



## «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΦΑΛΜΥΡΩΝ ΥΔΑΤΩΝ»



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δαρούσος Πέτρος

Επιβλέπων: Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2018



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

---



**Επιβλέπων :** Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

**Επιτροπή** Επίκουρη Καθηγήτρια Κώττη Μελίνα

**Αξιολόγησης :** Επιστημονικός Συνεργάτης Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη

**Ημερομηνία παρουσίασης 4/7/2018**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 71**

Περίληψη .....	5
Abstract.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	7
1.1 Το νερό.....	7
1.2 Φυσικά αποθέματα νερού .....	10
1.3 Το νερό στον Ελλαδικό χώρο .....	11
1.4 Ρύπανση του νερού και λειψυδρία.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	14
ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ .....	14
2.1 Γενικά .....	14
2.1.1 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά υφάλμυρου νερού .....	15
2.2 Περιγραφή του Φαινομένου .....	17
2.2.1 Επαφή γλυκού – αλμυρού νερού.....	17
2.3 Αίτια Υφαλμύρωσης .....	18
2.4 Υφαλμύρωση στον Ελλαδικό χώρο .....	20
2.4.1 Υφαλμύρωση στην Ηπειρωτική Ελλάδα.....	21
2.4.2 Υφαλμύρωση στην Νησιωτική Ελλάδα.....	26
2.5 Επιπτώσεις υφάλμυρου νερού στη γεωργία .....	26
2.6 Τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου .....	28
2.7 Έξυπνη διαχείριση άρδευσης παράκτιων υδροφόρων.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	35
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΦΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	35
3.1 Γενικά .....	35
3.2 Μέθοδοι Αφαλάτωσης.....	36
3.3 Σύγκριση Μεθόδων Αφαλάτωσης.....	42
3.4 Κόστος Μονάδων Αφαλάτωσης.....	43
3.5 Εφαρμογή και Συνδυασμός των ΑΠΕ στην Αφαλάτωση.....	43
3.5.1 Αξιοποίηση Αιολικής Ενέργειας με χρήση μικρών Ανεμογεννητριών .....	44
3.5.2 Αξιοποίηση Ηλιακής Ακτινοβολίας με χρήση Φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	45
3.5.3 Αξιοποίηση micro Υδροηλεκτρικού σταθμού .....	46
3.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την Αφαλάτωση .....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	49
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ .....	49
4.1 Γενικά .....	49

4.2 Προβλήματα Υδροδότησης Νησιών .....	50
4.3 Νησιά του Αιγαίου.....	52
4.4 Μεταφορά νερού με υδροφόρες.....	54
4.5 Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν ΑΠΕ .....	55
4.6 Πλωτή Μονάδα Υδριάδα .....	56
4.7 Κύπρος.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	60
5.1 ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ .....	60
5.2 Ο Αλμυρός ποταμός και οι πηγές του .....	61
5.3 Περιγραφή Ευρύτερης Περιοχής του Αλμυρού .....	62
5.3.1 Ανθρωπογενές και Φυσικό Περιβάλλον.....	62
5.3.2 Δυναμικό Αξιοποίησης Αλμυρού.....	65
5.3.3 Νομοθετικό Πλαίσιο – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.....	66
5.4 Σύστημα τροφοδοσίας .....	68
5.4.1 Προεπεξεργασία του νερού για την Αφαλάτωση.....	68
5.5 Συστήματα Προεπεξεργασίας.....	69
5.5.1 Αποθήκευση Θαλασσινού Νερού σε Δεξαμενή .....	70
5.5.2 Απολύμανση Θαλασσινού Νερού.....	70
5.5.3 Θρόμβωση - Κροκίδωση.....	71
5.5.4 Σύστημα Ρύθμισης pH.....	71
5.5.5 Φίλτραση με πολυστρωματικά φίλτρα.....	71
5.5.6 Προσθήκη Αντικαθαλωτικού .....	72
5.5.7 Σύστημα Αποχλωρίωσης .....	72
5.5.8 Μεταφορά Προκατεργασμένου νερού μέσω αντλιών υψηλής πίεσης.....	73
5.6 Σύστημα Αντίστροφης Ώσμωσης .....	74
5.7 Τελική Επεξεργασία .....	75
5.7.1 Ρύθμιση Σκληρότητας.....	76
5.7.2 Διόρθωση pH.....	76
5.7.3 Μεταχλωρίωση .....	76
5.7.4 Αποθήκευση Πόσιμου Νερού .....	76
5.8 Προδιαγραφές Παραγόμενου Νερού .....	76
5.9 Απόρριψη – Διαχείριση της Άλμης.....	77
6.0 Συμπεράσματα.....	79
Βιβλιογραφία – Πηγές.....	81

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται το πρόβλημα του φαινομένου της υφαλμύρωσης στον ελλαδικό χώρο και στη συνέχεια η αξιοποίηση του υφάλμυρου νερού μέσω της μεθόδου της αφαλάτωσης ως έσχατη λύση στο πρόβλημα αυτό.

Ο κύριος στόχος της εργασίας είναι να ενημερώσει τους αναγνώστες για τα υδροδοτικά προβλήματα που θα υπάρξουν στο μέλλον λόγω αύξησης του πληθυσμού και πως η υπεράντληση θα οδηγήσει στην επιδείνωση του φαινομένου της υφαλμύρωσης. Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφεται η έννοια της υφαλμύρωσης, η ιστορία του φαινομένου κατά την εμφάνιση του στο Αργολικό πεδίο και κατά επέκταση στον υπόλοιπο ελλαδικό χώρο, αλλά και ποιες περιοχές είναι ευάλωτες στο φαινόμενο αυτό. Επίσης αναλύονται οι επιπτώσεις που δημιουργεί η χρήση του υφάλμυρου νερού στην γεωργία και γενικότερα ο τρόπος διείσδυσης του από τη θάλασσα στους υδροφόρους και στο έδαφος, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σε σχέση με το θαλασσινό νερό, αλλά και οι τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου.

Στη συνέχεια στο Κεφάλαιο 3, εξετάζεται η εφαρμογή μεθόδων αφαλάτωσης ως λύση στο πρόβλημα της υφαλμύρωσης, αναφέροντας την ιστορία της αφαλάτωσης, τις διάφορες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί στον τομέα αυτό αλλά και το σύνολο των χωρών που εφαρμόζουν τις αντίστοιχες τεχνολογίες. Ταυτόχρονα δίνεται ιδιαίτερη βάση στο ελληνικό αρχιπέλαγος όπου και βρίσκουν εφαρμογή διάφορες από τις αναφέρουσες τεχνολογίες αφαλάτωσης, και εξετάζεται πόσες από αυτές λειτουργούν χρησιμοποιώντας τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), σε αντίθεση με τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας.

Τέλος στο Κεφάλαιο 5, η προσοχή εστιάζεται στην περιοχή του Αλμυρού ποταμού στο νομό Ηρακλείου, όπου και λειτουργεί η πιο σύγχρονη μονάδα αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης στην Ελλάδα όπου και επεξεργάζεται το υφάλμυρο νερό της πηγής του Αλμυρού για τις ανάγκες ύδρευσης του Δήμου Μαλεβιζίου. Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η ευαισθησία της περιοχής του Αλμυρού καθώς και το δυναμικό της όσον αφορά την αξιοποίηση των ΑΠΕ. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στάδια επεξεργασίας του τροφοδοτούμενου νερού, όπου και περιλαμβάνουν την προεπεξεργασία του, την κύρια επεξεργασία από τις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης και τη μετεπεξεργασία του, καθώς και την εναπόθεση του αλμόλοιπου στη θάλασσα, και στη συνέχεια περιγράφονται τα συμπεράσματα για το αν είναι συμφέρουσα και αξιόπιστη η εφαρμογή της αφαλάτωσης ως λύση στο πρόβλημα της υφαλμύρωσης.

# Management of Brackish Water

## Abstract

The purpose of this diploma thesis is to inform the reader about the risks of water demand due to the increase of population, which will inevitably lead to over-pumping and therefore to the intrusion of salt water to the coastal aquifers resulting in the reduction of drinkable water reserves. For this problem desalination can become a last resort solution to this problem using the method of reverse osmosis.

The focus of this paper is the desalination plant of Almyros river, which is located near the prefecture of Heraklion, in the Greek island of Crete. The plant processes brackish water from the rivers spring, producing 2000 m<sup>3</sup> of drinkable water per day. The interesting thing is that the local area of Almyros has a large potential of renewable energy sources, even though the plant is being powered up by the public Power Corporation, operating at a very low cost. The desalination procedure is being described, including the pre-treatment, the main treatment by reverse osmosis membranes and its post-treatment, as well as the deposition of the brine at the sea. Then the conclusions are drawn on the desirability of desalination as a solution to the problem of salubrity.

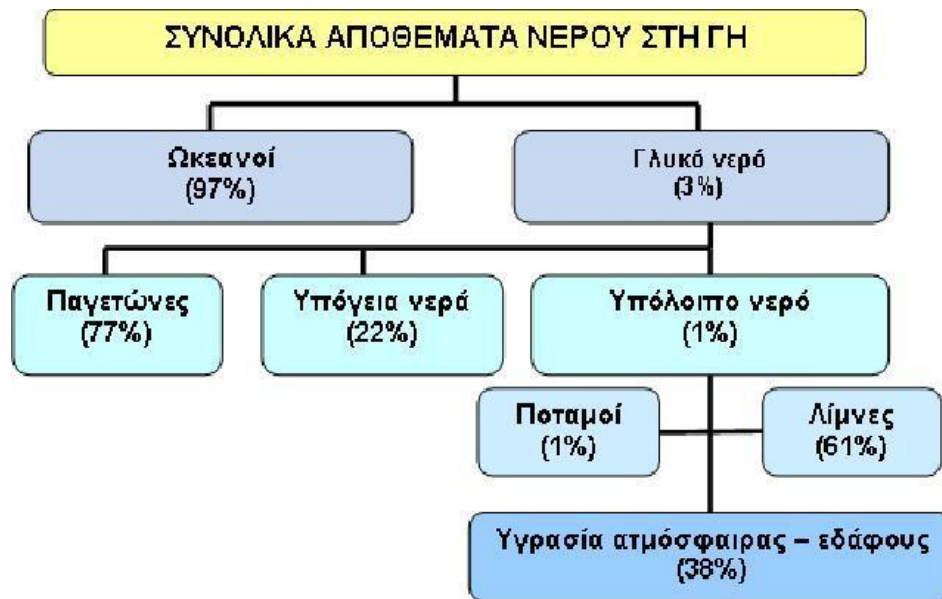
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 Το νερό

“Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη στη φύση χημική ουσία. Αποτελεί έναν από τους πολυτιμότερους φυσικούς πόρους της γης. Χωρίς νερό η ζωή είναι αδιανόητη. Η ανακύκλωση του νερού του πλανήτη μέσω συνεχών μετατροπών στη φυσική του κατάσταση είναι γνωστή και ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού. Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη γη επηρεάζονται άμεσα από τον υδρολογικό κύκλο στη φύση. Το αποθηκευμένο σε πάγους και χιόνια νερό λιώνει με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, απορρέει και αποθηκεύεται στους επιφανειακούς και τους υπόγειους ταμιευτήρες. Ένα άλλο ποσοστό νερού διηθείται μέσω των διαφόρων πετρωμάτων και καταλήγει πάλι στους ωκεανούς ή στους υπόγειους ταμιευτήρες. Με την εκφόρτιση του υπόγειου νερού πληρούνται οι επιφανειακοί ταμιευτήρες (λίμνες, ποτάμια και θάλασσες) ενώ ένα άλλο ποσοστό οδηγείται μέσω των ποταμών στους ωκεανούς. Με την εξάτμιση του περιεχομένου των επιφανειακών ταμιευτήρων το νερό οδηγείται και πάλι στην ατμόσφαιρα όπου συμπυκνώνεται και αποθηκεύεται στα σύννεφα. Από τα σύννεφα με τη μορφή της βροχής κατακρημνίζεται και πάλι στη γη (Εικόνα 1).”[1]

“Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη, την υγιεινή διαβίωση αλλά και για την ίδια τη ζωή. Όμως, αυτή η πηγή ζωής αποτελεί πλέον είδος σε ανεπάρκεια. Είναι προφανές, ότι τα διαθέσιμα αποθέματα του «καθαρού νερού» είναι ελάχιστα και είναι απαραίτητη η διαφύλαξή τους. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και της UNICEF, περισσότερο από 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν καμιά πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό, ένας αριθμός που μπορεί να ξεπεράσει τα 3 δισεκατομμύρια σε 20 έτη. Επιπλέον, το 80% του πληθυσμού των αναπτυσσόμενων χωρών υποφέρει από ασθένειες που συνδέονται με το νερό, ενώ υπολογίζεται ότι ετησίως πεθαίνουν 7.000.000 άτομα από έλλειψη νερού ενώ τα 2.000.000 υπολογίζεται ότι είναι παιδιά.”[1]

“Η χώρα μας, όπως και ολόκληρος ο πλανήτης, βρίσκεται τα τελευταία χρόνια αντιμέτωπη με το μεγάλο αυτό περιβαλλοντικό πρόβλημα της απειλούμενης λειψυδρίας. Σύμφωνα με την *Greenpeace* το πρόβλημα αυτό οφείλεται σε μια σειρά από αίτια όπως η έλλειψη σχεδιασμού, η κακή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων, η καταστροφή των δασών, η περιφρόνηση των φυσικών νόμων που διέπουν τον υδρολογικό κύκλο και η μείωση των βροχοπτώσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.”[1]



**Εικόνα 1 : Ποσοστά συνολικού αποθέματος νερού στην Γη.[3]**

“Το νερό στη φύση συναντάται και στις τρεις μορφές: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα). Επίσης το νερό υπάρχει στο εσωτερικό όλων των ζωντανών (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμών.”[25]

“Το μεγαλύτερο ποσοστό γλυκού νερού βρίσκεται σε στερεή μορφή στους παγετώνες, ενώ το υπόλοιπο στην υγρή του μορφή εντοπίζεται σε λίμνες και ποτάμια.”[25]

“Η σπουδαιότητα του νερού για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη είναι μεγάλη. Η σημαντικότητα του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής αν υπολογίσει κανείς ότι στο εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων το νερό καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κατά βάρος σύστασής των, που μπορεί να μην είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%.”[25]

“Οι περισσότερες χημικές ουσίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κυττάρων είναι ευδιάλυτες στο νερό. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις διαλυμένες ουσίες την εύκολη μετακίνησή τους από το ένα σημείο του κυττάρου σε άλλο και κατά συνέπεια την επαφή τους και την εξ’ αυτής πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η υδρόλυση των μακρομορίων κατά την οποία μάλιστα το νερό συμμετέχει ως αντιδρών σώμα.”[25]

“Σημαντικότεροι λόγοι που καθιστούν το νερό τόσο απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες που αποτελούν απόρροια της πολικότητας και της ικανότητας των μορίων του να συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου.

Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του αυτές ιδιότητες είναι”[1]:

- Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα
- Η μεγάλη αντίσταση σε θερμικές μεταβολές, (μεγαλύτερη από κάθε υγρό)
- Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας
- Η μεγάλη πυκνότητα στην υγρή μορφή απ’ ότι στη στερεή

“Η ποιότητα του νερού καθορίζεται από φυσικές και χημικές παραμέτρους. Οι αρχικές βάσεις για τέτοιο χαρακτηρισμό είναι παράμετροι που αφορούν την ασφάλεια της ανθρώπινης επαφής και της υγείας των οικοσυστημάτων. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο και δροσερό (θερμοκρασίας 7 -11 βαθμών Κελσίου). Πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο) γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα είναι βλαβερό για τον οργανισμό. Περιέχει επίσης



διαλυμένο οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ελάχιστα ίχνη οργανικών ουσιών, καθώς και ίχνη φυτικών μικροοργανισμών. Το νερό που πίνουμε περιέχει και μικροοργανισμούς. Ως καλός διαλύτης, το νερό διαλύει και διαβρώνει ό,τι έρχεται σε επαφή με αυτό. Επιπλέον, ουσίες όπως η σκουριά και οργανισμοί όπως τα βακτηρίδια και οι κύστες πρωτόζωων συνήθως βρίσκονται στο νερό.”[1]

“Το πόσιμο νερό πρέπει επομένως να εξετάζεται όσον αφορά τα φυσικά (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή) και τα χημικά του χαρακτηριστικά (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών), καθώς και το βιολογικό φορτίο που περιέχει (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) αλλά και την περιοχή απ όπου προήλθε (θέση πηγής, διαδρομής του νερού). Η προέλευση και η ποιότητα του πόσιμου νερού, προβληματίζουν συνεχώς ολόένα και περισσότερους ανθρώπους, καθώς νερά κακής ποιότητας δεν μπορούν να καταναλωθούν και να αξιοποιηθούν για άρδευση.”[3]

“Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν παρόμοιες μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων, αλλά και η επικοινωνία μεταξύ των αναλυτών. Επίσης, επιδημίες από ασθένειες υδρικής προέλευσης μπορεί να αποφευχθούν εάν γίνονται αυστηροί έλεγχοι από τους υπευθύνους των συστημάτων υδροληψίας και τις αρμόδιες αρχές υγείας, όσον αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού.”[3]

## 1.2 Φυσικά αποθέματα νερού

“Το 96,5% του νερού στη Γη είναι αλμυρό νερό και βρίσκεται στους ωκεανούς. Μόλις το 1,7% βρίσκεται σε στερεή μορφή στους πόλους, ενώ το υπόλοιπο 1,7% βρίσκεται σε λίμνες και ποτάμια. Το υπόλοιπο 0,001% βρίσκεται ως υγρασία στην ατμόσφαιρα και στα σύννεφα.”[25]

“Αρα από το 100% του συνολικού νερού που συναντάται σε οποιαδήποτε από τις τρεις μορφές του στον πλανήτη, μόνο το 2,5% είναι πόσιμο, και από αυτό το ποσοστό, το 98,8% βρίσκεται στα παγοκαλύμματα των πόλων, ενώ λιγότερο από 0,3% βρίσκεται στα ποτάμια και τις λίμνες και είναι διαχειρίσιμο από τον άνθρωπο.”[1]

“Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι το ποσοστό του πόσιμου νερού είναι λιγιστό στον πλανήτη συγκριτικά με τον ολικό όγκο του νερού. Το ερώτημα είναι όμως γιατί τα αποθέματα του πόσιμου νερού αν και λιγοστά δεν τελειώνουν; Η απάντηση βρίσκεται στον ήλιο καθώς η ακτινοβολούμενη θερμότητα του θερμαίνει τους υδάτινους όγκους έτσι ώστε να δημιουργηθούν υδρατμοί και στη συνέχεια να συμπυκνωθούν κατά την άνοδο τους δημιουργώντας τα σύννεφα, όπου και μόλις φτάσουν σε ένα κρίσιμο σημείο, γυρνάνε πίσω στη γη με τη μορφή κατακρημνισμάτων, χιονιού ή χαλαζιού. Ένα ποσοστό του βρόχινου νερού παγιδεύεται για κάποιες χρονικές περιόδους σε λίμνες. Σε μεγάλα υψόμετρα, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, πολύ βόρεια ή και πολύ νότια, το χιόνι συσσωρεύεται σε παγοκαλύμματα, στρώματα χιονιού και παγετώνες συνήθως σε κορυφές βουνών. Επίσης ένα ποσοστό από το νερό των κατακρημνισμάτων που δεν καταλήγει στη θάλασσα με την επιφανειακή απορροή, εισχωρεί στο έδαφος εμπλουτίζοντας έτσι υπόγειους υδροφορείς, δηλαδή υπόγειες περιοχές που βάση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν αποθέματα νερού.”[1]

“Συνήθως το υπεδάφειο νερό καταλήγει και αυτό στη θάλασσα καθώς οι υδροφορείς μπορούν να συγκρατήσουν μέσα τους μόνο ένα συγκεκριμένο όγκο νερού, όμως μπορεί να εξαχθεί τεχνητά με πηγάδια ή γεωτρήσεις. Αυτή η αποθήκευση νερού είναι σημαντική, εφόσον το πόσιμο νερό είναι ζωτικό για τους ανθρώπους και τα υπόλοιπα έμβια όντα της ξηράς. Σε πολλά μέρη του κόσμου, όμως, αυτή η παροχή είναι ανεπαρκής, λόγω κλιματικών ή γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών.”[1]

### 1.3 Το νερό στον Ελλαδικό χώρο

“Η Ελλάδα τοποθετείται γεωγραφικά στο νοτιοανατολικό άκρο της Ευρωπαϊκής ηπείρου. Η έκτασή της αγγίζει τα 131.957 km<sup>2</sup>, ενώ ο πληθυσμός της υπολογίζεται σε 10.783.748 σύμφωνα με την απογραφή του 2016. Πρόκειται για μια χώρα κυρίως ορεινή με έντονο ανάγλυφο και λίγες πεδινές εκτάσεις. Περιβάλλεται από θάλασσα, εκτός από τα βόρεια σύνορα της, ενώ περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό νησιών. Το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι βροχοπτώσεις να περιορίζονται στην ηπειρωτική κυρίως Ελλάδα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ αντίθετα το καλοκαίρι οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες και εκδηλώνονται με τη μορφή ξαφνικών καταιγίδων, μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας, οι οποίες συντελούν στη διάβρωση του εδάφους. Τα ελληνικά νησιά χαρακτηρίζονται ως άνυδρες περιοχές και παρουσιάζουν προβλήματα με τα διαθέσιμα αποθέματα των υδατικών πόρων.”[4]

Η ανισοκατανομή παρουσιάζεται στην Εικόνα 2 :



Εικόνα 2 : Ύπαρξη καρστικών πετρωμάτων στο ηπειρωτικό ανάγλυφο της Ελλάδας.[4]

Με σκούρο χρώμα περιγράφεται η ύπαρξη καρστικών πετρωμάτων, δηλαδή ασβεστόλιθοι και δολομίτες που η ύπαρξη τους σημαίνει ότι επιτρέπουν το νερό να διεισδύσει σε ένα υδροφόρο ορίζοντα.

“Εξαιτίας του ηπειρωτικού ανάγλυφου, κατασκευάσαμε φράγματα προκειμένου να επιτευχθεί η εμπόδιση, η ανακατεύθυνση και η συγκέντρωση του νερού, ώστε να δημιουργηθούν δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες για άρδευση ή ακόμα και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα περισσότερα φράγματα χρησιμοποιούνται για ύδρευση και άρδευση.

“Μερικοί τύποι φραγμάτων που έχουν κατασκευαστεί στον ελλαδικό χώρο”[2]:

- Φράγματα από σκυρόδεμα
- Τοξωτά φράγματα
- Φράγματα βαρύτητας
- Φράγματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα
- Φράγματα από γαιώδη υλικά (λιθόρριπτα)
- Ομοιογενή φράγματα
- Φράγματα πολλαπλών ζωνών με αργιλικό υλικό
- Φράγματα με ειδική στεγάνωση

“Προκειμένου όμως να λειτουργήσει ένα φράγμα, σημαίνει ότι πρέπει να τροφοδοτείται με ορισμένο όγκο κατακρημνισμάτων. Στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, κυρίως στις Κυκλάδες, υπάρχουν νησιά που έχουν κατασκευάσει φράγματα για τις υδροληψίες.”[4]

“Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της Νάξου όπου με την κατασκευή αντιπλημμυρικών φραγμάτων, οι κάτοικοι του νησιού μπόρεσαν να αξιοποιήσουν αυτό το νερό και να ανταπεξέλθουν στη ζήτηση νερού για άρδευση.”[5]

“Υπάρχουν όμως και νησιά όπου το ανάγλυφο τους δεν επιτρέπει τη δημιουργία μιας λεκάνης απορροής και συνεπώς την κατασκευή φράγματος (Σαντορίνη) τα οποία στο παρελθόν τροφοδοτούνταν με νερό μέσω υδροδοτήσεων με καράβια, και πλέον σήμερα με τη χρήση της αφαλάτωσης.”[4]

#### 1.4 Ρύπανση του νερού και λειψυδρία

“Όπως αναφέραμε πιο πάνω τα αποθέματα πόσιμου νερού κατέχουν το λιγότερο ποσοστό ως προς το συνολικό νερό που υπάρχει στον πλανήτη. Λόγω της χημικής του φύσης, το νερό αποτελεί κατάλληλο διαλύτη για επιθυμητές και μη επιθυμητές ουσίες.”[25]

“Τα επιφανειακά νερά είναι περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητα στη ρύπανση από διάφορους ρύπους, ανάλογα με τη δυνατότητα ανανέωσής τους. Οι λίμνες για παράδειγμα έχουν πολύ μικρή δυνατότητα ανανέωσης των νερών τους και είναι πολύ πιο ευαίσθητοι αποδέκτες απ’ ότι τα ποτάμια και οι θάλασσες.”[4]

“Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στον αυτοκαθαρισμό του νερού είναι στην πραγματικότητα μηχανισμοί ανακύκλωσης της ύλης. Οι μηχανισμοί αυτοκαθαρισμού του νερού μπορεί να είναι”[3]:

- φυσικοί (διάλυση, καθίζηση, προσρόφηση, απορρόφηση, ιοντοανταλλαγή, διάβρωση)
- χημικοί (οξειδοαναγωγή, υδρόλυση, συμπλοκοποίηση, καταβύθιση, συσσωμάτωση)
- βιολογικοί (βακτηριακή αποσύνθεση των διαλυτών ουσιών, κατανάλωση από ανώτερους οργανισμούς,
- κατανάλωση από φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς)

“Τα υπόγεια νερά είναι πολύ πιο ευαίσθητα στη ρύπανση, διότι έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Ένα αρκετά σοβαρό πρόβλημα υποβάθμισης της ποιότητας των νερών για τη χώρα μας αποτελεί η υφαλμύρωση των παράκτιων υπόγειων νερών, λόγω υπεράντλησης νερού, κυρίως για γεωργική χρήση. Με βασικό στόχο την αποφυγή της ρύπανσης, την διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας θεσπίστηκαν νόμοι και προδιαγραφές για την προστασία της ποιότητας των φυσικών νερών.”[25]

“Το πλέον επιτακτικό πρόβλημα την επόμενη δεκαετία, το οποίο θα διογκώνεται από την αύξηση του πληθυσμού στον πλανήτη, θα είναι η λειψυδρία, δηλαδή η μείωση της διαθεσιμότητας του γλυκού νερού. Λειψυδρία σημειώνεται όταν οι ποσότητες του νερού που αφαιρούνται από τις λίμνες, τα ποτάμια ή το υπέδαφος, είναι τόσο μεγάλες, ώστε οι προμήθειες νερού δεν επαρκούν πλέον στην ικανοποίηση όλων των ανθρωπίνων αναγκών ή των αναγκών του οικοσυστήματος, επιφέροντας αυξημένο ανταγωνισμό ανάμεσα στις πιθανές απαιτήσεις. Η αύξηση του πληθυσμού, η αύξηση του πλούτου, η αστικοποίηση και η κλιματική αλλαγή θα δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρωπότητα. Ο πληθυσμός του πλανήτη, που ανέρχεται σήμερα σε 7,2 δισεκατομμύρια, αναμένεται να αυξηθεί κατά 2,5 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050, ενώ η αύξηση του πλούτου και η αστικοποίηση ενισχύουν τη ζήτηση για νερό. Έτσι λοιπόν εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων και της κακής διαχείρισης του νερού η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν θα επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής καθώς μειώνεται διαρκώς.”[25]

“Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το πετρέλαιο του μέλλοντος καθιστώντας τον Καναδά με τα πλεονάζοντα αποθέματα νερού την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%. Το 40% των ανθρώπων που ζουν στη γη δεν έχουν επαρκές νερό ακόμα και για υποτυπώδη υγιεινή.”[25]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ

#### 2.1 Γενικά

“Η υφαλμύρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο, θαλασσινό νερό εισχωρεί και αναμειγνύεται με αυτό ενός υδροφόρου ορίζοντα. Υφαλμύρωση δεν εμφανίζουν απαραίτητα όλες οι παράκτιες περιοχές και αυτό γιατί ο βαθμός του φαινομένου εξαρτάται από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.”[5]

“Το υπόγειο νερό είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος με την προϋπόθεση της διατήρησης της ισορροπίας μεταξύ εμπλουτισμού και εκφόρτισης σε ένα υδροφόρο σύστημα. Όταν οι απολήψιμες ποσότητες υπόγειου νερού υπερβούν την ικανότητα της ασφαλούς απόδοσης ενός παράκτιου υδροφόρου συστήματος, τότε παρατηρούνται φαινόμενα θαλάσσιας διείσδυσης, η οποία οδηγεί σταδιακά στην υφαλμύρωση του υπόγειου νερού, καθιστώντας αυτό σε πολλές περιπτώσεις ακατάλληλο, όχι μόνο για την ανθρώπινη αλλά και για οποιαδήποτε άλλη χρήση. Η εμφάνιση υφάλμυρου νερού κατά την άντληση πόσιμου νερού είναι ανεπιθύμητη καθώς όπως περιγράφεται παρακάτω, είναι νερό υποβαθμισμένης ποιότητας ακατάλληλο για ύδρευση και άρδευση.”[5]

“Ελάχιστη ποσότητα θαλασσινού νερού, της τάξης 1-2% μέσα στο γλυκό νερό, καθιστά το γλυκό νερό μη πόσιμο. Η σημαντική αύξηση των αντλούμενων ποσοτήτων υπόγειου νερού τα τελευταία χρόνια, από μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων με συνεχώς αυξανόμενο βάθος, οδήγησε στην ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού στις παράκτιες περιοχές σε επίπεδα κάτω από το μέσο επίπεδο της θάλασσας. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια την προέλαση της διεπιφάνειας μεταξύ γλυκού και θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα, μέχρι να φτάσει σε μια νέα ισορροπία.”[3]

“Σχεδόν δύο εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης υφίστανται τις επιπτώσεις από τη χρήση υφάλμυρων υπόγειων νερών, οι οποίες αντανakλώνται όχι μόνο στη μείωση της παραγωγής αλλά και στην υποβάθμιση της αγροτικής γης. Στην Πελοπόννησο, αλλά και στην Αττική, η εντατική άντληση έχει προκαλέσει σημαντική υφαλμύρωση όλων των παράκτιων ζωνών. Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης είναι δύσκολα αναστρέψιμο, γι’ αυτό η αντιμετώπισή του συνδέεται πρακτικά με πρόβλεψη και ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων της κάθε εκμεταλλευσμένης περιοχής.”[6]

“Τεράστιο πρόβλημα εξοικονόμησης νερού για ύδρευση, άρδευση αντιμετωπίζουν οι επιβαρυνόμενες περιοχές λόγω υφαλμύρωσης των υπόγειων υδάτων καθώς οι συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου και νατρίου ξεπερνούν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια (250 mg/lit και 175 mg/lit αντιστοίχως) που θέτουν οι οδηγίες και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων από δεκάδες χιλιάδες γεωτρήσεις που λειτουργούν ανεξέλεγκτα έχει αποτέλεσμα την υφαλμύρωση τους λόγω της μίξης φρέσκου γλυκού και θαλασσινού νερού.”[6]



“Στην εικόνα 3 παριστάνονται με πορτοκαλί χρώμα οι περιοχές της Ελλάδας που παρουσιάζουν πρόβλημα υφαλμύρωσης (υφαλμύρωσης) των υπόγειων υδροφορέων τους. Η χρήση υφάλμυρων νερών για ανθρώπινη κατανάλωση έχει και άμεσες επιπτώσεις στην υγεία. Τα χλωριόντα δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Επειδή δεν έχει παρατηρηθεί τοξικότητα των χλωριόντων στον άνθρωπο δεν έχει καθοριστεί ανώτατο επίπεδο στο πόσιμο νερό. Πλην όμως, η παρουσία των ιόντων νατρίου δημιουργεί σοβαρά προβλήματα υγείας σε ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού που υποφέρουν από υπέρταση.



**Εικόνα 3 : Ζώνες υφαλμύρωσης στον Ελλαδικό χώρο.[5]**

Το 36% των γεωργικών προϊόντων παγκόσμια προέρχεται από το 16% της συνολικής γεωργικής γης, που είναι οι αρδευόμενες εκτάσεις. Η υπερβολική άντληση νερού υποβαθμίζει την ποιότητά του (το μετατρέπει συχνά σε υφάλμυρο) και κατά συνέπεια τα εδάφη οδηγούνται σε μείωση των αποδόσεών τους λόγω της συσσώρευσης αλάτων.”[5]

### 2.1.1 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά υφάλμυρου νερού

“Στις παράκτιες περιοχές το θαλασσινό νερό έρχεται σε επαφή με το γλυκό και δεν αναμειγνύονται καθώς το αλμυρό νερό είναι βαρύτερο λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητάς του. Σε περίπτωση μείωσης της στάθμης του γλυκού νερού, αυτό έρχεται σε επαφή με το αλμυρό και τα χλωριούχα ιόντα το εμπλουτίζουν, καθιστώντας το ακατάλληλο για κάθε χρήση.

Η υφαλμύρωση διαπιστώνεται από την παρουσία ιόντων, κυρίως χλωρίου και νατρίου, μέσα στο γλυκό νερό. Υπάρχει σημαντικός αριθμός δεικτών που βοηθούν στην εξακρίβωση της προέλευσής των ιόντων αυτών και προσδιορίζουν τη διείδυση της θάλασσας στους υπόγειους υδροφορείς.”[15]

“Ως συντελεστής Revelle αναφέρεται ο παρακάτω λόγος”[15]:

$$\frac{r \cdot \text{CL}^-}{(r \cdot \text{CO}_3^{2-} + r \cdot \text{HCO}_3^-)}$$

“Ο συντελεστής αυτός προτάθηκε από τον Revelle και χρησιμοποιείται ως κριτήριο της διείδυσης του θαλασσινού νερού. Το γράμμα r χρησιμοποιείται ώστε να εξηγήσει ότι οι συγκεντρώσεις των ιόντων είναι εκφρασμένες σε meq/l. Είναι ο πλέον διαδεδομένος δείκτης και χρησιμοποιείται αρκετά συχνά. Πέρα από το συντελεστή Revelle χρησιμοποιούνται διάφοροι ιοντικοί λόγοι όπως οι ακόλουθοι”[15]:

- Ιοντικός λόγος rNa/rK
- Ιοντικός λόγος rCL/rSO<sub>4</sub>
- Ιοντικός λόγος rCL/rBr
- Ιοντικός λόγος rCa/rMg
- Ιοντικός λόγος rNa/rCl

“Στη σημερινή εποχή, για τη μελέτη του φαινομένου χρησιμοποιούνται επίσης μετρήσεις της αντίστασης των γεωλογικών σχηματισμών ή και ο λόγος της αντίστασης ενός γεωλογικού σχηματισμού προς την ειδική αγωγιμότητα του νερού.”[15]

“Κύριος στόχος πάντα είναι να διαπιστωθεί και να μελετηθεί πλήρως το φαινόμενο της υφαλμύρωσης, καθώς η αντιμετώπιση του είναι ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα, ενώ συχνά δεν επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο λόγος της δυσκολίας αυτής οφείλεται στο γεγονός πως εκτός από την ανάμειξη του αλμυρού με το γλυκό νερό, ταυτόχρονα συμβαίνει και ιοντοανταλλαγή. Τα γλυκά νερά θεωρούνται όξινα ανθρακικά-ασβεστούχα και τα θαλασσινά χλωριονατριούχα. Με τη διαδικασία της ιοντοανταλλαγής, απελευθερώνεται ασβέστιο και δεσμεύεται νάτριο στα ιζήματα, που φιλοξενούν υπόγειο νερό.”[15]

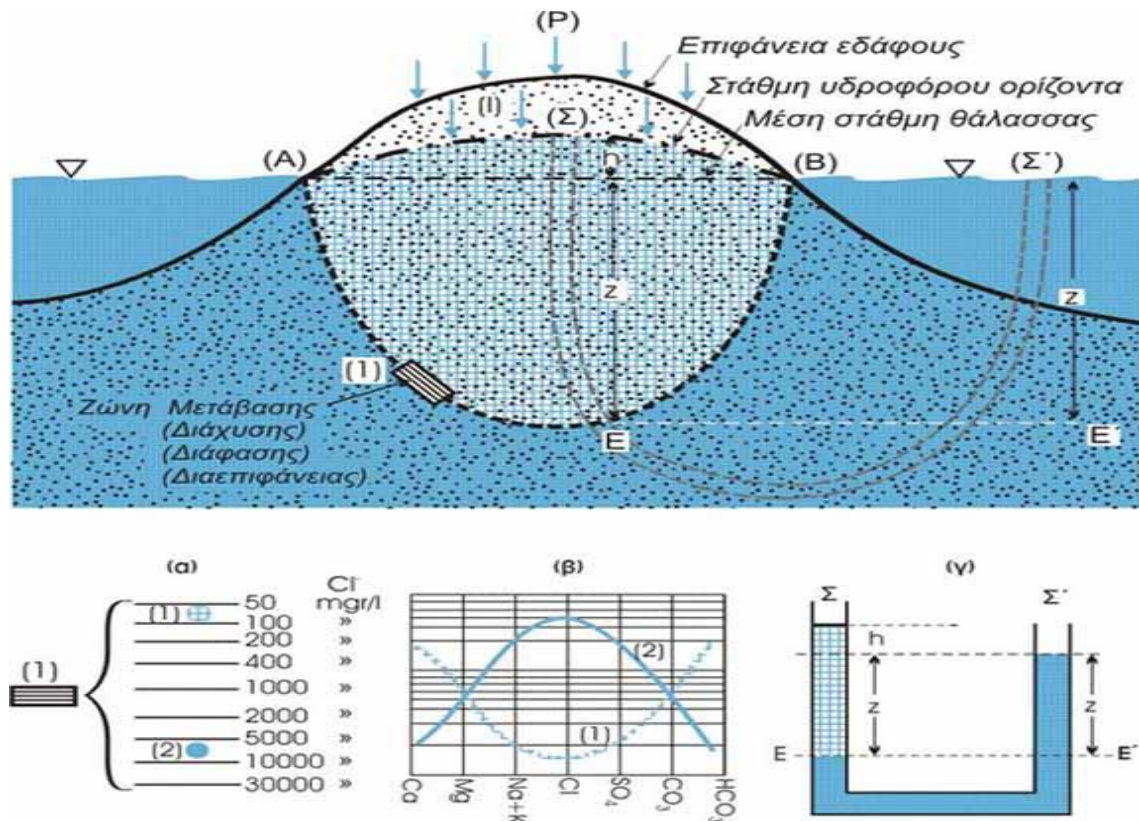


## 2.2 Περιγραφή του Φαινομένου

### 2.2.1 Επαφή γλυκού – αλμυρού νερού

“Για να απλοποιηθεί η κατάσταση θεωρείται ένα στρογγυλό νησί δομημένο γεωλογικά με ομοιόμορφο περατό υλικό. Τότε το νερό όπως κατείσδυσης θα σχηματίζει ένα υδροφόρο στρώμα από γλυκό νερό. Επειδή το γλυκό νερό όπως κατείσδυσης (που προέρχεται από τη βροχή) είναι ελαφρύτερο, αφού έχει ειδικό βάρος περίπου  $1,004 \text{ gr/cm}^3$ , ενώ το θαλασσινό νερό περίπου  $1,040 \text{ gr/cm}^3$ , θα επιπλέει πάνω από το θαλασσινό νερό σαν ένα παγόβουνο όπως στην εικόνα 4.”[3]

“Δηλαδή το γλυκό νερό του υδροφόρου θα επιπλέει πάνω από το θαλασσινό που θα υπόκειται και θα βρίσκεται σε βαθύτερα τμήματα του υπεδάφους, όπως συμβαίνει με δύο μη αναμειγνυόμενα υγρά. η επαφή αυτή του γλυκού νερού δεν γίνεται με μια απλή γραμμή, με μια επιφάνεια, αλλά με μια ζώνη όπως φαίνεται στην εικόνα, που στη βιβλιογραφία αναφέρεται σαν ζώνη διεπιφάνειας, ή ζώνη διάφασης, ή ζώνη διάχυσης, ή ζώνη μετάβασης.”[3]



Εικόνα 4 : Επαφή γλυκού – αλμυρού νερού.[4]

## 2.3 Αίτια Υφαλμύρωσης

- **Υπεράντληση**

“Σε πολλές περιοχές, η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων για την κάλυψη των τοπικών αναγκών σε ύδρευση και άρδευση, έχει ως αποτέλεσμα την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα, την αύξηση του κινδύνου υποβάθμισης της ποιότητας του υπόγειου νερού και την παραγωγικότητα του εδάφους με υφαλμύρωση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Θεσσαλία όπου η αρδευόμενη έκταση αυξήθηκε κατά 46% σε σχέση με το 1980. Σύμφωνα με έρευνα του γεωπονικού Πανεπιστημίου, όσον αφορά το βαμβάκι στη Θεσσαλία, το νερό που χρησιμοποιείται υπερβαίνει κατά 21-35% τις πραγματικές ανάγκες για άρδευση. Όσον αφορά την καλλιέργεια καλαμποκιού, οι ποσότητες του νερού που χρησιμοποιούνται υπερβαίνουν το 38-48% των αναγκών, ενώ η πατάτα αρδεύεται με 57-67% περισσότερο νερό από όσο χρειάζεται.”[6]

“Στον Αργολικό κάμπο (1998) η εντατική καλλιέργεια η οποία αυξήθηκε 300-400% σε σχέση με το 1950 καθώς και η αντικατάσταση των πολυκαλλιεργειών με μονοκαλλιέργειες που απαιτούσαν αυξημένη ποσότητα νερού, έχει οδηγήσει σε πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα κατά επτά μέτρα το χρόνο και στη συνέχεια στην άντληση υφάλμυρου νερού. Επιπλέον η έντονη τουριστική ανάπτυξη, η κατασκευή μεγάλων ξενοδοχειακών συγκροτημάτων, μαρίνων και λοιπών υδροφόρων δραστηριοτήτων έχει οδηγήσει σε εξάντληση και υφαλμύρωση πολλούς από τους υδροφορείς των παράκτιων περιοχών και ιδιαίτερα των νησιών.”[6]

“Η παντελής έλλειψη ορθολογικής διαχείρισης των υπόγειων νερών έχει προκαλέσει σε σύντομο χρονικό διάστημα εκτεταμένη θαλάσσια διείσδυση με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού. Το γεγονός αυτό έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης, σε οικιακές συσκευές αλλά το κυριότερο είναι ότι η χρήση αυτού του νερού, γίνεται σχεδόν απαγορευτική για τους περισσότερους τομείς για τους οποίους προορίζεται. Από εκτιμήσεις που έχουν γίνει, οι γεωτρήσεις που έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, υπερβαίνουν τις 170.000. Οι περιοχές με τις περισσότερες γεωτρήσεις για αγροτική χρήση είναι η Αργολίδα με 24.000 γεωτρήσεις, η Κορινθία, η Βοιωτία, η Άρτα, η Καρδίτσα, η Λάρισα και η Μαγνησία. Αντίστοιχα οι νομοί με τις περισσότερες γεωτρήσεις για αστική χρήση είναι η Αττική, η Θεσσαλονίκη, η Σύρος, η Πάρος, το Λασιθί και η Νάξος.”[6]

- **Παράνομες Γεωτρήσεις**

“Η αδειοδότηση κάθε μορφής παροχής νερού έχει δεσμεύσει σε ότι αφορά την ποσότητα του νερού που πρέπει να αντλείται, καθώς και το υψόμετρο ασφαλείας κάτω από το οποίο δεν πρέπει να κατέβει η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου. Η περίοδος 1980-2000 ήταν και η πλέον επώδυνη, αφού τα έργα υδρομάστευσης υπολείπονται της αύξησης των αναγκών σε νερό άρδευσης. Έχει ειδη αναφερθεί πιο πάνω ότι οι υπάρχουσες γεωτρήσεις είναι 31% περισσότερες από όσο αντέχει το υπόγειο νερό. Αυτό σημαίνει ότι κάθε τρία χρόνια περίπου αφαιρείται και ένας χρόνος, δηλαδή μετά από 10 χρόνια άντλησης ο υπόγειος υδροφόρος για να επανέλθει θα χρειαστεί 3 τουλάχιστον συνεχή χρόνια χωρίς καμία άντληση. Στο σύνολο αυτών των γεωτρήσεων, θα πρέπει να προστεθεί και ένας μεγάλος αριθμός από 50.000 γεωτρήσεις, οι οποίες έχουν πολύ μικρή παροχή και ενίοτε περιοδική άντληση. Μεγάλες υπερβάσεις σε αριθμό γεωτρήσεων σε σχέση με αυτές που μπορεί να αντέξει η περιοχή, έχουν γίνει στη Θεσσαλία με 320% περισσότερες γεωτρήσεις, στην Αττική με 260, στην Πελοπόννησο και τα νησιά του Αιγαίου με 200%. Μικρότερες υπερβάσεις έχουν γίνει στην Κεντρική και Δυτική Μακεδονία με ποσοστό 20 και 30% αντίστοιχα.”[6]

- **Οικιστική ανάπτυξη**

“Ο υδροφόρος ορίζοντας σε πολλές περιοχές (κυρίως αστικές) δεν εμπλουτίζεται πλέον. Η τιμμεντοποίηση και η ασφαλοποίηση των μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων, η στεγανοποίηση των ρεμάτων και των κοιτών των χειμάρρων είναι μόνο ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα. Υπολογίζεται ότι στα μεγάλα πολεοδομικά συγκροτήματα η τροφοδοσία του υδροφόρου ορίζοντα από επιφανειακά νερά έχει μειωθεί ακόμη και κατά 80%.”[7]

- **Μορφωτικό επίπεδο**

“Άλλοι δυο παράγοντες του προβλήματος αποτελούν, το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των απασχολούμενων στον αγροτικό τομέα, καθώς και ‘γήρανση της υπαίθρου’. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω ποσοστά: 14,3% δεν έχει ολοκληρώσει ούτε την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, 69,5% είναι απόφοιτοι δημοτικού σχολείου, 15% είναι απόφοιτοι μέσης εκπαίδευσης ή των τριών τάξεων της μέσης εκπαίδευσης και μόλις 1,2% είναι απόφοιτοι ΑΕΙ ΤΕΙ. Σχετικά με την ηλικία των αγροτών, σύμφωνα με στοιχεία του 2000, το 40% των απασχολούμενων στη γεωργία είναι άνω των 55 ετών, με τον αριθμό των αρχηγών αγροτικών εκμεταλλεύσεων ηλικίας μικρότερης των 35 ετών να ανέρχεται σε 71.250, ενώ αριθμός όσων ήταν άνω των 65 ετών ανέρχονταν σε 347.420. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα εντονότερο αν αναλογιστεί κανείς ότι οι γηραιότεροι αγρότες είναι απρόθυμοι να εγκαταλείψουν τη γεωργική απασχόληση εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι κύρια πηγή του εισοδήματός τους. Στην όξυνση του προβλήματος συμβάλλει και το γεγονός ότι οι γηραιότεροι αγρότες δεν έχουν βασικές γνώσεις οικονομικής και τεχνικής διαχείρισης της εκμετάλλευσής τους και τις απαιτούμενες ικανότητες για την εισαγωγή νέων τεχνολογιών, με συνέπεια να καθυστερούν να ανταποκριθούν στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς. Από τη συνολική ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση, σχεδόν το μισό χάνεται είτε κατά τη μεταφορά λόγω της κακής κατάστασης των αρδευτικών δικτύων είτε εξαιτίας ακατάλληλων τεχνικών άρδευσης.”[21]

- **Εγγειοβελτιωτικά έργα και αποστράγγιση**

“Η ταπείνωση της υδροστατικής στάθμης εφαρμόζεται σε περιοχές με λίμνες, λιμνοθάλασσες ή έλη κατά μήκος της ακτής με στόχο τη δημιουργία νέας γης για διάφορους σκοπούς όπως γεωργία, βιομηχανία ή κατασκευή κατοικιών. Τα εγγειοβελτιωτικά έργα και η αποστράγγιση συχνά περιλαμβάνουν την ταπείνωση και τον έλεγχο της υδροστατικής στάθμης του υπόγειου νερού σε μεγάλες περιοχές. Οι δραστηριότητες αυτές προκαλούν μεγάλες αλλαγές στο υπόγειο υδατικό καθεστώς, καθώς το υπόγειο νερό (γλυκό, αλμυρό αλλά και υφάλμυρο) ρέει προς τις δημιουργούμενες ταπεινώσεις της υδροστατικής στάθμης με τους μηχανισμούς διήθησης και με πολύ αργούς ρυθμούς, έτσι ώστε απαιτείται περίοδος πολλών ετών, μέχρι να αρχίσει το πρόβλημα να παίρνει σοβαρές διαστάσεις. Η διήθηση αυτή μπορεί αργά ή γρήγορα να γίνει αλμυρή διαδικασία που εξαρτάται από το επίπεδο της ελεγχόμενης υδροστατικής στάθμης του υπόγειου νερού, τις υδρολογικές σταθερές, τις οριζόντιες διαστάσεις της περιοχής με την ελεγχόμενη υδροστατική στάθμη και την απόστασή της από την ακτογραμμή.”[7]

- **Ανισοκατανομή στην παραγωγή**

“Η ανισομερής κατανομή μεταξύ φυτικής και ζωικής παραγωγής είναι ένα ακόμα θέμα προβληματισμού, καθώς στην Ελλάδα η ζωική παραγωγή αντιπροσωπεύει μόλις το 1/4 της ακαθάριστης αξίας της γεωργικής παραγωγής και παρά τη βελτίωσή της, παραμένουν ακόμα διαρθρωτικές αδυναμίες και δυσκαμψίες από το παρελθόν που εμποδίζουν την αναπτυξιακή της πορεία. Σήμερα η ελληνική γεωργία, σε αντίθεση με τις γεωργίες των ανεπτυγμένων χωρών, έχει μεγάλη παραγωγή σε φυτικά προϊόντα τα οποία είναι μεγάλου όγκου, μικρής αξίας και έχουν μεγάλες δυσκολίες στην αποθήκευση και μεταφορά.”[7]

## 2.4 Υφάλμυρωση στον Ελλαδικό χώρο

“Η Ελλάδα όπως έχει αναφερθεί, είναι μία χώρα που περιβάλλεται από θάλασσα στο μεγαλύτερο μέρος της, οπότε είναι αναμενόμενο να εμφανίζει προβλήματα με τη διείσδυση του θαλασσινού νερού στους παράκτιους υδροφορείς. Υφάλμυρες περιοχές συναντώνται στις περισσότερες ακτές και το φαινόμενο τείνει να πάρει ανησυχητικές ως δραματικές διαστάσεις (Εικόνα 6). Η ανάμειξη του αλμυρού με το γλυκό νερό οφείλεται και σε γεωλογικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα η διάλυση των πετρωμάτων που φιλοξενούν το υπόγειο νερό. Κύρια όμως αιτία είναι η υπεράντληση των υδάτων στις περισσότερες παράκτιες περιοχές, οι οποίες είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες συγκριτικά με την ενδοχώρα. Στην Ελλάδα η υφάλμυρωση οφείλεται και στους δύο παραπάνω παράγοντες, αν και η υπεράντληση εντείνει σε μεγαλύτερο βαθμό το πρόβλημα.”[15]

“Όσον αφορά την καταγραφή του φαινομένου στην Ελλάδα, για λόγους εποπτικούς αναλύονται οι υφάλμυρες περιοχές της ηπειρωτικής χώρας σε ξεχωριστό κεφάλαιο από τις υφάλμυρες περιοχές στα νησιά. Επίσης ο διαχωρισμός αυτός είναι χρήσιμος, πρώτον επειδή το υδατικό ισοζύγιο είναι διαφορετικό στις νησιώτικες περιοχές, από ότι στην υπόλοιπη χώρα και δεύτερον επειδή οι λόγοι που προκαλούν το φαινόμενο στα νησιά παρουσιάζουν συχνά κάποιες ιδιαιτερότητες.”[15]



Εικόνα 5 : περιοχές που κινδυνεύουν από τη διείσδυση της θάλασσας λόγω υπεράντλησης.[15]

#### 2.4.1 Υφαλμύρωση στην Ηπειρωτική Ελλάδα

“Στην ηπειρωτική Ελλάδα η υφαλμύρωση των υπόγειων υδάτων διαπιστώθηκε για πρώτη φορά στο Αργολικό πεδίο στα τέλη της δεκαετίας του '50. Από τότε μέχρι και σήμερα η κατάσταση δεν έχει αντιμετωπιστεί ούτε καλυτερεύσει, καθώς το φαινόμενο αυτό συναντάται στις περισσότερες παράκτιες περιοχές της χώρας και απειλεί με ερημοποίηση την καλλιεργούμενη γη. Σε μία συνοπτική καταγραφή των υφάλμυρων περιοχών φαίνεται η πραγματική διάσταση του φαινομένου, που είναι ιδιαίτερα έντονο στις ανατολικές ακτές της Ελλάδας. Η αναφορά στις υφάλμυρες περιοχές γίνεται ξεχωριστά για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα. Στη Θράκη και τη Μακεδονία, από τα ανατολικά προς τα δυτικά, ως προβληματικές περιοχές χαρακτηρίζονται τα Δέλτα των ποταμών Έβρου, Νέστου και Λίσσου, γενικά η παράκτια περιοχή ανάμεσα στο Νέστο ως τη λίμνη Μητρικού και οι παράκτιες περιοχές Νέας Καρβάλης, της Ελευθερούπολης και της Νέας Περάμου. Στη συνέχεια, ιδιαίτερα προβλήματα εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις ακτές της Χαλκιδικής, που παρουσιάζουν έντονη τουριστική ανάπτυξη. Όσον αφορά τη λεκάνη του Ανθεμούντα σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες της Αναπτυξιακής Εταιρίας Ανατολικής Θεσσαλονίκης η στάθμη των υπόγειων νερών έχει κατέβει την τελευταία δεκαετία περισσότερο από δέκα μέτρα, ενώ το έλλειμμα νερού που παρουσιάζεται κάθε χρόνο είναι της τάξης των 17.400.000 m<sup>3</sup>. Σύμφωνα με έρευνες του ΙΓΜΕ η υφαλμύρωση έχει εισχωρήσει στο υπέδαφος του δρόμου Θεσσαλονίκης-Χαλκιδικής, ενώ ταυτόχρονα οι περιοχές πλησίον του δρόμου αναπτύσσονται ιδιαίτερα στο γεωργικό και τον κτηνοτροφικό τομέα και η οικιστική ανάπτυξη αυξάνεται επίσης ραγδαία. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η υπεράντληση των υδάτων, με φυσικό επακόλουθο, τα υδατικά προβλήματα, τα οποία αποτελούν τροχοπέδη στην ανάπτυξη αυτή. Στην Πειραιά η υπεράντληση των υδάτων εικάζεται ότι επιδεινώνει τις καθιζήσεις του εδάφους που συμβαίνουν εκεί τα τελευταία χρόνια. Στη Θεσσαλία, τα πλέον σοβαρά προβλήματα εμφανίζονται στο δέλτα του Πηνειού, στην περιοχή Ριζόμυλου Μαγνησίας και επεκτείνονται προς τη Λάρισα, στην πεδιάδα του Αλμυρού και στην περιοχή του Βόλου.”[4]

“Στη Στερεά Ελλάδα, φαινόμενα υφαλμύρωσης παρατηρήθηκαν στη λεκάνη του Σπερχειού και στην περιοχή Πελαγίας στη Φθιώτιδα, ενώ σοβαρότατο πρόβλημα αντιμετωπίζει το λεκανοπέδιο Αττικής. Στην Αττική προβληματικές περιοχές θεωρούνται οι ακόλουθες: Άγιοι Απόστολοι, Κάλαμος, κάμπος Μαραθώνα, περιοχή Μαρκόπουλου, Σπάτα, Βραυρώνα, Πόρτο Ράφτη, παραλιακή ζώνη Σουνίου μέχρι Κορωπί, Αγία Μαρίνα, Βάρη, Βάρκιζα, Βουλιαγμένη, Βούλα. Επίσης οι περιοχές Γλυφάδα, Φάληρο, Καλλιθέα, Πειραιάς, Δραπετσώνα, Κερασίни, Ασπρόπυργος, Ελευσίνα, Θριάσιο, Νέα Πέραμος και Μέγαρο.”[15]

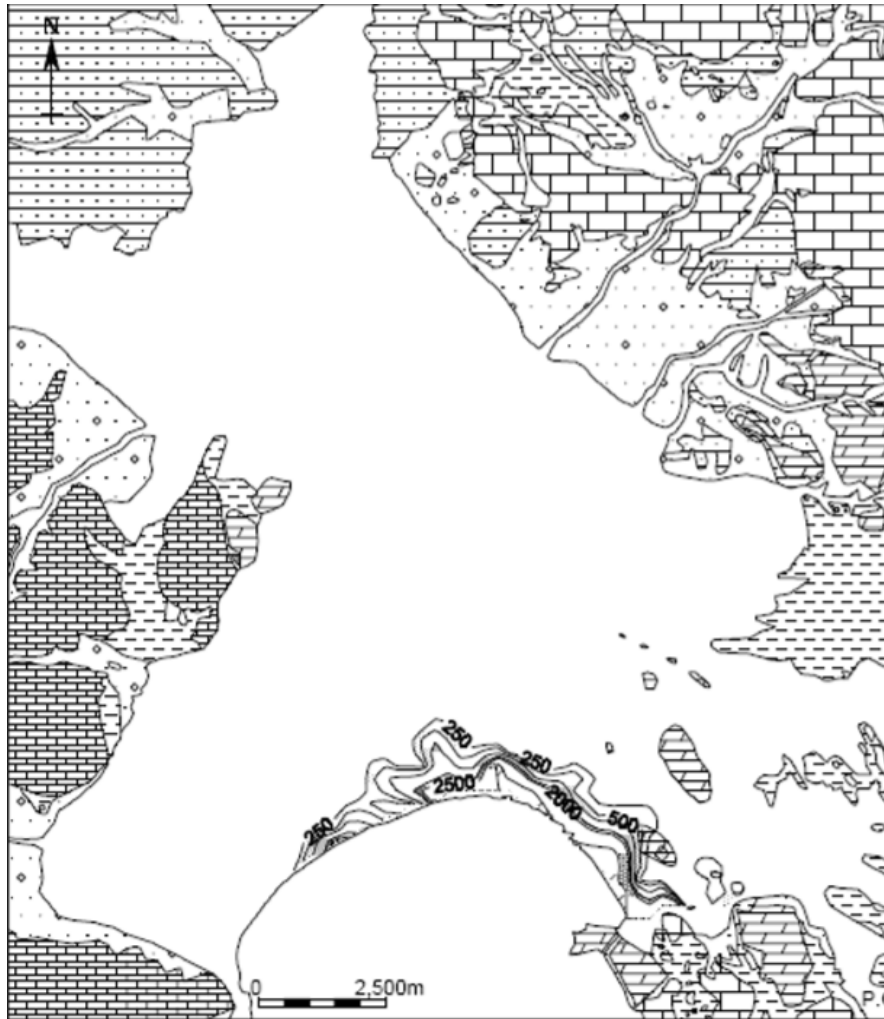
“Οι περιοχές της Πελοποννήσου που έχουν υποστεί υφαλμύρωση εκτός από το Αργολικό πεδίο είναι οι βόρειες παραλιακές ακτές της από την Κορινθία έως την Αχαΐα και ιδίως η βόρεια και βορειοανατολική Κορινθία και η βόρεια και βορειοδυτική Αχαΐα. Επίσης συναντώνται προβλήματα στην περιοχή της Ερμιόνης και στο πόρτο Χέλι. Στην Καλαμάτα το πρόβλημα είναι υπαρκτό αλλά όχι τόσο έντονο, ενώ υφαλμύρωση έχει διαπιστωθεί και στην Τριφυλία. Τέλος ως υφάλμυρες αναφέρονται και οι περιοχές Αστέρος και Λεωνίδιο. Όσον αφορά το Αργολικό πεδίο η σοβαρότητα της κατάστασης έγινε αντιληπτή στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και μέχρι σήμερα έγιναν διάφορες μετρήσεις προκειμένου να συλλεχθούν δεδομένα ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση. Το αποτέλεσμα ήταν η δημοσίευση αρκετών ερευνών, ενώ δοκιμάστηκαν και διάφορες τεχνικές αντιμετώπισης ενάντια στην υφαλμύρωση.”[15]

“Η υφαλμύρωση στο Αργολικό πεδίο αφορά τους παράκτιους αλλουβιακούς υδροφόρους σχηματισμούς της περιοχής. Σχετίζεται ίσως με την ανάπτυξη του γεωργικού τομέα κατά τη δεκαετία του 1950, καθώς συνδέεται με την αύξηση των καλλιεργειών της περιοχής και ιδιαίτερα των εσπεριδοειδών. Οι συνέπειες ήταν άμεσες όχι μόνο στο φυσικό περιβάλλον αλλά και σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, καθώς από τις αρχές του 1960 παρουσιάστηκαν φαινόμενα ξήρανσης των καλλιεργειών εξαιτίας της άρδευσης,



που γινόταν με αλμυρό νερό. Ταυτόχρονα οι κάτοικοι βρέθηκαν αντιμέτωποι με το πρόβλημα της ποιότητας του νερού ύδρευσης.”[15]

“Έτσι το 1962 δημιουργήθηκε ερευνητική ομάδα με στόχο τη καταγραφή των υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Αργολικού πεδίου, ώστε να περιοριστεί η υπαλμύρωση. Με τη συγκέντρωση των μετρήσεων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων κατασκευάστηκαν χάρτες της περιοχής με ισοχλώριες καμπύλες, ώστε να εκτιμηθούν τα ποσοστά που κυμαίνεται το χλώριο στο γλυκό νερό. Από την αξιολόγηση όλων των στοιχείων οι χάρτες έδειξαν ότι η εξέλιξη του φαινομένου ξεκίνησε από το νοτιοανατολικό τμήμα του Αργολικού πεδίου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6, και επεκτάθηκε σταδιακά καλύπτοντας περίπου το ένα τρίτο της συνολικής του έκτασης όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.”[15]



**Εικόνα 6 : Ισοχλώριες καμπύλες (ppt) Αργολικού πεδίου το 1965.[15]**



**Εικόνα 7: Ισοχλώριες καμπύλες (ppt) Αργολικού πεδίου το 1975.[15]**

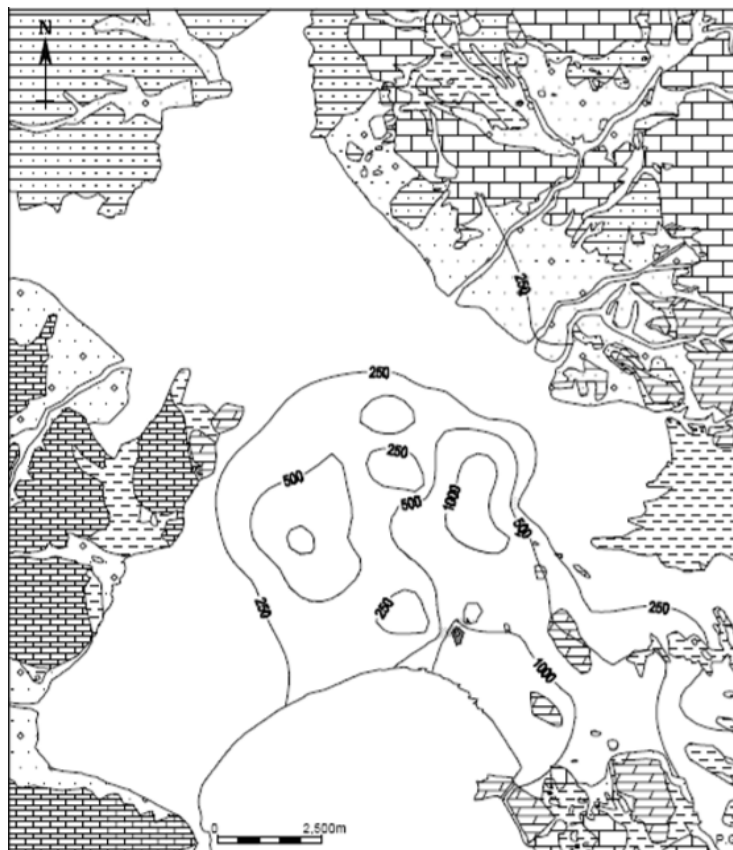
“Σε όλο το Αργολικό πεδίο τα υπόγεια νερά θεωρούνται υποβαθμισμένα και από την ύπαρξη νιτρικών, που είναι το αποτέλεσμα της εντατικής καλλιέργειας της περιοχής. Η κατάσταση αντιμετωπίστηκε μερικώς με τη χρήση του τεχνητού εμπλουτισμού όπως φαίνεται στην Εικόνα 9, όπου αναλύεται λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας του παρακάτω, αλλά παρόλα αυτά δεν έχει εξαλειφθεί πλήρως η αλατότητα των υδάτων που επηρεάζει τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ιδίως τις αγροτικές.”[5]

“Παρατηρούμε ότι με τη χρήση του τεχνητού εμπλουτισμού, οι τιμές των ηλεκτρικών αγωγιμοτήτων μειώθηκαν σημαντικά, αλλά το εμβαδόν και η μετατόπιση της περιοχής που ρυπάνθηκε δεν άλλαξε αισθητά, και αυτό γιατί είναι πολύ δύσκολο να εκπληθεί πλήρως το χλώριο και το νάτριο από το έδαφος. Σύμφωνα με τα παραπάνω καταλαβαίνουμε για πιο λόγο πρέπει να αντιμετωπίζουμε την υφαλμύρωση σε μη αναστρέψιμο φαινόμενο και για πιο λόγο πρέπει να δίνουμε ορθή βάση στο θέμα της διαχείρισης του νερού.”[15]

“Η εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων που έχουν εφαρμοστεί, στο Αργολικό πεδίο, δίνει μια περίοδο πάνω από 20 χρόνια για τη φυσική απορρύπανση των υπόγειων νερών, με τη συμβολή του φυσικού εμπλουτισμού τους, φυσικά υπό την προϋπόθεση ότι σήμερα θα σταματούσε η εκμετάλλευση των γεωτρήσεων στην επιβαρυσμένη περιοχή.”[5]



Εικόνα 8: Ισοχώριες καμπύλες (ρhm) Αργολικού πεδίου το 1990.[15]



Εικόνα 9: Ισοχώριες καμπύλες (ρhm) Αργολικού πεδίου το 2001.[15]



“Στη Δυτική Ελλάδα και κυρίως στην Ήπειρο υπαρκτό πρόβλημα υπάρχει στο Νομό Θεσπρωτίας, στις περιοχές Σαγράδα, Πλασταριά και στα Σίβα, ενώ στο Νομό Πρέβεζας υφάλμυρες ακτές συναντώνται ανάμεσα στην πόλη της Πρέβεζας και τη Νικόπολη. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υφάλμυρα υπόγεια και επιφανειακά νερά συναντώνται στις πηγές Σαντινικού, Περάματος και Χανόπουλο και Περάνθη Άρτας, μόνο που η μεγάλη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου και νατρίου οφείλεται στην επαφή υπόγειων υδροφορέων με δόμους ορυκτού άλατος (Εικόνα 10). Οι λόγοι που οδηγούν στην υφαλμύρωση οφείλονται περισσότερο στην εντατική καλλιέργεια των παράκτιων πεδιάδων, στην υπεράντληση των υδάτων εξαιτίας των πυκνοκατοικημένων παράκτιων περιοχών, αλλά και στο χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των καλλιεργητών όσον αφορά την αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων γεωργικών πρακτικών κυρίως για τις ώρες του ποτίσματος, καθώς πότισμα με ηλιοφάνεια έχει συνέπεια την κατακράτηση αλάτων από το έδαφος λόγω έντονης εξατμισοδιαπνοής. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής δεν επηρεάζει σε τόσο μεγάλο βαθμό την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα.”[15]



Εικόνα 10 : Υφάλμυρα υπόγεια νερά θαλάσσιας διείσδυσης.[15]

## 2.4.2 Υφαλμύρωση στην Νησιωτική Ελλάδα

“Στη νησιωτική Ελλάδα η κατάσταση δεν είναι καλύτερη σε σχέση με την ηπειρωτική. Εδώ σε συνδυασμό με όλους τους παράγοντες που επιδεινώνουν την υφαλμύρωση, πρέπει να προστεθεί το έντονο πρόβλημα επάρκειας των υδατικών πόρων που υπάρχει περισσότερο νησιά, ιδίως του Αιγαίου σε συνδυασμό με την έντονη τουριστική ανάπτυξη. Οι λιγοστές βροχοπτώσεις συνεπάγονται λιγοστά ανανεώσιμα αποθέματα νερού, οπότε η υπεράντληση των υδάτων αποτελεί μοναδική λύση, ειδικά στις παράκτιες περιοχές. Το αποτέλεσμα της περαιτέρω πτώσης του υδροφορέα είναι η υφαλμύρωση των λιγοστών υπόγειων νερών και το πρόβλημα κάποιες φορές αντιμετωπίζεται με αφαλάτωση του υφάλμυρου νερού όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο. Η παρουσίαση της κατάστασης στην Ελλάδα γίνεται αρχικά για τα νησιά του Αιγαίου, τα οποία εμφανίζουν εντονότερα προβλήματα με το υδατικό ισοζύγιο και στη συνέχεια αναφέρονται οι υφάλμυρες περιοχές στα νησιά του Ιονίου.

Στο Αιγαίο πέλαγος γενικά το φαινόμενο παρατηρείται σχεδόν σε όλους τους κάμπους των νησιών. Από το βόρειο Αιγαίο προς τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα, η υπεράντληση των υπόγειων νερών έχει δημιουργήσει τα σοβαρότερα προβλήματα υφαλμύρωσης στα νησιά Λέσβος, Χίος, Πάρος, Νάξος, Σάμος, Κως, και Ρόδος. Ακόμη, πρέπει να αναφερθεί πως το φαινόμενο παρατηρείται επίσης στα Βόρειες Σποράδες και στην Εύβοια. Ανάλογα προβλήματα εμφανίζονται και στο Ιόνιο πέλαγος, όπου τα νησιά με υφάλμυρες περιοχές είναι η Κεφαλονιά με έμφαση στις περιοχές του Αργοστολίου και της Σάμης, η Ιθάκη, η Ζάκυνθος και η Κέρκυρα.”[4]

Τέλος πρέπει να αναφερθεί και το νησί της Κρήτης, στο οποίο παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα υφαλμύρωσης, κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού. Υπάρχουν ήδη περιοχές στο νησί όπου έχει απαγορευθεί η άντληση και η διάνοιξη επιπλέον γεωτρήσεων προκειμένου να αποφευχθεί η εξάπλωση του φαινομένου (Εικόνα 13). Σε κάποιες από τις περιοχές της Κρήτης, η υφαλμύρωση οφείλεται σε γεωλογικούς παράγοντες, σε άλλες όμως οι ανθρωπογενείς παράγοντες είναι η αιτία του φαινομένου. Η περιοχή της Μεσσαράς κρίνεται πλέον προβληματική από πλευράς ποσότητας αλλά και ποιότητας των υπόγειων νερών, ενώ έχουν σημειωθεί και αρκετές καθιζήσεις.”[15]

## 2.5 Επιπτώσεις υφάλμυρου νερού στη γεωργία

“Όλα τα νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση από όπου και αν προέρχονται (πηγές, ποταμούς, υδατοφράκτες, γεωτρήσεις) περιέχουν ορισμένες ποσότητες διαλυτών αλάτων. Η συνολική ποσότητα, καθώς και το είδος των διαλυτών αλάτων που περιέχει το νερό αποτελούν τα κριτήρια ποιότητάς του για αρδευτικούς σκοπούς. Για να καθοριστεί το νερό ως κατάλληλο για άρδευση μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως το είδος της καλλιέργειας, ο τύπος και η ιδιότητες του εδάφους, οι κλιματολογικές συνθήκες και η μέθοδος άρδευσης.”[14]

“Η διεξαγωγή ανάλυσης του αρδευτικού νερού επιβάλλεται σε μια νέα διάτρηση, όταν υπάρχουν υποψίες λόγω εμφάνισης ύποπτων συμπτωμάτων στα φυτά και όταν υπάρχει σημαντική αλλαγή στη ροή του νερού. Παράλληλα, επιβάλλεται όπως το δείγμα του νερού για ανάλυση να παίρνεται όχι στο ξεκίνημα της άρδευσης, αλλά να αντιπροσωπεύει το αρδευτικό νερό και να μπαίνει σε καθαρό μπουκάλι. Όταν αρδεύονται καλλιέργειες με υφάλμυρα νερά αυτό μπορεί να οδηγήσει”[14]:

- Στη μείωση της πρόσληψης νερού από τις ρίζες των φυτών τα οποία εισέρχονται σε κατάσταση αδράνειας στο διάστημα μεταξύ δύο αρδεύσεων.
- Στις ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων λόγω ανταγωνισμού.
- Σε τοξικές επιδράσεις Νατρίου, Χλωρίου, Βορίου όταν αυτά βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα.

- Στη μείωση της διαπερατότητας του εδάφους, της κίνησης, δηλαδή, του νερού μέσα στο έδαφος.
- Στη μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας ως συνέπεια των παραπάνω.

“Τα συμπτώματα αλατότητας στα φυτά είναι η εμφάνιση μείωσης του φυλλώματος και περιορισμός των ριζών, μικρών βαθυπράσινων φύλλων και εύκολης μάρανσης των φυτών, περιφερειακών εγκαυμάτων στα φύλλα, αποφύλλωσης και νέκρωσης νεαρών βλαστών και λευκού επανθίσματος στην επιφάνεια του εδάφους. Το αρδευτικό νερό υψηλής αλατότητας μπορεί να διορθωθεί με την ανάμιξη του προβληματικού νερού με άλλο καλύτερης ποιότητας και με την αφαίρεση ποσότητας των αλάτων του (αφαλάτωση).”[14]

“Τις καλλιέργειες αβοκάντο στον Αποκόρωνα Χανίων απειλεί να καταστρέψει το ακατάλληλο νερό άρδευσης στο οποίο εντοπίζονται αυξημένα χλωρίοντα. Το ζήτημα που είχαν αναδείξει πρόσφατα τα Χανιώτικα νέα συζητήθηκε τον Οκτώβριο του 2017 στη Βουλή, ενώ ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης επισημαίνει την ανάγκη χρηματοδότησης από την Περιφέρεια για αποκατάσταση κατεστραμμένου αντλιοστασίου στον Στύλο. Στις 8 Σεπτεμβρίου 2017, τα “Χανιώτικα νέα” παρουσίασαν τα παράπονα καλλιεργητών για υφάλμυρο νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση της περιοχής του Αποκόρωνα, επισημαίνοντας την ανάγκη αποκατάστασης του ληλατημένου αντλιοστασίου στην ανατολική πλευρά του ποταμού Κοιλιάρη στα Πλατανάκια Στύλου.”[22]

“Υποστηρίζεται από βουλευτές επικρατείας ότι το αντλιοστάσιο κατασκευασμένο από τον Οργανισμό Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε στον ποταμό Κοιλιάρη αδυνατεί να λειτουργήσει σωστά με αποτέλεσμα να διατίθεται νερό ακατάλληλο για ύδρευση και άρδευση, καθώς περιέχει εξαιρετικά αυξημένο αριθμό χλωρίου, πράγμα που το καθιστά ακατάλληλο για τις καλλιέργειες και ειδικά για αυτές των νεαρών αβοκάντο.”[22]

“Τα αβοκάντο είναι πολύ ευαίσθητα στα χλωρίοντα όπως επισημαίνεται από γεωπόνους, οι οποίοι δηλώνουν ότι παραγωγοί ζητούν τη βοήθειά τους περιγράφοντας τα αντίστοιχα συμπτώματα τα οποία προκλήθηκαν από την ακαταλληλότητα του αρδευτικού νερού. Η μόνη λύση για το πρόβλημα είναι να γίνει ότι χρειάζεται προκειμένου το νερό να γίνει κατάλληλο, διαφορετικά οι παραγωγοί θα πρέπει να κάνουν πλύσεις με νερό από άλλες πηγές που προορίζεται για ύδρευση, πράγμα ανέφικτο αλλά και πολυέξοδο. Επισημαίνεται επίσης πως το πρόβλημα είναι ακόμα πιο έντονο σε χωράφια όπου και δεν γίνεται σωστή στράγγιση του νερού με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται μεγαλύτερες ποσότητες χλωριόντων στο έδαφος.”[22]

## 2.6 Τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου

“Η βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της υπαλαμύρωσης είναι η παρεμπόδιση της θαλάσσιας διείσδυσης με τη ρύθμιση του υδροφόρου, ώστε η σφήνα του θαλάσσιου νερού (πόδι της διεπιφάνειας) να ελέγχεται σε έναν αποδεκτό βαθμό. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο υδροφόρος μπορεί να είναι ρυπασμένος σε τέτοιο βαθμό, ώστε η ανάκτησή του να μην μπορεί να είναι εφικτή κάτω από συνθήκες τεχνητού εμπλουτισμού. Στις περιπτώσεις αυτές η εγκατάλειψη της χρήσης του υδατικού πόρου για ύδρευση είναι η μόνη λύση, παρά το γεγονός ότι το νερό μπορεί να χρησιμοποιείται ακόμη σε ορισμένες βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές.”[16]

“Μια δυναμική απειλή για την ποιότητα του νερού στον υποκείμενο υδροφόρο εμφανίζεται στις περιπτώσεις εκείνες που οι γεωτρήσεις χαρακτηρίζονται από κακοτεχνίες. Οι γεωτρήσεις αυτές μπορεί να παρέχουν μια διαδρομή μεταβίβασης αλμυρού νερού από τον υπερκείμενο προς τον υποκείμενο υδροφόρο. Οι μέθοδοι ελέγχου της θαλάσσιας διείσδυσης συνήθως έχουν εφαρμοστεί ή μελετηθεί σοβαρά μόνο σε περιοχές όπου οι υπεραντλήσεις του νερού προκάλεσαν την πτώση της στάθμης των υδροφόρων κάτω από το μέσο επίπεδο της θάλασσας. Σε πολλές περιοχές με σοβαρές υπεραντλήσεις, οι υδροφόροι δεν έχουν ακόμα απολέσει την ιδιότητά τους ως πηγές νερού και αυτό οφείλεται στην πολύ μικρή ταχύτητα κίνησης του αλμυρού νερού. Οι υπεύθυνοι φορείς των περιοχών αυτών βέβαια πρέπει να λύσουν το πρόβλημα, γιατί αν το αλμυρό νερό εισβάλλει στον υδροφόρο τότε απαιτούνται εκατοντάδες χρόνια για την επαναφορά του υδροφόρου στα επίπεδα εκείνα πριν την εκμετάλλευσή του. Διάφοροι φραγμοί ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρεμπόδιση ή την επιβράδυνση της θαλάσσιας διείσδυσης μέσα στον υδροφόρο, όπως”[16] :

- **Φραγμοί άντλησης**

“Οι φραγμοί ή κοιλώματα άντλησης δημιουργούνται από συνεχείς αντλήσεις κατά μήκος μιας γραμμής γεωτρήσεων πολύ κοντά στη ακτογραμμή, με αποτέλεσμα το γλυκό νερό να ρέει προς τη θάλασσα. Το αντλούμενο νερό είναι υφάλμυρο και ρίχνεται στη θάλασσα. Φραγμοί άντλησης έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιοχές για να παρεμποδίσουν ή να μειώσουν τη θαλάσσια διείσδυση. Το 1965 ένας φραγμός άντλησης μήκους 0,8 Km στον υδροφόρο Oxnard, στην Oxnard Plain, Ventura Country των ΗΠΑ, από το California Department of Water Resources. Ο πειραματικός αυτός φραγμός αποτελούμενος από 5 γεωτρήσεις σταμάτησε να λειτουργεί το 1968 εξαιτίας της διάβρωσης και επειδή αποδείχθηκε αναποτελεσματικός στην παρεμπόδιση της θαλάσσιας διείσδυσης. Οι φραγμοί αυτού του τύπου μπορεί να αντλήσουν και γλυκό νερό γι' αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται σε περιοχές που το γλυκό νερό σπανίζει.”[16]

“Οι Kashef (1977) και ο Stone (1978) θεωρούν ότι η διείσδυση της θάλασσας μπορεί τεχνικά να ελεγχθεί με τη μέθοδο αυτή, αλλά γενικά είναι πιο δαπανηρή από τους φραγμούς εμπλουτισμού (έγχυσης). Στις περισσότερες περιοχές όπου μελετήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής των μεθόδων αυτών, φάνηκε ότι οι φραγμοί άντλησης δεν είναι εφαρμόσιμοι από οικονομικής πλευράς. Παρόλα αυτά σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί η εφαρμογή τους να είναι οικονομικά συμφέρουσα, όπως σε χώρους απόθεσης επικίνδυνων αποβλήτων ή σε παράκτιο υδροφόρο με σχετικά περιορισμένη επικοινωνία με τη θάλασσα. Το κύριο πρόβλημα είναι ότι οι αντλήσεις προκαλούν σημαντική πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού σε όλη την υδρογεωλογική λεκάνη , με αποτέλεσμα το κόστος άντλησης να αυξάνεται συνεχώς ή κάποιες γεωτρήσεις να στερεύουν ή την ενεργοποίηση της κατακόρυφης κίνησης αλμυρού νερού προς το γλυκό νερό.”[3]

- **Φραγμοί εμπλουτισμού γλυκού νερού**

“Φραγμοί εμπλουτισμού σχηματίζονται από γεωτρήσεις εμπλουτισμού ή έγχυσης (injection well) με σκοπό τη διατήρηση ενός υβώματος πίεσης κατά μήκος της ακτογραμμής. Εδώ γλυκό νερό εγχέεται μέσα στον υδροφόρο με τη βοήθεια μιας γραμμής γεωτρήσεων παράλληλα προς την ακτή, αφού το νερό εμπλουτισμού ρέει τόσο προς την ενδοχώρα όσο και προς τη θάλασσα. Το δημιουργούμενο ύβωμα προστατεύει τον υδροφόρο από τη θαλάσσια διείσδυση.”[16]

“Ο κατάλληλος σχεδιασμός των αποστάσεων μεταξύ των γεωτρήσεων και η επιλογή των θέσεων θα διασφαλίσει ότι το νερό της θάλασσας δεν θα βρει διέξοδο μεταξύ των φραγμών για να διεισδύσει ή να κινηθεί κατακόρυφα. Γενικά απαιτείται μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων, που έχουν υψηλό κόστος συντήρησης και το πιο σημαντικό μια πηγή γλυκού νερού υψηλής ποιότητας. Ο σχεδιασμός και ο τρόπος κατασκευής των γεωτρήσεων εμπλουτισμού εξαρτώνται από τις ιδιαίτερες συνθήκες της θέσης της γεώτρησης, το χαλικό φίλτρο, την πάκτωση με υδαρές τσιμέντο γύρω από τον περιφραγματικό και την αντλία. Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας για να μειώνει τη συχνότητα απόφραξης, να αυξάνει την περίοδο λειτουργίας της γεώτρησης και να μειώνει το κόστος καθαρισμού.”[16]

“Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού είναι η Κύπρος, καθώς προσπαθεί να ανατρέψει το φαινόμενο της υπαλμύρωσης από το 1982 εφαρμόζοντας διάφορους μεθόδους τεχνητού εμπλουτισμού “[16]:

#### **A) Εμπλουτιστικά Φράγματα**

“Στην Κύπρο έχουν κατασκευαστεί τρία εμπλουτιστικά φράγματα, με στόχο να αποφευχθεί η ροή νερού προς τη θάλασσα και να βοηθηθεί ο εμπλουτισμός των αλουβιακών υδροφορέων. Δύο από τα φράγματα αυτά έχουν κατασκευαστεί στον Ποταμό Σερράχη (Φράγμα Μόρφου και Φράγμα Μάσσαρι) και το τρίτο στον Ποταμό Τρέμιθο, στο Κίτι. Η χωρητικότητα των φραγμάτων αυτών κυμαίνεται από 1,5 έως 3 εκατομμύρια m<sup>3</sup>. Η κατασκευή σχετικά μεγάλου μεγέθους εμπλουτιστικών φραγμάτων κρίνεται αποτελεσματική αλλά παρουσιάζει αυξημένο κόστος. Σημειώνεται επίσης ότι παρατηρείται προοδευτική μείωση της διηθητικής ικανότητας του φράγματος λόγω της στερεοπαροχής, για αυτό θα πρέπει να γίνεται αφαίρεση των υλικών αυτών μετά την ξήρανση της λεκάνης κατάκλισης.”[16]

#### **B) Κατασκευή μικρών εμπλουτιστικών φραγμάτων κατά μήκος της κοίτης των χειμάρρων.**

“Σε αρκετούς χειμάρρους έχουν κατασκευαστεί μικρά φράγματα-αναχώματα που το ύψος τους δεν ξεπερνά συνήθως τα 5 μέτρα. Η κατασκευή των φραγμάτων αυτών γίνεται στις περιοχές που οι χειμάρροι διασχίζουν πεδινούς, αλουβιακούς υδροφορείς. Τα φράγματα αυτά κατασκευάζονται διαδοχικά, το ένα μετά το άλλο και ο αριθμός τους εξαρτάται από τη ροή του χειμάρρου, τη στερεοπαροχή του και τη διηθητική ικανότητα των αποθέσεων της κοίτης του χειμάρρου. Το πρώτο φράγμα θα πρέπει να κατασκευάζεται σε περιοχές που η μεταφορική ικανότητα του χειμάρρου είναι μειωμένη (μικρή κλίση), για να αποφεύγονται έντονα προβλήματα στερεοπαροχής. Η κατασκευή των φραγμάτων-αναχωμάτων γίνεται με λιθοδομή από υλικά της κοίτης τα οποία τοποθετούνται σε μεταλλικά δίκτυα. Με την έναρξη της ροής οι λεκάνες κατάκλισης γεμίζουν με νερό και προκαλείται διαδοχική υπερχειλίση τους. Με τον τρόπο αυτό επιβραδύνεται η ροή του χειμάρρου, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει η επιφάνεια διήθησης. Η μέθοδος αυτή κρίνεται αρκετά αποτελεσματική και εφαρμόζεται ευρέως στους ποταμούς Περιστερώνας, Πεδιαίου και Γιαλλιά. Οι λεκάνες κατάκλισης θα πρέπει να συντηρούνται ετησίως με απομάκρυνση των υλικών που αποτίθενται σε αυτά.”[16]

## **Γ) Κατασκευή εμπλουτιστικών δεξαμενών παραπλεύρως της κοίτης**

“Στις περιπτώσεις που η κοίτη δεν προσφέρεται για σκοπούς εμπλουτισμού μπορούν να κατασκευάζονται εμπλουτιστικές δεξαμενές παραπλεύρως της κοίτης. Η διοχέτευση του νερού γίνεται με μικρά φράγματα μερικής εκτροπής τα οποία κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η στερεοπαροχή να είναι η ελάχιστη δυνατή. Τα φράγματα εκτροπής χρησιμοποιούνται επίσης από τους γεωργούς για άρδευση των αγροτεμαχίων τους κατά την περίοδο που υπάρχουν ροές. Η άρδευση την περίοδο αυτή γίνεται με τη μέθοδο της κατάκλισης. Οι αρδεύσεις με κατάκλιση σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το νερό μεταφέρεται σε ανοικτούς, μη στεγανούς αγωγούς, βοηθούν στον εμπλουτισμό του υδροφορέα. Φυσικά στην περίπτωση αυτή υπάρχουν σημαντικές απώλειες σε εξάτμιση.”[16]

### **Εμπλουτιστικά έργα με χρήση νερού από επιφανειακούς ταμιευτήρες**

#### **Τεχνητός εμπλουτισμός με ελεγχόμενη ροή νερού στη κοίτη**

“Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ελεγχόμενη απελευθέρωση νερού σε διάφορα σημεία της κοίτης, κατάντη των φραγμάτων, με στόχο τη φυσική λειτουργία της κοίτης και την εκμετάλλευση των καλών υδραυλικών χαρακτηριστικών των αποθέσεων της. Η μεταφορά του νερού από τα ανάντη φράγματα γίνεται συνήθως με κλειστούς αγωγούς. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αποτελεσματική ενώ το κόστος εφαρμογής της είναι μικρό. Ευρεία εφαρμογή της μεθόδου έγινε στον υδροφορέα Γερμασόγειας και Ακρωτηρίου, όπου οι υδροφορείς λειτούργησαν σαν φυσικά διυλιστήρια. Ειδικά όσο αφορά τον υδροφορέα Γερμασόγειας, η συμμετοχή του στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της πόλης της Λεμεσού ήταν καθοριστική αφού το 50% των υδρευτικών αναγκών της πόλης προέρχονταν από νερό του φράγματος Γερμασόγειας, το οποίο εμπλούτιζε τεχνητά τον υδροφορέα και στην συνέχεια αντλείτο μέσω γεωτρήσεων. Σημειώνεται εμφαντικά ότι ο ετήσιος τεχνητός εμπλουτισμός του υδροφορέα είναι δύομισι φορές μεγαλύτερος από τα μόνιμα αποθέματα του υδροφορέα. Σημαντικός είναι επίσης ο τεχνητός εμπλουτισμός που γίνεται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Κούρρη, κατάντη του ομώνυμου φράγματος. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στη ρύθμιση της ποσότητας του νερού που απελευθερώνεται από κάθε σημείο εμπλουτισμού. Στόχος πρέπει να είναι η εξεύρεση της βέλτιστης παροχής εμπλουτισμού, ούτως ώστε να μην προκαλούνται μεγάλες υδραυλικές κλίσεις, με κίνδυνο απωλειών νερού προς τη θάλασσα. Οι παροχές θα πρέπει να γίνονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και εάν είναι δυνατό να είναι σταθερές. Ο τεχνητός εμπλουτισμός βοήθησε επίσης στην βελτίωση της ποιότητας του υπόγειου νερού, αφού μετά την εφαρμογή του υποχώρησε η ζώνη υφαλμύρισης του υδροφορέα.”[16]

#### **Τεχνητός εμπλουτισμός μέσω γεωτρήσεων**

“Με την κατασκευή των επιφανειακών ταμιευτήρων υπήρξε προβληματισμός για τη διάθεση του νερού που πιθανόν θα υπερχείλιζε σε περιπτώσεις παρατεταμένης πολυομβρίας, παρά το γεγονός ότι το φαινόμενο αυτό δεν είναι συνηθισμένο για τα κυπριακά δεδομένα. Έχοντας υπόψη ότι ο υδροφορέας της Νότιο-Ανατολικής Μεσαριάς έχει υπεραντληθεί σε μεγάλο βαθμό και με δεδομένο ότι ο υδροφορέας αυτός διασχίζεται από το Νότιο Αγωγό, εκπονήθηκε σχετική έρευνα για να διαπιστωθεί εάν ο υδροφορέας αυτός προσφέρεται για σκοπούς τεχνητού εμπλουτισμού. Η έρευνα αφορούσε πειραματικό εμπλουτισμό σε δύο γεωτρήσεις, στην περιοχή Ξυλοφάγου και Ορμιδίας. Με την κατασκευή επίσης των πρώτων μεγάλων σταθμών τριτοβάθμιας βιολογικής επεξεργασίας των οικιστικών λυμάτων, κατέστη ακόμη πιο αναγκαία η διερεύνηση της πιθανότητας υπόγειας διάθεσης του ανακυκλωμένου νερού, για σκοπούς τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων. Για το σκοπό αυτό ανορύχθηκαν 16 εμπλουτιστικές και παραγωγικές γεωτρήσεις στον υδροφορέα Ακρωτηρίου ενώ επίσης έγιναν δύο πειράματα μακροχρόνιου τεχνητού εμπλουτισμού σε γεωτρήσεις.

Γενικά αναφέρεται ότι η επιτυχής εφαρμογή της μεθόδου τεχνητού εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων προϋποθέτει η στάθμη του υπόγειου νερού να είναι σε ικανοποιητικό βάθος και η λιθολογία της ακόρεστης και ειδικά της κορεσμένης ζώνης να είναι ευνοϊκή (χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά ή μακροπερατοί λιθολογικοί σχηματισμοί). Ταυτόχρονα η ποιότητα του νερού εμπλουτισμού θα πρέπει να είναι άριστη. Η μέθοδος αυτή μειονεκτεί γενικά των επιφανειακών μεθόδων, αλλά έχει δύο ουσιαστικά πλεονεκτήματα”[16]:

- Πρώτο μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις που οι επιφανειακές μέθοδοι δεν μπορούν να εφαρμοστούν λόγω του ότι η λιθολογία των επιφανειακών αποθέσεων δεν είναι ευνοϊκή,
- Δεύτερον μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που δεν υπάρχει ικανοποιητική έκταση για εφαρμογή επιφανειακών μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού.

“Θα ανέμενε κανείς ότι η συμπεριφορά του υδροφορέα κατά την άντληση και τον εμπλουτισμό θα ήταν ανάλογη. Δυστυχώς όμως κατά την πρακτική εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού σε γεωτρήσεις έχει διαπιστωθεί ότι παρουσιάζονται προβλήματα πολύ μεγαλύτερης ανύψωσης της στάθμης από ότι θα αναμενότανε με βάση τις δοκιμαστικές αντλήσεις, γεγονός που είναι γνωστό από τη διεθνή βιβλιογραφία. Το κυριότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι ή άμεση ή, η προοδευτική απόφραξη των πόρων του υδροφορέα, που οφείλεται κυρίως στον εγκλωβισμένο αέρα, στα αιωρούμενα στερεά σωματίδια που περιέχει το νερό εμπλουτισμού, στη διόγκωση των αργιλικών ορυκτών της ακόρεστης ζώνης, σε χημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού εμπλουτισμού, του υπόγειου νερού και του υδροφορέα (καθίζηση ιζημάτων, ανταλλαγή ιόντων κλπ), σε διαφορά θερμοκρασίας (απελευθέρωση αερίων), καθώς και στην ανάπτυξη και δράση μικροοργανισμών. Επίσης η μείωση της ικανότητας εμπλουτισμού μπορεί να αποδοθεί σε μείωση του ενεργούς πορώδους που παρατηρείται λόγω αναδιάταξης των κόκκων, μετά από διαδοχικούς κύκλους εμπλουτισμού και άντλησης (φόρτιση – αποφόρτιση του υδροφορέα). Σημειώνεται ότι τα μεγαλύτερα προβλήματα απόφραξης παρουσιάζονται στα λεπτόκοκκα υλικά.”[16]

- **Τεχνητοί υπόγειοι φραγμοί**

“Η δημιουργία τεχνητών υπόγειων φραγμών, σε όλη την έκταση του υδροφόρου και παράλληλα προς την ακτογραμμή, περιλαμβάνει την κατασκευή κουρτίνας από πασσαλοσανίδες ή την κατασκευή τάφρων από άργιλο ή την έγχυση αδιαπέρατων υλικών μέσω γεωτρήσεων όπως μπετονίτη, υδατοστεγανή άργιλο και ρευστοκονίαμα από τσιμέντο. Ο Kashaf δηλώνει ότι, παρά τη τεχνική αρτιότητα των μεθόδων κατασκευής τους το κόστος είναι συνήθως πάρα πολύ υψηλό, επειδή το απαιτούμενο βάθος είναι μεγάλο. Ακόμα και στις περιπτώσεις των ανώτερων στρωμάτων όπου το κόστος μπορεί να μην είναι απαγορευτικό, μπορεί να έχουμε πλημμύρισμα παράκτιων χαμηλών περιοχών πίσω από το φραγμό. Το κόστος σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το βάθος της εκσκαφής, το μήκος του τοιχίου και το κόστος των διαθέσιμων υλικών. Φραγμοί τέτοιου είδους απαιτούν εκσκαφή μέχρι το στεγανό υπόβαθρο για να είναι αποτελεσματικοί. Τα αδιαπέρατα τοιχία μπορεί να είναι 100 % αποτελεσματικά αλλά στην πράξη πάντα υπάρχουν κενά στην κατασκευή τους επίσης είναι ευπαθή στους σεισμούς και τη χημική διάβρωση.”[16]



## 2.7 Έξυπνη διαχείριση άρδευσης παράκτιων υδροφόρων

“Η χρέωση του νερού συναρτάται άμεσα με τις εκτιμώμενες ανάγκες κατανάλωσης για κάθε είδος καλλιέργειας. Όταν δεν υπάρχει υπέρβαση των αναγκαίων όγκων νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών η χρέωση είναι ελάχιστη ως μηδενική, αλλά μπορεί και πρέπει να γίνει σημαντική σε περιπτώσεις υπερκατανάλωσης, αφού”[19]:

- στερεί το πολύτιμο νερό από άλλους χρήστες,
- προκαλεί διάβρωση του εδάφους,
- ενισχύει τις πιθανότητες ρύπανσης των νερών με αγροχημικά,
- συνεισφέρει στην πρόκληση θαλάσσιας διείδυσης,
- αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας.

“Η χρέωση πραγματοποιείται με βάση τον όγκο νερού που καταναλώνεται. Η μέτρηση του όγκου σε κλειστά δίκτυα γίνεται με τα υδρόμετρα, που επιτρέπουν την ακριβή καταγραφή της συνολικής κατανάλωσης (ώστε να αποφεύγεται η χρέωση για νερό που δεν έχει χρησιμοποιηθεί), αλλά και τον έλεγχο εφαρμογής της ορθής δόσης νερού σε κάθε άρδευση. Ο έλεγχος της κατανάλωσης οδηγεί σε εξοικονόμηση νερού που αποφέρει σημαντικά οφέλη”[19]:

1. μείωση ενέργειας άντλησης,
2. προστασία του αγρού από διάβρωση,
3. βελτίωση της απόδοσης των εφαρμοζόμενων αγροχημικών, ελαχιστοποίηση των εισροών αγροχημικών στο περιβάλλον,
4. προστασία της καλλιέργειας από προσβολές που σχετίζονται με υπερβολική υγρασία,
5. προστασία και αύξηση χρόνου ζωής υδροληπτικού έργου, αντλητικού συγκροτήματος και αρδευτικού συστήματος,
6. περιορισμός πιθανότητας πρόκλησης θαλάσσιας διείδυσης/ενεργοποίησης υδροφόρου ορίζοντα με νερό κακής ποιότητας.

“Ο παραγωγός μετρώντας αντλεί μόνο όσο νερό χρειάζεται, ελαχιστοποιεί τη χρέωση από τη χρήση νερού και συνεισφέρει τόσο στην προστασία των υδατικών σωμάτων από ρύπανση όσο και στην αποκατάσταση αυτών που βρίσκονται σε κακή κατάσταση. Καλή κατάσταση υδατικών σωμάτων ή ακόμα και σημάδια ανάκαμψης σημαίνει μικρότερο κόστος έργων και μέτρων διαχείρισης του προβλήματος, άρα και μείωση ή μηδενισμό της χρέωσης χρήσης νερού. Παράλληλα, η χρέωση και η εξοικονόμηση νερού οδηγούν άμεσα και έμμεσα σε σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής αφού μειώνονται οι δαπάνες”[19]:

- άντλησης,
- συντήρησης και επισκευών,
- διαχείρισης/προστασίας,
- αποκατάστασης του εδάφους και προμήθειας αγροχημικών.

“Πέρα από το κέρδος αυτό, επιτυγχάνεται η παραγωγή προϊόντων σε καθαρό περιβάλλον, ένας στόχος που αποτελεί ζητούμενο σε πολλά συστήματα πιστοποίησης του σύγχρονου επιχειρηματικού αγροτικού κόσμου. Ένας στόχος που προσδίδει προστιθέμενη αξία στο υψηλής ποιότητας ελληνικό προϊόν. Στη χώρα μας η ογκοχρέωση του αρδευτικού νερού εφαρμόζεται σε περιορισμένες περιοχές και δεν περιλαμβάνει ακόμα το κόστος χρήσης του νερού. Από τα περίπου 34 εκατομμύρια καλλιεργούμενης έκτασης τα 14 ~ εκατομμύρια είναι αρδευόμενες εκτάσεις. Οι αναγκαίες ετήσιες ποσότητες νερού για την άρδευση των εκτάσεων αυτών, σε ποσοστό περίπου 70%, προέρχονται από επιφανειακά ύδατα και ένα ποσοστό περίπου 30% από υπόγεια νερά. Η κυριότερη πηγή διατήρησης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων είναι η βροχόπτωση και η χιονόπτωση.”[19]



- Τα μεγαλύτερα ποσά βροχής εμφανίζονται στις δυτικές περιοχές της χώρας, καθώς και σε μερικές άλλες περιοχές με μεγάλα υψόμετρα όπως Κρήτη, Εύβοια και Κεντρική Πελοπόννησος.
- Τα μικρότερα ποσά βροχής εμφανίζονται στην Αττική, στις Κυκλάδες και τη Θεσσαλία.
- Η Δυτική Μακεδονία και γενικότερα οι περιοχές της Βόρειας Ελλάδας χαρακτηρίζονται από ισοκατανομή των βροχοπτώσεων σε όλους τους μήνες, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές που χαρακτηρίζονται από υγρό χειμώνα και ξηρό καλοκαίρι.

“Με βάση τα παραπάνω κλιματικά αυτά χαρακτηριστικά φαίνεται ότι η διαθεσιμότητα νερού είναι μεγαλύτερη στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα, ενώ η Αττική, οι Κυκλάδες, η Θεσσαλία και η Ανατολική Πελοπόννησος είναι ελλειμματικές σε νερό. Τα τελευταία χρόνια και λόγω της κλιματικής αλλαγής, σε κάποιες περιοχές της χώρας, παρατηρείται μια τάση μείωσης των βροχοπτώσεων, η οποία οδηγεί και σε μείωση των απορροών. Η διαθεσιμότητα του νερού κατά την καλλιεργητική περίοδο, το είδος της καλλιέργειας και ο τρόπος άρδευσης διαφοροποιούν το κόστος άρδευσης και κατά συνέπεια το οικονομικό αποτέλεσμα της γεωργικής εκμετάλλευσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το κόστος άρδευσης στη καλλιέργεια Αραβοσίτου αντιπροσώπευε το 10% του συνολικού κόστους εισροών, σύμφωνα με τα στοιχεία του Ευρωπαϊκού Δικτύου Γεωργικής Λογιστικής για το έτος 2014. Εάν στο παραπάνω ποσοστό συμπεριληφθούν τόσο το ποσοστό συμμετοχής της άρδευσης στις δαπάνες ενέργειας όσο και του επενδυμένου μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και το χρηματοοικονομικό κόστος, το τελικό ποσοστό υπερβαίνει το 10%. Υπάρχουν τρόποι καλύτερης διαχείρισης των υδάτων και μείωσης του κόστους άρδευσης; Ενδεικτικές τεχνικές καλύτερης διαχείρισης των υδάτινων πόρων και μείωσης του κόστους άρδευσης καθώς και του κόστους ενέργειας που χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς είναι”[19]:

- **Ο σωστός προγραμματισμός της άρδευσης**, που θα βασίζεται σε ημερήσια παρακολούθηση των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής, της εδαφικής υγρασίας, του σταδίου ανάπτυξης του φυτού και των αναγκών του σε νερό για κάθε στάδιο. Στη βαμβακοκαλλιέργεια, για παράδειγμα, οι ανάγκες σε νερό είναι αυξανόμενες μέχρι και το στάδιο της εμφάνισης του πρώτου καρυδιού, όπου έχουμε και τις υψηλότερες απαιτήσεις του φυτού σε νερό, ενώ στα επόμενα βλαστικά στάδια οι αναγκαίες ποσότητες του νερού μειώνονται χωρίς να υπάρχει μείωση στην τελική παραγωγή. Μάλιστα, σε κάποιες ποικιλίες έχει παρατηρηθεί αύξηση των αποδόσεων. Επίσης δεν είναι λίγες οι φορές, κυρίως τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, που έχουμε δει να λειτουργούν αρδευτικά συστήματα ενώ παράλληλα επικρατεί βροχόπτωση στην περιοχή.
- **Εφαρμογή αποδοτικότερων συστημάτων**, όπως άρδευση με σταγόνες ή υπόγεια άρδευση. Κυρίως σε γραμμικές καλλιέργειες και σε δενδρώδεις με την άρδευση με σταγόνες η εξοικονόμηση νερού μπορεί να φθάσει και το 65%. Παράλληλα γίνεται και εξοικονόμηση ενέργειας αφού λειτουργούν με πίεση που κυμαίνεται από 1,02 atm έως 3,4 atm ενώ αντίστοιχα για τα ποτιστικά καρούλια η πίεση ξεκινά από 2 atm. Επίσης με τις σταγόνες επιτυγχάνεται μείωση της ανάπτυξης ζιζανίων μεταξύ των γραμμών και συνεπώς μείωση του κόστους ζιζανιοκτονίας.
- **Συλλογή και αποθήκευση βρόχινου νερού**. Δεν είναι λίγες οι περιοχές όπου έχουν διατηρηθεί οι πέτρινες δεξαμενές (στέρνες) για τη συλλογή βρόχινου νερού είτε από παρακείμενα κτίρια ή με την κατασκευή περιμετρικού συλλέκτη. Για παράδειγμα, η αποθήκευση νερού που μπορεί να συλλεχθεί από την οροφή μίας κτηνοτροφικής ή θερμοκηπιακής μονάδας κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων μπορεί να παρέχει σημαντική εξοικονόμηση της χρήσης των

υπόγειων και επιφανειακών υδάτων που καταναλώνονται από τις μονάδες αυτές.

- **Χρήση ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία ή με μικρότερες ανάγκες σε νερό.** Πολλές από τις ντόπιες ποικιλίες που καλλιεργούνται παλαιότερα, μέσα από τη φυσική επιλογή, ήταν προσαρμοσμένες στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και πολλές από αυτές είχαν ελάχιστες απαιτήσεις σε νερό. Βέβαια οι αποδόσεις τους ήταν χαμηλές. Σήμερα σε αρκετές καλλιέργειες έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες με υψηλή απόδοση και ανθεκτικότητα στην ξηρασία.
- **Χρήση οργανικής λίπανσης.** Η οργανική ουσία στο έδαφος βελτιώνει τη δομή του εδάφους και αυξάνει την υδατοϊκανότητά του. Άρα συνεπώς μειώνεται η διάβρωση και η ακολουθημένη ρύπανση.
- **Η χρήση πρόσθετων εξαρτημάτων στους ηλεκτροκινητήρες των αντλητικών συγκροτημάτων.** Με την προσθήκη εξαρτημάτων ελέγχου των στροφών του ηλεκτροκινητήρα του αντλητικού συγκροτήματος επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της αναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αφού οι στροφές λειτουργίας του προσαρμόζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του αρδευτικού συστήματος σε παροχή νερού και πίεση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΦΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

#### 3.1 Γενικά

“Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για την αναζήτηση πηγών ύδρευσης στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες της Μεσογείου αυξάνεται ραγδαία. Στην Ελλάδα το πρόβλημα της λειψυδρίας παρουσιάζεται έντονα στα νησιά χωρίς όμως να εξαιρούνται και άλλες περιοχές όπως η Θεσσαλία, ο Βόλος, η Αττική. Η μείωση των βροχοπτώσεων, η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου και του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα, οι ακραίες μετεωρολογικές μεταβολές (αύξηση των ανέμων, αύξηση της θερμοκρασίας), και η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μερικοί παράγοντες που οδήγησαν πολλές περιοχές της Ελλάδας στην λειψυδρία. Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων οφείλεται στην έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, στη κακή υποδομή όσον αφορά στα δίκτυα ύδρευσης και αποθήκευσης νερού, στην παραμέληση αντιπλημμυρικών έργων που μπορούν να ενισχύσουν αρδευτικά ελλείμματα και στην τάση για προσωρινές και μη αποτελεσματικές λύσεις. Οι εναλλακτικές λύσεις, που εφαρμόζονται σε πολλές περιπτώσεις, όπως η κατασκευή φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών, πέραν του υψηλού κόστους τους, σε πολλές περιπτώσεις θεωρήθηκαν μη ικανές να λύσουν το πρόβλημα της λειψυδρίας εφόσον προϋποθέτουν την ύπαρξη ποταμών ή χειμάρρων και γενικότερα την ύπαρξη ομβρίων υδάτων τα οποία όλο και λιγστεύουν.”[3]

“Η μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια το πιο διαδεδομένο τρόπο παροχής νερού στα Ελληνικά νησιά επιβαρύνοντας κατά πολύ το ταμείο του κράτους. Το νερό που παρέχεται δεν χαρακτηρίζεται ως πόσιμο ενώ η προσέγγιση των δεξαμενόπλοιων στα λιμάνια των μικρών νησιών δεν είναι πάντα εφικτή. Παρόλα αυτά ακόμα και σήμερα θεωρείται από πολλούς η μοναδική λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας των νησιών. Για την παραγωγή πόσιμου αλλά και βιομηχανικού νερού διαφόρων ποιοτικών απαιτήσεων, από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι αφαλάτωσης. Μερικές από αυτές τις μεθόδους έχουν σημαντικό αριθμό εμπορικών εφαρμογών. Χώρες όπως η Ισπανία, η Μάλτα και η Σαουδική Αραβία, καλύπτουν μεγάλο μέρος των αναγκών τους σε πόσιμο νερό με την χρήση συστημάτων αφαλάτωσης.”[3]

“Ο όρος αφαλάτωση αναφέρεται σε κάθε επιμέρους διαδικασία απομάκρυνσης του πλεονάζοντος αλατιού και άλλων μετάλλων από το νερό, με σκοπό την παραγωγή φρέσκου νερού κατάλληλου για κατανάλωση από ζώα και άρδευση. Στην περίπτωση που απομακρυνθεί το σύνολο του αλατιού, το παραγόμενο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κατανάλωση από τους ανθρώπους. Το νερό το οποίο υφίσταται αφαλάτωση μπορεί να είναι θαλάσσιο, υφάλμυρο ή ακόμα και επεξεργασμένα λύματα.”[3]

“Η πρώτη χρήση της αφαλάτωσης, γίνεται από τους αρχαίους Έλληνες τον 4<sup>ο</sup> αιώνα με αναφορά του Αριστοτέλη, όπου περιγράφει την μικρές συσκευές εξάτμισης του θαλασσινού νερού. Επίσης από αραβικά κείμενα του 8<sup>ου</sup> αιώνα, φαίνεται ότι και οι Άραβες ήταν γνωστοί με την ιδέα αυτή.”[27]

“Τον 16<sup>ο</sup> αιώνα υπάρχουν αναφορές πως Ευρωπαίοι θαλασσοπόροι μεταφέρουν στα πλοία τους μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες προορίζονται για χρήση μόνο σε επείγοντα περιστατικά. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας το 1850 ο Norbert Rillieux αναπτύσσει μέθοδο μείωσης της ενέργειας κατά την απόσταξη ζάχαρης, και η τεχνολογία του ξεκινά να εφαρμόζεται το 1950 σε τεχνικές αφαλάτωσης. Παράλληλα το 1928 στη Σαουδική Αραβία ολοκληρώνεται η πρώτη μονάδα αφαλάτωσης πολυβάθμιας εξάτμισης (MED) στην Τζέντα, και από το 1969 ξεκινάει και οι κατασκευές των πρώτων μονάδων πολυβάθμιων εκτονώσεων (MSF). Το 1960 ξεκινά

στην Καλιφόρνια έρευνα για αφαλάτωση με μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης και το 1965 κατασκευάζεται και η πρώτη πειραματική μονάδα επεξεργασίας υφάλμυρου νερού με την αντίστοιχη τεχνολογία.”[27]

### 3.2 Μέθοδοι Αφαλάτωσης

“Οι διεργασίες αφαλάτωσης γενικά διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες”[8]:

- Σε διεργασίες που περιλαμβάνουν αλλαγή φάσης (θερμικές διεργασίες). Αυτές είναι η απόσταξη και η κρυστάλλωση. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF), η πολυβάθμια εξάτμιση «(Multiple Effect Distillation, MED)», η εξάτμιση με συμπίεση ατμών, «(Vapor Compression, VC)».
- Σε διεργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται σε μια μόνο φάση, δηλαδή την υγρή. Σ’ αυτή την κατηγορία ανήκουν η αντίστροφη ώσμωση «(Reverse Osmosis, RO)» και η ηλεκτροδιάλυση «(Electrodialysis, ED)», οι οποίες χρησιμοποιούν μεμβράνες για την απομάκρυνση των αλάτων.

#### 1. Πολυβάθμια Εκτόνωση (MSF)



**Εικόνα 11 : Εγκατάσταση MSF στη Σαουδική Αραβία.[8]**

“Τέτοιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις χώρες της Μέση Ανατολής Σαουδική Αραβία, Εμιράτα, Κουβέιτ, καλύπτοντας το 40% της παγκόσμιας χρήσης αφαλάτωσης. Μια τέτοια μονάδα διακρίνεται στην Εικόνα 11. Η μέθοδος πολυβάθμιας εκτόνωσης MSF είναι μεταγενέστερη της πολυβάθμιας εξάτμισης MED που αναφέρεται πιο κάτω και η αρχή λειτουργίας της είναι η εξής: Το θαλασσινό νερό, αφού θερμανθεί σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη από το σημείο βρασμού εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο όπου επικρατεί πίεση χαμηλότερη από την πίεση κορεσμού και επομένως το νερό ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό και υγροποιείται. Στη συνέχεια συλλέγεται ως καθαρό νερό. Το φαινόμενο επαναλαμβάνεται στους επόμενους θαλάμους με την υπολειπόμενη άλμη και με πίεση συνεχώς μειούμενη.”[27]

“Συχνά είναι συμφέρον οι εγκαταστάσεις αυτές της αφαλάτωσης να βρίσκονται κοντά σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ώστε να γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Δηλαδή, ο ατμός υψηλής πίεσης πρώτα να εκτονώνεται στον ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ισχύος και κατόπιν να χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση. Μπορούμε δυνητικά να θεωρήσουμε ως βαθμό απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης το πηλίκο της μάζας του παραγόμενου αποσταγμένου νερού προς την μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε. Για την συγκεκριμένη αυτή μέθοδο, ένας τυπικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου 8, ενώ μια μονάδα 20 βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/kg προϊόντος.”[8]

## **2. Πολυβάθμια εκτόνωση (MED)**

“Η πολυβάθμια εξάτμιση δεν είναι και τόσο διαδεδομένη, διότι λόγω τεχνικών προβλημάτων αντικαταστάθηκε σταδιακά τα τελευταία χρόνια από την πολυβάθμια εκτόνωση. Παρ’ όλα αυτά, λόγω του ότι παρουσιάζει καλύτερο συντελεστή θερμικής απόδοσης αρχίζει να ξανακερδίζει έδαφος. Στην πολυβάθμια εξάτμιση ο ατμός περνάει μέσα από σωλήνες, ενώ το κρύο θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω τους δημιουργώντας ένα πολύ λεπτό στρώμα νερού, το οποίο εξατμίζεται άμεσα. Έτσι, μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενόσω συνεχίζουν στην επόμενη βαθμίδα ο υπόλοιπος ατμός μαζί με το υπόλοιπο θαλασσινό νερό που απέμεινε από την ατμοποίηση. Μια τέτοια μονάδα διακρίνεται στην Εικόνα 12. Και στη μέθοδο αυτή σε κάθε θάλαμο υπάρχει αντλία κενού που υποβοηθά την εξάτμιση, με βαθμιαία μειούμενη πίεση σε κάθε βαθμίδα, που ισούται με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία του κάθε θαλάμου. Αυτό έχει σαν όφελος να επιτρέπει την λειτουργία τόσο σε υψηλή όσο και σε χαμηλή θερμοκρασία, συχνά δε, η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να είναι μέχρι και 55οC, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενη θερμότητα από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ’ την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομορροή, αντιρροή ή παράλληλη).”[8]



**Εικόνα 12: Εγκατάσταση MED στο Ομάν.[8]**



### 3. Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (VC)

“Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποδοτική και απλή στην κατασκευή σε σχέση με τις προηγούμενες που αναφέρθηκαν, και πιο αποτελεσματική χωρίς πολλαπλά στάδια. Το κρύο νερό της θάλασσας ψεκάζεται πάνω σε σωλήνες που τους διαπερνά καυτός ατμός, θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υπό πίεση. Σκόπιμη είναι η δημιουργία λεπτού στρώματος νερού πάνω στους σωλήνες για την καλύτερη απόδοση της εγκατάστασης. Κατόπιν οι καθαροί υδρατμοί συλλέγονται, συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν. Μια τέτοια μονάδα διακρίνεται στην Εικόνα 13. Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τις προηγούμενες καθώς λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και η εξάτμιση προκαλείται αποκλειστικά και μόνο από την χαμηλή πίεση. Το κλειδί στην λειτουργία της μονάδας είναι η δημιουργία λεπτού φιλμ πάνω στους σωλήνες, για την αποτελεσματικότερη εξάτμιση και απόδοση. Έτσι δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη πηγής θερμότητας. Η μέθοδος αυτή μπορεί να παράγει μέχρι και 3000 m<sup>3</sup>/ημέρα.”[27]

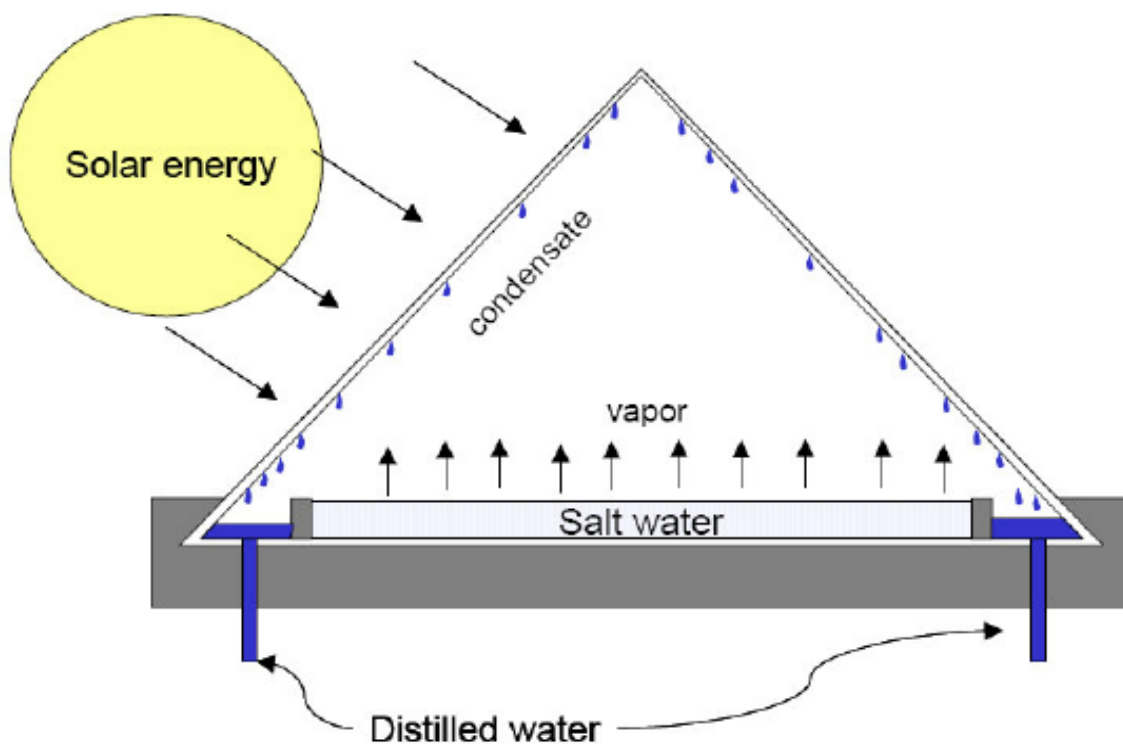


**Εικόνα 13: Εγκατάσταση VC στο Ramnad της Ινδίας.[8]**

#### 4. Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

“Η τεχνική που χρησιμοποιείται για την χρήση της ηλιακής ενέργειας στην αφαλάτωση, βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν ελάχιστο ή μηδενικό κόστος λειτουργίας εφόσον δεν χρησιμοποιούν κανενός είδους καύσιμο και ως εκ τούτου δεν ρυπαίνουν καθόλου το περιβάλλον. Οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πυθμένα (Εικόνα 14). Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Η μέγιστη θερμοκρασία ενός τέτοιου θερμοκηπίου φτάνει περίπου τους 45ο – 55ο C το καλοκαίρι.”[8]

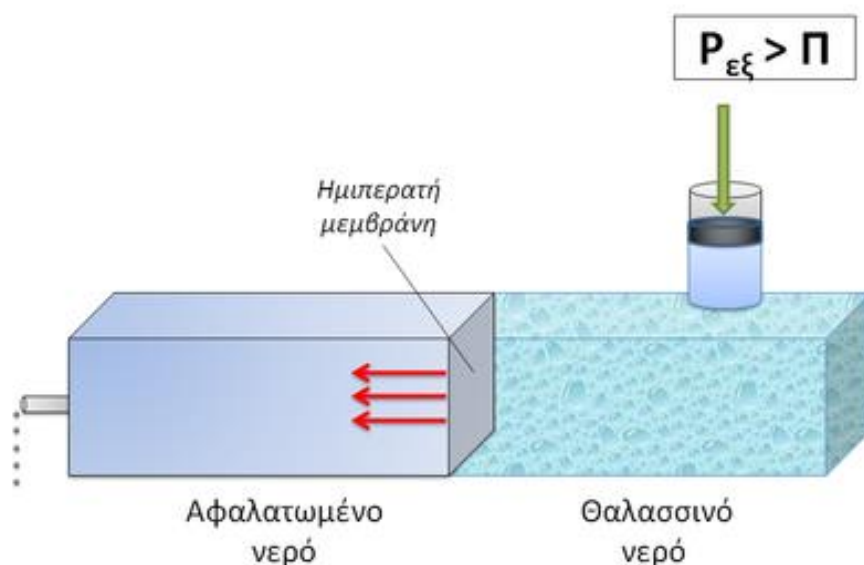
“Το μοναδικό κόστος είναι αυτό των υλικών κατασκευής και ως εκ τούτου θα πρέπει να αναζητηθούν σχετικώς φτηνά υλικά κατασκευής. Βέβαια, η απόδοση τέτοιων εγκαταστάσεων είναι χαμηλή, περίπου 3,5 λίτρα καθαρό νερό ανά m<sup>2</sup> εδάφους, και μάλιστα νερό όχι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζεται και περαιτέρω επεξεργασία.”[8]



Εικόνα 14: Απεικόνιση λειτουργίας της ηλιακής απόσταξης.[8]

#### 5. Αντίστροφη Ωσμωση (Reverse Osmosis)

“Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο φαινόμενο της ώσμωσης, το οποίο απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στις λειτουργίες των κυττάρων, όπως π.χ. των νεφρών. Το φαινόμενο της ώσμωσης είναι το εξής”[8]:



Εικόνα 15: Η αρχή της λειτουργίας της αντίστροφης ώσμωσης.[8]

“Τα δύο τμήματα του δοχείου που φαίνεται στην Εικόνα 15 χωρίζονται από μια μεμβράνη πορώδους υλικού του οποίου οι πόροι είναι πολύ μικροί. Το ένα τμήμα περιέχει ποσότητα καθαρού νερού , ενώ το άλλο ίση ποσότητα νερού με διαλυμένα μόρια αλατιού σε αυτό. Οι στάθμες αρχικά βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ενώ μετά από λίγη ώρα η στάθμη του τμήματος που περιέχει το αλάτι ανεβαίνει διότι τα όρια του νερού που βρίσκονται στο τμήμα με το καθαρό νερό διέρχονται της μεμβράνης. Το διάλυμα δηλαδή με την μικρότερη συγκέντρωση θα περάσει μέσα από την μεμβράνη προς το πυκνότερο διάλυμα μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις. Αν με κάποιο τρόπο ανακοπεί η πορεία των μορίων του καθαρού νερού προς το αλατούχο , εφαρμόζοντας κάποια πίεση , τότε η ροή σταματά και τα δύο διαλύματα βρίσκονται κάτω από μια ισορροπία πιέσεων. Η πίεση που εφαρμόζεται, ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Εάν αυξηθεί η τεχνητή πίεση στο αλατούχο διάλυμα , θα συμβεί το εξής φαινόμενο: Το νερό που υπάρχει στο αλατούχο διάλυμα θα περνά στο διαμέρισμα με το καθαρό νερό και η στάθμη αυτού του διαμερίσματος θα ανεβαίνει.

Μέσα από τους πόρους της μεμβράνης διέρχεται μόνο το καθαρό νερό, ενώ το αλάτι παραμένει στο διαμέρισμα του αλατούχου διαλύματος και η στάθμη του συνεχώς κατεβαίνει.”[8]

“Το υφάλμυρο ή θαλασσινό νερό πρέπει να περάσει ορισμένα στάδια επεξεργασίας”[3]:

- **Στάδιο προεπεξεργασίας.**
- **Στάδιο αντίστροφης ώσμωσης**
- **Τελικό στάδιο επεξεργασίας**

“Από το 2010 ξεκινούν και λειτουργούν ήδη συνδυαστικές μονάδες αφαλάτωσης όπου συνδυάζεται η λειτουργία της αντίστροφης ώσμωσης με αυτή των πολυβάθμιων εκτονώσεων και εξατμίσεων, σε χώρες της Μέση Ανατολής. Μία από αυτές τις εγκαταστάσεις είναι η «Shuqaiq 2» της εταιρίας IWPP στη Σαουδική Αραβία. Η κατασκευή της ξεκίνησε το 2007 και τέθηκε σε λειτουργία το 2010 ενισχύοντας έτσι το δίκτυο πόσιμου νερού αλλά και το ενεργειακό δίκτυο καθώς το σύμπλεγμα



περιλαμβάνει και ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και συνδυάζει την πολυβάθμια εκτόνωση με την αντίστροφη ώσμωση. Αντίστοιχα από την ίδια εταιρία κατασκευάστηκε το 2011 στα Ενωμένα Αραβικά Εμιράτα η «Fujairah F2», η οποία και αυτή περιλαμβάνει σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και συνδυάζει την πολυβάθμια εξάτμιση με την αντίστροφη ώσμωση.”[27]

## **6. Ηλεκτροδιάλυση**

“Στην ηλεκτροδιάλυση ή ηλεκτροδιαπίδραση, χρησιμοποιείται η αρχή της ηλεκτρόλυσης για να καθαρίσει το νερό. Το προς αφαλάτωση νερό περνάει μέσα από ένα δοχείο το οποίο περιέχει μια άνοδο και μια κάθοδο και είναι χωρισμένο σε κανάλια τα οποία περιέχουν το συμπυκνωμένο νερό προς επεξεργασία αλλά και το καθαρό νερό. Τα κανάλια χωρίζονται μεταξύ τους με φορτισμένες μεμβράνες που διαχωρίζουν επιλεκτικά τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων αναλόγως με το τι φορτίο έχουν και τα απομακρύνουν από το καθαρό νερό. Τα ιόντα είναι οι – θετικά και αρνητικά – ηλεκτρικά φορτισμένες μονάδες των μετάλλων και των ριζών που βρίσκονται στο νερό. Έστω ότι μέσα σε ένα δοχείο διαλύεται μια ποσότητα χλωριούχου νατρίου. Σε αυτήν την υδάτινη μάζα θα υπάρχουν ιόντα Νατρίου και ιόντα Χλωρίου. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στο διάλυμα ηλεκτρική τάση μέσω δύο ηλεκτροδίων που βυθίζονται μέσα στο διάλυμα και επομένως επιβάλλεται ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο διάλυμα. Τα φορτισμένα ιόντα κινούνται προς την κατεύθυνση των ηλεκτροδίων εκείνων που έχουν αντίθετο φορτίο με αυτά. Στην αφαλάτωση με ηλεκτρόλυση, το ηλεκτρολυτικό κελί περιλαμβάνει δύο μεμβράνες σαν διαχωριστικά τοιχώματα. Στα πλευρικά τοιχώματα υπάρχουν τα ηλεκτρόδια της συσκευής που συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος. Στην συσκευή διοχετεύεται θαλασσινό νερό. Κατά την κίνησή τους, τα διαλυμένα ιόντα προσκολλώνται στις μεμβράνες με επιλεκτικό τρόπο. Τα ιόντα των αλάτων που συνήθως περιλαμβάνονται στο νερό διαπερνούν τις μεμβράνες εγκαταλείποντας τον ενδιάμεσο θάλαμο. Έτσι ο ενδιάμεσος θάλαμος περιέχει νερό με λιγότερα άλατα και επομένως πιο καθαρό.”[18]

“Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να λειτουργήσει με μη ιοντικά στερεά, ενώ επίσης η απαιτούμενη ενέργεια είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων. Οι ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος είναι ανάλογες της αλατότητας του νερού. Παρομοίως λόγω της χαμηλής αγωγιμότητας η οποία αυξάνει τις ενεργειακές απαιτήσεις για πολύ καθαρό νερό, η διαδικασία δεν ενδείκνυται για νερό με περιεχόμενα διαλυτά στερεά λιγότερα των 400 ppm. Η μέθοδος αυτή προτιμάται σε υφάλμυρα νερά, με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων. Συχνά, για την βέλτιστη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, ώστε τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα καθαρίζονται από την ροή του καθαρού νερού. Συστήματα ηλεκτροδιάλυσης μπορούν να συνδυαστούν με ανεμογεννήτριες και την αφαλάτωση μόνο υφάλμυρου νερού.”[18]

### 3.3 Σύγκριση Μεθόδων Αφαλάτωσης

“Η ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται στην αφαλάτωση είναι ο ηλεκτρισμός και η θερμότητα. Για να επιλέξει κάποιος μια συγκεκριμένη μέθοδο πρέπει να λάβει υπόψη του”[8]:

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

**Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά μεθόδων αφαλάτωσης**

Σύγκριση Μεθόδων Αφαλάτωσης						
Μέθοδος	Νερό τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Παραγωγή προϊόντος (m <sup>3</sup> /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης (€(m <sup>3</sup> /ημέρα)
<b>MSF</b>	Θαλασσινό	Θερμική	1.000-60.000	Θερμική/Ηλεκτρική	290kJ/kg 4-6Kwh/m <sup>3</sup>	1000-2000
<b>MED</b>	Θαλασσινό	Θερμική	500-20.000	Θερμική/Ηλεκτρική	270kJ/kg 2,5-3 Kwh/m <sup>3</sup>	850-1750
<b>VC</b>	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25-2.500	Ηλεκτρική	8-15 Kwh/m <sup>3</sup>	1000-2350
<b>SWRO</b>	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0,4- >70.000	Ηλεκτρική	<5Kwh/m <sup>3</sup> <3Kwh/m <sup>3</sup> με ανάκτηση ενέργειας	650-4400
<b>BWRO</b>	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2,5- >50.000	Ηλεκτρική	0,5-3 Kwh/m <sup>3</sup>	400-2000
<b>ED</b>	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15-50.000	Ηλεκτρική	1,5-4 Kwh/m <sup>3</sup>	1000-5000

“Εκτός από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, οι μονάδες που χρησιμοποιούν τεχνολογίες MSF, MED VC, χρησιμοποιούν κυρίως θερμική ενέργεια, ως πρωτογενή μορφή ενέργειας για τη θέρμανση του τροφοδοτούμενου νερού. Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης έχει γενικά επικρατήσει στην αφαλάτωση του υφάλμυρου αλλά και του θαλασσινού νερού λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας της, καθώς και λόγω του μικρού αποτυπώματος που καταλαμβάνει, και αυτό γιατί οι μεμβράνες και ο υπόλοιπος εξοπλισμός μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε κοντέινερ. Η ενεργειακή της κατανάλωση ανέρχεται περίπου στις 2,5 Kwh/m<sup>3</sup> σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού (με τη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας και είναι συμφέρουσες για εγκατάσταση και λειτουργία στα Μεσογειακά νησιά σε σχέση με τις θερμικές μονάδες (Πίνακας 1) οι οποίες βρίσκουν κύρια εφαρμογή σε Σαουδική Αραβία, αλλά και πιο ανεπτυγμένες χώρες. Για μονάδες που δεν κάνουν χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι της τάξεως των 5-8 Kwh/m<sup>3</sup>.”[8]

### 3.4 Κόστος Μονάδων Αφαλάτωσης

“Το κόστος της αρχικής επένδυσης περιλαμβάνει το κόστος μελέτης, κατασκευής, προμηθειών, δανειοδότησης, το κόστος για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης. Βέβαια, από όλα αυτά τα προαναφερόμενα κόστη, μεγαλύτερο είναι εκείνο της κατασκευής της εγκατάστασης αφαλάτωσης.

Το κόστος κατασκευής της μονάδας αποτελεί ένα ποσοστό 50-80% του αρχικού κόστους επένδυσης και περιλαμβάνει τα κόστη προμήθειας, κατασκευής και εγκατάστασης των συστημάτων αφαλάτωσης και των συστημάτων επεξεργασίας του νερού, πριν και μετά την αφαλάτωση. Το υπόλοιπο ποσοστό, δηλαδή το 20-50% αναφέρεται στα διαδικαστικά κόστη μελέτης, σχεδιασμού, αδειοδότησης και δανείων της εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης.”[9]

“Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης αναφέρεται στις ενεργειακές δαπάνες που απαιτεί η εγκατάσταση, το κόστος του εργατοτεχνικού προσωπικού, αναλώσιμα, ανταλλακτικά κλπ. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης αποτελείται από δύο παραμέτρους: το σταθερό και το μεταβλητό κόστος. Το σταθερό κόστος αναφέρεται σε όλα τα κόστη που δεν εξαρτώνται από την ποσότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού και είναι: τα εργατικά, η συντήρηση του εξοπλισμού, ο τεχνικός έλεγχος, τα κόστη για την περιβαλλοντική προστασία από την μονάδα αφαλάτωσης, τα κόστη ασφάλισης και διοίκησης, και συνήθως αποτελεί το 15-50% του συνολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Το μεταβλητό κόστος εξαρτάται από την παραγόμενη ποσότητα νερού και αναφέρεται στην ενέργεια που καταναλώνεται, την απαιτούμενη χημική επεξεργασία, αντικατάσταση ανταλλακτικών που φθείρονται, απομάκρυνση άλμης κλπ. και αποτελεί το υπόλοιπο 50-85% του κόστους συντήρησης και λειτουργίας. Συχνά το ενεργειακό κόστος αγγίζει το 60% του μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης.”[9]

“Είναι προφανές ότι για την οικονομική αξιολόγηση μιας μονάδας αφαλάτωσης υπολογίζεται το άθροισμα των κοστών που αναφέρθηκαν παραπάνω σε €/m<sup>3</sup>. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί, πως το κριτήριο επιλογής μεθόδου αφαλάτωσης έχει να κάνει με το πώς είναι δομημένο το μέρος κατασκευής της εγκατάστασης σε συνάρτηση με τον απαιτούμενο όγκου γλυκού νερού.”[9]

### 3.5 Εφαρμογή και Συνδυασμός των ΑΠΕ στην Αφαλάτωση

“Οι μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης συνήθως χρησιμοποιούν συμβατικές μορφές ενέργειας, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις κόστους οι οποίες επηρεάζουν σαφώς και το κόστος του παραγόμενου νερού. Είναι αναγκαίο το αφαλατωμένο νερό να καταναλώνεται κοντά στην περιοχή παραγωγής του, καθόσον η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις από τον τόπο που παράγεται αυξάνει το κόστος απαγορευτικά. Συνεπώς η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης θα πρέπει να διατίθεται στην ευρύτερη περιοχή της μονάδας αφαλάτωσης.”[10]

“Κατά κανόνα η ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται σε όποια ποσότητα και απόσταση είναι απαραίτητο, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο με την θερμική ενέργεια. Η μεταφορά της θερμότητας ακόμα και σε μικρές αποστάσεις είναι πολύ ακριβή.”[10]

“Διάφορες βιομηχανίες απορρίπτουν τεράστιες ποσότητες θερμικής ενέργειας είτε ως αέρας ψύξης στην ατμόσφαιρα, είτε ως νερό ψύξης στο περιβάλλον. Η περιεκτικότητα σε θερμική ενέργεια είναι χαμηλή, όμως επειδή οι ποσότητες είναι πολύ μεγάλες, θα μπορούσε υπό προϋποθέσεις, η ενέργεια αυτή να χρησιμοποιηθεί στην αφαλάτωση. Όπως έχει προαναφερθεί οι μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν θερμικές μεθόδους επεξεργασίας, βρίσκονται σκόπιμα κοντά σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς για να αποδίδει πιο πολύ το καύσιμο του σταθμού.”[10]

“Σε πολλές βιομηχανίες (τσιμεντοβιομηχανίες, βιομηχανίες παραγωγής γυαλιού, σιδηροβιομηχανίες κλπ.) τα προϊόντα ψύχονται στο τελικό ή σε ενδιάμεσο στάδιο

κατεργασίας με πολύ υψηλές θερμοκρασίες, όπως αυτές που αναπτύσσονται σε αεριοστρόβιλους ή στο σώμα και στα καυσαέρια των μηχανών diesel.”[10]

“Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν σχετικά χαμηλό κόστος, καθόσον προέρχονται από δωρεάν πρώτη ύλη αλλά δεν προσφέρονται πάντα για την χρήση τους στις μονάδες αφαλάτωσης. Φυσικά δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον και είναι προσιτές, όμως δεν έχουν βρει ευρύτερη εφαρμογή ακόμα και σε μικρές μονάδες αφαλάτωσης. Οι λόγοι είναι οι εξής”[10]:

- Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν έχουν συνεχή ροή ώστε να ανταποκρίνονται στην ζήτηση της παραγωγής
- Δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε ποσότητα ή ένταση που απαιτείται για την σωστή λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης
- Η τεχνολογία του συνδυασμού αφαλάτωσης και ΑΠΕ δεν είναι επαρκώς εξελιγμένη ώστε να παρέχεται φθηνή ενέργεια σε χαμηλό κόστος. Συνήθως η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται προέρχεται από φωτοβολταϊκά.

### 3.5.1 Αξιοποίηση Αιολικής Ενέργειας με χρήση μικρών Ανεμογεννητριών

“Η αιολική ενέργεια αποτελεί τη δεύτερη ευρέως χρησιμοποιούμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, στην αφαλάτωση μονάδων μικρής δυναμικότητας. Οι παράκτιες περιοχές διαθέτουν ένα σημαντικό αιολικό δυναμικό. Ωστόσο, για την εκμετάλλευση αυτού του σημαντικού αιολικού δυναμικού, προτείνεται η χρήση ανεμογεννητριών.”[24]

“Η αιολική αφαλάτωση προτείνεται στην περίπτωση περιοχών με ελάχιστη ταχύτητα ανέμου 5.0 m/s). Ο συγκεκριμένος συνδυασμός τεχνολογιών αφαλάτωσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεπάγεται χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο. Ωστόσο, οι κυριότερες προκλήσεις που συνοδεύουν την χρήση ανεμογεννητριών είναι η διαλείπουσα φύση και οι διακυμάνσεις του ανέμου. Τα δυο προαναφερθέντα προβλήματα ανάγονται σε αναταραχές και απότομα ρεύματα ανέμου, που διαρκούν από μερικά δευτερόλεπτα έως και λίγα λεπτά. Για το ίδιο πρόβλημα ευθύνονται όμως και οι μαζικές μετακινήσεις του αέρα, που διαρκούν δεκάδες έως και εκατοντάδες ώρες. Στην περίπτωση αιολικών συστημάτων αφαλάτωσης, οι διακυμάνσεις μικρής διάρκειας, που διαρκούν έως και μια ώρα, αποτελούν τον πλέον σημαντικό παράγοντα. Οι διακυμάνσεις αυτού του τύπου λαμβάνονται ως στοχαστικές διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα του ανέμου, για 10.0 λεπτά κατά μέσο όρο.”[24]

“Όσον αφορά τον τρόπο σύζευξης των δύο τεχνολογιών, δύο είναι οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται ευρέως. Η πρώτη προσέγγιση περιλαμβάνει την ενσωμάτωση αμφότερων των ανεμογεννητριών και της μονάδας αφαλάτωσης, στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η δεύτερη βασικότερη προσέγγιση αναφέρεται στην άμεση σύζευξη των ανεμογεννητριών στο σύστημα αφαλάτωσης. Η δεύτερη προσέγγιση είναι αντιπροσωπευτική στην περίπτωση συστημάτων αφαλάτωσης απομακρυσμένων περιοχών, που δεν έχουν ηλεκτρικό δίκτυο. Ωστόσο, στην περίπτωση μη ύπαρξης ηλεκτρικού δικτύου, το σύστημα αφαλάτωσης δύναται να επηρεαστεί από διαφοροποιήσεις στην ισχύ και διακοπές στη λειτουργία του. Οι τελευταίες αναταραχές οφείλονται στη μεταβαλλόμενη φύση της αιολικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, τα αιολικά αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης είναι συχνά υβριδικά συστήματα τα οποία

συνδυάζονται με άλλα είδη ΑΠΕ ή ένα εφεδρικό ενεργειακό σύστημα (μπαταρίες ή γεννήτριες Diesel).”[24]

“Το κόστος των αιολικών συστημάτων αφαλάτωσης διαφέρει σημαντικά από το κόστος των συμβατικών μονάδων αφαλάτωσης και αυτό διότι στα αιολικά συστήματα αφαλάτωσης, το κόστος βασίζεται εξ’ ολοκλήρου στα πάγια έξοδα του συστήματος.”[24]

### 3.5.2 Αξιοποίηση Ηλιακής Ακτινοβολίας με χρήση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Η αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων βρίσκει εφαρμογή σε συστήματα που χρησιμοποιούν αντίστροφη ώσμωση και ηλεκτροδιάλυση.

“Η συγχώνευση της αντίστροφης ώσμωσης με τα φωτοβολταϊκά αποτελεί έναν από τους πλέον υποσχόμενους συνδυασμούς αφαλάτωσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων αντίστροφης ώσμωσης, που τροφοδοτούνται 55 από φωτοβολταϊκά. Ο πρώτος τύπος είναι αυτός της αντίστροφης ώσμωσης υφάλμυρου νερού, που τροφοδοτείται από φωτοβολταϊκά. Ο δεύτερος τύπος είναι η αντίστροφη ώσμωση θαλασσινού νερού, που αντλεί την απαιτούμενη ενέργεια λειτουργίας της από φωτοβολταϊκά. Ωστόσο, για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού απαιτείται χαμηλότερη ωσμωτική πίεση. Ως εκ τούτου, απαιτούνται μικρότερες ενεργειακές ποσότητες καθώς και μια πολύ μικρότερη φωτοβολταϊκή γεννήτρια.”[24]

“Το σύστημα φωτοβολταϊκής αντίστροφης ώσμωσης αποτελείται από δύο κύριες υπομονάδες. Οι υπομονάδες αυτές είναι η υπομονάδα παραγωγής ενέργειας και η υπομονάδα αφαλάτωσης. Στην υπομονάδα αφαλάτωσης συμπεριλαμβάνεται μια μεμβράνη διαχωρισμού, που τροφοδοτείται μέσω μιας παλινδρομικής αντλίας υψηλής πίεσης. Η αντλία αυτή είναι συνδεδεμένη με τέτοιο τρόπο με την υπομονάδα παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε να ανακτάται η ενέργεια από το ρεύμα της άλμης, που εγκαταλείπει το σύστημα. Το ρεύμα διηθήματος που αφήνει τη μεμβράνη, αποτελεί το καθαρό προϊόν του συστήματος. Η αντλία υψηλής πίεσης λειτουργεί μέσω ενός τριφασικού μοτέρ. Το μοτέρ αυτό λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από την υπομονάδα παραγωγής ενέργειας. Η τελευταία υπομονάδα αποτελείται από συστοιχίες Φωτοβολταϊκών, συσσωρευτές αποθήκευσης, ελεγκτή φορτίου μπαταρίας και έναν αντιστροφέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.”[24]

“Η ηλεκτροδιάλυση που τροφοδοτείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία, αποτελεί την πλέον ελκυστικότερη μέθοδο αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού, χαμηλής συγκέντρωσης. Ενδεικνυόμενες συγκεντρώσεις υφάλμυρου νερού κρίνονται αυτές που είναι μικρότερες των 2,500 ppm.”[24]

“Κατά τη διεργασία αυτή, τα ιόντα μεταφέρονται μέσω μιας μεμβράνης. Η μεταφορά των ιόντων πραγματοποιείται από το ηλεκτρικό πεδίο, που εφαρμόζεται κατά μήκος της μεμβράνης. Μια μονάδα ηλεκτροδιάλυσης που συνδυάζεται με φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελείται από το σύστημα προ – επεξεργασίας, τη μεμβράνη διαχωρισμού, την αντλία κυκλοφορίας χαμηλής πίεσης, το σύστημα τροφοδοσίας συνεχούς ρεύματος και το σύστημα επεξεργασίας του παραγόμενου νερού. Στην προκειμένη περίπτωση, το σύστημα τροφοδοσίας συνεχούς ρεύματος αποτελεί η φωτοβολταϊκή συστοιχία.”[24]

Το μεθοδολογικό πλαίσιο του συστήματος επεξηγείται στη συνέχεια: Τα ηλεκτρόδια συνδέονται με μια εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος, σε ένα δοχείο αλμυρού νερού. Την εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος αποτελούν οι μπαταρίες ή τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται μέσω του διαλύματος, με τα ιόντα να τείνουν

να μεταναστεύσουν στο ηλεκτρόδιο αντίθετου φορτίου. Η αλατότητα του νερού απομακρύνεται καθώς το νερό διέρχεται μέσα από τις μεμβράνες επιλεκτικού διαχωρισμού.”[24]

“Πιλοτικές μονάδες φωτοβολταϊκής ηλεκτροδιάλυσης, συναντώνται σε διάφορα μέρη ανά τον κόσμο. Ωστόσο, όλες οι εφαρμογές του συγκεκριμένου συνδυασμού τεχνολογιών είναι αυτόνομες. Ακολουθεί αναφορά σε ενδεικτικές μονάδες του είδους”[24]:

1. Έρημος Ταρ, Ινδία (1.0 m<sup>3</sup>/μέρα, υφάλμυρο νερό)
2. Νησί Οσίμα, Ναγκασάκι (10.0 m<sup>3</sup>/μέρα, θαλασσινό νερό)
3. Κοιλάδα Σπένσερ, Νέο Μεξικό (2.8 m<sup>3</sup>/μέρα, υφάλμυρο νερό)
4. Πανεπιστήμιο Αλικάντε, Ισπανία (1.32 m<sup>3</sup>/μέρα, υφάλμυρο νερό)
5. Πόλη Ίσα, Μπαχρέιν (1.14 m<sup>3</sup>/μέρα, υφάλμυρο νερό)

“Οι μονάδες ηλεκτροδιάλυσης που συνδυάζονται με φωτοβολταϊκά στοιχεία παρουσιάζουν δυναμικότητες αφαλάτωσης μικρότερες των 100.0 m<sup>3</sup>/μέρα. Το πόσιμο νερό που παράγεται μέσω αυτών των μονάδων, έχει μοναδιαίο κόστος στο εύρος των 5.8 - 16 \$/m<sup>3</sup>.”[24]

### 3.5.3 Αξιοποίηση micro Υδροηλεκτρικού σταθμού

“Ένας υδροηλεκτρικός σταθμός χαρακτηρίζεται ως «micro» όταν είναι της τάξης των 100.0 kW ή ακόμα και μικρότερης ισχύος. Ωστόσο, τα όρια των παραγόμενων kW κάτω από τα οποία μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως micro μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Οι micro ή mini υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις δεν επηρεάζουν αρνητικά τον περιβάλλοντα χώρο, σε αντίθεση με τις μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες. Η διάρκεια ζωής τους είναι μεγάλη (25 χρόνια και άνω) και ο χρόνος απόσβεσης τους σχετικά μικρός (10 έτη ή και μικρότερος). Επίσης, η λειτουργία τους είναι σταθερή και συνεχής για μεγάλες χρονικές περιόδους του έτους ενώ το κόστος τους δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό. Για αυτό το λόγο αποτελούν μία ενδεδειγμένη επιλογή σε περιπτώσεις που απαιτείται παραγωγή ισχύος μικρής κλίμακας για την τροφοδοσία συγκεκριμένης κατανάλωσης. Μια ονομαστική ισχύς της τάξης του μπορεί να καλυφθεί είτε από μία υδροστροβιλική μονάδα, είτε από δύο υδροστρόβιλους των 500.0 kW έκαστος. Η δεύτερη περίπτωση είναι ακριβότερη αλλά από τεχνικής απόψεως είναι πιο σωστή διότι έτσι υπάρχει η δυνατότητα εναλλακτικής λειτουργίας των μονάδων για λόγους τακτικής συντήρησης και σε περιπτώσεις βλαβών.”[11]

“Το κόστος εγκατάστασης του ΥΗΣ συνίσταται στο κόστος αγοράς, μεταφοράς και εγκατάστασης του βασικού εξοπλισμού (υδροστρόβιλοι και μετασχηματιστές) και του συνοδευτικού εξοπλισμού, καθώς και στο κόστος των υποστηρικτικών έργων (αγωγοί, οικίσκος κλπ). Σημαντικό πλεονέκτημα για την περίπτωση του Αλμυρού ποταμού είναι η ύπαρξη του φράγματος που μειώνει σημαντικά το αρχικό κόστος υλοποίησης του σταθμού.”[27]



### 3.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την Αφαλάτωση

“Οι μονάδες αφαλάτωσης παρουσιάζουν δύο κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων”[8]:

- **Επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας**
- **Επιπτώσεις από την απόρριψη της άλμης**

“Επίσης, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις διακρίνονται”[8]:

#### Κατά το στάδιο της κατασκευής

- **Ηχορύπανση ο Αισθητική ρύπανση**
- **Δημιουργία σκόνης**

#### Κατά το στάδιο λειτουργίας

“Όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η αφαλάτωση απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας, η οποία εξαρτάται φυσικά από την ύπαρξη ή όχι συστήματος ανάκτησης της υδραυλικής ενέργειας της άλμης. Επίσης η χρήση συμβατικών καυσίμων παράγει αέριους ρύπους προς το περιβάλλον όπως CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, καθώς και στερεά σωματίδια. Σύμφωνα με την Συνθήκη του Κιότο υπάρχει δέσμευση μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 έως το 2008 2012.”[8]

“Στο πλαίσιο λοιπόν της προστασίας του περιβάλλοντος, εντάσσεται ο συνδυασμός των ενεργειακών καταναλώσεων των μονάδων αφαλάτωσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Πλέον ο συνδυασμός των τεχνολογιών είναι εφαρμόσιμος και τεχνοοικονομικά εφικτός. Η αποτελεσματικότητα και η απόδοση του συνδυασμού των τεχνολογιών αυτών εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως το δυναμικό των ΑΠΕ (αιολικό, ηλιακό), η ποιότητα του τροφοδοτούμενου νερού (υφάλμυρο ή θαλασσινό), κλπ. Επίσης, εξαρτάται από την ικανότητα του συστήματος να παρέχει σταθερή ισχύ και συνεχή λειτουργία, άρα πρέπει να υπάρχει σχεδιασμός για αποθήκευση ενέργειας. Η χρήση όμως συσσωρευτών που εξασφαλίζουν σταθερή παροχή ισχύος στην μονάδα αφαλάτωσης αυξάνει κατά πολύ το κόστος της εγκατάστασης. Είναι χαρακτηριστικό ότι η αφαλάτωση ξεκίνησε να χρησιμοποιείται κυρίως στη Μέση Ανατολή όπου υπάρχει έλλειψη νερού, αλλά άφθονη ενέργεια με την μορφή του πετρελαίου.”[8]

“Η παραγόμενη άλμη από τις μονάδες αφαλάτωσης θεωρείται ρυπαντική προς το περιβάλλον διότι έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από το θαλασσινό νερό και μεγαλύτερη θερμοκρασία. Στην αντίστροφη ώσμωση υπάρχει συμπύκνωση της εξερχόμενης άλμης κατά 1,3 – 1,7 φορές. Επίσης περιέχει χημικές ουσίες από την επεξεργασία του νερού, διότι το αντλούμενο νερό προχλωριώνεται για την προστασία των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται ως φίλτρα, και επομένως η απόρριψη της άλμης στη θάλασσα, συνήθως χωρίς περιοριστικά μέτρα, επηρεάζει την ισορροπία των οικοσυστημάτων και των θαλάσσιων ειδών και καταστρέφουν την θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα. Το θαλασσινό νερό είναι φυσικό περιβάλλον και περιέχει ολόκληρο οικοσύστημα από πλαγκτόν, ασπόνδυλα και ψάρια. Παρουσιάζεται λοιπόν θνησιμότητα μικρών οργανισμών (πλαγκτόν, αυγά, μικρά ψάρια) λόγω συμπαρασυρμού στην εισροή της μονάδας. Επίσης, υπάρχει θνησιμότητα μεγάλων θαλάσσιων ειδών (ενήλικα ψάρια, ασπόνδυλα, πουλιά) λόγω πρόσκρουσης στον αγωγό εισροής.”[8]

“Τα αποπλύματα των μεμβρανών επίσης απορρίπτονται στη θάλασσα μαζί με το αλμόλοιπο. Για την δημιουργία ενός κυβικού γλυκού νερού, απαιτείται άντληση τριών περίπου κυβικών θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού. Συχνά με την απορρόφηση



θαλασσινού νερού, απορροφώνται θαλάσσιοι μικροοργανισμοί και πλαγκτόν, μέχρι και μικρά ψάρια.”[8]

“Στην Κύπρο και στην Σαουδική Αραβία, όπου υπάρχουν οι μεγαλύτερες μονάδες στον κόσμο, έπειτα από χρόνια απόρριψης της άλμης στη θάλασσα, καταστράφηκε η χλωρίδα και η πανίδα σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις της αφαλάτωσης. Η άλμη επίσης, δεν μπορεί να ταφεί στην γη διότι το νάτριο όταν είναι αδέσμευτο είναι τοξικό και ενεργοποιεί βαρέα μέταλλα αποτελώντας κίνδυνο για τις καλλιέργειες.”[10]

“Οι μη συμβατικοί τρόποι για την διαχείριση της άλμης είναι η χρήση της σε υγροβιότοπους και στην ιχθυοκαλλιέργεια. Υπάρχει η τεχνική της μείωσης του όγκου της απορριπτόμενης άλμης μέσω μιας δεύτερης βαθμίδας αφαλάτωσης, στην οποία θα εισέρχεται ως νερό τροφοδοσίας η άλμη που παράγεται από την πρώτη βαθμίδα. Αυτοί όμως οι τρόποι παρουσιάζουν σημαντικά μεγάλο κόστος και έτσι δεν έχουν βρει ευρεία εφαρμογή.”[8]

“Άλλος περιβαλλοντικός κίνδυνος είναι η χημική ρύπανση του θαλασσινού νερού. Αυτή συμβαίνει από τα προϊόντα διάβρωσης, την προσθήκη αντισκωριακών μέσων, την προσθήκη οξέων, την προσθήκη απολυμαντικών μέσων, την προσθήκη αντιδραστηρίων κατά του αφρισμού και κροκιδωτικών. Έτσι η άλμη στην έξοδο των μονάδων αφαλάτωσης συχνά περιέχει μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων λόγω διάβρωσης των εσωτερικών επιφανειών. Τα μέταλλα αυτά είναι ο χαλκός, το νικέλιο, το χρώμιο και ο ψευδάργυρος στην περίπτωση μεθόδων με εξάτμιση, ή ο σίδηρος, το νικέλιο, το χρώμιο και το μολυβδαίνιο, στην περίπτωση της αντίστροφης ώσμωσης. Στην συνέχεια, τα βαρέα μέταλλα απορροφώνται από τα αιωρούμενα στερεά και με την συσσώρευσή τους στα ιζήματα, επιδρούν στους οργανισμούς και στο περιβάλλον. Για όσα αναφέρθηκαν, υπάρχουν λύσεις καθώς γνωρίζουμε ότι οι ΑΠΕ μπορούν να προσφέρουν ενέργεια για τις ανάγκες λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από ρύπανση.”[8]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

#### 4.1 Γενικά

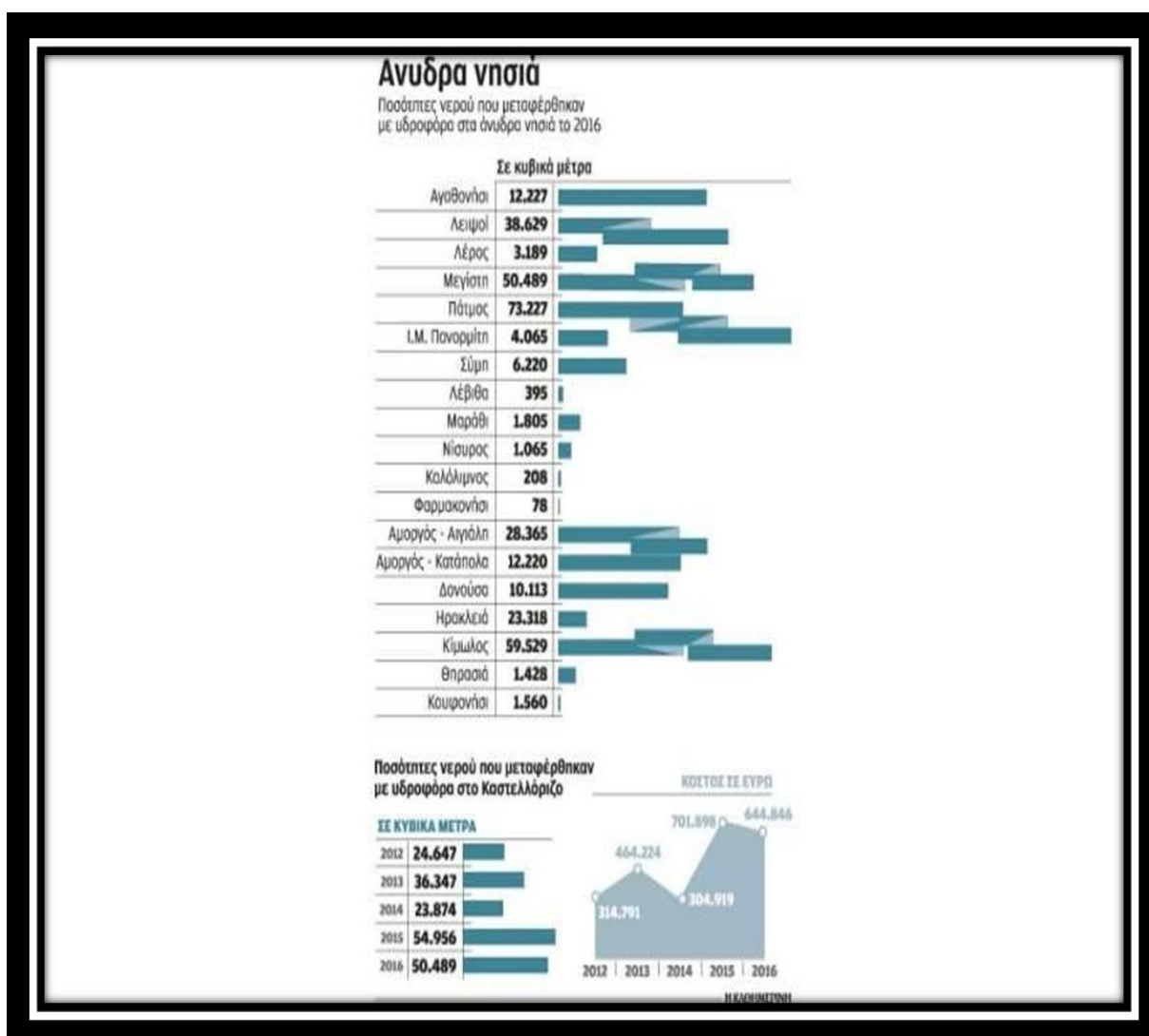
“Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες στον τομέα της αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της 10ετίας του 1960 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Τα επόμενα χρόνια δημιουργήθηκαν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης για ύδρευση στα νησιά Νίσυρο, Κίμωλο, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Πάτμο, Καστελόριζο Σύμη και Αίγινα αλλά οι περισσότερες εγκαταλείφθηκαν κυρίως λόγω προβλημάτων συντήρησης ή λειτουργίας. Η πιο αξιόλογη και καινοτόμος εφαρμογή ήταν αυτή της Πάτμου με επιφάνεια εξάτμισης  $8,665 \text{ m}^2$  και μέση παραγωγική ικανότητα  $25 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Μετά το 1980 η ανάπτυξη εφαρμογών αφαλάτωσης για παραγωγή νερού ύδρευσης στηρίχθηκε σχεδόν αποκλειστικά στην τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης η οποία κατέστη αποδοτικότερη και πλέον συμφέρουσα για τις Ελληνικές συνθήκες.”[3]

“Αξιόλογη πρόοδος όμως σημειώνεται μετά το 1990 λόγω κυρίως της αύξησης των αναγκών ύδρευσης στα άνυδρα νησιά που προκλήθηκε από την αυξημένη τουριστική δραστηριότητα. Η αφαλάτωση, αν και θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στα πολύ ξηρά νησιά των Κυκλάδων, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό, δεν χρησιμοποιείται ευρέως.”[3]

“Το 2009 το υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής, ανακοίνωσε πρόγραμμα για τη δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης σε 13 νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκανήσου, (Αμοργός, Δονούσα, Κουφονήσια, Ηράκλεια, Σαντορίνη, Σίκινο, Φολέγανδρος, Μεγίστη, Χάλκη, Λειψοί, Αγαθονήσι, Αρκιοί και Ψέριμος), ενώ άλλα πέντε μικρά νησάκια θα παίρνουν νερό από διπλανά τους μεγαλύτερα νησιά. Το πρόγραμμα θα είναι αυτοχρηματοδοτούμενο (το συνολικό κόστος το αναλαμβάνουν οι ανάδοχοι επενδυτές), τα οικόπεδα θα παραχωρούνται από τους δήμους, ενώ το υπουργείο αναλαμβάνει να αγοράζει για μια 10ετία εγγυημένη ποσότητα πόσιμου νερού, σε τιμή η οποία αντιστοιχεί στο 1/3 της τιμής του νερού, το οποίο μεταφέρεται σήμερα με υδροφόρα πλοία. Οι ανάδοχοι οφείλουν να λειτουργήσουν τις μονάδες σε διάστημα 18 μηνών, μετά την έγκριση της σχετικής περιβαλλοντικής μελέτης, ενώ μετά την παρέλευση της 10ετίας οι εγκαταστάσεις παραχωρούνται στους δήμους. Από το 2010 λειτουργούν στη χώρα μας 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης περίπου  $35.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , ενώ υπάρχουν και αρκετές εκατοντάδες μικρότερες μονάδες ιδιωτικής χρήσης (ξενοδοχεία, βιομηχανίες, κατοικίες, κ.τ.λ.). Σύμφωνα με εκτιμήσεις εταιρίας που δραστηριοποιείται στο χώρο, η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού υπερβαίνει τα  $50.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  και υφάλμυρου τα  $100.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Οι σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης βρίσκονται στη Σύρο, τη Μύκονο, τη Χίο και πλέον χάρη στην αναβάθμιση που έγινε στη Σαντορίνη με το πρόσφατο έργο στην Οία.”[3]

## 4.2 Προβλήματα Υδροδότησης Νησιών

“Τα προβλήματα ύδρευσης και αποχέτευσης της νησιωτικής Ελλάδας επανέρχονται στην επικαιρότητα κάθε καλοκαίρι. Πώς όμως θα μπορούσαν να επιλυθούν οριστικά; Μελέτη που πραγματοποίησε η ΕΥΔΑΠ Νήσων, θυγατρική της ΕΥΔΑΠ, εκτιμά ότι με έργα και επεμβάσεις συνολικού κόστους 66,4 εκατ. ευρώ τα βασικά προβλήματα 20 νησιών μπορούν να αντιμετωπιστούν οριστικά. Δίνοντας τέλος στην επαναλαμβανόμενη αιμορραγία πόρων, που προϋποθέτει η «πυροσβεστική» παρέμβαση της Πολιτείας όποτε ανακύπτει ζήτημα. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στα τέλη του 2013 (και αυτή την περίοδο επικαιροποιείται), στο πλαίσιο του μνημονίου συνεργασίας που υπέγραψαν το ίδιο έτος το (τότε) υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου με την ΕΥΔΑΠ (Εικόνα 16). Στόχος της συνεργασίας ήταν η θυγατρική της ΕΥΔΑΠ για τα νησιά να αξιοποιήσει τη μεγάλη εμπειρία του στελεχιακού της δυναμικού προσφέροντας συμβουλευτικές και τεχνικές υπηρεσίες.”[12]



Εικόνα 16: Κυβικά μέτρα νερού που μεταφέρθηκαν με πλοία τροφοδότησης σε νησιά το 2016.[12].

- “**Αμοργός.** Οι 1.973 μόνιμοι κάτοικοι (και βέβαια οι επισκέπτες) υδροδοτούνται από 13 γεωτρήσεις, 3 πηγάδια και 2 πηγές, καθώς και με μεταφορά νερού (δίκτυο ύδρευσης 67,9 Km). Η μελέτη προτείνει τη χρήση αφαλατώσεων. Όσον αφορά την αποχέτευση, το δίκτυο Χώρας και Καταπόλων είναι κατασκευασμένο χωρίς εγκεκριμένη μελέτη και ο βιολογικός καθαρισμός λειτουργεί χωρίς άδεια (τουλάχιστον κατά την εποχή σύνταξης

της μελέτης). Η σωστή διαχείριση των λυμάτων απαιτεί εκτεταμένες επεμβάσεις, ανεβάζοντας τον προϋπολογισμό των έργων στα 10,6 εκατ. ευρώ..

- **Αγκίστρι.** Το νησάκι του Αργοσαρωνικού έχει πληθυσμό 1.600 κατοίκων και τροφοδοτείται αποκλειστικά με τη μεταφορά νερού (η ΕΥΔΑΠ Νήσων προτείνει την εγκατάσταση αφαλάτωσης). Το δίκτυο ύδρευσης φθάνει τα 18,8 Km και απαιτούνται επεμβάσεις μεγάλης κλίμακας για τη βελτίωσή του. Στερείται δικτύου αποχέτευσης και βιολογικού καθαρισμού. Το κόστος όλων των υποδομών εκτιμάται στα 6 εκατ. ευρώ.

- **Ελαφόνησος.** Το νησί των 1.041 μονίμων κατοίκων υδροδοτείται από 3 γεωτρήσεις, εκ των οποίων η μία στην Πελοπόννησο. Το δίκτυο έχει μήκος 11,4 Km και περιλαμβάνει και τρεις δεξαμενές που αποθηκεύουν το νερό των γεωτρήσεων. Το νησί στερείται δικτύου αποχέτευσης και συνεπώς απαιτούνται επεμβάσεις μεγάλης κλίμακας για να εξυπηρετηθεί. Το κόστος των υποδομών ανέρχεται σε 3,6 εκατ. ευρώ.

- **Φολέγανδρος.** Το νησί (765 μόνιμοι κάτοικοι) εξυπηρετείται από 5 γεωτρήσεις, καθώς και με τη μεταφορά νερού (συνολικό μήκος δικτύου 23 Km), ενώ είχε υπό εγκατάσταση μονάδα αφαλάτωσης. Το δίκτυο αποχέτευσης καλύπτει τους οικισμούς Χώρας, Καραβοστασίου (λιμάνι) και Αγκάλης. Απαιτείται η εγκατάσταση νέου βιολογικού καθαρισμού. Το κόστος των υποδομών εκτιμάται στα 2,5 εκατ. ευρώ.

- **Άγιος Ευστράτιος.** Η ύδρευσή του εξασφαλίζεται αποκλειστικά από τέσσερις γεωτρήσεις. Το νησί διαθέτει δίκτυο αποχέτευσης και βιολογικό καθαρισμό. Κόστος επεμβάσεων: 565.000 ευρώ.

- **Οινούσσες.** Στις Οινούσσες υπάρχουν δύο παράλληλα αφαλάτωσης και με μεταφορά νερού. Η ΕΥΔΑΠ προτείνει την εγκατάσταση νέας μονάδας αφαλάτωσης. Τα λύματα καταλήγουν σε απορροφητικούς βόθρους.

- **Δονούσα.** Το νησί υδροδοτείται από δύο γεωτρήσεις και περιστασιακά με μεταφορά νερού. Το νησί εξυπηρετείται από απορροφητικούς βόθρους, καθώς ο βιολογικός καθαρισμός βρίσκεται υπό κατασκευήν (την εποχή σύνταξης της έκθεσης). Κόστος επεμβάσεων: 222.000 ευρώ.

- **Κουφονήσι.** Η υδροδότηση του νησιού γίνεται με τη μεταφορά νερού, καθώς η τοπική γεώτρηση δίνει νερό υψηλής αγωγιμότητας. Διαθέτει δίκτυο αποχέτευσης και βιολογικό καθαρισμό. Κόστος επεμβάσεων: 195.000 ευρώ.”[12]

“Τα στοιχεία της Γενικής Γραμματείας Αιγαίου, που δημοσίευσε πρόσφατα η «Κ», είναι αποκαλυπτικά για την έκταση του προβλήματος: το 2014 η Πολιτεία έστειλε νερό με υδροφόρες σε 7 νησιά στις Κυκλάδες και 5 στα Δωδεκάνησα. Τις μεγαλύτερες ποσότητες έλαβαν η Πάτμος, η Κίμωλος και το Κουφονήσι. Η μεταφορά νερού είναι μεν μια ασφαλής λύση, αλλά παραμένει μια λύση ανάγκης με ιδιαίτερα υψηλό κόστος.”[12]

“Σύμφωνα με τη Γενική Γραμματεία Αιγαίου, αφαλατώσεις θα πρέπει να εγκατασταθούν ως ακολούθως στις Κυκλάδες”[12]:

- **Δονούσα** (150 κυβικά/ημέρα). Η μονάδα έχει αγοραστεί, αλλά δεν έχει εγκατασταθεί. Το κόστος των συνοδών έργων είναι 150.000 ευρώ.

- **Αιγιάλη Αμοργού** (450 κυβικά/ημέρα). Η μονάδα έχει αγοραστεί, αλλά δεν έχει εγκατασταθεί (εκτιμώμενο κόστος συνοδών έργων 250.000 ευρώ).

- **Κατάπολα Αμοργού** (δύο μονάδες των 300 κυβικών ημερησίως εκάστη, με εκτιμώμενο κόστος αγοράς 450.000 ευρώ και κόστος συνοδών έργων 450.000 ευρώ).
- **Κίμωλος** (600 κυβικά/ημέρα). Η μονάδα έχει αγοραστεί, αλλά δεν λειτουργεί (κόστος υπολειπόμενων έργων 150.000 ευρώ).
- **Ηρακλειά** (200 κυβικά/ημέρα), με κόστος αγοράς 200.000 ευρώ και εγκατάστασης 100.000 ευρώ.

#### “Και στα Δωδεκάνησα”[12]:

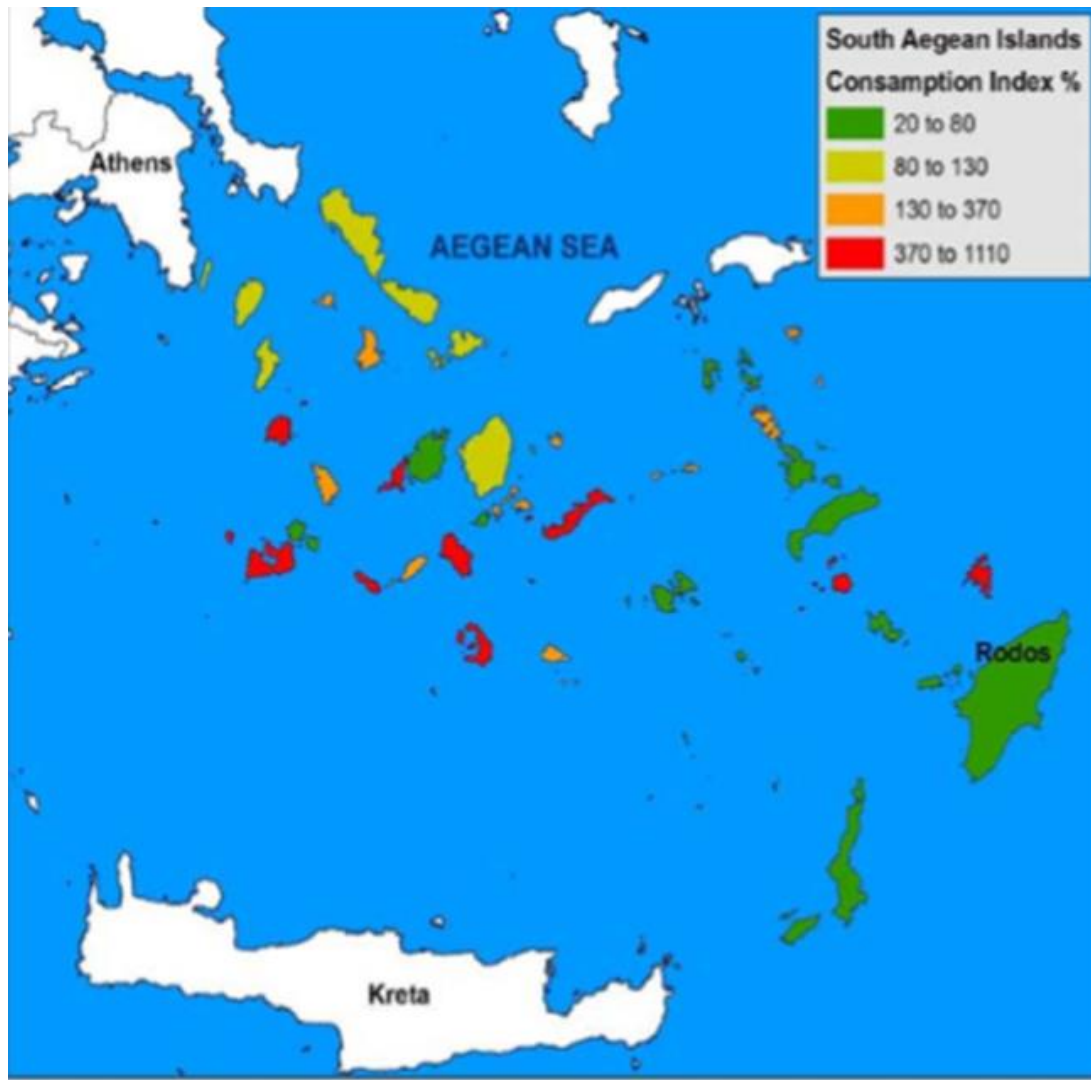
- **Καστελλόριζο** (200 κυβικά/ημέρα). Το κόστος προμήθειας νέας μονάδας εκτιμάται στα 300.000 ευρώ.
- **Πάτμος** (δύο μονάδες των 600 κυβικών/ημερησίως). Η μονάδα αγοράστηκε, αλλά δεν έχει εγκατασταθεί (εκτιμώμενο κόστος 150.000 ευρώ).
- **Πανορμίτης Σύμης** (80 κυβικά/ημερησίως). Ομοίως, απομένει μόνο το κόστος εγκατάστασης (20.000 ευρώ).
- **Λειψοί** (600 κυβικά/ημέρα). Η μονάδα παραμένει ανενεργή, με κόστος εγκατάστασης 40.000 ευρώ.
- **Λέρος** (δύο μονάδες των 1.000 κυβικών/ημέρα). Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης της οποίας θα καλυφθεί από κοινοτικούς πόρους.
- **Πλάτη Καλύμνου** (1 κυβικό/ημέρα), εκτιμώμενο κόστος 80.000 ευρώ.

### 4.3 Νησιά του Αιγαίου

“Η αφαλάτωση στην Ελλάδα, αν και θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στα πολύ ξηρά νησιά των Κυκλάδων, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό, δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Την διετία 2004-2006 δαπανήθηκαν από το ελληνικό κράτος 25,5 εκατομμύρια € για την μεταφορά νερού στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, ενώ μόνο μέσα στο 2006 δαπανήθηκαν περίπου 9,5 εκατομμύρια €, κόστος το οποίο υπολογίζεται ότι ανταποκρίνεται στην κατασκευή 15 μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, συνολικής παραγωγής 30.000 m<sup>3</sup> την ημέρα, με μέσο κόστος παραγωγής 0,4 €/m<sup>3</sup>.”[9]

“Οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σήμερα στον τουρισμό, στην γεωργία και στην κτηνοτροφία, καλούνται να καλύψουν με ίδιους πόρους το κόστος για την εξασφάλιση καθαρού νερού. Η εξασφάλιση υψηλής ποιότητας φρέσκου νερού μέσω αφαλάτωσης αναμένεται να μειώσει αρκετά το κόστος αυτό, βελτιώνοντας τις συνθήκες επιχειρηματικής δραστηριότητας. Επίσης, η εξασφάλιση πόσιμου νερού θα αναβαθμίσει το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών στην τουριστική βιομηχανία, ωφελώντας αντίστοιχα την τοπική οικονομία. Τα νησιά προσελκύουν ήδη αρκετές χιλιάδες επισκεπτών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κάλυψη των αναγκών σε φρέσκο νερό δεν είναι παντού η ίδια, αλλά ποικίλλει από νησί σε νησί, καθώς στα μεγαλύτερα ή τα πιο τουριστικά (Σύρος Τήνος, Μύκονος, Σίφνος, Σέριφος, Κως, Ρόδος) έχουν εγκατασταθεί μονάδες αφαλάτωσης, ενώ σε άλλα μικρότερα, οι ανάγκες καλύπτονται από μικρής έκτασης έργα και δεξαμενές, των οποίων η απόδοση εξαρτάται άμεσα από τις βροχοπτώσεις.”[9]

“Στα νησιά του Αιγαίου (Λέρος, Νίσυρος, Θήρα, Ίος, Μήλος, Σίφνος, Πάρος, Σύρος, Μύκονος, Τήνος, Κίμωλος, Οινούσες και Χίος) έχουν εγκατασταθεί μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης και καλύπτουν το 2% της ζήτησης αρδευτικού νερού και περίπου το 4,1% της ζήτησης σε νερό ύδρευσης. Συγκεκριμένα στη Νίσυρο, η μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού λειτουργεί από το 1991, δυναμικότητας 800 m<sup>3</sup> ανά ημέρα (Εικόνα 17).”[9]



Εικόνα 17: Δείκτης κατανάλωσης νερού στις Κυκλάδες ΔΚΝ = ζήτηση / διαθεσιμότητα.[8]

### **ΜΗΛΟΣ**

“Στο νησί της Μήλου λειτουργεί από το καλοκαίρι του 2007, μια αιολική μονάδα αφαλάτωσης. Οι τωρινές συνθήκες λειτουργίας της μονάδας αντιστοιχούν σε παραγωγή 2,000 m<sup>3</sup>/μέρα πόσιμου νερού. Πρόκειται για μια ιδιωτική επιχείρηση που χρηματοδοτείται από το κράτος. Το παραγόμενο πόσιμο νερό πωλείται μέσω αυτής της επιχείρησης στο νησί της Μήλου. Σύμφωνα με το συμβόλαιο που υπογράφηκε ανάμεσα στην τελευταία και το Δήμο της Μήλου, το κόστος παραγωγής πόσιμου νερού ανέρχεται στα 1.8 €/m<sup>3</sup>. Η μονάδα συμπεριλαμβάνει τη μονάδα αφαλάτωσης, μια ανεμογεννήτρια ισχύος 600.0 kW, τις δεξαμενές αποθήκευσης χωρητικότητας 3,000.0 m<sup>3</sup> και το απομακρυσμένο σύστημα ελέγχου. Για την αποφυγή των ακουστικών – οπτικών

διαταραχών, η μονάδα αφαλάτωσης βρίσκεται εγκατεστημένη σε ένα λόφο, μη ορατό από το νησί της Μήλου.”[24]

## **ΤΗΝΟΣ**

Το νησί της Τήνου παρουσιάζει περιορισμένους υδάτινους πόρους. Ως εκ τούτου, έχουν υπάρξει χρονικές περίοδοι, κατά τις οποίες η ζήτηση σε πόσιμο νερό ξεπέρασε την υπάρχουσα διαθεσιμότητα του. Το 2001 και το 2002, ήταν εμφανής η ανάγκη εισαγωγής της αναγκαίας ποσότητας νερού από τα γειτονικά νησιά. Ωστόσο, η προαναφερθείσα διαδικασία εισαγωγής συνεπαγόταν όλες τις σχετιζόμενες περιβαλλοντικές (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οφειλόμενες στην θαλάσσια μεταφορά μέσω πλοίων), οικονομικές (κόστος νερού γύρω στα 12 €/m<sup>3</sup>) επιπτώσεις. Το 2002 εγκαταστάθηκε μια συμπαγής μονάδα αφαλάτωσης στον Άγιο Φωκά, καλύπτοντας έκτοτε το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών σε πόσιμο νερό του νησιού. Πρόκειται για μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης, που αντλεί την απαιτούμενη ενέργεια λειτουργίας της από ηλιακούς συλλέκτες, αποτελώντας ένα αξιόπιστο και πράσινο σύστημα επεξεργασίας νερού.

## **4.4 Μεταφορά νερού με υδροφόρες**

“Αν συγκρίνουμε όλες τις μεθόδους που επιστρατεύονται για την ύδρευση άνυδρων περιοχών, διαπιστώνουμε ότι η πιο ασύμφορη είναι η μεταφορά νερού με υδροφόρα. Στην Ελλάδα, η μεταφορά ξεκινάει το 1980, στην αρχή με υδροφόρα πλοία του Πολεμικού Ναυτικού και μετά με μισθωμένα πλοία. Η τιμή που πωλείται το νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως ο καιρός και τα δρομολόγια των ιδιωτικών εταιρειών. Τον Απρίλιο του 2010 η τιμή πώλησης είχε φθάσει τα 12,49 ευρώ το κυβικό μέτρο. Συνήθως κυμαίνεται από 5 έως 10 ευρώ το κυβικό μέτρο. Συνολικά, υπολογίζεται ότι μόνο το νερό για την ύδρευση των Κυκλάδων κοστίζει 4 εκατομμύρια ευρώ ετησίως.”[17]

“Στον αντίποδα, το κόστος της αφαλάτωσης είναι πολύ μικρότερο. Στις μονάδες που λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης η αφαλάτωση του υφάλμυρου νερού κυμαίνεται από 0,25 έως 0,50 ευρώ, ενώ η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού κυμαίνεται από 0,50 έως 2 ευρώ. Το αρχικό κόστος μιας μονάδας αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού ανέρχεται στα 850 - 1.300 ευρώ το κυβικό μέτρο.”[17]

“Η ζήτηση για νερό στα νησιά αυξάνεται εντυπωσιακά από τον Μάιο έως και τον Σεπτέμβριο. Κάθε χρόνο κατατίθενται δεκάδες αιτήσεις για νέες γεωτρήσεις, δεδομένου ότι πολλές νέες παραθεριστικές κατοικίες βρίσκονται εκτός σχεδίου πόλεως. Μόνο στις Κυκλάδες το 2009 δόθηκαν 57 νέες άδειες, ανεβάζοντας τον συνολικό αριθμό των νομίμων, από το 1986, σε 1.506.”[17]

“Την διετία 2004-2006 δαπανήθηκαν από το ελληνικό κράτος 25,5 εκατομμύρια € για την μεταφορά νερού στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, ενώ μόνο μέσα στο 2006 δαπανήθηκαν περίπου 9,5 εκατομμύρια €, κόστος το οποίο υπολογίζεται ότι ανταποκρίνεται στην κατασκευή 15 μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, συνολικής παραγωγής 30.000 m<sup>3</sup> την ημέρα, με μέσο κόστος παραγωγής 0,4 € / m<sup>3</sup>. Το 2008 η συνολική κατανάλωση των νησιών του Αιγαίου ήταν περίπου 166 εκατομμύρια m<sup>3</sup> ετησίως που καλύπτονταν κατά 82,6% με υπόγεια ύδατα, κατά 4,4% με ταμιευτήρες, κατά 4,1% με αφαλάτωση και κατά 1,4% με μεταφορά νερού από άλλες περιοχές. Το συνολικό ετήσιο έλλειμμα που δεν καλύπτονταν ήταν περίπου 20 εκατομμύρια m<sup>3</sup>.”[3]



“Παρατηρούμε λοιπόν ότι η δαπάνες για επάνδρωση των υδροφόρων πλοίων είναι πλέον ασύμφορη, για αυτό ακριβώς το λόγο η ύπαρξη μιας μονάδας αφαλάτωσης μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη λύση για την υδροδοσία, ειδικά και αν χρησιμοποιεί τις ΑΠΕ.”[17]

#### 4.5 Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν ΑΠΕ

“Στην Ελλάδα στο πλαίσιο Ευρωπαϊκών και Εθνικών προγραμμάτων έχουν αναπτυχθεί έξι μονάδες αφαλάτωσης με ΑΠΕ για την παροχή πόσιμου νερού σε Ελληνικά νησιά, με την παλαιότερη από το 1997 ”[18]:

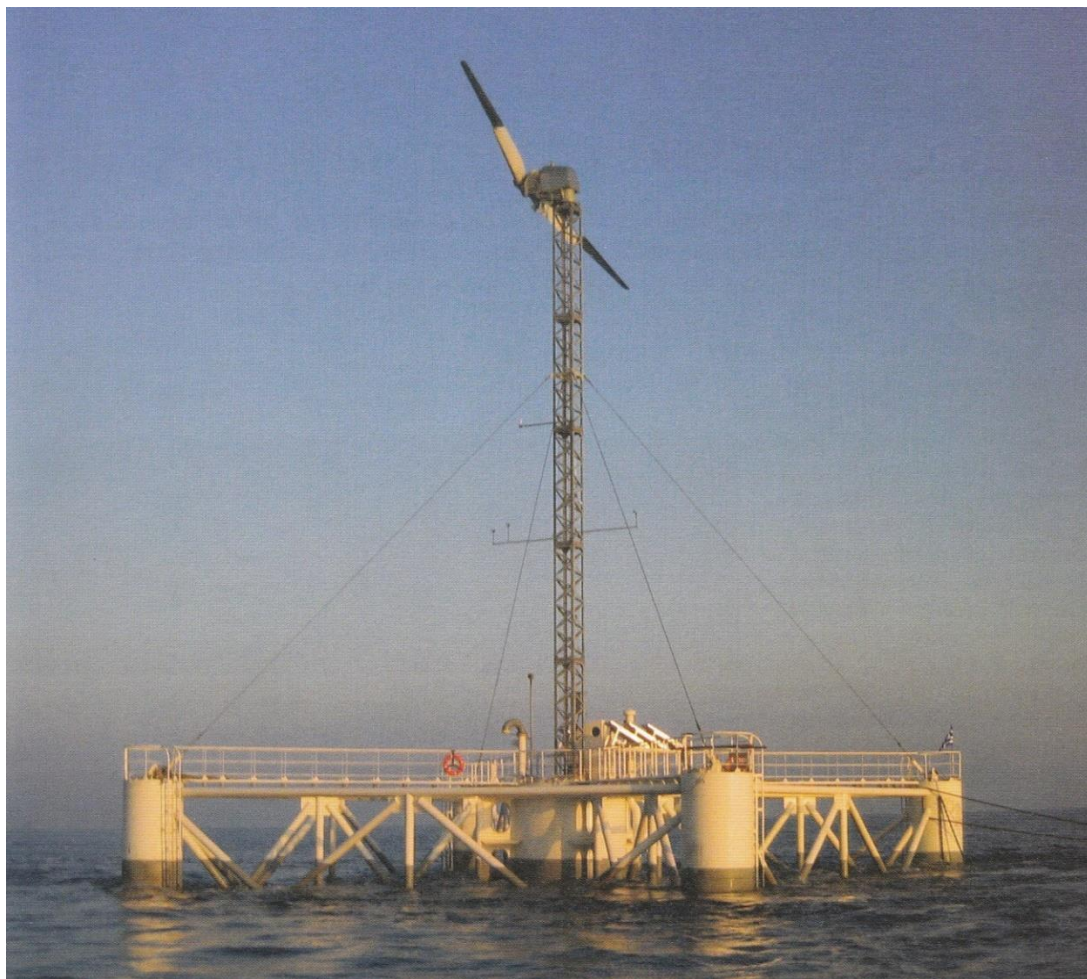
1. 1997 - Αντίστροφη Ώσμωση θαλασσινού νερού με Αιολική ενέργεια στη Θηρασιά APAS Program, European Commission DG-XII. Δυναμικότητα μονάδας αντίστροφης ώσμωσης: 200 Lt/hour. Ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος: 15 kW (Vergnet) Αυτόνομο σύστημα.
2. 1997 – Αντίστροφη Ώσμωση θαλασσινού νερού με Αιολική ενέργεια στη Σύρο MODESAL Project, JOR3950018. Δυναμικότητα μονάδας αντίστροφης ώσμωσης: 60-900 κ.μ./ημ. Ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος: 500 kW (ENERCON-E40) Αυτόνομο/διασυνδεδεμένο σύστημα.
3. 1999 – Πολλαπλή Εξάτμιση Ατμών (MED) με γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας (61ο C) στην Κίμωλο THERMIE EU-DGXVII,GE-438-94-HE. Δυναμικότητα μονάδας MED: 576 κ.μ./ημ. (<10mg/Lt) Αυτόνομο σύστημα.
4. 2007 - 2009, Α/Ο με Αιολική ενέργεια και Φωτοβολταικά Στοιχεία στην Ηρακλεία ΕΠΑΝ, Μέτρο 6.3.2. Δυναμικότητα Α/Ο: 80κ.μ/ημ. Ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος: 30kW Αυτόνομο σύστημα.
5. 2007 - 2009, Α/Ο με Αιολική ενέργεια στον Τριοβάσαλο, Μήλος ΕΠΑΝ, Μέτρο 6.3.2. Δυναμικότητα Α/Ο: 3600 κ.μ/ημ. (3×1200) Ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος: 850 kW (VESTAS V52) Διασυνδεδεμένο σύστημα.
6. 2008-2009, Πέδι, Σύμη ΕΠΑΝ, Μέτρο 6.3.2 Μηχανική Επανασυμπίεση Ατμών (MVC): 360 κ.μ./ημ. Δίπτερη Ανεμογεννήτρια NordWind. Αυτόνομο σύστημα.
7. Νήσος Στρογγύλη, 2013 Μονάδα Α/Ο θαλασσινού νερού 20κ.μ./ημ. Μονάδα Φωτοβολταικών Στοιχείων 10 kWp. Ώρες λειτουργίας ημερησίως: 6 ώρες Αυτόνομο σύστημα.

#### 4.6 Πλωτή Μονάδα Υδριάδα

“Με δεδομένη την σημαντική ηλιοφάνεια και την έντονη παρουσία των ανέμων στα ελληνικά νησιά, Έλληνες και ξένοι επιστήμονες οδηγήθηκαν στη σχεδίαση και την δημιουργία της πρώτης στον κόσμο πλωτής μονάδας αφαλάτωσης, η οποία χρησιμοποιεί για τη λειτουργία της μονάχα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: τον άνεμο για την κυρίως λειτουργία του «πλωτού εργοστασίου» και επικουρικά τον ήλιο για την ηλεκτροδότηση των συστημάτων ελέγχου και τηλεχειρισμού της.”[9]

“Η πρώτη αυτή μονάδα που ονομάστηκε με το όνομα Υδριάδα, παρμένο από την ελληνική μυθολογία (οι Υδριάδες ήταν Νύμφες των γλυκών νερών), κόστισε 2,8 εκατ. €, όμως, το κόστος για τις επόμενες αντίστοιχες υπολογίζεται ότι δεν πρόκειται να ξεπεράσει τα 700.000 € (Εικόνα 18).”[9]

“Οι μελέτες των επιστημόνων τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου τομέα, ξεκίνησαν το 2003 και διήρκεσαν περίπου 2,5 χρόνια ενώ η κατασκευή του συστήματος διήρκεσε περίπου 6 μήνες. Στην κατασκευή συμμετείχαν οι κάτωθι φορείς: Πανεπιστήμιο Αιγαίου (ανάδοχος), ΤΕΧΝΑΒΑ ΑΕ, Reflection ΕΠΕ, Algosystems ΑΕ, Lamda Shipyards ΑΕ, ΠΙΣΕΥ, ΚΑΠΕ, Ι. Κουιμάνης & Συνεργάτες, Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Ελληνικός Νηογνώμονας ΑΕ.”[9]



**Εικόνα 18: Η πλωτή μονάδα αφαλάτωσης Υδριάδα.[9]**

“Αρχικά, λειτούργησε δοκιμαστικά για 6 μήνες στον κόλπο της Ελευσίνας, όπου σε ένα ιδιαίτερα μολυσμένο θαλασσινό περιβάλλον, απεδείχθη ότι μπορεί να λειτουργήσει άψογα, χωρίς τη χρήση χημικών. Στη συνέχεια, το σύστημα εγκαταστάθηκε στην

Ηρακλεία, στις μικρές Κυκλάδες, όπου και λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα, παρά το γεγονός ότι επανειλημμένα έχει βρεθεί σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Η κατασκευή, η οποία ζυγίζει 150 τόνους και καλύπτει έκταση μισού στρέμματος, έχει ύψος όσο μια δεκαώροφη πολυκατοικία και παράγει 70.000 λίτρα πόσιμου νερού το 24ωρο. Η πλωτή κατασκευή αποτελείται από τέσσερις περιφερειακούς κυλινδρικούς πλωτήρες και έναν κεντρικό, που συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικό δικτύωμα, ώστε σε συνδυασμό με τη γεωμετρία της κατασκευής να ελαχιστοποιείται η επίδραση των κυμάτων. Στους τρεις ορόφους του πλωτήρα, είναι εγκατεστημένα το «εργοστάσιο» αφαλάτωσης – που βασίζεται στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης και έχει την ικανότητα (στο πιλοτικό σύστημα) να παράγει νερό αρκετό για 300 άτομα -, το κέντρο ελέγχου του συστήματος και η δεξαμενή αποθήκευσης του πόσιμου νερού. Δηλαδή, ένα «εργοστάσιο» αφαλάτωσης το κέντρο έλεγχου του συστήματος, τα ηλεκτρολογικά/ηλεκτρονικά συστήματα, οι αυτοματισμοί (για τοπική και απομακρυσμένη λειτουργία) και τα υπόλοιπα βοηθητικά συστήματα, καθώς και τα συστήματα ασφάλειας.”[9]

“Κατά την κατασκευή οι επιστήμονες είχαν να αντιμετωπίσουν προκλήσεις σε τεχνικό επίπεδο: έπρεπε να γίνει ειδικός σχεδιασμός που να επιτρέπει την σύζευξη πλωτού και ανεμογεννήτριας, να υπάρχει αυτόματο σύστημα GPRS για την παρακολούθηση και τον τηλεχειρισμό της μονάδας, έτσι ώστε να μην απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και να γίνονται όλα αυτοματοποιημένα. Αυτό είναι φανερό ότι μειώνει αισθητά το κόστος λειτουργίας.”[9]

“Έχει επιτευχθεί απόλυτα οικολογική λειτουργία, εφόσον το σύστημα δεν χρησιμοποιεί καύσιμα παρά μόνο αιολική και ηλιακή ενέργεια μέσω ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών κυψελών (δεν χρειάζεται η σύνδεσή της με δίκτυο της ΔΕΗ) και βέλτιστος βαθμός απόδοσης της αφαλάτωσης, εφόσον λειτουργεί με μεταβλητή παροχή ισχύος. Στα συστήματα που τροφοδοτούνται αποκλειστικά και μόνο από ΑΠΕ, η διαθέσιμη ισχύς είναι συνεχώς μεταβαλλόμενη: δηλαδή, φυσάει πολύ έχουμε πολύ διαθέσιμη ισχύ, φυσάει λιγότερο έχουμε λιγότερη. Σε συνθήκες, λοιπόν, μεταβαλλόμενης ενέργειας με την πιλοτική λειτουργία του συστήματος έχουν επιβεβαιωθεί τα ερευνητικά αποτελέσματα. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι και στα πλοία υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες όμως λειτουργούν με την ενέργεια γεννητριών Diesel, που σημαίνει ότι το κόστος λειτουργίας είναι αρκετά υψηλό και προφανώς δεν είναι καθόλου φιλικές προς το περιβάλλον.”[9]

“Η τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης χρησιμοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε δεν έγινε χρήση καθόλου χημικής επεξεργασίας του θαλασσινού νερού, με ελαχιστοποίηση των φαινομένων επικαθίσεων οργανικών και ανοργάνων ενώσεων στις μεμβράνες ώσμωσης και με απόδοση που φτάνει τα 70 m<sup>3</sup> νερό την ημέρα.”[9]

“Τόσο η σχεδίαση όσο και τα αποτελέσματα από τη λειτουργία της πλατφόρμας αφαλάτωσης έχουν κερδίσει τις εντυπώσεις σε εθνικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο. Το έργο έχει κερδίσει το βραβείο Lloyd’s για καινοτόμο ναυτική κατασκευή, καθώς και Ειδική Μνεία στο έργο «Πλωτή, αυτόνομη και φιλική για το περιβάλλον μονάδα αφαλάτωσης, Νότιο Αιγαίο, Ελλάδα» από την Επιτροπή του διαγωνισμού των Βραβείων RegioStars 2008 που αφορούν την επιβράβευση των πιο καινοτόμων περιφερειακών σχεδίων της Ευρώπης.”[9]

## 4.7 Κύπρος

“Σχεδόν όλοι οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι της Κύπρου προέρχονται από τους ταμειυτήρες. Η μέση ετήσια βροχόπτωση (περιλαμβανομένης και της χιονόπτωσης) ανέρχεται σε 500 mm, παρατηρείται μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες, είναι γεωγραφικά ανομοιόμορφα κατανεμημένη και παρουσιάζει μεγάλη διαχρονική διακύμανση με συνεχείς ανομβρίες. Μόνο το 20% του συλλεγόμενου προσφέρεται για χρήση αφού το υπόλοιπο 80% επιστρέφει στην ατμόσφαιρα σαν εξάτμιση.”[8]

“Η Κύπρος κινείται με γρήγορους ρυθμούς οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης και η διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί προτεραιότητα στα προγράμματα βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Από το 1970 η βροχόπτωση μειώνεται. Ο μέσος όρος της δεκαετίας 1990/ 2000 ήταν μειωμένος κατά 15% σε σύγκριση με την περίοδο 1960/ 1990 Η συχνότητα των ανομβριών αυξήθηκε. Η δεκαετία 1990/ 2000 περιείχε 7 έτη ανομβρίας. Τα αποτελέσματα του ελλείμματος νερού κατά την δεκαετία 1990-2000 στην Κύπρο ήταν η μείωση της παροχής νερού για ύδρευση μέχρι και 20% της κανονικής και η μείωση του νερού άρδευσης μέχρι και 70% της κανονικής. Ως συνέπεια ήταν προβλήματα οικονομικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά.”[8]

“Οι μονάδες αφαλάτωσης στην Κύπρο δημιουργήθηκαν στα πλαίσια της πολιτικής για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας, καθώς προστίθεται περισσότερο νερό στο υδατικό ισοζύγιο, εξισώνοντας έτσι την ζήτηση και την προσφορά νερού. Με τις μονάδες αφαλάτωσης υπάρχει σταθερή παραγωγή νερού και υπάρχει ανεξαρτητοποίηση από τις κλιματολογικές συνθήκες, αλλά και ελάττωση των αποστολών νερού με υδροφόρα καράβια.”[8]

“Στις αρχές του 2008 οι υδρευτικές ανάγκες της Λευκωσίας, της Λάρνακας και της Αμμοχώστου ήταν 43.000.000 m<sup>3</sup>/έτος. Με τις μονάδες αφαλάτωσης η παραγωγή είναι 30.000.000 m<sup>3</sup>/έτος (ελάχιστη ποσότητα) έως 33.000.000 m<sup>3</sup>/έτος (μέγιστη ποσότητα), δηλαδή καλύπτουν περίπου το 75% της ζήτησης.

Οι κύριες μονάδες στην Κύπρο είναι οι εξής”[8]:

- **Μονάδα Αφαλάτωσης στην Δεκέλεια (Εικόνα 19)**
- **Μονάδα Αφαλάτωσης στην Λάρνακα**





### **Εικόνα 19: Εσωτερικό εγκατάστασης στη Δεκέλεια της Κύπρου.[8]**

“Οι μονάδες λειτουργούν με το σύστημα BOOT (Build, Own, Operate and Transfer). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, ιδιωτική εταιρία, σε συμφωνία με την Κυπριακή Κυβέρνηση, αναλαμβάνει την ανέγερση, την λειτουργία και την εκμετάλλευση του διυλιστηρίου για δέκα χρόνια, οπότε αυτό μετά θα περιέλθει στο δημόσιο. Παρέχεται επίσης το δικαίωμα εξαγοράς της μονάδας πριν την συμπλήρωση δέκα χρόνων. Στα πλαίσια λειτουργίας του συστήματος έχει συμφωνηθεί κατώτατο όριο παραγωγής: δηλαδή σε περίπτωση αυξημένων βροχοπτώσεων και άρα μειωμένων απαιτήσεων σε νερό αφαλάτωσης, η κυβέρνηση είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την συγκεκριμένη ποσότητα η οποία έχει συμφωνηθεί σαν κατώτατο όριο.”[8]

“Το θαλασσίνο νερό αντλείται από βάθος τουλάχιστον 5m από την επιφάνεια της θάλασσας και 2m από τον βυθό. Το μισό από το αντλούμενο νερό θα αφαλατώνεται και το υπόλοιπο θα επιστρέφει στην θάλασσα με το επιπλέον άλας. Έγινε επέκταση του δυναμικού της μονάδας της Δεκέλειας από 40.000 m<sup>3</sup> που ήταν αρχικά, σε 50.000 m<sup>3</sup> τον Ιούλιο του 2008 και σε 60.000 m<sup>3</sup> τον Απρίλιο του 2009. Κόστος: €0,78/m<sup>3</sup> Η μονάδα της Λάρνακας επεκτάθηκε από 52.000 m<sup>3</sup> σε 62.000 m<sup>3</sup> τον Ιανουάριο του 2009 με κόστος €1,32/m<sup>3</sup>.”[8]

“Αναμφίβολα η συνεισφορά της αφαλάτωσης στην αντιμετώπιση του υδατικού προβλήματος της Κύπρου είναι μεγάλη, αλλά παρόλα αυτά οι μονάδες αφαλάτωσης φαίνεται να είναι μια πολυδάπανη, ενεργοβόρα και περιβαλλοντικά επιβαρύνουσα λύση για το υδατικό πρόβλημα, σε αντίθεση με την πολιτική της βέλτιστης διαχείρισης των υφιστάμενων πόρων. Οι οικολογικές οργανώσεις αναφέρουν ότι η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού είναι της τάξης των 6 Kwh ανά m<sup>3</sup> ανά ημέρα. Η ενέργεια αυτή συγκρινόμενη με την μέση οικιακή κατανάλωση ενέργειας η οποία είναι της τάξης των 8 Kwh ανά καταναλωτή (νοικοκυριό) ανά ημέρα, είναι ενδεικτική των μεγεθών και του αναλόγου κόστους.”[8]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



**Εικόνα 20: Το σύμπλεγμα της καινούργιας εγκατάστασης του Αλμυρού.[11]**

“Οι ανάγκες υδροδοσίας στο Δήμο Μαλεβιζίου, κοντά στο Νομό Ηρακλείου, έθεσαν σε συζήτηση το θέμα για επέκταση της ήδη υπάρχουσας μονάδας αφαλάτωσης κατασκευασμένη από την εταιρία «Μεσόγειος», των 1000 m<sup>3</sup>/ημέρα σε μια καινούργια της τάξεως των 2000 m<sup>3</sup>/ημέρα από την εταιρία Sychem (Εικόνα 20), η οποία ταυτόχρονα αποτελεί και χώρο επίσκεψης με τίτλο «Εκπαιδευτικό Πάρκο Αλμυρού». Το θέμα της παραγωγής πόσιμου νερού με την μέθοδο της αφαλάτωσης χρησιμοποιώντας υφάλμυρο νερό το οποίο θα αντλείται από τον Αλμυρό ποταμό, είναι αρκετά παλιό, καθώς η παλιά μονάδα δούλεψε από το 2005 μέχρι και το 2010. Ο Αλμυρός είναι ένα υφάλμυρο ποτάμι με σχετικά μικρή περιεκτικότητα σε άλατα ακόμα και τους θερινούς μήνες και για αυτό ακριβώς το λόγο έγινε μελέτη ώστε να μπορέσει να αποτυπωθεί ο όγκος του παραγόμενου πόσιμου νερού αλλά και της καταναλωμένης ενέργειας κατά την παραγωγή. Επίσης έγινε και επιπλέον μελέτη για πλήρη ή και μερική αξιοποίηση των ΑΠΕ για τη λειτουργία της μονάδας, καθώς η περιοχή διαθέτει ηλιακό και αιολικό δυναμικό. Μάλιστα στην πηγή του ποταμού λειτουργεί ήδη ένας mini υδροηλεκτρικός σταθμός ο οποίος τροφοδοτεί ενισχύει με ηλεκτρικό ρεύμα το Δήμο Μαλεβιζίου. Εκτός των παραπάνω έγινε και μελέτη απόρριψης του αλμόλοιπου καθώς η τριγύρω περιοχή του Αλμυρού περιλαμβάνει υδροβιότοπο με διάφορα είδη χλωρίδας και πανίδας τα οποία έχουν προσαρμοστεί στο υφάλμυρο νερό και εμφανίζουν ιδιαίτερη ευαισθησία.”[24]

## 5.2 Ο Αλμυρός ποταμός και οι πηγές του



**Εικόνα 21: Η λίμνη του Αλμυρού.[11]**

“Ο υγρότοπος του Αλμυρού ποταμού βρίσκεται στο Δήμο Μαλεβιζίου και σε απόσταση 8 km από την πόλη του Ηρακλείου. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 88 εκταρίων και αποτελείται από φυσικούς ή ημιφυσικούς οικοτόπους (λίμνη, ποτάμι, καλαμιώνες, αμμώδης εκτάσεις κλπ.) και από περιοχές ανθρωπογενών δράσεων ( καλλιέργειες, εκχερσωμένες εκτάσεις και δομημένες περιοχές).”[24]

“Η πηγή από την οποία προέρχονται τα νερά του Αλμυρού βρίσκεται στον πυθμένα μικρής λίμνης (διαμέτρου 70-90 m και βάθους πάνω από 20 m) που έχει δημιουργηθεί στην βάση της απόκρημνης ασβεστολιθικής πλαγιάς του ρήγματος του Αλμυρού (Εικόνα 21), το οποίο διαχωρίζει το ύψωμα της Κέρης από την λεκάνη του Ηρακλείου. Στο μέρος αυτό έχει δημιουργηθεί κοίλωμα του οποίου οι νοτιοδυτικές πλευρές προς το βουνό είναι απόκρημνες και σπηλαιώδεις, ενώ βορειοανατολικά προς την κοιλάδα υπάρχει τσιμεντένιο φράγμα που κατασκευάστηκε πριν από τρεις δεκαετίες περίπου. Γενικά το υψόμετρο της λίμνης (με το φράγμα) δεν ξεπερνά τα 12 m, ενώ ο ποταμός ξεκινά από το βορειοδυτικό άκρο του φράγματος, όπου υπάρχει τσιμεντένιο κανάλι υπερχείλισης και καταλήγει στην αμμώδη παραλία ακολουθώντας οφιοειδή πορεία χωρίς όμως μεγάλες αναδιπλώσεις της κοίτης.”[11]

“Η περιοχή του Ηρακλείου παρουσιάζει σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας και αυτό κυρίως λόγω του αυξημένου αριθμού κατοίκων. Οι αυξημένες ανάγκες γενικά τόσο για την ύδρευση όσο και για την άρδευση έχουν οδηγήσει, σε πολλές περιπτώσεις, στην υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων σε διάφορες περιοχές του νομού, με αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και εν συνεχεία την αναπόφευκτη για τους παράκτιους υδροφορείς υφαλμύρωση των νερών, γεγονός που τα καθιστά μη άμεσα εκμεταλλεύσιμα. Στο πλαίσιο της ανάγκης κάλυψης των υδρευτικών αναγκών του Νομού, έχει κατασκευαστεί δίκτυο γεωτρήσεων από τη Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ) με σκοπό την άντληση του υδροφορέα. Πέραν των γεωτρήσεων αυτών, για την ύδρευση της πόλης αντλούνται υπόγεια νερά και από τον καρστικό υδροφορέα των Μαλιών και από τους κοκκώδεις υδροφορείς του Θραψανού με πολυάριθμες γεωτρήσεις. Το παραπάνω



ζήτημα οδήγησε σε ευαισθητοποίηση του κοινού και σε ανάγκη αναζήτησης εναλλακτικών υδατικών πόρων και ορθολογικής και επιστημονικής διαχείρισής τους. Πολλές προτάσεις έχουν πραγματοποιηθεί, όπως η κατασκευή έργων υποδομής αποθήκευσης νερού (φραγμάτων, ταμιευτήρων, στοών υδροσυλλογής και άλλων τεχνικών έργων) για την εκμετάλλευση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Ωστόσο, μία επιπλέον μορφή λύσης του προβλήματος εύρεσης εναλλακτικών υδατικών πόρων μπορεί να αποτελέσει και η πηγή του Αλμυρού. Η υφάλμυρη καρστική πηγή Αλμυρού Ηρακλείου Κρήτης αποτελεί αντικείμενο επιστημονικών συζητήσεων για περισσότερο από 35 χρόνια. Το μέγεθος και η σημασία του συγκεκριμένου υδροφορέα και της πηγής του Αλμυρού γίνονται εύκολα αντιληπτά αν αναλογισθεί κανείς ότι ο μέσος εκφορτιζόμενος όγκος νερού της πηγής ανέρχεται περίπου στα  $240 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο, ποσότητα η οποία θα μπορούσε θεωρητικά να υδρεύσει πόλη πλέον των 3,5 εκατ. κατοίκων. Το βασικό πρόβλημα όμως είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος των υδάτων αυτών είναι υφάλμυρο και, παρά τις προσπάθειες, δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα ο ακριβής μηχανισμός υφαλμύρωσης. Έτσι, οι μόνες δυνατότητες αξιοποίησης που παρουσιάζονται είναι, είτε η εκμετάλλευση της πηγής για συγκεκριμένες μέρες το χρόνο (όταν το νερό της είναι γλυκό), είτε η επεξεργασία του υφάλμυρου νερού της πηγής μέσω της τεχνολογίας της αφαλάτωσης. Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η αποτύπωση του δυναμικού του Αλμυρού Ηρακλείου και η διερεύνηση της παραγωγής πόσιμου νερού με τη μέθοδο της αφαλάτωσης.”[11]

### 5.3 Περιγραφή Ευρύτερης Περιοχής του Αλμυρού

“Το υδροτοπικό σύστημα του Αλμυρού βρίσκεται στον Δήμο Μαλεβιζίου, 8 km δυτικά της πόλης του Ηρακλείου με έδρα του τον οικισμό Γαζίου που πήρε και το όνομα του από τον Γαζιανό ποταμό. Αποτελείται από μια καρστική πηγή στους πρόποδες του βουνού (υψόμετρο 12 m) και ένα ποτάμι (μήκους περίπου 1800 m και πλάτος 5-20 m) συνεχούς ροής που εκβάλλει στο μέσο περίπου της κοιλότητας του ομώνυμου κόλπου προς το Κρητικό πέλαγος. Στις εκβολές του ποταμού σχηματίζεται δέλτα, με την ακτή στα πλάγια της εκβολής να είναι αμμώδης με λίγους αμμόλοφους.”[11]

“Επίσης, σε σύνδεση με τον Αλμυρό ποταμό (περίπου στο μέσον του), βρίσκεται ένα τεχνητό κανάλι μήκους 800 m και πλάτους 5-10 m, το οποίο διανοίχτηκε πριν από μερικές δεκαετίες με σκοπό να χρησιμοποιείται μέρος των υδάτων του ποταμού για την ψύξη των μηχανών του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η. που έχει κατασκευαστεί στην περιοχή (εργοστάσιο Λινοπεραμάτων). Γενικά η ευρύτερη έκταση η οποία επηρεάζει και επηρεάζεται καθοριστικά από την ύπαρξη του Αλμυρού δεν ξεπερνά το ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο ενώ η παραποτάμια ζώνη του υδροτόπου (αυξομειούμενου συνολικού πλάτους εκατέρωθεν της κοίτης 200-300 m περίπου) δεν ξεπερνά το ήμισυ της παραπάνω έκτασης. Η συνεχής σημαντική ροή του νερού διαμόρφωσε τις συνθήκες που επικρατούν (ακόμα και σήμερα) σε μεγάλο βαθμό στην παραποτάμια ζώνη του υδροτόπου, αν και με τις ανθρώπινες επεμβάσεις, κατά τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες, κινδυνεύει να «ανατραπεί» και να καταστραφεί οριστικά ότι δημιούργησε η φύση κατά την πάροδο πολλών αιώνων.”[11]

#### 5.3.1 Ανθρωπογενές και Φυσικό Περιβάλλον

“Η περιοχή του Αλμυρού βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Νομού Ηρακλείου, κοντά στα βόρεια παράλια της Κρήτης και ανήκει διοικητικά στο Δήμο Μαλεβιζίου. Ο Δήμος Μαλεβιζίου συνορεύει ανατολικά με το Δήμο Ηρακλείου, νότια με το Δήμο Γόρτυνας, νοτιοδυτικά με το Δήμο Ανωγείων και δυτικά με το Δήμο Μυλοπόταμου. Ο Δήμος καταλαμβάνει έκταση  $2.641 \text{ Km}^2$  και αποτελείται από 3 Δημοτικές Ενότητες και συνολικά 19 Δημοτικές και Τοπικές Κοινότητες, με συνολικό πληθυσμό 21.131 άτομα (απογραφή 2001). Είναι από τους δυναμικότερους και πλέον αναπτυσσόμενους οικισμούς του νομού Ηρακλείου. Το Γάζι, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του έτους 1991 είχε πληθυσμό 5210 κατοίκους κατανεμημένους ως εξής”[11]:

- Γάζι: 1395,
- Αγία Μαρίνα: 1049,
- Άγιος Δημήτριος: 38,
- Άγιος Παντελεήμων: 55,
- Αμμουδάρα: 1083,
- Εργατικές κατοικίες: 784,
- Καβροχώρι: 228,
- Κεφαλογιάννης: 69,
- Κολλυβάς: 50, 62
- Μάρτυρες: 172
- Ξεροπόταμος: 287.

“Ο δείκτης γήρανσης (αναλογία ηλικιωμένων άνω των 65 ετών για παιδιά έως 14 ετών) για τη Δ.Κ. Γαζίου το 2001 ήταν αρκετά χαμηλός (0,31), ενώ του δήμου Μαλεβιζίου αισθητά χαμηλότερος σε σύγκριση με τον αντίστοιχο του νομού Ηρακλείου (0,88) και της Κρήτης συνολικά (0,96). Το γεγονός αυτό δείχνει το έντονο δημογραφικό πρόβλημα που παρουσιάζει ο νομός Ηρακλείου και το σύνολο της Κρήτης με το νεανικό και γεροντικό πληθυσμό να έχουν την ίδια περίπτωση συμμετοχή στο σύνολο του πληθυσμού. Ωστόσο ο νομός Ηρακλείου παρουσιάζει χαμηλότερη τιμή δείκτη γήρανσης σε σχέση με το σύνολο της χώρας (περίπου 1,1), με το δήμο Βαλεβιζίου και την κοινότητα Γαζίου να βρίσκονται σε αρκετά καλύτερα επίπεδα.”[11]

“Η πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km<sup>2</sup> του Δ. Μαλεβιζίου αυξήθηκε κατά περίπου 17% την τελευταία δεκαετία, όπου από 72,39 κάτοικοι/Km<sup>2</sup> το 2001 έφτασε σε 84,65 κάτοικοι/Km<sup>2</sup> το 2011 σύμφωνα με τα προσωρινά αποτελέσματα της απογραφής 2011 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (πρώην Ε.Σ.Υ.Ε.), πολύ κοντά στην αντίστοιχη τιμή πληθυσμιακής πυκνότητας του συνόλου της χώρας (81,75 κάτοικοι/Km<sup>2</sup>.”[11]

### **Υγροτοπικό Σύστημα Αλμυρού Ποταμού**

“Το υγροτοπικό σύστημα του Αλμυρού, μαζί με το φαράγγι, αποτελούν περιοχή ιδιαίτερης οικολογικής αξίας. Η περιοχή της πηγής και του ποταμού έχει θεσμοθετηθεί ως περιοχή προστασίας στα πλαίσια του προγράμματος CORINE: βιότοπος «Πηγή και ποτάμι Αλμυρού – Γάζι» (με κωδικό A00050007) και περιλαμβάνει τη λίμνη στην πηγή του, το ποτάμι μόνιμης ροής και το τεχνητό κανάλι της Δ.Ε.Η., καλαμιώνες, υγρά λιβάδια με εποχιακά τέλματα και συστάδες αλμυρικών, περιοχές με φρύγανα, με συστάδες μακίας και φοινίκων, καλλιέργειες και εκχερσωμένες ή επιχλωματωμένες εκτάσεις, αμμώδη παραλιακή ζώνη με λίγες αμμοθίνες και δομημένες περιοχές. Επίσης, ο υγρότοπος και το φαράγγι είχαν προταθεί στον αρχικό κατάλογο του Δικτύου Φύση 2000 με κωδικό GR4310001 αλλά τελικά δεν εντάχθηκαν και δεν περιλαμβάνονται στον οριστικό κατάλογο. Η πλησιέστερη στην περιοχή προστατευόμενη περιοχή Natura 2000 είναι η περιοχή με κωδικό GR 4330005.”[11]

“Όσον αφορά στη χλωρίδα του υγροτόπου, παρουσιάζει ιδιαίτερα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά καθώς συγκεντρώνει σχετικά μεγάλο αριθμό σπάνιων και ενδημικών ειδών και μεγάλη ποικιλότητα. Γενικά, στην ευρύτερη περιοχή του υγροτόπου του Αλμυρού, εκτός από καλλιέργειες με αμπέλια και ελαιόδεντρα, φύεται και αυτοφυής βλάστηση αποτελούμενη κυρίως από ποώδη, φρυγανώδη και θαμνώδη βλάστηση. Συνολικά στην παράκτια ζώνη έχουν καταγραφεί 62 είδη φυτών.”[11]



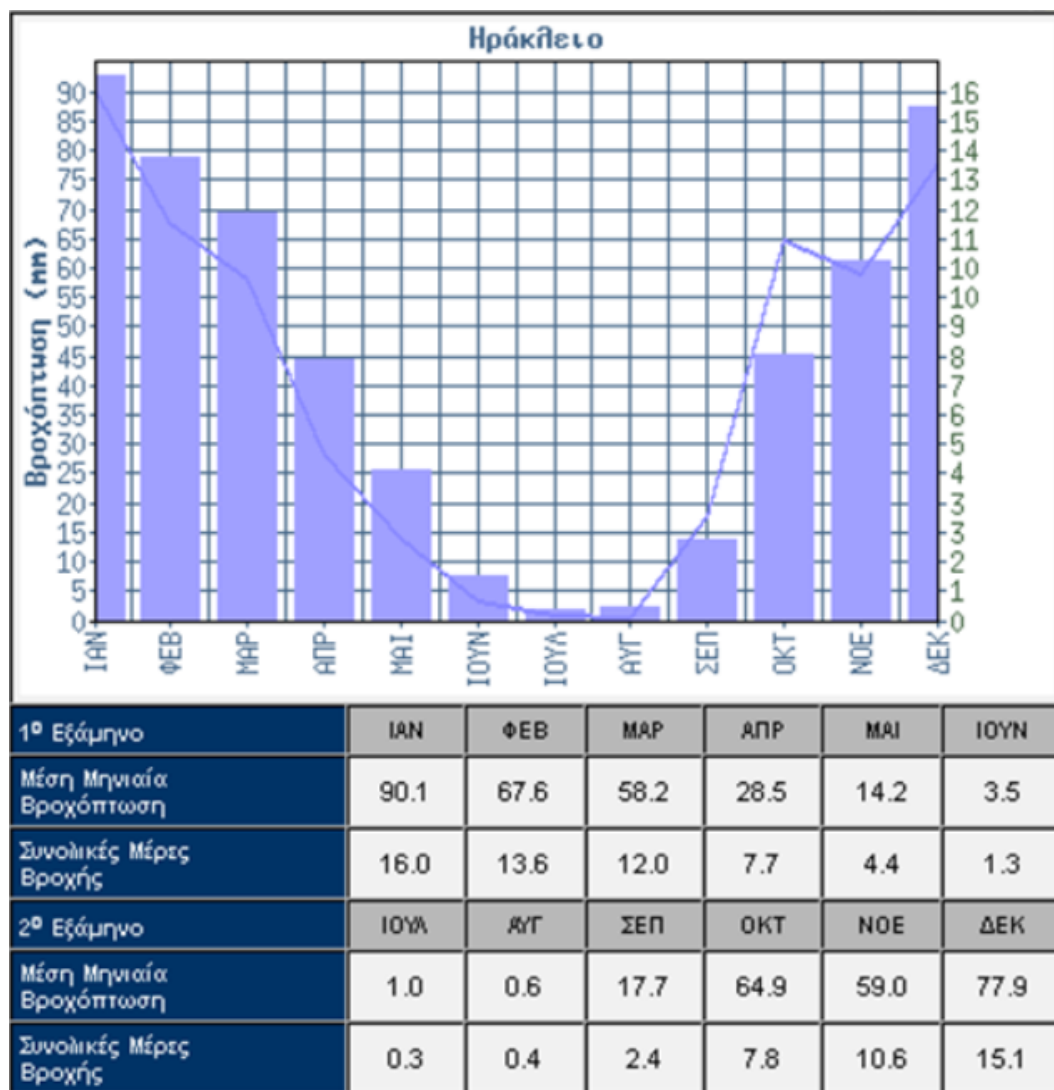
**Εικόνα 22: Η ευρύτερη περιοχή του Αλμυρού με την καινούργια εγκατάσταση αφαλάτωσης σε κόκκινο κύκλο.[23]**

### **Καταφύγιο Άγριας Ζωής «Αλμυρού Ποταμού – Κέρης»**

“Αξίζει να σημειωθεί πως στην ευρύτερη περιοχή του Αλμυρού έχει οριοθετηθεί το Καταφύγιο Άγριας Ζωής «Αλμυρού Ποταμού – Κέρης», λόγω της μεγάλης βιοποικιλότητας και της σημασίας της περιοχής ως ενδιαίτημα για πολλά είδη χλωρίδας και πανίδας. Γενικά ως καταφύγια άγριας ζωής χαρακτηρίζονται φυσικές περιοχές (χερσαίες, υγροτοπικές ή θαλάσσιες), που έχουν ιδιαίτερη σημασία ως σημαντικοί τόποι ανάπτυξης της άγριας χλωρίδας ή ως βιότοποι αναπαραγωγής, διατροφής, διαχείμασης ειδών της άγριας πανίδας, ή ως περιοχές αναπαραγωγής ψαριών και συγκέντρωσης γόνου, σημαντικοί θαλάσσιοι οικότοποι.”[11]

### 5.3.2 Δυναμικό Αξιοποίησης Αλμυρού

“Το κλίμα της περιοχής του Αλμυρού χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακό. Ο χειμώνας είναι αρκετά ήπιος και υγρός με αρκετές βροχοπτώσεις. Όμως συγκριτικά με άλλες περιοχές της Κρήτης, η μέση συνολική ετήσια τιμή υετού της περιοχής του Αλμυρού είναι από τις πλέον χαμηλότερες του νησιού φτάνοντας τα 483.2 mm. Οι πιο βροχεροί μήνες του έτους είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες επικρατεί ανομβρία (Εικόνα 23).”[24]



Εικόνα 23 : Βροχοπτώσεις στην περιοχή του Ηράκλειου.[24]

“Για τον υπολογισμό της ελάχιστης τιμής της παροχής του Αλμυρού ποταμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι υδρολογικοί δείκτες της διεθνούς βιβλιογραφίας (πχ. Μέθοδος Tennant - Montana) ή της Ελληνικής νομοθεσίας.”[24]

“Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, ως ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή λαμβάνεται ο μεγαλύτερος από τους παρακάτω δείκτες”[24]:

1. Το 30.0 % της μέσης παροχής των θερινών μηνών Ιούνιος - Ιούλιος – Αύγουστος
2. Το 50.0 % της μέσης παροχής του μηνός Σεπτεμβρίου ή 3.30.0 L/sec σε κάθε περίπτωση.

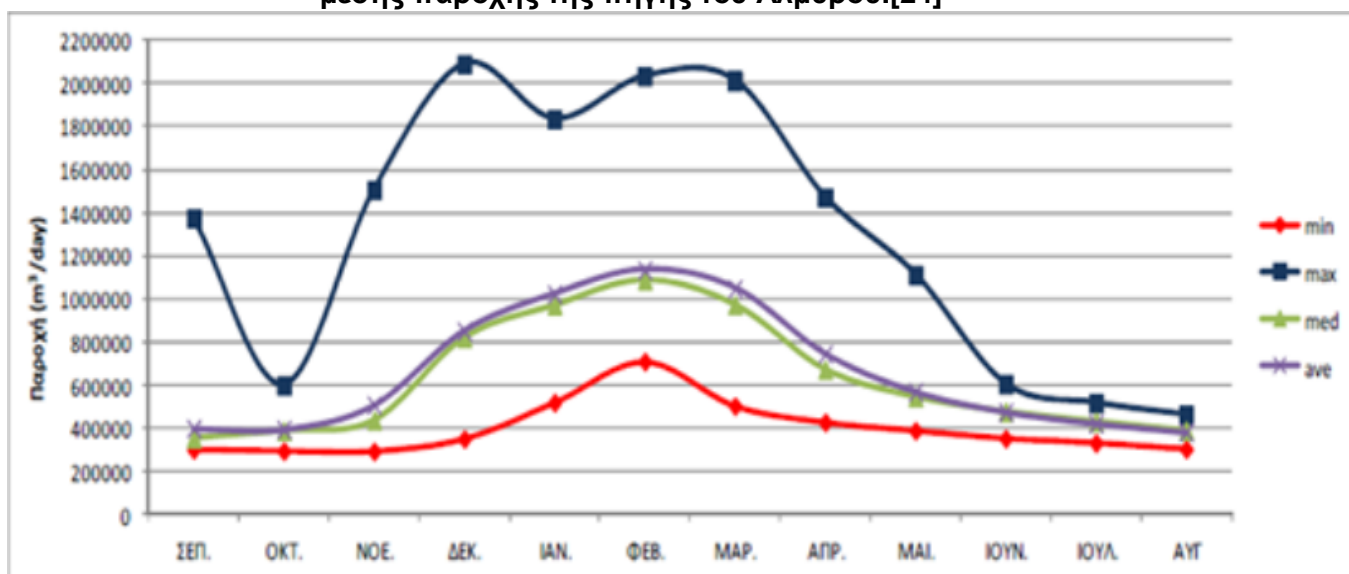


“Σύμφωνα με την μέθοδο των Tennant – Montana, ως ελάχιστη παραμένουσα παροχή ώστε η ροή να χαρακτηρίζεται άριστη, λαμβάνεται ο μεγαλύτερος από τους παρακάτω δείκτες”[24]:

1. Το 30.0 % της μέσης παροχής
2. Το 30.0 % της μέσης παροχής των μηνών Οκτώβριος - Μάρτιος
3. Το 50.0 % της μέσης παροχής των μηνών Απρίλιος - Σεπτέμβριος

“Οι μέγιστες παροχές της πηγής του Αλμυρού ποταμού παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριος έως Μάρτιος και υπερβαίνουν τα  $1.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ . Στον Πίνακα 2 δίδονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις των παροχών του Αλμυρού ποταμού.

**Πίνακας 2 : Μηνιαία διακύμανση της μέγιστης, ελάχιστης, διάμεσης και μέσης παροχής της πηγής του Αλμυρού.[24]**



Η ανάπτυξη του παραπάνω πίνακα έγινε για να μπορέσει να κατανοηθεί η ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει η ροή του Αλμυρού μέσα στο χρόνο, έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν διατάραξη και υποβάθμιση της φυσικής ισορροπίας της περιοχής λόγω υπεράντλησης. Έτσι λοιπόν όπως αναφέρεται και στην επόμενη ενότητα, η παροχή του αφαλατωμένου νερού που προορίζεται για επεξεργασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τον όγκο των  $10.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , όπου και για αυτό το λόγο η καινούργια εγκατάσταση είναι της τάξεως των  $2000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , ποσό το οποίο έχει μεγάλη διαφορά από το ελάχιστο προς άντληση, και αυτό ώστε να αποφευχθούν αντλήσεις με ιδιαίτερα χαμηλές ροές του ποταμού που μπορεί να προκληθούν από απρόβλεπτη περίοδο ξηρασίας που δεν απεικονίζονται στον πίνακα. ”[24]

### 5.3.3 Νομοθετικό Πλαίσιο – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

“Σύμφωνα με τα αναγραφόμενα τεχνικά στοιχεία και τα σχετικά διαγράμματα στην υποβληθείσα Μ.Π.Ε., η λειτουργία της μονάδας πραγματοποιείται με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης ως μέθοδος αφαλάτωσης και με τη χρήση κατάλληλων μεμβρανών, κατά τα παρακάτω στάδια επεξεργασίας του νερού”[13]:

- Τροφοδοσία υφάλμυρου νερού
- Προεπεξεργασία
- Σύστημα αντίστροφης ώσμωσης
- Τελική επεξεργασία

- Αποθήκευση καθαρού νερού σε δεξαμενή
- Σύστημα άντλησης του νερού με αντλιοστάσιο ανύψωσης-μεταφοράς προς τις δεξαμενές ύδρευσης

“Η κυρίως μονάδα και η μονάδα τελικής επεξεργασίας θα τοποθετηθούν σε μεταλλικό κτίριο βιομηχανικού τύπου εμβαδού 1222 m<sup>2</sup>. Η εν λόγω μονάδα έχει εγκατασταθεί σε γήπεδο συνολικής έκτασης 5836,70 m<sup>2</sup>.”[13]

“Στη μονάδα υπερδιήθησης καθώς και στη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες για την αντίστροφη πλύση των αμμόφιλτρων καθώς και για την επεξεργασία του νερού κατά την αφαλάτωση. Οι χημικές ουσίες αυτές περιγράφονται στην τεχνική έκθεση ως ουσίες με βάση την καυστική σόδα και το κιτρικό οξύ για τον καθαρισμό των φίλτρων, και ως οργανικές ενώσεις βιοδιασπώμενες και μη τοξικές, αναφερόμενες ως αντικαθαλωτικά για την απομάκρυνση των αλάτων στη μονάδα αφαλάτωσης. Παρατηρείται δε αυξημένη χρήση χημικών ουσιών, ως αποτέλεσμα της ανάγκης υψηλής καθαρότητας των χρησιμοποιούμενων μέσων (εξοπλισμός, μεμβράνες) κατά τη λειτουργία της μονάδας.”[13]

“Από τη λειτουργία της μονάδας και τον καθαρισμό του νερού, κύριο υγρό απόβλητο αποτελεί ο αλμόλοιπος (άλμη), του οποίου η παραγόμενη ποσότητα εκτιμάται στα 850m<sup>3</sup> ημερησίως λαμβανομένης υπόψη και της εποχιακότητας στα επίπεδα της αλμυρότητας. Για τη διάθεση του αλμόλοιπου προτείνεται η διοχέτευσή του σε τεχνητό κανάλι πριν από τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ. Έχει εγκριθεί σχετική μελέτη διάθεσης του αλμόλοιπου ποσότητας 800-1000m<sup>3</sup> ημερησίως στην εν λόγω θέση με διαχυτήρα μήκους 70 μέτρων και με 8 στόμια εξόδου, σε απόσταση μεταξύ τους 10m.”[13]

“Το θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής αποτελεί αποδέκτη του αλμόλοιπου και της όποιας ποιότητας αυτού προκύψει λαμβανομένης υπόψη και της χρήσης χημικών ουσιών η οποία έχει προηγηθεί κατά τα στάδια της επεξεργασίας. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η μονάδα μπορεί να λειτουργεί εφόσον”[11]:

- Ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα η λειτουργία της.
- Το νερό της πηγής αξιολογείται ποιοτικά με χημική ανάλυση μηνιαίως.
- Καταγράφεται η ποσότητα και η ποιότητα του αλμόλοιπου μηνιαίως.
- Ελέγχεται η ποιότητα του αφαλατωμένου νερού.
- Δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προστασία του καταφυγίου άγριας ζωής του Αλμυρού, όσον αφορά τη διαχείριση των χημικών που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του pH, και την απόρριψη του αλμόλοιπο



## 5.4 Σύστημα τροφοδοσίας

### **Φρεάτιο υδροληψίας Αλμυρού και αγωγοί μεταφοράς υφάλμυρου νερού στη μονάδα**

“Για την προσαγωγή του νερού του Αλμυρού ποταμού στη μονάδα αφαλάτωσης, υπάρχει φρεάτιο υδροληψίας. Το φρεάτιο υδροληψίας έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα και εφάπτεται στην εξωτερική παρειά του φράγματος. Ο έλεγχος της ροής γίνεται από εγκατεστημένο ανοξείδωτο θυρόφραγμα στη βάση του φράγματος και στο σημείο της οπής εισόδου έχει τοποθετηθεί ανοξείδωτη σήτα, για την κατακράτηση μεγάλων στερεών. Οι αγωγοί μεταφοράς του νερού ξεκινούν αντιδιαμετρικά της οπής εισόδου του νερού στο φρεάτιο μέχρι τη μονάδα αφαλάτωσης, ενώ μέσω μικρότερων θυροφραγμάτων έχουν τη δυνατότητα στέρησής τους από τη ροή.”[11]

### **Αγωγοί αποβολής λυμάτων**

“Ο αγωγός για τη μεταφορά του αλμόλοιπου από τη μονάδα αφαλάτωσης μέχρι την εγκεκριμένη θέση διάθεσης στο τεχνητό ρέμα του Αλμυρού θα πρέπει να ακολουθήσει την υφιστάμενη ασφαλτοστρωμένη οδό έως τη θέση διάθεσης. Επιπλέον, δεν είναι απαραίτητη η κατασκευή αντλιοστασίου για τον αγωγό του αλμόλοιπου, καθώς η άλμη εξέρχεται με μικρή πίεση από τις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης και καταθίβεται απευθείας μέσω του αγωγού στο σημείο διάθεσης.”[11]

### 5.4.1 Προεπεξεργασία του νερού για την Αφαλάτωση

“Το τροφοδοτούμενο νερό που χρησιμοποιείται στην αφαλάτωση, περιέχει διάφορες ουσίες και σωματίδια, τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν σε ένα βαθμό, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία χωρίς να υπάρξει κάποιο πρόβλημα στην κατάσταση του εξοπλισμού, αλλά και στην ομαλή παραγωγή του νερού. Η ανάλυση του νερού είναι απαραίτητη και περιλαμβάνει τις παρακάτω φυσικές παραμέτρους”[11] :

- Θολότητα και pH
- Δείκτη πυκνότητας ιλύος (Silt density index, SDI) για τα περιεχόμενα κολλοειδή συστατικά.
- Περιεκτικότητα σε κολοβακτηρίδια, σε διάφορους άλλους μικροοργανισμούς, αλλά και σε αιωρούμενα σωματίδια.
- Περιεχόμενα αέρια π.χ. οξυγόνο, CO<sub>2</sub>, υδροθείο.
- Συνολικά διαλυμένα στερεά.
- Άλατα του νερού: ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο, σίδηρο, μαγγάνιο, βάριο και στρόντιο, πυρίτιο, θειικά, νιτρικά, αμμωνία, φωσφορικά, φθοριούχα και χλωριούχα.

“Οι ουσίες και τα σωματίδια προς αφαίρεση εάν δεν απομακρυνθούν, τότε κατά τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης δημιουργούνται αποσθρωτικά φαινόμενα, εξαιτίας του μεγέθους τους, στην επιφάνεια των μεμβρανών με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου ζωής τους, και στη συνέχεια στη μη ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Ειδικότερα παρουσιάζονται προβλήματα όπως”[11]:

- Επιθέματα (scaling) στην επιφάνεια των μεμβρανών από υπέρβαση του ορίου διαλυτότητας ή λόγω σχηματισμού αδιάλυτων αλάτων, εξαιτίας τοπικών αντιδράσεων.
- Επικάθιση στην επιφάνεια της μεμβράνης πολύ λεπτών σωματιδίων ή κολλοειδών συστατικών.

- Χημικές αντιδράσεις στη διεπιφάνεια μεμβράνη – νερό τροφοδότησης.
- Προσρόφηση από τις πολυμερείς ομάδες της μεμβράνης, διαφόρων μακρομορίων που περιέχονται στο νερό και σχηματισμός λεπτού στρώματος ζελατινοειδούς μορφής.
- Απόφραξη των καναλιών κυκλοφορίας της άλμης στα στοιχεία της αντίστροφης

## 5.5 Συστήματα Προεπεξεργασίας

“Στα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης υπάρχει σύστημα προεπεξεργασίας, για την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, για την εξασφάλιση της καθαριότητας των επιφανειών μεμβράνης, για τη διατήρηση των επιδόσεων και τη μείωση χρωματισμού ή υποβάθμισης. Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας του θαλάσσιου νερού είναι πολύ σημαντικό. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη ώσμωση λειτουργούν επιλεκτικά όσον αφορά το φιλτράρισμα του νερού και είναι πολύ ευαίσθητες σε μεγάλα σωματίδια ή χημικά στοιχεία (χλώριο) τα οποία δεν κάνει να βρίσκονται εκεί, για αυτό πρέπει να δίδεται μεγάλη προσοχή στο σύστημα προεπεξεργασίας. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας βελτιώνει την απόδοση της μεμβράνης με τον περιορισμό των παρακάτω φαινομένων”[13]:

- «Fouling».
- Σχηματισμός στρωμάτων επικάλυψης (ScalingFormation).
- Αλλοίωση και αποικοδόμηση της μεμβράνης.
- Μόλυνση της μεμβράνης.

Έτσι, με τον τρόπο αυτό βελτιστοποιούνται:

- Η ροή του προϊόντος.
- Η ποιότητα του προϊόντος.
- Η ανάκτηση.
- Λειτουργικά κόστη και κόστη συντήρησης.

“Με τον όρο «Fouling» εννοείται η συσσώρευση ξένων σωματιδίων από το νερό τροφοδοσίας στην ενεργή επιφάνεια της μεμβράνης σε βαθμό που επηρεάζεται η λειτουργία της μονάδας. Συγκεκριμένα, η κολλοειδής συσσώρευση (colloidal fouling) αναφέρεται στον εγκλωβισμό ιλύος ή σκουριάς, η βιολογική συσσώρευση (biological fouling) είναι η ανάπτυξη βιοφίλμ, ενώ οργανική συσσώρευση (organic fouling) είναι η απορρόφηση ειδικών οργανικών στοιχείων, όπως είναι ύλη από αποσύνθεση φυτών και διαφόρων ελαίων στη μεμβράνη αντίστροφης ώσμωσης.”[13]

“Ο όρος «scaling formation» αναφέρεται στο σχηματισμό κατακρημνισμάτων και στην απόθεση εντός του συστήματος ελαφρώς διαλυτών αλάτων, όπως είναι ανθρακικό ασβέστιο, θειικό, βάριο, θειικό μαγνήσιο, θειικό στρόντιο και χλωριούχο μαγνήσιο. Γι’ αυτό στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας, οι μικροοργανισμοί πρέπει να καταστραφούν και τα αιωρούμενα στερεά να αφαιρεθούν, ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες.”[13]

“Η προεπεξεργασία του υφάλμυρου νερού περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια”[24]:

1. Δεξαμενή αποθήκευσης του υφάλμυρου νερού.
2. Σύστημα χλωρίωσης υφάλμυρου νερού, ώστε να αφαιρεθεί το βιολογικό φορτίο, και να αποφευχθεί το φαινόμενο ανάπτυξης μικροοργανισμών στις μεμβράνες.
3. Προσθήκη κροκιδωτικών μέσων, για την αποφυγή δημιουργίας στρωμάτων επικάλυψης θειικού ασβεστίου ( $\text{CaSO}_4$ ) και σχηματισμού αφρού, και οξέος για τη ρύθμιση του pH και για την αποφυγή εναπόθεσης αλάτων.
4. Διαχωρισμός σωματιδίων μεγάλου μεγέθους (>10mm), με στατικά κόσκινα/σχάρες (screens).

5. Συσσωμάτωση κολλοειδών σωματιδίων, με την προσθήκη κατάλληλων χημικών ουσιών.
6. Φίλτραση, μέσω φίλτρων άμμου και φίλτρων φυσιγγίων, ώστε να γίνει κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων μεγέθους <25.0 μm και 5.0 μm αντίστοιχα.
7. Σύστημα δοσομέτρησης αντικαθαλατωτικού, ώστε να προστατευτούν οι μεμβράνες από επικαθίσεις.
8. Αποχλωρίωση με χρήση συστήματος δοσομέτρησης όξινου θειώδους νατρίου
9. Φίλτραση με χρήση πολυστρωματικών φίλτρων για την κατακράτηση σωματιδίων με μέγεθος >1μm, για λόγους προστασίας των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης.

### 5.5.1 Αποθήκευση Θαλασσινού Νερού σε Δεξαμενή

“Το νερό μετά την άντλησή του αποθηκεύεται σε δεξαμενή κατάλληλου όγκου, ώστε να γίνει η απαραίτητη καθίζηση των αιωρούμενων στερεών και να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος χρόνος επαφής, για απολύμανση. Η δεξαμενή είναι κατασκευασμένη από υλικά που δεν επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Ο όγκος της δεξαμενής είναι τέτοιος, ώστε να διασφαλίζεται η παραμονή και αποθήκευση του νερού τουλάχιστον για 20-25 λεπτά πριν αρχίσει η επεξεργασία του.”[11]

“Η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με τους απαραίτητους αυτοματισμούς, ώστε σε περίπτωση ανεπάρκειας του νερού στη δεξαμενή, να διακόπτεται η παροχή νερού προς επεξεργασία, για να προστατεύονται οι αντλίες τροφοδοσίας το συστήματος από ξηρά λειτουργία. Η στάθμη της δεξαμενής (υψηλή – χαμηλή στάθμη) ελέγχει την εκκίνηση – κράτηση της αντλίας υδροληψίας του θαλασσινού νερού.”[24]

### 5.5.2 Απολύμανση Θαλασσινού Νερού

“Το θαλασσινό νερό που αποθηκεύεται στη δεξαμενή, μπορεί να είναι διαυγές και άχρωμο, αλλά περιέχει σίγουρα βιολογικό και μη βιολογικό φορτίο το οποίο είναι βλαβερό για τον άνθρωπο και επομένως πρέπει να αφαιρεθεί. Τέτοιες ουσίες κυρίως είναι οργανική ύλη, βακτηριολογική μόλυνση, σίδηρος, αμμωνία. Οι ουσίες αυτές δρουν επιβαρυντικά στις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης, προκαλώντας τους πρόωρη γήρανση και φθορά. Οι ουσίες αυτές οξειδώνονται, για να αδρανοποιηθούν και να μπορεί να γίνει εύκολα η κατακράτησή τους στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας, που είναι η φίλτραση. Η οξείδωση αυτή επιπλέον απολυμαίνει το νερό. Σε αυτό, λοιπόν, το στάδιο επεξεργασίας, για την πρόληψη δημιουργίας επιστρώματος μόλυνσης οργανικής κυρίως προέλευσης, το νερό προς αφαλάτωση χλωριώνεται στη δεξαμενή ακατέργαστου νερού, είτε με αέριο χλώριο, είτε συνήθως με υποχλωριώδες νάτριο ή λιγότερο συχνά υποχλωριώδες ασβέστιο. Η χλωρίωση γίνεται με δοσομετρικές αντλίες συνεχώς, ώστε στο νερό τροφοδοσίας η συγκέντρωση σε ενεργό χλώριο να φτάνει μέχρι 10 ppm. Η χλωρίωση γίνεται στη δεξαμενή εξισορρόπησης του νερού προς επεξεργασία. Το χλώριο οξειδώνει και σκοτώνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, που θα μπορούσαν να επικαθίσουν στις μεμβράνες και να αναπτύξουν αποικίες, μολύνοντας την επιφάνειά των μεμβρανών, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής νερού, υποβαθμίζοντας ταυτόχρονα και την ποιότητα του.”[11]

“Το σύστημα χλωρίωσης αποτελείται από τα εξής”[24]:

- Δύο αντλίες διαφραγματικού τύπου (η μία εφεδρική) ρυθμιζόμενης παροχής με ρύθμιση τόσο της συχνότητας εμβολισμών όσο και μήκους εμβολισμών, ηλεκτρονικού τύπου. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός της αντλίας είναι τοποθετημένος μέσα σε πλαστικό κέλυφος, που τον προστατεύει από τις διαβρωτικές ιδιότητες των χημικών. Όλα τα τμήματα που έρχονται σε επαφή με το διάλυμα είναι κατασκευασμένα από

κατάλληλο υλικό ανθεκτικό στην επίδραση του χλωρίου. Η δοσομετρική αντλία έχει ρύθμιση της παροχής η οποία είναι τουλάχιστον κατά 20% μεγαλύτερη από την απαιτούμενη σύμφωνα με το σχέδιο της μονάδας.

- Βαθμονομημένο κάδο διαλύματος 200 lt, απ'όπου αναρροφάται το διάλυμα, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από ανθεκτικό στις ουσίες αυτές πλαστικό υλικό. Επίσης διαθέτει σύστημα υπερχειλίσης και εκκένωσης.

### 5.5.3 Θρόμβωση - Κροκίδωση

“Για χρησιμοποιούμενο νερό με υψηλό ποσοστό αιωρούμενων στερεών, υψηλή τιμή SDI, χρησιμοποιούνται ουσίες που προκαλούν τη συσσωμάτωση των αιωρούμενων στερεών και τελικά το διαχωρισμό τους από το νερό προς επεξεργασία σε επόμενο στάδιο. Τα συσσωματώματα ή γενικώς τα αιωρούμενα στερεά διέρχονται από δύο είδη φίλτρων. Τα φίλτρα άμμου, που περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά διαφορετικού μεγέθους και από τα φίλτρα φυσιγγίων, όπου συγκρατούνται όλα τα αιωρούμενα στερεά μεγέθους μεγαλύτερου των 1-5 μm.”[11]

### 5.5.4 Σύστημα Ρύθμισης pH

“Για τη ρύθμιση του pH χρησιμοποιείται διάλυμα θεικού οξέως, που η δοσολογία του εξαρτάται από τη σύσταση του επεξεργασμένου νερού και τη συγκέντρωσή του σε άλατα.”[24]

### 5.5.5 Φίλτραση με πολυστρωματικά φίλτρα

“Το νερό καταθλίβεται σε πολυστρωματικά φίλτρα θολότητας, κατάλληλης ικανότητας και παροχής, που κατακρατούν την άμμο, τα ιζήματα, τη λάσπη, τα βαρέα μέταλλα, την οργανική ύλη, τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια και άλλες ουσίες που είναι βλαβερές για την επεξεργασία, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο δείκτης πυκνότητας λάσπης του ακατέργαστου νερού, εντός των αποδεκτών ορίων για τις μεμβράνες. Τα πολυστρωματικά φίλτρα περιέχουν αδρανή υλικά σε στρώματα (layers) και λειτουργούν ως φίλτρα. Περιλαμβάνουν σε στρώσεις διαφόρων μεγεθών από τον πυθμένα προς τα επάνω”[11]:

- Χαλαζιακά μικρά χαλίκια.
- Αδρανή πυριτική άμμο.
- Ανθρακίτη

“Η πυκνότητα αυτών των υλικών είναι τέτοια, ώστε διατηρείται η διαστρωμάτωσή τους ακόμη και σε ισχυρές αναδεύσεις, λόγω μεγάλης ταχύτητας της διερχόμενης θάλασσας. Αυτό συμβαίνει όταν έχουμε έκπλυση των φίλτρων με αντίθετη ροή. Η έκπλυση των φίλτρων γίνεται όταν η πτώση πίεσης στα φίλτρα είναι μεγαλύτερη του 20% της εφαρμοζόμενης πίεσης. Η έκπλυση μπορεί να γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα. Το μέγεθος των σωματιδίων είναι μεταξύ 0,5-3 mm. Ο καθαρισμός του νερού επιτυγχάνεται με δύο τρόπους”[11]:

1. Με τη μη δυνατότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να διαπεράσουν το ανώτατο στρώμα, λόγω μεγέθους.
2. Με την καθίζησή τους, λόγω βάρους στην επιφάνεια του μέσου στα φίλτρα, στα κατώτερα στρώματα.

“Τα φίλτρα περιλαμβάνουν τις κατάλληλες σωληνώσεις και βάνες, ώστε να είναι δυνατή η έκπλυσή τους. Η ταχύτητα ροής στα φίλτρα άμμου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Για λόγους πρακτικούς και μείωσης του μεγέθους του φίλτρου σε ρεαλιστικές διαστάσεις η ταχύτητα είναι περίπου 10-25 m/h. Η ταχύτητα αυτή διπλασιάζεται κατά την έκπλυση.”[11]

### 5.5.6 Προσθήκη Αντικαθαλωτικού

“Η παρεμπόδιση των επικαθίσεων αλάτων μπορεί να γίνει και με την προσθήκη ειδικών αντικαθαλωτικών (antiscalants) ουσιών που παρεμποδίζουν την επικάθιση αλάτων. Απαιτούνται μικρές ποσότητες αντικαθαλωτικού (1-10 ppm). 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. Οι εταιρείες παραγωγής αντικαθαλωτικών προσφέρουν ειδικά λογισμικά για τον προσδιορισμό της δοσολογίας αντικαθαλωτικού, ανάλογα με τη χημική σύσταση του διαλύματος τροφοδοσίας. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται στη φάση αυτή, πρέπει να διαθέτουν πιστοποιητικά καταλληλότητας για το πόσιμο νερό, από αναγνωρισμένο οργανισμό.”[8]

### 5.5.7 Σύστημα Αποχλωρίωσης

“Το υπολειπόμενο χλώριο που έχει χρησιμοποιηθεί, εάν φτάσει στις μεμβράνες θα τις καταστρέψει. Έτσι θα πρέπει να υπάρχει στάδιο αποχλωρίωσης. Με δοσομετρική αντλία τροφοδοτείται το νερό με αναγωγικά μέσα, όπωςθειικό νάτριο,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,θειώδες νάτριο,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , όξινοθειώδες νάτριο,  $\text{NaHSO}_3$ , ή μετα-θειώδες νάτριο (sodium metabisulfite),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  κατάλληλης δοσολογίας, ώστε να μην υπάρχει καμία περίπτωση να παραμείνει χλώριο στο διάλυμα.”[8]



### 5.5.8 Μεταφορά Προκατεργασμένου νερού μέσω αντλιών υψηλής πίεσης



**Εικόνα 24: Σύστημα προκατεργασίας νερού και αντλίες τροφοδοσίας υψηλής πίεσης.**

Μετά την ολοκλήρωση της προκατεργασίας, το νερό τροφοδότησης περνά από τις αντλίες υψηλής πίεσης (Εικόνα 24), όπου αυξάνεται η πίεσή του στο βαθμό που απαιτείται για τη διεργασία. Η πίεση μετά το στάδιο αυτό κυμαίνεται συνήθως στα 15 – 25 bar για υφάλμυρο νερό. Σε περίπτωση που το νερό προς επεξεργασία ήταν θαλασσινό η πίεση θα κυμαινόταν περίπου μεταξύ 54 – 80 bar, πράγμα που κάνει αισθητό ότι όσο περισσότερο διαλυμένη ουσία έχουμε στο νερό προς επεξεργασία τόσο θα αυξάνεται και η δύναμη που πρέπει να ασκήσουμε σε αυτό για να περάσει από τη



μεμβράνη αλλά και αντίστοιχα τόσο αυξάνεται και το κόστος της καταναλωμένης ενέργειας.

## 5.6 Σύστημα Αντίστροφης Ώσμωσης

Τα στοιχεία μεμβρανών (modules) αποτελούν την καρδιά της μονάδας αφαλάτωσης, διότι εκεί επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός νερού και αλάτων. Τα βασικά δομικά στοιχεία ενός στοιχείου μεμβρανών είναι :

- Οι μεμβράνες διαχωρισμού (Εικόνα 25)
- Το δοχείο πίεσης (pressure vessel) με το βοηθητικό εξοπλισμό.

“Ο σχεδιασμός των στοιχείων είναι κατάλληλος, ώστε το υψηλής πίεσης προκατεργασμένο νερό να διαπερνά την ημιπερατή μεμβράνη, όπου εκεί γίνεται ο διαχωρισμός απιονισμένου νερού και αλμόλοιπου, και στη συνέχεια να συλλέγεται το αφαλατωμένο νερό ξεχωριστά από το απορριπτόμενο ρεύμα της άλμης. Η αντίστροφη όσμωση πραγματοποιείται μέσα σε κοντέινερ που περιέχουν διατάξεις διαδοχικών ζευγών μεμβρανών. Η διάρκεια ζωής των μεμβρανών είναι 1 ½ -2 χρόνια.



**Εικόνα 25: Μεμβράνες Αντίστροφης Ώσμωσης στην εγκατάσταση του Αλμυρού**

Ο χειρισμός μιας μονάδας αντίστροφης όσμωσης είναι αρκετά απλός. Η κατανάλωση της ενέργειας στις μεθόδους με μεμβράνες μετριέται σε  $Kwh/m^3$ .<sup>[11]</sup>

### Μεμβράνες διαχωρισμού

Οι μεμβράνες διαχωρισμού αποτελούν ουσιαστικά μια λεπτή πολυμερική διεπιφάνεια επαφής, που καθορίζει τη διέλευση των χημικών ειδών με τα οποία βρίσκεται σε επαφή.

“Ο πρωταρχικός ρόλος μιας μεμβράνης είναι να ενεργεί ως ένα εκλεκτικό φράγμα (selective barrier). Επιτρέπει το πέρασμα ορισμένων συστατικών και συγκρατεί άλλα συστατικά ενός μίγματος. Κατά συνεκδοχή το διερχόμενο ρεύμα ή η συγκρατούμενη φάση εμπλουτίζεται σε ένα ή περισσότερα συστατικά. Στην ευρύτερη έννοιά της, η μεμβράνη θα μπορούσε να οριστεί ως μια «περιοχή ασυνέχειας παρεμβαλλόμενη

ανάμεσα σε δύο φάσεις» ή ως «μια διακριτή, λεπτή, διεπιφάνεια, η οποία τροποποιεί το πέρασμα χημικών ειδών, τα οποία έρχονται σε επαφή μαζί της. Αυτή η διεπιφάνεια μπορεί να είναι μοριακά ομοιογενής, δηλαδή εντελώς ομοιόμορφη στη σύνθεση και στη δομή, ή η διεπιφάνεια μπορεί να είναι χημικώς ή φυσικώς ετερογενής, δηλαδή να περιέχει πόρους πεπερασμένων διαστάσεων ή να αποτελείται από κάποια μορφή στρωματοποιημένης δομής».[24]

Ο διαχωρισμός λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια της μεμβράνης, ή στη μεμβράνη την ίδια, όπου οι μοριακές αλληλεπιδράσεις ανταγωνίζονται ή μία την άλλη. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τι συμβαίνει πλησίον της μεμβράνης και μέσα σε αυτή. Ο αντίστοιχος μηχανισμός περάσματος είναι το κλειδί. Για τη βελτίωση της ικανότητας διαχωρισμού, δύο παράγοντες πρέπει να εξετασθούν πλήρως. Ο ένας παράγοντας είναι η εκλεκτικότητα και ο άλλος είναι η ολική ροή για μια δοσμένη μεμβράνη. Και οι δύο αυτοί παράγοντες μπορεί να μελετηθούν μόνο όταν είναι γνωστός ο μηχανισμός μεταφοράς δια μέσου της μεμβράνης.”[11]

## 5.7 Τελική Επεξεργασία

“Το παραγόμενο νερό μετά τη διάταξη της αντίστροφης ώσμωσης, χρειάζεται εμπλουτισμό, έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και άρδευση. Η ποιότητα του αφαλατωμένου νερού που εξέρχεται από τις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα του νερού τροφοδότησης και τη διάταξη της μονάδας.”[24]

“Το αφαλατωμένο νερό, στη μορφή που παράγεται, παρουσιάζει ισχυρά διαβρωτικές ιδιότητες, εξαιτίας της έλλειψης μεταλλικών στοιχείων όπως είναι το Ασβέστιο και το Μαγνήσιο (Ca, Mg). Για αυτό το λόγο το νερό εμπλουτίζεται με την προσθήκη αλάτων ασβεστίου, έτσι ώστε να αποφεύγονται τα διαβρωτικά φαινόμενα στις σωληνώσεις. Όταν το νερό προορίζεται μόνο για άρδευση τότε, εμπλουτίζεται με μαγνήσιο. Γενικά, το παραγόμενο νερό της αφαλάτωσης παρουσιάζει πολύ μικρή σκληρότητα και σχετικά χαμηλό pH. Έτσι πριν διατεθεί στην κατανάλωση θα πρέπει να προστεθούν κάποια χημικά που θα το κάνουν πλέον εύπεπτο, ευχάριστο στη γεύση και γενικώς πλέον κατάλληλο για κατανάλωση. Το στάδιο της μετεπεξεργασίας είναι αρκετά σημαντικό, διότι σε αυτό λαμβάνει χώρα σταθεροποίηση του παραγόμενου νερού και προετοιμασία του για τη διανομή του ως πόσιμου νερού.”[8]

“Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την τελική επεξεργασία, ώστε το νερό που παράγεται να έχει προδιαγραφές ποιότητας πόσιμου νερού και αποτελείται από τα εξής επιμέρους στάδια”[11] :

- Απομάκρυνση αερίων, όπως είναι τα σουλφίδια του υδρογόνου και το υδρόθειο.
- Ρύθμιση της οξύτητας (pH).
- Σύστημα μετακατεργασίας, με το οποίο το νερό αποκτά την κατάλληλη σκληρότητα και αλκαλικότητα. Απαιτείται αύξηση της σκληρότητας και αλκαλικότητας, με τη χρήση χημικών (επεξεργασμένου ασβέστη, διοξειδίου του άνθρακα ή θειικού οξέος)
- Σύστημα μεταχλωρίωσης, με το οποίο το νερό προς κατανάλωση χλωριώνεται ή κάποια άλλη μέθοδο απολύμανσης του νερού, για να έχει τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού.
- Προσωρινή αποθήκευση του πόσιμου νερού, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά του στο δίκτυο ύδρευση

### 5.7.1 Ρύθμιση Σκληρότητας

Για την ρύθμιση της σκληρότητας του παραγόμενου νερού έτσι ώστε να γίνει πόσιμο, χρησιμοποιείται στήλη που περιέχει φυσικό πέτρωμα δολομίτη ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$ ) το οποίο προσφέρει και ασβέστιο και μαγνήσιο, ενώ στη συνέχεια διορθώνεται το pH με φυσικό τρόπο, όπως και αναφέρεται στη συνέχεια.

### 5.7.2 Διόρθωση pH

“Το pH του παραγόμενου νερού ελέγχεται από ηλεκτρονικό pHμετρο, γιατί μπορεί λόγω διακύμανσης κάποιων παραμέτρων, όπως είναι η θερμοκρασία, να απαιτούνται διαφορετικές τιμές pH στο τελικό νερό. Στην παλαιότερη μονάδα του Αλμυρού, τελική διόρθωση γινότανε με την έγχυση ελάχιστης δόσης υδροξειδίου του νατρίου (σόδας),  $\text{NaOH}$  ή με προσθήκη όξινου ανθρακικού νατρίου, μέσω αυτόματων δοσομετρικών αντλιών. Στην καινούργια εγκατάσταση το pH διορθώνεται φυσικά χάρη στη στήλη δολομίτη όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω.”[24]

### 5.7.3 Μεταχλωρίωση

“Παρόλα τα στάδια επεξεργασίας του παραγόμενου νερού δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το ποσοστό ρύπων που κατακρατούνται από τις μεμβράνες είναι 99.5-99.8%, πράγμα που σημαίνει ότι ένα μικρό ποσοστό παραμένει ελεύθερο στο νερό. Για αυτό το λόγο το νερό πρέπει να χλωριώνεται. Το υπολειπόμενο χλώριο στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 ppm.”[24]

### 5.7.4 Αποθήκευση Πόσιμου Νερού

“Το πόσιμο νερό που παράγεται οδηγείται σε δεξαμενή κατασκευασμένη από υλικά κατάλληλα για πόσιμο νερό. Είναι εφοδιασμένη με αυτοματισμούς που διακόπτουν την τροφοδοσία θαλασσινού νερού προς το σύστημα επεξεργασίας, σε περίπτωση που η στάθμη του νερού στη δεξαμενή είναι ψηλά και διακόπτουν την τροφοδοσία του νερού προς το δίκτυο ύδρευσης, αν η στάθμη του νερού στη δεξαμενή είναι χαμηλά.”[24]

## 5.8 Προδιαγραφές Παραγόμενου Νερού

“Από τον Πίνακα 3, καταλαβαίνουμε το πόσο είναι υποβαθμισμένη η ποιότητα του αντλούμενου νερού από τις γεωτρήσεις της περιοχής σε σχέση με την ποιότητα του παραγόμενου αφαλατομένου νερού μέσω της αφαλάτωσης στην παλιά μονάδα της εταιρίας «Μεσόγειος». Εκτιμάται ότι η ποιότητα του παραγόμενου νερού από την καινούργια μονάδα αφαλάτωσης της εταιρίας Sychem, είναι αντίστοιχη και ίσως καλύτερη σε σχέση με αυτή της παλιάς μονάδας και αυτό γιατί η καινούργια εγκατάσταση είναι εξοπλισμένη με σύγχρονο εξοπλισμό, και υλοποιούνται τεχνικές που δεν εφαρμόζονταν στην παλαιότερη.”[24]

“Δυστυχώς δεν έχουν δημοσιευτεί ακόμα δεδομένα αξιολόγησης της ποιότητας του παραγόμενου νερού της καινούργιας μονάδας.”[24]

**Πίνακας 3 : Συγκριτική αξιολόγηση της ποιότητας του νερού που παράγεται από τη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης της εταιρίας Μεσόγειος και αυτής των γεωτρήσεων της περιοχής.[24]**

Παράμετρος	Νερό γεωτρήσεων	Παραγόμενο νερό
<b>Φυσικοχημικές παράμετροι</b>		
pH	7,62	7,43
Ολική σκληρότητα / °F	86,49	6,41
Παροδική σκληρότητα / °F	17,50	1,50
Αγωγιμότητα (20°C) / μS/cm	5270	456
Χλωριούχα (Cl) / mg/L	2006,47	133,29
Διττανθρακικά (HCO <sub>3</sub> ) / mg/L	213,57	18,31
Θειικά (SO <sub>4</sub> ) / mg/L	355,72	17,36
Νιτρικά (NO <sub>3</sub> ) / mg/L	6,27	1,84
Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> ) / mg/L	<0,01	<0,01
Αμμώνιο (NH <sub>4</sub> ) / mg/L	<0,07	<0,07
Ασβέστιο (Ca) / mg/L	137,88	10,42
Μαγνήσιο (Mg) / mg/L	127,09	9,29
Σίδηρος (Fe) / mg/L	0,53	0,07
Κάλιο (K) / mg/L	37,2	2,61
Νάτριο (Na) / mg/L	973,0	74,2
<b>Μικροβιολογικές παράμετροι</b>		
Ολικά κολοβακτηριοειδή / cfu/100ml	<1	<1
Escherichia coli / cfu/100ml	<1	<1
Εντερόκοκκοι / cfu/100ml	<1	<1
Αριθμός αποικιών στους 37°C / cfu/ml	>300	3
Αριθμός αποικιών στους 22°C / cfu/ml	>300	5

## 5.9 Απόρριψη – Διαχείριση της Άλμης

“Το τελικό στάδιο της διεργασίας αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση αποτελεί η απόρριψη της άλμης. Το συμπύκνωμα της παραγόμενης άλμης από τις μονάδες αφαλάτωσης θεωρείται ρυπαντικό προς το περιβάλλον καθώς λανθασμένη εκτίμηση της απόρριψης μπορεί να ενισχύσει το φαινόμενο της υφαλμύρωσης και το θαλάσσιο οικοσύστημα, εφόσον αυτό επιστρέφει στη θάλασσα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αλατότητα του νερού. Το στάδιο αυτό παρουσιάζει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα που έχουν να κάνουν με το χώρο απόρριψης”[9]:

1. Την πολύ υψηλή συγκέντρωση σε άλατα, και κατ’ επέκταση οσμωτική πίεση, της άλμης. Η συγκέντρωση της άλμης σε άλατα μπορεί να είναι από 50 – 100% μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του θαλασσινού νερού τροφοδότησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή οσμωτική πίεση του διαλύματος, περίπου 50 bar, τιμή πολύ μεγαλύτερη αυτής του θαλασσινού νερού. Η απόρριψη ενός τέτοιου ρεύματος κατευθείαν στη θάλασσα μπορεί να βλάψει τα τοπικά οικοσυστήματα, διότι τα είδη που τα αποτελούν είναι προσαρμοσμένα στις συνήθεις συνθήκες οσμωτικής πίεσης.
2. Την παρουσία στο ρεύμα απόρριψης χημικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενα στάδια για τον καθαρισμό του νερού και των μεμβρανών. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής καθαρότητας και με χαμηλό

περιεχόμενο σε φώσφορο. Επίσης, πρέπει τα χρησιμοποιημένα χημικά καθαρισμού των μεμβρανών να αδρανοποιούνται πριν απορριφθούν, ώστε να ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

“Υπάρχει τεχνική της μείωσης του όγκου της εξερχόμενης άλμης μέσω μιας δεύτερης βαθμίδας αφαλάτωσης, στην οποία εισέρχεται ως τροφοδοσία η άλμη που συγκεντρώνεται από την αρχική διαδικασία της αφαλάτωσης. Οι μη συμβατικές μέθοδοι διαχείρισης της άλμης δεν έχουν βρει ευρεία εφαρμογή λόγω του μεγάλου κόστους.”[9]

“Στην περίπτωση της Μονάδας του Αλμυρού, ο αγωγός για τη μεταφορά του αλμόλοιπου από τη μονάδα αφαλάτωσης μέχρι την εγκεκριμένη θέση διάθεσης στο τεχνητό ρέμα του Αλμυρού ακολουθεί την υφιστάμενη ασφαλτοστρωμένη οδό έως τη θέση διάθεσης. Στη συνέχεια το αλμόλοιπο εξέρχεται με μικρή πίεση και καταθλίβεται απευθείας στο σημείο διάθεσης μέσω του αγωγού χωρίς να υπάρχει κίνδυνος αύξησης αλατότητας στην εκβολή του ποταμού.”[9]



## 6.0 Συμπεράσματα

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, η εξάντληση-υποβάθμιση των υπόγειων αποθεμάτων καθώς και οι δημογραφικές και λοιπές αλλαγές δημιουργούν σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας στα νησιά και ορισμένες παράκτιες περιοχές, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Αποτέλεσμα των επιπτώσεων αυτών είναι η υπεράντληση, η οποία οδηγεί στην υφαλμύρωση των παράκτιων εδαφών. Παράλληλα, το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο, η αλόγιστη χρήση του νερού στις καλλιέργειες και η μη εφαρμογή σύγχρονων γεωργικών πρακτικών και συστημάτων ολοκληρωμένης παραγωγής επιδεινώνουν το φαινόμενο.

Το φαινόμενο εμφανίστηκε στη χώρα μας για πρώτη φορά στο Αργολικό πεδίο στα τέλη της δεκαετίας του 1950, και από τότε έχει κάνει την εμφάνιση του και σε άλλες περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονη γεωργική δραστηριότητα και τουρισμό τους θερινούς μήνες. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου είναι η πρόληψη, καθώς πρέπει να θεωρηθεί μη αντιστρέψιμο. Στην περίπτωση όμως επιδείνωσης του προτείνεται η χρήση της αφαλάτωσης.

Η αφαλάτωση μπορεί να αποτελέσει λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας, αν και μόνο αν έχει γίνει σωστή μελέτη της περιοχής που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της μονάδας, αλλά και στη συνέχεια να γίνεται σωστή η εφαρμογή των σεναρίων λειτουργίας των εγκαταστάσεων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη παραγωγή σε νερό, σε συνάρτηση με την καταναλισκόμενη ενέργεια στην περίπτωση που έχουμε χρήση συμβατικών καυσίμων.

Το πρόβλημα είναι ότι το αλάτι διαλύεται εύκολα στο νερό δημιουργώντας ισχυρούς δεσμούς που απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας προκειμένου να διασπαστούν. Σύμφωνα με την ελληνική εταιρία σε συστήματα αφαλάτωσης ΤΕΜΑΚ, υπολογίζεται ότι ένα κυβικό αφαλατομένου νερού προκειμένου να παραχθεί αντιστοιχεί σε 0.25 - 2 ευρώ (για υφάλμυρο) και 2-5 ευρώ (για αλμυρό), όσο δηλαδή χρησιμοποιούν 2 ενήλικες τη μέρα. Σε περίπτωση αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού, έχουμε μείωση του κόστους παραγωγής σε πόσιμο νερό, καθώς το υφάλμυρο νερό έχει μικρότερη συγκέντρωση σε άλατα σε σχέση με το θαλασσινό. Η χρήση υβριδικών συστημάτων με χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος λειτουργίας των μονάδων αλλά και να μειώσει επιπλέον επιβαρύνσεις στο μέλλον. Επιπλέον η χρήση συστήματος ανάκτησης ενέργειας μπορεί να μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις κατά 15%. Σημειώνεται ότι η αφαλάτωση πρέπει να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά καθώς δεν μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες ύδρευσης.

Ήδη σήμερα οι τεχνολογίες αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται ευρύτατα στον κόσμο, κυρίως σε άνυδρες και ξηρές περιοχές όπου τα προβλήματα ύδρευσης είναι επείγοντα, όπως χώρες του Κόλπου (Σαουδική Αραβία, Εμιράτα), χώρες της Μέσης Ανατολής (Ισραήλ, Κύπρος) και χώρες ή κράτη τα οποία είναι απομονωμένα και δυσκολεύουν το σενάριο του ανεφοδιασμού με υδροφόρα πλοία (Νησιά Ειρηνικού).

Το κριτήριο εφαρμογής της κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε κάποια περιοχή εξαρτάται από τον πληθυσμό της, την ύπαρξη κάποιου σταθμού παραγωγής ενέργειας και το είδος του νερού προς επεξεργασία.

Έχει αποδειχθεί ότι ο πιο συμφέρον τρόπος αφαλάτωσης είναι αυτός της αντίστροφης ώσμωσης, και ειδικά σε υφάλμυρα ύδατα, όπου η συγκέντρωση σε άλατα είναι πολύ λιγότερη απ' ό,τι στο θαλασσινό, με τη χρήση μεμβρανών που δρουν επιλεκτικά, αφαιρώντας ένα μεγάλο μέρος των αλάτων και καθιστώντας το νερό κατάλληλο για ύδρευση και άρδευση εφόσον πληροί τα κατάλληλα πρότυπα ποιότητας σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η γεωγραφική τοποθέτηση της χώρας μας ευνοεί την χρήση των ΑΠΕ σε συνδυασμό με την αφαλάτωση, ειδικά σε περιοχές που έχουμε υφάλμυρα νερά, όπως είναι η περιοχή του Αλμυρού στο Δήμο Μαλεβιζίου με πληθυσμό που ανέρχεται στους 24.864 κατοίκους σύμφωνα με την τελευταία απογραφή που έγινε το 2011.

Στην Ελλάδα ήδη λειτουργούν πιλοτικές μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, τον υβριδικό συνδυασμό



φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών ή γεωθερμία. Υπάρχουν ακόμα σταθμοί που αφαλατώνουν νερό με τη χρήση ηλιακής λίμνης, αλλά δεν αναφέρθηκαν στο παρών αρχείο, καθώς είναι μια τεχνολογία χαμηλής απόδοσης που τείνει να πάψει η εφαρμογή της, λόγω προβλημάτων με τη διαχείριση και τον όγκο της άλμης.

Η μονάδα που λειτουργεί στον Αλμυρό είναι της τάξεως παραγωγής των 2.000 κυβικών μέτρων τη μέρα, και λειτουργεί συμβατικά με ηλεκτρική ενέργεια παρεχόμενη από τον ατμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ που βρίσκεται κοντά στις εκβολές του ποταμού, παρότι η περιοχή εμφανίζει υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό συνεπάγοντας την υλοποίηση υβριδικού σταθμού με τη χρήση των ΑΠΕ. Επίσης στην αρχή του ποταμού έχει κατασκευαστεί ένας mini υδροηλεκτρικός σταθμός ο οποίος λειτουργεί συμπληρωματικά για την τροφοδοσία του δικτύου στο Δήμο Μαλεβιζίου. Η εγκατάσταση είναι εξοπλισμένη με σύγχρονες μορφές τεχνολογιών, όπως σύστημα ανάκτησης ενέργειας, σύστημα έκπλυσης των μεμβρανών και ειδικά ηλεκτρικά συστήματα ώστε να εξασφαλίζεται χαμηλή κατανάλωση ενέργειας αλλά και υψηλή αξιοπιστία.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο σύστημα απόρριψης της άλμης, διότι χρησιμοποιούνται χημικά τα οποία κατά την απόθεσή τους μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση ευτροφικών ή ρυπαντικών φαινομένων, αλλά και επειδή ο Αλμυρός φιλοξενεί πολλά είδη χλωρίδας και πανίδας που έχουν εξελιχθεί σε υφάλμυρο περιβάλλον, η είσοδος της άλμης να διατάρασσε την ισορροπία του οικοσυστήματος.

## Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Στράφτη Χριστίνα, Σεπτέμβριος 2010. «Οργανικά Παραπροϊόντα απολύμανσης σε πόσιμο νερό και τρόφιμα». Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Σχολή περιβάλλοντος τμήμα επιστημών της θάλασσας, Μυτιλήνη.
2. Ιστοσελίδα Βικιπαιδεία, 6 Ιουνίου 2018, «Τύποι Φραγμάτων». Διαθέσιμο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1> [2018, Ιούνιος 12]
3. Σγούρας Μαρκοζάνης. 2013. «Σύστημα Αφαλάτωσης στην Σαντορίνη». Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά.
4. Κουμαντάκης Ιωάννης, 1998. «Υφαλμύρωση υπόγειων υδροφόρων σε παραλιακές ζώνες Αττικής Κορινθίας –Κεφαλονιάς – Ιθάκης – Νάξου – Καβάλας». Πρακτικά ημερίδας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος με θέμα "Υφαλμύρωση υπόγειων υδάτων", 10 Δεκεμβρίου 1998. Αθήνα.
5. Δρ. Σταμάτης Γεώργιος, 2012. «Υφαλμύρωση παράκτιων υδροφορέων και κλιματική αλλαγή ειδικές και γενικές επιπτώσεις». Ελληνική Επιτροπή Γεωλογίας, Αθήνα.
6. Χαρμανίδης Φ., 1998. «Φαινόμενα υφαλμύρωσης σε παράκτιους καρστικούς υδροφορείς νησιών Ν-ΝΑ Αιγαίου, δυνατότητες ορθολογικής διαχείρισής τους και αναστροφής του φαινομένου». Πρακτικά ημερίδας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος με θέμα "Υφαλμύρωση υπόγειων υδάτων", 10 Δεκεμβρίου 1998 Αθήνα.
7. Πεταλάς Χρήστος, 2002. «Τεχνικά, διαχειριστικά και οικονομοτεχνικά στοιχεία σύγχρονων τάσεων αντιμετώπισης της διείσδυσης αλμυρού νερού σε παράκτιες περιοχές στο διεθνή χώρο». Πρακτικά 6ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Νοέμβριος 2002, Ξάνθη.
8. Καραχάλιου Π., 2010. «Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο», Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
9. Συσκάκη Πόπη, 2013. «Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση», Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Μηχανολογίας.
10. Mohamed S., G. Papadakis, E. Mathioulakis, and V. Belessiotis, 2008, «A direct coupled photovoltaic seawater reverse osmosis desalination system toward battery-based systems -- a technical and economical experimental comparative study», Desalination, Renewable energy applications in desalination: state of the art, Solar Energy.
11. Σαμψών Δημήτριος, 2013. «Αποτύπωση Δυναμικού του Αλμυρού Ποταμού για την Παραγωγή Πόσιμου Νερού», ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο.
12. Λαλιός Γιώργος, «Πως θα ξεδιψάσουν 20 νησιά στο Αιγαίο», ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 24 Μαΐου 2009.

13. Βαρδιάμπαση Νίκη, 2012. «ΜΠΕ Μονάδα Αφαλάτωσης Αλμυρού ποταμού». ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, Ηράκλειο.
14. Παρασκευάς Γιώργος, 2014, «Ποιότητα νερού άρδευσης», Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών Κύπρου, Λευκωσία.
15. Κόττας Ανέστης - Δημήτριος, 2016. «Εφαρμογή της συνδυαστικής αντιστροφής δεδομένων σεισμικής διάθλασης και ηλεκτρικής τομογραφίας για τη μελέτη του φαινομένου της υφαλμύρωσης στα Φαλασαρνα Χανίων». Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
16. Τρούσσα-Μάρτη Σοφία, 2009. «Υφαλμύρωση υπόγειων Υδροφορέων Νομού Χανίων». Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά.
17. ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 24 Απριλίου 2010, «Ασύμφορη η μεταφορά με υδροφόρα».
18. Τζέν Ευτυχία, 2015. «Η Τεχνολογία Αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά». Εθνικό Συμπόσιο «Εφαρμογή Υβριδικών Σχημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» για την Ικανοποίηση των Αναγκών σε Ενέργεια και Νερό στα Μικρές και Μεσαίας Κλίμακας Νησιά του Αιγαίου», 29 Οκτωβρίου 2015 Αθήνα.
19. ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ, 2017. «Επί Γης». Τεύχος 10: ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑ, Αθήνα.
20. ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ Της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλου 2055 - 18 Σεπτεμβρίου 2015: «Περιοριστικά και Λοιπά Μέτρα για την Προστασία και τη Διαχείριση των Υδάτων της Κρήτης».
21. Φραγκιά Τασούλα, 4 Μαρτίου 2008. «Απόψεις και στάσεις των αγροτών του Νομού Χανίων απέναντι στη Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική». Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Βόλος.
22. Περάκης Παρασκευάς, 11 Οκτωβρίου 2017. «Κίνδυνος για το αβοκάντο», Χανιώτικα Νέα, Χανιά.
23. Google Earth, 28 Ιουνίου 2018. Δορυφορική φωτογραφία απεικόνισης περιοχής του Αλμυρού ποταμού.
24. Δαποντά Χρυσοβαλάντη, 2015. «Αφαλάτωση με Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Ανάπτυξη ενός υβριδικού συστήματος αντίστροφης ώσμωσης». Πτυχιακή εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά.
25. Ιστοσελίδα Βικιπαιδεία, 8 Ιουνίου 2018, «Νερό», Διαθέσιμο : <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C> [2018 Ιούνιος 15]
26. Μαρκάκης Σπυρίδων, 24 Ιουνίου 2014. «Χρήση αλόφυτων για την επεξεργασία αστικών λυμάτων σε τεχνητό υδροβιότοπο». Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά.

27. Σιγάλας Ιωάννης, Φερουάριος 2013. «Ποιότητα νερού από τις μονάδες αφαλάτωσης στη Σαντορίνη». Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τμήμα Μηχανολογίας, Ηράκλειο.