



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Η. ΚΟΝΤΑΚΟΣ

Επιβλέπων: Ανδρέας Καλλιώρας, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2019

Πρόλογος

Η περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών στη σχολή των Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών Ε.Μ.Π.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το θέμα που πραγματεύεται είναι η διερεύνηση ενεργειακής υποστήριξης αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας νερού από γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας.

Η ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και η επίβλεψη της διπλωματικής, έγινε από τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ανδρέα Καλλιώρα, τον οποίο και θα πρέπει να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την ανεύρεση του θέματος. Επίσης, τον ευχαριστώ για τη χρήσιμη και συνεχή καθοδήγηση του καθώς και για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω ,ασφαλώς, την οικογένεια μου, η οποία υπήρξε στήριγμα για εμένα όλα αυτά τα χρόνια σε κάθε μου βήμα. Η παρουσία τους δίπλα μου συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση των σπουδών μου. Θέλω, λοιπόν, να τους ευχαριστήσω και αφιερώνω σε αυτούς την παρούσα εργασία.

Περίληψη

Η έλλειψη πόσιμου νερού είναι ένα από τα κυριότερα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας. Η εκρηκτική αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, σε συνδυασμό με τη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη έχει οδηγήσει σε μια αυξανόμενη απαίτηση νερού, καθιστώντας την έλλειψη του, κρίσιμο θέμα για την παγκόσμια κοινότητα. Προβλήματα λειψυδρίας, λοιπόν, αντιμετωπίζει και η Ελλάδα με κορύφωση του φαινομένου αυτού στη νησιωτική της περιφέρεια.

Τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, ιδιαίτερα οι Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα, εμφανίζουν έντονο πρόβλημα λειψυδρίας, το οποίο συνδέεται και επιτείνεται από την αύξηση των αναγκών σε νερό λόγω της τουριστικής ανάπτυξης, αλλά και την αστοχία της υδατικής πολιτικής από τους αρμόδιους φορείς. Το υδρολογικό τους ισοζύγιο είναι ελλειμματικό, ενώ οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι και άνισα καταμετρημένοι.

Μέχρι σήμερα, η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των νησιών αυτών πραγματοποιείται, κυρίως, μέσω μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία, διαδικασία η οποία είναι εξαιρετικά κοστοβόρα, καθώς καταβάλλονται από το Ελληνικό Δημόσιο υπέρογκα ποσά. Επίσης, αποτελεί μία προσωρινή λύση χωρίς να εξασφαλίζεται η αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας σε βάθος χρόνου.

Μία κυρίαρχη εναλλακτική λύση στην παραγωγή πόσιμου νερού, είναι η αφαλάτωση. Αποτελεί μία αξιόπιστη και αδιαμφισβήτητα οικονομικότερη λύση για τον ανεφοδιασμό των νησιών της χώρας με πόσιμο νερό.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στο νησί της Μήλου, στις υδρευτικές ανάγκες του νησιού και παραθέτει μία μόνιμη λύση για την κάλυψη τους. Σκοπός της εργασίας είναι η κάλυψη των αναγκών της Μήλου σε πόσιμο νερό με τη διαδικασία της αφαλάτωσης, οι ενεργειακές απαιτήσεις της οποίας θα καλύπτονται μέσω της γεωθερμίας του νησιού.

Σκοπός της εργασίας, αρχικά, είναι να υπολογιστεί η ζήτηση του νησιού σε νερό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, που κορυφώνεται η ζήτηση. Στη συνέχεια, θα προταθεί η εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης (αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας) θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού κατάλληλης δυναμικότητας, ώστε να καλύπτονται οι απαιτούμενες ανάγκες σε νερό. Οι μονάδες αυτές θα είναι ενεργειακά αυτόνομες, καθώς θα συνδυαστούν με ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων, κυρίως υψηλής ενθαλπίας, της περιοχής. Τέλος, θα υποδειχθούν και κάποιες πιθανές θέσεις των εγκαταστάσεων που προαναφέρθηκαν, σε σημεία που δεν θα επηρεάζουν τόσο την κανονικότητα της ζωής των κατοικήσιμων οικισμών όσο και το περιβάλλον της περιοχής.

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στοιχεία περί της γεωθερμικής ενέργειας, και αναλύονται, συνοπτικά, οι μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων. Επίσης, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση της κατάστασης της γεωθερμίας, μέχρι σήμερα, στην Ελλάδα. Το κεφάλαιο αυτό, συνεχίζεται με αναφορά στις τεχνολογίες αφαλάτωσης, όπου περιγράφονται, σύντομα, όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης με ιδιαίτερη εμβάθυνση στη τεχνολογία και λειτουργία της αντίστροφης ώσμωσης.

Το 2^ο Κεφάλαιο αναφέρεται στο νησί της Μήλου, παρουσιάζει το ανάγλυφο του, τις γεωλογικές και τις υδρογεωλογικές του συνθήκες, αλλά εστιάζει κυρίως στα γεωθερμικά του πεδία υψηλής ενθαλπίας. Ακόμη, συνεχίζει παρουσιάζοντας το ιστορικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί και προτείνοντας ορισμένες πιθανές θέσεις μίας ενδεχόμενης νέας εγκατάστασης γεωθερμοηλεκτρικού σταθμού στην ευρύτερη περιοχή.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η υδρευτική κατάσταση που επικρατεί στη Μήλο και αναφέρονται αναλυτικά οι καταναλώσεις σε πόσιμο νερό στο νησί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το πρόβλημα της λειψυδρίας, γενικά, στη νησιωτική περιφέρεια της χώρας, αναφέροντας τους παράγοντες που την προκαλούν και την επιδεινώνουν. Επίσης, παρουσιάζονται οι τρόποι κάλυψης των αναγκών σε νερό, οι οποίοι είναι προσωρινοί και μη αποτελεσματικοί. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις αποκεντρωμένες μονάδες αφαλάτωσης με ΑΠΕ. Παράλληλα, δίνονται παραδείγματα τέτοιων εγκαταστάσεων, ορισμένα εκ των οποίων περιγράφονται εκτενέστερα. Τέλος, παρατίθενται κάποια μοντέλα ειδικά σχεδιασμένων συστημάτων επεξεργασίας από εταιρίες που ειδικεύονται στην επεξεργασία νερού.

Στο 5^ο Κεφάλαιο προτείνεται μία λύση για την κάλυψη των αναγκών της Μήλου σε πόσιμο νερό, δηλαδή προτείνονται αποκεντρωμένες μονάδες αφαλάτωσης κατάλληλης δυναμικότητας, ώστε να καλύπτουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις σε νερό του νησιού.

Abstract

Lack of drinking water is one of the main problems of modern society. The explosive growth of the world's population, coupled with socio-economic development, has led to an increasing demand for water, making it lacking, a crucial issue for the global community. So problems of water scarcity are also faced by Greece with the peak of this phenomenon in its island region.

The rugged Aegean islands, particularly the Cyclades and the Dodecanese Islands, have a severe water scarcity problem, which is linked to and intensified by the increase in water needs due to tourism development and the failure of water policy by the relevant bodies. Their hydrological balance is deficient, while available resources are limited and unequally distributed.

So far, the water supply needs of these islands have been met, mainly through the transport of water by water-carriers, a process which is extremely costly, as the amounts paid by the Greek State are too high. It is also a temporary solution without ensuring that the problem of lack of moisture is addressed over time.

A predominant alternative to the production of drinking water is desalination. It is a credible and undoubtedly more economical solution for refueling the country's islands with drinking water.

This diploma thesis focuses on the island of Milos, the water supply needs of the island and provides a permanent solution to cover them. The aim of the project is to meet the needs of Milos in drinking water with the desalination process, the energy requirements of which will be covered through the geothermal energy of the island.

The purpose of the work, first of all, is to estimate the island's demand for water throughout the year and especially in the summer months, which is the peak of demand. Then, it will be proposed to install seawater or brackish water desalination plants (decentralized treatment plants) of adequate capacity to meet the required water needs. These plants will be energy autonomous as they will be combined with an electric power plant by exploiting the geothermal fields, mainly of high enthalpy, of the area. Last but not least, some possible locations of the aforementioned facilities will be pointed out in points that will not affect both the regularity of living in the inhabited settlements and the environment of the area.

Chapter 1 presents some basic facts about geothermal energy, and briefly analyzes the methods of generating electricity through the exploitation of geothermal fields. Also, a brief presentation of the state of geothermal energy, so far, in Greece, is made. This chapter continues with reference to desalination technologies, where all desalination methods with a deepening of reverse osmosis function are briefly described.

The 2nd Chapter refers to the island of Milos, it presents its relief, geological and hydrogeological conditions, but focuses mainly on its geothermal fields of high enthalpy. He also continues presenting the history of electricity production on the island and suggesting some possible locations for a possible new installation of a geothermic power plant in the wider region.

The 3rd chapter presents the Milos hydraulic condition and analyzes the consumption of drinking water on the island throughout the year.

Chapter 4 describes the problem of water scarcity in general in the island's periphery, citing the factors that cause it and aggravate it. Also, there are presented how to meet the water needs, which are temporary and inefficient. Then reference is made to decentralized desalination plants with RES. At the same time, examples are given of such facilities, some of which are described more extensively. Finally, some models of specially designed processing systems are listed by companies specializing in water treatment.

In Chapter 5 a solution is proposed to meet Milos' needs for drinking water, i.e. decentralized desalination units of adequate capacity are proposed to effectively meet the water requirements of the island.

Πρόλογος.....	- 2 -
Περίληψη	- 3 -
Abstract.....	- 5 -
Κατάλογος Σχημάτων.....	- 10 -
Κατάλογος Πινάκων	- 11 -
Κατάλογος Εικόνων	- 12 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο Εισαγωγή.....	- 13 -
1.1. Γεωθερμική Ενέργεια	- 13 -
1.1.1. Προέλευση της Γεωθερμικής Ενέργειας	- 13 -
1.1.2. Γεωθερμική Βαθμίδα Θερμοκρασίας	- 14 -
1.2. Γεωθερμικά Συστήματα και Ταξινόμησή τους.....	- 15 -
1.3. Αξιοποίηση Γεωθερμικών Πεδίων	- 18 -
1.3.1. Τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας.....	- 18 -
1.3.2. Χρήσεις Γεωθερμίας	- 19 -
1.3.2.1. Άμεσες Χρήσεις	- 20 -
1.3.2.2. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	- 22 -
1.3.2.2.1. Κύκλος Ξηρού Ατμού (Dry Steam).....	- 22 -
1.3.2.2.2. Κύκλος Άμεσης Ατμοποίησης (Flash Steam)	- 23 -
1.3.2.2.3. Σύστημα Δυαδικού Κύκλου (ORC).....	- 25 -
1.4. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα	- 26 -
1.4.1. Πεδία της χώρας.....	- 26 -
1.4.2. Γεωθερμική δραστηριότητα.....	- 27 -
1.5. Τεχνολογίες Αφαλάτωσης	- 29 -
1.5.1. Γενικές αρχές λειτουργίας μιας μονάδας αφαλάτωσης	- 31 -
1.5.2. Περιγραφή των μεθόδων αφαλάτωσης	- 32 -
1.5.2.1. Πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση - Multiple Stage Flashing Distillation (MSF).....	- 32 -
1.5.2.2. Πολυβάθμια εξάτμιση ή απόσταξη - Multiple Effect Distillation (MED)	- 34 -
1.5.2.3. Εξάτμιση με συμπίεση ατμού - Vapor Compression (VC).....	- 35 -
1.5.2.4. Ηλιακή Απόσταξη – Solar Distillation (SD)	- 37 -
1.5.2.5. Ηλεκτροδιάλυση – Electrodialysis (ED).....	- 38 -
1.5.2.6. Αντίστροφη Όσμωση - Reverse Osmosis (RO).....	- 39 -
1.5.2.7. Εμβάθυνση στη λειτουργία και την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης.....	- 40 -
Κεφάλαιο 2 ^ο Περιοχή έρευνας – Ν. Μήλος.....	- 49 -
2.1. Γενικές πληροφορίες.....	- 49 -

2.2.	Μορφολογία – Ανάγλυφο	- 50 -
2.3.	Γεωλογικές συνθήκες.....	- 50 -
2.4.	Υδρολογικές Συνθήκες.....	- 52 -
2.4.1.	Υδρολιθολογία – Υδρογεωλογικά Περιβάλλοντα	- 53 -
2.4.2.	Υδροφόροι ορίζοντες – Υδροσυστήματα.....	- 54 -
2.4.3.	Υδραυλικές Ιδιότητες.....	- 55 -
2.4.4.	Ποιοτικά Χαρακτηριστικά του Υπόγειου Νερού.....	- 56 -
2.5.	Έρευνα Γεωθερμικού Πεδίου	- 57 -
2.6.	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη ν. Μήλο	- 60 -
2.6.1.	Το ιστορικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο	- 60 -
2.6.2.	Πρόταση εγκατάστασης νέας πιλοτικής μονάδας στη ν. Μήλο	- 63 -
Κεφάλαιο 3 ^ο Περιγραφή Προβλήματος		- 65 -
3.1.	Συνθήκες ύδρευσης περιοχής μελέτης	- 65 -
3.1.1.	Κατάσταση Δικτύων – Δίκτυο Ύδρευσης – Δεξαμενές Αποθήκευσης – Διανομή νερού.....	- 67 -
3.2.	Δημογραφικά στοιχεία.....	- 68 -
3.3.	Καταναλώσεις.....	- 69 -
Κεφάλαιο 4 ^ο Αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας και νησιωτική περιφέρεια.....		- 72 -
4.1.	Ζητήματα διαχείρισης υδατικών πόρων νησιωτικής περιφέρειας.....	- 72 -
4.1.1.	Το ελλειμματικό υδρολογικό ισοζύγιο των νησιών του Αιγαίου: Προβλήματα και Αιτίες.....	- 72 -
4.1.2.	Κάλυψη των αναγκών σε νερό	- 74 -
4.1.2.1.	Ύδρευση - Πηγές πόσιμου ύδατος.....	- 75 -
4.1.2.2.	Μεταφορές νερού.....	- 77 -
4.1.3.	Η αφαλάτωση & εναλλακτικοί τρόποι κάλυψης των αναγκών σε νερό.....	81
4.2.	Αφαλάτωση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	81
4.3.	Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά.....	82
4.4.	Αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας.....	91
4.4.1.	Τεχνικά χαρακτηριστικά ειδικά σχεδιασμένων μονάδων.....	91
4.4.1.1.	Μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με αιολική ενέργεια στο Τριοβάσαλο της Μήλου	91
4.4.1.2.	Μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στη ν. Σίκινο	92
4.4.2.	Περιγραφή ειδικά σχεδιασμένων μονάδων επεξεργασίας.....	94
4.4.2.1.	Μηχανή αφαλάτωσης 163 m ³ /ημέρα σε container (εταιρεία Water Technologies).....	94
4.4.2.2.	Σύστημα αφαλάτωσης (RO) θαλασσινού νερού (εταιρεία ΤΕΜΑΚ)	95

4.4.2.3. Προκατασκευασμένη μονάδα αφαλάτωσης RO (εταιρεία ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ Α.Ε.).....	97
Κεφάλαιο 5 ^ο Προτεινόμενη λύση – Αντιμετώπιση Προβλήματος.....	99
5.1. Ζήτηση νερού στη ν. Μήλο.....	99
5.2. Ενεργειακές παροχές από το γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας της περιοχής.....	100
5.3. Ενεργειακές απαιτήσεις μονάδων αφαλάτωσης	100
5.4. Κάλυψη υδρευτικών αναγκών του νησιού	101
5.4.1 Λύση για τον μόνιμο πληθυσμό.....	101
5.4.2 Λύση συμπεριλαμβανομένου και του τουριστικού πληθυσμού	101
5.5. Κόστος μονάδας	102
Κεφάλαιο 6 ^ο Συμπεράσματα.....	103
Βιβλιογραφία.....	105

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Η εσωτερική δομή της Γης.....	- 14 -
Σχήμα 1.2 Θερμοκρασία σε σχέση με το βάθος για τις διάφορες γεωθερμικές βαθμίδες.....	- 14 -
Σχήμα 1.3 Ιδεατό Γεωθερμικό Σύστημα.....	- 15 -
Σχήμα 1.4 Σχηματική παρουσίαση της αξιοποίησης των θερμών ξηρών πετρωμάτων με μία γεώτρηση τροφοδοσίας και δύο παραγωγικές γεωτρήσεις.....	- 17 -
Σχήμα 1.5 Τροποποιημένο Διάγραμμα Lindal.....	- 20 -
Σχήμα 1.6 Σύστημα Ξηρού Ατμού.....	- 23 -
Σχήμα 1.7 Σύστημα Άμεσης Ατμοποίησης.....	- 24 -
Σχήμα 1.8 Σύστημα Δυσιαδικού Κύκλου.....	- 26 -
Σχήμα 1.9 Γεωθερμικός χάρτης Ελλάδος.....	- 27 -
Σχήμα 1.10 Πρότυπο μοντέλο αφαλάτωσης.....	- 29 -
Σχήμα 1.11 Κατηγορίες διαδικασιών αφαλάτωσης.....	- 30 -
Σχήμα 1.12 Αναπαράσταση ενός τυπικού συστήματος αφαλάτωσης.....	- 32 -
Σχήμα 1.13 Σχηματική δομή της MSF διαδικασίας αφαλάτωσης.....	- 33 -
Σχήμα 1.14 Σχηματική δομή της MED διαδικασίας αφαλάτωσης.....	- 35 -
Σχήμα 1.15 Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.....	- 36 -
Σχήμα 1.16 Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης.....	- 37 -
Σχήμα 1.17 Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση.....	- 38 -
Σχήμα 1.18 Το φαινόμενο της όσμωσης και της αντίστροφης όσμωσης.....	- 40 -
Σχήμα 1.19 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης όσμωσης.....	- 41 -
Σχήμα 1.20 Τυπικό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.....	- 41 -
Σχήμα 1.21 Δομή στοιχείου μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης.....	- 45 -
Σχήμα 1.22 Διάγραμμα ροής της αντίστροφης όσμωσης.....	- 47 -
Σχήμα 1.23 Τρισδιάστατη απεικόνιση μίας μικρής μονάδας αφαλάτωσης.....	- 48 -
Σχήμα 2.1 Γεωλογικός χάρτης νήσου Μήλου.....	- 52 -
Σχήμα 2.2 Κατανομή υδροσυστημάτων νήσου Μήλου.....	- 55 -
Σχήμα 2.3 Χάρτης απογραφής υδροσημείων και σημείων παρακολούθησης νήσου Μήλου.....	- 56 -
Σχήμα 2.4 Τα γεωθερμικά πεδία της Μήλου.....	- 57 -
Σχήμα 2.5 Διακύμανση της γεωθερμικής βαθμίδας στο νησί της Μήλου.....	- 58 -
Σχήμα 2.6 Η χωροθέτηση του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλου και τα σημεία των γεωτρήσεων παραγωγής.....	- 59 -
Σχήμα 2.7 Σημεία των γεωτρήσεων παραγωγής και της πιλοτικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο.....	- 61 -
Σχήμα 3.1 Κατανομή νερού χρήσεως σε τοπικές αντλήσεις και μεταφορές με υδροφόρα πλοία.....	- 67 -
Σχήμα 3. 2 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού κατά μήνα το 2005 για ελάχιστη και κανονική ζήτηση.....	- 70 -

Σχήμα 3.3 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού (καν. ζήτηση 200 λ/κατ.ημ.) κατά μήνα για το 2010.	- 70 -
Σχήμα 3.4 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού (μέγ. ζήτηση 225 λ/κατ.ημ.) κατά μήνα για το 2015.	- 71 -
Σχήμα 3.5 Συνολική ετήσια ζήτηση νερού για το 2005, 2010 και 2015.	- 71 -
Σχήμα 4.1 Μονάδα αφαλάτωσης Μήλου (με αιολική ενέργεια).....	91
Σχήμα 4.2 Μονάδα αφαλάτωσης στ ν. Σίκινο.....	93
Σχήμα 4.3 Container συστήματος αφαλάτωσης 200 m ³ /ημέρα, Σίκινος.	94
Σχήμα 4.4 Φορητό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού παραγωγής 300 m ³ /ημέρα (TEMAK).....	97

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Εγκατεστημένη χωρητικότητα και ετήσια χρήση ενέργειας από την άμεση χρήση της Γεωθερμίας.	- 28 -
Πίνακας 2.1 Συντεταγμένες σημείων οριοθέτησης του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλου.	- 59 -
Πίνακας 2.2 Συντεταγμένες και υψόμετρο των σημείων των γεωτρήσεων παραγωγής... -	60 -
Πίνακας 2.3 Χημική ανάλυση δείγματος γεωθερμικού ρευστού υγρής φάσης από τη γεώτρηση M-1 του γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλο (mg/l)	- 60 -
Πίνακας 3.1 Θερμές Πηγές Μήλου.	- 65 -
Πίνακας 3.2 Μεταφερθείσες ποσότητες νερού ανά μήνα τα έτη 2002 – 2004 σε 1.000m ³	- 66 -
Πίνακας 3.3 Δίκτυα ύδρευσης και τροφοδοσίας.....	- 67 -
Πίνακας 3.4 Απογραφές πληθυσμού Μήλου	- 68 -
Πίνακας 3.5 Εκτίμηση εξέλιξης μόνιμου πληθυσμού	- 69 -
Πίνακας 4.1 Ζήτηση νερού ανά χρήση για το ΥΔ Νήσων Αιγαίου	- 74 -
Πίνακας 4.2 Παραγωγή νερού δικτύων και πηγή πόσιμου νερού, ανά νησί, στο ΥΔ Νήσων Αιγαίου.....	- 76 -
Πίνακας 4.3 Ανυδρα νησιά- τρόπος υδροδότησης.....	- 77 -
Πίνακας 4.4 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Κυκλάδων.....	79
Πίνακας 4.5 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Δωδεκανήσων.	80
Πίνακας 4.6 Αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης με ΑΠΕ.....	82
Πίνακας 4.7 Μονάδες αφαλάτωσης νησιωτικής περιφέρειας Αιγαίου.....	83
Πίνακας 4.8 Παράμετροι λειτουργίας μονάδας.	95
Πίνακας 4.9 Συστήματα με ανάκτηση ενέργειας	95

Πίνακας 5.1 Μόνιμος πληθυσμός οικισμών της ν. Μήλου.....	99
Πίνακας 5.2 Ενεργειακές καταναλώσεις ανάλογα με τη μέθοδο αφαλάτωσης και το νερό τροφοδοσίας.....	100
Πίνακας 5.3 Κόστος προτεινόμενων μονάδων αφαλάτωσης.....	102

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Εγκατάσταση με πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση στη Σαουδική Αραβία δυναμικότητας 138.000 κ.μ την ημέρα.....	- 34 -
Εικόνα 1.2 Εγκατάσταση με πολυβάθμια εξάτμιση.....	- 35 -
Εικόνα 1.3 Εγκατάσταση συμπίεσης ατμού, VC.....	- 37 -
Εικόνα 1.4 Εγκατάσταση ηλεκτροδιάλυσης.....	- 39 -
Εικόνα 1.5 Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου.....	- 43 -
Εικόνα 1.6 Φίλτρο φυσιγγίου ασφαλείας.....	- 43 -
Εικόνα 1.7 Σύστημα ανάκτησης ενέργειας απορριπτόμενης άλμης.....	- 46 -
Εικόνα 1.8 Φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου.....	- 46 -
Εικόνα 2.1 Μήλος.....	- 49 -
Εικόνα 2.2 Γεωθερμικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής Μήλου.....	- 62 -
Εικόνα 2.3 Περιοχή εγκατάστασης της πιλοτικής μονάδας.....	- 63 -
Εικόνα 4.1 Σύστημα αφαλάτωσης σε container (ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ Α.Ε.).....	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο Εισαγωγή

1.1. Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια ορίζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Βρίσκεται συνήθως περιορισμένη σε μία γεωθερμική περιοχή ή πεδίο με συγκεκριμένα επιφανειακά όρια. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Αποτελεί μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Η ενέργεια αυτή φθάνει στην επιφάνεια της γης και στη συνέχεια ακτινοβολείται στο διάστημα ενώ παράλληλα αποθηκεύεται και σε υπόγειους ή επιφανειακούς σχηματισμούς με τη μορφή θερμών ατμών, υπόγειων θερμών νερών καθώς και προηγμένων (ή τεχνητών) γεωθερμικών συστημάτων (enhanced geothermal systems).

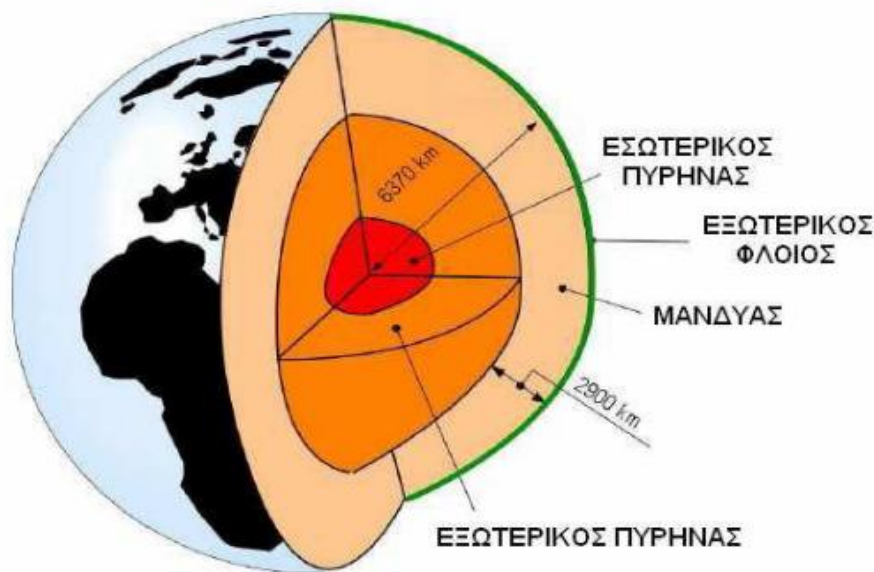
Σύμφωνα με το άρθρο 2 της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2009/28/EK (1) γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας κάτω από τη στερεή επιφάνεια της γης. Ως γεωθερμική ενέργεια, δηλαδή, μπορεί να χαρακτηριστεί και η θερμοαποθηκευτική ικανότητα των επιφανειακών στρωμάτων της Γης την οποία είναι δυνατόν να αξιοποιήσει η σύγχρονη τεχνολογία και τεχνική με σκοπό την επίλυση των καθημερινών αναγκών για θέρμανση, θερινό κλιματισμό και παραγωγή θερμού νερού χρήσης οικονομικά και φιλικά προς το περιβάλλον. (Βραχόπουλος Μ.)

1.1.1. Προέλευση της Γεωθερμικής Ενέργειας

Η Γη και οι άλλοι πλανήτες, όπως και όλα τα αστρικά σώματα, δημιουργήθηκαν, σύμφωνα με μία θεωρία, από θερμά αέρια που ψύχθηκαν και συμπυκνώθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Η διάπυρη σφαίρα, που κάποτε ήταν η Γη, δεν έχει ψυχθεί ακόμη στο εσωτερικό της. Επιπλέον, η θερμότητα που παράγεται από τη φυσική ραδιενέργεια των πετρωμάτων της συντηρεί εν μέρει αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες.

Έτσι, η Γη αποτελείται από ανομοιογενή στρώματα που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες και μπορεί να εμφανίζονται σε στερεή, πλαστική ή ρευστή μορφή, αναλόγως των θερμοκρασιών και των πιέσεων που επικρατούν σε αυτά. Τα στρώματα στα οποία χωρίζεται η Γη παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 και είναι:

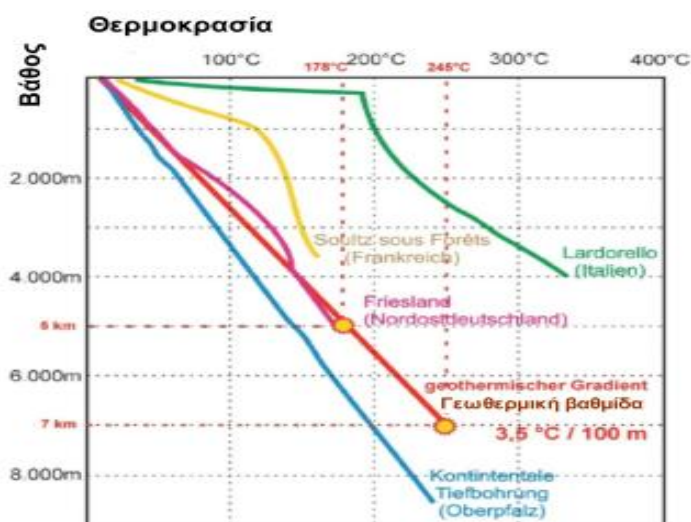
- η Λιθόσφαιρα, η οποία είναι το εξωτερικό στρώμα της, έχει πάχος 100 km και, συνήθως, σε αυτήν περιλαμβάνεται και το άνω μέρος του Μανδύα.
- ο Μανδύας, που βρίσκεται κάτω από τη Λιθόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι βάθους 2900 km.
- ο Πυρήνας, που βρίσκεται κάτω από τον Μανδύα και έχει ακτίνα 3500 km. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2006)



Σχήμα 1.1 Η εσωτερική δομή της Γης. (Καλογερόπουλος, 2012)

1.1.2. Γεωθερμική Βαθμίδα Θερμοκρασίας

Με δεδομένο ότι τα εσώτερα στρώματα είναι θερμότερα από τα εξώτερα, η ροή της θερμότητας γίνεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της Γης. Πηγαίνοντας από την επιφάνεια της Γης προς τον πυρήνα, παρατηρείται ότι η θερμοκρασία αυξάνει προοδευτικά με το βάθος από 3°C, κατά μέσο όρο, κάθε 100 μέτρα (30°C/km). Αυτός ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ονομάζεται “γεωθερμική βαθμίδα”. Το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία σε μία περιοχή αυξάνει με ταχύτερο ρυθμό από τον κανονικό ονομάζεται γεωθερμική ανωμαλία. Αυτό είναι γνώρισμα περιοχής όπου συντρέχουν ειδικές γεωλογικές συνθήκες και όπου είναι πιθανό να υπάρχει εκμεταλλεύσιμη γεωθερμική ενέργεια. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2006)



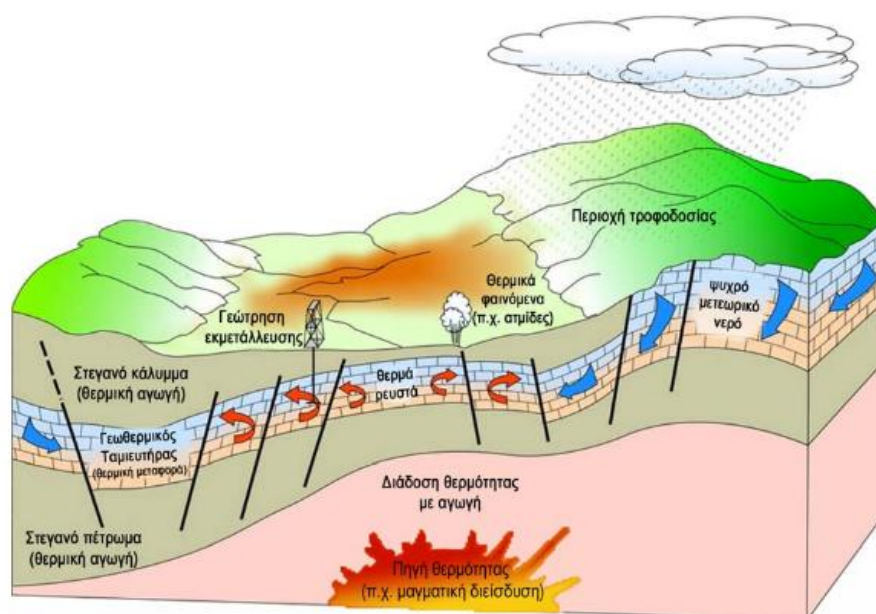
Σχήμα 1.2 Θερμοκρασία σε σχέση με το βάθος για τις διάφορες γεωθερμικές βαθμίδες (η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 17°C). (ENER, 2018)

1.2. Γεωθερμικά Συστήματα και Ταξινόμησή τους

Με τον όρο γεωθερμικό σύστημα, εννοούμε περιοχή στην οποία η θερμική ενέργεια της Γης είναι επαρκώς συγκεντρωμένη, ώστε να δημιουργεί μια εκμεταλλεύσιμη ενεργειακή πηγή. Τα γεωθερμικά συστήματα ταξινομούνται βάσει των γεωλογικών, υδρολογικών και θερμικών χαρακτηριστικών τους, όπως θα αναλύσουμε λεπτομερέστερα στα επόμενα.

Η συγκέντρωση της θερμότητας από τα πετρώματα όπου ευρίσκεται διάχυτη, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός ενδιάμεσου ρευστού (ύδωρ, ατμός) το οποίο να την συλλέγει και μεταφέρει, δημιουργώντας υπό κατάλληλες συνθήκες έναν γεωθερμικό ταμιευτήρα ή συλλέκτη. Η κυκλοφορία του ρευστού είναι δυνατή λόγω των διαφορών πυκνότητας μεταξύ των ψυχρότερων ανωτέρων μαζών του ενδιάμεσου ρευστού που κατεισδύουν προς τον συλλέκτη και των θερμότερων μαζών του γεωθερμικού ρευστού που ανέρχονται προς την επιφάνεια λόγω άνωσης. Εξυπακούεται ότι η κυκλοφορία και συγκέντρωση του γεωθερμικού ρευστού διευκολύνεται, όταν εκτός από υψηλές πορώδες, υπάρχει και υψηλή διαπερατότητα (υδραυλική αγωγιμότητα) των πετρωμάτων του ταμιευτήρα. Σε σχέση με τις γειτονικές περιοχές, τα γεωθερμικά συστήματα χαρακτηρίζονται από θετικές γεωθερμικές ανωμαλίες η δημιουργία των οποίων εξαρτάται από διαφορετικούς συνδυασμούς γεωλογικών και υδρολογικών παραγόντων, τοπικού ή περιφερειακού χαρακτήρα. Σε κάθε περίπτωση, οι σπουδαιότερες γεωθερμικές ανωμαλίες συνδέονται με πρόσφατη μαγματική και / ή ηφαιστειακή δραστηριότητα. (Τζανής, 2010)

Στο Σχήμα 1.3 αναπαριστάται μία πηγή θερμότητας, η οποία αντιπροσωπεύεται από πρόσφατη μαγματική διείσδυση. Διακρίνονται οι ενεργές διαρρήξεις οι οποίες ελέγχουν την κυκλοφορία και εκφόρτιση των γεωθερμικών ρευστών. Τα κόκκινα βέλη σημειώνουν τις περιοχές εμφάνισης και κυκλοφορίας των γεωθερμικών ρευστών. Τα μπλε βέλη σημειώνουν τις οδούς τροφοδοσίας του συστήματος με νερό, το οποίο συνήθως έχει μετεωρική προέλευση (βρόχινο) και κατεισδύει από τοπογραφικά υψηλότερες περιοχές. (Τζανής, 2010)



Σχήμα 1.3 Ιδεατό Γεωθερμικό Σύστημα. (Τζανής, 2010)

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι:

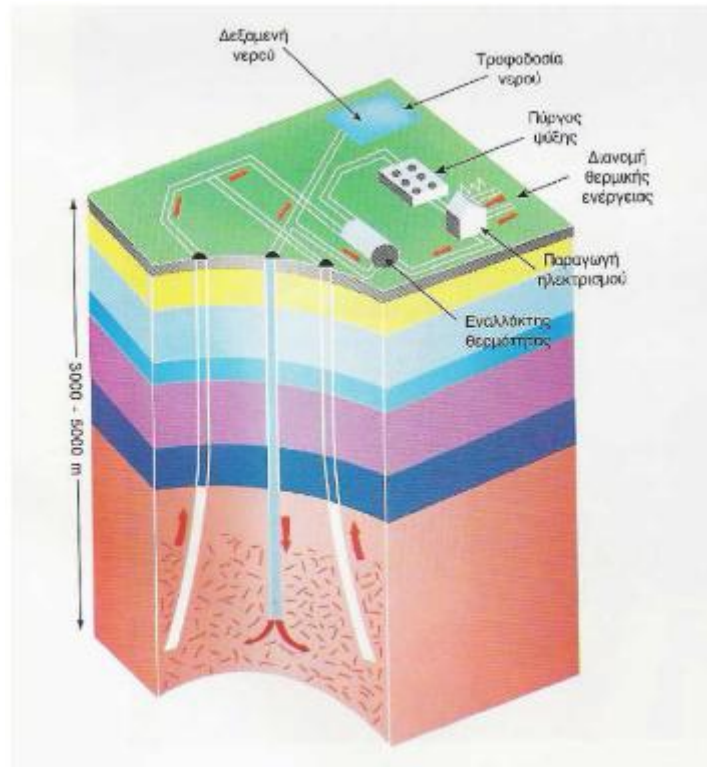
- Το είδος των γεωθερμικών πόρων,
- Ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών,
- Ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά,
- Το είδος της εστίας θερμότητας,
- Αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα, κ.ά. (Φυτίκας Μ., 2008)

Ανάλογα με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων, οι οποίες παρουσιάζονται, από πάνω προς τα κάτω, κατά σειρά ενδιαφέροντος χρήσεων, σήμερα και προοπτικής στο εγγύς μέλλον: (Φυτίκας Μ., 2008), (Διακογιάννης, 2014)

- i. Τα υδροθερμικά συστήματα ή πόροι (hydrothermal systems or resources), δηλ. τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά που βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται.[6] Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και συστήματα συναγωγής (convective systems) ή δυναμικά συστήματα, επειδή η θερμότητα μεταφέρεται με το μηχανισμό της συναγωγής. Άλλα υδροθερμικά συστήματα μεταφοράς οφείλονται στην κυκλοφορία μετεωρικού νερού μέσω ρηγμάτων και περατών σχηματισμών, όπου, λόγω μεγάλου βάθους ή μαγματικών διεισδύσεων, θερμαίνεται και ακολουθεί ανοδική πορεία. (Διακογιάννης, 2014)
- ii. Αβαθής γεωθερμία (earth energy), κατά την οποία λαμβάνονται (ή και απορρίπτονται) ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100 m από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών ή νερών από λίμνες, ποτάμια και τη θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας. (Φυτίκας Μ., 2008)
- iii. Τα συστήματα βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων (hot dry rock systems), όπου βρίσκονται σε βάθη από 2 έως 10 km, η θερμοκρασία τους είναι αρκετά υψηλή, όμως, η έλλειψη ρωγματώσεων δεν επιτρέπει την κυκλοφορία και ύπαρξη νερού. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την εισαγωγή κρύου νερού, που διοχετεύεται από την επιφάνεια, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, τη θέρμανση του στον τεχνικό ταμιευτήρα και την ανάκτησή του με τη μορφή ζεστού νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων (Σχήμα 1.4). Αν και τεχνολογικά φαίνεται εφικτή η αξιοποίηση των βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων, η εκτίμηση της θερμικής απόδοσης του συστήματος και του ρυθμού απωλειών πρέπει να αξιολογηθούν ώστε να καταστεί οικονομικά βιώσιμη μια τέτοια εκμετάλλευση. (Φυτίκας Μ., 2008), (Διακογιάννης, 2014)
- iv. Τα γεωπεπιεσμένα συστήματα (geopressed systems) αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική. (Φυτίκας Μ., 2008) Μέσα στους περατούς ιζηματογενείς σχηματισμούς υπάρχει ζεστό νερό που παγιδεύτηκε κατά την απόθεση των ιζημάτων, εγκλωβισμένο από στεγανά περιβάλλοντα πετρώματα, υπό πίεση αρκετά μεγαλύτερη της υδροστατικής που αντιστοιχεί στο βάθος. Περιέχουν επίσης και μεγάλες ποσότητες μεθανίου. Παρόλο που τεχνολογικά η εκμετάλλευσή τους φαίνεται εφικτή, το μεγάλο κόστος που προκύπτει από την

εκμετάλλευση σε μεγάλα βάθη και από τη χρονική διάρκειά της, καθιστούν τους γεωθερμικούς ταμειυτήρες υπό πίεση μη αξιοποιήσιμους. (Διακογιάννης, 2014)

- v. Τα μαγματικά συστήματα (magma systems) αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος. Γίνεται με συμβατική τεχνολογία και μικρό σχετικά κόστος. (Φυτίκας Μ., 2008)
- vi. Συστήματα αγωγιμότητας, τα οποία αναφέρονται σε γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας που θερμαίνονται με αγωγή και εμφανίζονται σε ιζηματογενείς λεκάνες. (Διακογιάννης, 2014)



Σχήμα 1.4 Σχηματική παρουσίαση της αξιοποίησης των θερμών ξηρών πετρωμάτων με μία γεώτρηση τροφοδοσίας και δύο παραγωγικές γεωτρήσεις. (Φυτίκας Μ., 2008)

Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως: (Διακογιάννης, 2014)

- a. Υψηλής θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150° C)
- b. Μέσης θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες 90 - 150° C)
- c. Χαμηλής θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 90° C)

1.3. Αξιοποίηση Γεωθερμικών Πεδίων

1.3.1. Τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας

Η τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτάται από τη μορφή στην οποία βρίσκεται η γεωθερμική ενέργεια. Το γεωθερμικό δυναμικό μπορεί να ταξινομηθεί στις παρακάτω κύριες κατηγορίες: (Διακογιάννης, 2014)

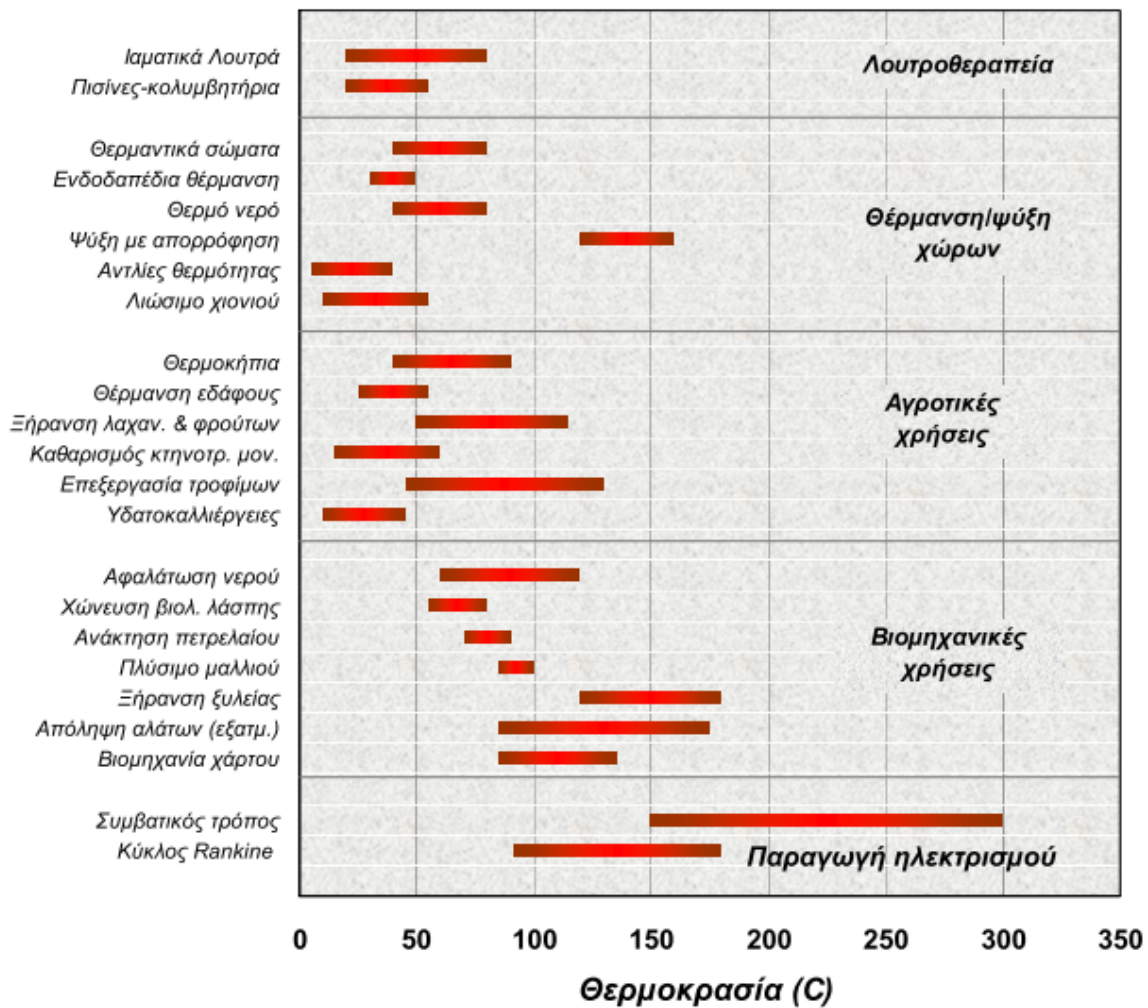
- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 150°C - 300+°C σε μικρά σχετικά βάθη σε ορισμένες περιοχές που αποτελούν τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας. Τέτοια γεωθερμικά πεδία αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης, όπως είναι η Μήλος και η Νίσυρος. Αυτά τα πεδία, αξιοποιούνται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε με κύκλο υγρού ατμού (H₂O) για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 150°C, είτε με κύκλο οργανικής ουσίας ή αμμωνίας για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 80°C. Η αξιοποίηση της υπολειπόμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση-τηλεψύξη είναι επίσης εφικτή.
- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 25°C - 100+°C σε μικρά σχετικά βάθη σε ορισμένες περιοχές που αποτελούν τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Στη περίπτωση αυτή, το θερμό νερό μεταφέρεται στην επιφάνεια δια μέσου γεωτρήσεων, συνήθως με άντληση. Κατόπιν τροφοδοτεί τα συστήματα θέρμανσης εφόσον η χημική του σύσταση το επιτρέπει, ή εναλλακτικά μεταδίδει τη θερμότητά του σε δευτερεύον κλειστό κύκλωμα ζεστού νερού μέσω εναλλακτών θερμότητας. Μετά τη χρήση, το γεωθερμικό νερό είτε απορρίπτεται σε επιφανειακούς αποδέκτες (κανάλια, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) εφόσον ικανοποιούνται οι προδιαγραφές προστασίας περιβάλλοντος, είτε διοχετεύεται ξανά στους υδροφόρους ορίζοντες απ' όπου προήλθε δια μέσου γεωτρήσεων επανεισαγωγής.
- Υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες 15°C-30°C. Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού των υδροφόρων θερμοκρασίας < 25°C γίνεται με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες αφαιρούν θερμότητα από το υπόγειο νερό μειώνοντας τη θερμοκρασία του κατά 5-6 °C, την οποία προσθέτουν στο σύστημα θέρμανσης (αερόθερμα ή / και ενδοδαπέδιο). Η διαδικασία αυτή μπορεί να αναστραφεί, έτσι ώστε η αντλία θερμότητας να παρέχει κλιματισμό (ψύξη) κατά τη θερινή περίοδο. Οι αντλίες θερμότητας υπόγειου νερού καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, ίση με το 1/4-1/6 της θερμικής ενέργειας που παρέχουν.
- Εδάφη με σταθερή θερμοκρασία 15°C, που τα συναντάμε παντού, μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού του εδάφους, γίνεται με συνδυασμό υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας και εναλλάκτη θερμότητας εδάφους. Ο εναλλάκτης εδάφους περιλαμβάνει σωλήνες ενταφιασμένες εντός του εδάφους, ή εντός γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορεί νερό σε κλειστό κύκλωμα. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από επίσης μικρές ηλεκτρικές καταναλώσεις, της τάξεως του 1/3-1/5 της θερμικής ενέργειας που παρέχουν.
- Θερμά ξηρά πετρώματα τα οποία απαντώνται παντού σε βάθη 3-5 km με θερμοκρασία 100-150°C λόγω αύξησης της θερμοκρασίας της γης με το βάθος κατά μέσο όρο 30°C κάθε 1000 μέτρα. Η εκμετάλλευση αυτής της κατηγορίας, βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο και γίνεται με διάνοιξη 2- 3 γεωτρήσεων μεγάλου βάθους και υδραυλική θραύση του πετρώματος μεταξύ τους, έτσι ώστε να

δημιουργηθούν δίοδοι διαπερατοί από το νερό (ρωγμές). Στη συνέχεια νερό διοχετεύεται στο πέτρωμα, όπου θερμαίνεται και αντλείται στην επιφάνεια από τη γεώτρηση παραγωγής.

1.3.2. Χρήσεις Γεωθερμίας

Η γεωθερμία, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ποιότητα του γεωθερμικού ρευστού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι χρήσεις της μπορούν να διακριθούν σε άμεσες χρήσεις και σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Κυριάκης, 2018)

Οι δυνητικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας παρουσιάζονται επιγραμματικά στο Σχήμα 1.5 που απεικονίζει το τροποποιημένο διάγραμμα Lindal (1973). Στο διάγραμμα αυτό καταγράφονται παραδείγματα χρήσεων, δοκιμασμένων και πιθανών, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας των ρευστών. Οι περισσότερο καθιερωμένες εφαρμογές είναι η θέρμανση χώρων, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων και η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Στο επάνω μέρος του διαγράμματος Lindal ο κορεσμένος ατμός χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι άμεσες χρήσεις καλύπτουν όλη την κλίμακα θερμοκρασιών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι διάγραμμα Lindal δεν περιορίζει το είδος των δυνατών χρήσεων, ούτε πρέπει να ληφθούν αυστηρά υπόψη τα όρια των θερμοκρασιών που θέτει. (Φυτίκας Μ., 2008)



Σχήμα 1.5 Τροποποιημένο Διάγραμμα Lindal. (Φυτίκας Μ., 2008)

1.3.2.1. Άμεσες Χρήσεις

Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του γεωρευστού είναι χαμηλότερη από τους 90°C, το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα αντί να μετατρέψουμε τη θερμότητά του σε ηλεκτρική ενέργεια. (ENER, 2018)

Οι κυριότερες άμεσες εφαρμογές της γεωθερμίας, όπου γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κύριες κατηγορίες: θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, υδατοκαλλιέργειες, βιομηχανικές χρήσεις λουτροθεραπεία και αντλίες θερμότητας (αβαθής γεωθερμία). Στις περισσότερες γεωθερμικές εφαρμογές απαιτείται η μεταφορά της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών σε ένα ρευστό λειτουργίας (κυρίως νερό ή αέρας) μέσω εναλλακτών θερμότητας και στη συνέχεια χρησιμοποιείται η ανακρημένη θερμότητα του ρευστού λειτουργίας. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες. (Κυριάκης, 2018)

Θέρμανση χώρων:

- Θέρμανση κτιρίων με εναλλάκτες θερμότητας νερού-αέρος ή νερού-νερού.
- Θέρμανση χώρων κολυμβητηρίων και πισινών.
- Αντιπαγετική προστασία δρόμων, πεζοδρομίων, πλατειών, χώρων στάθμευσης κ.α.
- Θέρμανση εδάφους (θερμοκρασίες 25-40 °C).
- Τηλεθέρμανση οικισμών ή και ολόκληρων πόλεων.

Αγροτικές χρήσεις:

- Θέρμανση θερμοκηπίων (απαιτούμενες θερμοκρασίες 40-130 °C).
- Ξήρανση δημητριακών (θερμοκρασίες 40-80 °C).
- Ξήρανση λαχανικών, φρούτων και καρπών (θερμοκρασίες 40-70 °C).
- Ξήρανση αγροτικών προϊόντων, όπως καπνός και βαμβάκι.
- Υπεδάφια θέρμανση για πρωίμηση σπαραγγιών.
- Θέρμανση πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων, καθώς και ποιμνιοστασίων.
- Επεξεργασία γάλακτος (θερμοκρασίες 70-120 °C).
- Συντήρηση τροφίμων – παραγωγή ψύξης (θερμοκρασίες 90-150 °C).
- Καλλιέργεια μανιταριών (θερμοκρασίες 20-60 °C).
- Καθαρισμός πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων.
- Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης με το απορριπτόμενο γεωθερμικό νερό, όταν βέβαια αυτό είναι επαρκώς καλής ποιότητας.

Όσον αφορά τις υδατοκαλλιέργειες είναι δυνατή η καλλιέργεια και η ανάπτυξη διαφόρων ειδών ψαριών (π.χ. χέλια, λαβράκια, τσιπούρες), θαλάσσιων μαλακόστρακων, μικροφύκων κ.α. (απαιτούμενες θερμοκρασίες 15-35 °C).

Βιομηχανικές χρήσεις:

- Αφαλάτωση νερού, κυρίως σε νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές με έλλειψη πόσιμου νερού.
- Χώνευση βιολογικής λάσπης και λυμάτων.
- Ξήρανση γης διατόμων (στην Ισλανδία με ατμό θερμοκρασίας 170 °C).
- Πλύσιμο και λεύκανση μαλλιών (Ν.Ζηλανδία).
- Παραγωγή αποσταγμένου νερού (Ν.Ζηλανδία).
- Ανάκτηση πετρελαίου (Καζακστάν).
- Εξόρυξη Ουρανίου (Τέξας, Η.Π.Α), επεξεργασία χαλκού (Ν.Μεξικό, Η.Π.Α), διαχωρισμός χρυσού (Νεβάδα, Η.Π.Α), ορυχεία (Σιβηρία).
- Ξήρανση ξυλείας.
- Απόληψη και ανάκτηση διαφόρων αλάτων και στοιχείων.
- Ανάκτηση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Λουτροθεραπεία:

- Ιαματικά λουτρά και spa (λουτροθεραπεία, ποσιθεραπεία, εισπνοθεραπεία, θαλασσοθεραπεία).
- Πισίνες αναψυχής.

Εδώ, αξίζει να σημειωθεί ότι σε ιδιαίτερες σεισμογενείς χώρες, όπως η Ιαπωνία, η γεωθερμία χρησιμοποιείται για πρόβλεψη σεισμών. (Κυριάκης, 2018)

1.3.2.2. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην περίπτωση, που το γεωρευστό είναι υψηλής ενθαλπίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

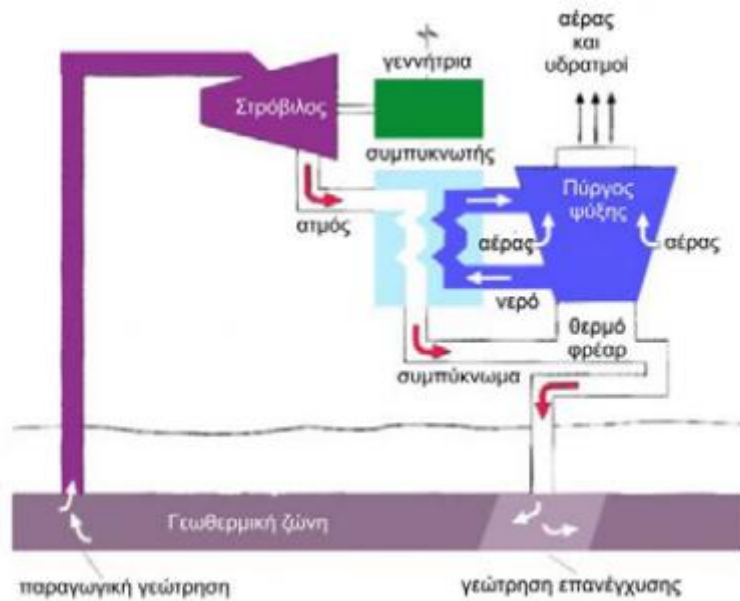
Σε αυτή την παράγραφο θα περιγράψουμε τα συστήματα που χρησιμοποιούνται προκειμένου να αξιοποιηθούν τα γεωθερμικά πεδία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η περιγραφή αυτή θα είναι σε θεωρητικό επίπεδο και δεν θα ασχοληθούμε σε αυτή τη φάση με το θερμοδυναμικό κομμάτι. Όπως θα δούμε και παρακάτω τα χαρακτηριστικά του πεδίου που μας ενδιαφέρουν περισσότερο για την επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η θερμοκρασία του γεωρευστού στην έξοδο της γεώτρησης και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το γεωρευστό. Έτσι, λοιπόν, ανάλογα με αυτά τα δύο χαρακτηριστικά του πεδίου διακρίνουμε τα εξής κύρια συστήματα παραγωγής: (Καλογερόπουλος, 2012)

- Κύκλος ξηρού ατμού (Dry Steam), (θερμοκρασία ρευστού >180 °C)
- Κύκλος άμεσης ατμοποίησης (Flash Steam), (θερμοκρασία ρευστού >150 °C)
- Διαδικού κύκλου (Binary Cycle), (θερμοκρασία ρευστού >90 °C)

1.3.2.2.1. Κύκλος Ξηρού Ατμού (Dry Steam)

Αυτός είναι ο πρώτος τύπος σταθμού ηλεκτροπαραγωγής (Ιταλία, 1904). Η συγκεκριμένη μέθοδος απευθύνεται σε ένα μικρό αριθμό ταμειυτήρων, οι οποίοι σε αντίθεση με την πλειονότητα των ταμειυτήρων δεν εξαγάγουν μίγμα υγρού-ατμού, αλλά κορεσμένο ή ακόμα και υπέρθερμο ατμό. (Κυριάκης, 2018)

Σε μια μονάδα παραγωγής ξηρού ατμού ο ατμός, εξερχόμενος απευθείας από τον ταμειυτήρα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, κινεί τους στροβίλους οι οποίοι με τη σειρά τους περιστρέφουν τις γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σ' αυτήν την περίπτωση δεν είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός, καθώς τα φρεάτια παράγουν μόνον ατμό. Σε απλές εγκαταστάσεις αυτού του τύπου ο ατμός χαμηλής πίεσης που εξάγεται από τον στρόβιλο οδηγείται στην ατμόσφαιρα, αλλά συνήθως ο ατμός περνάει από ένα συμπυκνωτή ώστε να μετατραπεί σε νερό. Αυτό βελτιώνει την απόδοση του στροβίλου και προλαμβάνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την άμεση εκτόνωση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Το νερό αυτό οδηγείται μέσω γεωτρήσεων εμπλουτισμού πίσω στο έδαφος. (ENER, 2018) Η μέση ισχύς των μονάδων αυτών είναι 40MW. (Κυριάκης, 2018)



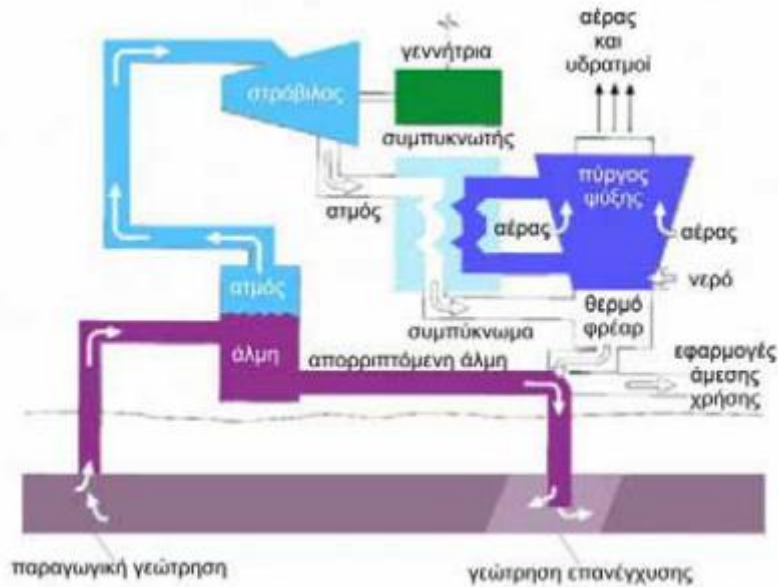
Σχήμα 1.6 Σύστημα Ξηρού Ατμού. (ENER, 2018)

1.3.2.2.2. Κύκλος Άμεσης Ατμοποίησης (Flash Steam)

Αυτός αποτελεί τον πιο κοινό τύπο γεωθερμικής εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής μέχρι και σήμερα. Λαμβάνει χώρα σε πεδία θερμοκρασίας άνω των 160 °C. Ωστόσο η πρόοδος της τεχνολογίας έχει δώσει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης πεδίων θερμοκρασίας έως και 120 °C. (Κυριάκης, 2018)

Η τεχνολογία αυτή εναπόκειται στο γεγονός ότι το γεωθερμικό ρευστό, πολλές φορές, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, βρίσκεται στον ταμειυτήρα υπό τη μορφή υπέρθερμου ατμού και αναδυόμενο στην επιφάνεια χάνει μέρος της πίεσης του, οπότε βγαίνει στην επιφάνεια με τη μορφή μίγματος υγρού-ατμού. Σε ένα σταθμό άμεσου κύκλου (είτε μονού είτε πολλαπλών flash) το μίγμα υγρού-ατμού διαχωρίζεται σε ένα διαχωριστή και η ατμώδης φάση οδηγείται στον αμοστρόβιλο της εγκατάστασης για την παραγωγή ενέργειας στην γεννήτρια του αμοστρόβιλου, ενώ η υγρή φάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για θερμικούς σκοπούς (θέρμανση χώρων, πισινών, χρήση ως θερμικός φορέας σε δυαδικούς κύκλους) είτε να επανεισαχθεί στον ταμειυτήρα, είτε να υποστεί έναν επιπλέον τεχνητό στραγγαλισμό (double flash), ώστε να παραχθεί ένα νέο μίγμα υγρού-ατμού για να επαναληφθεί η προηγούμενη διαδικασία. Απαραίτητη προϋπόθεση όλων των παραπάνω είναι η ύπαρξη μιας μεγάλης πίεσης στον ταμειυτήρα, ώστε να έχει νόημα η εκτόνωση της ατμώδους φάσης σε αμοστρόβιλο. Οι μονάδες άμεσου κύκλου έχουν ισχύ από 4-100MW, με μέση ισχύ μονάδας 25-30MW. (Κυριάκης, 2018)

Το υδάτινο διάλυμα το οποίο δεν κατάφερε να εκτονωθεί και παρέμεινε στην υγρή κατάσταση του, συμπεριλαμβανομένου των συμπυκνωμάτων του ατμού από την έξοδο της αμογεννήτριας, επιστρέφουν στην υπόγεια υδροφορία από όπου αντλήθηκαν μέσω μίας γεώτρησης εμπλουτισμού. (ENER, 2018)



Σχήμα 1.7 Σύστημα Άμεσης Ατμοποίησης. (ENER, 2018)

Ανάλογα με τη θερμοκρασία της πηγής, μπορεί να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν δύο στάδια δεξαμενών ακαριαίας ατμοποίησης. Στην περίπτωση αυτή, το νερό που διαχωρίζεται στη δεξαμενή του πρώτου σταδίου οδηγείται στη δεξαμενή ακαριαίας ατμοποίησης δεύτερου σταδίου, όπου διαχωρίζεται περισσότερος (αλλά χαμηλότερης πίεσης) ατμός. Το νερό, που απομένει στη δεξαμενή αυτή οδηγείται εν συνεχεία προς απόρριψη. Η επονομαζόμενη εγκατάσταση διπλής ακαριαίας ατμοποίησης παρέχει ατμό υπό δύο διαφορετικές πιέσεις στο στρόβιλο.

Για τη μέγιστη αποδοτικότητα της διαδικασίας αυτής χρησιμοποιείται ένας στρόβιλος διπλής εισόδου, ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια του μεγαλύτερου μέρους του ατμού που διατίθενται για παραγωγή από το γεωθερμικό φρέαρ. Εάν, η πηγή έχει υψηλό επίπεδο αιωρούμενων και διαλυμένων στερεών, μπορεί να είναι αναγκαία η ενσωμάτωση εξοπλισμού ελέγχου των επικαθήσεων στο δοχείο ακαριαίας ατμοποίησης του ατμού στην είσοδο της μονάδας και εξοπλισμού αποκατάστασης των στερεών στην έξοδο αυτής. Αυτό προφυλάσσει τον εξοπλισμό της μονάδας από απόφραξη και επιτρέπει τη διατήρηση ενός καθαρού υπολοίπου άλμης για επανέγχυση στον ταμειυτήρα.

Εάν, υφίστανται σημαντικές ποσότητες μη συμπυκνώσιμων αερίων, μπορεί να είναι αναγκαία η εγκατάσταση εξοπλισμού αποβολής των αερίων από το συμπυκνωτή για να μην αυξηθεί η αντίθλιψη στο σύστημα και, εξ' αιτίας αυτού, να μειωθεί η απόδοση της διαδικασίας. Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ακαριαίου ατμού συμπύκνωσης υφίσταται σε μεγέθη από 5 έως πάνω από 100 MW_e. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του ατμού, την περιεκτικότητα σε αέρια, τις πιέσεις και το σχεδιασμό της μονάδας, απαιτούνται 6 έως 9 τόνοι ατμού ανά ώρα για να παραχθεί 1 MW ηλεκτρικής ισχύος.

Οι μικρές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής (κάτω των 10 MW), συνήθως, καλούνται μονάδες κεφαλής της πηγής, καθώς χρειάζονται τον ατμό από ένα μόνο φρέαρ και εγκαθίστανται πλησίον αυτού στην εξέδρα της γεώτρησης για τη μείωση του κόστους των σωληνώσεων. Οι μονάδες αυτές συνήθως δεν έχουν συμπυκνωτή και ονομάζονται μονάδες αντίθλιψης. Είναι φθηνές και απλές στην εγκατάσταση, αλλά μη αποδοτικές (συνήθως

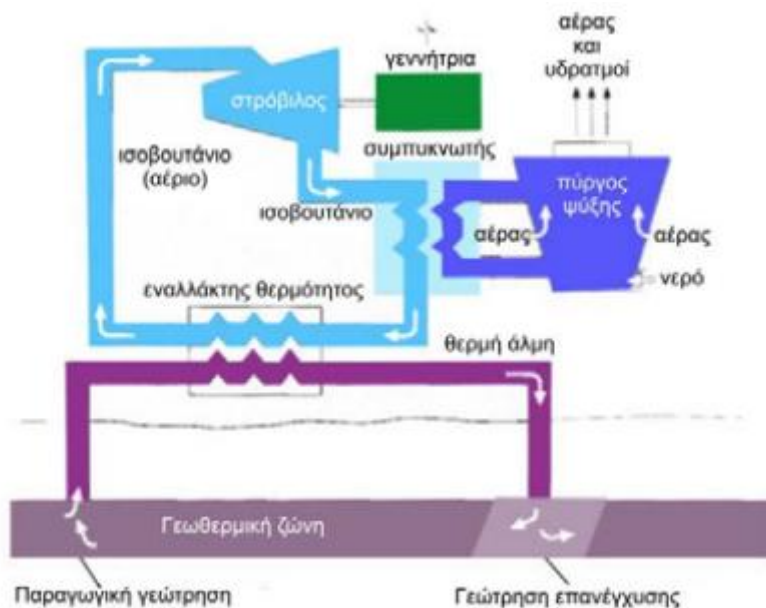
απαιτούνται 10-20 τόνοι ατμού ανά ώρα για κάθε MW ηλεκτρισμού) και μπορεί να έχουν μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2001)

1.3.2.2.3. Σύστημα Δυαδικού Κύκλου (ORC)

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έχουν καταστήσει δυνατή την παραγωγή κατά οικονομικά βιώσιμο τρόπο ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικές πηγές χαμηλής θερμοκρασίας, στους 100 έως 150°C. Οι εγκαταστάσεις αυτές, γνωστές ως μονάδες “δυαδικού κύκλου”, μειώνουν το ήδη χαμηλό ποσοστό εκπομπών σχεδόν στο μηδέν. Στη δυαδική διαδικασία, το γεωθερμικό ρευστό θερμαίνει ένα άλλο υγρό, π.χ. ισοβουτάνιο (συνήθως n-πεντάνιο), που έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το νερό και έχει υψηλή πίεση ατμών σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σύγκριση με τον υδρατμό.

Τα δύο υγρά παραμένουν εντελώς διαχωρισμένα με τη χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τη θερμική ενέργεια από το γεωθερμικό νερό στο “εργαζόμενο μέσο”. Το δευτερεύον ρευστό μετατρέπεται σε αέριο ατμών και (όπως στον υδρατμό) η δύναμη του ατμού κατά την εκτόνωσή του περιστρέφει τους στροβίλους οι οποίοι, με τη σειρά τους, κινούν τις γεννήτριες. Έτσι, σε ένα γεωθερμικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιεί ένα σύστημα ανταλλαγής θερμότητας κλειστού βρόχου, η θερμότητα του γεωθερμικού ρευστού (“πρωτεύον ρευστό”) μεταφέρεται σε ένα υγρό με χαμηλότερο σημείο ζέσεως (“δευτερεύον ρευστό” ή “ρευστό λειτουργίας”), το οποίο εξατμίζεται και έτσι χρησιμοποιείται για να κινηθεί το σύστημα στροβίλου / γεννήτριας.

Επιλέγοντας τα κατάλληλα δευτερεύοντα ρευστά, τα δυαδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να αξιοποιούν γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία 85-170°C. Το ανώτερο όριο εξαρτάται από τη θερμική σταθερότητα του οργανικού ρευστού, και το κατώτερο όριο από οικονομοτεχνικούς παράγοντες, καθώς κάτω από την θερμοκρασία αυτή το μέγεθος των απαιτούμενων εναλλακτών θερμότητας θα καταστήσει το έργο μη οικονομικά βιώσιμο. (ENER, 2018)



Σχήμα 1.8 Σύστημα Δυαδικού Κύκλου. (ENER, 2018)

Οι κυριότεροι λόγοι που χρησιμοποιούμε, σήμερα, δυαδικούς κύκλους είναι οι εξής:

- Το γεωθερμικό ρευστό δεν έχει την απαραίτητη καθαρότητα, ώστε να μπορεί να διέλθει από τον ατμοστρόβιλο.
- Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι αρκετά χαμηλή, ώστε καθίσταται μη οικονομική η λειτουργία άμεσου κύκλου. (Κυριάκης, 2018)

Ο δυαδικός κύκλος μας δίνει τη δυνατότητα να λειτουργούμε με θερμοκρασίες ως και 60 °C, άρα πλέον πολλά περισσότερα γεωθερμικά πεδία είναι εκμεταλλεύσιμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, μας δίνεται η δυνατότητα να ενσωματώσουμε κάποιον δυαδικό κύκλο σε έναν υπάρχον σταθμό παραγωγής ενέργειας, ώστε να εκμεταλλευόμαστε τη χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου αποβαλλόμενη θερμότητα στο περιβάλλον, η οποία δύναται να ανακτηθεί με άλλον τρόπο παρά μόνο με δυαδικούς κύκλους. (Κυριάκης, 2018)

1.4. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

1.4.1. Πεδία της χώρας

Η Ελλάδα, όπως και πολλές άλλες μεσογειακές χώρες (π.χ. Ιταλία και Τουρκία), είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της χώρας βρίσκεται σε μια γεωδυναμικά πολύ ενεργή περιοχή, ως αποτέλεσμα της κίνησης της αφρικανικής πλάκας προς την ευρωασιατική πλάκα. [9] Διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας που είναι διασπαρμένα σε ολόκληρη, σχεδόν, τη χώρα αλλά και αρκετές περιοχές με γεωθερμικό ενδιαφέρον οι οποίες όμως δεν έχουν ακόμα διερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Το βεβαιωμένο δυναμικό ανέρχεται σε 300 MW θερμικής ενέργειας (MWth) ενώ το πιθανό στα (700 MWth). Ακόμη, γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας έχουν εντοπισθεί στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου και ειδικότερα στα νησιωτικά συμπλέγματα της Μήλου, Σαντορίνης και Νίσυρου. Από τις έρευνες προέκυψε ότι το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό είναι της τάξεως των 180 MWth (120 MWth στη Μήλο και 60 MWth στη Νίσυρο). Πεδία αυτού του είδους εντοπίζονται ,πέραν του

ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, και στη νήσο Λέσβο όπου, μέχρι σήμερα, έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας στην περιοχή της Αργέννου. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2006)

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται αναλυτικά τα κυριότερα γεωθερμικά πεδία στον ελλαδικό χώρο που έχουν ανακαλυφθεί και μελετηθεί.



Σχήμα 1.9 Γεωθερμικός χάρτης Ελλάδος.

1.4.2. Γεωθερμική δραστηριότητα

Η συστηματική εξερεύνηση του μεγάλου γεωθερμικού δυναμικού της Ελλάδας ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '70, από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Ορυκτών και Γεωλογικών Ερευνών). Το πρώτο ερευνητικό πρόγραμμα περιελάμβανε τα πεδία στα Μέθανα, Σουσακί και στα νησιά Μήλο, Νίσυρος και Λέσβο. Στα μέσα της δεκαετίας του '70, η ΔΕΗ έδειξε ενδιαφέρον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας της Μήλου. Αποτέλεσμα αυτού του ενδιαφέροντος ήταν η εγκατάσταση μίας μονάδας που

χρησιμοποιούσε την τεχνολογία της διπλής στιγμιαίας ατμοποίησης (double flash steam) ισχύος 2 MWe. Η μονάδα αυτή λειτουργούσε κατά διαστήματα μέχρι το 1989, όταν και σταμάτησε οριστικά, λόγω ορισμένων τεχνικών προβλημάτων και διαμαρτυριών από τους κατοίκους του νησιού για εκπομπές υδρόθειου (H₂S) από το εργοστάσιο. Λόγω της αποτυχημένης λειτουργίας της μονάδας της Μήλου, σταμάτησε το ενδιαφέρον για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συστημάτων άμεσης ατμοποίησης. Παρ' όλα αυτά, δεν μπορεί να αποκλειστεί η εγκατάσταση μικρών μονάδων δυαδικού κύκλου (Organic Rankine Cycle, ORC). Τα τελευταία χρόνια η ΔΕΗ έχει ξεκινήσει έρευνες για την εγκατάσταση μιας δυαδικής μονάδας ORC στη Λέσβο. Επίσης, προγραμματίζεται η εγκατάσταση ενός μικρού δυαδικού κύκλου με σκοπό την παροχή ηλεκτρισμού στη μονάδα αφαλάτωσης της Μήλου. Το δυναμικό για ηλεκτροπαραγωγή χρησιμοποιώντας συστήματα ORC σε αρκετά νησιά του Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος και ενδεχομένως Χίο) είναι μεγάλο και εκτιμάται περίπου στα 20 MWe. (Καλογερόπουλος, 2012)

Η άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα περιλαμβάνει τη λουτροθεραπεία, θέρμανση χώρου / εδάφους / θερμοκηπίου, υδατοκαλλιέργεια, ξήρανση λαχανικών και αντλίες θερμότητας εδάφους. Η εγκατεστημένη ισχύς και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας τέτοιων εφαρμογών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από τον Μάρτιο του 2016 εκτιμάται σε 231,76 MWt, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 22% σε σύγκριση με τα αντίστοιχα στοιχεία για το 2013. (Geothermal Energy Use, Country Update for Greece, 2016)

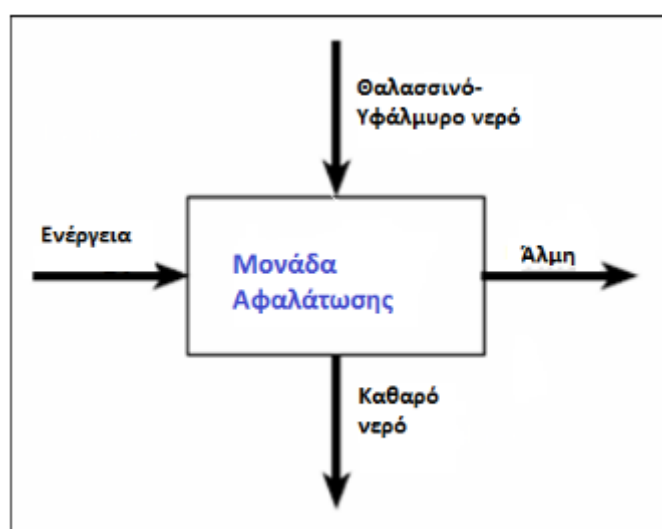
Οι αντλίες θερμότητας αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% της συνολικής εγκατεστημένης χωρητικότητας στη χώρα, ακολουθούμενη από τη λουτροθεραπεία και τη θέρμανση του θερμοκηπίου. Η σχετική αξία για τη λουτροθεραπεία είναι ενδεικτική και μάλλον συντηρητική, καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί συστηματική μελέτη για τη χρήση ενέργειας στον τομέα αυτό. Επιπλέον, τα επίσημα στοιχεία για τις εγκαταστάσεις GSHP υπάρχουν μόνο για το 2014. Οι αριθμοί για την εγκατεστημένη ισχύ και την ετήσια κατανάλωση ενέργειας των GSHP που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1 έχουν εκτιμηθεί σύμφωνα με το ρυθμό αύξησης τα τελευταία χρόνια. (Geothermal Energy Use, Country Update for Greece, 2016)

Πίνακας 1.1 Εγκατεστημένη χωρητικότητα και ετήσια χρήση ενέργειας από την άμεση χρήση της Γεωθερμίας. (Geothermal Energy Use, Country Update for Greece, 2016)

Χρήση	Εγκατεστημένη Χωρητικότητα (MWt)	Ετήσια Χρήση Ενέργειας (10 ¹² J)
Λουτροθεραπεία	42	251
Θέρμανση Θερμοκηπίου	33.38	571
Θέρμανση εδάφους	4.42	19.06
Αφυδάτωση	0.58	5.54
Θέρμανση Χώρων	1.65	17.82
Υδατοκαλλιέργειες	1.26	18
Ιχθυοκαλλιέργειες	0.05	0.91
Αντλίες Θερμότητας	148	709

1.5. Τεχνολογίες Αφαλάτωσης

Με τον όρο «αφαλάτωση» χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μία αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι κατ' επέκταση η αφαλάτωση είναι μία μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση στο θαλασσινό νερό. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20^ο αιώνα με την εμφάνιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό περίπου το 97,3% των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ως τέτοιο ικανό για βιομηχανικές διεργασίες καθίσταται αδύνατη. (Κάραλης Γ., 2011)



Σχήμα 1.10 Πρότυπο μοντέλο αφαλάτωσης. (Κάραλης Γ., 2011)

Η διαδικασία της αφαλάτωσης μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου έχει να κάνει με πολλές παραμέτρους όπως η τοποθεσία, οι ειδικές καταστάσεις κάθε περιοχής, η διαθεσιμότητα της ενέργειας, η προέλευση του νερού (αλμυρό ή υφάλμυρο) κτλ. Γενικά δεν γίνεται να βγει ένα συμπέρασμα για το ποια μέθοδος αφαλάτωσης είναι η βέλτιστη. Η κάθε μέθοδος μπορεί να αξιολογηθεί μόνο με βάση τις δεδομένες απαιτήσεις του εκάστοτε προβλήματος. Η “βέλτιστη” μέθοδος είναι σε κάθε περίπτωση αυτή που παράγει αξιόπιστα την ζητούμενη ποσότητα νερού στην αναμενόμενη ποιότητα και με ένα αποδεκτό κόστος. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι οι περισσότερες μέθοδοι απαιτούν μια προεργασία με χημικά στο νερό που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία αλάτων, η διάβρωση, η γήρανση και η γενικότερη δυσλειτουργία του εξοπλισμού. Σε κάποιες από τις διαδικασίες απαιτείται και η χημική επεξεργασία του νερού και μετά το τέλος της αφαλάτωσης. (Πασίσης, 2011)

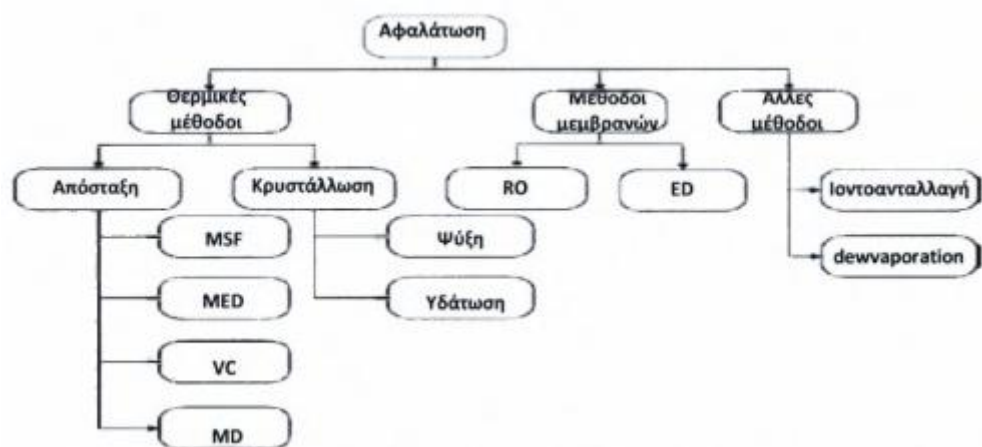
Οι μέθοδοι αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου και βιομηχανικού νερού από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

- Στις θερμικές μεθόδους ή μεθόδους απόσταξης, οι οποίες βασίζονται στην απόσταξη κατά την οποία το νερό αλλάζει τουλάχιστον δύο φορές φάση και επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του νερού από το αλατούχο διάλυμα και είναι οι εξής :
 - i) Πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση - Multiple Stage Flash Distillation (MSF)
 - ii) Πολυβάθμια εξάτμιση ή απόσταξη - Multiple Effect Distillation (MED)
 - iii) Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών - Vapor Compression (VC)
 - iv) Ηλιακή απόσταξη - Solar Distillation (SD)
- Στις τεχνολογίες μεμβρανών, οι οποίες χρησιμοποιούν μεμβράνες για τον διαχωρισμό των αλάτων από το νερό και είναι οι εξής :
 - i) Αντίστροφη όσμωση - Reverse Osmosis (RO)
 - ii) Ηλεκτροδιάλυση – Electrodialysis (ED)

Τέλος, υπάρχουν και άλλες τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για την αφαλάτωση, ωστόσο δεν ήταν εμπορικά επιτυχείς μέχρι σήμερα. Η κατηγορία αυτή, ποικίλλει πολύ περισσότερο από τις δυο προηγούμενες (θερμικές και μεμβρανών) και περιλαμβάνει διαδικασίες όπως η απόσταξη μεμβρανών (membrane distillation, MD), ιοντοανταλλαγή (ion exchange), ψύξη (freezing), κρυσταλλοποίηση με υδρικό αιθάνιο (methane hydrate crystallization), ύγρανση-αφύγρανση (humidification- dehumidification, HD), υγρή - υγρή εξαγωγή (liquid - liquid extraction), κ.α..

Λαμβάνοντας υπόψη την ωριμότητα των θερμικών διαδικασιών και των διαδικασιών μεμβρανών, οι παραπάνω τεχνικές αφαλάτωσης είναι σχεδόν εξ 'ορισμού χημικές διαδικασίες ή υβριδικοί συνδυασμοί χημικών και άλλων διαδικασιών. Η περιορισμένη εμπορικότητα τους οφείλεται στο γεγονός ότι είτε είναι ιδιαίτερα δαπανηρές και επομένως οικονομικά ασύμφωρες για να εφαρμοστούν στη παραγωγή φρέσκου νερού ή βρίσκονται ακόμα υπό πειραματικό στάδιο. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών αφαλάτωσης ποικίλλει σημαντικά. Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται τα διάγραμμα ταξινόμησης των διαδικασιών αφαλάτωσης.

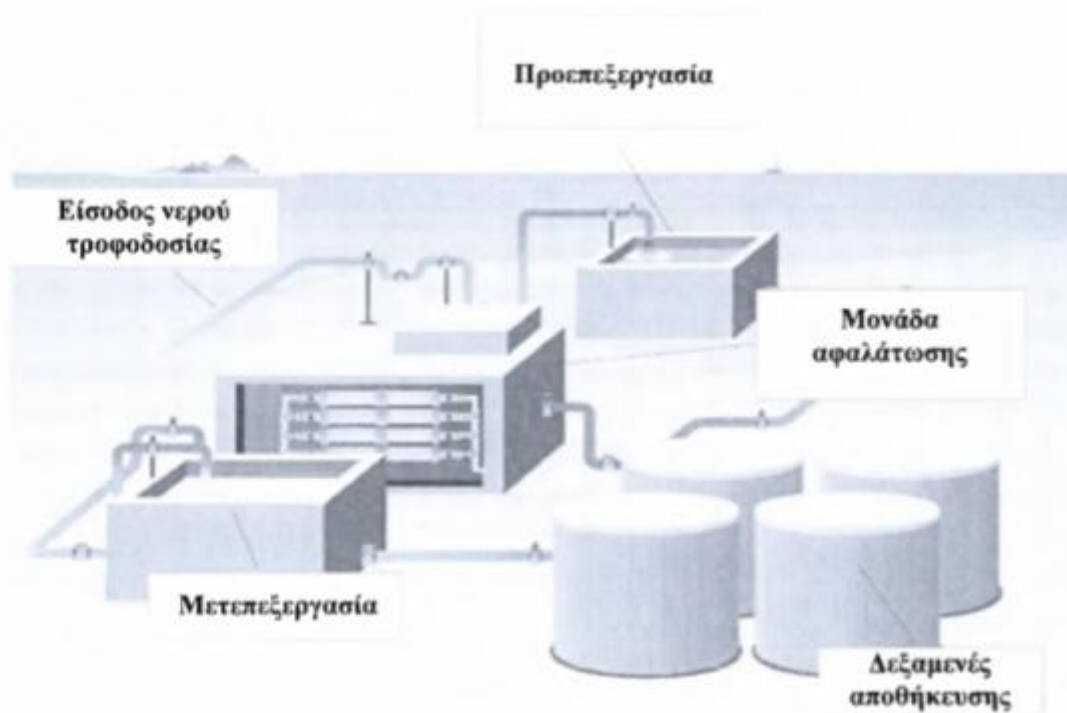


Σχήμα 1.11 Κατηγορίες διαδικασιών αφαλάτωσης. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

Αξίζει να αναφέρθουν ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε μεθόδου και θα καταλήξουμε στη μέθοδο που ευρέως χρησιμοποιείται σήμερα, αυτή της αντίστροφης όσμωσης.

1.5.1. Γενικές αρχές λειτουργίας μιας μονάδας αφαλάτωσης

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες και μέθοδοι αφαλάτωσης, η βασική διαδικασία και τα επί μέρους στάδια όλου του συστήματος είναι κοινά. Σε ένα τυπικό σύστημα αφαλάτωσης, όπως απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 4.3, το νερό τροφοδοσίας (θαλασσινό ή υφάλμυρο) συλλέγεται μέσω ενός δικτύου αγωγών, ενώ συγχρόνως αφαιρούνται σωματίδια προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση της διαδικασίας και της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας (είσοδος). Στη συνέχεια το ρεύμα νερού τροφοδοσίας διέρχεται ενός σταδίου που προηγείται της αφαλάτωσης, όπου φιλτράρεται ή και επεξεργάζεται χημικά αναλόγως τη μέθοδο αφαλάτωσης (προεπεξεργασία). Στη συνέχεια, οδηγείται στο κύριο μέρος της εγκατάστασης, δηλαδή στο σύστημα αφαλάτωσης (αφαλάτωσης). Το σύστημα αφαλάτωσης διαχωρίζει το ρεύμα εισόδου σε ρεύμα παραγόμενου νερού και άλμης. Το παραγόμενο νερό επεξεργάζεται εκ νέου, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ποιότητας, προκειμένου να είναι κατάλληλο προς πόση (μετεπεξεργασία). Τέλος, το παραγόμενο νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές, σε περίπτωση που η ανάγκη εκμετάλλευσης του δεν είναι άμεση (αποθήκευση). (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)



Σχήμα 1.12 Αναπαράσταση ενός τυπικού συστήματος αφαλάτωσης. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

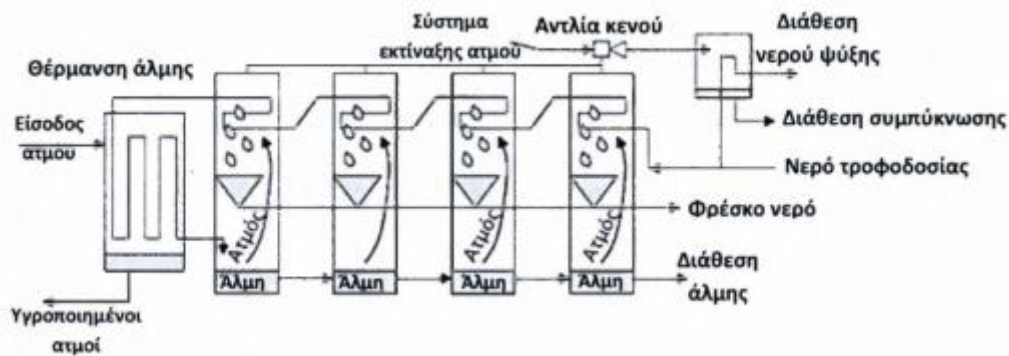
1.5.2. Περιγραφή των μεθόδων αφαλάτωσης

Παρακάτω, περιγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι αφαλάτωσης που παρουσιάζουν σημαντική εφαρμογή και αυξημένη εμπορικότητα. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δυο είναι οι βασικές κατηγορίες των τεχνολογιών αφαλάτωσης: οι θερμικές διαδικασίες, που περιλαμβάνουν τη πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση (MSF), πολυβάθμια εξάτμιση (MED/MEE), τη συμπίεση ατμού (VC) και την ηλιακή απόσταξη (SD), και οι διαδικασίες μεμβρανών που περιλαμβάνουν την αντίστροφη όσμωση (RO) και την ηλεκτροδιάλυση (ED). (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

1.5.2.1. Πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση - Multiple Stage Flashing Distillation (MSF)

Η απόσταξη πολλαπλής φάσης είναι μια μέθοδος αφαλάτωσης που αποστάζει θαλασσινό νερό ατμοποιώντας αστραπιαία ένα μέρος του νερού σε πολλές βαθμίδες οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν αναγεννητικοί εναλλάκτες θερμότητας. Αρχικά το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε ένα δοχείο που ονομάζεται βραστήρας άλμης. Αυτό επιτυγχάνεται συμπυκνώνοντας ατμό σε μια σειρά σωλήνων που μεταφέρουν θαλασσινό νερό διαμέσου του βραστήρα άλμης. Στη συνέχεια το θερμό νερό μεταφέρεται σε ένα άλλο δοχείο, που ονομάζεται βαθμίδα, στο οποίο η περιβάλλουσα πίεση είναι χαμηλότερη από τον βραστήρα άλμης. Αυτή η απότομη μετάβαση του θερμού νερού σε χαμηλότερη πίεση προκαλεί τον

ταχύτατο βρασμό του και την απότομη μετατροπή του σε ατμό. Κατά κανόνα μόνο ένα μικρό ποσοστό του νερού μετατρέπεται σε ατμό, οπότε το υπόλοιπο νερό περνάει από μια σειρά πρόσθετων βαθμίδων, κάθε μια εκ των οποίων έχει χαμηλότερη περιβάλλουσα πίεση από την προηγούμενη. Ο ατμός που παράγεται συμπυκνώνεται σε κατάλληλους σωλήνες που υπάρχουν σε κάθε βαθμίδα. Επειδή το κρύο θαλασσινό νερό εισερχόμενο στην διαδικασία ρέει κοντά στο αποσταγμένο νερό με αντίθετη φορά, σχετικά μικρό ποσοστό θερμότητας χάνεται στο περιβάλλον. Το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας προσλαμβάνεται από το θαλασσινό νερό και με αυτό τον τρόπο η ενέργεια ανακυκλώνεται και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης της διάταξης. (Πασίσης, 2011)



Σχήμα 1.13 Σχηματική δομή της MSF διαδικασίας αφαλάτωσης. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

Ένας τρόπος για την θέρμανση του θαλασσινού νερού κατά την διαδικασία της MSF είναι με την χρήση συμπαραγωγής. Η αποβαλλόμενη ενέργεια από ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιείται για να παράσχει την απαιτούμενη θερμότητα που χρειάζεται η διαδικασία της αφαλάτωσης ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και η ψύξη του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας χωρίς αυτή θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον με ζημιογόνο πιθανώς τρόπο. Επίσης κάτι τέτοιο βελτιώνει τα οικονομικά δεδομένα της εγκατάστασης καθώς το κόστος για την ενέργεια είναι το πιο σημαντικό από όλα και η συμπαραγωγή μειώνει την απαιτούμενη ενέργεια κατά 50%-66%.

Σε πολλές εφαρμογές οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται δίπλα σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας για καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Έτσι ο ατμός υψηλής πίεσης εκτονώνεται στον ατμοστρόβιλο για παραγωγή ισχύος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση. Ένας βαθμός απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης μπορεί να οριστεί ως το πηλίκο της μάζας του παραγόμενου αποσταγμένου νερού προς τη μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε. Μια τυπική τιμή του βαθμού αυτού για τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι περίπου 8, ενώ μία μονάδα 20 βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/kg προϊόντος. (Κάραλης Γ., 2011)



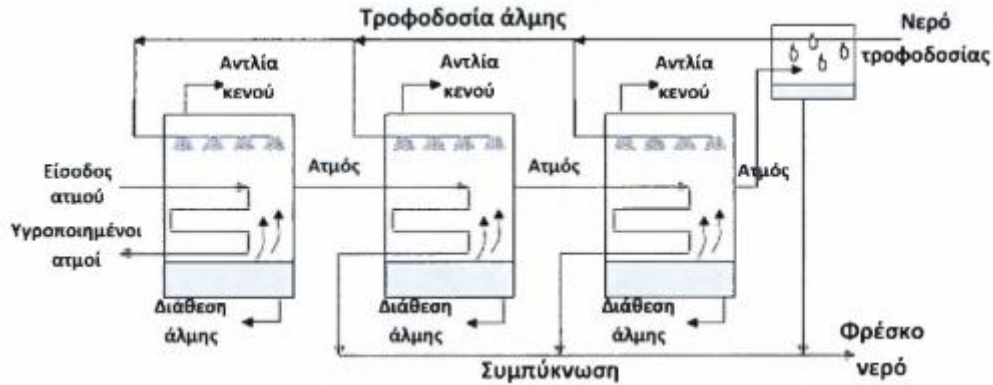
Εικόνα 1.1 Εγκατάσταση με πολυβάθμια εκρηκτική εξάτμιση στη Σαουδική Αραβία δυναμικότητας 138.000 κ.μ την ημέρα [10] (Κάραλης Γ., 2011)

1.5.2.2. Πολυβάθμια εξάτμιση ή απόσταξη - Multiple Effect Distillation (MED)

Πολυβάθμια εξάτμιση ή απόσταξη (MED) είναι μια διαδικασία απόσταξης σχετική με την MSF. Η τεχνολογία της πολυβάθμιας εξάτμισης ακόμα δεν χρησιμοποιείται ευρέως, αλλά έχει κεντρίσει τη προσοχή λόγω της καλύτερης θερμικής απόδοσης συγκριτικά με την MSF.

Η βασική αρχή λειτουργίας της πολυβάθμιας εξάτμισης είναι ότι μειώνοντας τη πίεση λειτουργίας κάθε σταδίου μειώνεται και το σημείο βρασμού του νερού τροφοδοσίας. Στις μονάδες πολυβάθμιας εξάτμισης, ο ατμός από κάθε στάδιο συμπυκνώνεται στο επόμενο διαδοχικό στάδιο παρέχοντας τη θερμότητα του για περαιτέρω εξάτμιση. Έτσι, οι παραγόμενοι ατμοί του πρώτου αποστακτήρα ψύχονται στο δεύτερο και η θερμότητα που παράγεται χρησιμοποιείται για το βρασμό του νερού τροφοδοσίας στο δεύτερο αποστακτήρα. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται και στις επόμενες βαθμίδες. Δηλαδή, ο δεύτερος αποστακτήρας λειτουργεί ως συμπυκνωτής για το πρώτο. Η παραγόμενη άλμη από τη πρώτη βαθμίδα που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία αποτελεί το νερό τροφοδοσίας για τη δεύτερη βαθμίδα. Έτσι δεν απαιτείται η θέρμανση του νερού τροφοδοσίας μέχρι το σημείο ζέσεως του, καθώς το σημείο ζέσεως σε κάθε επομένη βαθμίδα είναι μικρότερο της προηγούμενης. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

Για να αυξηθεί η απόδοση, κάθε στάδιο λειτουργεί σε διαδοχικά χαμηλότερη πίεση. Η πίεση σε όλους τους αποστακτήρες είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής και συνεπώς απαιτούνται αντλίες κενού. Αυτό επιτρέπει τη μονάδα να διαμορφώνεται για μια υψηλής θερμοκρασίας (>90 °C) ή χαμηλής θερμοκρασίας (<90 °C) λειτουργία. Η θερμοκρασία βρασμού στις μονάδες χαμηλής θερμοκρασίας μπορεί να είναι πολύ χαμηλή της τάξης των 55 °C, βοηθώντας έτσι στη μείωση της διάβρωσης και στο περιορισμό δημιουργίας επιστρώματος. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)



Σχήμα 1.14 Σχηματική δομή της MED διαδικασίας αφαλάτωσης. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)



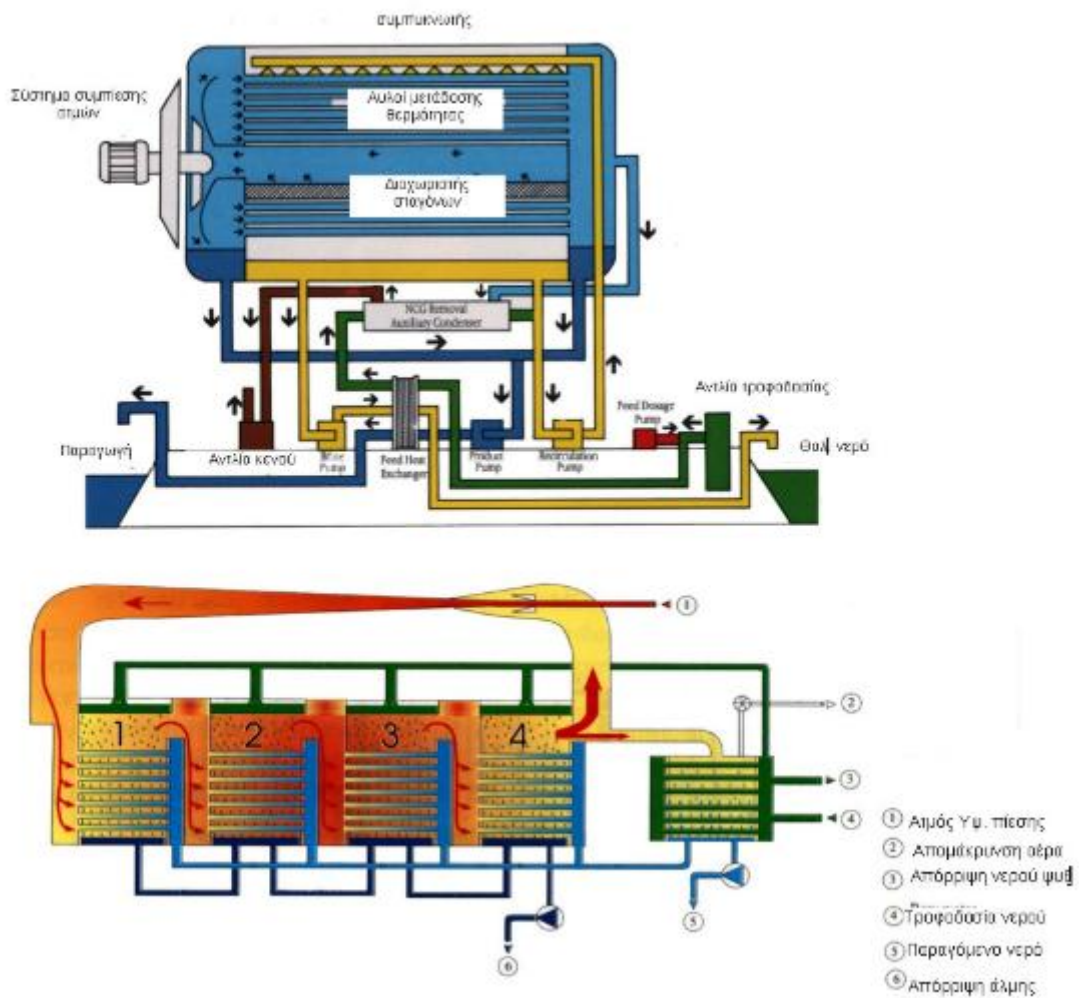
Εικόνα 1.2 Εγκατάσταση με πολυβάθμια εξάτμιση. (Κάραλης Γ., 2011)

1.5.2.3. Εξάτμιση με συμπίεση ατμού - Vapor Compression (VC)

Οι διαδικασίες αυτές στηρίζονται στη λειτουργία υπό χαμηλή πίεση για δημιουργία εξάτμισης. Η θερμότητα για την εξάτμιση παρέχεται από τη συμπίεση του ατμού, είτε μέσω ενός μηχανικού συμπιεστή (μηχανική συμπίεση ατμού, Mechanical Vapor Compression, MVC, Σχήμα 4.6) ή ενός συστήματος εκτίναξης ατμού (θερμική συμπίεση ατμού, Thermal Vapor Compression, TVC).

Οι διαδικασίες συμπίεσης ατμού είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις. Οι μονάδες μηχανικής συμπίεσης έχουν τυπικό εύρος παραγωγής που κυμαίνεται μέχρι τα 3.000 m³/ημέρα ενώ οι μονάδες θερμικής συμπίεσης κυμαίνονται μέχρι 20.000 m³/ημέρα. Τα συστήματα μηχανικής συμπίεσης ατμού διαθέτουν ένα στάδιο μόνο ενώ αντίθετα τα συστήματα θερμικής συμπίεσης ατμού πολλά. Αυτή η διαφορά προκύπτει από το γεγονός ότι τα συστήματα μηχανικής συμπίεσης έχουν την ίδια ειδική ενεργειακή

κατανάλωση (ενέργεια / μονάδα παραγόμενου νερού) ανεξάρτητα από τον αριθμό των σταδίων, ενώ η θερμική αποδοτικότητα των συστημάτων θερμικής συμπίεσης ατμού αυξάνεται με τη προσθήκη πρόσθετων σταδίων.



Σχήμα 1.15 Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών. (Κάραλης Γ., 2011)

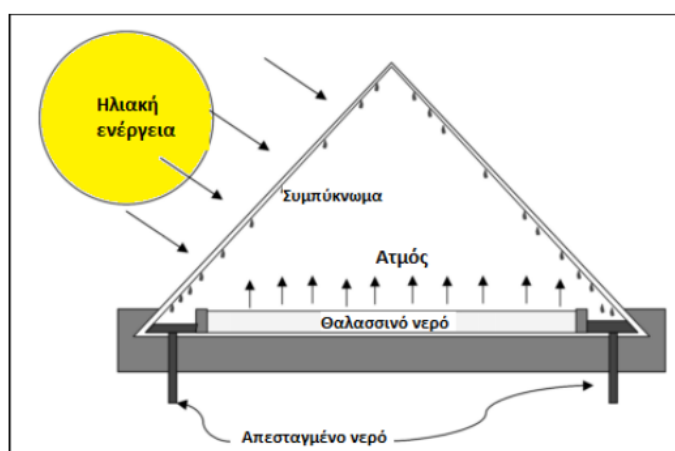
Η συμπίεση ατμού αποτελεί μια μέθοδο απλή, αξιόπιστη και αποδοτική, η οποία απαιτεί μόνο ισχύ. Με τη χρήση μεγάλης ισχύος συμπιεστή η διαδικασία γίνεται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 70°C. Χρησιμοποιείται για μεσαίου μεγέθους μονάδες αφαλάτωσης, ενώ έχει χαμηλότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους. (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)



Εικόνα 1.3 Εγκατάσταση συμπίεσης ατμού, VC. (Κάραλης Γ., 2011)

1.5.2.4. Ηλιακή Απόσταξη – Solar Distillation (SD)

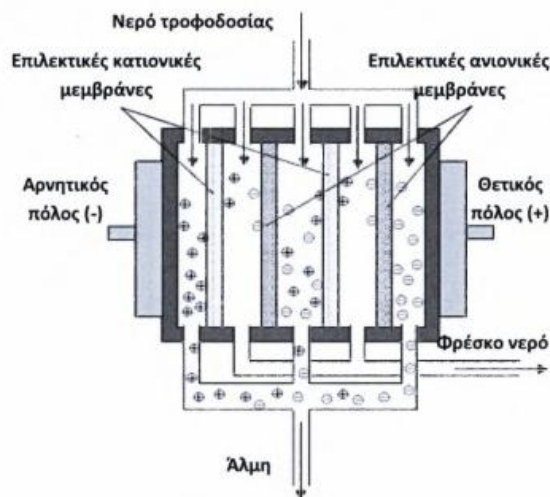
Οι συσκευές της κατηγορίας αυτής ουσιαστικά αναπαράγουν τον υδρολογικό κύκλο σε μικρή κλίμακα: οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πάτο. Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν λιγότερο απ' το 50% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και η απόδοσή τους είναι αρκετά χαμηλή, περίπου 4 λίτρα καθαρό νερό την ημέρα ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται φθηνά σχετικά υλικά για να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης, που είναι και το μόνο έξοδο ουσιαστικά, αφού τα λειτουργικά κόστη είναι από ελάχιστα ως μηδαμινά. 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. (Κάραλης Γ., 2011)



Σχήμα 1.16 Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης. (Κάραλης Γ., 2011)

1.5.2.5. Ηλεκτροδιάλυση – Electrodialysis (ED)

Η μέθοδος αυτή, όπως δηλώνει και το όνομά της, 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. (Κάραλης Γ., 2011)



Σχήμα 1.17 Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση. (Νυδρέος Σακούελος, 2010)

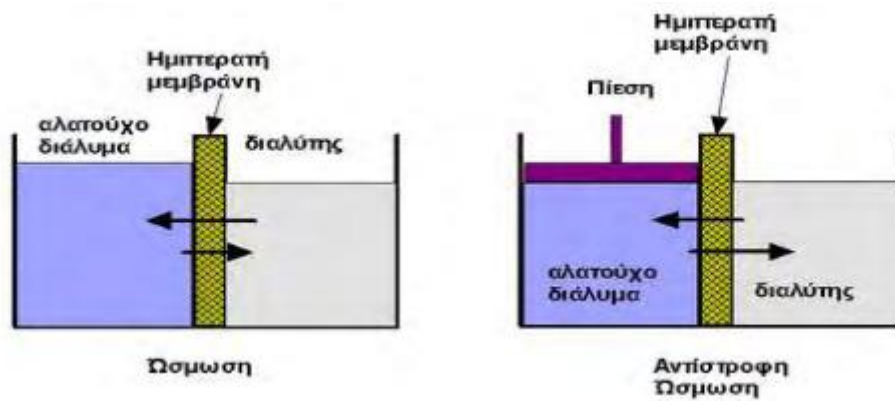


Εικόνα 1.4 Εγκατάσταση ηλεκτροδιάλυσης. (Κάραλης Γ., 2011)

1.5.2.6. Αντίστροφη Όσμωση - Reverse Osmosis (RO)

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης αποτελεί την πλέον διαδεδομένη, αξιόπιστη και οικονομική τεχνολογία για την παραγωγή υψηλής ποιότητας πόσιμου νερού. Αποτελεί το 32,6% του παραγόμενου νερού με εγκαταστάσεις για παροχές μεγαλύτερες από 4.000 m³/d και το 19,5% για παροχές μεταξύ 100 και 4.000 m³/ημέρα.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της όσμωσης. Φυσιολογικά όταν δύο υγρά με διαφορετική πυκνότητα (περιεκτικότητα σε άλατα) έρθουν σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη πυκνότητα, μετατοπίζεται προς το υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα, μέχρι να υπάρξει ισορροπία (το όλο μίγμα να αποκτήσει την ίδια πυκνότητα), αυτή η ιδιότητα ονομάζεται διάχυση. Όταν όμως μεταξύ των δύο υγρών παρεμβληθεί μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε εμποδίζεται η διέλευση των αλάτων, αλλά όχι και του νερού (διαλύτης) που διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η οσμωτική ροή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί μια κατάσταση ισορροπίας, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος, η διαφορά αυτής της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση και η ιδιότητα αυτή ονομάζεται όσμωση. Αν όμως ασκηθεί πίεση στο αλατούχο διάλυμα, υψηλότερη της οσμωτικής πίεσης, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη, αυτό ονομάζεται αντίστροφη όσμωση. (Μαρία)

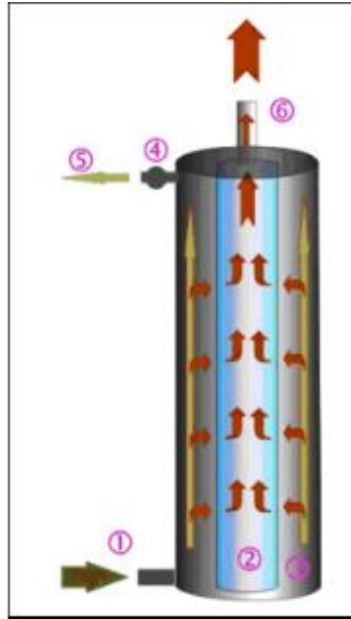


Σχήμα 1.18 Το φαινόμενο της όσμωσης και της αντίστροφης όσμωσης. (Μαρία)

Στις σύγχρονες εφαρμογές αφαλάτωσης η διαδικασία αντίστροφης όσμωσης είναι αυτοματοποιημένη με μία αντλία υψηλής πίεσης να διοχετεύει συνεχώς θαλασσινό νερό σε μεμβράνες που βρίσκονται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης, το θαλασσινό νερό αφού υποστεί προκατεργασία, με την βοήθεια της αντλίας υψηλής πίεσης, διέρχεται με πίεση από την μεμβράνη η οποία κρατάει την διαλυμένη ουσία στην μία πλευρά της και επιτρέπει στο καθαρό νερό να περάσει από την άλλη. (Μαρία)

1.5.2.7. Εμβάθυνση στη λειτουργία και την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης

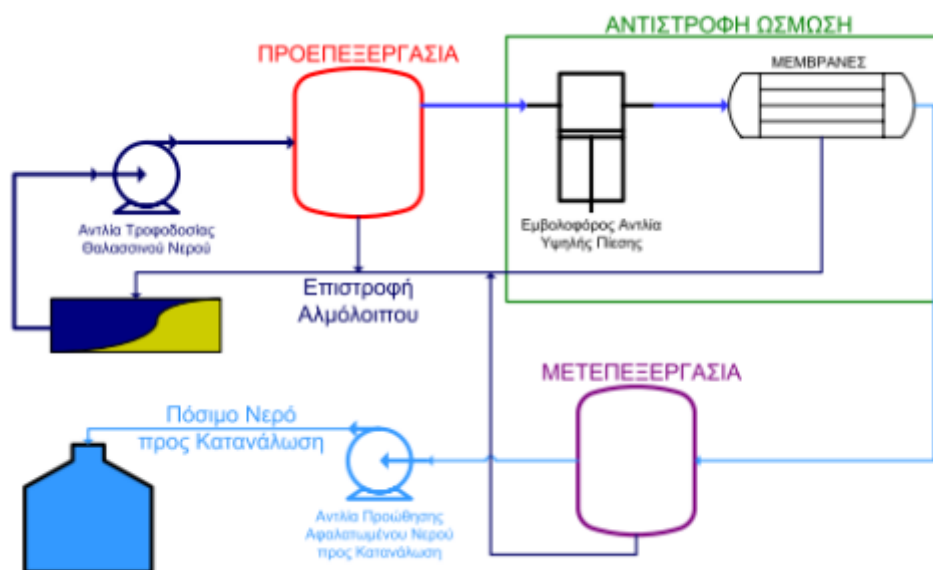
Η αντίστροφη όσμωση συνιστά την άσκηση πίεσης μεγαλύτερη της οσμωτικής στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού), ώστε απ' την άλλη να παραλάβουμε φιλτραρισμένο καθαρό νερό. Ο πιο συνηθισμένος τύπος συσκευής είναι αυτός που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το προς καθαρισμό νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) στη συσκευή και καταλαμβάνει το χώρο (3). Υπάρχουν δυο διέξοδοι: η (5) και η (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό εξαναγκάζεται κατά ποσοστό 25% περίπου να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), οπότε και καθαρίζεται και εξέρχεται από την (6) ως προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, παρασύροντας μαζί του και τις ακαθαρσίες στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται. (Κάραλης Γ., 2011)



Σχήμα 1.19 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης όσμωσης. (Κάραλης Γ., 2011)

Κάθε μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης αποτελείται από τέσσερα βασικά υποσυστήματα : (Κάραλης Γ., 2011)

- i. το αντλιοστάσιο παροχής θαλασσινού νερού και τους σωλήνες προσαγωγής – απόρριψης
- ii. την προ-κατεργασία θαλασσινού νερού
- iii. την κυρίως επεξεργασία(αντίστροφη όσμωση)
- iv. τη μετ-επεξεργασία αφαλατωμένου νερού και τη δεξαμενή γλυκού νερού.



Σχήμα 1.20 Τυπικό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. (Κάραλης Γ., 2011)

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα βασικά στάδια επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα σε μία μονάδα αφαλάτωσης και παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε εφαρμογής.

Υδροληψία θαλασσινού νερού

Η υδροληψία του θαλασσινού νερού γίνεται γενικά με τους εξής τρόπους:

- Με γεώτρηση
- Με κατασκευή πηγαδιών
- Με κατασκευή υποθαλάσσιου αγωγού.

Η μέθοδος που προτιμάται είναι συνήθως η τροφοδοσία νερού από την ανοιχτή θάλασσα, η οποία δίνει καλύτερη ποιότητα νερού από ότι παράκτιες γεωτρήσεις.

Η οριστική επιλογή γίνεται κατά περίπτωση για κάθε μονάδα, σύμφωνα με τις επικρατούσες τοπικές συνθήκες, έχοντας λάβει υπόψη και γενικότερους παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα και η διαχείριση της άλμης. (Κάραλης Γ., 2011)

Προ-κατεργασία θαλασσινού νερού

Για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα και η διάρκεια ζωής ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης, απαιτείται η προ-κατεργασία του αλατούχου διαλύματος. Η επιλογή της κατάλληλης προ-κατεργασίας θα μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα της διεργασίας και τη αξιόπιστη λειτουργία των μεμβρανών μειώνοντας τις επικαθίσεις αλάτων, τη μόλυνση και αποικοδόμηση των μεμβρανών.

Η προ-επεξεργασία του θαλάσσιου νερού, συνήθως, περιλαμβάνει:

1. **Φίλτρο εισόδου:** Τοποθέτηση σχάρας στην αναρρόφηση για να μην εισέλθουν ψάρια, φύκια και πλαστικά
2. **Προ-χλωρίωση:** Το νερό προς αφαλάτωση χλωριώνεται, συνήθως με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Το χλώριο οξειδώνει και σκοτώνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς που θα μπορούσαν να επικαθίσουν στις μεμβράνες και να αναπτύξουν αποικίες μολύνοντας την επιφάνειά τους και μειώνοντας την παραγωγή νερού ενώ χειροτερεύουν την ποιότητα του παραγόμενου νερού. Στη συνέχεια γίνεται προσθήκη οξέος, συνήθως, θειικό οξύ για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων.
3. **Συσσωμάτωση των κολλοειδών/οργανικών ουσιών :** Για χρησιμοποιούμενο νερό με υψηλό ποσοστό αιωρούμενων στερεών, υψηλή τιμή SDI, χρησιμοποιούνται ουσίες (χλωριούχος σίδηρος και πολυηλεκτρολύτης) που προκαλούν την συσσωμάτωση των αιωρούμενων στερεών και τελικά τον διαχωρισμό τους από το νερό προς επεξεργασία σε επόμενο στάδιο.
4. **Φίλτρα άμμου:** Περιλαμβάνουν άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη για την κατακράτηση ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.



Εικόνα 1.5 Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου.

5. **Φίλτρα πολυπροπυλενίου:** Τοποθετούνται για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες.



Εικόνα 1.6 Φίλτρο φυσιγγίου ασφαλείας.

6. **Αποχλωρίωση:** Το υπολοιπόμενο χλώριο πρέπει να απομακρυνθεί διότι προκαλεί ζημιά στις μεμβράνες. Στο στάδιο αυτό τροφοδοτείται στο νερό θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα. Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα συγκρατούν επίσης αιωρούμενη οργανική ύλη και χλωραμίνες, ιδιαίτερα επικίνδυνες ουσίες. Ο ενεργός άνθρακας προκύπτει από άνθρακα με κατεργασία με ατμό σε υψηλή θερμοκρασία ή με χημικά μέσα. Για την απολύμανση του διαλύματος τροφοδοσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι πλην της χλωρίωσης όπως η χρήση όζοντος ή UV.
7. **Ρύθμιση pH:** Για την αποφυγή επικαθίσεων αλάτων χρησιμοποιούμε οξέα για την μείωση του pH του διαλύματος, το χρησιμοποιούμενο οξύ είναι το υδροχλωρικό οξύ. Σε πολλές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης χρησιμοποιείται και το θειικό οξύ. Η δοσολογία του καθορίζεται από την σύσταση του κατεργαζόμενου νερού.

8. **Προσθήκη αντικαθαλωτικού:** Η παρεμπόδιση των επικαθίσεων αλάτων μπορεί να γίνει και με την προσθήκη ειδικών αντικαθαλωτικών (antiscalants) ουσιών που παρεμποδίζουν την επικάλυψη αλάτων. Απαιτούνται μικρές ποσότητες αντικαθαλωτικού (1-10ppm). Η δράση τους οφείλεται στο γεγονός ότι προσροφούνται επιφανειακά στο αρχικό στάδιο του σχηματισμού των αλάτων, έτσι ώστε δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη των κρυστάλλων και συνεπώς το σχηματισμό επικαθίσεων αλάτων.
9. **Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία.** (Κάραλης Γ., 2011), (Μαρία)

Κυρίως επεξεργασία (αντίστροφη όσμωση)

Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- **Αντλία χαμηλής πίεσης**

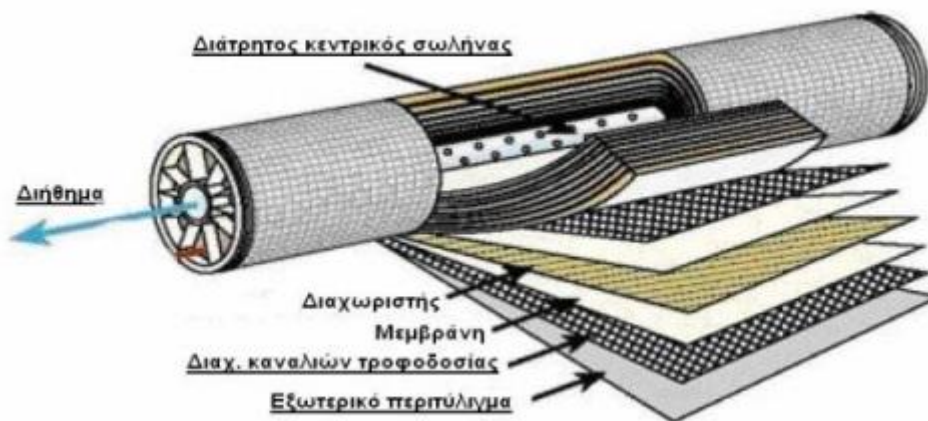
Η αντλία χαμηλής πίεσης (low pressure pump, LP) είναι συνήθως περιστροφική αντλία κατάλληλης ισχύος για την τροφοδοσία των φίλτρων και της αντλίας υψηλής πίεσης. Είναι κατασκευασμένη από υλικό ανθεκτικό στην διάβρωση, ανοξείδωτο χάλυβα ή αλουμινούχο μπρούτζο. Λαμβάνει το αλατούχο διάλυμα, θάλασσα ή υφάλμυρο νερό, απευθείας από την πηγή τροφοδοσίας είτε από δεξαμενή εξισορρόπησης. Εκτός της μίας αντλίας LP υπάρχει και δεύτερη αντλία που χρησιμοποιείται για την έκπλυση και καθαρισμό των μεμβρανών, μικρότερης ισχύος. Γενικά εγκαθίστανται δύο παράλληλες αντλίες χαμηλής πίεσης, μία σε λειτουργία και μία εφεδρική.

- **Αντλία υψηλής πίεσης**

Η αντλία υψηλής πίεσης (high pressure pump, HP) είναι εμβολοφόρα αντλία με τρία ή περισσότερα έμβολα, κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα και ειδικά κεραμικά υλικά για μείωση του βάρους τους. Χρησιμοποιούνται επίσης και πολυβάθμιες περιστροφικές αντλίες στη σειρά από κατάλληλο υλικό. Οι αντλίες HP παρέχουν πίεση που φτάνει τα 70 bar. Το νερό τροφοδοσίας εξερχόμενο από την αντλία στην υψηλή πίεση διοχετεύεται στα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης που βρίσκονται στα δοχεία πίεσης.

- **Στοιχεία αντίστροφης όσμωσης**

Αποτελούνται από ειδικά δοχεία πίεσης εντός των οποίων τοποθετούνται σε σειρά 1-7 στοιχεία μεμβρανών. Ο έλεγχος της ποιότητας παραγωγής κάθε μεμβράνης γίνεται με ειδικό σωλήνα που τοποθετείται εσωτερικά των μεμβρανών στον σωλήνα του παραγόμενου νερού. Κάθε σύστημα αφαλάτωσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα δοχεία πίεσης διαταγμένα παράλληλα σχηματίζοντας μία ή περισσότερες συστοιχίες (arrays). Το νερό προς κατεργασία εισέρχεται σε κάθε δοχείο πίεσης από το ένα άκρο, ενώ στο άλλο άκρο εξέρχονται το καθαρό νερό και η άλμη. Για μεγαλύτερη ανάκτηση η άλμη ανακυκλώνεται ή χρησιμοποιείται και δεύτερο πέρασμα (second pass) σε άλλη συστοιχία δοχείων πίεσης. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να καθορίζεται από βάνα που υπάρχει στην έξοδο της άλμης. Κάθε εταιρεία κατασκευής έχει το δικό της σχεδιασμό για τον καθορισμό της ασκούμενης πίεσης αλλά και της ανάκτησης.



Σχήμα 1.21 Δομή στοιχείου μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης.

Καθώς ένα μέρος του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες των δοχείων πίεσης, 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.

- **Συστήματα ανάκτησης ενέργειας**

Η άλμη εξέρχεται από τα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης σε υψηλή πίεση. Έτσι, χρησιμοποιούνται συστήματα ανάκτησης της ενέργειας πίεσης που περικλείει η άλμη. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από ένα υδροστρόβιλο ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον κινητήρα της αντλίας υψηλής πίεσης μέσω ιμάντα έτσι ώστε να μειώνεται η δαπάνη ηλεκτρικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει το 40% της δαπανώμενης ενέργειας στην αντλία υψηλής πίεσης. Η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται στην μείωση της απαιτούμενης ενέργειας του κινητήρα της αντλίας υψηλής πίεσης, λόγω μηχανικής βοήθειάς του από τον στρόβιλο Pelton. Η ασκούμενη υψηλή πίεση ελέγχεται από την βάνα που υπάρχει στην άλμη. Κλείσιμο της βάνας αυξάνει την ασκούμενη πίεση αλλά και το λόγο ανάκτησης, παράμετροι που στον συγκεκριμένο σχεδιασμό είναι αλληλένδετοι.



Εικόνα 1.7 Σύστημα ανάκτησης ενέργειας απορριπτόμενης άλμης.

ΜΕΤ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΦΑΛΑΤΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το ανεπεξέργαστο ρεύμα αφαλατωμένου νερού θαλασσινού ή υφάλμυρου, που παράγεται από μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης δεν πληρεί τα πρότυπα ποιότητας πόσιμου νερού. Εξαιτίας των χαμηλών τιμών των ολικών διαλυμένων στερεών το παραγόμενο νερό να είναι άγευστο, διαβρωτικό και ανθυγιεινό. Η μετεπεξεργασία αποτελεί βασικό στάδιο των μονάδων αφαλάτωσης, ώστε το παραγόμενο νερό να συμμορφωθεί με τα απαραίτητα κριτήρια πόσης και άρδευσης.

Το σύστημα μετεπεξεργασίας, περιλαμβάνει τα εξής στάδια: (Νυδρέος Σακουέλος, 2010)

- **Ρύθμιση pH**

Το pH ρυθμίζεται με τη προσθήκη NaOH ή με προσθήκη όξινου ανθρακικού νατρίου. Η δοσολογία ρυθμίζεται ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού και την επιθυμητή τιμή. Για να μειωθούν οι διαβρωτικές ιδιότητες του αφαλατωμένου νερού προστίθεται αντιδιαβρωτικό όπως είναι διάφορες πολυφωσφορικές ενώσεις.



Εικόνα 1.8 Φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου.

- **Ρύθμιση σκληρότητας**

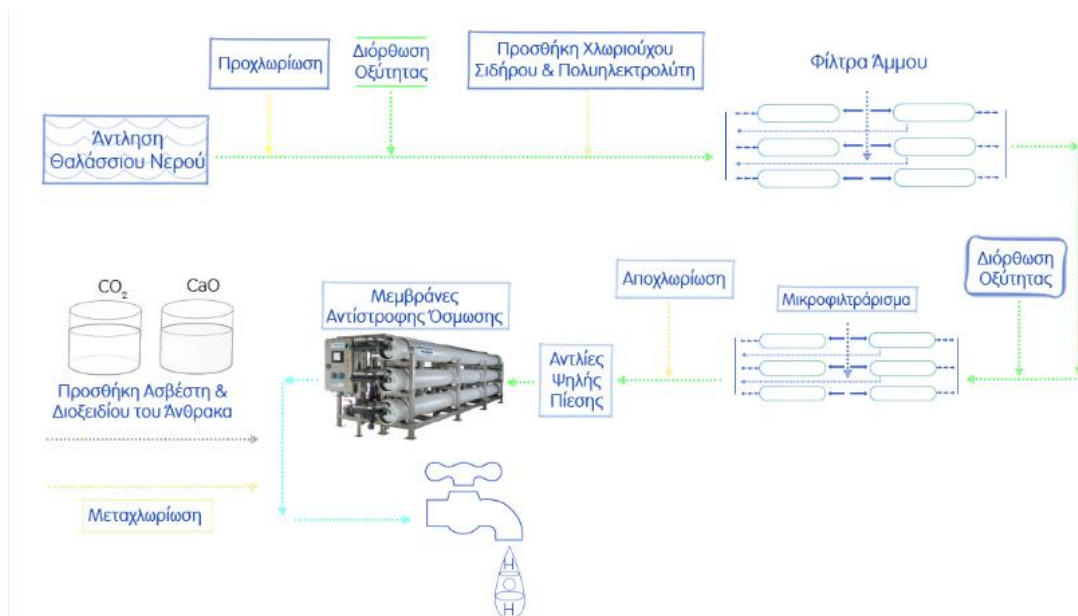
Η ρύθμιση της σκληρότητας του παραγόμενου νερού είναι απαραίτητη προκειμένου να αποτραπεί η διάβρωση των σωληνώσεων του δικτύου διανομής. Η αύξηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει με προσθήκη μέσω δοσομετρικής αντλίας CaCl_2 και MgCl_2 ή διαβίβαση του νερού μέσα από ειδικές στήλες που περιέχουν άλατα μαγνησίου και ασβεστίου. Η δεύτερη λύση κρίνεται πλέον ικανοποιητική διότι με την αύξηση της σκληρότητας δεν αυξάνεται η συγκέντρωση ιόντων χλωρίου.

- **Χλωρίωση**

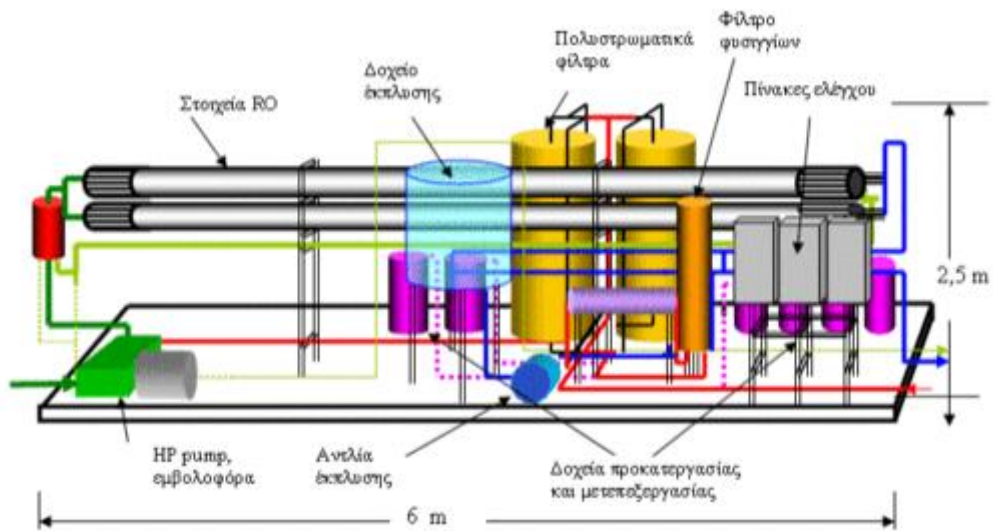
Αν και το παραγόμενο νερό από μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης είναι υψηλής ποιότητας, απαλλαγμένο από βακτηρίδια και ιούς, η απολύμανση είναι απαραίτητη για τη προστασία των καταναλωτών από μια πιθανή μόλυνση κατά τη διάρκεια της διανομής, της περαιτέρω επεξεργασίας ή της αποθήκευσης. Συνήθως χλωρίωση γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις για το πόσιμο νερό. Το υπολειπόμενο χλώριο στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 ppm.

- **Αφαίρεση βόριου**

Το βόριο εντοπίζεται σε οποιαδήποτε φυσική πηγή νερού. Ωστόσο, το βόριο σε υψηλές συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό θεωρείται υπεύθυνο για τη πρόκληση γενετικών προβλημάτων, εμβρυϊκών ανωμαλιών και διαταραχών κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης. Επίσης, το βόριο σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να βλάψει τις καλλιέργειες όταν χρησιμοποιείται αφαλατωμένο νερό για αρδευτικούς λόγους.



Σχήμα 1.22 Διάγραμμα ροής της αντίστροφης όσμωσης.

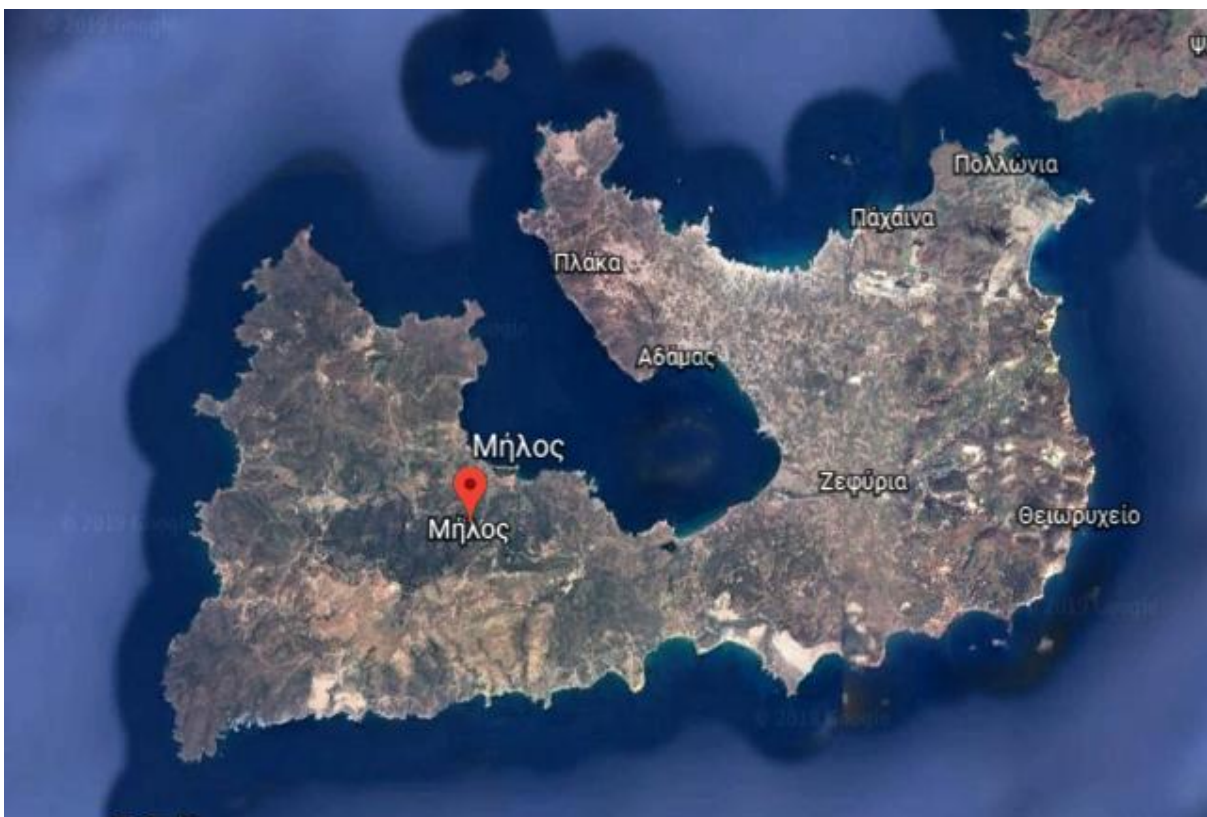


Σχήμα 1.23 Τρισδιάστατη απεικόνιση μίας μικρής μονάδας αφαλάτωσης. (Ράπτης, 2012)

Κεφάλαιο 2^ο Περιοχή έρευνας – Ν. Μήλος

2.1. Γενικές πληροφορίες

Η νήσος Μήλος βρίσκεται στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων με γεωγραφικό πλάτος 36^ο 41' Βόρειο και γεωγραφικό μήκος 24^ο 25' Ανατολικό. Η επιφάνειά του ανέρχεται σε 151 km² με μήκος ακτών 126 km και έδαφος μάλλον ορεινό με χαμηλό ύψος βουνών και υψηλότερη κορυφή του Προφήτη Ηλία στα 751m. Είναι ένα ηφαιστειακό νησί, ξηρό και ανεμώδες με ετήσια βροχόπτωση κάτω των 400 mm. Οι οικισμοί του νησιού αποτελούν σήμερα τον Δήμο της Μήλου με κύριο λιμάνι στον Αδάμαντα. Οι περισσότεροι οικισμοί εντοπίζονται στο Β – ΒΑ μέρος του νησιού. (Γκάγκα, 2006)



Εικόνα 2.1 Μήλος (Πηγή: Google Earth)

Η Μήλος, η οποία είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου ένα ηφαιστειακό νησί, βρίσκεται πάνω στην ευρασιατική πλάκα και απέχει περίπου 220km από το σημερινό όριο σύγκρουσης με την αφρικανική πλάκα. Το νησί βρίσκεται, ακόμα και σήμερα, σε φάση καταβύθισης, υφίσταται δηλαδή τα αποτελέσματα μιας αργής καθοδικής κίνησης, ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα του.

Το νησί βρίσκεται στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου και περιέχει δύο μεγάλα αλλά ανενεργά ηφαίστεια. Το ένα είναι το ηφαίστειο της Φυριπλάκας, το οποίο βρίσκεται στο κεντρικό και νότιο τμήμα του νησιού και έχει ένα εντυπωσιακό κρατήρα με διάμετρο 1.700m και ύψος 220m, και το δεύτερο είναι το ηφαίστειο του Τράχηλα, που βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού. Από ραδιοχρονολογήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, οι επιστήμονες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η ηφαιστειότητα στο νότιο Αιγαίο άρχισε

πριν από 2 με 3 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Στη Μήλο η ηφαιστειακή αυτή δραστηριότητα σταματά οριστικά πριν από 90.000 χρόνια και θεωρείται σχετικά πρόσφατη. (Χρήστος)

2.2. Μορφολογία – Ανάγλυφο

Η μορφολογία του νησιού είναι γενικά χαμηλή και λοφώδης, με το ανατολικό τμήμα να είναι πεδινότερο του δυτικού. Στο δυτικό τμήμα του νησιού βρίσκεται η υψηλότερη κορυφή, ο Προφήτης Ηλίας με υψόμετρο 751m. Στη Μήλο διακρίνονται τόσο λόφοι με ήπιες πλαγιές όσο και μικρά υψώματα με απότομες κλίσεις, εξαιτίας της διαφορετικής διάβρωσης των ηφαιστειακών πετρωμάτων. Οι ακτές της Μήλου, μήκους 126km περίπου, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία οφειλόμενη στη διαφορετική πετρογραφική σύσταση των σχηματισμών και στην πολύ πρόσφατη τεκτονική των ρηγμάτων. Στις εξωτερικές ακτές και περισσότερο στις ανατολικές, νότιες και δυτικές έχουν δημιουργηθεί απότομες επιφάνειες από τα σημαντικά πρόσφατα ρήγματα και καταβυθίσεις. Ανάμεσα στις υψηλές αυτές ακτές παρεμβάλλονται χαμηλές ακτές με μικρή έκταση, που αντιστοιχούν στις σπουδαιότερες κοιλάδες. Οι βόρειες εξωτερικές ακτές είναι γενικά λιγότερο υψηλές, λόγω του ότι αντιστοιχούν σε ευδιάβρωτους ηφαιστειακούς σχηματισμούς. Στον κόλπο της Μήλου υπάρχουν χαμηλές ακτές με μεγάλη έκταση κατά μήκος των πυροκλαστικών και των άλλων χαλαρών σχηματισμών, αλλά και υψηλές ακτές πλησίον των δόμων και των ρευμάτων λάβας. Ο μεγάλος κόλπος της Μήλου διαμορφώθηκε από τη δράση δύο συστημάτων ρηγμάτων, διεύθυνσης Β-ΒΔ – Ν-ΝΑ και Α-ΒΑ – Δ-ΝΔ αντίστοιχα. Τέλος, οι δόμοι και οι ηφαιστειακοί κώνοι συντελούν στη δημιουργία υδρογραφικού δικτύου με ακτινοειδή μορφή και στις περιοχές με μεγάλη μορφολογική κλίση και εκεί όπου απαντούν παράλληλα ρήγματα το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει παράλληλη ανάπτυξη. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

2.3. Γεωλογικές συνθήκες

Η Μήλος είναι ηφαιστειογενές νησί, αποτέλεσμα εκτεταμένης ηφαιστειακής δραστηριότητας. Εξαιτίας φαινομένων τα οποία συνδυάζονται άμεσα με το γεωλογικό καθεστώς στο χώρο του τόξου (έντονη τεκτονική γεωθερμική δραστηριότητα, εξαλλοιώσεις) έχουν δημιουργηθεί οικονομικού ενδιαφέροντος προϊόντα εξαλλοίωσης (καολίνης, μπετονίτης) ή μεταλλοφορία (βαρύτης, άργυρος, θείο, μαγγάνιο κλπ.) καθώς και σημαντικά γεωθερμικά πεδία στο νησί, κυρίως στη περιοχή της Ανατολικής Μήλου. (Γκάγκα, 2006)

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που δομούν το νησί, είναι οι παρακάτω. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

- Τεταρτογενές

Οι κυριότεροι ιζηματογενείς σχηματισμοί, που απαντούν στη νήσο Μήλο, είναι οι αλλουβιακές (al) και παράκτιες αποθέσεις (H.cd), όπως κροκαλολατύπες, άμμοι, ιλύς και άργιλοι, με πάχος μέχρι 100m στην περιοχή της Ζεφυρίας. Απαντούν ακόμα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Q.cs,sc), καθώς και παλαιότερες ποταμοχειμάρριες αποθέσεις (Q.t) από κροκάλες και λατύπες, ελαφρά συνδεδεμένες. Οι υπόλοιποι σχηματισμοί του Τεταρτογενούς είναι ηφαιστειακής προέλευσης, όπως πορώδεις τόφφοι

(Q,tv) στρωμένοι και συνεκτικοί, λαχάρ Φυριπλάκας (Q.lh2, lh1, lh) συνιστώμενο από ρυολιθικά – περλιτικά υλικά, που αποτελείται από εκτεταμένες αποθέσεις ασύνδετων ετερογενών κροκαλολατύπων μεταμορφωμένων, ηφαιστειακών και ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Επίσης, απαντούν ρυολιθικές, δακτιλικές, ρυοδακτιλικές και ανδρσιπικές λάβες (Q.ρ2, Q.α.δα2, Q.α.δα1, Q.ρ,ρ.δα), οι οποίες αποτελούνται από δόμους και αλληπάλληλα ρεύματα με τις λάβες αυτές να εμφανίζονται κατά τόπους υδροθερμικά εξαλλοιωμένες (Q.la), λεπτά στρώματα από πυροκλαστικά υλικά (Q.tf2) και πυροκλαστικοί κώνοι και αποθέσεις (Q.ρ1, Q.br1, Q.br2), οι οποίοι συνίστανται από στρώματα, σε συνεχείς εναλλαγές τέφρας, άμμου, κίσηρης και λάβας ποικίλης σύστασης. Τέλος, απαντούν και μερικώς εξαλλοιωμένοι ρυολιθικοί ιγνιμβρίτες (Q.ig) στη ΒΔ Μήλο, που παρεμβάλλονται σε ρεύματα λάβας, πάχους μέχρι 5m.

- Νεογενές

- i. Ανώτερο Πλειόκαινο: οι σχηματισμοί, που κυριαρχούν είναι ηφαιστειακής προέλευσης και συνίστανται από ιγνιμβρίτες (Ne.ig) στα ΝΔ της Μήλου, καλά συγκολλημένους, εξαλλοιωμένους, και αποτελούμενους από θραύσματα υάλου, κίσηρης και ξενολίθων, οι οποίοι μεταβαίνουν προς τα πάνω σε τόφφους (το πάχος τους δεν ξεπερνά τα 100m). Επίσης, απαντούν παλαιοί τοφφίτες (Ne.tt) θαλάσσιας προέλευσης, λευκοί έως υποκίτρινοι, αποτελούμενοι από ηφαιστειακά υλικά και οι οποίοι εναλλάσσονται με παλαιούς τόφφους (Ne.tf) χερσαίας απόθεσης, λευκούς έως στακτόμαυρους και γενικά όξινης σύστασης. Ενίοτε, οι τόφφοι (t) παρουσιάζονται πολύ εξαλλοιωμένοι, λόγω υδροθερμικής δράσης. Ακόμα, απαντούν και αποθέσεις ρευμάτων κίσηρης (Ne.ki), καθώς και ηφαιστίτες (vol) πολύ υδροθερμικά εξαλλοιωμένοι.
- ii. Ανώτερο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο: πρόκειται για επικλυσιογενή κροκαλοπαγή, στα οποία παρεμβάλλονται στρώματα άμμου και ερυθρής αργίλου και για ασβεστόλιθους (Ms-Pli), οι οποίοι εμφανίζονται λεπτομεσοστρωματώδεις, λίγο ή καθόλου μαργαίκοι, μερικές φορές στιφροί και με σπάνια στρώματα ερυθρής αργίλου.

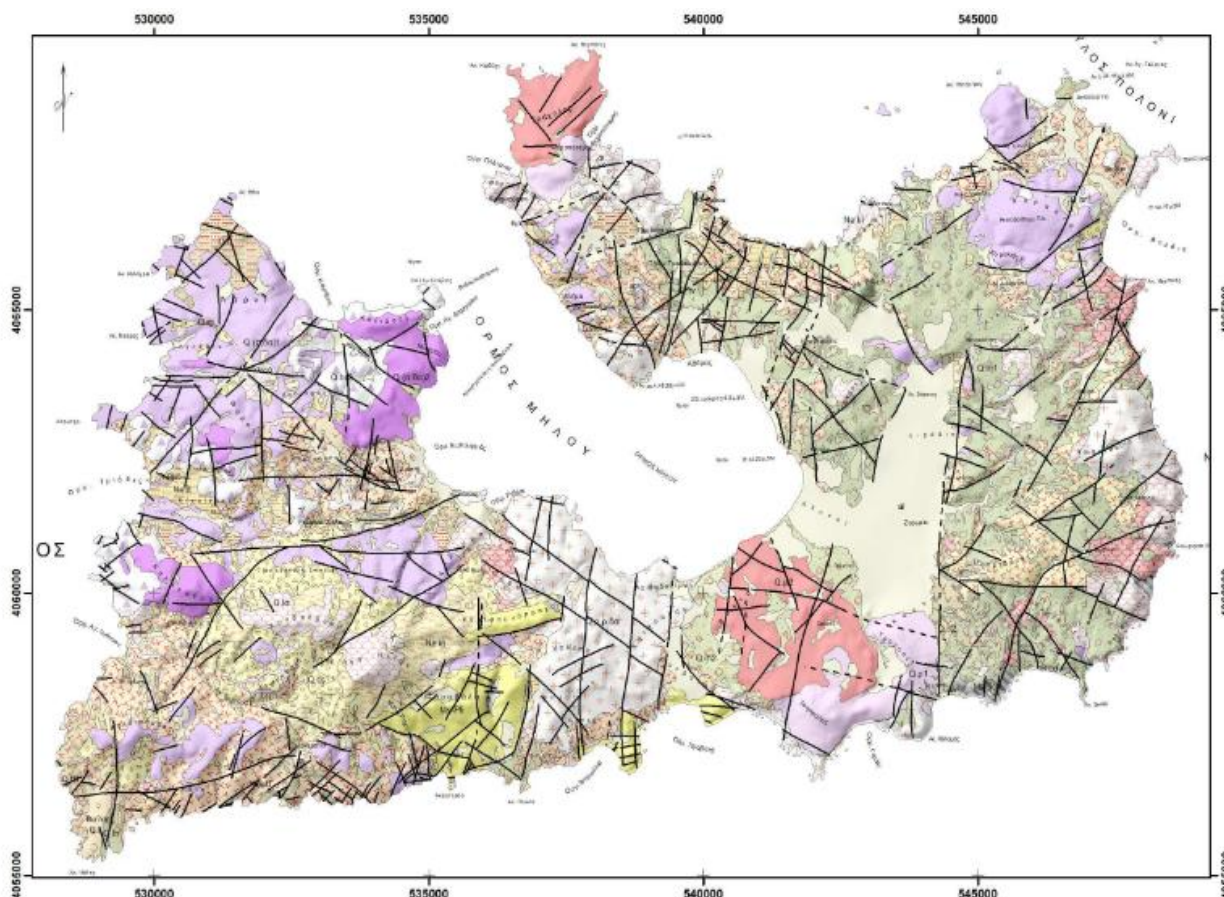
- Μεσοζωικό

Στη Μήλο απαντά το κρυσταλλικό υπόβαθρο (Mz.sch) σε περιορισμένη έκταση στα ΝΑ του νησιού στον ορεινό όγκο του Χάλακα και συνίσταται από ένα σύστημα πρασινοσχιστολίθων από φυλλίτες, μεταβασάλτες, σπανιότερα μάρμαρα έως και φλέβες χαλαζία, ενώ εμφανίζονται και μεταμορφωμένα πετρώματα υψηλής πίεσης (κυρίως γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι).

Όσον αφορά τον τεκτονισμό της περιοχής, ένα από τα σπουδαιότερα συστήματα ρηγμάτων αποτελεί αυτό με διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ, είναι παράλληλο προς το ηφαιστειακό τόξο και θεωρείται υπεύθυνο για τη δημιουργία της τεκτονικής ρηξιγενών τεμαχών, που σχηματίζει ένα σύνολο κεράτων και βυθισμάτων του υποβάθρου. Μια άλλη τεκτονική διεύθυνση, που επηρεάζει παρόμοια συστήματα ανυψώσεων – καταβυθίσεων, είναι η Α – Δ περίπου και έχει διαμορφωθεί κατά την περίοδο της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Σημαντικό επίσης, σύστημα ρηγμάτων και διαρρήξεων αποτελεί αυτό με διεύθυνση Β – Ν, το οποίο είναι ευδιάκριτο επιφανειακά και επέτρεψε την έξοδο των μαγμάτων και εν συνεχεία τη δημιουργία του μεγαλύτερου μέρους της

ηφαιστειακής δραστηριότητας. Φανερά παραδείγματα του γεγονότος αυτού είναι η ευθυγράμμιση πολλών δόμων και σημείων εξόδου λάβας.

Το σύστημα των ρηγμάτων, με διεύθυνση Β – Ν σχημάτισε τα δύο τεκτονικά βυθίσματα του νησιού: το μεγαλύτερο, της πεδιάδας της Ζεφυρίας, το οποίο έχει διαρρήξει μόνο το ηφαιστειακό κάλυμμα και όχι το υπόβαθρο, που αποτελεί τεκτονική ανύψωση και το μικρότερο, το οποίο σχημάτισε τον ισθμό Προβατά – Χιβαδολίμνης. Αντίθετα, τα τεκτονικά κέρατα είναι περισσότερο πολυάριθμα και δημιουργήθηκαν από ρήγματα με κυριότερη διεύθυνση Α – Δ. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)



Σχήμα 2.1 Γεωλογικός χάρτης νήσου Μήλου (κατά Φύτικα, 1973). (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

2.4. Υδρολογικές Συνθήκες

Η υπάρχουσα μορφολογία, η τεκτονική δομή, η ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων, η ηλικία του γεωλογικού υποβάθρου και το κλίμα επέδρασαν κατά μεγάλο βαθμό στη μορφή της ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου.

Η ύπαρξη των δόμων και των ηφαιστειακών κώνων συντελεί στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου σε ακτινοειδή μορφή. Το δίκτυο αποκλίνει από την κεντρική υπερυψωμένη περιοχή όπως παρατηρείται στο δυτικό τμήμα του νησιού στις περιοχές Χονδρό Βουνό και Προφήτης Ηλίας, όπου τα ρέματα του Αγίου Ιωάννη, Δασίφνου,

Κακοποταμός, Τούλι, Λεμονιάς και άλλα ενδιάμεσα ρέματα αποκλίνουν και δημιουργούν κενές περιοχές, δηλαδή περιοχές χωρίς υδρογραφικό δίκτυο. Η ακτινοειδής μορφή επομένων του υδρογραφικού παρατηρείται στις θέσεις εκείνες του νησιού όπου υπάρχουν δόμοι και λόφοι. Στο ανατολικό τμήμα επίσης, στη θέση Άγιοι Θεόδωροι, στη Μουρτόραχη, υπάρχει κενή περιοχή χωρίς ρέματα, λόγω απόκλισης εξαιτίας του ψηλού αναγλύφου. Παράλληλη επίσης ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου παρατηρείται στα δυτικά και νοτιοδυτικά του νησιού όπου υπάρχουν απότομες κλιθείς των δομών και των λόφων.

Γενικά οι κύριοι κλάδοι των διαφόρων δικτύων είναι παράλληλοι μεταξύ τους, καθώς επίσης σε πολλές θέσεις και οι δευτερεύοντες κλάδοι διατάσσονται παράλληλα. Οι δευτερεύοντες κλάδοι σε πολλά σημεία συνδέονται ορθογωνίως με τους κύριους κλάδους. Στις θέσεις Ζεφύρια, Λειβαδιά, Βουβάλια και Λουτρά, το υδρογραφικό δίκτυο λείπει ή είναι ελάχιστα ανεπτυγμένο (τυφλά ρέματα διότι δεν εκβάλλουν στη θάλασσα) εξαιτίας των πετρωμάτων τα οποία έχουν μεγάλη περατότητα. Τα συναντώμενα πετρώματα εδώ είναι αλλούβιες αποθέσεις, πρόσφατοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί και ρεύματα λάβας που παρουσιάζουν μεγάλη περατότητα. (Γκάγκα, 2006)

2.4.1. Υδρολιθολογία – Υδρογεωλογικά Περιβάλλοντα

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, σε ό,τι αφορά τα υδρολιθολογικά τους χαρακτηριστικά, ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

i. Υδροπερατοί έως ημιπερατοί σχηματισμοί

Πρόκειται για τα κροκαλοπαγή, τις αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις, με πάχος μέχρι 100m στην περιοχή της Ζεφυρίας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων, καθώς και παλαιότερες ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, στα οποία παρεμβάλλονται στρώματα άμμου και ερυθρής αργίλου και απαντούν στις απολήξεις των κοιλάδων, όπως είναι οι όρμοι της Φυλακωπής, της Πάχαινας, του Αδάμαντα, του Προβατά κ.ά. Οι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται εντός των προσχωματικών αποθεμάτων και των ηφαιστειακών αναβλημάτων και προέρχονται από αποσάθρωση ηφαιστειακών τόφφων, οι οποίοι καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του νησιού. Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άργιλο παρουσιάζουν διακύμανση στην υδροπερατότητά τους, γεγονός που τα καθιστά ενίοτε ημιπερατά, ενώ η υδροδυναμικότητα των σχηματισμών αυτών έγκειται στην έκταση, το πάχος και την κοκκομετρική τους σύνθεση.

• Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί

Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί: στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλες οι λάβες (ρυσολιθικές, δακιτικές, ανδεσιτικές), οι τόφφοι, οι ιγνιμβρίτες, οι ηφαιστίτες και το κρυσταλλικό υπόβαθρο, δηλαδή οι σχιστόλιθοι, οι φυλλίτες και οι μεταβασάλτες. Όπου κατά θέσεις εμφανίζονται έντονα αποσαθρωμένοι, ρηγματωμένοι (συστήματα διακλάσεων και ασυνχειών) και πολυπτυχωμένοι, διαμορφώνεται υδροφορία τοπικής σημασίας και μέτριας υδροδυναμικότητας.

Η παρουσία υδροφόρων οριζόντων στη Μήλο επηρεάζεται από το γεωθερμικό πεδίο και ειδικότερα από την παρουσία διαλυμάτων υψηλών θερμοκρασιών. Σημαντική υδροφορία αναπτύσσεται κατά μήκος των ρηξιγενών ζωνών, όπου δε γίνεται μόνο η κυκλοφορία των μετεωρικών νερών που κατείσδυνται, αλλά και των γεωθερμικών ρευστών υψηλών θερμοκρασιών (απαντούν πολυάριθμες πηγές με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 350 °C – 450 °C).

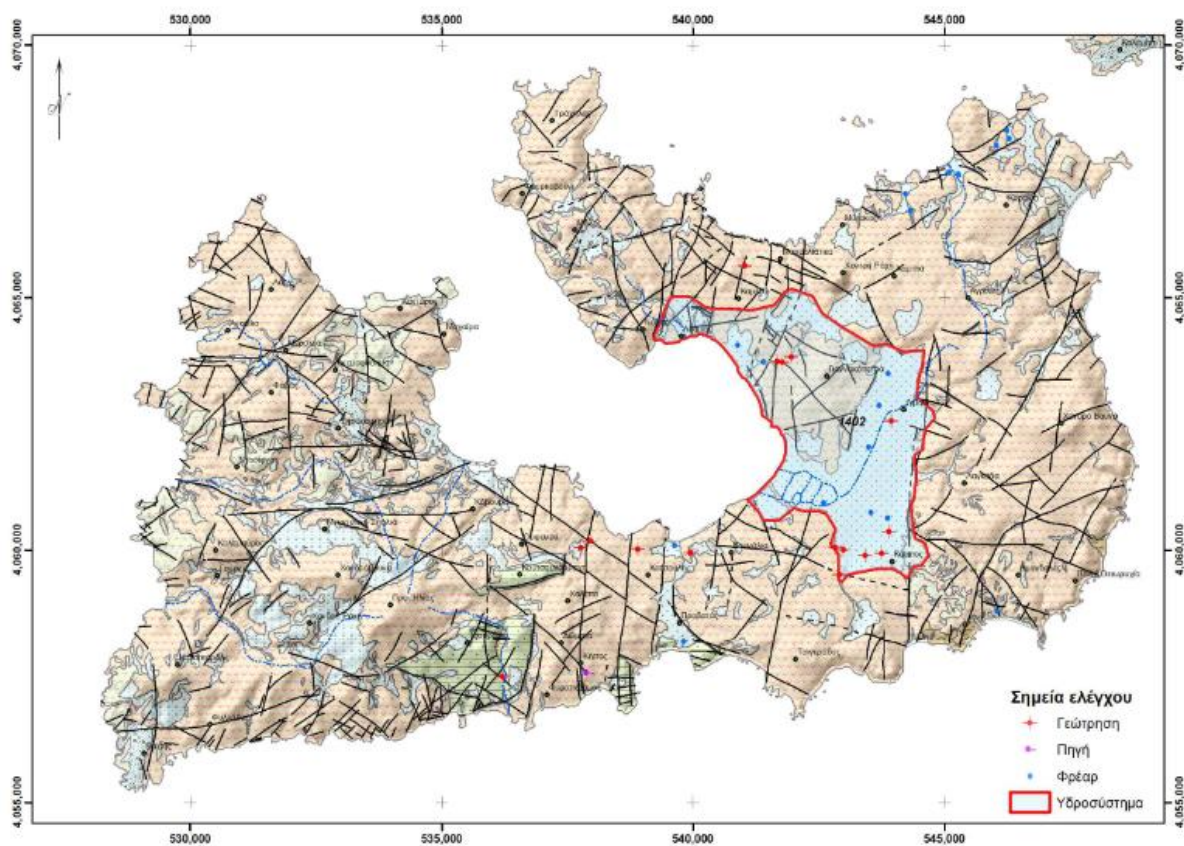
Για την έρευνα και μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης και της δυναμικής των υπόγειων νερών του νησιού πραγματοποιήθηκαν απογραφή πληθώρας υδροσημείων, σταθμημετρήσεις, υδρομετρήσεις και χημικές αναλύσεις σε μεγάλο αριθμό Σημείων Εμφάνισης Ύδατος (ΣΕΥ), η κατανομή των οποίων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2. (Γκάγκα, 2006)

2.4.2. Υδροφόροι ορίζοντες – Υδροσυστήματα

Η υδροφορία στη νήσο Μήλο παρατηρείται κυρίως στις αλλουβιακές αποθέσεις – προσχώσεις της περιοχής του Αδάμαντα (Ζεφυριά), της Φυλακωπής, της Απολλωνίας του Παλαιοχωρίου κ.ά. και κατά δεύτερο λόγο στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν, δηλαδή εκεί όπου αναπτύσσεται εκτεταμένος μανδύας αποσάθρωσης ή ρηξιγενής ζώνη, που επιτρέπει την κατείσδυση ομβρίων υδάτων και τη δημιουργία υδροφόρου ορίζοντα. Ωστόσο, τα ηφαιστειακά πετρώματα, λόγω της υδρολιθολογικής τους συμπεριφοράς δεν επιτρέπουν τη δημιουργία μεγάλων και αξιοποιήσιμων αποθεμάτων νερού αφού θεωρούνται εν γένει ημιπερατοί έως πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Επίσης, στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού αναπτύσσονται μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, οι οποίοι υδροφορούν στη ψαμμιτική τους φάση. Προκύπτει, λοιπόν, βάσει της υδρολιθολογικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων, πως στη Μήλο αναπτύσσεται κοκκώδες υδροσύστημα.

Κοκκώδες υδροσύστημα Ζεφυριάς: Πρόκειται για ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα, ο οποίος συνίσταται από αδρομερείς προσχωματικές αποθέσεις με υποκείμενα αργιλικά στρώματα, καθώς και από αποθέσεις σημαντικού πάχους ηφαιστειακών αναβλημάτων, τα οποία καλύπτουν εν μέρει την επιφάνεια τροφοδοσίας των κοιλάδων και συνιστούν το σημαντικότερο υδροσύστημα του νησιού. Η φυσική τροφοδοσία του υδροφόρου αυτού ορίζοντα προέρχεται απευθείας από την κατείσδυση των ομβρίων και χειμαρρικών υδάτων και από την πλευρική τροφοδοσία των ηφαιστειακών πετρωμάτων και λαβών διαμέσου ρωγμών και διακλάσεων, ενώ υφίσταται εκμετάλλευση κυρίως για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Οι αποθέσεις τόσο των προσχώσεων όσο και των ηφαιστειακών αναβλημάτων υπέρκεινται των υδατοστεγών αποθέσεων της μπετονιτικής αργίλου (εξαλλοίωση τόφρων), με αποτέλεσμα τη δημιουργία κατάλληλων προϋποθέσεων σχηματισμού υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ενώ παρουσιάζουν ευνοϊκές υδροαποθεματικές δυνατότητες. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας υφίσταται εκμετάλλευση για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών με την παρουσία ρηχών φρεάτων (από 3m μέχρι 27m) και οι παροχές τους δεν ξεπερνούν τα 10 – 20m³/h, ενώ οι στάθμες τους κυμαίνονται από 1m έως 17m.

Συχνά, η υπεράντληση των φρεάτων, ιδιαίτερα στη λεκάνη του Αδάμαντα, οδηγεί σε φαινόμενα υφαλμύρωσης, εξαιτίας της άμεσης υδραυλικής επικοινωνίας των προσχώσεων με τη θάλασσα.



Σχήμα 2.2 Κατανομή υδροσυστημάτων νήσου Μήλου. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

Οι υπόλοιποι ηφαιστειακοί σχηματισμοί, όπως οι λάβες (δακίτες, ρυόλιθοι, ανδεσίτες), οι σκωρίες και τα πυροκλαστικά, παρουσιάζουν πολύ μικρή υδροπερατότητα και υδαταγωγιμότητα και έτσι χαρακτηρίζονται ως υδροστεγανοί σχηματισμοί.

Τέλος, οι μαργαϊκοί σχηματισμοί καλύπτουν επιφανειακά το νοτιοδυτικό μέρος του νησιού, παρουσιάζοντας τόσο κατακόρυφη όσο και οριζόντια ανισοτροπία και ετερογένεια. Όπου οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζονται ψαμμιτικοί και αμμούχοι, καθώς επίσης και έντονα ρωγματομένοι δύναται να κατεισδύσει ποσότητα νερού εντός αυτών, ωστόσο σε μεγαλύτερα βάθη, λόγω σημαντικού ποσοστού αργιλικών ορυκτών, καθίστανται ημιπερατοί έως υδροστεγανοί. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

2.4.3. Υδραυλικές Ιδιότητες

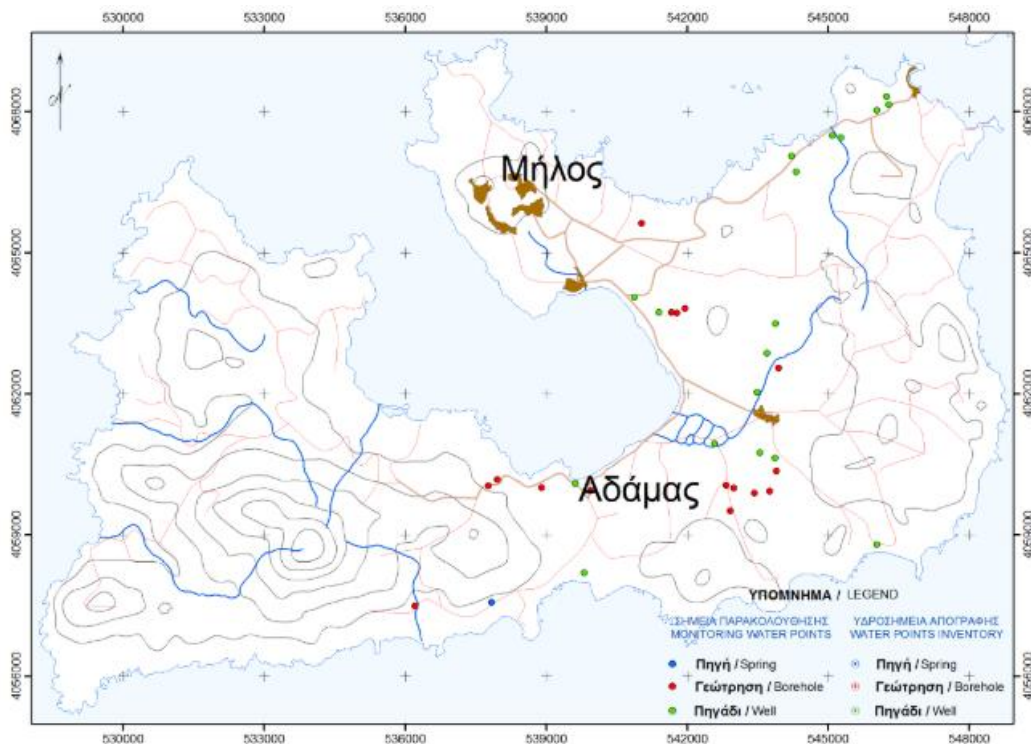
Το νησί της Μήλου συνίσταται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ηφαιστειακά πετρώματα και η υδροπερατότητα καθώς και η υδροαποθηκευτικότητα τους είναι πολύ χαμηλή. Σε μεγάλα ωστόσο βάθη και σε περιοχές με έντονη ρηξιγενή δραστηριότητα αναπτύσσεται θερμομεταλλική υδροφορία, η οποία προέρχεται κυρίως από κατείσδυση μετεωρικού νερού. Μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα αναπτύσσεται στα κοκκώδη ιζήματα της Ζεφυρίας, ωστόσο η υδροαποδοτικότητά τους είναι χαμηλή, εξαιτίας της παρουσίας ηφαιστειακών – αργιλικών οριζόντων. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

2.4.4. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά του Υπόγειου Νερού

Τα υπόγεια νερά της Μήλου βρίσκονται πάνω στη γραμμή συντηρητικής μίξης και σχεδόν εξολοκλήρου προς τα αλμυρά νερά με το γενικό υδροχημικό τους τύπο να είναι Mg – Cl έως Na – Cl (υφάλμυρα νερά), ενώ αναμιγνύονται πολλές φορές με θύλακες θερμομεταλλικών νερών. Γενικά χαρακτηρίζονται ως νερά υψηλού έως πολύ υψηλού κινδύνου αλατότητας και χαμηλού κινδύνου αλκαλίωσης. Σε περιοχές όπως ο Αδάμαντας (κεντρικά) και η Πολλώνια (βόρεια), παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων (TDS), ως αποτέλεσμα υπαλμύρωσης. Η υψηλή συγκέντρωση σε θειικά ιόντα οφείλεται κυρίως στην παρουσία ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Εμφανίζονται αυξημένες σχετικά τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ιόντων χλωρίου (Cl), νατρίου (Na) και καλίου (K), πέραν των επιτρεπτών ορίων για ανθρώπινη κατανάλωση, ως συνέπεια ανάμιξης αλμυρού και γλυκού νερού.

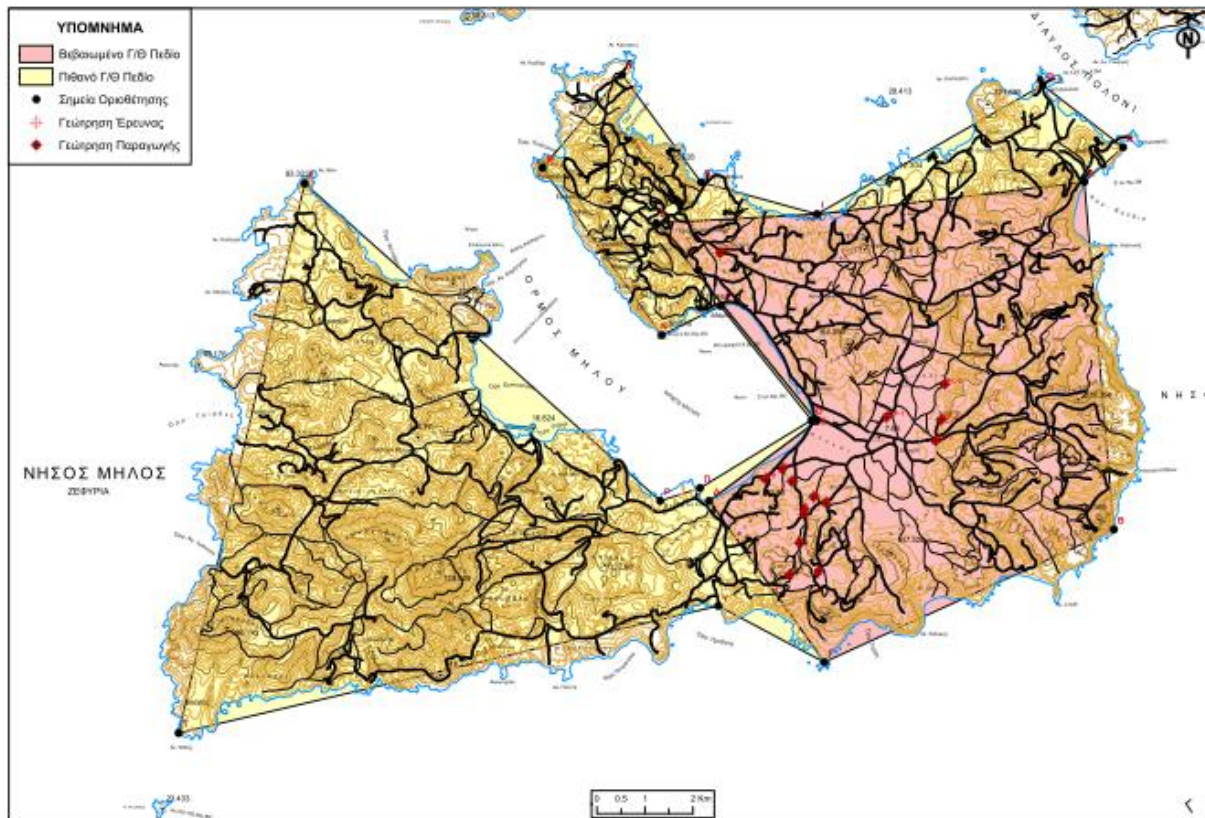
Επίσης, παρατηρείται υπέρβαση στην παραμετρική τιμή των θειικών ιόντων (SO₄), εξαιτίας της παρουσίας ηφαιστειακών πετρωμάτων. Τέλος, παρατηρείται σε αρκετές περιπτώσεις υπέρβαση της ενδεικτικής τιμής σε σίδηρο (Fe) και της παραμετρικής τιμής σε νικέλιο (Ni), μαγγάνιο (Mn), μόλυβδο (Pb), σελήνιο (Se) και αργίλιο (Al), εξαιτίας των ηφαιστειακών πετρωμάτων του νησιού. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)



Σχήμα 2.3 Χάρτης απογραφής υδροσημείων και σημείων παρακολούθησης νήσου Μήλου. (Γιαννουλόπουλος Π., 2010)

2.5. Έρευνα Γεωθερμικού Πεδίου

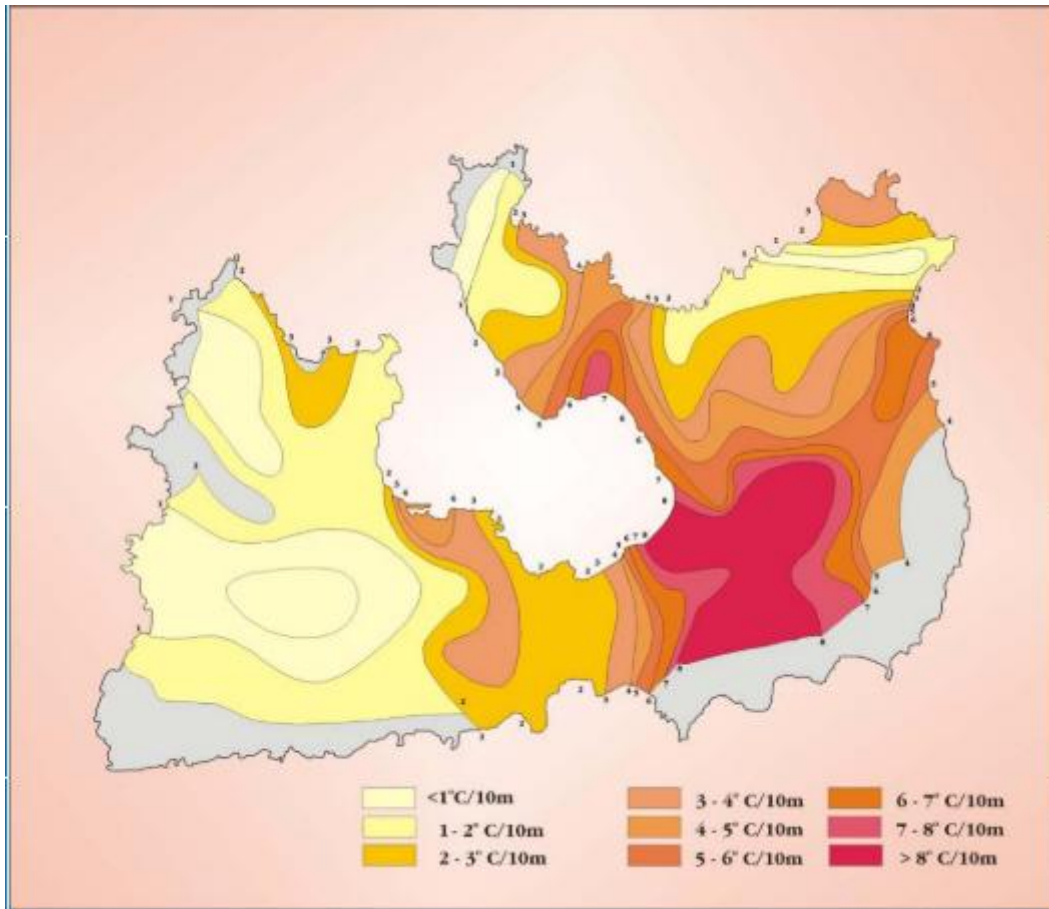
Κατά τη γεωθερμική έρευνα το 1971-73 και με την εκτέλεση γεωτρήσεων θερμοβαθμίδας σε βάθη 60-80m εντοπίστηκαν στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού με θερμική ροή μέχρι και 20 φορές μεγαλύτερη της κανονικής. Η Μήλος είναι ένα νησί εξαιρετικά πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια, καθώς μεγάλο τμήμα του νησιού έχει χαρακτηριστεί ως βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο, ενώ ολόκληρο το νησί έχει χαρακτηριστεί ως πιθανό γεωθερμικό πεδίο.



Σχήμα 2.4 Τα γεωθερμικά πεδία της Μήλου. (Πηγή: ΙΓΜΕ)

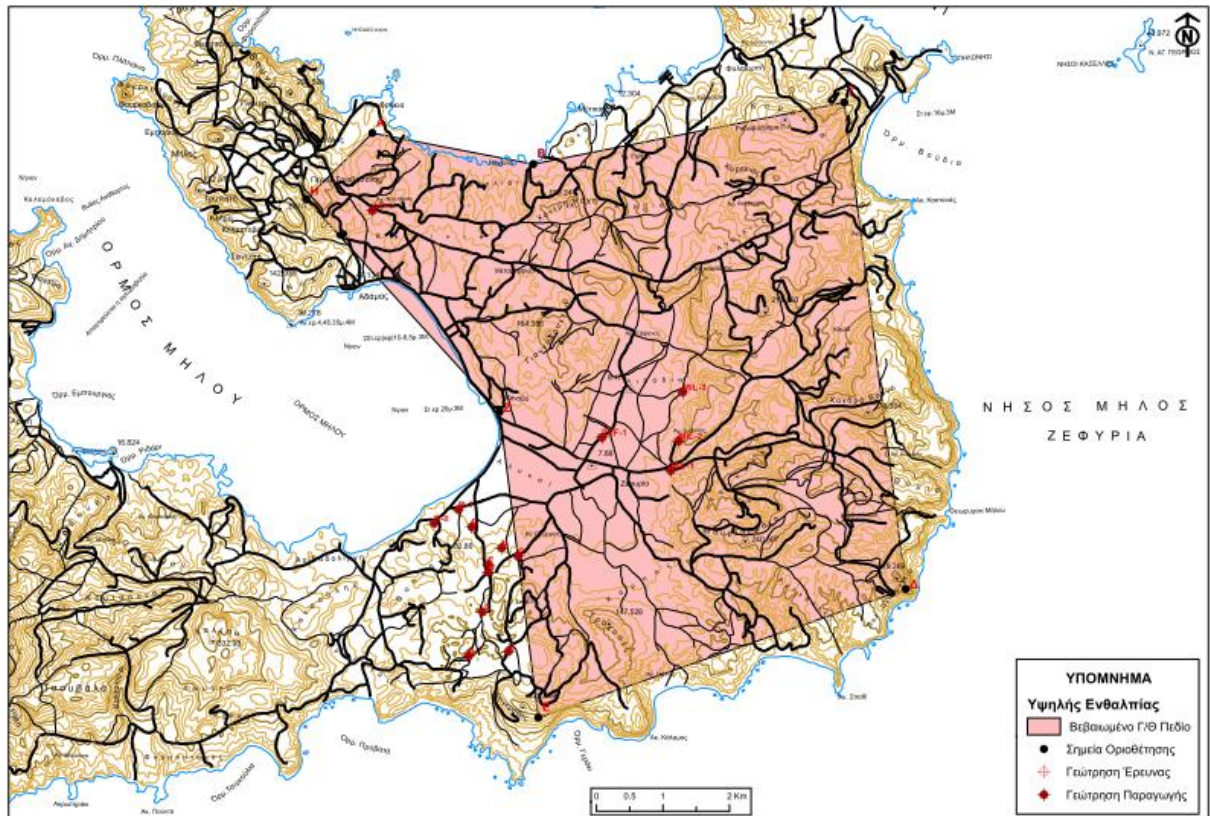
Στο νησί αυτό έχει εντοπιστεί το πρώτο γεωθερμικό πεδίο υψηλής θερμοκρασίας στη χώρα. Ερευνήθηκε σε πρώτη φάση από το ΙΓΜΕ τη δεκαετία του 1970 με την εκτέλεση διαφόρων μεθόδων επιφάνειας μεταξύ των οποίων τη διάνοιξη 48 αβαθών γεωτρήσεων (250m) γεωθερμικής βαθμίδας (Σχήμα 2.4). Στη συνέχεια η ΔΕΗ διάνοιξε πέντε βαθιές γεωτρήσεις (1000-1400m) έρευνας – παραγωγής και εκτέλεσε δοκιμές παραγωγής. Κατά τη δεκαετία του 1980 εγκαταστάθηκε εκεί και λειτούργησε για λίγο, σε πειραματική βάση, μικρή πιλοτική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 1,8 MWe. Η βιομηχανική αξιοποίηση δεν προχώρησε λόγω αντίθεσης των κατοίκων. Τα χαρακτηριστικά του βεβαιωμένου αυτού πεδίου έχουν ως εξής:

- Έκταση 50 Km²
- Θερμοκρασία (στον πυθμένα των γεωτρήσεων) 280- 320 °C
- Βάθος ταμιευτήρα : 1000 - 1380 m
- Παραγωγή: 339 ton/h ρευστού εκ των οποίων 200 ton/h κεκορεσμένου ατμού και 139 ton/h θερμού νερού.
- Πίεση 11 – 29 atm.



Σχήμα 2.5 Διακύμανση της γεωθερμικής βαθμίδας στο νησί της Μήλου. (Φυτίκας Μ., 2005)

Στο χάρτη (Σχήμα 2.5) παρουσιάζεται η χωροθέτηση του βεβαιωμένου πεδίου και στους πίνακες 2.1, 2.2 οι συντεταγμένες των σημείων οριοθέτησης του γεωθερμικού πεδίου και των γεωτρήσεων παραγωγής αντίστοιχα, ενώ στο πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των γεωθερμικών ρευστών από τις παραγωγικές γεωτρήσεις.



Σχήμα 2.6 Η χωροθέτηση του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλου και τα σημεία των γεωτρήσεων παραγωγής. (ΙΓΜΕ)

Πίνακας 2.1 Συντεταγμένες σημείων οριοθέτησης του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλου. (ΙΓΜΕ)

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)	
	X	Y
A	539914,49	4066515,91
B	542336,29	4066051,55
Γ	547022,40	4066976,83
Δ	547944,25	4059650,59
E	542413,18	4057709,86
Z	541830,96	4062319,09
H	538919,87	4065521,28

Πίνακας 2.2 Συντεταγμένες και υψόμετρο των σημείων των γεωτρήσεων παραγωγής. (ΙΓΜΕ)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)		Υψόμετρο σε μ. (υ.ε.θ.)	Είδος γεώτρησης
	X	Y		
AD-1	539915,43	4065348,50	60,00	Παραγωγική
M-1	544404,43	4061432,00	30,00	Παραγωγική
M-2	544527,50	4061877,00	30,00	Παραγωγική
M-3	544589,81	4062614,50	60,00	Παραγωγική
ZEF-1	543371,75	4061931,00	40,00	Παραγωγική

Πίνακας 2.3 Χημική ανάλυση δείγματος γεωθερμικού ρευστού υγρής φάσης από τη γεώτρηση M-1 του γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας της Μήλο (mg/l). (ΙΓΜΕ)

Αγωγιμότητα σε μS/cm	135.000	HCO ₃	0
pH	4,3	Cl	68000
T.D.S	120.000	SO ₄	60
Ca	4750	SiO ₂	1000
Mg	14	Al	0
Na	33500	B	87
K	8700	Fe	47,3
CO ₃		F	3

2.6. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη ν. Μήλο

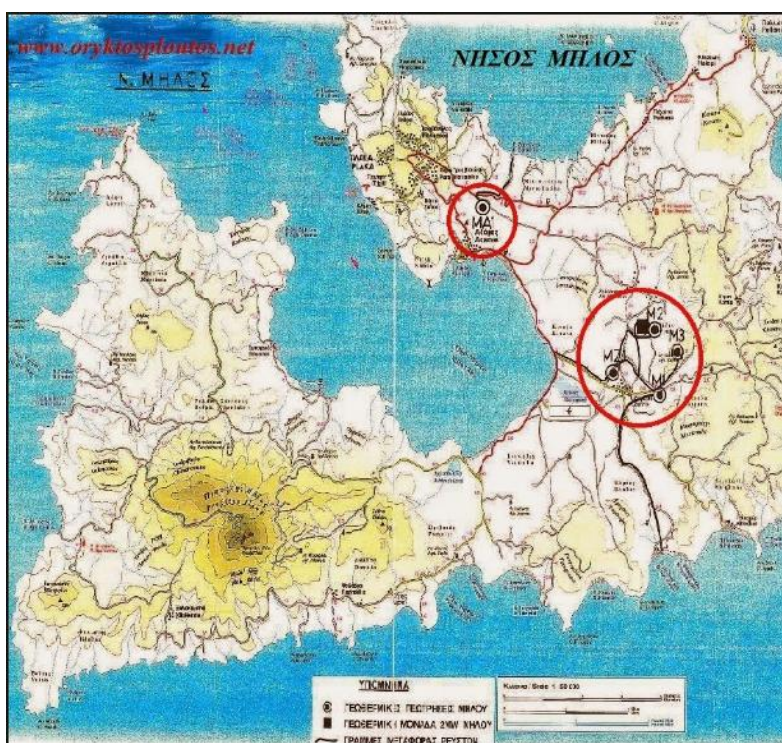
2.6.1. Το ιστορικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο

Αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές περιοχές της Ελλάδας όσον αφορά τη γεωθερμική ενέργεια, απαντάται κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου, στο οποίο βρίσκεται η Μήλος. Στο νησιωτικό σύμπλεγμα Μήλου-Κιμώλου-Πολυαίγου έχει εντοπιστεί το πρώτο γεωθερμικό πεδίο υψηλής θερμοκρασίας στη χώρα. Το πεδίο αυτό αποτελεί το μεγαλύτερο γεωθερμικό πεδίο της χώρας με θερμοκρασία γεωθερμικού ρευστού άνω των 300 οC και υψηλή πίεση. Εκτιμάται ότι μπορεί να αποδώσει ισχύ 120 MW.

Η ΔΕΗ υπήρξε πρωτοπόρος στην ανάπτυξη της Γεωθερμίας στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως, αφού όταν ξεκίνησε τις έρευνες που οδήγησαν στην εγκατάσταση του πρώτου σταθμού παραγωγής στη Μήλο, μόνο λίγες χώρες είχαν παραγωγή ηλεκτρισμού από γεωθερμία (ΗΠΑ, Ιταλία, Ισλανδία, Νέα Ζηλανδία).

Δυστυχώς, η απειρία στην χρήση αυτής της μορφής ενέργειας πριν από 30 περίπου χρόνια, οδήγησε σε λάθη που είχαν δυσανάλογα μεγάλη, αρνητική δημοσιότητα, σε σχέση με τις πραγματικές συνέπειες. Αυτό δημιούργησε τοπικές αντιδράσεις, που οφείλονταν στην έντονη οσμή υδρόθειου στην περιοχή εκμετάλλευσης. Κάτω από την πίεση των αντιδράσεων αυτών η προσπάθεια ανάπτυξης της γεωθερμίας στη Μήλο σταμάτησε το 1989.

Στη συνέχεια της έρευνας, κατασκευάστηκαν από τη ΔΕΗ το 1982 στη Μήλο ακόμη τρεις (3) παραγωγικές γεωθερμικές γεωτρήσεις βάθους από 1.000 – 1.500m. Από τη θέση των γεωτρήσεων αυτών σε δοκιμαστική παραγωγή, εκτιμήθηκε ότι το εκμεταλλεύσιμο γεωθερμοηλεκτρικό δυναμικό της Μήλου είναι της τάξεως των 120 MWe. Με βάση την εκτίμηση αυτή και τη μελέτη διασύνδεσης των Κυκλάδων με το Εθνικό Δίκτυο αποφασίστηκε να εγκατασταθεί μία πιλοτική Γ/Θ Μονάδα ισχύος 2 MW. Στο παρακάτω χάρτη (Σχήμα 1) σημειώνονται οι θέσεις των παραγωγικών γεωτρήσεων καθώς και η θέση της πιλοτικής μονάδας. (Τζεφέρης, 2014)



Σχήμα 2.7 Σημεία των γεωτρήσεων παραγωγής και της πιλοτικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο. (Τζεφέρης, 2014)

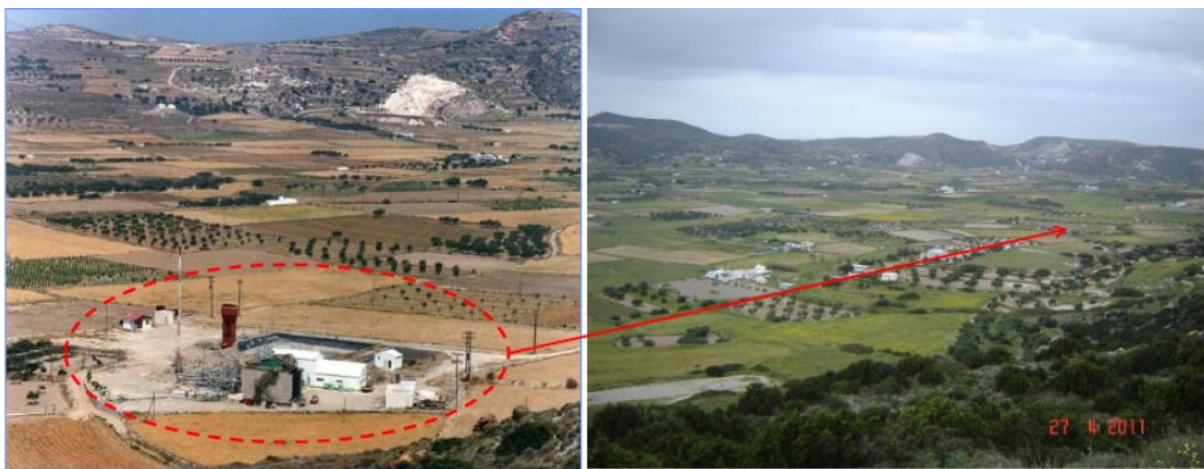
Για όλες τις παραπάνω έρευνες, ερευνητικές γεωτρήσεις κλπ., προηγήθηκε σειρά πολλών ειδικών μελετών από μελετητικούς οίκους του εξωτερικού. Μετά από αυτά, χορηγήθηκε στη ΔΕΗ, με την Υπουργική Απόφαση ΥΕΦΠ/Φ. 29.10/7668/24.5.85, το δικαίωμα αναζήτησης, έρευνας και εκμετάλλευσης του γεωθερμικού δυναμικού του νησιωτικού συμπλέγματος Μήλου-Κιμώλου-Πολυαίγου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα πλαίσια της ανωτέρω απόφασης έχει ολοκληρωθεί από τη ΔΕΗ σειρά ερευνητικών προγραμμάτων, έχουν κατασκευαστεί οκτώ ερευνητικές γεωτρήσεις θερμοβαθμίδας για την περιχάραξη του πεδίου και έχουν εκπονηθεί γεωλογικές, νεοτεκτονικές, υδρογεωλογικές, γεωχημικές γεωφυσικές, περιβαλλοντικές και άλλες μελέτες, με τις οποίες επιβεβαιώθηκαν οι ελπιδοφόρες περιοχές.

Στη συνέχεια η ΔΕΗ ανέθεσε στην εταιρία MITSUBISHI την κατασκευή της πρώτης πιλοτικής μονάδας παραγωγής ισχύος 2MW. Η μονάδα αυτή, που ετέθη σε λειτουργία στις 4/12/1986, αρχικά λειτούργησε κανονικά και κάλυψε εξ ολοκλήρου την ηλεκτρική κατανάλωση του νησιού επί διετία. Μετά όμως, λόγω διαρροής υδρόθειου στην ατμόσφαιρα, υπήρξαν αντιδράσεις των κατοίκων βαθμιαίως εντεινόμενες, που τελικά οδήγησαν το τότε ΥΒΕΤ να διατάξει τη διακοπή λειτουργίας της μονάδας, καθώς και κάθε άλλης δραστηριότητας σχετικής με τη γεωθερμία.



Εικόνα 2.2 Γεωθερμικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής Μήλου. (www)

Ακολούθως και μετά από μακροχρόνια παραμονή της Μονάδας εκτός λειτουργίας, στις 19/9/1993 συνέβη στη γεώτρηση M2 (όπου ήταν εγκατεστημένη η Μονάδα) θραύση της σωλήνωσης και ανεξέλεγκτη διαρροή γεωθερμικού ρευστού με εκτόνωση της συνολικής παραγωγής της γεώτρησης στην ατμόσφαιρα. Κατά το συμβάν αυτό καταστράφηκε το μεγαλύτερο μέρος των εγκαταστάσεων. Η βλάβη αντιμετωπίστηκε στις 18.11.1993 με την τοποθέτηση πώματος από ειδικό τσιμέντο μέσα στη γεώτρηση. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τέτοιου είδους πώματα και στις υπόλοιπες γεωτρήσεις (M1, M2, MA1, MZ1) του γεωθερμικού πεδίου, ώστε να βρίσκονται σε συνθήκες ασφαλείας ανεξάρτητα από τον χρόνο που θα μεσολαβήσει μέχρι την αξιοποίησή τους. (Τζεφέρης, 2014)



Εικόνα 2.3 Περιοχή εγκατάστασης της πιλοτικής μονάδας. (www)

Στο παραπάνω σχήμα, στα αριστερά απεικονίζεται ο γεωθερμοηλεκτρικός σταθμός κατά την περίοδο κατασκευής του και στα δεξιά η περιοχή, σήμερα, μετά την αποξήλωση του.

2.6.2. Πρόταση εγκατάστασης νέας πιλοτικής μονάδας στη ν. Μήλο

Τη διετία 2009-10 εκτελέστηκε νέο ερευνητικό πρόγραμμα γεωφυσικών μετρήσεων στην Μήλο και στην Κίμωλο, από το οποίο προέκυψαν νέες πιθανές θέσεις για γεωτρήσεις και εγκατάσταση σταθμού παραγωγής τόσο στη Μήλο όσο και στην Κίμωλο μακριά από κατοικημένες περιοχές.

1^ο Σενάριο (επικρατέστερο) (Τζεφέρης, 2014), (www)

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και την αύξηση της αξιοπιστίας του γεωθερμικού εξοπλισμού, θα μπορούσε να εξετασθεί η δυνατότητα εγκατάστασης γεωθερμοηλεκτρικού σταθμού ισχύος 5 MW, σε πρώτη φάση, στο Ανατολικό τμήμα του νησιού στην ευρύτερη περιοχή της σημερινής χωματερής. Η θέση αυτή αποτελεί μία αξιόλογη επιλογή, καθώς :

- Η θέση εγκατάστασης είναι μακριά από μνημεία, παραδοσιακούς οικισμούς και κατοικημένες περιοχές.
- Δεν υπάρχει περιβαλλοντική όχληση (μηδενική ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω τεχνολογίας διπλού κύκλου ολικής επανεισαγωγής του γεωθερμικού ρευστού).
- Δεν υπάρχει οπτική όχληση, λόγω χαμηλού ύψους(<8m) και απόστασης από τους οικισμούς. Δεν θα υπάρχουν καμινάδες.

Μία ενδεχόμενη εγκατάσταση γεωθερμοηλεκτρικού εργοστασίου θα συνέβαλε στην αξιοποίηση της υποβαθμισμένης αυτής περιοχής. Βασικά οφέλη που θα προσφέρει στο τόπο αυτό είναι:

- 70 θέσεις εργασίας κατά την κατασκευή και 20 νέες θέσεις εργασίας κατά τη λειτουργία(για το σταθμό των 5 MW)
- Έσοδα για το Δήμο από το Τέλος υπέρ ΟΤΑ(Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης)(βάσει Ν.3468/06), τα οποία υπολογίζονται σε 25 χιλ. ετησίως ανά MW.

Η λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση γεωρευστού υψηλής θερμοκρασίας(280-320 οC) στηρίζεται στη μέθοδο της άμεσης ατμοποίησης(double flash steam), η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.

2^ο Σενάριο (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2012)

Εγκατάσταση και λειτουργία ενός σύγχρονου γεωθερμικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομαστικής ισχύος 470 kWe στη θέση «Βουνάλια».

Στη θέση «Βουνάλια» υπάρχει γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας (50-100 οC) , οπότε η μονάδα θα στηριχθεί στη τεχνολογία δυαδικού κύκλου (ORC), καθώς η συγκεκριμένη είναι η καταλληλότερη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωρευστά χαμηλής θερμοκρασίας.

Η μέθοδος ORC περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.

Κεφάλαιο 3^ο Περιγραφή Προβλήματος

3.1. Συνθήκες ύδρευσης περιοχής μελέτης

Η Μήλος έχει πολύ περιορισμένους υδατικούς πόρους. Αυτό οφείλεται, τόσο στις περιορισμένες βροχοπτώσεις, όσο και στη μικρή ικανότητα των εδαφών να συγκρατήσουν το νερό, λόγω της ηφαιστειακής τους προέλευσης. Πιο πλούσια σε υδατικούς πόρους εμφανίζεται η πεδιάδα της Ζεφυριάς. Ο υδροφόρος ορίζοντας στη συγκεκριμένη περιοχή βρίσκεται σε μικρό βάθος που δεν υπερβαίνει τα 5-10m, ενώ σε βαθύτερα τμήματα υπάρχουν και μεγαλύτερα αποθέματα. Μικρής παροχής πηγές και μόνιμα επιφανειακά ύδατα παρατηρούνται στον Άγιο Ιωάννη στα δυτικά της Μήλου και σε φυσικές δεξαμενές στις βόρειες πλαγιές του Προφήτη Ηλία.

Τα σπίτια στους οικισμούς Πλάκα, Τρυπητή, Τριοβάσαλος, Πέρα Τριοβάσαλος και Αδάμαντας διαθέτουν οικιακές δεξαμενές (στέρνες), που γεμίζουν με νερό από το δίκτυο. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι στη διάρκεια του καλοκαιριού δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού να διοχετευθεί στο δίκτυο. Για την κάλυψη των αναγκών, λειτουργούν γεωτρήσεις οι οποίες είναι :

- μία γεώτρηση στη θέση Στόλοι (ωριαία παροχή: 10m³/h, 24h/24h), της οποίας το νερό είναι υφάλμυρο και
- 3 στη θέση Μαυρομούρι (ωριαία παροχή: 20m³/h, 24h/24h).
- στο παρελθόν, είχε πραγματοποιηθεί άλλη μία γεώτρηση στη θέση Φραμένα, η οποία όμως δεν λειτουργεί.

Εκτός από τις Δημοτικές γεωτρήσεις υπάρχουν και ιδιωτικές γεωτρήσεις των οποίων οι υπεραντλήσεις επιτείνουν και επιταχύνουν την περιεκτικότητα των αλάτων στο αντλούμενο νερό.

Στη Μήλο δεν υπάρχουν λιμνοδεξαμενές,/ φράγματα και σημαντικές πηγές υδροδότησης. Η όποια διαχείριση των υδατικών πόρων προς ύδρευση γίνεται μέσα από τις υπηρεσίες του δήμου. Οι πηγές που αξιοποιούνται για τις ανάγκες άρδευσης είναι ελάχιστες, ενώ υπάρχουν αρκετές θερμές πηγές (ακατάλληλες για χρήση).

Πίνακας 3.1 Θερμές Πηγές Μήλου. (Γκάγκα, 2006)

Πηγή	Θερμοκρασία
Αδάμαντα	38
Θειάφες	41
Τρία Πηγάδια	55
Ρυβαρίου	-
Αλυκών	30
Παλιοχωρίου	65

Οι σημερινές ανάγκες σε νερό καλύπτονται κατά το μέτρο του εφικτού από γεωτρήσεις και μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία.

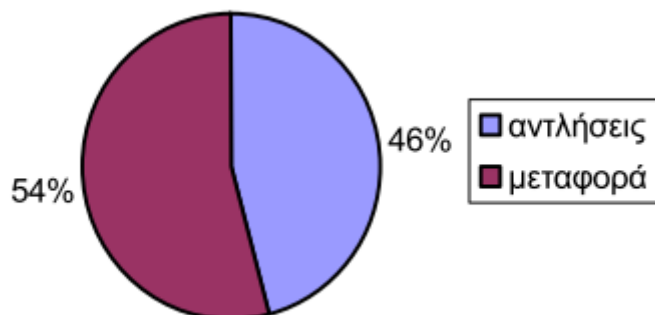
Οι μεταφερόμενες ποσότητες νερού στη Μήλο με υδροφόρα πλοία ανέρχονται σε περίπου 200.000 m³ ετησίως που καλύπτουν ολόκληρη την περίοδο του χρόνου. Το κόστος προμήθειας και μεταφοράς νερού ανέρχεται σε 9 με 10 €/m³ περίπου και χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής, στα πλαίσια του προγράμματος υδροδότησης των άνυδρων νησιών του Αιγαίου. Εκτιμάται ότι ποσά της τάξης των 2.000.000 € καταβάλλονται κάθε χρόνο για την μεταφορά νερού στη Μήλο χωρίς όμως να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ποιότητα και ποσότητα.

Οι γεωτρήσεις παρέχουν περί τις 170.000m³ νερό ετησίως με υψηλή περιεκτικότητα αλάτων που θεωρείται χαμηλής ποιότητας για να χρησιμοποιηθεί σαν πόσιμο. Λόγω των αντλήσεων η περιεκτικότητα αλάτων στο νερό αυξάνεται προοδευτικά με αποτέλεσμα να καθίσταται ακατάλληλο για πόσιμο (ακόμη και για μαγείρεμα) και να αυξάνεται η χρήση εμφιαλωμένου νερού που μεταφέρεται στο νησί. Εκτός από τις Δημοτικές γεωτρήσεις υπάρχουν και ιδιωτικές γεωτρήσεις σε αδιευκρίνιστο αριθμό των οποίων οι υπεραντλήσεις επιτείνουν και επιταχύνουν την περιεκτικότητα των αλάτων στο αντλούμενο νερό. Το δυναμικό των υπογείων υδάτων κρίνεται περιορισμένο για περαιτέρω άντληση ενώ η αποκατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα θα απαιτήσει αρκετά χρόνια.

Οι μεταφορές νερού με υδροφόρα πλοία παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις όσο μειώνεται η ποιότητα και η ποσότητα του αντλούμενου νερού τοπικά από τις γεωτρήσεις του νησιού, ενώ αυξάνονται και οι ανάγκες. Κατά τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται αυξημένη ζήτηση και λόγω τουρισμού ενώ καθίσταται πολύ δαπανηρή και προβληματική η περαιτέρω χρηματοδότηση της μεταφοράς νερού. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι μειώνονται και οι δυνατότητες προμήθειας νερού για την μεταφορά με υδροφόρα πλοία στα νησιά από διάφορους κοντινούς προμηθευτές καθώς παρουσιάζεται στενότητα, ενώ η τιμή διάθεσης στα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξάνεται σημαντικά. (Γκάγκα, 2006)

Πίνακας 3.2 Μεταφερθείσες ποσότητες νερού ανά μήνα τα έτη 2002 – 2004 σε 1.000m³.
(Γκάγκα, 2006)

Έτος	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μια.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.	Συνολ
02	13,6	10,8	14,8	11,2	15,0	18,7	19,7	18,2	22,0	17,9	14,7	12,6	189
03	9,2	8,3	11,2	15,5	16,6	20,0	23,5	17,7	26,2	17,6	10,5	8,4	185
04	8,3	6,0	4,3	11,3	12,4	22,8	20,3	18,7	17,6	;	;	;	;



Σχήμα 3.1 Κατανομή νερού χρήσεως σε τοπικές αντλήσεις και μεταφορές με υδροφόρα πλοία. (Γκάγκα, 2006)

3.1.1. Κατάσταση Δικτύων – Δίκτυο Ύδρευσης – Δεξαμενές Αποθήκευσης – Διανομής νερού

Στο νησί λειτουργούν αντλιοστάσια σε τέσσερις θέσεις. Το πρώτο στη θέση Μαυρομούρι, τροφοδοτεί με νερό το δίκτυο του Αδάμαντα που είναι ανεξάρτητο από τους άλλους οικισμούς. Στη θέση Στόλοι υπάρχει ακόμη ένα αντλιοστάσιο ικανότητας 10 m³/h που τίθεται σε λειτουργία κατά τη θερινή περίοδο, και μόνο σε περιπτώσεις έλλειψης νερού καλύτερης ποιότητας, και τροφοδοτεί μία από τις 3 δεξαμενές των 500 m³ στη θέση Καρνάγιο.

Πίνακας 3.3 Δίκτυα ύδρευσης και τροφοδοσίας. (Γκάγκα, 2006)

Δίκτυα Ύδρευσης και Τροφοδοσίας	
Δημοτικό Διαμέρισμα	Χαρακτηριστικά
Δ.Δ. Μήλου	6,5 km εσωτερικό και 11 km εξωτερικό δίκτυο από περιοχή «Στόλοι» 5 km από δεξαμενές Αδάμαντα
Δ.Δ Πέρα Τριοβασάλου	2,5km εσωτερικό δίκτυο και 9km από γεώτρηση «Στόλοι» 4km από δεξαμενές Αδάμαντα
Δ.Δ Τριοβασάλου	3,6km εσωτερικό δίκτυο
Δ.Δ Τρυπητής	5km εσωτερικό δίκτυο
Δ.Δ Αδάμαντας	1km εξωτερικό και 7km εσωτερικό δίκτυο

Στη θέση αυτή λειτουργεί αντλιοστάσιο ικανότητας παροχής 25 m³/h που μεταφέρει το νερό από τις δεξαμενές σε μια μικρή δεξαμενή στη θέση Κατήφορα με υψομετρική στάθμη 94,77m asl. Στα Κατήφορα λειτουργούν δύο αντλιοστάσια:

- Αντλιοστάσιο ικανότητας παροχής 16 m³/h που τροφοδοτεί τη δεξαμενή 480m³ στη θέση Βουνάλα σε υψόμετρο 151,64m asl.
- Αντλιοστάσιο ικανότητας παροχής 25 m³/h που τροφοδοτεί τη δεξαμενή 350m³ στη θέση Κάστρο σε υψόμετρο 233,81m asl.

Κοντά στη θάλασσα στη θέση Καρνάγιο στον Αδάμαντα υπάρχουν 3 δεξαμενές αποθηκευτικής ικανότητας 3 x 500 = 1.500m³. Χρησιμοποιούνται βασικά για την αποθήκευση του νερού από το υδροφόρο πλοίο. Στον Αδάμαντα για την τροφοδότηση του

δικτύου υπάρχει μία δεξαμενή αποθηκευτικής ικανότητας 80m³. Στη θέση Βουνάλα για την τροφοδότηση του δικτύου μία δεξαμενή αποθηκευτικής ικανότητας 480 m³ σε υψόμετρο 151,64m asl. Στη θέση Κάστρο για την τροφοδότηση του δικτύου μία δεξαμενή αποθηκευτικής ικανότητας 350m³ σε υψόμετρο 233,81m asl. .

Το δίκτυο υδρεύσεως του νησιού καλύπτει τους οικισμούς με κύριους αγωγούς τροφοδοσίας των Φ100 ή Φ110mm. Υπάρχουν σχέδια που βρίσκονται κοντά στην υλοποίηση για την ανακαίνιση και επέκταση του δικτύου υδρεύσεως σε άλλους οικισμούς που σήμερα δεν τροφοδοτούνται από το δίκτυο. Βεβαίως θα πρέπει να εξετασθούν και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες νερού στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής από τυχόν ανεπιθύμητες διαρροές που επιδεινώνουν την κατάσταση.

Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει 2.327 εγκατεστημένους μετρητές νερού (2004) με τάση αύξησης του αριθμού των καταναλωτών είτε στο υπάρχον δίκτυο είτε με τις επεκτάσεις δικτύου που προβλέπονται.

Ο Οικισμός του Αδάμαντα καταναλώνει σχεδόν το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης του νησιού κατά την θερινή περίοδο ενώ η διάθεση νερού σε υδροφόρες για την κάλυψη των αναγκών απομονωμένων κατοικιών και οικισμών φθάνει τα 50.000 m³ ετησίως.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η λειτουργία του δικτύου με υφάλμυρο νερό έχει δημιουργήσει έντονες επικαθίσεις αλάτων στο δίκτυο υδρεύσεως που καθιστούν προβληματική την ικανοποιητική λειτουργία του δικτύου. Επίσης, λόγω αυτής της ποιότητας του νερού σοβαρά προβλήματα δημιουργούνται στις εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις των καταναλωτών και στις οικιακές και επαγγελματικές συσκευές που χρησιμοποιούν όπως τα πλυντήρια θερμοσίφωνα κλπ. (Γκάγκα, 2006)

3.2. Δημογραφικά στοιχεία

Ο πληθυσμός της Μήλου σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 4.977 κατοίκους. Η εξέλιξη του πληθυσμού φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.4 Απογραφές πληθυσμού Μήλου. (Ελ. Στατ.) (Γκάγκα, 2006)

Έτος	Πληθυσμός
1951	5.588
1961	4.914
1971	4.503
1981	4.556
1991	4.390
2001	4.771
2011	4.966

Παρατηρείται μία μείωση του πληθυσμού κατά την περίοδο 1951-1961 λόγω ίσως της μετανάστευσης των κατοίκων προς τα μεγάλα αστικά κέντρα αλλά και προς το εξωτερικό.

Από το έτος 1971 έως το έτος 1991 παρατηρούμε ότι ο πληθυσμός του νησιού παραμένει σταθερός ενώ κατά την τελευταία εικοσαετία σημειώνεται αύξηση του πληθυσμού του. Συγκεκριμένα παρουσιάζει μία αυξητική τάση κατά την δεκαετία 1991-2001 που ανέρχεται κατά 381 κατοίκους ενώ την τελευταία δεκαετία κατά 195 κατοίκους.

Η συνεχής αύξηση από το 1991 μέχρι το 2011 οφείλεται στη δημιουργία κατάλληλων προϋποθέσεων για τη γενικότερη ανάπτυξη (δημιουργία υποδομών, βελτίωση συγκοινωνιών κλπ) και στην ανάπτυξη του τουρισμού με επισκέπτες τόσο από το εξωτερικό όσο και το εσωτερικό της Ελλάδας, καθώς και στο ότι πολλοί πολίτες άλλων χωρών της Ε.Ε. έχουν επιλέξει ως τόπο μόνιμης κατοικίας τους την Μήλο. (Γκάγκα, 2006)

Πίνακας 3.5 Εκτίμηση εξέλιξης μόνιμου πληθυσμού. (Γκάγκα, 2006)

Δήμος Μήλου	Πληθυσμός 2001 (Ε.Σ.Υ.Ε.)	Μ.Ε.Ρ.Α 13 2001-2024	Εκτιμώμενος Πληθυσμός 2014	Εκτιμώμενος Πληθυσμός 2024
	4.714	1%	5.365	5.930

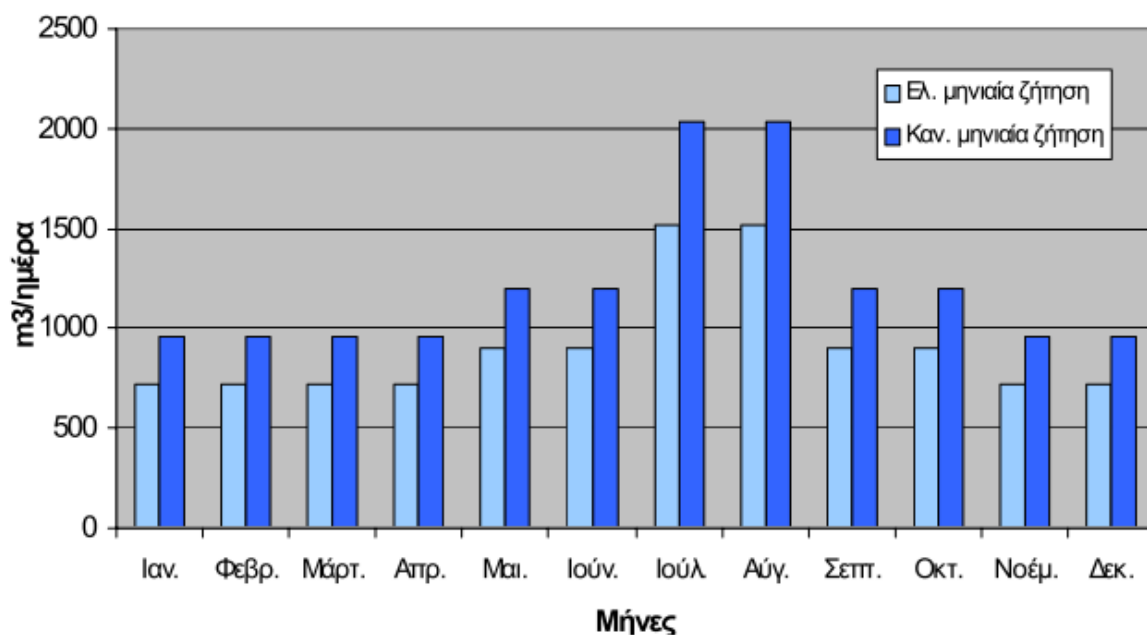
3.3. Καταναλώσεις

Εκτιμάται ότι η τρέχουσα συνολικά διατιθέμενη ποσότητα νερού στο νησί από γεωτρήσεις και μεταφορές είναι της τάξης των 370.000 με 400.000 m³ ετησίως (2004), ενώ γίνεται ευρεία χρήση εμφιαλωμένου νερού ως πόσιμο. Το νερό που διατίθεται από τα δημοτικά δίκτυα ύδρευσης δεν είναι πόσιμο. Μέρος αυτής της ποσότητας ενδεχομένως να χρησιμοποιείται για τους κήπους των κατοικιών ή και περιορισμένης κλίμακας αγροτικών αναγκών. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν τηρούνται συστηματικά αρχεία ποιότητας νερού ύδρευσης (χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις).

Η μεγαλύτερη ζήτηση παρουσιάζεται κατά τους μήνες της υψηλής τουριστικής περιόδου Ιούλιο και Αύγουστο με μέση μηνιαία ζήτηση 1.523 m³ (ελάχιστη ζήτηση με 150 lit/ημέρα και κάτοικο) και 2.030m³ (κανονική ζήτηση 200 lit/ημέρα και κάτοικο) ενώ οι ημερήσια αιχμή μπορεί να φθάσει τα 1.770m³ και 2.360m³ αντίστοιχα.

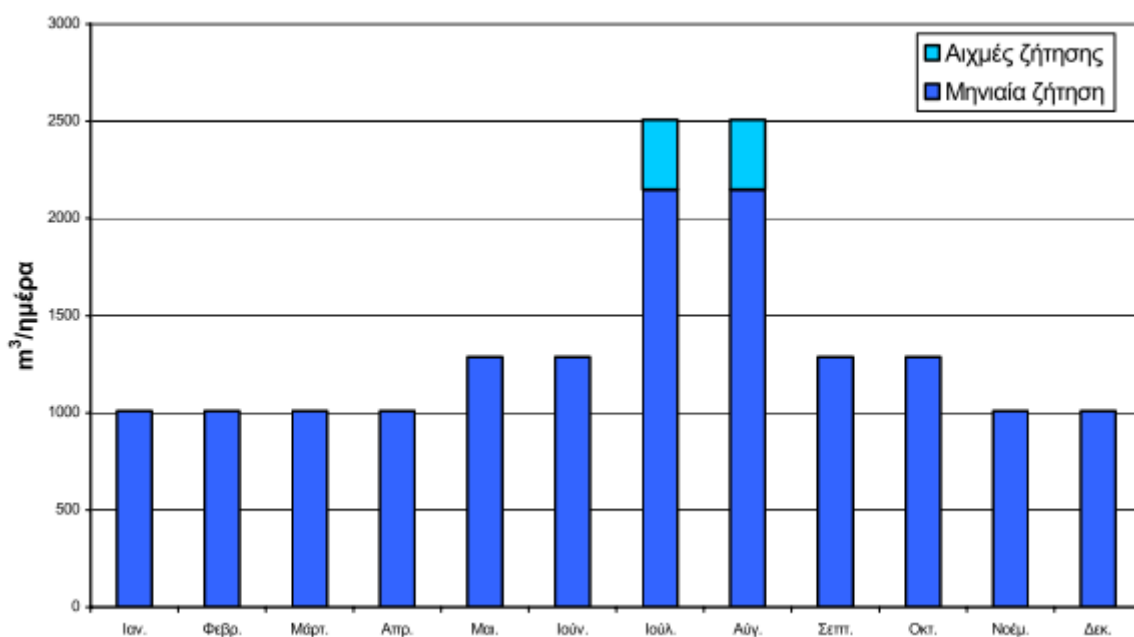
Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού για το 2005 υπολογίσθηκαν στις 335.000 m³ για ελάχιστη ζήτηση και 440.000m³ για κανονική ζήτηση. Εκτιμάται ότι οι τρέχουσες ανάγκες (2004) είναι κοντά στην ελάχιστη ζήτηση (335.000 με 370.000 m³) αλλά με περιορισμούς τόσο στην ποιότητα νερού όσο και στην διαθεσιμότητα, που είναι κρίσιμα για τους καταναλωτές, ενώ αναμένεται επέκταση του δικτύου για την υδροδότηση και άλλων οικισμών. (Γκάγκα, 2006)

Παρακάτω παρουσιάζεται η μέση ημερήσια ζήτηση νερού κατά μήνα, το 2005. Στοιχεία για την κατανάλωση νερού και για την τιμολόγησή του διατηρούνται από το 2000 σε ηλεκτρονική μορφή με αποφάσεις Δημοτικού Συμβουλίου στο Δημαρχείο.

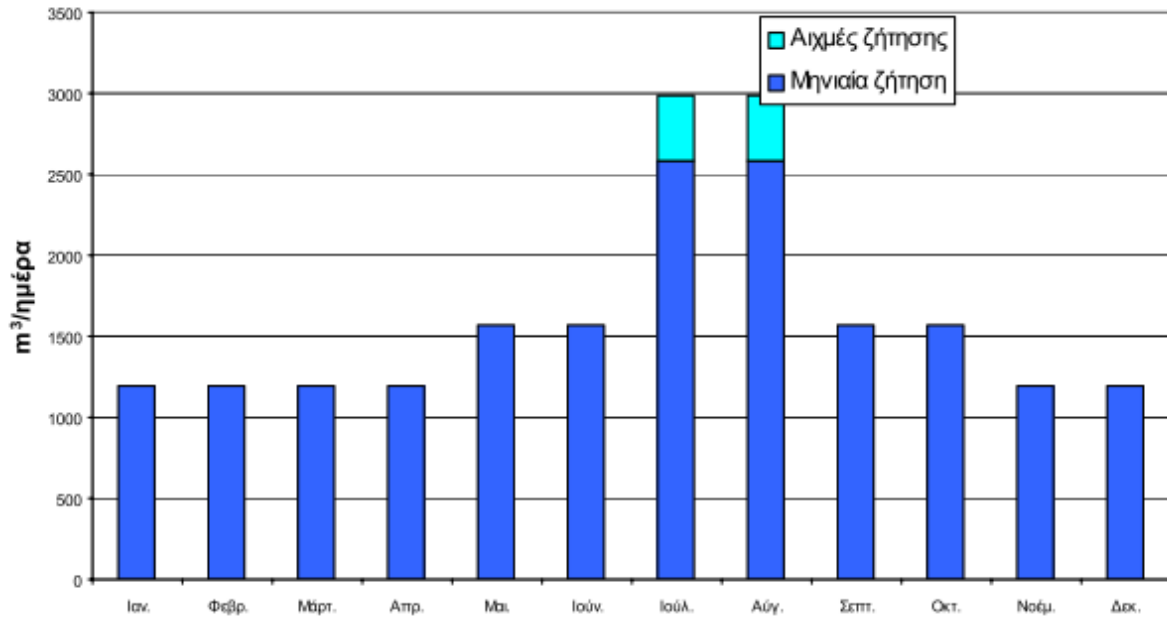


Σχήμα 3. 2 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού κατά μήνα το 2005 για ελάχιστη και κανονική ζήτηση. (Γκάγκα, 2006)

Στα παρακάτω δύο διαγράμματα παρουσιάζεται μία εκτίμηση της ημερήσιας ζήτησης νερού κατά μήνα το 2010 και το 2015 στη Μήλο. (Γκάγκα, 2006)

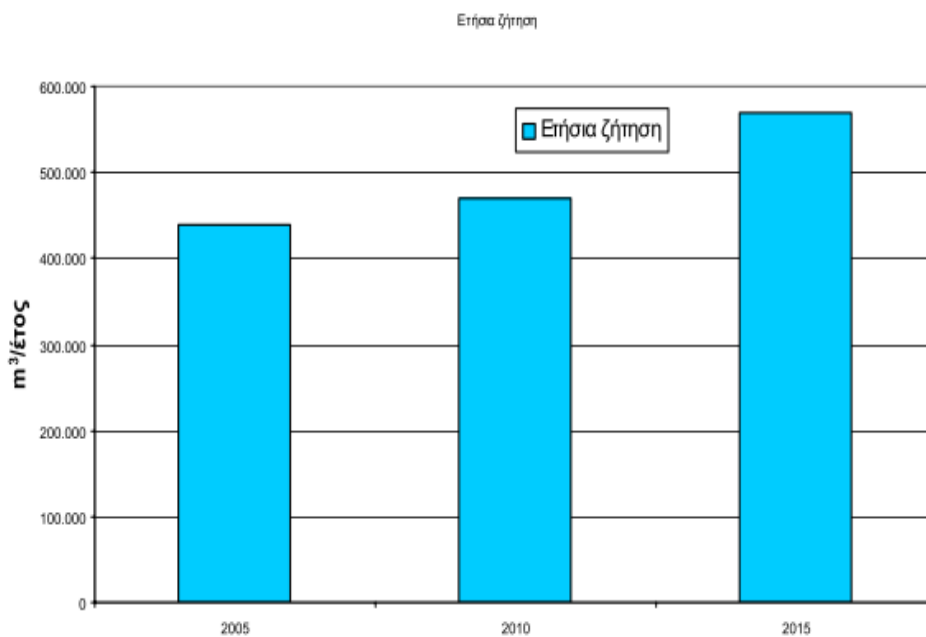


Σχήμα 3.3 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού (καν. ζήτηση 200 λ/κατ.ημ.) κατά μήνα για το 2010.



Σχήμα 3.4 Μέση ημερήσια ζήτηση νερού (μέγ. ζήτηση 225 λ/κατ.ημ.) κατά μήνα για το 2015.

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς η αναμενόμενη ζήτηση νερού για τα επόμενα χρόνια εμφανίζεται στο παρακάτω διάγραμμα. (Γκάγκα, 2006)



Σχήμα 3.5 Συνολική ετήσια ζήτηση νερού για το 2005, 2010 και 2015.

Κεφάλαιο 4^ο Αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας και νησιωτική περιφέρεια

4.1. Ζητήματα διαχείρισης υδατικών πόρων νησιωτικής περιφέρειας

Η έλλειψη νερού στα νησιά του Αιγαίου είναι ένα πρόβλημα με προϊστορία. Τα νησιά ήταν ανέκαθεν άνυδρα, ωστόσο στα νεότερα χρόνια το πρόβλημα της έλλειψης νερού σε αυτά εντείνεται, λόγω της αύξησης του πληθυσμού, του βιοτικού επιπέδου και του τουρισμού. (Κάραλης Γ., 2011)

Έντονα ζητήματα διαχείρισης υδατικών πόρων αντιμετωπίζει, ιδιαίτερα, το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων. Είναι γεγονός ότι τα νησιά αυτά αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας και έλλειψης υδατικών αποθεμάτων, αλλά το πρόβλημα δεν σχετίζεται μόνο στη ποσότητά τους αλλά και στη κακή ανορθολογική και μη ολοκληρωμένη διαχείρισή τους. Οι ετήσιες ανάγκες σε πόσιμο νερό των Κυκλάδων εκτιμώνται συνολικά σε 12 εκατομμύρια m³, ενώ λόγω της κλιματικής αλλαγής προβλέπεται διπλασιασμός της κατανάλωσης μέχρι το 2030. (Δανιλάκης, 2012)

4.1.1. Το ελλειμματικό υδρολογικό ισοζύγιο των νησιών του Αιγαίου: Προβλήματα και Αιτίες

Το υδρολογικό ισοζύγιό τους είναι ελλειμματικό και ένα από τα χειρότερα του ελλαδικού χώρου (μιας και υπάρχει πολύ μεγάλη ζήτηση από τον τουριστικό τομέα), ενώ οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι είναι περιορισμένοι και άνισα κατανεμημένοι. Τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά έλλειψης επιφανειακών υδατικών πόρων, αλόγιστης κατασπατάλησης των υπογείων υδάτων, μεγάλο πρόβλημα ανεξέλεγκτων ιδιωτικών γεωτρήσεων, κίνδυνο υπαλμύρισης των υπογείων υδάτων και πολύ μικρή ανάπτυξη στα έργα υποδομής είτε λόγω κακής διοίκησης είτε λόγω καθυστέρησης, γραφειοκρατίας ή μη πολιτικής βούλησης. Παράλληλα παρουσιάζεται συχνά το φαινόμενο πλημμύρων, διαβρώσεων και κατολισθήσεων ύστερα από έντονες βροχοπτώσεις. (Δανιλάκης, 2012)

Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την επάρκεια των υδατικών πόρων στο νησιωτικό χώρο του Αιγαίου σε δυο κατηγορίες. Στους φυσικούς και στους ανθρωπογενείς παράγοντες.

A. Οι Φυσικοί Παράγοντες

Όσον αφορά την κλιματολογική και γεωλογική κατάσταση των νησιών αναφέρονται τα εξής:

- Οι υδατοστεγείς γεωλογικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση στα νησιά και δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση υπόγειων υδροφοριών ικανοποιητικής απόδοσης.
- Η μικρή έκταση των νησιών σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο δεν επιτρέπουν τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφοριών.
- Οι υπόγειοι υδροφορείς (κυρίως στα μικρά νησιά) 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.
- 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.

B. Οι Ανθρωπογενείς Παράγοντες

Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εξίσου σημαντικός όσο και τα φυσικά αίτια. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων στα νησιά χαρακτηρίζεται ως μη επαρκής, ενώ συγκεκριμένες ανθρωπίνες δραστηριότητες και παράμετροι επιδεινώνουν την ήδη επιβαρυνόμενη κατάσταση της λειψυδρίας. Συγκεκριμένα:

1. Η εντατική άντληση νερού από αμέτρητες υδρογεωτρήσεις σε όλα τα νησιά, διευκολύνει την εισροή του θαλασσινού νερού, αλλοιώνει την ποιότητα του γλυκού νερού και καταστρέφει ουσιαστικά τον υδροφορέα.
2. Οι άνθρωποι λόγω των οικονομικών δραστηριοτήτων τους παρεμβαίνουν είτε διευθετώντας τις ροές των ρεμάτων, χρησιμοποιώντας σκυρόδεμα είτε μετατρέποντας τα ρέματα σε δρόμους, με αποτέλεσμα να απομονώνονται αυτά από τον περιβάλλοντα χώρο και κατά συνέπεια, να μηδενίζεται ο εμπλουτισμός τους.
3. Η σημαντική αύξηση του εποχιακού πληθυσμού των νησιών ειδικά τα καλοκαίρια χειροτερεύει την κατάσταση, μιας που τότε που επικρατούν οι χειρότερες υδρολογικές συνθήκες, τότε υπάρχει τεράστια ζήτηση. Έτσι παρουσιάζονται ελλείμματα ακόμη και ως προς την παροχή του πόσιμου νερού.
4. Η μεγάλη τουριστική ανάπτυξη των ακτών συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος των οικονομικών δραστηριοτήτων και συντελεί στην υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφόρων με αποτέλεσμα την υφαλμύρισή τους.
5. Το ζήτημα του τουρισμού των νησιών είναι κρίσιμης σημασίας και σχετίζεται άμεσα με τη ζήτηση και κατανάλωση του νερού. Έτσι, σε συνθήκες κρίσης/λειψυδρίας παρατηρείται το φαινόμενο δημιουργίας και λειτουργίας υδατοβόρων εγκαταστάσεων (όπως οι πισίνες, τα γήπεδα γκολφ, κ.ά.).
6. Βασικό πλήγμα αποτελούν οι διάφορες ανθρωπογενείς ρυπάνσεις των υδατικών πόρων (φαινόμενα ευτροφισμού, υφαλμύρισης, ρύπανση από βιομηχανικά/αστικά/αγροτικά λύματα και απορρίμματα).
7. Μεγάλο πρόβλημα αποτελούν και οι απώλειες στα τεχνικά συστήματα και στις υποδομές συγκέντρωσης διάθεσης του νερού στην κατανάλωση (π.χ. διαρροές σε δεξαμενές και σωληνώσεις δικτύων, εξάτμιση σε ανοιχτούς χώρους συγκέντρωσης). (Κοκιασμένου, 2014)

Το ήδη σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας αναμένεται να οξυνθεί περαιτέρω εξαιτίας της αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Με βάση στοιχεία-εκτιμήσεις Διεθνών Οργανισμών για τις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου για το χρονικό ορίζοντα του 2050 αναμένεται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 10-15% με ταυτόχρονη άνοδο της θερμοκρασίας κατά 1,5 °C. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

4.1.2. Κάλυψη των αναγκών σε νερό

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις για τη χρήση νερού στο ΥΔ Νήσων Αιγαίου, σύμφωνα με την μελέτη του ΥΠΕΧΩΔΕ 2008.

Πίνακας 4.1 Ζήτηση νερού ανά χρήση για το ΥΔ Νήσων Αιγαίου. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

Χρήσεις Νερού	Ζήτηση (*10 ⁶ m ³ /έτος)	Ποσοστό Ζήτησης (%)
Αρδευτική Χρήση	80,20	63,94
Κτηνοτροφική Χρήση	6,80	5,42
Υδρευτική Χρήση	37,19	29,65
Βιομηχανική Χρήση	1,24	0,99
Συνολικό Ετήσιο	125,43	100

Η χρήση για άρδευση και κτηνοτροφία αντιπροσωπεύει συνολικά το 69,36% της συνολικής ζήτησης. Η χρήση για ύδρευση, βιομηχανική, τουρισμό αντιστοιχεί στο 30,64 % της συνολικής ζήτησης.

Η ζήτηση σε νερό του Υδατικού Διαμερίσματος καλύπτεται, εν μέρει, από τις παρακάτω πηγές: (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

- Γεωτρήσεις εκμετάλλευσης του υπόγειου δυναμικού, που έχουν κατασκευαστεί τόσο από φορείς του δημοσίου (νομαρχίες, δήμοι, κοινότητες) όσο και από ιδιώτες. Το νερό των γεωτρήσεων χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών ύδρευσης, άρδευσης ή μικρών βιομηχανιών και κτηνοτροφίας.
- Πηγές αποστράγγισης των υπόγειων υδροφορέων. Συναντάται μεγάλος αριθμός μικρών κυρίως πηγών, που καλύπτουν κατά κύριο λόγο υδρευτικές και κατά δεύτερο λόγο αρδευτικές ανάγκες. Αξιοποιείται σήμερα το σύνολο των πηγών αυτών, λόγω της έλλειψης νερού, κυρίως το καλοκαίρι.
- Λιμνοδεξαμενές και φράγματα. Στα νησιά του Αιγαίου τα τελευταία χρόνια υπάρχει σε εξέλιξη πρόγραμμα μελέτης και κατασκευής λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων για την καλύτερη αξιοποίηση του επιφανειακού κυρίως και μέρους του υπόγειου νερού.
- Μεταφορά νερού με υδροφόρες. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται οι ανάγκες των μικρών κυρίως νησιών του Αιγαίου.
- Αποθήκευση νερού σε στέρνες. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται υδρευτικές ανάγκες πολλών κατοίκων των νησιών, κυρίως των ΠΕ Κυκλάδων και Δωδεκανήσου.
- Εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης για κάλυψη υδρευτικών αναγκών, που δεν είναι δυνατό να καλυφθούν με άλλο τρόπο.

Το πρόβλημα της έλλειψης νερού στα νησιά του Αιγαίου είναι υπαρκτό και μεγάλο. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της υδροδότησης των νησιών έχει επιδεινωθεί σημαντικά και οφείλεται στους παρακάτω παράγοντες: (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

- Η ύπαρξη μιας συνεχούς ξηροθερμικής περιόδου με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό το χαμηλό ποσοστό βροχοπτώσεων, έχει ως συνέπεια την μειωμένη απόδοση (ποιοτικά και ποσοτικά) των υφιστάμενων γεωτρήσεων, την μη πλήρωση των υπαρχουσών λιμνοδεξαμενών κλπ.
- Η αλλαγή των οικονομιών των νησιών από αγροτικές/κτηνοτροφικές σε οικονομίες παροχής υπηρεσιών (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια, εστιατόρια, μπαρ, κλπ.) αύξησαν την ζήτηση των υδατικών πόρων.
- Η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τουριστών – επισκεπτών στα νησιά αύξησε την ζήτηση των υδατικών πόρων.
- Η μεγάλη απώλεια του μεταφερόμενου νερού στα δίκτυα ύδρευσης, απώλεια που οφείλεται στην παλαιότητα του δικτύου και κατά κάποιες εκτιμήσεις ξεπερνά το 30 % του μεταφερόμενου νερού.

Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών επομένως έρχεται σε πρώτη προτεραιότητα τόσο γιατί πρέπει να καλυφθούν οι υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού όσο και για την συντήρηση του βασικότερου τομέα της οικονομίας των νησιών, τον τουρισμό. Σε δεύτερη προτεραιότητα έρχεται το νερό για την άρδευση και την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών αφού στα περισσότερα νησιά (συνήθως τα μικρά) ο πρωτογενής τομέας δεν αποτελεί τον κύριο παράγοντα της οικονομίας τους και στη συνέχεια το νερό για βιομηχανική χρήση η οποία ούτως ή άλλως είναι μικρή στα νησιά. Μεγαλύτερα νησιά (π.χ. Λέσβος, Χίος, Ρόδος) τα οποία έχουν τους εδαφικούς πόρους για ανάπτυξη εντατικής καλλιέργειας απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες συναγωνίζονται με αυτές για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Και σε αυτή την περίπτωση πρώτη προτεραιότητα είναι η ύδρευση και έπειτα η κατασκευή εγγειοβελτιωτικών έργων τα οποία θα καλύψουν τις ανάγκες του νησιού για άρδευση.

Μια γενική παρατήρηση είναι η ύπαρξη πολλών παράκτιων ρεμάτων, που αποστραγγίζουν το μεγαλύτερο τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος, καθιστώντας δύσκολη την εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών. Επίσης, η ανάπτυξη καρστικών, κυρίως, υδροφορέων ανοιχτών προς τη θάλασσα δημιουργεί πρόσθετες δυσκολίες στην αξιοποίηση των υπόγειων αποθεμάτων νερού (υπερεκμετάλλευση, υφαλμύριση).

Η εκτιμηθείσα από το υδρολογικό ισοζύγιο ποσότητα υπόγειου νερού δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί παρά μόνο σ' ένα μικρό ποσοστό. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στα διάφορα νησιά και εξαρτάται από το ανάγλυφο, τη διαμόρφωση υδρογεωλογικών λεκανών με υδραυλικό φράγμα προς τη θάλασσα, και από τη γεωλογία και την τεκτονική της περιοχής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

4.1.2.1. Ύδρευση - Πηγές πόσιμου ύδατος

Σύμφωνα με στοιχεία από ΔΕΥΑ/Δήμους, σε απάντηση σχετικού ερωτηματολογίου που έχει σταλεί από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων, στο πλαίσιο της κατάρτισης του Σχεδίου Διαχείρισης, η συνολική παραγωγή νερού δικτύων, η ημερήσια κατανάλωση αιχμής, καθώς

και η πηγή του πόσιμου νερού για τρία έτη (2011, 2012 και 2013), ανά νησί, περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα: (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

Πίνακας 4.2 Παραγωγή νερού δικτύων και πηγή πόσιμου νερού, ανά νησί, στο ΥΔ Νήσων Αιγαίου.

Νησί	Έτος	Συνολική παραγωγή νερού δικτύων (m ³)	Ημερήσια κατανάλωση αιχμής νερού δικτύων (m ³)	Πηγή πόσιμου νερού (σε m ³ ή %)			
				Ταμειυτήρες	Υπόγεια νερά (%)	Αφαλατώσεις	Μεταφορά με πλοία (%)
Λεκάνη Απορροής Ανατολικού Αιγαίου							
Λέσβος	2011	13.000.000	53.000	-	100%	-	-
	2012	13.000.000	53.000	-	100%	-	-
	2013	13.000.000	53.000	-	100%	-	-
Λήμνος	2011	1.167.751	4.253	-	100%	-	-
	2012	1.150.058	4.197	-	100%	-	-
	2013	1.147.479	3.881	-	100%	-	-
Άγιος Ευστράτιος	2011	25.000	150	-	100%	-	-
	2012	25.000	150	-	100%	-	-
	2013	30.000	170	-	100%	-	-
Ψαρά	2011	50.000	500	-	100%	-	-
	2012	50.000	500	-	100%	-	-
	2013	50.000	500	-	100%	-	-
Σάμος	2011	6.252.450	15.000	1%	99%	-	-
	2012	6.252.450	15.000	1%	99%	-	-
	2013	6.252.450	15.000	1%	99%	-	-
Λεκάνη Απορροής Δωδεκανήσων							
Αγαθονήσι	2011	19.000	60	-	-	5.940 m ³	13.060 m ³
	2012	19.800	70	-	-	6.762 m ³	13.038 m ³
	2013	20.700	80	-	-	12.055 m ³	8.645 m ³
Κάλυμνος	2011	1.150.000	5.500	-	99,5%	0,5	-
	2012	2.050.000	6.000	-	99,5%	0,5	-
	2013	2.000.000	6.000	-	99,5%	0,5	-
Κάρπαθος	2011	624.330	5.550	-	100%	-	-
	2012	643.650	5.700	-	100%	-	-
	2013	663.550	5.880	-	100%	-	-
Λειψοί	2011	47.450	300	2.500 m ³	29.200 m ³	-	80.000 m ³
	2012	47.450	300	2.500 m ³	29.200 m ³	-	80.000 m ³
	2013	94.900	300	2.500 m ³	29.200 m ³	-	80.000 m ³
Λεκάνη Απορροής Κυκλάδων							
Αμοργός	2011	130.000	1.100	-	60%	-	40%
	2012	145.000	1.200	-	60%	-	40%
	2013	150.000	1.350	-	60%	-	40%
Ανάφη	2011	37.000	220 m ³	100%	-	-	-
	2012	40.000	225 m ³	100%	-	-	-
	2013	42.000	230 m ³	100%	-	-	-
Άνδρος	2013	2.193.630	9.000	30%	70%	-	-

Αντίπαρος	2011	240.000	1.400	-	100%	-	-
	2012	250.000	1.400	-	100%	-	-
	2013	260.000	1.500	-	100%	-	-
Κέα	2011	340.000	90	-	100%	-	-
	2012	335.000	85	-	100%	-	-
	2013	330.000	80	-	100%	-	-
Κίμωλος	2011	46.602	264	-	-	-	100%
	2012	48.087	282	-	-	-	100%
	2013	52.027	275	-	-	-	100%
Σίκινος	2011	30.861	260	-	-	-	-
	2012	34.500	270	-	-	-	-
	2013	34.500	280	-	-	-	-
Σίφνος	2011	250.000	4.000	-	40%	60%	-
	2012	240.000	4.100	-	40%	60%	-
	2013	240.000	4.200	-	40%	60%	-
Σύρος	2011	866.874	1.853	-	-	100%	-
	2012	1.109.435	2.266	-	-	100%	-
	2013	1.399.112	2.745	-	-	100%	-

4.1.2.2. Μεταφορές νερού

Η υδροδότηση των 12 άνυδρων νησιών, τα οποία ανήκουν στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα, γίνεται με μεταφορά νερού, με υδροφόρα πλοία. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα άνυδρα νησιά και ο τρόπος υδροδότησής τους. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

Πίνακας 4.3 Άνυδρα νησιά- τρόπος υδροδότησης.

Κυκλάδες	
Αμοργός Κουφονήσι Κίμωλος Ηρακλεία Σχοινούσα Δονούσα	Υδροδότηση με πλωτά μέσα με προμήθεια νερού από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ στην Αττική
Δωδεκάνησα	
Λειψοί Μεγίστη Ρω Πάτμος Σύμη(Πανορμίτης) Χάλκη	Υδροδότηση με πλωτά μέσα με προμήθεια νερού από την Κάλαθο Ρόδου

Η εξέλιξη των ετήσιων ποσοτικών στοιχείων του μεταφερόμενου νερού στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα για την περίοδο 1997- 2013, σύμφωνα με στοιχεία της Γενικής Γραμματεία Αιγαίου & Νησιωτικής Πολιτικής, παρουσιάζεται στους Πίνακες 4.4 και 4.5 αντίστοιχα. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015)

Πίνακας 4.4 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Κυκλάδων.

Έτος	ΚΥΚΛΑΔΕΣ – Μεταφορές ποσότητες (m ³ /έτος)											
	Αμοργός	Κουφονήσι	Κίμωλος	Ηρακλεία	Σχοινούσα	Φολέγανδρος	Τήνος	Σίκινος	Θηρασιά	Δονούσα	Μήλος	Σύρος (Ποσειδωνία)
1997	23.785,0	25.435,0	16.270,0	5.190,0	8.955,0	6.890,0						
1998	21.130	28.190	17.990	6.250	11.910	5.580						
1999	23.720	26.320	16.375	7.745	3.430	10.170						
2000	13.570	28.351	22.938	9.110	11.340	12.730	37.531	10.000				
2001	19.150	28.648	29.983	10.940	13.640	15.770	36.837	14.550	7.200	300,0	26.774	0,0
2002	9.675	31.065	23.275	11.596	23.730	25.116	1.900	10.676	3.220	0	189.090	0
2003	8.164	31.907	23.139	9.855	25.345	35.695	0	12.020	6.170	0	184.482	0
2004	9.050	39.600	27.922	14.408	31.846	36.270	0	10.748	9.168	0	159.800	0
2005	15.856	45.461	32.489	14.836	26.896	40.259	25.135	18.159	11.513	0	232.778	0
2006	25.024	44.983	39.949	16.818	31.047	60.153	14.571	17.084	12.729	0	298.040	7.321
2007	41.537	48.700	53.880	18.621	38.563	66.728	36.649	29.278	14.990	1.200	346.971	0
2008	42.542	51.270	71.201	18.598	50.007	79.248	75.638	41.285	16.013	10.262	231.667	0
2009	53.838	53.719	57.287	18.850	38.269	87.062	49.222	38.496	19.445	12.867	0	0
2010	43.747	49.372	46.488	16.190	28.766	56.510	13.067	20.920	16.408	15.383		
2011	35.806	51.614	46.602	16.839	27.054	58.340	0	15.036	17.712	11.781		
2012	44.822	53.101	48.107	17.425	17.394	53.594	0	0	4.022	8.296		
2013*	6.958	3.960	6.383	1.996	3.160					1.471		

* Για το έτος 2013, τα στοιχεία είναι μέχρι το μήνα Μάρτιο.

Πίνακας 4.5 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Δωδεκανήσων.

Έτος	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ – Μεταφορές ποσότητες (m ³ /έτος)													Κάλυμνος (Πλατύ)	Φαρμακονήσι
	Αγαθονήσι	Λειψοί	Μεγίστη	Νίσυρος	Πάτμος	Σύμη	Χάλκη	Παληόνησος	Ψέριμος	Λέβιθα	Λέρος	Καλόλιμνος			
1996	4.070	11.046	17.196	30.592	71.468	158.742	33.212	210	460	0	0	200	200	200	
1997	3.030	26.500	24.850	40.035	86.420	177.650	43.120	200	490	0	0	0	0	0	
1998	6.202	32.094	36.856	44.778	106.178	201.512	56.654	250	270	0	0	0	0	200	
1999	7.288	28.124	42.738	52.394	129.594	154.034	47.283	400	0	0	0	0	0	0	
2000	9.866	35.986	44.088	80.108	1164.366	176.691	42.937	650	520	0	0	0	0	0	
2001	11.368	56.746	54.244	88.338	212.791	147.511	46.999	800	2.400	0	0	0	100	0	
2002	11.620	43.558	60.188	18016	250.174	175.607	56.262	900	1.420	0	0	0	0	0	
2003	11.000	34.304	62.042	21.216	220.174	206.067	48.507	800	650	250	0	0	0	0	
2004	12.120	41.672	58.934	22.766	249.325	277.140	53.180	900	1.300	250	42.150	0	0	0	
2005	13.195	28.823	61.066	25.351	278.991	388.029	62.186	750	400	0	110.585	300	0	0	
2006	21.896	33.907	71.489	25.749	258.172	457.142	67.833	570	650	430	67.500	0	0	0	
2007	16.957	52.987	65.765	56.730	194.285	565.851	72.943	546	3.037	200	72.207	120	0	0	
2008	18.835	58.019	74.653	50.175	213.960	566.301	76.975	1.323	1.811	420	79.120	132	0	0	
2009	18.889	50.298	67.739	50.117	167.955	328.227	65.490	561	100	200	76.634	0	0	0	
2010	15.680	55.992	37.688	35.640	119.936	40.771	54.381	735		505	52.581				
2011	13.060	53.934	15.444	0	74.226	31.979	48.555	415			51.272				
2012	13.038	69.669	24.647	0	62.549	20.539	47.711	0	0	0	26.011	0	0	0	
2013*	1.013	12.453	3.978		19.427		7.018							125	

* Για το έτος 2013, τα στοιχεία είναι μέχρι το μήνα Μάρτιο.

4.1.3. Η αφαλάτωση & εναλλακτικοί τρόποι κάλυψης των αναγκών σε νερό

Όπως προαναφέρθηκε, μέρος των αναγκών σε νερό καλύπτεται από υπόγεια ύδατα (γεωτρήσεις), από αφαλάτωση θαλασσινού νερού και συμπληρωματικά από ταμειυτήρες (λιμνοδεξαμενές).

Οι γεωτρήσεις παρέχουν νερό πολύ χαμηλής ποιότητας με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλατα και μάλιστα σε ποσότητες που δεν δύνανται να καλύψουν τη ζήτηση. Επίσης, η αλόγιστη υπεράντληση των αποθεμάτων των υδροφόρων συστημάτων κάθε νησιού οδηγεί σε περαιτέρω επιδείνωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού, αφού αυξάνεται η περιεκτικότητα σε άλατα με αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες για τα ευαίσθητα νησιωτικά οικοσυστήματα.

Η συλλογή ομβρίων υδάτων σε λιμνοδεξαμενές γίνεται σε αρκετά νησιά του Αιγαίου, άλλες φορές αποδοτικά και άλλες όχι και τόσο. Είναι ωστόσο μια πολύ καλή λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας, ενώ το νερό χρησιμοποιείται και για ύδρευση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Παρόλαυτά, δεν είναι δυνατή η κατασκευή λιμνοδεξαμενών σε όλα τα νησιά, λόγω μικρού όγκου βροχοπτώσεων, επιφανειακών απορροών και λοιπών παραγόντων, ενώ η στοχαστικότητα των βροχοπτώσεων δεν εγγυάται σίγουρη λύση στο πρόβλημα. Στην πρακτική αυτή δεν λείπουν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η αλλοίωση των λεκανών απορροής.

Όσον αφορά στη συλλογή ομβρίων υδάτων σε στέρες, είναι μια παραδοσιακή, οικολογική και οικονομική λύση για την εξασφάλιση νερού για άρδευση. Απαιτείται να διαθέτει η κατοικία μια ειδικά διαμορφωμένη στέγη και μία δεξαμενή. Ωστόσο, δεν μπορεί να σταθεί ως αποκλειστική λύση, λόγω της στοχαστικότητας των βροχοπτώσεων, καθώς καλύπτεται μέρος των αναγκών το χειμώνα αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο το καλοκαίρι που δε βρέχει.

Η αφαλάτωση του θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού είναι μία μέθοδος η οποία αποτελεί ανεξάντλητη πηγή πόσιμου νερού και είναι η οικονομικότερη συμβατική λύση. Σε συνδυασμό με ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) θεωρείται ως η επικρατέστερη, έτσι ώστε να λυθεί μόνιμα το πρόβλημα της ύδρευσης στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου. Ας μην ξεχνάμε ότι άνυδρες περιοχές σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως η αραβική χερσόνησος, η βόρεια Αφρική, το Ισραήλ, η Μάλτα και τα Κανάρια Νησιά χρησιμοποιούν αφαλάτωση ως βασική πηγή πόσιμου νερού. (Κάραλης Γ., 2011)

4.2. Αφαλάτωση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η αφαλάτωση αποτελεί αξιόπιστη και βιώσιμη λύση στην παροχή πόσιμου ή καθαρού νερού σε περιοχές που παρουσιάζουν προβλήματα λειψυδρίας. Ο συνδυασμός των τεχνολογιών αφαλάτωσης με τεχνολογίες ΑΠΕ είναι τεχνικά εφικτός. Επίσης, είναι ιδανική λύση για μικρού μεγέθους εφαρμογές (π.χ. αυτόνομα συστήματα/αποκεντρωμένες μονάδες). Ωστόσο, ο συνδυασμός τεχνολογιών αφαλάτωσης με ΑΠΕ σε αυτόνομα συστήματα απαιτεί τεχνογνωσία των τεχνολογιών αφαλάτωσης και των χαρακτηριστικών τους για τη σωστή σχεδίαση και λειτουργία τους. Τέτοια αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης με ΑΠΕ έχει πλέον αρκετές εφαρμογές παγκοσμίως. (Η τεχνολογία αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά, 2015)

Στην Ελλάδα στο πλαίσιο Ευρωπαϊκών και Εθνικών προγραμμάτων έχουν αναπτυχθεί επτά (7) μονάδες αφαλάτωσης με ΑΠΕ για την παροχή πόσιμου νερού σε Ελληνικά νησιά, οι οποίες αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα. (Η τεχνολογία αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά, 2015)

Πίνακας 4.6 Αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης με ΑΠΕ.

Νήσος	Τύπος Αφαλάτωσης	Δυναμικότητα (κ.μ./ημέρα)	Είδος Ενέργειας Παροχής	Προέλευση Ενέργειας	Έτος
Θηρασιά	A/O θαλ. νερού	4,8	Αιολική	Ανεμογεννήτρια ισχύος 15 kW	1997
Σύρος	A/O θαλ. νερού	60-900	Αιολική	Ανεμογεννήτρια ισχύος 500 kW	1997
Κιμωλός	Πολλαπλής Εξάτμισης Ατμών(MED)	576	Γεωθερμική	Πεδίο χαμηλής ενθαλπίας (61°C)	1999
Ηρακλειά	A/O θαλ. νερού	80	Αιολική	Ανεμογεννήτρια ισχύος 30 kW	2007-2009
Μήλος(Τριοβασάλος)	A/O θαλ. νερού	3.360(3x1.120)	Αιολική	Ανεμογεννήτρια ισχύος 850 kW	2007-2009
Σύμη(Πέδι)	Μηχανικής Επανασυμπίεσης ατμών(MVC)	360	Αιολική	Δίπτερη Ανεμογεννήτρια	2008-2009
Στρογγύλη	A/O θαλ. νερού	20		Φωτοβολταϊκά ισχύος 10 kWp	2013

4.3. Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά

Σήμερα, μεγάλος αριθμός των νησιών καλύπτουν μέρος των αναγκών τους σε καθαρό νερό από μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης θαλασσινού (A/O) και υφάλμυρου νερού. Έχουν καταγραφεί, περίπου, 70 μονάδες A/O, για δημόσια χρήση, στα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου, με συνολική δυναμικότητα παραγόμενου νερού που ξεπερνά τα 58.000 κ.μ./ημ., όπου το 80%, περίπου, των εγκατεστημένων μονάδων κάνουν χρήση θαλασσινού νερού για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Η πλειοψηφία των μονάδων A/O θαλασσινού νερού που έχουν εγκατασταθεί έχουν σύστημα ανάκτησης ενέργειας με στόχο τη μείωση των ενεργειακών τους καταναλώσεων, ενώ οι περισσότερες από τις αυτές είναι τοποθετημένες σε ειδικά διαμορφωμένα εμπορευματοκιβώτια (container).

Όσον αφορά, το εύρος της δυναμικότητας των μονάδων A/O, για δημόσια χρήση, κυμαίνεται από 100 έως 4500 κ.μ/ημέρα, ενώ τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης τους υπολογίζονται, περίπου, 0.2-2.5 €/κ.μ., εκτός ελαχίστων περιπτώσεων που ξεπερνά τα 2.5 €/κ.μ. Το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους λειτουργίας αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. (Η τεχνολογία αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά, 2015)

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των μονάδων αφαλάτωσης, με τις παραγωγές τους σε πόσιμο νερό, που λειτουργούν ή επρόκειτο να υλοποιηθούν στη νησιωτική περιφέρεια της χώρας και συγκεκριμένα στα νησιά των Κυκλάδων, των Δωδεκανήσων και του Βόρειου Αιγαίου.

Πίνακας 4.7 Μονάδες αφαλάτωσης νησιωτικής περιφέρειας Αιγαίου.

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΚΥΚΛΑΔΩΝ					
Νήσος	Περιοχή	Δυναμικότητα	Κατάσταση	Παρατηρήσεις	Δικαιούχος
Σύρος	5 θέσεις στο νησί	8.400 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	Υπάρχουν συνολικά 18 μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, εγκατεστημένες σε πέντε θέσεις στο νησί, συνολικής δυναμικότητας 8.400m ³ /ημέρα, ικανής να καλύψει τις ανάγκες ύδρευσης ακόμα και κατά την θερινή περίοδο. Χρειάζεται προμήθεια μεμβρανών. Χρειάζεται προμήθεια μεμβρανών.	ΔΕΥΑ Σύρου
Σύρος	Ερμούπολη			Σε δύο από τις παλαιότερες και μεγαλύτερες μονάδες της Ερμούπολης είναι αναγκαία η αντικατάσταση των αντλιών υψηλής πίεσης καθώς και των μετατροπών ανάκτησης ενέργειας.	ΔΕΥΑ Σύρου
Τήνος	Άγιος Φωκάς	700 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	Υπήρχε ήδη μονάδα δυναμικότητας 500m ³ /ημέρα η οποία επισκευαστηκε λόγω βλάβης και έγινε επέκταση σε δυναμικότητα 700m ³ /ημέρα.	Δ. Τήνου
Τήνος	Άγιος Φωκάς	500 m ³ /ημέρα	δεν έχει προμηθευθεί ακόμα	Προμήθεια και εγκατάσταση φορητής μονάδας αφαλάτωσης δυναμικότητας 500m ³ /μέρα με τα υπόλοιπα έργα να είναι υλοποιημένα.	Δ. Τήνου
Τήνος	Άγιος Φωκάς	1.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δ. Τήνου
Τήνος	Άγιος Φωκάς	500 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία Προσωρινή βλάβη		Δ. Τήνου
Μύκονος	Κόρφος	6.750 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δ. Μυκόνου
Πάρος	Νάουσα	1.200 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δ. Πάρου

Πάρος	Παράσπορος Παροιτιάς	2.500 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Περιλαμβάνεται η εγκατάσταση δύο συστημάτων αφαλάτωσης δυναμικότητας 1.250 m ³ /ημέρα έκαστο. Έχει γίνει η εγκατάσταση των μονάδων και ναμένεται να τεθούν σε λειτουργία ενώ τα συνοδά έργα βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης.	Δ. Πάρου
Αντίπαρος	Σιφναίϊκο	600 m ³ /ημέρα	Ένταγμένο έργο	Περιλαμβάνεται η εγκατάσταση δύο συστημάτων αφαλάτωσης δυναμικότητας 300 m ³ /ημέρα έκαστο και τα απαιτούμενα συνοδευτικά έργα(αγωγοί μήκους 1.200μ, τρία αντλιοστάσια και οι απαιτούμενες για την λειτουργία Η/Μ εγκαταστάσεις)	Εγνατία Οδός ΑΕ
Κουφονήσια	Παριανός	600 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Προμήθεια και εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης δυναμικότητας 600 m ³ /ημέρα. Περιλαμβάνονται επίσης οι απαραίτητες εργασίες για τη λειτουργία της μονάδας (γεώτρηση, αντλιοστάσιο, αγωγοί μεταφοράς θαλασσινού νερού).	Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
Σχοινούσα	Μερσίνη	100 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δήμος Νάξου και Μικρών Κυκλάδων
Σχοινούσα	Μερσίνη (Επέκταση)	400 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Έχει γίνει η προσωρινή παραλαβή της μονάδας. Έχει ολοκληρωθεί η μελέτη για την κατασκευή συνοδών έργων τα οποία αναμένεται να ολοκληρωθούν σύντομα. Αδειοδοτήσεις υπό έκδοση/λήψη.	Δήμος Νάξου και Μικρών Κυκλάδων
Δονούσα	Ελικοδρόμιο (Κάμπος Παναγιά)	150 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Έχει γίνει η παράδοση της μονάδας και αναμένεται η προσωρινή παραλαβή ης. Δεν έχει γίνει ακόμη καμία διαδικασία για τη σύνταξη των μελετών για την ωρίμανση συνοδών έργων. Δεν υπάρχουν αδειοδοτήσεις.	ΓΓΑΝΠ
Ηρακλειά	Υδριάδα	100 m ³ /ημέρα πλωτή μονάδα	Ανενεργή		Δήμος Νάξου και Μικρών Κυκλάδων
Ηρακλειά	Χωράφι Αγίου Γεωργίου	300 m ³ /ημέρα	Πρόταση		Δήμος Νάξου και Μικρών Κυκλάδων
Αμοργός	Αιγιάλη	450 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Έχει γίνει η προσωρινή παραλαβή της μονάδας. Εκπονούνται οι μελέτες για την ωρίμανση	Δήμος Αμοργού

				συνοδών έργων. Υπο έκδοση οι αδειοδοτήσεις.	
Αμοργός	Κατάπολα (Δημοτικό Σχολείο)	600 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Έχει κατατεθεί αίτημα για Άδεια Εγκατάστασης. Αναμένεται γνωμοδότηση.	Εγνατία Οδός ΑΕ
Ίος	Μυλοπόταμος	1.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δήμος Ίου
Ίος	Ελικοδρόμιο	1.000 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης		Δήμος Ίου
Σίκινος	Χώρα	200 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	Ιδιωτική χορηγία	Δήμος Σικίνου
Σίκινος	Χώρα (Επέκταση)	200 m ³ /ημέρα	Πρόταση		Δήμος Σικίνου
Φολέγανδρος	Καραβοστάσι (ΔΕΗ)	700 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Ιδιωτική χορηγία
Φολέγανδρος	Καραβοστάσι (ΔΕΗ) (Επέκταση)	350 m ³ /ημέρα	Ενταγμένο		Ιδιωτική χορηγία
Θήρα	Οία	1.460 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Κατοικίες Φηρών	1.200 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών	2.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Οικισμός Ακρωτηρίου Θήρας	250 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		ΔΕΥΑ Θήρας
Θηρασιά	Ρίβα	10 m ³ /ημέρα με φωτοβολταϊκό σύστημα	Ανενεργή		ΔΕΥΑ Θήρας
Θηρασιά	Ρίβα	140 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		ΔΕΥΑ Θήρας
Θηρασιά	Ρίβας (Επέκταση)	150 m ³ /ημέρα	Έχει οριστική μελέτη	Πρόταση - Προμήθεια και εγκατάσταση νέας μονάδας αφαλάτωσης για την επέκταση της υφιστάμενης μονάδας η οποία δεν επαρκεί πλέον για τις ανάγκες της νήσου Θηρασίας	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Θέση Αγ. Παρασκευή	5.000 m ³ /ημέρα	Έχει ενταχθεί στο ΠΔΕ/2014	Αφορά την κατασκευή του εργοστασίου αφαλάτωσης και συνοδά έργα μεταφοράς του νερού για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των οικισμών Μεσαριάς, Βόθωνα, Έξω Γωνιάς, Πύργου, Μεγαλοχωρίου και Επισκοπής Γωνιάς.	ΔΕΥΑ Θήρας

Θήρα	Εμπορείου	2.000 m ³ /ημέρα	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Εμπορείου - Συνοδά έργα αντλιοστασίων θαλάσσης και καταθλιπτικών αγωγών	-	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Αφορά τα έργα υδρολυψίας θαλάσσης και διάθεσης πόσιμου νερού. Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Οίας (Επέκταση)	900 m ³ /ημέρα	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών	-	Έχει οριστική μελέτη και έχουν δρομολογηθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Αφορά την κατασκευή υποθαλάσσιου αγωγού μήκους περίπου 330 μέτρων, διαμέτρου Φ710 και την εγκατάσταση προκατασκευασμένου αντλιοστασίου θαλάσσης για τις ανάγκες υδροληψίας των μονάδων αφαλάτωσης του Έξω Γιαλού Φηρών	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών (Επέκταση)	2.000 m ³ /ημέρα	Σε φάση σχεδιασμού	Πρόταση - Επέκτασης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και εγκατάσταση δύο προκατασκευασμένων δεξαμενών συνολικής αποθήκευσης 2.400 κυβικών πόσιμου νερού για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών των οικισμών Φηρών, Ημεροβιγλίου, Καρτεράδου και Βουρβούλου νήσου Θήρας	ΔΕΥΑ Θήρας
Θήρα	Εμπορείου (Επέκταση)	2.000 m ³ /ημέρα	Σε φάση σχεδιασμού	Αφορά την Β' φάση του έργου της αφαλάτωσης της Δημοτικής Κοινότητας Εμπορείου με σκοπό την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των οικισμών Περίσσης, Άγιου Γεωργίου και Εξωμύτη νήσου Θήρας, οι οποίες έως σήμερα δεν υδροδοτούνται από δημοτικά δίκτυα ύδρευσης.	ΔΕΥΑ Θήρας
Μήλος	Συκιά Τριοβασάλου	2.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δ. Μήλου
Κίμωλος	Άγιος Αντώνιος	600 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Αναμένεται να γίνει η παράδοση στο νησί της μονάδας, προκειμένου να γίνει μετά προσωρινή παραλαβή της. Σε στάδιο ανάθεσης είναι οι	ΓΓΑΝΠ

				μελέτες για την ωρίμανση των συνοδών έργων.	
Σίφνος	Καμάρες, Πλατύς Γιαλός	1.300 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δ. Σίφνου
Σίφνος	Καμάρες, Πλατύς Γιαλός (Επέκταση)	750 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης		Δ. Σίφνου
Κύθνος	Γήπεδο ποδοσφαίρου Μέριχα	600 m ³ /ημέρα	Ένταγμένο έργο	Περιλαμβάνεται η εγκατάσταση δύο συστημάτων αφαλάτωσης δυναμικότητας 300 m ³ /ημέρα έκαστο και τα απαιτούμενα συνοδευτικά έργα (αγωγοί μήκους 3.750μ, τρία αντλιοστάσια κτλ.)	Εγνατία Οδός ΑΕ

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Νήσος	Περιοχή	Δυναμικότητα	Κατάσταση	Παρατηρήσεις	Δικαιούχος
Λήμνος	Οικισμός Μούδρου	125 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Ο οικισμός του Μούδρου έχει 974 κατοίκους, αλλά αποτελεί μετά την Μύρινα τον οικισμό με την μεγαλύτερη δυναμική. Στη γεώτρηση Μούδρου το νερό είναι υφάλμυρο και σύμφωνα με τα στοιχεία είναι αναγκαία η αφαλάτωση και η αποσιδήρωση.	Δήμος Λήμνου
Λήμνος	Οικισμός Πλατέος	125 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Ο οικισμός του Πλατέος έχει 785 κατοίκους και τα τελευταία χρόνια εμφανίζει αυξημένη τουριστική κίνηση ενή έντονη είναι η οικιστική ανάπτυξη που αναπτύσσεται στην παραλία του Πλατέος. Στη γεώτρηση Πλατέος το νερό είναι υφάλμυρο και σύμφωνα με τα στοιχεία είναι αναγκαία η αφαλάτωση και η αποσιδήρωση.	Δήμος Λήμνου
Λήμνος	Οικισμός Παναγιάς	125 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Ο οικισμός της Παναγιάς έχει 383 κατοίκους, αλλά επειδή η ευρύτερη περιοχή έχει ιδιαίτερο πρόβλημα, αναμένεται να εξυπηρετήσει και τους διπλανούς οικισμούς. Στη γεώτρηση Παναγιάς το νερό είναι υφάλμυρο και σύμφωνα με τα στοιχεία είναι αναγκαία η αφαλάτωση.	Δήμος Λήμνου

Λήμνος	Οικισμός Κοντοπουλίου	125 m ³ /ημέρα	Έχει γίνει η μελέτη και αναζητείται χρηματοδότηση	Ο οικισμός του Κοντοπουλίου έχει 680 κατοίκους, αλλά επειδή η ευρύτερη περιοχή έχει ιδιαίτερο πρόβλημα, αναμένεται να εξυπηρετήσει και τους διπλανούς οικισμούς. Στη γεώτρηση Κοντοπουλίου το νερό είναι υφάλμυρο και σύμφωνα με τα στοιχεία είναι αναγκαία η αφαλάτωση.	Δήμος Λήμνου
Χίος	Θόλος	4.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	4 Μονάδες δυναμικότητας 1.000 m ³ έκαστη (3 με υφάλμυρο & 1 με αλμυρό).	ΔΕΥΑ Χίου
Χίος	Μιλιγκάς	1.000 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	2 Μονάδες δυναμικότητας 500 m ³ έκαστη.	Δήμος Χίου
Χίος	Δ.Ε Αγίου Μηνά (απέναντι από ΑΣΠ ΔΕΗ Χίου)	2.000 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Προμήθεια και τοποθέτηση σε λειτουργία, εντός κτηρίου, συστήματος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με ελάχιστη δυναμικότητα παραγωγής πόσιμου νερού 2.000 m ³ /ημέρα, αποτελούμενο από δύο μονάδες 1.000 m ³ /ημέρα κατ' ελάχιστο ανεξάρτητης λειτουργίας. Η κάθε μονάδα θα περιλαμβάνει τα κύρια στάδια επεξεργασίας θαλασσινού νερού με αντίστροφη όσμωση, Στην προμήθεια θα περιλαμβάνεται και η εγκατάσταση συστήματος SCADA που θα επιβλέπει, επιτηρεί και καταχωρεί δεδομένα λειτουργίας των μονάδων, των δεξαμενών και των αντλιών τροφοδοσίας & παραγόμενου νερού τοπικά ή μέσω δικτύου.	ΔΕΥΑ Χίου
Οινούσσες	Άγιος Γιάννης	400 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Δήμος Οινουσσών
Φούρνοι	Καμάρι	50 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης		Δήμος Φούρνων

Φούρνοι	"Ψιλή Άμμος" Φούρνων Κορσέων	300 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης/ αδειοδοτημένο		Δήμος Φούρνων
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ					
Νήσος	Περιοχή	Δυναμικότητα	Κατάσταση	Παρατηρήσεις	Δικαιούχος
Κάλυμνος	Δήμος Καλύμνου	6.000 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Αφορά τη προμήθεια 3 μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού δυναμικότητας 2.000 m ³ /ημέρα έκαστη, με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης, οι οποίες θα εξυπηρετούν τον οικισμό Πόθιας και τις τουριστικές περιοχές της Καλύμνου. Οι μονάδες αυτές θα συνδεθούν με το υφιστάμενο δίκτυο ύδρευσης. Αναζητείται η έκταση για την χωροθέτηση των μονάδων.	ΔΕΥΑ Καλύμνου
Καλόλιμνος	Άγιος Νικόλαος		Σε λειτουργία	Για στρατιωτική φρουρά	
Τέλενδος	Λιμάνι	100 m ³ /ημέρα	Έχουν ολοκληρωθεί οι απαιτούμενες μελέτες και έχουν ληφθεί οι απαραίτητες αδειοδοτήσεις για την ένταξη του έργου σε ευρωπαϊκό χρηματοδοτούμενο πρόγραμμα	Το νησί τροφοδοτείται με υφάλμυρο νερό από την Κάλυμνο μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 1800μ, ο οποίος λόγω παλαιότητας και του έντονου κυματισμού που αναπτύσσεται στη περιοχή παρουσιάζει συχνά βλάβες και διαρροές οι οποίες απαιτούν μεγάλο χρόνο αποκατάστασης, με αποτέλεσμα το νησί να ξεμένει από νερό για αρκετές ώρες και να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα τόσο στους μόνιμους κατοίκους αλλά και στους επαγγελματίες του τουρισμού. Με την ολοκλήρωση του έργου θα δοθεί οριστική λύση στο πρόβλημα υδροδότησης των 30 μόνιμων κατοίκων και των 500 επισκεπτών που διέρχονται καθημερινά απο το νησί τους μήνες Ιούνιο μέχρι και Αύγουστο.	ΔΕΥΑ Καλύμνου

Ψέρμος	Άγιοι Ταξιάρχες	100 m ³ /ημέρα	Πρόταση	Αφορά τη προμήθεια μίας μονάδας αφαλάτωσης δυναμικότητας 100 m ³ / ημέρα, με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης, Το νησί διαθέτει μια γεώτρηση ικανότητας παραγωγής 5 m ³ /ώρα σε σκληρό υφάλμυρο νερό.	ΔΕΥΑ Καλύμνου
Νίσυρος	Λουτρά	1.020 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		Ιδιωτική χορηγία
Χάλκη	Κάνια	600 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης		Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
Σύμη		2400 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία	Συνολική παραγωγή όλων των υφιστάμενων μονάδων στη Σύμη/	ΔΕΥΑ Σύμης
Σύμη	Ιερά Μονη Πανορμίτη	80 m ³ /ημέρα	Στάδιο υλοποίησης	Έχει γίνει η παράδοση της μονάδας και αναμένεται να γίνει η προσωρινή παραλαβή της. Δεν έχουν εκπονηθεί ακόμα οι μελέτες για την ωρίμανση των συνοδών έργων. Δεν υπάρχουν αδειοδοτήσεις.	ΓΓΑΝΠ
Μεγίστη		200 m ³ /ημέρα	Σε λειτουργία		
Μεγίστη	Παλαιό Αντλιοστάσιο	300 m ³ /ημέρα	Πρόταση		Εγνατία Οδός ΑΕ
Στρογγύλη	Λιμάνι	20 m ³ /ημέρα με φ/β		Στάδιο υλοποίησης	Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου

4.4. Αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας

4.4.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά ειδικά σχεδιασμένων μονάδων

4.4.1.1. Μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με αιολική ενέργεια στο Τριοβάσαλο της Μήλου

Στην περιοχή, Τριοβασάλο της Μήλου έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης Α/Ο συνδυασμένο με ανεμογεννήτρια ισχύος 850 kW. Με αυτό τον τρόπο καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες. Το σύστημα αυτό αποτελείται από 3 μονάδες Α/Ο, δυναμικότητας 1.120 κ.μ./ημ. έκαστος, οι οποίες είναι τοποθετημένες σε container. Έχουν μοντελοποιημένη κατασκευή και, επομένως, η εγκατάστασή τους είναι εύκολη και γρήγορη. Η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται από χαμηλές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς και από ελάχιστη χρήση χημικών. (Αφαλάτωση με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο. Ολοκληρωμένη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας., 2010)



Σχήμα 4.1 Μονάδα αφαλάτωσης Μήλου (με αιολική ενέργεια). (Αφαλάτωση με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο. Ολοκληρωμένη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας., 2010)

Τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου τύπου αποκεντρωμένης μονάδας είναι: (Αφαλάτωση με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο. Ολοκληρωμένη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας., 2010)

- Άμεση αντιμετώπιση προβλήματος λειψυδρίας χωρίς γραφειοκρατικές και χρονοβόρες διαδικασίες διαγωνισμών.
- Υλοποίηση έργων χωρίς την παραμικρή οικονομική ή άλλη επιβάρυνση των Δήμων για τη μελέτη-αδειοδότηση-κατασκευή και λειτουργία. Οι Δήμοι απλά προμηθεύονται το νερό.
- Μικρότερο τίμημα προμήθειας νερού (συνεχής λειτουργία ανταγωνισμού και βελτίωση προσφερόμενων υπηρεσιών και τιμήςματος).
- Σχεδιασμός και υλοποίηση ολοκληρωμένων έργων με όλες τις απαιτούμενες κατά περίπτωση υποδομές για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ιδιαιτεροτήτων κάθε νησιού.
- Διαμορφώνεται ξεκάθαρος ρόλος για όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές (Δήμος, Υπουργείο, Ιδιώτες).
- Ενισχύεται ο συνδυασμός μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ για βέλτιστα περιβαλλοντικά αποτελέσματα.
- Επιτυγχάνεται η ανάπτυξη του κλάδου των αφαλατώσεων ενισχύοντας την εγχώρια επιχειρηματικότητα, την τοπική οικονομία και δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας.

4.4.1.2. Μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στη ν. Σίκινο

Στις 08/05/2011, τέθηκε σε λειτουργία μια ακόμα μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, δυναμικότητας 200 m³/ημέρα, στο νησί της Σικίνου. Εκτός από το θαλασσινό νερό, η μονάδα έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται και υφάλμυρο νερό γεωτρήσεων, αγωγιμότητας 5.000 - 20.000 μS/cm, παρέχοντας επίσης πόσιμο νερό, με πολύ οικονομικότερη λειτουργία και μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.

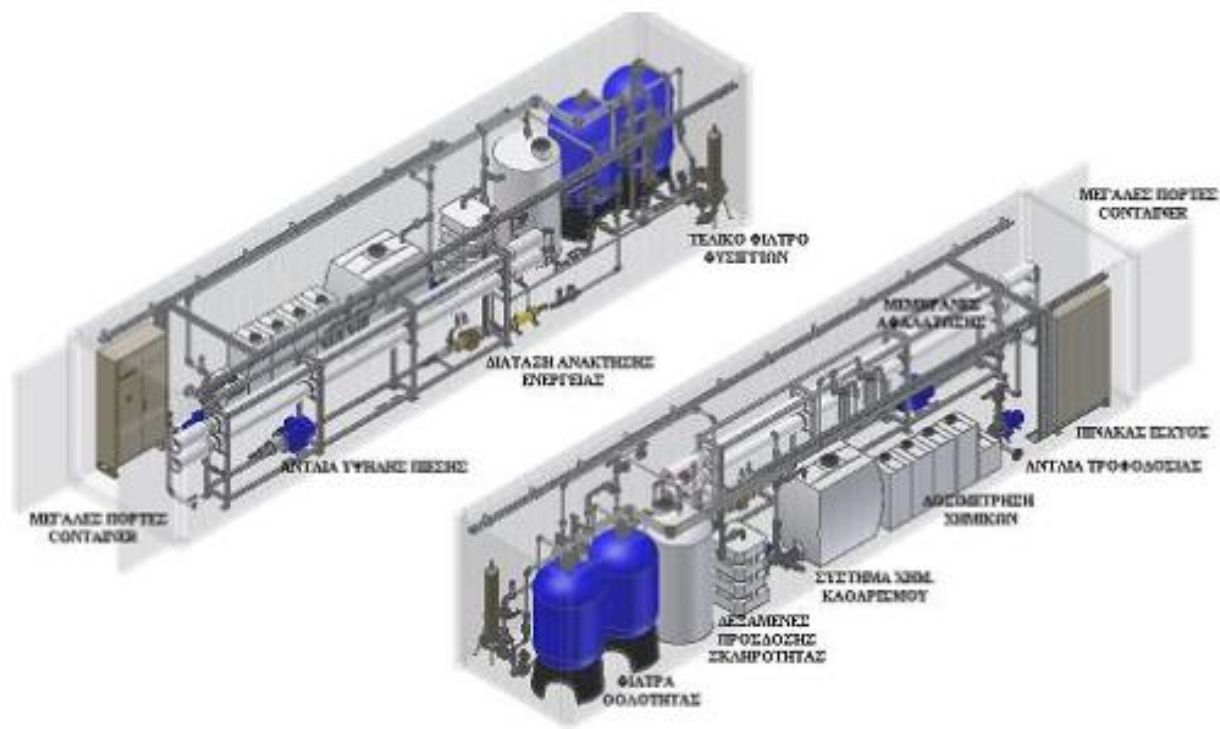


Σχήμα 4.2 Μονάδα αφαλάτωσης στ ν. Σίκινο. (htt1)

Η μονάδα είναι εργονομικά εγκατεστημένη σε ένα (1) δωδεκάμετρο container με σύστημα εξαερισμού - κλιματισμού, θερμομόνωση αλλά και ειδική ηχομόνωση (έως και 55 db στο 1m) που την κατατάσσει ως την πλέον αθόρυβη της κατηγορίας της. Εντός του container, βρίσκεται το σύστημα αφαλάτωσης και ειδικότερα η προκατεργασία (φίλτρα θολότητας, φίλτρα φυσιγγίων, δοσομετρικές αντλίες, κτλ), η μετακατεργασία (διάταξη πρόσδοσης σκληρότητας, χλωρίωσης, κτλ) και οι απαραίτητες δοσιμετρικές διατάξεις. Στο χώρο της εφαρμογής, έχουν εγκατασταθεί 2 δεξαμενές προσυγκέντρωσης ακατέργαστου νερού (θαλασσινού ή/και υφάλμυρου) των 10 m³ καθώς και μία δεξαμενή εξισορρόπησης της αποχέτευσης.

Η αφαλάτωση βασίζεται στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης με ημιπερατές μεμβράνες, οι οποίες παρέχουν άριστης ποιότητας νερό προς χρήση. Το αφαλατωμένο νερό, αφού περάσει από το φίλτρο πρόσδοσης σκληρότητας, αποκτά και την απαραίτητη ποσότητα ασβεστίου που χρειάζεται, ενώ παράλληλα ρυθμίζεται το pH του στα επιθυμητά επίπεδα. Το αποτέλεσμα, σε όλες τις περιπτώσεις, είναι η παραγωγή άριστου πόσιμου νερού, τόσο από χημική όσο από μικροβιακή άποψη.

Με τη νέα αυτή μονάδα, το νησί της Σικίνου υπερκαλύπτει τόσο τις παρούσες, όσο και τις μελλοντικές του ανάγκες σε νερό, απαλλάσσεται από την εξάρτηση των υδροφόρων πλοίων και δημιουργεί προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη. (htt1)



Σχήμα 4.3 Container συστήματος αφαλάτωσης 200 m³/ημέρα, Σίκινος. ([htt1](http://))

4.4.2. Περιγραφή ειδικά σχεδιασμένων μονάδων επεξεργασίας

4.4.2.1. Μηχανή αφαλάτωσης 163 m³/ημέρα σε container (εταιρεία Water Technologies)

Η σειρά των συστημάτων αυτών (σε container) απευθύνεται στην αγορά των βιομηχανιών, της ενέργειας και των δήμων. Τα συστήματα ενσωματώνουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την αυτόνομη λειτουργία τους. Περιλαμβάνουν στο βασικό τους εξοπλισμό εντός container αντλία υψηλής πίεσης, πολυστρωματικό φίλτρο καθώς και φίλτρα φυσιγγίων. Μεγάλες δυνατότητες τροποποιήσεων κατόπιν ζήτησης.

Είναι ένα πλήρες σύστημα πόσιμου νερού αποτελούμενο από πολυστρωματικά φίλτρα προκατεργασίας, φίλτρα διήθησης, αντίστροφη ώσμωση μονού περάσματος, ακολουθούμενα από ένα σύστημα επανεμπλουτισμού. Το σύστημα παράγει 163 m³/ημέρα (6,8m³/h) παραγόμενου νερού με 40% ανάκτηση. Ακόμη, η συγκεκριμένη μονάδα υπάρχει και με μεγαλύτερες δυναμικότητες που είναι 454 m³/ημέρα και 1000 m³/ημέρα.

Όλος ο εξοπλισμός, με εξαίρεση την προαιρετική αντλία τροφοδοσίας νερού και τη μονάδα CIP, είναι εγκατεστημένος σε ένα container μεταφοράς 20' ISO, έχοντας συνδεδεμένες τις σωληνώσεις και τα καλώδια.

- ❖ Η προκατεργασία περιλαμβάνει: 2 πολυστρωματικά φίλτρα 42" (χειροκίνητος χειρισμός), 1 περίβλημα φίλτρου 5 micron 24 στοιχείων Eden Excel
- ❖ Αντλία υψηλής πίεσης: DanfossAPP-8.2 κατασκευής superduplex με κινητήρα 25HPTEFC (IP-54)

- ❖ Σύστημα ανάκτησης ενέργειας: ERIPX-70S (αντλία μπούστερ ERI 8503 Duplex με κινητήρα 5HPTEFC)
- ❖ VFD (οδηγός μεταβλητών στροφών) για αντλία υψηλής πίεσης και μπούστερ ERI
- ❖ Η μετεπεξεργασία περιλαμβάνει: φίλτρο εμπλουτισμού CaCO₃, δοσομετρική αντλία χλωρίωσης και δεξαμενή χημικών
- ❖ Το container είναι θερμομονωμένο και κατασκευασμένο για μεταφορά δια θαλάσσης
- ❖ Βαλβίδες: βαλβίδα παραγόμενου, διαφραγματική βαλβίδα για απόρριψη, βαλβίδες απομόνωσης τύπου butterfly.

Πίνακας 4.8 Παράμετροι λειτουργίας μονάδας. (htt2)

Παράμετροι Λειτουργίας	
TDS(ολικά διαλυμένα στερεά)	35.000–38.000 mg/l
pH	8,0
SDI	<3,0
Θερμοκρασία	25 °C
Ανάκτηση	40%
Ονομαστική απόρριψη αλάτων	98%
Εύρος πίεσης λειτουργίας	52-66 bar

4.4.2.2. Σύστημα αφαλάτωσης (RO) θαλασσινού νερού (εταιρεία ΤΕΜΑΚ)

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά μίας σειράς συστημάτων A/O της εταιρείας ΤΕΜΑΚ διαφόρων δυναμικοτήτων, που κυμαίνονται από 150 κ.μ./ημέρα έως και 1.000 κ.μ./ημ πόσιμου νερού. Οι μονάδες αυτές περιλαμβάνουν τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας, γεγονός που μειώνει τις ήδη χαμηλές ενεργειακές καταναλώσεις τους και κατά συνέπεια και το κόστος λειτουργίας τους. Τα εξής συστήματα αποτελούν τυπικά μοντέλα μονάδων αφαλάτωσης και προορίζονται για αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

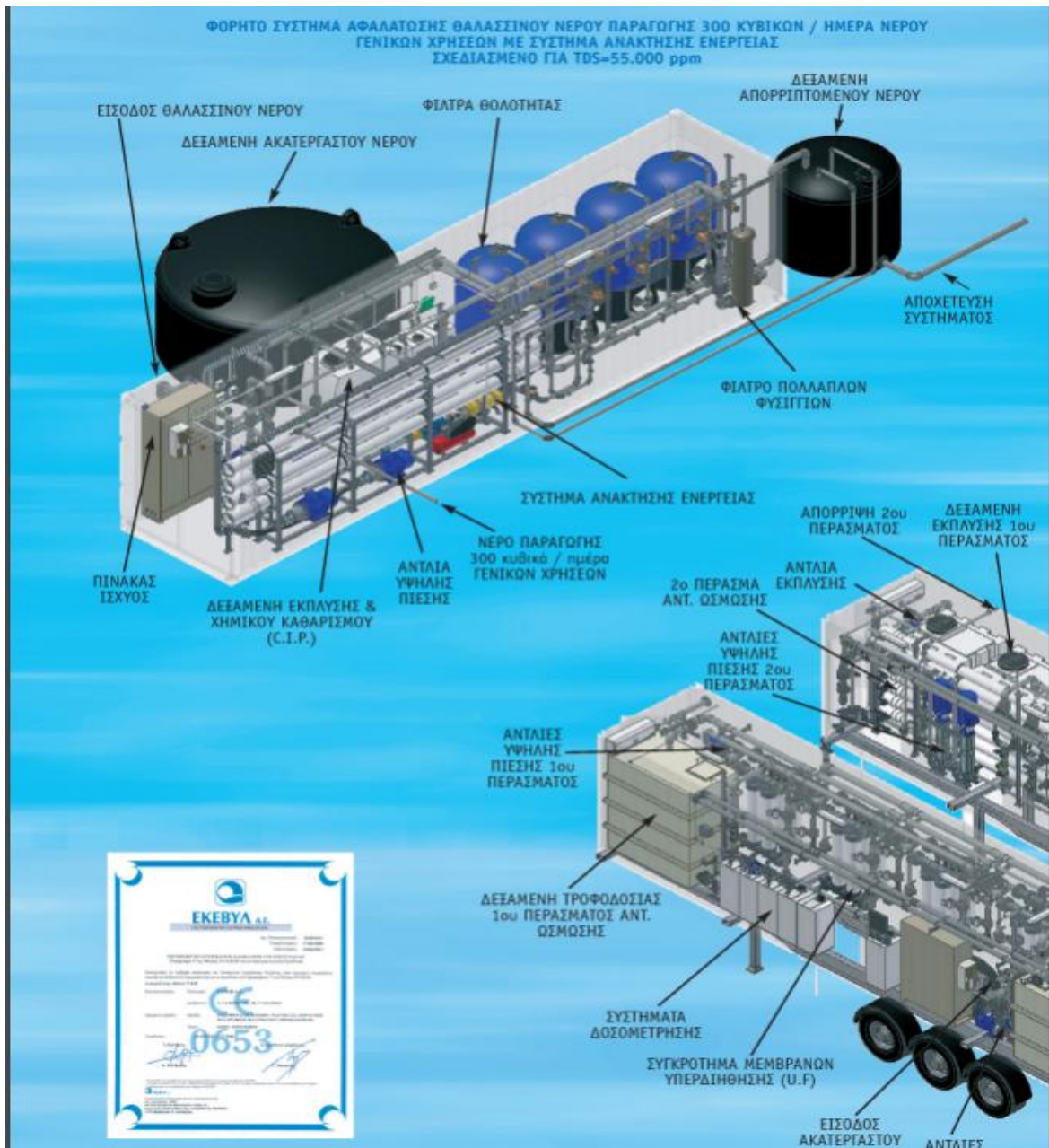
Πίνακας 4.9 Συστήματα με ανάκτηση ενέργειας. (htt1)

Τύπος	Μέγιστη Παραγωγή (m ³ /ημέρα)	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	Ενέργεια (kWh/ m ³)	Ανάκτηση (%)
TSW 324HP	381	75.0	4.4	42
TSW 332HP	509	90.0	4.2	42
TSW 340HP	636	110.0	4.1	44
TSW 348HP	763	132.0	3.5	42
TSW 356HP	890	160.0	3.5	42

TSW 364HP	1021	200.0	3.6	42
TSW 38 PX	127	20.6	3.0	42
TSW 310PX	153	24.1	3.1	42
TSW 314PX	211	25.8	2.8	42
TSW 316PX	262	38.5	2.8	42
TSW 324PX	381	59.5	2.8	42
TSW 332PX	509	76.5	2.8	42
TSW 340PX	636	97.0	2.8	42
TSW 348PX	763	117.0	2.8	42
TSW 356PX	890	132.0	2.8	42
TSW 364PX	1021	172.0	2.8	44

Οι αναφερόμενες τιμές μέγιστης παραγωγής και ενέργειας έχουν υπολογιστεί για νερό Αιγαίου (TDS = 42.000 ppm, $\theta = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) και fouling factor 0,85

Στο σχήμα 4.18 αναπαριστάται ένα τυπικό μοντέλο αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, όπου διακρίνονται όλα τα μέρη και όργανα της μονάδας από όλες τις φάσεις της διαδικασίας (τροφοδοσία νερού, προεπεξεργασία, κυρίως επεξεργασία, μετεπεξεργασία).



Σχήμα 4.4 Φορητό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού παραγωγής 300 m³/ημέρα. (TEMAK)

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι κατασκευασμένο για την παραγωγή δύο ποσοτήτων πόσιμου νερού, 300 κ.μ./ημ. και 600 κ.μ./ημ. Η εγκατάσταση του είναι εύκολη και γρήγορη, καθώς είναι τοποθετημένο σε container. (htt1)

4.4.2.3. Προκατασκευασμένη μονάδα αφαλάτωσης RO (εταιρεία ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ Α.Ε.)

Το προϊόν αποτελεί μία ολοκληρωμένη πρόταση, γρήγορα και εύκολα υλοποιήσιμη, για την απαλλαγή από στερεά και αγωγιμότητα νερού προς χρήση, προερχόμενου είτε από θάλασσα είτε από γεώτρηση. Το προς επεξεργασία νερό τροφοδοτεί, αρχικά, πιεστικό

φίλτρο άμμου, όπου κατακρατείται το υπολειπόμενο φορτίο αιωρούμενων στερεών, για την προστασία των μεμβρανών. Το φίλτρο αυτό βρίσκεται εντός μεταλλικού container, όπου εγκαθίσταται το σύνολο του απαιτούμενου εξοπλισμού. Η εκροή του πιεστικού φίλτρου τροφοδοτεί φίλτρα φυσιγγίων εν σειρά και από εκεί, το νερό τροφοδοτεί τις μεμβράνες μέσω αντλιών υψηλής πίεσης. Όλα τα παραπάνω καθώς και το σύνολο των απαραίτητων δοσομετρικών συστημάτων χημικών για την ρύθμιση pH, τον καθαρισμό των μεμβρανών και φίλτρων κλπ. βρίσκονται εντός του μεταλλικού container ήδη προ-εγκατεστημένα και συνδεδεμένα υδραυλικά και ηλεκτρολογικά. Η λειτουργία του προϊόντος είναι αυτόματη και ρυθμίζεται από τοπικό πίνακα ελέγχου με σύστημα αυτοματισμού και PLC. Με την μεταφορά του container επιτόπου του έργου, για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης απαιτούνται μόνο οι εξωτερικές υδραυλικές συνδέσεις (είσοδος νερού προς επεξεργασία και σύνδεση καθαρού νερού καθώς και διάθεση συμπυκνώματος) και η ηλεκτροδότηση του εσωτερικού πίνακα ισχύος και αυτοματισμού της μονάδας.



Εικόνα 4.1 Σύστημα αφαλάτωσης σε container (ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ Α.Ε.) (htt3)

Το προϊόν αποτελεί ένα πρότυπο, προ-σχεδιασμένο σύστημα, η εγκατάσταση του οποίου είναι εύκολη και γρήγορη με μηδενικές απαιτήσεις πεδίου(βάση από σκυρόδεμα). Είναι συμπαγής προκατασκευασμένη μονάδα και μπορεί να μεταφερθεί με ευκολία. Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης της εγκατάστασης με την προσθήκη επιπλέον modules ενώ διαθέτει σταθερή ποιότητα εκροής (σε σύγκριση με τυπικά φίλτρα άμμου). (htt3)

Κεφάλαιο 5^ο Προτεινόμενη λύση – Αντιμετώπιση Προβλήματος

5.1. Ζήτηση νερού στη ν. Μήλο

Οι κύριοι οικισμοί της Μήλου, στους οποίους κατοικεί το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού του νησιού είναι ο Αδάμαντας, η Πλάκα, ο Τριοβασάλος, ο Πέρα Τριοβασάλος, η Τρυπητή, η Κατήφορα και τα Πολλώνια.

- Ο **Αδάμαντας** (Αδάμας) είναι το επίνειο και ο κύριος λιμένας της Μήλου, του Νομού Κυκλάδων, με πληθυσμό 1.347 κατοίκων κατά την απογραφή του 2011.
- Η **Μήλος** ή **Πλάκα** είναι η πρωτεύουσα της Μήλου. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, έχει 749 κατοίκους.
- Ο **Τριοβασάλος** είναι χωριό στη Μήλο. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει 838 κατοίκους.
- Τα **Πολλώνια** ή **Απολλωνία** είναι ένα παραθαλάσσιο χωριό, στο βορειοανατολικό άκρο της Μήλου. Τα Πολλώνια είναι το δεύτερο λιμάνι της Μήλου μετά τον Αδάμαντα. Πληθυσμός 272 κάτοικοι (απογραφή 2011).

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται ο μόνιμος πληθυσμός των προαναφερθέντων οικισμών του νησιού και οι ανάγκες του σε πόσιμο νερό. Υπολογίζεται ότι η ατομική κατανάλωση νερού κυμαίνεται στα 150-200 lt/ημέρα. Ο πίνακας δεν περιλαμβάνει τον τουριστικό πληθυσμό, που εκτοξεύει τις καταναλωτικές απαιτήσεις σε νερό.

Πίνακας 5.1 Μόνιμος πληθυσμός οικισμών της ν. Μήλου

Οικισμοί	Πληθυσμός (2011)	Ζήτηση Νερού (m ³ /ημέρα)
Αδάμαντας	1.347	269,4
Πλάκα ή Μήλος	749	149,8
Τριοβασάλος	838	167,6
Πέρα Τριοβασάλος	-	-
Τρυπητή	-	-
Κατήφορα	-	-
Πολλώνια	272	54,4
Σύνολο	3.206	641,2

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3, αν συμπεριληφθεί και το πλήθος των τουριστών που επισκέπτεται το νησί, η μέση ημερήσια ζήτηση νερού, για το 2015, ολόκληρου του νησιού είναι περίπου 1000 έως 1500 m³ / ημέρα, εκτός από τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο που η ζήτηση μπορεί να φτάσει έως και τα 3000 m³ / ημέρα.

5.2. Ενεργειακές παροχές από το γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας της περιοχής

Σύμφωνα πάλι με το Κεφάλαιο 2, στο παρελθόν έχει εγκατασταθεί και λειτουργήσει στο νησί μικρή πιλοτική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 1,8 MWe. Αυτό σημαίνει ότι, ύπο την προϋπόθεση επαναλειτουργίας της μονάδας αυτής, το ποσό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί ανά ώρα είναι 1.800 kWh και ανά ημέρα 43.200 kWh.

Εκτός από το ενδεχόμενο επαναλειτουργίας της ήδη υπάρχουσας μονάδας, προτείνεται η εγκατάσταση ενός νέου γεωθερμοηλεκτρικού σταθμού ισχύος 5 MW στο Ανατολικό τμήμα του νησιού στην ευρύτερη περιοχή της σημερινής χωματερής. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την τροφοδότηση του νησιού με ηλεκτρική ενέργεια της τάξεως των 5.000 kWh ανά ώρα και των 120.000 kWh ημερησίως.

5.3. Ενεργειακές απαιτήσεις μονάδων αφαλάτωσης

Ο πίνακας, στη συνέχεια, καταγράφει τις ενεργειακές παροχές που απαιτούνται για παραγωγή πόσιμου νερού. Η ενέργεια αυτή εξαρτάται από τον τρόπο αφαλάτωσης του συστήματος καθώς και από το νερό τροφοδοσίας (θαλασσινό ή υφάλμυρο).

Πίνακας 5.2 Ενεργειακές καταναλώσεις ανάλογα με τη μέθοδο αφαλάτωσης και το νερό τροφοδοσίας. (Πασίσης, 2011)

Νερό Τροφοδοσίας	Τρόπος Αφαλάτωσης	Θερμική Ενέργεια (kJ/kg)	Ηλεκτρική Ενέργεια(kWh/m ³)
Αλμυρό Νερό	MSF	190-290	4 - 6
	MED	150-290	2,5 - 3
	VC	-	8 – 12
	RO με ανάκτηση ενέργειας	-	3 – 5
	RO χωρίς ανάκτηση ενέργειας	-	7 – 10
Υφάλμυρο Νερό, 1500-1300 ppm TDS	RO	-	1 – 3
	ED	-	1,5 - 4

Στην περίπτωση μας προτείνεται να χρησιμοποιηθεί αφαλάτωση RO με ανάκτηση ενέργειας θαλασσινού νερού. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή 1 κ.μ. πόσιμου νερού κυμαίνεται στις 3-5 kWh. Όσον αφορά, το κόστος παραγωγής, με 0,04 ευρώ/kWh, είναι 0,12-0,2 ευρώ/m³.

5.4. Κάλυψη υδρευτικών αναγκών του νησιού

Για την κάλυψη των αναγκών του νησιού σε νερό προτείνεται η εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης, με ενέργεια από τα γεωθερμικά πεδία της περιοχής. Η μονάδα θα είναι ενεργειακά αυτόνομη καθώς θα συνδυαστεί με γεωθερμικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος θα είναι τοποθετημένος στην ευρύτερη περιοχή του νησιού.

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 4, στο οποίο παρουσιάστηκαν κάποια ενδεικτικά πρότυπα μοντέλα συστημάτων διάφορων εταιριών, η μονάδα που επιλέγεται για την περίπτωση μας είναι το πρότυπο, προσχεδιασμένο σύστημα της εταιρείας TEMAK. Η TEMAK διαθέτει συστήματα με ένα εύρος δυναμικοτήτων (βλέπε πίνακα 4.5), γεγονός που εξυπηρετεί στην επιλογή της κατάλληλης μονάδας παραγωγής νερού ανάλογα με τις υδρευτικές ανάγκες του νησιού.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν δύο προτεινόμενες λύσεις κάλυψης των απαιτήσεων σε νερό, μία για τον μόνιμο πληθυσμό του νησιού και άλλη μία στην οποία θα συμπεριλαμβάνεται και ο τουριστικός πληθυσμός.

5.4.1 Λύση για τον μόνιμο πληθυσμό

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.1 ο μόνιμος πληθυσμός του νησιού (απογραφή του 2011) είναι 3.206 κάτοικοι. Η ζήτηση του σε νερό υπολογίζεται στα 641,2 κ.μ./ήμερα. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα 4.9 προτείνεται το σύστημα τύπου TSW 348PX της TEMAK με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη Παραγωγή: 763 m³/ημέρα
- Εγκατεστημένη Ισχύς: 117 kW
- Ενεργειακές απαιτήσεις: 2,8 kWh/m³ παραγόμενου νερού (συνολική ενέργεια για 641,2 m³/ημέρα: 1.795,36 kWh/ημέρα)
- Ανάκτηση: 42%

5.4.2 Λύση συμπεριλαμβανομένου και του τουριστικού πληθυσμού

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3, η μέση ημερήσια ζήτηση νερού, για το 2015, του συνολικού πληθυσμού του νησιού κυμαίνεται στα 1000 έως 1500 m³ / ημέρα, ενώ τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο η ζήτηση μπορεί να φτάσει έως και τα 3000 m³ / ημέρα. Συνεπώς, στην περίπτωση αυτή οι προτεινόμενες λύσεις είναι η εγκατάσταση τριών (3) μονάδων τύπου TSW 364HP (πίνακας 4.9, TEMAK) δυναμικότητας 1.021 m³/ημέρα η καθεμία, ώστε να υπερκαλύπτουν και τη μέγιστη ζήτηση σε νερό των θερινών μηνών. Τα χαρακτηριστικά τους είναι:

- Συνολική Μέγιστη Παραγωγή: 3.063 m³ / ημέρα (3x1.021 m³ / ημέρα)
- Εγκατεστημένη Ισχύς: 172 kW (η καθεμία)
- Ενεργειακές απαιτήσεις: 2,8 kWh/m³ η καθεμία, (συνολική ενέργεια για ζήτηση 3.000 m³ / ημέρα: 8.400 kWh/ημέρα)
- Ανάκτηση: 44%

5.5. Κόστος μονάδας

Το κόστος της μονάδας ,ενδεικτικά, περιλαμβάνει:

- Αρχικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος αφαλάτωσης, μία μέση τιμή της είναι ,περίπου, 70.000 ευρώ.
- Έξοδα λειτουργίας και συντήρησης. Τα έξοδα συντήρησης είναι μηδαμινά, ενώ τα λειτουργικά έξοδα καθορίζονται ,κυρίως, από την ενέργεια που καταναλώνει το σύστημα.

Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται τα εκτιμώμενα κόστη των μονάδων που προτάθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 5.3 Κόστος προτεινόμενων μονάδων αφαλάτωσης

Κόστος Μονάδων Κάλυψης Υδρευτικών Αναγκών της ν. Μήλου (ευρώ)		
Κόστος	Για Μόνιμο Πληθυσμό	Μόνιμο & Τουριστικό Πληθυσμό
Εγκατάσταση	70.000	210.000 (3x70.000)
Λειτουργία*(ευρώ/ημέρα)	71,82	336
Ετήσια Λειτουργία	26.143	122.640
Συντήρηση	-	-

* Κόστος ενέργειας(σύμφωνα με τη ΔΕΗ): 0,04 ευρώ/kWh

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση του μόνιμου & τουριστικού πληθυσμού οι (3) μονάδες αφαλάτωσης δεν χρειάζεται να λειτουργούν καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Κάποιους μήνες που η ζήτηση σε νερό είναι μειωμένη, λόγω λιγότερης επισκεψιμότητας τουριστών, μπορούν να λειτουργούν οι (2) από τις (3) ή και μία (1).

Κεφάλαιο 6° Συμπεράσματα

Η λειψυδρία αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η νησιωτική περιφέρεια της Ελλάδας και ειδικότερα τα νησιά του Αιγαίου. Η εργασία εστιάζει στην περίπτωση της Μήλου, η οποία εμφανίζει έντονα το φαινόμενο αυτό και προτείνει μία μόνιμη και αποτελεσματική λύση, η οποία θα αντικαταστήσει τους προσωρινούς τρόπους κάλυψης (μεταφορές νερού, άντληση υπόγειων υδάτων κ.α.) των αναγκών σε νερό του νησιού.

Μία τέτοια αξιόπιστη λύση αποτελεί η αφαλάτωση, η οποία μπορεί να εξαλείψει το φαινόμενο αυτό. Η αφαλάτωση μπορεί να συνδυαστεί με κάποια ΑΠΕ, ώστε να είναι ενεργειακά αυτόνομη και να μην επιβαρύνει τις ενεργειακές ανάγκες του νησιού. Στην περίπτωση της Μήλου, το νησί είναι εξαιρετικά πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια, οπότε η γεωθερμία κρίνεται ως η καταλληλότερη, κυρίως οικονομικά, για την ενεργειακή τροφοδότηση της αφαλάτωσης.

Στην εργασία μελετήθηκε η δυνατότητα εγκατάστασης αποκεντρωμένων μονάδων επεξεργασίας νερού με χρήση γεωθερμικής ενέργειας. Οι μονάδες αυτές θα λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (συνηθέστερη μέθοδος αφαλάτωσης) αφαλατώνοντας θαλασσινό νερό. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα συστήματα είναι προκατασκευασμένα και τοποθετημένα μέσα σε ειδικά διαμορφωμένα ISO-BOX με αποτέλεσμα η εγκατάστασή τους να είναι εύκολη και γρήγορη.

Όσον αφορά στην κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών επιλέχθηκε, όπως προαναφέρθηκε, ο συνδυασμός τους με κάποια γεωθερμική εφαρμογή. Το δυναμικό του γεωθερμικού πεδίου του νησιού επιτρέπει την εγκατάσταση γεωθερμικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, ο οποίος θα παράγει ενέργεια αξιοποιώντας τις μεγάλες θερμοκρασίες του πεδίου υψηλής ενθαλπίας της περιοχής (280°C-320°C). Η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από το πεδίο αυτό, είναι αρκετά μεγάλη, αφού παρατηρείται μεγάλη παροχή γεωθερμικού ρευστού και ατμού με μεγάλη πίεση. Συνεπώς, ο σταθμός αυτός θα καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις ενεργειακές απαιτήσεις των μονάδων αφαλάτωσης, καθιστώντας τις ενεργειακά αυτόνομες.

Στο νησί υπάρχει σήμερα μία εγκατάσταση αφαλάτωσης αλλά λειτουργεί με χρήση αιολικής ενέργειας. Η λύση αυτή είναι εξαιρετικά κοστοβόρα λόγω του υψηλού αρχικού κόστους της ανεμογεννήτριας αλλά και του σχετικού κόστους συντήρησης/λειτουργίας. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία λύση στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας αλλά δεν είναι η καλύτερη δυνατή, όσον αφορά την περίπτωση της Μήλου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο νησί υπάρχουν σε αφθονία γεωθερμικά πεδία υψηλής αλλά και χαμηλής ενθαλπίας τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν και να παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια στις μονάδες αυτές με μικρότερο κόστος. Η αφαλάτωση με χρήση της γεωθερμίας αποτελεί την πιο οικονομική και αποδοτική λύση, ιδιαίτερα για την περίπτωση της Μήλου, όπως προαναφέρθηκε.

Η παρούσα εργασία καταλήγει προτείνοντας δύο λύσεις για την κάλυψη των αναγκών σε νερό του μόνιμου πληθυσμού του νησιού και ολόκληρου του πληθυσμού του, συμπεριλαμβανομένου και των τουριστών. Οι λύσεις αυτές περιλαμβάνουν την εγκατάσταση αποκεντρωμένων συστημάτων αφαλάτωσης R/O, τα οποία είναι τα εξής:

1. Για την περίπτωση του μόνιμου πληθυσμού ο οποίος σχετίζεται με ημερήσια ζήτηση υδρευτικού νερού της τάξης των 642 m³ επιλέχθηκε το σύστημα τύπου TSW 348PX με παραγωγή 763 m³/ημέρα, ενεργειακή κατανάλωση 2,8 kWh/m³ παραγόμενου νερού και κόστος λειτουργίας 0,112 ευρώ/m³ (0,04 ευρώ/ kWh).
2. Για την περίπτωση ολόκληρου του πληθυσμού ο οποίος σχετίζεται με ημερήσια ζήτηση υδρευτικού νερού της τάξης των 1500-3000 m³ επιλέχθηκε η εγκατάσταση τριών μονάδων τύπου TSW 364HP (πίνακας 5.1). Κάθε μία από αυτές έχει δυναμικότητα 1.021 m³/ημέρα, ενεργειακή κατανάλωση και κόστος λειτουργίας ίδια με την 1^η περίπτωση.

Παράλληλα, προτείνεται ο συνδυασμός των μονάδων με τη γεωθερμία της περιοχής ώστε να είναι ενεργειακά αυτόνομες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

- Είτε με επαναλειτουργία του προυπάρχοντος γεωθερμικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 2 MW,
- είτε με εγκατάσταση νέου σταθμού ισχύος 5 MW στο Ανατολικό τμήμα του νησιού στην ευρύτερη περιοχή της σημερινής χωματερής.

Οι μονάδες θα είναι τοποθετημένες σε κατάλληλα σημεία, ώστε να διευκολύνεται τόσο η ηλεκτροδότηση τους από το γεωθερμικό σταθμό όσο και η τροφοδότηση των οικισμών του νησιού με πόσιμο νερό.

Εν κατακλείδι οι αποκεντρωμένες μονάδες αφαλάτωσης αποτελούν μία σύγχρονη, αποδοτική και «πράσινη» λύση στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας, όπως είναι και η περίπτωση της Μήλου. Είναι προσχεδιασμένα συστήματα τοποθετημένα σε ειδικά διαμορφωμένα ISO-BOX, με δυνατότητα εγκατάστασης σε χώρους περιορισμένης έκτασης χωρίς να επηρεάζουν την αισθητική της περιοχής, λόγω του μικρού τους μεγέθους. Συγχρόνως, χαρακτηρίζονται φιλικά προς το περιβάλλον καθώς δεν γίνεται χρήση χημικών, με την προϋπόθεση υλοποίησης ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης της παραγόμενης άλμης, ενώ έχουν μηδενική όχληση. Όσον αφορά στο οικονομικό σκέλος, αποτελούν την οικονομικά συμφέρουσα λύση, καθώς, εκτός από το αρχικό κόστος επένδυσης, τα έξοδα λειτουργίας τους είναι χαμηλά λόγω των χαμηλών ενεργειακών τους απαιτήσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα ενδεικτικό κόστος παραγωγής πόσιμου νερού από αφαλάτωση είναι 0,75 ευρώ/m³ (συνολικό κόστος νερού μέχρι να φτάσει προς κατανάλωση) ενώ από την μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία στα νησιά μπορεί να αγγίξει τα 10 ευρώ/m³.

Το νησί της Μήλου αποτελεί, αδιαμφισβήτητα, μία εξαιρετική περίπτωση εφαρμογής της αφαλάτωσης με χρήση γεωθερμικής ενέργειας. Η υλοποίηση μιας τέτοιας εγκατάστασης, με σεβασμό πάντα προς το περιβάλλον, θα συμβάλλει σε μία βιώσιμη και οικονομικά συμφέρουσα λύση στην αντιμετώπιση της λειψυδρίας στο νησί.

Βιβλιογραφία

[Ηλεκτρονικό] www.scribd.com.

[Ηλεκτρονικό] <http://www.temak.gr>.

[Ηλεκτρονικό] <http://watertechnologies.gr> .

[Ηλεκτρονικό] <https://mesogeos.gr>.

Η τεχνολογία αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά. Τζεν, Ε. 2015. [επιμ.] Ευτυχία Τζέν. s.l. : ΚΑΠΕ, 2015. Εθνικό Συμπόσιο «Εφαρμογή Υβριδικών Σχημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ικανοποίηση των Αναγκών σε Ενέργεια και Νερό στα Μικρής και Μεσαίας Κλίμακας Νησιά του Αιγαίου».

Μ., Αγιωτάτου. 2015. *Παραγωγή Πόσιμου Νερού με Αφαλάτωση. Κίνδυνοι και Μέτρα Ελέγχου.* Σχολή Επιστημών Υγείας, Παν. Θεσσαλίας, Λάρισα : s.n., 2015. Μεταπτυχιακή Εργασία.

Χ., Γκαρδιάκος. 2010. *Αξιοποίηση της Γεωθερμίας για Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.* Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ. Αθήνα : s.n., 2010. Διπλωματική Εργασία.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, ΕΓΥ. 2015. *Προσχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. Υδατικό διαμέρισμα νήσων Αιγαίου (GR14).* 2015.

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, ΚΑΠΕ. 2001. *Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας.* [Ηλεκτρονικό] ΚΑΠΕ, 2001. <http://www.cres.gr>.

— . **2006.** *Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Για Δυνητικούς Χρήστες. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας.* [Ηλεκτρονικό] ΚΑΠΕ, 2006. <http://www.cres.gr>.

— . **2012.** *Γεωθερμικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παροχής θερμικής ενέργειας και αφαλάτωσης MED στη θέση "Βουνάλια".* s.l. : ΚΑΠΕ, 2012.

Γκάγκα, Α. 2006. *Δίκτυο Αειφόρων Νησιών - Δάφνη, Μήλος.* 2006. Ερευνητικό έργο: Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στη Μήλο, www.itia.ntua.gr/dafni.

Ράπτης, Δ. 2012. *Μελέτη αφαλάτωσης με μικρές μονάδες. Ειδικά με αυτόνομη μονάδα αντίστροφης όσμωσης και χρήση ΑΠΕ.* Τμήμα Φυσικής, Παν. Πατρών. Πάτρα : s.n., 2012. Διπλωματική Εργασία .

Τζανής, Α. 2010. *Σημειώσεις για την Έρευνα Γεωθερμικών Πεδίων.* Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, ΑΠΘ. Αθήνα : s.n., 2010.

Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν., Δρακούλης Ρ. 2008. *Γεωθερμία και Τυποποίηση.* Αθήνα : s.n., 2008.

Φυτίκας Μ., Παπαχρήστου Μ. 2005. *Γεωθερμική ενέργεια στη Μήλο & Δυνατότητες αξιοποίησης της.* Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ. 2005. <http://www.geo.auth.gr>.

Κάραλης Γ., Εμμανουηλίδης Γ. 2011. *Μονάδες αφαλάτωσης στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου.* σ.λ. : Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου, 2011.

Νυδρέος Σακουέλος, Π. 2010. *Μονάδες Αφαλάτωσης: Αποτύπωμα Άνθρακα.* Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Παν. Θεσσαλίας. Βόλος : s.n., 2010. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Πασίσης, Ι. 2011. *Αφαλάτωση Νερού με Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.* Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα : s.n., 2011. Μεταπτυχιακή Εργασία .

Τζεφέρης, Π. 2014. *Το ιστορικό της γεωθερμίας στη Μήλο-Κίμωλο.* 2014. <http://www.oryktosploutos.net>.

Κυριάκης, Σ. 2018. *Μελέτη υβριδικών ανανεώσιμων συστημάτων παραγωγής ενέργειας με Γεωθερμία.* Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ. Αθήνα : s.n., 2018. Διπλωματική Εργασία.

Αφαλάτωση με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο. Ολοκληρωμένη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας. **Ρελάκης, Γ. 2010.** σ.λ. : International Technological Applications s.a., 2010.

Γεωθερμία στην Ελλάδα. Δυναμικό, Εφαρμογές, Προοπτικές. **Φύτικας, Μ. 2014.** [επιμ.] Μ.Φύτικας. Αθήνα : s.n., 2014. Σειρά Εισηγήσεων Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. «Γεωθερμία, η μεγάλη αγνοούμενη ΑΠΕ στην Ελλάδα».

Δανιλάκης, Β. 2012. *Κυκλάδες και Νερό: Προς μία βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων ή όχι;* 2012. <https://nomosphysics.org.gr>.

Βραχόπουλος Μ, Κούκου Μ., Καρύτσας Κ. 2015. *Κανονική Γεωθερμία - Αρχές Σχεδιασμού Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογές.* Αθήνα : Εκδόσεις ΕΜΠ, 2015.

Κοκιασμένου, Ε. 2014. *Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Νήσου Κύθνου.* Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά : s.n., 2014. Διπλωματική Εργασία.

Διακογιάννης, Γ. 2014. *Χωροθέτηση μονάδων παραγωγής Ενέργειας από Γεωθερμία. Προτάσεις για την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας.* Αθήνα : s.n., 2014.

Καλογερόπουλος, Ι. 2012. *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Γεωθερμικές Πηγές.* ΕΜΠ. Αθήνα : s.n., 2012. Διπλωματική Εργασία .

Γιαννουλόπουλος Π., Λάμπας Ι. 2010. *Καταγραφή & Αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών & των υδροφόρων συστημάτων της χώρας.* Αθήνα : ΙΓΜΕ, 2010. Υδρογεωλογική Μελέτη.

ENER. 2018. "ENergy Efficiency and Renewables – SUPporting Policies in Local level for Energy". [Ηλεκτρονικό] 2018. <http://www.ener-supply.eu>.

Geothermal Energy Use, Country Update for Greece. **Soesoo A., Sukles U. 2016.** Strasbourg, France : s.n., 2016, European geothermal Congress 2013.

