υπόστρωμα (γεωφάσμα).

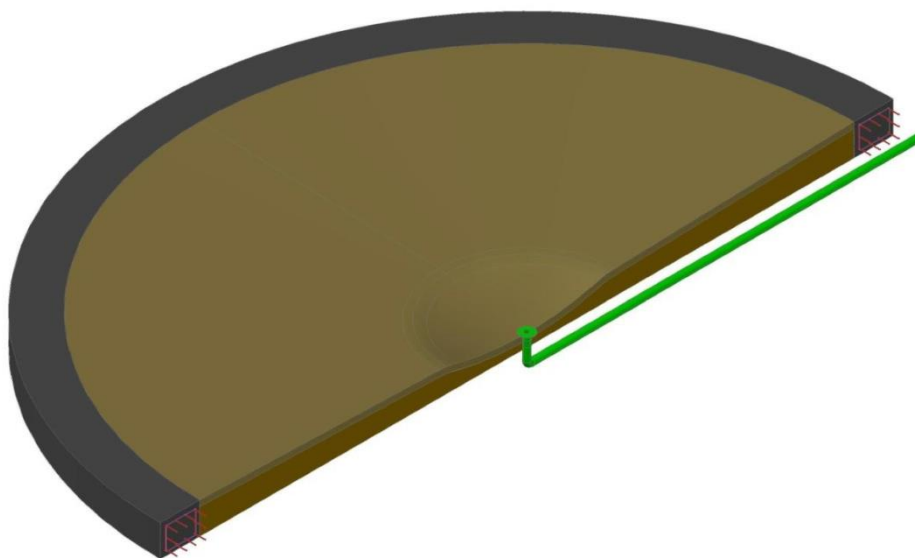
Αυτού του είδους η βάση προστατεύει την δεξαμενή από μικρομετακινήσεις του εδάφους που οφείλονται σε σεισμούς ή μικρές καθιζήσεις, δεδομένου ότι αυτές οι μικρομετακινήσεις απορροφούνται από την απλή παραμόρφωση του στρώματος της άμμου. Επίσης το

τσιμεντένιο στεφάνι είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό διότι κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, βάση μελέτης διπλωματούχου πολιτικού μηχανικού.

Η οικονομία στην κατασκευή αυτής της βάσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν καλύπτεται με σκυρόδεμα ολόκληρη η επιφάνεια της βάσης, αλλά μόνο το κυκλικό στεφάνι. Κατά την κατασκευή του τσιμεντένιου στεφανιού μπορεί να τοποθετηθεί σύστημα σωληνώσεων για την αποστράγγιση και τον καθαρισμό της δεξαμενής. Για να τοποθετηθεί το σύστημα αποστράγγισης, σχηματίζεται λάκκος κατάλληλων διαστάσεων στο κέντρο της βάσης στον οποίο θα συγκεντρώνονται τα νερά ώστε να γίνεται πλήρες άδειασμα του περιεχόμενου νερού.



Εικ. 6.5: Τομή Α-Α βάσης προκατασκευασμένης δεξαμενής



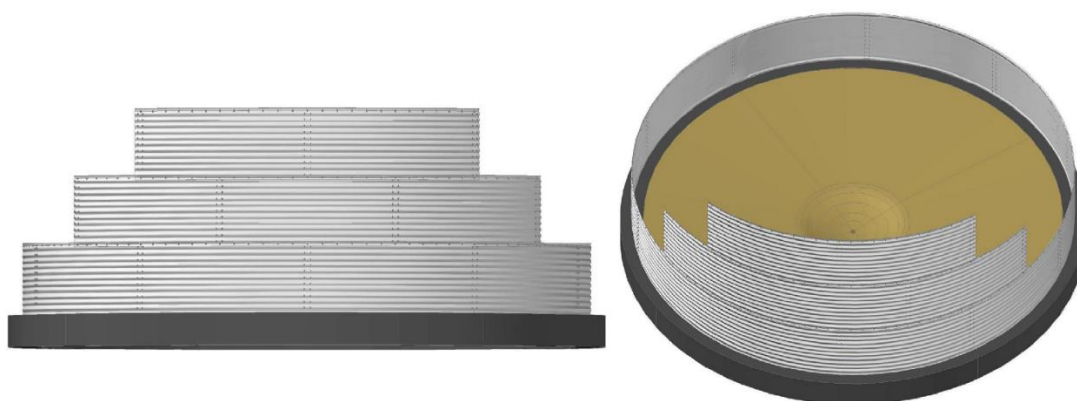
Εικ.6.6: Τρισδιάστατη απεικόνιση βάσης – αγωγός αποστράγγισης

B. Εξωτερικό πλαίσιο δεξαμενής

Οι δεξαμενές που προτείνονται είναι πλήρως προκατασκευασμένες, μεταφέρονται και συναρμολογούνται στον χώρο εγκατάστασης. Είναι κυλινδρικού σχήματος προσφέροντας καλύτερη κατανομή των φορτίων που ασκούνται στα μεταλλικά τοιχώματα. Κατασκευάζονται από γαλβανισμένα εν θερμώ φύλλα λαμαρίνας (DX51D+Z EN 10346:2009, κατηγορίας S235) κυματοειδούς μορφής με επικάλυψη γαλβανίσματος Z275 gr/m². Οι δεξαμενές από φύλλα λαμαρίνας κυματοειδούς μορφής έχουν τη μέγιστη αντοχή στις ασκούμενες υδροστατικές πιέσεις και οποιεσδήποτε άλλες καταπονήσεις (σεισμό, άνεμο, κ.ά.). Η διαμόρφωση της λαμαρίνας από επίπεδη σε κυματοειδή μορφή είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη της μέγιστης αντοχής των πλευρικών τοιχωμάτων της δεξαμενής. Το κάθε κύμα που σχηματίζεται δημιουργεί ένα ιδιαίτερα ισχυρό νεύρωμα στη λαμαρίνα που την κάνει να έχει πέντε φορές μεγαλύτερη δύναμη σε σχέση με μια επίπεδη λαμαρίνα ίδιου πάχους.

Η σύνθεση του σώματος της δεξαμενής πραγματοποιείται σχηματίζοντας κυκλικούς δακτυλίους με τη συναρμολόγηση φύλλων λαμαρίνας κυματοειδούς μορφής και

χρησιμοποιώντας ειδικού τύπου στρογγυλοκέφαλες βίδες διατομής M10. Στο εξωτερικό σώμα της δεξαμενής δεν χρησιμοποιείται κάποιου είδους κόλληση (όπως ηλεκτροσυγκόλληση, οξυγονοκόλληση κ.ά.). Συναρμολογώντας περισσότερους του ενός δακτυλίου καθ' ύψος, με σταυρωτή τοποθέτηση των συνδέσεων, δίνεται το τελικό σχήμα και μέγεθος της δεξαμενής.



Εικ.6.7: Απεικόνιση σύνδεσης λαμαρινών- κύριος κορμός δεξαμενής

Οι διαστάσεις του κάθε φύλλου κυματοειδούς λαμαρίνας δεν υπερβαίνουν το 3,14m πλάτος και 0,90m ύψος ώστε σε περίπτωση αντικατάστασής τους το βάρος να είναι το ελάχιστο δυνατό. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια ισχυρή κατασκευή χωρίς ταλαντώσεις, ανθεκτική στις δονήσεις, στις υδροστατικές πιέσεις και στους πλευρικούς ανέμους. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα ο οποίος είναι ανθεκτικός στη διάβρωση/οξείδωση. Το πάχος κάθε φύλλου κυματοειδούς λαμαρίνας εξαρτάται από το μέγεθος και το ύψος της δεξαμενής και κυμαίνεται από 0,8mm έως 2,0mm, κλιμακώνεται και αυξάνεται προς τα κατώτερα φύλλα της δεξαμενής όπου αυξάνονται αναλογικά και οι υδροστατικές πιέσεις. Η επιλογή του πάχους κάθε λαμαρίνας καθορίζεται με βάση στατική μελέτη διπλωματούχου πολιτικού μηχανικού έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μηχανική αντοχή και η στατική επάρκεια της δεξαμενής.

Για την επίτευξη μέγιστης αντοχής στη διάβρωση, εγκαθίσταται ανόδιο μαγνησίου στις δεξαμενές. Το ανόδιο μαγνησίου έχει την ιδιότητα να διαβρώνεται στην θέση του σώματος της δεξαμενής αυξάνοντας θεαματικά τη διάρκεια ζωής της δεξαμενής. Στην περίπτωση που κάποια δεξαμενή τοποθετηθεί κοντά στη θάλασσα, σε απόσταση λιγότερο από 500 μέτρα, ή κοντά σε βαριά βιομηχανοποιημένη περιοχή όπου οι συνθήκες διάβρωσης/οξειδωσης είναι έντονες, το μεταλλικό της σώμα θα πρέπει να κατασκευαστεί από ανοξείδωτα φύλλα κυματοειδούς λαμαρίνας (AISI 304 ή AISI 316) και ανοξείδωτες βίδες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση ανοξείδωτων υλικών διασφαλίζει απεριόριστη διάρκεια ζωής στο μεταλλικό σώμα της δεξαμενής.

Γ. Εσωτερική επένδυση

Εντός της δεξαμενής, τόσο στον πυθμένα όσο και στα τοιχώματα, τοποθετείται υπόστρωμα από κατάλληλο γεωύφασμα βάρους από 200 gr/m² έως 500 gr/m², ανάλογα με τις διαστάσεις και την χωρητικότητα της δεξαμενής. Το υπόστρωμα αποτελείται από μη υφαντό γεωύφασμα από 100% παρθένο πολυπροπυλένιο σταθεροποιημένο έναντι υπεριώδους ακτινοβολίας. Είναι ανθεκτικό σε χημικές ουσίες στο έδαφος, μύκητες, έντομα και είναι μη βιοαποικοδομήσιμο. Είναι μη εύφλεκτο υλικό DIN 4102-1 «κλάση B2».

Για την γρήγορη και αποτελεσματική τοποθέτηση του υποστρώματος, το γεωύφασμα υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία όπου διαμορφώνεται έτσι ώστε να καλύπτει με μεγάλη ακρίβεια το κυκλικό σχήμα του πυθμένα και τα τοιχώματα της δεξαμενής. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια ομοιόμορφη τοποθέτηση του υποστρώματος με τέλεια κάλυψη, χωρίς κενά σε κάθε εσωτερικό σημείο της δεξαμενής. Επίσης στο κέντρο του πυθμένα όπου τοποθετείται ο σωλήνας καθαρισμού γίνεται κατάλληλη διαμόρφωση στο υπόστρωμα ώστε να εφαρμόζει τέλεια στο φλαντζωτό στόμιο.

Δ. Σάκος στεγανοποίησης

Εσωτερικά η δεξαμενή καλύπτεται και στεγανοποιείται με έναν ειδικό σάκο στεγανοποίησης κατασκευασμένο από θερμοπλαστική μεμβράνη εύκαμπτου πολυπροπυλενίου (FPP). Πρόκειται για υλικό χωρίς εσωτερική ενίσχυση (μη οπλισμένο), κατασκευάζεται από μη ανακυκλωμένο πρωτογενές υλικό, είναι κατάλληλο για αποθήκευση πόσιμου νερού και συνοδεύεται από όλα τα πιστοποιητικά καταλληλότητας και τεχνικών χαρακτηριστικών. Το υλικό αυτό είναι Ελληνικής προέλευσης, και είναι το μοναδικό προϊόν που κυκλοφορεί στην Ελληνική αγορά το οποίο είναι πιστοποιημένο από το Γενικό Χημείο του Κράτους και από αναγνωρισμένα διεθνή εργαστήρια. Το συγκεκριμένο υλικό αποτελεί την πλέον σύγχρονη μορφή στεγανωτικής μεμβράνης αφού συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα από κάθε άλλο υλικό. Διαθέτει πολύ μεγάλη ελαστικότητα και ανθεκτικότητα έναντι των σχισμάτων, τρυπημάτων και έχει μεγάλη αντοχή σε διάφορες καταπονήσεις καθώς και ιδιαίτερα μεγάλη αντοχή έναντι των υπεριωδών ακτινών του ήλιου. Μπορεί να συντηρήσει το πόσιμο νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς να προσδίδει σ' αυτό δυσάρεστες οσμές. Το πάχος της στεγανωτικής μεμβράνης κυμαίνεται από 0,6 mm έως 1,0 mm ανάλογα με τις διαστάσεις και την χωρητικότητα της δεξαμενής.

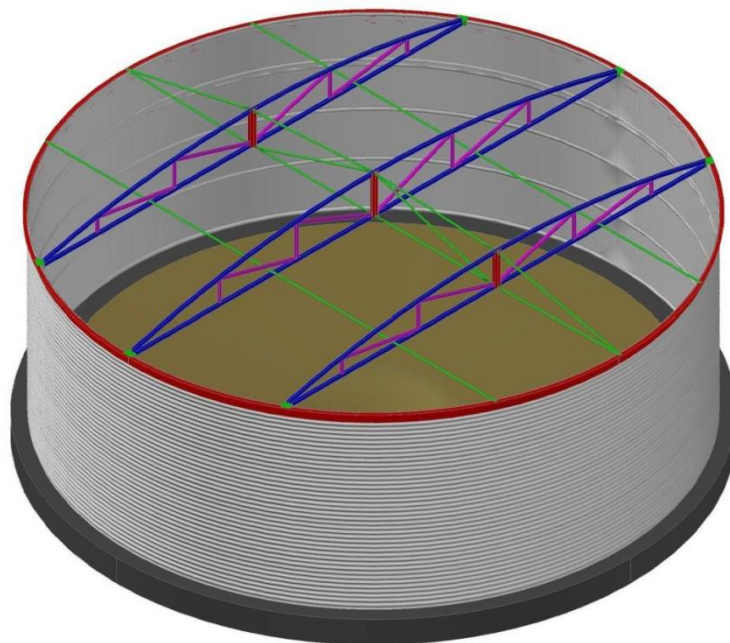
Η στεγανωτική μεμβράνη τοποθετείται εντός του μεταλλικού σώματος της δεξαμενής διαχωριζόμενη από τον πυθμένα και τα μεταλλικά τοιχώματα με γεώφασμα κατάλληλου πάχους και πυκνότητας (υπόστρωμα από γεώφασμα). Η στεγανωτική μεμβράνη δεν έρχεται σε επαφή με τον πυθμένα και τα μεταλλικά μέρη της δεξαμενής. Η στερέωσή της γίνεται περιμετρικά και στο ανώτερο χείλος του μεταλλικού σώματός της με ειδικές βίδες.

Για την προστασία του περιεχόμενου της δεξαμενής εφαρμόζεται κλειστός σάκος στεγανοποίησης στις δεξαμενές που προορίζονται για αποθήκευση πόσιμου νερού. Για τον λόγο αυτό τοποθετούμε όμοιας ποιότητας σκέπασμα στο ανώτερο μέρος του σάκου στεγανοποίησης (πάνω από τη στάθμη του νερού) το οποίο στη συνέχεια στερεώνουμε στη μεταλλική οροφή της δεξαμενής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε απόλυτη προστασία του

νερού, αφού ακόμα και η ποσότητα νερού που εξατμίζεται δεν μπορεί να έρθει σε επαφή με κανένα μεταλλικό μέρος της δεξαμενής ή της οροφής. Η υγροποίηση που δημιουργείται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, εγκλωβίζεται εντός του κλειστού σάκου στεγανοποίησης προσφέροντας στην δεξαμενή δύο βασικά πλεονεκτήματα α) αυξάνει την διάρκεια ζωής των μεταλλικών μερών λόγω μειωμένων συνθηκών διάβρωσης/οξειδωσης και β) προσφέρει απόλυτη προστασία του περιεχομένου της δεξαμενής αφού καμία ποσότητα νερού δεν έρχεται σε επαφή με μεταλλικά μέρη του εξωτερικού κελύφους ή της σκεπής.

Ε. Στέγη δεξαμενής

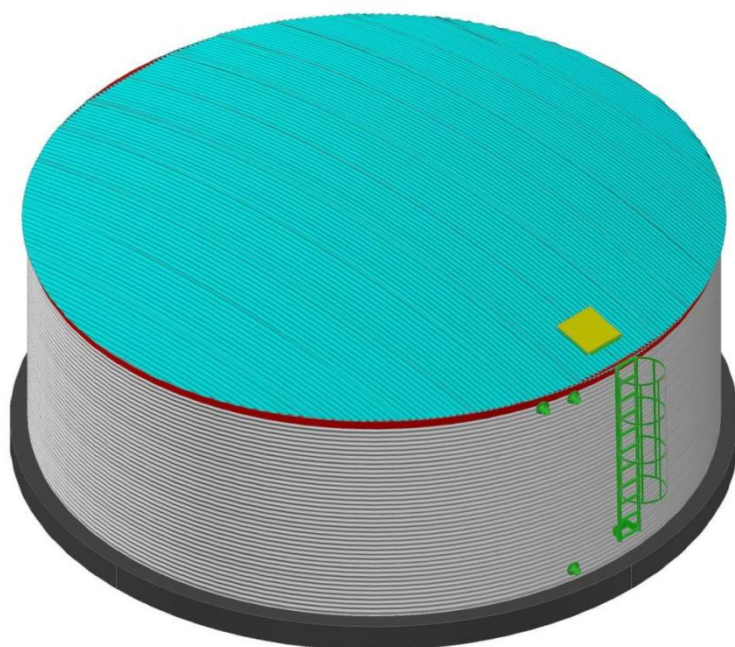
Η στέγη για τις δεξαμενές νερού χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη αισθητική και αντοχή. Ο σχεδιασμός της έχει γίνει χρησιμοποιώντας τα αυστηρότερα πρότυπα κατασκευής και στατικής ανάλυσης. Κατασκευάζεται με τη χρήση τοξοτών ψαλιδιών κατασκευασμένα από προφίλ θερμογαλβανισμένου χάλυβα .



Εικ. 6.8: Σκελετός στερέωσης στέγης δεξαμενής

Στηρίζεται στα τοιχώματα του μεταλλικού σώματος της δεξαμενής (με τη χρήση κατάλληλων ελασμάτων), τα οποία είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά να στηρίξουν το βάρος της στέγης αφού είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένη λαμαρίνα κυματοειδούς μορφής. Τα φορτία της κατασκευής κατανέμονται κατάλληλα στο μεταλλικό σώμα της δεξαμενής και μόνο χωρίς να είναι αναγκαία η τοποθέτηση εσωτερικού πυλώνα ή οποιουδήποτε άλλου μεταλλικού στοιχείου εντός του χώρου αποθήκευσης του νερού. Αξιοποιώντας τον εξαιρετικό σχεδιασμό της στέγης της δεξαμενής, δεν χρειάζεται αποσυναρμολόγηση κάποιου στοιχείου της δεξαμενής ή της οροφής σε περίπτωση μελλοντικής επιδιόρθωσης ή αντικατάστασης του σάκου στεγανοποίησης.

Το μήκος και ο αριθμός των τοξοτών ψαλιδιών (ζευκτών) εξαρτάται από το μέγεθος και τη διάμετρο της δεξαμενής και καθορίζονται από τη στατική μελέτη του μηχανικού. Η πλήρης κάλυψη της στέγης γίνεται με τη χρήση γαλβανισμένων εν θερμώ φύλλων λαμαρίνας κυματοειδούς μορφής, πάχους από 0,6 mm έως 1,00 mm, τα οποία βιδώνονται πάνω στα ψαλίδια (ζευκτά) με αυτοδιάτρητες βίδες.



Εικ. 6.9: Άποψη στέγης- ανθρωποθυρίδας- σκάλας ασφαλείας

Περιμετρικά η στέγη και ειδικά το τελείωμα των φύλλων λαμαρίνας εφάπτεται πάνω σε ειδικά διαμορφωμένο μεταλλικό έλασμα και ανάμεσά τους παρεμβάλλεται στεγανωτικό υλικό όπου απομονώνει το εσωτερικό της δεξαμενής με το εξωτερικό περιβάλλον. Η στέγη αυτή έχει ιδιαίτερα μεγάλη αντοχή και κλίση για την γρήγορη απομάκρυνση των νερών της βροχής και του χιονιού. Διαθέτει ανθρωποθυρίδα με καπάκι κατάλληλων διαστάσεων ώστε να μπορεί να εισέρχεται εντός της δεξαμενής άνθρωπος για την επιθεώρησή της.

Στην περίπτωση που η δεξαμενή προορίζεται για δασοπροστασία - δασοπυρόσβεση όπου είναι απαραίτητη η λήψη νερού από πυροσβεστικά ελικόπτερα με τη χρήση κάδου, δεν κατασκευάζεται σκέπαστρο αλλά είναι ανοικτού τύπου. Στο άνω μέρος της δεξαμενής τοποθετείται ειδικός σκελετός (στεφάνι) από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα ώστε να ενισχύσει την ακαμψία της δεξαμενής. Ταυτόχρονα με τον εφοδιασμό εναέριων μέσων, η δεξαμενή μπορεί να εφοδιαστεί με κατάλληλες εξόδους νερού ώστε να πληρώνονται τα επίγεια πυροσβεστικά οχήματα.

ΣΤ. Εισαγωγή – Εξαγωγή νερού

Για την εισαγωγή του νερού και την πλήρωση της δεξαμενής κατασκευάζεται ειδικός φλαντζωτός σύνδεσμος ο οποίος στερεώνεται με βίδες στο μεταλλικό σώμα της δεξαμενής και στεγανοποιείται με πλαστική φλάντζα με τη μεμβράνη στεγάνωσης. Τοποθετείται στο ανώτερο δυνατό ύψος της δεξαμενής. Όμοια κατασκευή τοποθετείται κοντά στην εισαγωγή του νερού που χρησιμοποιείται ως υπερχειλίση. Επίσης φλαντζωτός σύνδεσμος τοποθετείται και στο κατώτερο δυνατό ύψος της δεξαμενής και χρησιμοποιείται ως εξαγωγή.

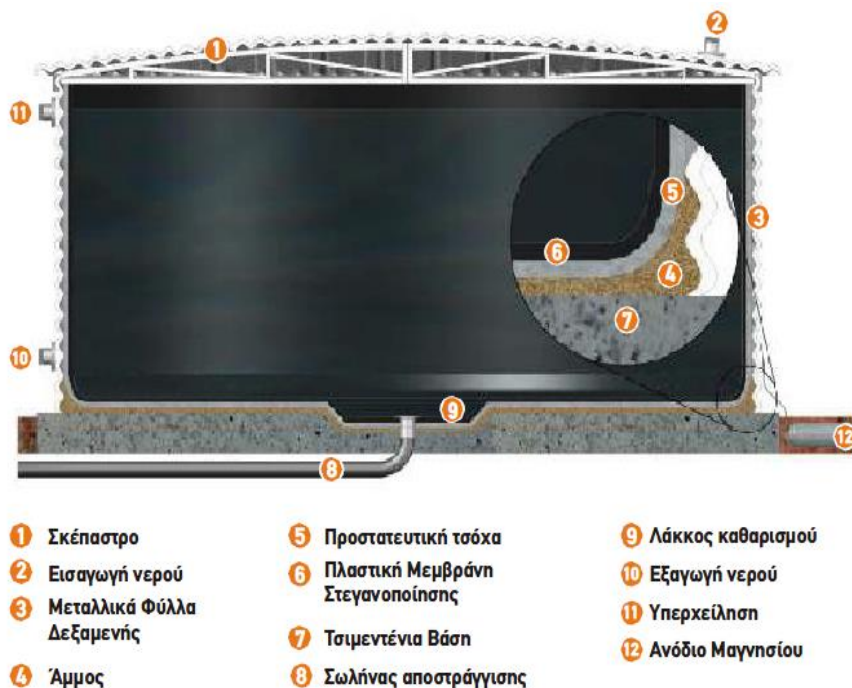
Οι προαναφερόμενες εισαγωγές - εξαγωγές κατασκευάζονται από χυτό αλουμίνιο μεγάλου πάχους και μπορεί να φέρουν στο άκρο τους σπείρωμα για να συνδεθούν με τους αντίστοιχους σωλήνες εισαγωγής - εξαγωγής του νερού. Στον πυθμένα και στο κέντρο της δεξαμενής τοποθετείται σωλήνας PVC ή άλλου υλικού, ως αγωγός αποστράγγισης και καθαρισμού ο οποίος ενώνεται με τη στεγανωτική μεμβράνη με τη χρήση φλαντζωτού

συνδέσμου. Η τοποθέτηση του σωλήνα αυτού γίνεται κατά την κατασκευή της βάσης και στερεώνεται κάτω ή εντός του σκυροδέματος. Η διάμετρος των παραπάνω σωλήνων συνήθως είναι από 2” έως 3”.

Z. Ανθρωποθυρίδα

Στην οροφή της δεξαμενής τοποθετείται ανθρωποθυρίδα έτσι ώστε να είναι δυνατή η είσοδος στο εσωτερικό της δεξαμενής για τον έλεγχο και τον καθαρισμό αυτής. Στο σκέπαστρο της ανθρωποθυρίδας υπάρχει εγκοπή στην οποία μπορεί να μπει λουκέτο και να κλειδώσει. Η ανθρωποθυρίδα είναι κατασκευασμένη από θερμογαλβανισμένα ελάσματα χάλυβα και έχει διαστάσεις 800x800 mm. Οι διαστάσεις της ανθρωποθυρίδας αυτής είναι αρκετές για να μπορέσει να τοποθετηθεί εντός της δεξαμενής ο σάκος στεγανοποίησης σε περίπτωση που πρέπει να αλλάχθει. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε την αποσυναρμολόγηση τμημάτων της δεξαμενής σε περίπτωση αλλαγής της μεμβράνης.

Στο κυρίως σώμα της δεξαμενής, σε σημείο κοντά στην ανθρωποθυρίδα, τοποθετείται σκάλα ασφαλείας η οποία επιτρέπει την ασφαλή και εύκολη πρόσβαση στην σκεπή της δεξαμενής. Η σκάλα αυτή κατασκευάζεται από θερμογαλβανισμένο χάλυβα και υπάρχει κιγκλίδωμα ασφαλείας για την προστασία των ατόμων που ανεβαίνουν. Κατασκευάζεται από ελάσματα θερμογαλβανισμένου χάλυβα πάχους 1,80 mm και το κιγκλίδωμα ασφαλείας από ελάσματα θερμογαλβανισμένου χάλυβα πάχους 3,00 mm. Η σκάλα ασφαλείας βιδώνεται πάνω στο κυρίως σώμα της δεξαμενής στους είδη υπάρχοντες κοχλίες M10x25.



Εικ. 6.10: Φωτορεαλιστική απεικόνιση δεξαμενής

6.4.2 Οικονομικά στοιχεία

Το οικονομικό κόστος για την προμήθεια και τοποθέτηση μίας δεξαμενής χωρητικότητας 522m³ σε χώρο που θα υποδείξει ο Δήμος κοστολογείται στις 28.000 ευρώ. Για αύξηση της δυναμικότητας του αποθέματος κατά 1044 m³, δηλαδή για την τοποθέτηση δύο δεξαμενών το κόστος ανέρχεται στις 56.000 ευρώ. Ενδεικτικά στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται διαστάσεις και κόστος για δύο τυποποιημένες προκατασκευασμένες μεταλλικές δεξαμενές.

Πίνακας 6.14: Οικονομικά –Τεχνικά στοιχεία προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών

	Ύψος(m)	Χωρητ/τα (m ³)	Διάμετρος (m)	Τιμή (ευρώ) προ ΦΠΑ
1	3.36	522	13.38	28.000
2	1.70	950	27.00	54.000

Να σημειωθεί ότι στην τιμή των 56.000 ευρώ δεν περιλαμβάνονται εργασίες χωματισμών και κατασκευής του στεφανίου βάσης από οπλισμένο σκυρόδεμα.

6.4.3 Κανονισμοί και πρότυπα προκατασκευασμένων μεταλλικών δεξαμενών

Οι δεξαμενές που προτείνονται στην παρούσα μελέτη είναι ελεγμένες για την στατική τους επάρκεια τόσο για το σώμα της δεξαμενής όσο και για το σώμα της δεξαμενής μαζί με το μεταλλικό σκέπαστρο. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των δεξαμενών έχει γίνει με βάση τους κανονισμούς που αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6.15: Κανονισμοί σχεδιασμού και κατασκευής μεταλλικών δεξαμενών

EN 1990	Ευρωκώδικας 0: Βάσεις Σχεδιασμού των Φερουσών Κατασκευών
EN 1991	Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών.
EN1993	Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα.
EN1998	Ευρωκώδικας 8: Σχεδιασμός αντισεισμικών κατασκευών.
EN 10346:2009	Συνεχώς εν θερμώ επιστρωμένα επίπεδα προϊόντα χάλυβα - Τεχνικοί όροι παράδοσης.
EN 10292:2007	Συνεχώς εν θερμώ επιστρωμένες λωρίδες και φύλλα χάλυβα υψηλού ορίου διαρροής για ψυχρή έλαση - Τεχνικοί όροι παράδοσης.
EN 10326:2004	Συνεχώς εν θερμώ επιστρωμένες λωρίδες και φύλλα χάλυβα - Τεχνικοί όροι παράδοσης.
EN 10327:2004	Συνεχώς εν θερμώ επιστρωμένες λωρίδες και φύλλα χαλύβων χαμηλού ποσοστού άνθρακα για ψυχρή έλαση - Τεχνικοί όροι παράδοσης.
EN ISO 2956:1999	Γεωφάσματα και σχετικά προϊόντα – Καθορισμός του χαρακτηριστικού μεγέθους οπών.
EN ISO 1058:1999	Γεωφάσματα και σχετικά προϊόντα – Καθορισμός των χαρακτηριστικών διαπερατότητας ύδατος κάθετα στο επίπεδο, χωρίς φορτίο.
EN ISO 2958:1999	Γεωφάσματα και σχετικά προϊόντα – Καθορισμός της παροχής ύδατος εντός του επιπέδου τους.
DIN 4102-1	Δοκιμές Πυρκαγιάς σε Κατασκευαστικά Υλικά – Κατάταξη.
EC 1935/2004	Υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα.
EU 10/2011	Πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα.

Συμπεράσματα

Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων, που θεωρείται από τα σημαντικότερα αίτια της λειψυδρίας, οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων και των επιφανειακών νερών, στην έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, στις κακές υποδομές (δίκτυα ύδρευσης, δεξαμενές, εξοικονόμηση ή ανακύκλωση νερού), αλλά και στις προσωρινές ή μη αποτελεσματικές προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν. Για τις Κυκλάδες η μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία, η δημιουργία φραγμάτων, η ανεξέλεγκτη άντληση υπόγειων νερών από αμέτρητες γεωτρήσεις δεν συνέβαλαν στην επίλυση των προβλημάτων υδροδότησης των άνυδρων νησιών παρά το υψηλό κόστος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η εξασφάλιση της μελλοντικής υδροδότησης στη Φολέγανδρο. Το ξηρό και εύκρατο κλίμα των Κυκλάδων, η ιδιομορφία του εδάφους και ο φτωχός υδροφόρος ορίζοντας αλλά κυρίως οι δημογραφικές αλλαγές με μετακινήσεις μόνιμων και εποχιακών κατοίκων (τουρισμός κυρίως κατά τους θερινούς μήνες) δημιούργησαν προβλήματα λειψυδρίας στα νησιά. Επιβεβλημένη επομένως είναι η ανάγκη εύρεσης νέων, αποτελεσματικών λύσεων και οικονομικά βιώσιμων για την κάλυψη των αναγκών σε νερό.

Η ασφαλέστερη προκύπτει να είναι η πλέον αξιόπιστη λύση στο πρόβλημα υδροδότησης των Ελληνικών άνυδρων νησιών. Η οξύτητα των σημερινών προβλημάτων, η έλλειψη εναλλακτικών επιλογών και κυρίως οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες επιβάλλουν τη δημιουργία σύγχρονων μονάδων ασφαλάτωσης στα νησιά λύνοντας το πρόβλημα υδροδότησης με τον πιο οικονομικό και ευέλικτο τρόπο. Η εξέλιξη ακόμα των ΑΠΕ που έχουν άρρηκτη σχέση με την Ελλάδα, αποτελούν τον τέλειο συνδυασμό για τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου.

Με την υλοποίηση των προτεινόμενων έργων για τη Φολέγανδρο, δηλαδή τη λειτουργία δύο επιπλέον μονάδων ασφαλάτωσης και της αύξησης της χωρητικότητας αποθήκευσης νερού με

την κατασκευή δύο νέων δεξαμενών, το νησί εξασφαλίζει την απρόσκοπτη υδροδότηση των οικισμών μέχρι το έτος 2037. Από κει και έπειτα εμφανίζεται το σημερινό μοντέλο της διακοπτόμενης υδροδότησης. Στην παρούσα φάση δεν θα ήταν οικονομικά εφικτό να γίνει υπερδιαστασιολόγηση του έργου. Με σωστή διαχείριση και μείωση της κατανάλωσης, με συντήρηση του δικτύου ύδρευσης ή αύξηση εισροών με χρήση συμπληρωματικών μη συμβατικών ποσοτήτων το έργο θα καλύπτει απόλυτα τις ποσότητες νερού που απαιτούνται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΕΙΦΟΡΟΣ Σύμβουλοι ΟΤΑ και Επιχειρήσεων, 2012- 2014. «Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Φολεγάνδρου».
- Καρακατσάνης Γ., 2006. «Έρευνα για την Αειφόρο Ανάπτυξη στην Φολεγάνδρο», Δίκτυο Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου ΔΑΦΝΗ.
- Τσακίρης Γ., 2010. «Υδραυλικά Έργα - Σχεδιασμός και Διαχείριση, Τόμος Ι: Αστικά Υδραυλικά Έργα», Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τσακίρης Γ., 2006. «Υδραυλικά Έργα - Σχεδιασμός και Διαχείριση, Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα», Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τσακίρης Γ., 1995. «Υδατικοί Ποροί: Ι. Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τερζίδη Γ.Α., 1997. «Εφαρμοσμένη Υδραυλική», Εκδόσεις Ζήτη.
- Σπηλιώτης Μ. και Τσακίρης Γ., 2008. «Υδρεύσεις Οικισμών», Συμπληρωματικές Πρόχειρες Σημειώσεις, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Αλεξιάκης Α., 2003. «Αφαλάτωση», Εκδόσεις Μιχάλη Σιδέρη.
- Αγγελίδης Ζ., Αθανασίου Χρ. και Υφαντής Γ., 2009. «Νερό, Αειφορική Διαχείριση και Περιβάλλον», Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.
- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, 2003. «Οδηγός Επίβλεψης Μελετών και Κατασκευών, Επίβλεψη μελετών – Υδραυλικά Έργα», Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.
- Φουντουκίδης Γ. Ευάγγελος, 2001. «Αφαλάτωση Νερού με Αντίστροφη Όσμωση», Συμπληρωματικές Σημειώσεις, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Πειραιά.
- Μαρκαντωνάτος Π., 2001. «Επισήμανση Προβλημάτων Ύδρευσης Ν. Πάρου και Προσδιορισμός Αναγκαίων Έργων για την Εξασφάλιση Υδροδότησης».
- Σταυριανάκης Ευάγγελος, 2010. «Ποσοτική και Ποιοτική Εκτίμηση Υδατικών Πόρων Ν. Νισύρου», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Μουτάφης Π., 2008. «Κάλυψη Ζήτησης Ενέργειας και Νερού με Αιολική Ενέργεια και Αφαλάτωση στη Ν. Σίκινο», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Παπαδοπούλου Κατερίνα, 2008. «Εκτίμηση Αναγκών σε νερό και Υδατικό Ισοζύγιο για τη ΒΑ Ρόδο», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Σιγουράς Μαρκοζάννης, 2013. «Σύστημα Αφαλάτωσης Νερού στη Σαντορίνη», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης.

Μεντής Δημήτριος, 2011. «Αφαλάτωση με Χρήση ΑΠΕ στα Άνυδρα Νησιά του Ν. Αιγαίου», Διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ.

Καραχάλιου Π., 2010. «Τεχνολογίες Αφαλάτωσης και Προοπτικές Εφαρμογής στον Ελληνικό Χώρο», Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ.

Μπάτσος Δημήτριος, 2011. «Μαθηματική Προσομοίωση Διάθεσης Άλμης σε Παράκτιες Περιοχές με το μοντέλο CORMIX», Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

Συσκάκη Κ., 2013. «Τεχνολογίες Αφαλάτωσης Νερού Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Εγκατάσταση και Λειτουργία Μονάδων Αφαλάτωσης με Αντίστροφη όσμωση», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Κρήτης.

Διαδικτυακοί Τόποι

www.folegandros.gr

www.grhotels.gr

www.wikipedia.com

www.waterinfo.gr

www.haniotika-nea.gr

www.waterpan.gr

www.tsamisaquarium.gr, (Γη και Ύδωρ)