



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Δ.Π.Μ.Σ. "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

**Χωρική κατανομή μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα
Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης της άλμης από τη βιομηχανία**

Δέσποινα Μπακογιάννη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Αικ. Χαραλάμπους



Αθήνα, Ιούλιος 2016

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

**Χωρική κατανομή μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα.
Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης της άλμης από τη
βιομηχανία**

Δέσποινα Η. Μπακογιάννη

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Επιβλέπουσα: Καθηγήτρια Αικ. Χαραλάμπους

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Καθηγήτρια Αικ. Χαραλάμπους

Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου

Αν. Καθηγητής Γ. Φώτης

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «*Χωρική κατανομή μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα. Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης της άλμης από τη βιομηχανία*» εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη».

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κα. Αικ. Χαραλάμπους για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη διαρκή ενθάρρυνσή της καθώς και για τις καίριες συμβουλές της σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θερμά ευχαριστώ τον διδάκτορα Δημήτρη Ξεύγενο για την άριστη συνεργασία μας, και για τη διαρκή στήριξη και καθοδήγησή του.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κο Γ. Φώτη για τις πολύτιμες συμβουλές του καθώς και την καθηγήτρια κα. Μ. Λοϊζίδου που συμμετείχε στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της παρούσας εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ ειλικρινά την οικογένεια μου για τη στήριξη και την αγάπη τους.

Τέλος, ένα βαθύ ευχαριστώ για την αδιάκοπη και ακούραστη παρουσία τους στις φίλες και τους φίλους μου, χωρίς τις οποίες και τους οποίους τίποτα δε θα ήταν ίδιο: Κατιάννα, Αλεξάνδρα, Νίκη, Τέρρη, Τατιάνα, Άγγελο, Ξανθούλα, Βαγγία, Ναταλία, Νικολέτα, Σεμπένη και Κωνσταντίνο.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Πρόλογος | 4 |
| Περιεχόμενα..... | i |
| Κατάλογος Χαρτών..... | iii |
| Κατάλογος Διαγραμμάτων..... | iv |
| Κατάλογος Σχημάτων | iv |
| Κατάλογος Πινάκων | v |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | vi |
| ABSTRACT..... | viii |
| 1 Εισαγωγή | 1 |
| 2 Το νερό..... | 2 |
| 2.1 Διαθεσιμότητα νερού | 2 |
| 2.1.1 Ανεπάρκεια νερού..... | 4 |
| 2.2 Η περίπτωση της Ελλάδας | 8 |
| 2.2.1 Διαθεσιμότητα νερού..... | 9 |
| 2.2.2 Κατανάλωση Νερού..... | 12 |
| 2.3 Προτάσεις-λύσεις..... | 15 |
| 2.3.1 Κατασκευή φραγμάτων | 15 |
| 2.3.2 Μεταφορά νερού..... | 16 |
| 2.3.3 Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα..... | 16 |
| 2.3.4 Επαναχρησιμοποίηση νερού | 17 |
| 2.3.5 Αφαλάτωση..... | 18 |
| 3 Αφαλάτωση..... | 19 |
| 3.1 Τεχνικές Αφαλάτωσης | 19 |
| 3.1.1 Τεχνικές Αλλαγής φάσης ή θερμικές τεχνικές..... | 19 |
| 3.1.2 Τεχνικές μιας φάσης ή τεχνικές μεμβρανών..... | 22 |
| 3.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις μονάδων αφαλάτωσης | 25 |
| 3.3 Χωροθέτηση μονάδων | 28 |
| 4 Εγκαταστάσεις και χρήσεις αφαλάτωσης στον Ελληνικό χώρο..... | 29 |
| 4.1 Ελληνική αγορά αφαλάτωσης..... | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2 | Χωρική ανάλυση ελληνικής αγοράς αφαλάτωσης..... | 35 |
| 4.2.1 | Δημοτικές μονάδες..... | 36 |
| 4.2.2 | Βιομηχανικές μονάδες | 40 |
| 4.2.3 | Μονάδες εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις | 44 |
| 4.2.4 | Μονάδες εγκατεστημένες σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής..... | 46 |
| 4.3 | Γενικές Παρατηρήσεις χωρικής κατανομής μονάδων αφαλάτωσης..... | 48 |
| 5 | Μονάδα αφαλάτωσης Τήνου – Πρότυπη Μονάδα Επεξεργασίας της άλμης SOL-BRINE..... | 53 |
| 6 | Προτάσεις συνδυαστικής αξιοποίησης συστήματος SOL-BRINE και μονάδων αφαλάτωσης...56 | |
| 7 | Συμπεράσματα – Προτάσεις για Περαιτέρω έρευνα | 67 |
| 8 | Παράρτημα..... | 70 |
| 9 | Βιβλιογραφία | 85 |

Κατάλογος Χαρτών

| | |
|--|----|
| Χάρτης 2-1: Υδατικά διαμερίσματα και υδρογραφικό δίκτυο Ελλάδας (πηγή: Geodata, ίδια επεξεργασία)..... | 8 |
| Χάρτης 2-2: Χρήσεις νερού ανά υδατικό διαμέρισμα..... | 14 |
| Χάρτης 4-1: Θέσεις Δημοτικών Μονάδων Αφαλάτωσης..... | 36 |
| Χάρτης 4-2: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m^3 / ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό. | 37 |
| Χάρτης 4-3: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m^3 / ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης στα νησιά των Κυκλάδων..... | 38 |
| Χάρτης 4-4: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m^3 / ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης στα Δωδεκάνησα..... | 39 |
| Χάρτης 4-5: Θέσεις βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης..... | 40 |
| Χάρτης 4-6: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m^3 / ημέρα προερχόμενη από βιομηχανικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό..... | 43 |
| Χάρτης 4-7: Θέσεις μονάδων αφαλάτωσης σε τουριστικές εγκαταστάσεις..... | 44 |
| Χάρτης 4-8: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m^3 / ημέρα προερχόμενη από τουριστικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό..... | 45 |
| Χάρτης 4-9: Θέσεις Μονάδων σε σταθμούς Ηλεκτροπαραγωγής..... | 46 |
| Χάρτης 4-10: Κατάταξη νομών με βάση του χρονολογία λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης που υπάρχουν σε αυτούς..... | 48 |
| Χάρτης 4-11: Δήμοι της Ελλάδας στους οποίους είναι εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης..... | 49 |
| Χάρτης 4-12: Νερό τροφοδοσίας μονάδων αφαλάτωσης..... | 51 |
| Χάρτης 5-1: Περιοχή εγκατάστασης πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας της άλμης (Άγιος Φωκάς, Τήνος). | 53 |
| Χάρτης 6-1: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Τροφίμων (ΣΤΑΚΟΔ 10), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 57 |
| Χάρτης 6-2: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών υλικών (ΣΤΑΚΟΔ 13), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 58 |
| Χάρτης 6-3: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Παραγωγής Δέρματος και Δερμάτινων ειδών (ΣΤΑΚΟΔ 15), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 59 |
| Χάρτης 6-4: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων (ΣΤΑΚΟΔ 17), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 60 |
| Χάρτης 6-5: Συγκέντρωση Βιομηχανιών παραγωγής οπτάνθρακα και προϊόντων διύλισης πετρελαίου (ΣΤΑΚΟΔ 19), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 61 |
| Χάρτης 6-6: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων (ΣΤΑΚΟΔ 19), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)..... | 62 |
| Χάρτης 6-7: Τελική βαθμολογία Νομών..... | 66 |

Κατάλογος Διαγραμμάτων

| | |
|---|----|
| Διάγραμμα 2-1: Κατανάλωση νερού από τη βιομηχανία ανά υδατικό διαμέρισμα | 12 |
| Διάγραμμα 2-2: Κατανάλωση νερού για ύδρευση ανά υδατικό διαμέρισμα | 13 |
| Διάγραμμα 2-3: Κατανάλωση νερού για άρδευση ανά υδατικό διαμέρισμα | 13 |
| Διάγραμμα 4-1 Αριθμός μονάδων αφαλάτωσης που κατασκευάστηκαν ανά έτος | 29 |
| Διάγραμμα 4-2: Αύξηση παραγόμενης ποσότητας νερού από μονάδες αφαλάτωσης ανά έτος | 30 |
| Διάγραμμα 4-3: Μονάδες αφαλάτωσης, κατάταξη σύμφωνα με το μέγεθος. (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)..... | 31 |
| Διάγραμμα 4-4: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά τεχνολογία, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)..... | 32 |
| Διάγραμμα 4-5: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά τεχνολογία, ανά δυναμικότητα και αριθμό μονάδων (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)..... | 32 |
| Διάγραμμα 4-6: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ποιότητα νερού τροφοδοσίας (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)..... | 33 |
| Διάγραμμα 4-7: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά ποιότητα νερού τροφοδοσίας, ανά δυναμικότητα και αριθμό μονάδων (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)..... | 34 |
| Διάγραμμα 4-8: Μονάδες αφαλάτωσης, εγκατεστημένη δυναμικότητα ανά τελικό χρήστη. (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία) | 34 |
| Διάγραμμα 4-9: Ανάλυση μονάδων αφαλάτωσης ανά βιομηχανικό χρήστη στο σύνολο της χώρας | 42 |

Κατάλογος Σχημάτων

| | |
|---|----|
| Σχήμα 2-1: Εκτίμηση διαθεσιμότητας γλυκού και αλμυρού νερού σε παγκόσμιο επίπεδο | 3 |
| Σχήμα 2-2: Διαθεσιμότητα γλυκού νερού (m^3 ανά κάτοικο, ανά έτος, 2007), Πηγή: <i>UNEP/GRID-Arendal (2008) (http://maps.grida.no/go/graphic/global-waterstress-and-scarcity)</i> | 6 |
| Σχήμα 2-3: Παγκόσμια Φυσική και Οικονομική Λειψυδρία, Πηγή: <i>Viala, 2008</i> | 7 |
| Σχήμα 2-4: Συσχέτιση επαναχρησιμοποίησης νερού και δείκτη πίεσης νερού (water stress index) (Πηγή: Ξεύγενος 2016, MED WWR WG 2009) | 18 |
| Σχήμα 3-1: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MSF, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015) | 20 |
| Σχήμα 3-2: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MED, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015)..... | 21 |
| Σχήμα 3-3: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MVC, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015) | 22 |
| Σχήμα 3-4: Διαδικασία Ώσμωσης και Αντίστροφης ώσμωσης, Πηγή: El-Dessouky & Ettouney, 2002 | 23 |
| Σχήμα 3-5: Λιβάνι Ποσειδωνίας..... | 26 |
| Σχήμα 4-1: Κατάταξη προτύπου με βάση το δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Global Moran's I..... | 50 |
| Σχήμα 5-1: Σύστημα επεξεργασίας της Άλμης, Ξεύγενος, 2013..... | 54 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 2-1: Εκτιμώμενο Υδατικό Δυναμικό ανά Υδατικό Διαμέρισμα ανά έτος (Πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα διαχείρισης υδατικών πόρων, ΕΜΠ, https://www.itia.ntua.gr/)..... | 10 |
| Πίνακας 2-2: Ενδεικτική προσφορά και ζήτηση νερού τον μήνα Ιουλίου ανά Υδατικό Διαμέρισμα (2003) (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2007) | 10 |
| Πίνακας 3-1: Σύνοψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων μονάδων αφαλάτωσης, Πηγή: Ξεύγενος, 2016 | 27 |
| Πίνακας 3-2: Βασικά κριτήρια χωροθέτησης μονάδων αφαλάτωσης)..... | 28 |
| Πίνακας 4-1: Τιμές γενικού δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Global Moran's I..... | 50 |
| Πίνακας 4-2: Εκτίμηση κάλυψης ζήτησης νερού ανά υδατικό διαμέρισμα από μονάδες αφαλάτωσης για τον μήνα Ιούλιο..... | 52 |
| Πίνακας 6-1: Κριτήρια και συντελεστές βαρύτητας για αξιολόγηση περιοχών στην Ελλάδα αναφορικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα (Ξεύγενος, 2016)..... | 64 |
| Πίνακας 6-2: Κριτήρια και συντελεστές βαρύτητας για την τελική αξιολόγηση περιοχών στην Ελλάδα αναφορικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα (Ξεύγενος, 2016) | 64 |
| Πίνακας 6-3: Τελική βαθμολογία των δέκα επικρατέστερων νομών όπως προέκυψαν από τα κριτήρια αξιολόγησης..... | 65 |
| | |
| Πίνακας Π 1: Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Κυκλάδων (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων)..... | 70 |
| Πίνακας Π 2: Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Δωδεκανήσων (Πηγή: Ειδική γραμματεία Υδάτων)..... | 71 |
| Πίνακας Π 3: Λεπτομερή σχτοιχεία Δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης..... | 72 |
| Πίνακας Π 4: Λεπτομερή σχτοιχεία Βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης | 75 |
| Πίνακας Π 5: Λεπτομερή σχτοιχεία μονάδων αφαλάτωσης εγκατεστημένων σε τουριστικές εγκαταστάσεις..... | 77 |
| Πίνακας Π 6: Λεπτομερή σχτοιχεία μονάδων αφαλάτωσης εγκατεστημένων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής..... | 80 |
| Πίνακας Π 7: Ποσοστό συνεισφοράς βιομηχανικού κλάδου ανά Νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ,2010, ίδια επεξεργασία) | 81 |
| Πίνακας Π 8: Αποτελέσματα αξιολόγησης νομών ανά κριτήριο, στο πρώτο στάδιο βαθμολόγησης..... | 82 |
| Πίνακας Π 9: Αποτελέσματα τελικής αξιολόγησης νομών ανά κριτήριο | 83 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάται η χρήση αφαλάτωσης στην Ελλάδα με έμφαση στην χωρική κατανομή των μονάδων αφαλάτωσης. Επίσης, διερευνούνται πιθανές δυνατότητες αξιοποίησης της άλμης από τη βιομηχανία.

Η διαθεσιμότητα του νερού βρίσκεται υπό πίεση και σε πολλές περιοχές το ισοζύγιο των υδατικών αποθεμάτων – ζήτησης νερού είναι ελλειμματικό. Η αφαλάτωση αναγνωρίζεται ως μία πολλά υποσχόμενη λύση για την καταπολέμηση αυτού του προβλήματος.

Στην Ελλάδα λειτουργούν 256 μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 162,909 m³/ημέρα. Από τις μονάδες αυτές στην παρούσα εργασία εντοπίστηκαν οι θέσεις τους και χαρτογραφήθηκαν και αναλύθηκαν χωρικά οι 233 μονάδες (ποσοστό χαρτογράφησης 87%) με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ).

Στο σύνολο της χώρας, λειτουργούν μικρές και μεσαίες μονάδες αφαλάτωσης. Οι μονάδες αυτές επεξεργάζονται κυρίως θαλασσινό και υφάλμυρο νερό. Το σύνολο σχεδόν των μονάδων λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μονάδων που επεξεργάζονται θαλασσινό νερό βρίσκεται στην Νησιωτική Ελλάδα και κυρίως στις Κυκλάδες, ενώ στην Ηπειρωτική Ελλάδα το νερό τροφοδοσίας των μονάδων είναι κυρίως υφάλμυρο. Στα Νησιά του Αιγαίου, το νερό που προέρχεται από μονάδες αφαλάτωσης, καλύπτει το 8% των αναγκών της ζήτησης σε νερό, ενώ στην υπόλοιπη Ελλάδα το ποσοστό αυτό δεν υπερβαίνει το 1%.

Το νερό που παράγεται από μονάδες αφαλάτωσης προορίζεται για χρήση ως πόσιμο νερό στους Δήμους, για χρήση σε βιομηχανικές μονάδες, σε τουριστικές εγκαταστάσεις και σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Οι δημοτικές μονάδες αντιπροσωπεύουν το 45% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης και είναι συγκεντρωμένες στην Νησιωτική Ελλάδα, και κυρίως στις Κυκλάδες, ενώ σε όλα τα άλυτρα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων λειτουργούν δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης. Οι Βιομηχανικές μονάδες αφαλάτωσης αντιπροσωπεύουν το 31% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης και συγκεντρώνονται στις περιοχές με τη μεγαλύτερη βιομηχανική δραστηριότητα, δηλαδή στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης. Τέλος, οι μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις αντιπροσωπεύουν το 20% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης. Οι μονάδες αυτές συγκεντρώνονται κυρίως στα Δωδεκάνησα και την Κρήτη, περιοχές στις οποίες βρίσκονται και οι μεγαλύτερες τουριστικές μονάδες.

Παρόλο που με το πέρασμα των χρόνων η αφαλάτωση βρίσκει ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή, υπάρχουν ζητήματα που δεν έχουν επιλυθεί και προκαλούν σοβαρές ανησυχίες, με σημαντικότερο την περιβαλλοντική όχληση που προκαλεί το υγρό υπόλειμμα (άλμη) το οποίο διατίθεται σε υδάτινους αποδέκτες. Μέχρι στιγμής, από όλες τις τεχνικές που εφαρμόζονται για τη διαχείριση της άλμης, καμία από αυτές δεν οδηγεί σε ανάκτηση προϊόντων. Στο πλαίσιο του ερευνητικού Ευρωπαϊκού Έργου SOL-BRINE (LIFE09 ENV/GR/000299) έχει αναπτυχθεί ένα ενεργειακά αυτόνομο πιλοτικό σύστημα επεξεργασίας της άλμης, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σύμφωνα με την αρχή των μηδενικών υγρών αποβλήτων (Zero Liquid Discharge).

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η πιθανότητα εφαρμογής του συστήματος αυτού σε πλήρη κλίμακα. Για το λόγο αυτό εξετάστηκαν οι εξής κατηγορίες βιομηχανικών δραστηριοτήτων: Βιομηχανία Τροφίμων, Παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών υλικών, Παραγωγής Δέρματος και Δερμάτινων Ειδών, Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων, παραγωγής οπτάνθρακα και προϊόντων διύλισης πετρελαίου, Παραγωγής χημικών ουσιών και προϊόντων. Οι βιομηχανίες αυτές θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν το τελικό προϊόν του πιλοτικού συστήματος ως πρώτη ύλη. Έπειτα από την εφαρμογή κάποιων κριτηρίων, οι νομοί της Ελλάδας βαθμολογήθηκαν ανάλογα με την καταλληλότητα τους για την εφαρμογή του πιλοτικού συστήματος σε πλήρη κλίμακα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι Νομοί Αττικής και Θεσσαλονίκης φαίνεται να τηρούν τα περισσότερα κριτήρια.

ABSTRACT

Desalination is increasingly playing a crucial role in balancing the water needs of water deficient areas. In Greece, there are water basins which do not have sufficient water resources to cover local needs, with the islands of the Aegean being the most water scarce. Today, more and more regions turn to desalination to secure a stable and cost-efficient water supply.

In Greece, it is installed a total capacity of 162,909 m³/day derived by 256 desalination units. Since these units in this study, 233 were mapped with the use of Geographical Information Systems (GIS). Across the country, small and medium-sized desalination units operate. These units are processing mainly brackish or inland water and seawater as raw water. The majority of the units processing seawater are located in Greek Islands and especially in Cyclades, while in mainland the raw water is mostly brackish. The operating technology of almost all units is Reverse Osmosis (RO). In Aegean islands, the water derived from desalination plants is covering 8% of local water needs, while in the rest of Greece this figure does not exceed 1%.

The final use of water produced by desalination plants is mainly drinking water to municipalities (45%), followed by industrial use (31%), use in tourist facilities (20%) and in power plants (4%). Municipality plants are concentrated in Greek Islands, and especially in the Cyclades. Through this analysis, it was found that in all the arid islands of Cyclades and Dodecanese operate municipal desalination plants. The industrial desalination plants are concentrated in the regions with the greatest industrial activity, such as Attica and Thessaloniki. The plants operating in tourist facilities are mainly concentrated in Dodecanese and Crete, areas where located the largest tourist complexes.

However, even though desalination comprises one of the most promising solutions to water shortage, it raises high environmental concerns, especially due to the generation of the saline impaired wastewater which is called brine. This effluent is twice as salty as seawater and causes environmental degradation, if not managed properly. Today, none of the practices that are applied to manage brine leads to a useful final product.

In the framework of the EU funded project with the acronym SOL-BRINE (LIFE09 ENV/GR/000299) it was developed an energy autonomous pilot brine treatment system, which was designed and developed in accordance with the principle of zero waste (Zero Liquid Discharge). Finally, in the present study it is examined the possibility of developing this system at a full-scale in Greece. For this reason, six types of industries were recorded. These type of industries could be possible users of the produced salt derived from the brine of desalination plants. After the implementation of a multicriteria analysis, it was concluded that the most suitable areas are Attica and Thessaloniki.

1 Εισαγωγή

Η ξηρασία και η ερημοποίηση είναι λέξεις με τις οποίες θα ερχόμαστε διαρκώς αντιμέτωποι στο μέλλον. Λιγότερη βροχή και περισσότερη εξάτμιση θα οδηγήσουν στην εξάντληση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και στην υφαλμύριση των παράκτιων υδροφορέων. Ήδη σήμερα 30 εκατομμύρια άνθρωποι στα νότια και ανατολικά τμήματα της Μεσογείου δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλές νερό. Στην Ελλάδα, η υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφόρων στρωμάτων έχει προκαλέσει οξύτατο πρόβλημα υφαλμύριση σχεδόν σε όλες τις παράκτιες περιοχές. Το νερό θα γίνει μία αυξανόμενα πολύτιμη πηγή για οικιακή χρήση (ύδρευση), βιομηχανική χρήση και άρδευση.

Δεύτερη ανάμεσα στις χώρες των Ηνωμένων Εθνών έρχεται η Ελλάδα, όσον αφορά την κατασπατάληση νερού. Σύμφωνα με στοιχεία που έδωσε ο ΟΗΕ στη δημοσιότητα, εκτιμάται πως κάθε κάτοικος στη χώρα μας καταναλώνει κατά μέσο όρο 2.400 κυβικά νερό το χρόνο όταν ο παγκόσμιος μέσος όρος δεν ξεπερνά τα 1.250 κυβικά. Ο ΟΗΕ σημειώνει ότι σε έναν άνθρωπο επαρκούν 50 λίτρα ημερησίως για την κάλυψη των αναγκών, τη στιγμή που στην Ελλάδα ξοδεύονται από κάθε πολίτη έως και 160 λίτρα την ημέρα.

Η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει συγκρούσεις ποικίλης έντασης και κλίμακας. Μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της λειψυδρίας γίνεται αισθητή μέσω της επισιτιστικής ανασφάλειας η οποία αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Χωρίς μια ολιστική προσέγγιση σχετικά με τη διαχείριση, εκατομμύρια άνθρωποι θα είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο της πείνας, ασθενειών αλλά και ενεργειακής φτώχειας λόγω της λειψυδρίας, της ρύπανσης των υδάτων και των πλημμυρών.

Στα πλαίσια αυτής της ολιστικής προσέγγισης, γίνεται αντιληπτό από πολλούς ερευνητές ότι στην Ελλάδα, της οποίας το μεγαλύτερο μέρος βρέχεται από θάλασσα, μια πολλά υποσχόμενη λύση σχετικά με τη διαχείριση των υδάτων θα μπορούσε να είναι η αφαλάτωση αξιοποιώντας έτσι τα τοπικά «φυσικά διαθέσιμα».

2 Το νερό

Το νερό έχει καθοριστικό ρόλο στην ύπαρξη και τη δημιουργία ζωής στη γη. Καλύπτει τα 4/5 του πλανήτη μας και είναι βασικός και αναντικατάστατος παράγοντας της ζωής κάθε μορφής και κάθε επιπέδου. (Χαραλάμπους, 2007) Το «γλυκό νερό» είναι ένας ανανεώσιμος πόρος, αλλά παρόλα αυτά η παγκόσμια προμήθεια καθαρού «γλυκού» νερού σταθερά μειώνεται. Κάποιοι μελετητές εκτιμούν ότι το 2025 περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού θα είναι αντιμέτωπο με προβλήματα που θα τους κάνουν ευάλωτους εξαιτίας της ποιότητας, του προσβάσιμου σε αυτούς, νερού (Kulshreshtha, 1998).

Η πρόσβαση του πληθυσμού σε καθαρό νερό δεν εξαρτάται μόνο από τα υδατικά αποθέματα σε μια περιοχή, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω αλλά και από τη δυνατότητα πρόσβασης του πληθυσμού στα υπάρχοντα υδατικά αποθέματα. Σύμφωνα με την ΕΕ, η πολιτική της τιμολόγησης παίζει μεγάλο ρόλο σε μια κατεύθυνση τόσο του περιορισμού της χρήσης των υδάτινων πόρων, όσο και της συντήρησης των υποδομών. Επιπλέον απαιτείται μια εναρμονισμένη προσέγγιση στην πολιτική της τιμολόγησης προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν στρεβλώσεις του ανταγωνισμού που μπορεί να προκύψουν από την άνιση εφαρμογή των οικονομικών αρχών στην εσωτερική αγορά. (Παριανός, 2013)

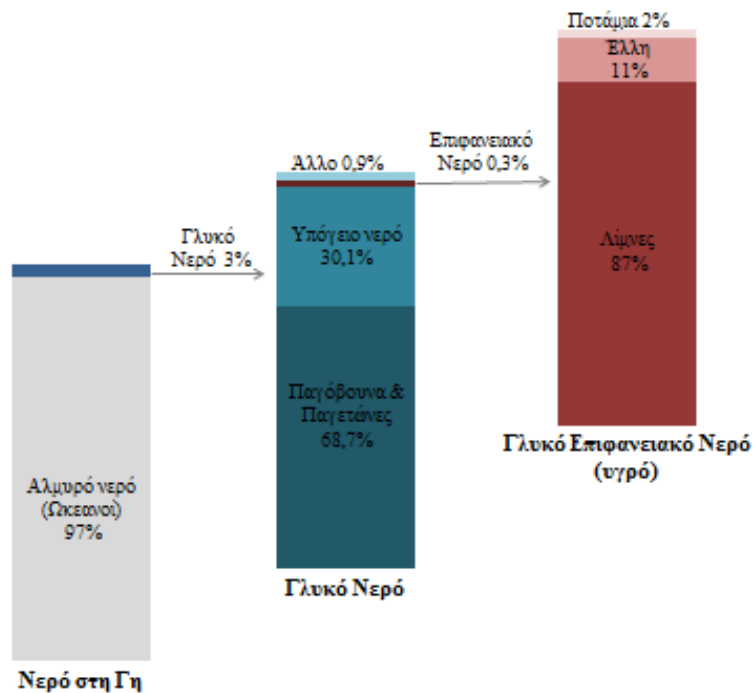
Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί πλήθος κινήσεων πολιτών και φορέων κάθε είδους οι οποίες δικτυώνονται, ενημερώνουν και τεκμηριώνουν την πεποίθησή τους ότι το νερό είναι ένα θεμελιώδες κοινό αγαθό στο οποίο θα πρέπει να έχουν πάντα πρόσβαση όλες οι ομάδες του πληθυσμού.

2.1 Διαθεσιμότητα νερού

Τα συνολικά παγκόσμια αποθέματα νερού εκτιμώνται περίπου σε 1.4 δισ. km³ (βλ. Σχήμα 2-1), εκ των οποίων:

- το 97.5% είναι το νερό των Ωκεανών το οποίο λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης αλάτων που περιέχει είναι ακατάλληλο για τις περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες και χρήσεις.
- το 2.5% (35 εκ. km³ σε ετήσια βάση) αποτελεί τα αποθέματα γλυκού νερού και από αυτό το μεγαλύτερο μέρος του είναι πάγοι και παγετώνες.

Τελικά, ποσοστό περίπου 0.65% βρίσκεται σε υγρή κατάσταση, ενώ από την ποσότητα αυτή ένα τμήμα χρησιμοποιείται από το ίδιο το περιβάλλον για την πραγματοποίηση οικολογικών διεργασιών και διαδικασιών. Ένα άλλο σημαντικό τμήμα είναι μη τεχνικώς αξιοποιήσιμο, οδηγώντας σε μία ετήσια διαθέσιμη ποσότητα γλυκού νερού παγκοσμίως ίση μόλις προς 4,200 km³ (ποσοστό: 0.0003%) (Douglas, 2009). Επίσης, η ποσότητα αυτή είναι πιθανό να μειώνεται κατά ένα σημαντικό συντελεστή αν συμπεριληφθούν οι ποσότητες νερού (λίμνες, ποτάμια) που έχουν ρυπανθεί σοβαρά και δεν μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν (Χαραλάμπους, 2007).



Σχήμα 2-1: Εκτίμηση διαθεσιμότητας γλυκού και αλμυρού νερού σε παγκόσμιο επίπεδο

Οι ποσότητες του νερού που δημιουργούνται ή χάνονται στον πλανήτη είναι αμελητέες, συνεπώς η συνολική ποσότητα νερού που υπάρχει στη φύση είναι καθορισμένη. (Χαραλάμπους, 2007)

Το νερό ακολουθεί τον υδρολογικό κύκλο: μετά την εξάτμισή του από το νερό της θάλασσας ή των λιμνών, ποταμών κ.λπ., επιστρέφει μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχή, χιόνι) στην γη, ακολουθώντας μία κυκλική πορεία. Αν και σε αυτή την κυκλική διαδρομή δεν χάνεται ούτε προστίθεται ποσότητα νερού, η κατανομή του νερού γίνεται με μη κανονικό τρόπο, τόσο χωρικά όσο και χρονικά (Ξεύγενος, 2016). Έτσι, παρατηρείται το φαινόμενο της κατανομής του νερού κατά 72% στις χώρες της Ευρώπης (Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Βοσνία, Κροατία, Σερβία, Σλοβενία, Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, Αλβανία και Ελλάδα) ενώ μόλις το 23% στις νοτιο-ανατολικές χώρες της λεκάνης της Μεσογείου Τουρκία, Κύπρος, Λίβανος, Συρία, Αίγυπτος, Λιβύη, Τυνησία, Μαρόκο και Αλγερία) (Παρανυχιανάκης et al., 2009).

Οι πηγές του νερού μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες δύο κατηγορίες (Gikas & Angelakis, 2009):

- **Συμβατικές πηγές:** συγκαταλέγονται η χρήση του επιφανειακού γλυκού νερού (ποτάμια) και του υπόγειου νερού.
- **Μη συμβατικές πηγές:** συγκαταλέγονται η αφαλάτωση του νερού από το θαλασσινό νερό, η συλλογή των ομβρίων, τα φράγματα καθώς και η επαναχρησιμοποίηση του νερού

Ακριβής ορισμός τόσο των συμβατικών όσο και των μη συμβατικών αυτών πηγών δίνεται στο "Review of World Water Resources by Country" (FAO, 2003). Το άθροισμα και των δύο πηγών νερού δίνει τη συνολική διαθεσιμότητα νερού προς χρήση. Η ποσότητα αυτή χρησιμοποιείται για τα υδατικά ισοζύγια. Σε ένα ολοκληρωμένο σχεδιασμό διαχείρισης των υδάτων, το υδατικό αυτό ισοζύγιο πρέπει να είναι θετικό και έτσι να ισοσκελίζονται η πηγή με την κατανάλωση του νερού.

2.1.1 Ανεπάρκεια νερού

Στα βασικά αίτια ανεπάρκειας νερού περιλαμβάνονται: (Χαραλάμπους, 2007)

- Η λειψυδρία (μακροχρόνια έλλειψη νερού σε μια περιοχή που οφείλεται σε ξηρό κλίμα)
- Η αύξηση του πληθυσμού η οποία αυξάνει τη ζήτηση
- Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου
- Η αύξηση της κατανάλωσης νερού από τη βιομηχανία και τη γεωργία
- Η ρύπανση των επιφανειακών (λιμνών, ποταμών) και υπόγειων νερών
- Η μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών

Σύμφωνα με στοιχεία από πρόσφατες μελέτες, η ισορροπία μεταξύ διαθεσιμότητας και ζήτησης βρίσκεται ήδη υπό πίεση και εκτιμάται ότι η κατανάλωση σύντομα θα υπερβεί κατά πολύ τα διαθέσιμα υδάτινα αποθέματα. (Ξεύγενος, 2016) Διάφορα μοντέλα πρόβλεψης έχουν αναπτυχθεί για την ποσοτικοποίηση του μεγέθους της επικείμενης κρίσης νερού. Χαρακτηριστικά, σύμφωνα με μελέτη του 2009 (FAO, 2009), αναμένεται πως η ετήσια παγκόσμια κατανάλωση θα αυξηθεί από 4,500 km³ (4,500 δισ. m³) στα 6,900 km³ (6,900 δισ. m³) το 2030 (ποσοστό αύξησης: 53.3%), επιφέροντας έτσι έλλειμμα μεταξύ διαθεσιμότητας και ζήτησης ίσο προς 40%. Μία πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη, διερευνά επίσης τις οικονομικές επιπτώσεις από το ενδεχόμενο περιορισμένης πρόσβασης σε υδατικά αποθέματα. Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκε ο δείκτης "κρισιμότητας νερού" (water criticality), ο οποίος υποστηρίζεται ότι αντανακλά περισσότερο την οπτική του τελικού χρήστη νερού σε αντίθεση με τα άλλα εργαλεία όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA) και το Υδατικό Αποτύπωμα (Water Footprint), τα οποία αποτιμούν τη χρήση νερού ανά παραγόμενο προϊόν ή υπηρεσία και τελικά αποτιμούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Sonderregger et al., 2015).

Γεωγραφία της λειψυδρίας

Η μέθοδος εκτίμησης της ανεπάρκειας νερού μιας περιοχής γίνεται αναλύοντας τη σχέση διαθέσιμου νερού-πληθυσμού. Μια περιοχή αντιμετωπίζει πιθανό κίνδυνο ανεπάρκειας νερού (water stress) όταν τα ετήσια υδατικά αποθέματα πέσουν κάτω από τα 1.700 m³ ανά άτομο. Όταν η ποσότητα αυτή γίνει 1.000 m³ ανά άτομο, ο πληθυσμός αντιμετωπίζει πρόβλημα λειψυδρίας (scarcity) ενώ κάτω από τα 500 m³ ανά άτομο τότε ο πληθυσμός αντιμετωπίζει «απόλυτη λειψυδρία» (absolute scarcity) (UNESCO, 2012).

Στο Σχήμα 2-1 παρουσιάζονται όλες οι χώρες ταξινομημένες ανάλογα με τη διαθεσιμότητα γλυκού νερού ανά κάτοικο. Η Ελλάδα ανήκει στην κατηγορία «χώρες στις οποίες αντιστοιχεί το ποσό των 6.000-15.000 m³/ νερού ανά κάτοικο/ έτος», κατέχοντας την πρώτη θέση σε διαθεσιμότητα νερού σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Μεσογείου.

Σχετικά με τους παραπάνω ορισμούς για το διαθέσιμο νερό σε σχέση με τον πληθυσμό, αξίζει να σημειωθεί ότι όταν σε μια περιοχή δεν αντιμετωπίζεται πιθανός κίνδυνος ανεπάρκειας νερού (water stress), δηλαδή τα υδατικά αποθέματα είναι μεγαλύτερα από 1.700m³/άτομο/έτος, αυτό δε συνεπάγεται ταυτόχρονα και την άμεση πρόσβαση όλου του πληθυσμού σε πόσιμο νερό. Το παράδοξο γεγονός αυτό αντιμετωπίζεται σε μεγάλο ποσοστό στον παγκόσμιο πληθυσμό. Παρά το

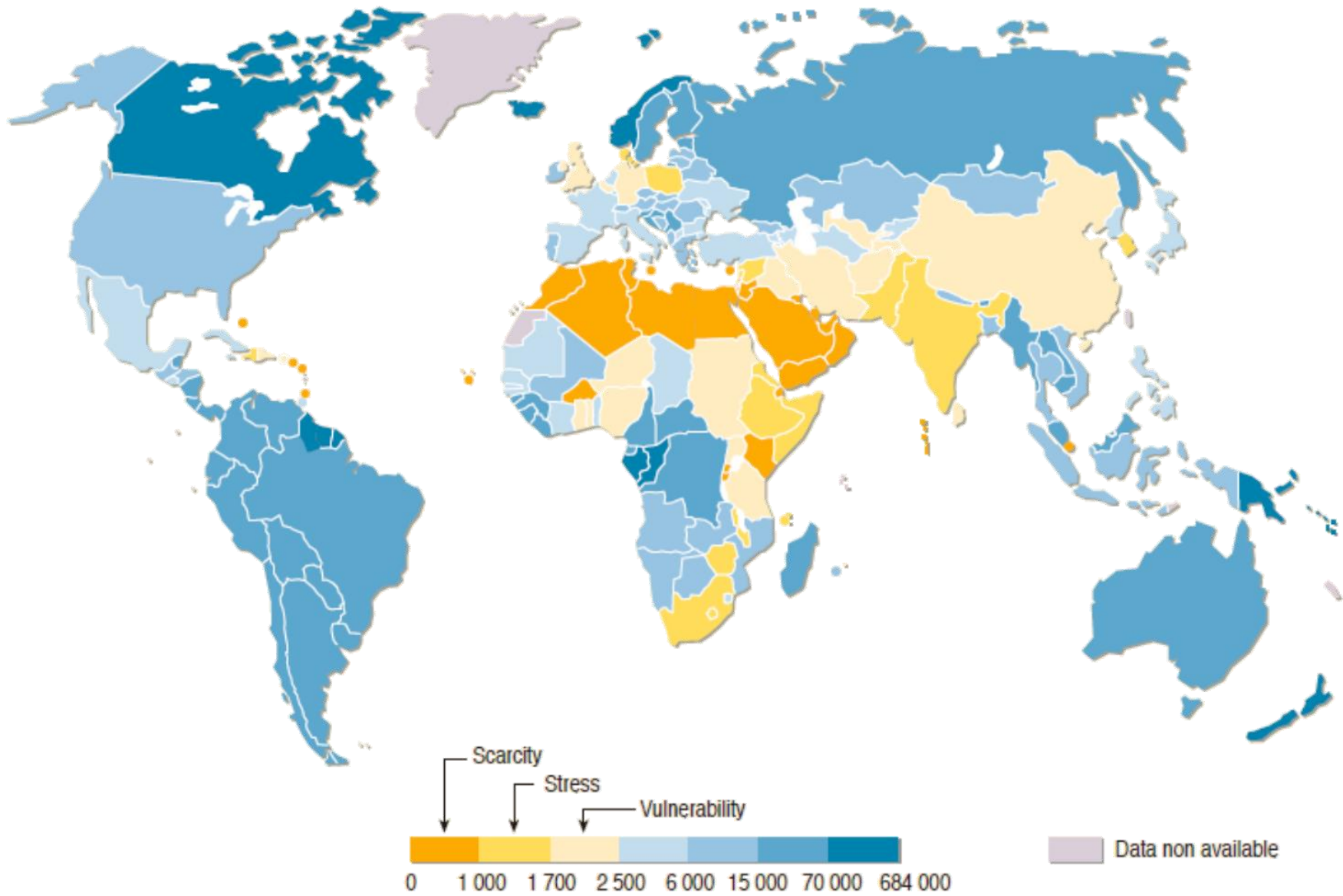
γεγονός ότι η διαθεσιμότητα μιας περιοχής σε νερό, είναι συνάρτηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων δεν πρέπει να αγνοείται ότι είναι συνάρτηση και της δυνατότητας πρόσβασης σε αυτό. Για το λόγο αυτό, εισάγεται ο όρος της «οικονομική λειψυδρία» (economic scarcity), σύμφωνα με την οποία, ο περιορισμός της πρόσβασης του πληθυσμού σε νερό δε συνίσταται μόνο στην έλλειψη διαθέσιμων πόρων αλλά εξαρτάται και από ανθρώπινους, θεσμικούς και οικονομικούς περιορισμούς αναφορικά με την κατανομή των πόρων στις διάφορες ομάδες χρηστών του νερού. Στο. Σχήμα 2-3 , κατανέμονται όλες οι χώρες λαμβάνοντας υπόψη και την «οικονομική λειψυδρία» και έτσι προκύπτουν οι παρακάτω κατηγορίες: (UNESCO, 2012)

- *Little or no water scarcity*: Άφθονα υδατικά αποθέματα, διαθέσιμα προς χρήση ενώ λιγότερο από 25% των ποταμών χρησιμοποιείται για ανθρώπινους σκοπούς
- *Physical water scarcity*: Περισσότερο από το 75% των υδάτων των ποταμών, χρησιμοποιούνται στη γεωργία, στη βιομηχανία και για οικιακούς σκοπούς. Ο χαρακτηρισμός της συγκεκριμένης κατηγορίας, ο οποίος σχετίζεται με τα φυσικά αποθέματα γλυκού νερού και τη ζήτηση, υποδηλώνει ότι οι ξηρές περιοχές δεν παρουσιάζουν αναγκαστικά προβλήματα λειψυδρίας.
- *Approaching physical water scarcity*: Χρησιμοποιείται πάνω από το 60% των υδάτινων ροών των ποταμών και αναμένεται ότι στο κοντινό μέλλον οι λεκάνες απορροής των ποταμών θα αποστραγγιστούν
- *Economic water scarcity*: Τα υδατικά αποθέματα είναι άφθονα σε σχέση με τη ζήτηση νερού, ωστόσο το 25% των νερών των ποταμών χρησιμοποιούνται για τις ανθρώπινες ανάγκες, το οποίο δεν καλύπτει τη ζήτηση του πληθυσμού σε νερό οδηγώντας σε υποσιτισμό.

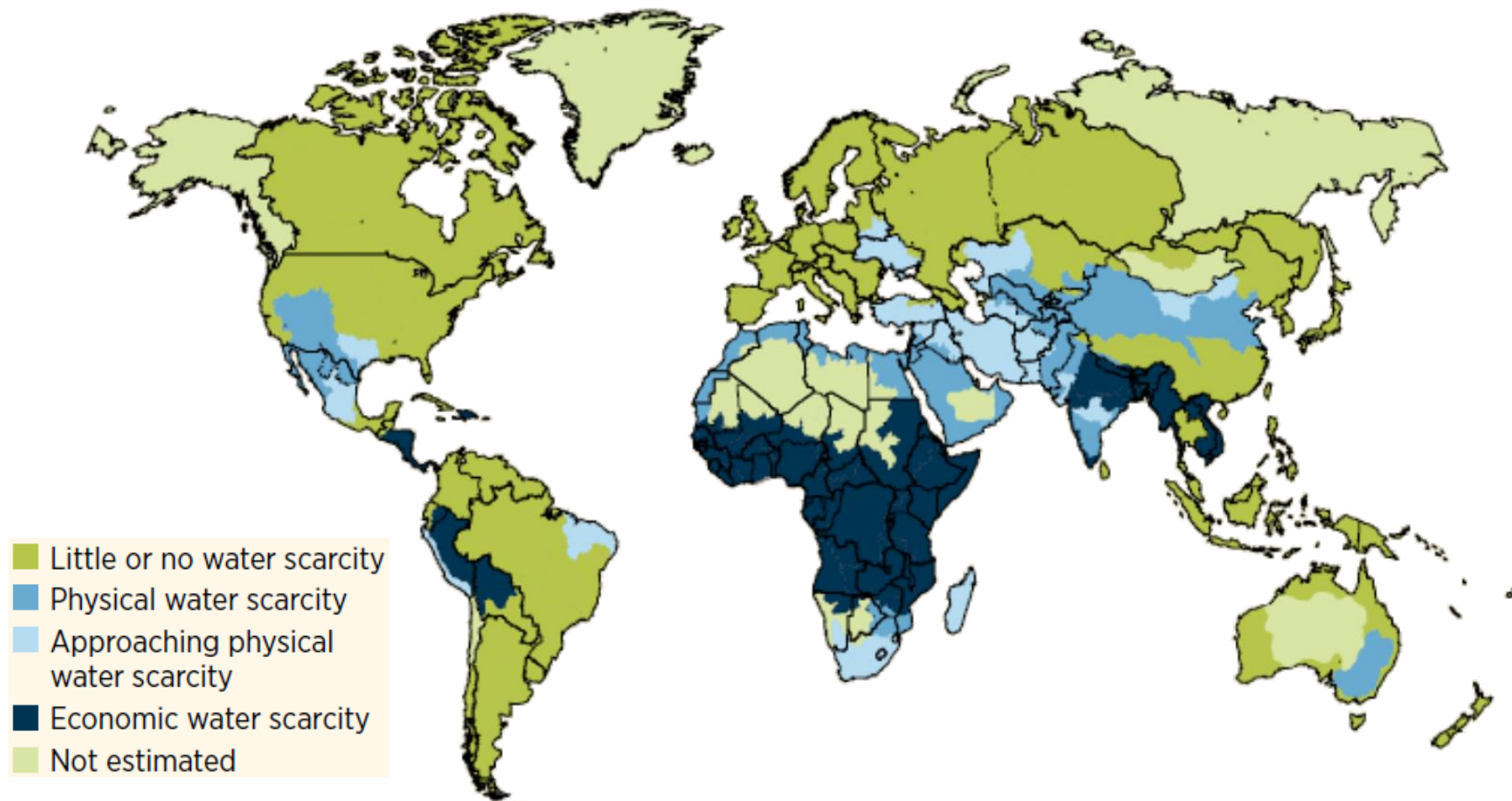
Παρόλο που όπως φαίνεται και από τους δύο χάρτες που ακολουθούν στην Ευρώπη φαινομενικά δεν παρουσιάζεται έντονο πρόβλημα λειψυδρίας, το 2011 και το 2012 μεγάλα τμήματα της Νότιας, Δυτικής ακόμη και της Βόρειας Ευρώπης υπέστησαν περιόδους ξηρασίας. (Ξεύγενος, 2016)

Σύμφωνα με μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2012), τα κράτη μέλη αποδίδουν ως αίτια των φαινομένων λειψυδρίας, την ξηρασία (μείωση βροχόπτωσης, άνιση κατανομή), ενώ 40% των κρατών μελών αναφέρει επίσης και την υπερεξάντληση των διαθέσιμων πόρων από τους διάφορους καταναλωτές. Το World Economic Forum τοποθέτησε το πρόβλημα του νερού στην κορυφή της λίστας με τους παγκόσμιους κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα σε παγκόσμιο επίπεδο (World Economic Forum, 2015).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, καθίσταται σαφής η ανάγκη ανάπτυξης μίας συνολικής, ολοκληρωμένης πολιτικής αντιμετώπισης της επερχόμενης κρίσης στη διαθεσιμότητα πόσιμου νερού. (Ξεύγενος, 2016) Είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι μία τέτοια προσέγγιση πρέπει να είναι σύμφωνη με τις αρχές της αειφορίας και ότι μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν χρησιμοποιηθούν μέτρα παραγωγής νερού με μη συμβατικούς τρόπους (Gikas & Angelakis, 2009).



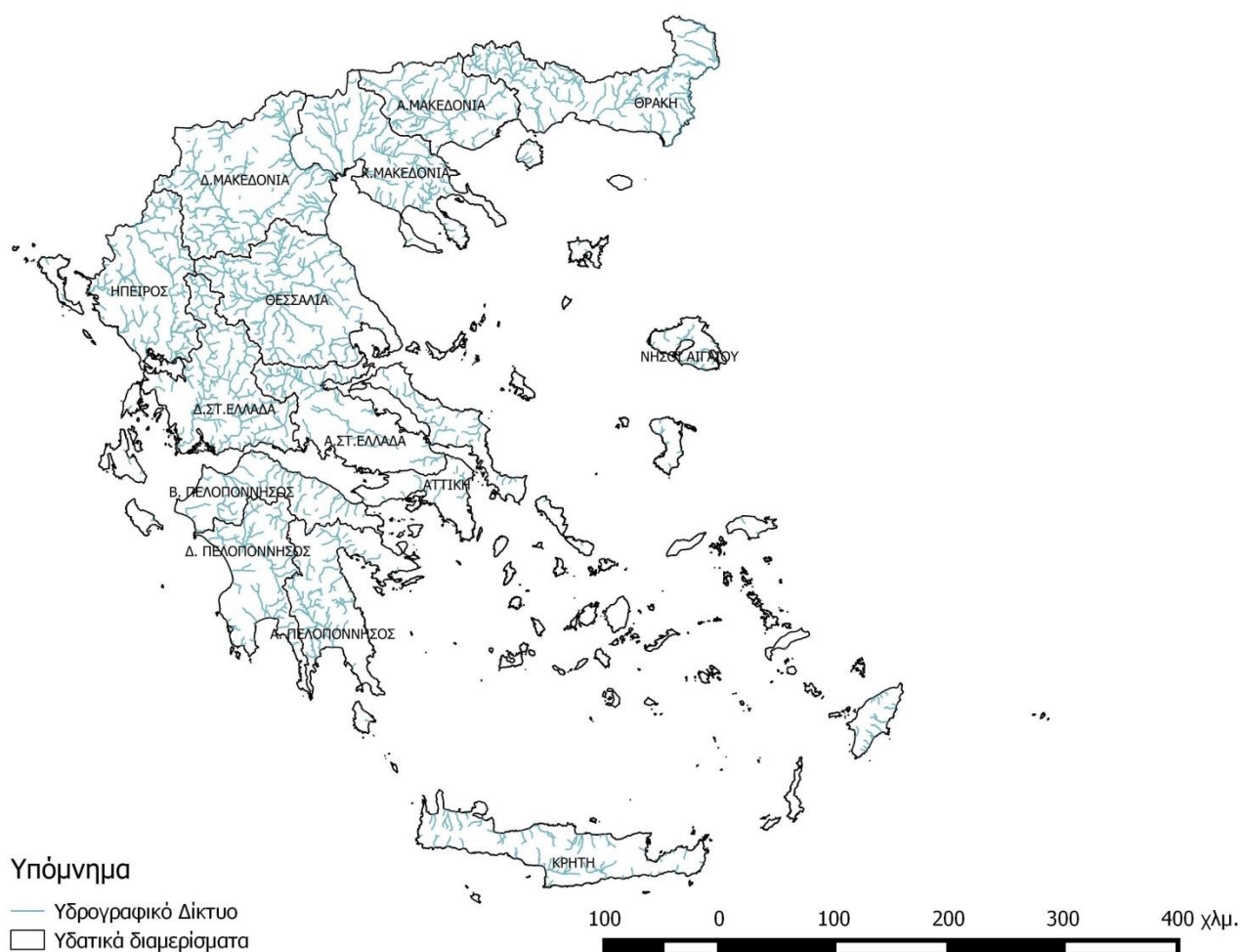
Σχήμα 2-2: Διαθεσιμότητα γλυκού νερού (m³ ανά κάτοικο, ανά έτος, 2007), Πηγή: UNEP/GRID-Arendal (2008) (<http://maps.grida.no/go/graphic/global-waterstress-and-scarcity>)



Σχήμα 2-3: Παγκόσμια Φυσική και Οικονομική Λειψυδρία, Πηγή: *Viala, 2008*

2.2 Η περίπτωση της Ελλάδας

Η Γενική Γραμματεία Υδάτων έχει χωρίσει την Ελλάδα σε 14 υδατικά διαμερίσματα τα οποία παρουσιάζονται στο Χάρτης 2-1. Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ, ο ορισμός των διαμερισμάτων αυτών έχει γίνει λαμβάνοντας υπόψη το υδρογραφικό δίκτυο της χώρας και τις λεκάνες απορροής με στόχο την καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων. (<http://www.ypeka.gr/>)



Χάρτης 2-1: Υδατικά διαμερίσματα και υδρογραφικό δίκτυο Ελλάδας (πηγή: Geodata, ίδια επεξεργασία)

Στο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. εκτιμάται ότι το δυναμικό αυτό προσεγγίζει τα 57,1 δισ. κυβ. μέτρα., στα οποία περιλαμβάνονται τα νερά που εισρέουν από γειτονικές χώρες.

2.2.1 Διαθεσιμότητα νερού

Η Ελλάδα διαθέτει σχετικά επαρκείς ποσότητες υδατικών πόρων αλλά αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα όσον αφορά στην αξιοποίηση και τη βέλτιστη διαχείρισή τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007). Οι βασικότεροι λόγοι που εμποδίζουν τη βέλτιστη αξιοποίηση των υδατικών πόρων είναι οι εξής:

- Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο. Η δυτική Ελλάδα δέχεται πολύ μεγαλύτερα ύψη βροχών από την ανατολική. Ειδικότερα, 24% της συνολικής έκτασης της χώρας δέχεται το 36% των συνολικών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ενώ ακόμη μεγαλύτερη είναι η διαφοροποίηση στα ποσοστά της επιφανειακής απορροής.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χρόνο, με μεγάλη συγκέντρωση βροχοπτώσεων κατά τη χειμερινή περίοδο. Στη νότια Ελλάδα το 80,9% των ετήσιων βροχοπτώσεων συγκεντρώνεται σ' αυτή την περίοδο, ενώ το θερινό ύψος της βροχής αυξάνει προς βορρά, και στα βορειότερα τμήματα παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή του, δηλαδή 20% του ετήσιου όγκου.
- Η άνιση κατανομή της ζήτησης στο χώρο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς. Ο άξονας Θεσσαλονίκη –Αθήνα –Πάτρα που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού και δραστηριοτήτων, δεν διαθέτει σημαντικούς υδατικούς πόρους.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς. Ο μεγαλύτερος καταναλωτής του χρησιμοποιούμενου νερού, η γεωργία (87%), το καταναλώνει την ξηρή περίοδο. Την ίδια περίοδο και ειδικότερα τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο, διπλασιάζεται λόγω τουρισμού και η κατανάλωση νερού ύδρευσης.
- Η γεωμορφολογία της χώρας. Ο έντονος οριζόντιος και κατακόρυφος διαμελισμός, καθώς και η δομή και διάταξη των πετρωμάτων, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών μικρών υδατορεμάτων με χειμαρρική κυρίως δίαιτα, επιφανειακή απορροή μικρής διάρκειας, αυξημένη κατείδυση και συχνά πλημμυρικά φαινόμενα.
- Η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που προέρχονται από γειτονικά κράτη (περίπου 13hm³ ετησίως). Το 23% του συνολικού υδατικού δυναμικού της χώρας προέρχεται από γειτονικές χώρες, καθιστώντας ιδιαίτερα σημαντική την ανάγκη για προώθηση διασυνοριακών δράσεων διαχείρισης υδατικών πόρων.
- Το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών (15.021 km) σε συνδυασμό με τη λιθολογική σύσταση των πετρωμάτων που συντείνει, λόγω της εντατικής εκμετάλλευσης παράκτιων υδροφορέων, στην υφαλμύρινσή τους.

Πίνακας 2-1: Εκτιμώμενο Υδατικό Δυναμικό ανά Υδατικό Διαμέρισμα ανά έτος (Πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα διαχείρισης υδατικών πόρων, ΕΜΠ, <https://www.itia.ntua.gr/>)

| Υδατικά Διαμερίσματα | Εκτιμώμενο Υδατικό Δυναμικό (hm ³) |
|----------------------------|--|
| Δυτικής Πελοποννήσου | 4.417 |
| Βόρειας Πελοποννήσου | 3.580 |
| Ανατολικής Πελοποννήσου | 3.273 |
| Δυτικής Στερεάς Ελλάδας | 8.663 |
| Ηπείρου | 10.228 |
| Αττικής | 492 |
| Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας | 4.259 |
| Θεσσαλίας | 4.174 |
| Δυτικής Μακεδονίας | 4.816 |
| Κεντρικής Μακεδονίας | 3.034 |
| Ανατολικής Μακεδονίας | 2.195 |
| Θράκης | 3.249 |
| Κρήτης | 2.626 |
| Νήσων Αιγαίου | 2.088 |
| Σύνολο χώρας | 57.094 |

Πίνακας 2-2: Ενδεικτική προσφορά και ζήτηση νερού τον μήνα Ιουλίου ανά Υδατικό Διαμέρισμα (2003) (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2007)

| Υδατικά Διαμερίσματα | Προσφορά (hm ³) | Ζήτηση (hm ³) | Παρατηρήσεις |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Δυτικής Πελοποννήσου | 73 | 55 | Πλεονασματικό |
| Βόρειας Πελοποννήσου | 122 | 104 | Πλεονασματικό |
| Ανατολικής Πελοποννήσου | 56 | 57 | Οριακά Ελλειμματικό |
| Δυτικής Στερεάς Ελλάδας | 415 | 85 | Πλεονασματικό |
| Ηπείρου | 193 | 33 | Πλεονασματικό |
| Αττικής | 56 | 54 | Οριακά Πλεονασματικό ⁽¹⁾ |
| Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας | 128 | 187 | Ελλειμματικό ⁽²⁾ |
| Θεσσαλίας | 210 | 335 | Ελλειμματικό |
| Δυτικής Μακεδονίας | 159 | 136 | Πλεονασματικό |
| Κεντρικής Μακεδονίας | 137 | 130 | Οριακά Πλεονασματικό |
| Ανατολικής Μακεδονίας | 354 | 132 | Πλεονασματικό |
| Θράκης | 424 | 253 | Πλεονασματικό |
| Κρήτης | 130 | 133 | Οριακά Ελλειμματικό ⁽³⁾ |
| Νήσων Αιγαίου | 7 | 25 | Ελλειμματικό |
| Σύνολο χώρας | 2.464 | 1.726 | Πλεονασματικό |

Σημειώσεις: (1) Οι υδατικοί πόροι είναι κατά βάση μεταφερόμενοι από γειτονικά διαμερίσματα

(2) Οι αρδευόμενες εκτάσεις κατά ΕΣΥΕ φαίνονται υπερεκτιμημένες και γι' αυτό, το διαμέρισμα, ενώ έχει σήμερα οριακά επαρκείς πόρους, εμφανίζεται ως έντονα ελλειμματικό

(3) Σήμερα, η ζήτηση καλύπτεται πλημμελώς κυρίως από πηγές και γεωτρήσεις

Στον παραπάνω πίνακα επιλέγεται να παρουσιαστούν οι τιμές για το μήνα Ιούλιο ο οποίος αποτελεί τον πιο δυσμενή μήνα από άποψη υδατικού ισοζυγίου. Όπως παρατηρείται λοιπόν, τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζουν στο σύνολο της χώρας το μεγαλύτερο έλλειμμα στο υδατικό τους ισοζύγιο. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο σε φυσικούς όσο και σε ανθρωπογενής παράγοντες, οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι (Δανιλάκης, 2012):

Φυσικοί παράγοντες:

- Μειωμένος εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων λόγω της σχετικά μικρής έκτασης των νησιών σε συνδυασμό με έντονο ανάγλυφο
- Υψηλός ρυθμός εξάτμισης, λόγω υψηλής θερμοκρασίας, ηλιοφάνειας και παρουσία συχνών μετεμιών.
- Φαινόμενα υφαλμύρισης λόγω ολόπλευρης έκθεσης των νησιών στη θάλασσα σε συνδυασμό με τον ορεινό τους χαρακτήρα
- Μικρά ετήσια ύψη βροχής.

Αν και η βροχόπτωση θεωρητικά θα μπορούσε να οδηγήσει σε κάλυψη των τοπικών αναγκών, η διείσδυση του νερού αυτού είναι της τάξης του 15%, η εξατμισοδιαπνοή και η απορροή στη θάλασσα είναι 60% και 26% αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά εξηγούν τη μεγάλη διαφορά του όγκου βροχής και της τελικής (θεωρητικής) ποσότητας νερού διαθέσιμης προς χρήση. (Ξεύγενος, 2016)

Ανθρώπινοι παράγοντες:

- Μεγάλη τουριστική ανάπτυξη
- Αλόγιστη σπατάλη υπόγειων υδάτων
- Ανεξέλεγκτες (ιδιωτικές) γεωτρήσεις
- Περιορισμένα έργα υποδομής
- Απώλειες στα δίκτυα διανομής νερού. Για την περίπτωση της νησιωτικής Ελλάδας αξίζει να σημειωθεί ότι ποσοστό ίσο με 40-60% του νερού που διανέμεται εκτιμάται ότι χάνεται σε διαρροές είτε δεν καταγράφεται λόγω κακής κατάστασης των μετρητών (Mentis, 2011).

Λόγω της έλλειψης νερού στα νησιά του Αιγαίου, η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης πραγματοποιείται κυρίως μέσω της μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία, γεγονός που συνεπάγεται τεράστιο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Το πρόβλημα της έλλειψης νερού επιδεινώνεται κατά τους θερινούς μήνες όπου αυξάνεται η τουριστική κίνηση οπότε οι ανάγκες σε νερό αυξάνονται. Ειδικότερα στις Κυκλάδες, το 2007 μεταφέρθηκαν συνολικά 697.000 κυβικά μέτρα νερού και στα Δωδεκάνησα περίπου 1.100.000 ενώ όπως ήταν αναμενόμενο οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού καταναλώθηκαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και το Σεπτέμβριο. (Ευθυμιόπουλος, 2010) Επίσης, στα Δωδεκάνησα το έτος 2008, ξοδεύτηκαν περισσότερα από 5.500.000 € για τη μεταφορά νερού στα νησιά Καστελόριζο, Χάλκη, Σύμη, Νίσυρο και Πάτμο. (Οδηγός καλών πρακτικών για το νερό, 2013)

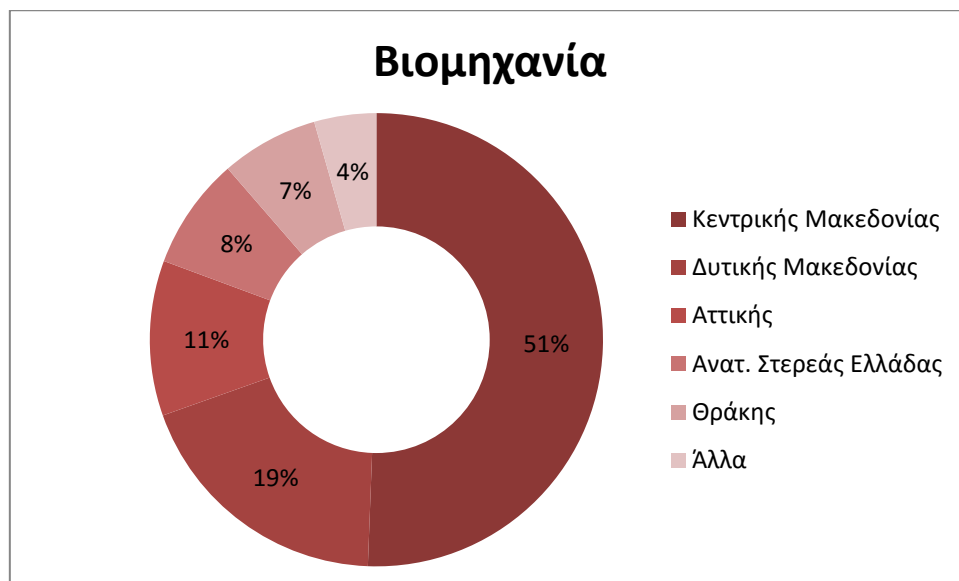
2.2.2 Κατανάλωση Νερού

Η μέση ετήσια κατανάλωση νερού στην Ελλάδα ανέρχεται στα 8,242.8 εκατομμύρια m³ (2010) για τις ακόλουθες χρήσεις: (Ξεύγενος, 2016)

- Άρδευση: 84.2% (~6,939 εκ. m³/χρόνο)
- Ύδρευση: 12.7% (~1,046 εκ. m³/χρόνο)
- Βιομηχανική χρήση: 1.9% (~158 εκ. m³/χρόνο).

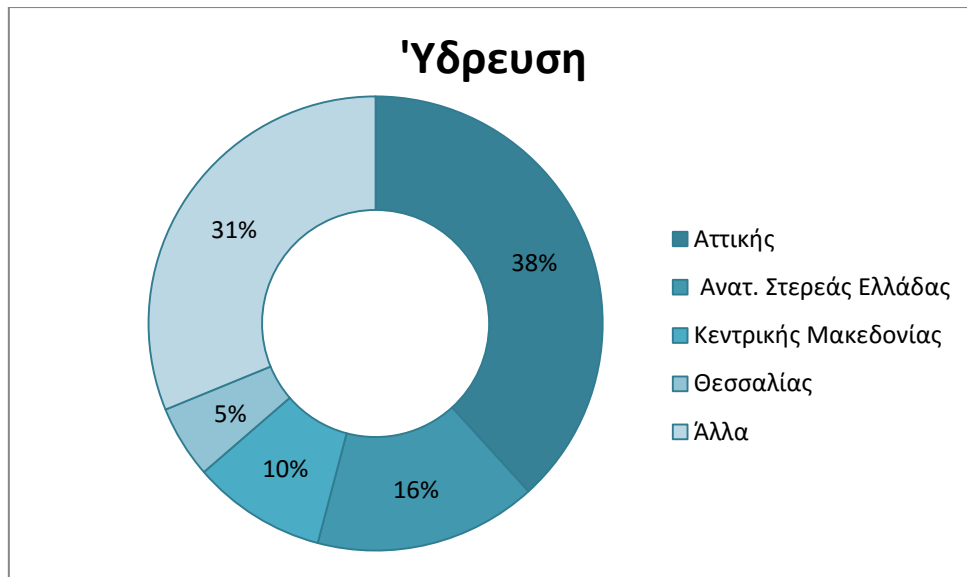
Στο Χάρτη 2-2 παρουσιάζονται οι χρήσεις νερού ανά υδατικό διαμέρισμα. Μεγάλη διαφοροποίηση από τις χρήσεις νερού του συνόλου της χώρας παρατηρείται στην Αττική, όπου η ύδρευση αποτελεί το μεγαλύτερο τελικό χρήστη νερού, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας, όπου κυριαρχεί η χρήση νερού για άρδευση.

Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τη βιομηχανική χρήση, το μεγαλύτερο ποσοστό του βιομηχανικού νερού καταναλώνεται στη Κεντρική Μακεδονία (50.6%), ακολουθούμενο από τη Δυτική Μακεδονία (19%) και την Αττική (11.1%).



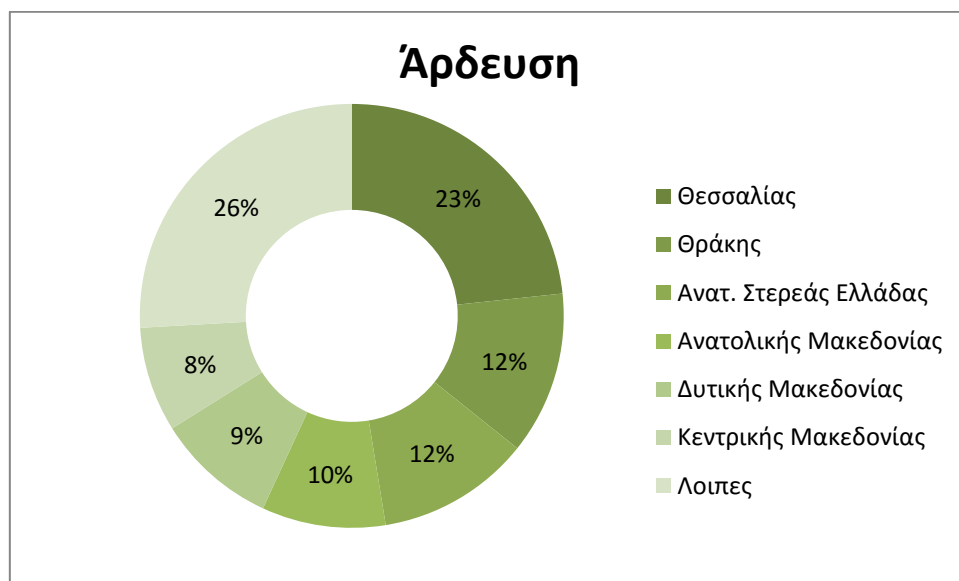
Διάγραμμα 2-1: Κατανάλωση νερού από τη βιομηχανία ανά υδατικό διαμέρισμα

Αναφορικά με την κατανάλωση νερού για ύδρευση τα μεγαλύτερα ποσοστά συναντώνται στην Αττική (38%), γεγονός που σχετίζεται άμεσα με τη μεγάλη συγκέντρωση του πληθυσμού. Ακολουθούν, η Ανατ. Στερεά Ελλάδα (16%), η Κεντρική Μακεδονία (10%) και η Θεσσαλία (5%). Το υπόλοιπο 31% του συνολικής κατανάλωσης νερού για ύδρευση είναι κατανεμημένο σε μικρά ποσοστά στα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.

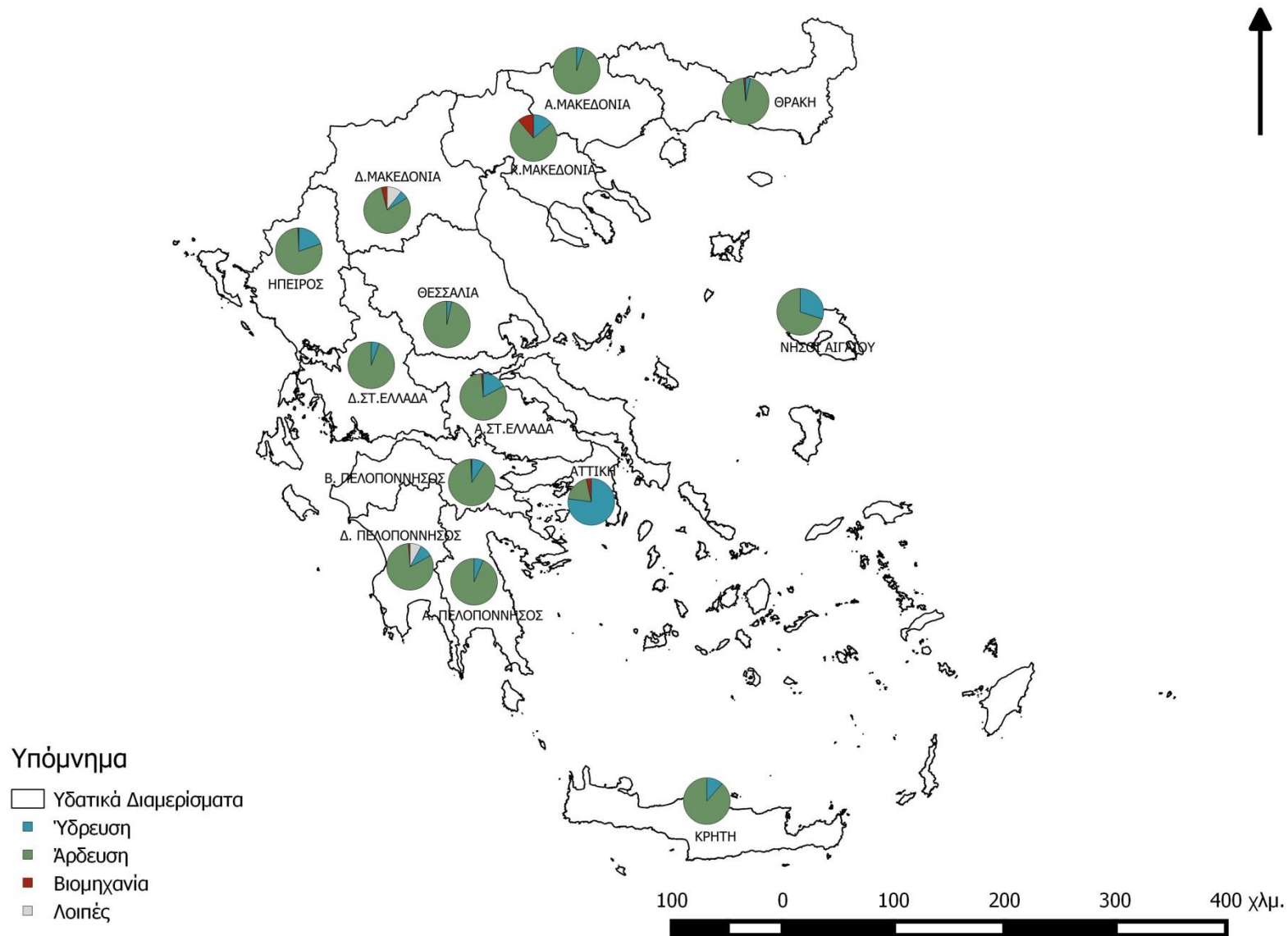


Διάγραμμα 2-2: Κατανάλωση νερού για ύδρευση ανά υδατικό διαμέρισμα

Αναφορικά με τη χρήση νερού για άρδευση, η οποία κατέχει στο σύνολο της χώρας τα μεγαλύτερα ποσοστά, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό νερού καταναλώνεται στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας (23%), ενώ ακολουθούν η Θράκη και η Ανατολική Στερεά Ελλάδα (12%) και η Ανατολική Μακεδονία (10%).



Διάγραμμα 2-3: Κατανάλωση νερού για άρδευση ανά υδατικό διαμέρισμα



Χάρτης 2-2: Χρήσεις νερού ανά υδατικό διαμέρισμα

2.3 Προτάσεις-λύσεις

Η Ευρωπαϊκή Ένωση διαθέτει από τις αρχές του 2000 μια νέα πολιτική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Βασικό εργαλείο προώθησης της νέας πολιτικής είναι η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τα νερά. Η νέα πολιτική για τα νερά καινοτομεί σε τέσσερα σημεία:

- Στοχεύει στην ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού με στόχο την επίτευξη της αειφορίας
- Λαμβάνει ως βάση την ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού τις «υδρολογικές λεκάνες»
- Αναγνωρίζει παράλληλα με τις ανθρώπινες ανάγκες και τη σπουδαιότητα του νερού στις λειτουργίες των οικοσυστημάτων
- Προβλέπει τη συμμετοχή του κοινού στο σχεδιασμό, τη λήψη αποφάσεων και την παρακολούθηση της εφαρμογής της πολιτικής για τα νερά

2.3.1 Κατασκευή φραγμάτων

Ως φράγμα ορίζεται ένα σύνολο τεχνικών έργων που αποσκοπεί στην συγκέντρωση και αποθήκευση ύδατος, προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά ελεγχόμενο τρόπο. Η αποθήκευση του νερού και δημιουργία μιας τεχνητής λίμνης –ταμιευτήρα, επιτυγχάνεται με τον περιορισμό μιας κοιλότητας από το φράγμα. Η αποθήκευση του νερού γίνεται για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων σκοπών και ποσοτικοποιημένων αναγκών: (Μίχας,Ευστρατιάδης,Δερματάς, 2015)

- Ύδρευση
- Άρδευση
- Υδροηλεκτρική παραγωγή
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Άλλες (ιχθυοκαλλιέργεια, αναψυχή, ναυσιπλοΐα, κλπ)

Οι απόψεις ωστόσο δίστανται σχετικά με την αποτελεσματικότητα των φραγμάτων. Μερικά από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με τα φράγματα (κυρίως μεγάλου μεγέθους) είναι η αδυναμία απόσβεσης του κόστους κατασκευής και οι μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, συχνά παρατηρούνται ανισότητες κατανομής των ευεργετικών αποτελεσμάτων προς τους άμεσα θιγόμενους. Αναφορικά με τα φράγματα της νησιωτικής Ελλάδας, ο Δανιλάκης (2012) αναφέρει ότι σε νησιά όπως π.χ. στη Τήνο (Βακέτα), στη Σίφνο (Καμάρες), στην Αμοργό (Κατάπολα), στην Πάρο (Τούρλος), στην Ανάφη (Ρούκουνας), στη Μύκονο (Μαράθι) τα φράγματα προσέφεραν θετικά, ενώ σε άλλες περίπου 10 περιπτώσεις "το κόστος κατασκευής του φράγματος (που για το κάθε ένα απαιτήθηκαν πάνω από 5 εκατομμύρια ευρώ) ήταν δυσανάλογο με τα οφέλη του. Συγκεκριμένα λόγω έλλειψης υδρολογικών δεδομένων, μαζικής και επιτόλαιης παραγωγής μελετών και βιαστικών πολιτικών αποφάσεων, κατασκευάστηκαν φράγματα τα οποία δεν εξυπηρετούσαν το σκοπό τους".

2.3.2 Μεταφορά νερού

Στα νησιά του Αιγαίου πολύ συχνά οι ανάγκες τους για πόσιμο νερό καλύπτονται με τη μεταφορά νερού από την Ηπειρωτική Ελλάδα με υδροφόρα πλοία. (Hellenic Ministry of Aegean, 2007) Η διάθεση του νερού με αυτό τον τρόπο έχει πολλά μειονεκτήματα. Αρχικά, η ποσότητα του νερού που διατίθεται στα νησιά είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη χωρητικότητα του υδροφόρου πλοίου αλλά και τις καιρικές συνθήκες με αποτέλεσμα, τα αποθέματα σε πόσιμο νερό να εξαντλούνται στα νησιά σε περιόδους αυξημένης ζήτησης ή κατά τους χειμερινές μήνες. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι ότι είναι πιθανό να αρχίσουν να δημιουργούνται προβλήματα ανεπάρκειας νερού μεταφέροντας νερό στην Ηπειρωτική Ελλάδα αν μεγάλη ποσότητα των αποθεμάτων μιας περιοχής μεταφέρονται στη Νησιωτική Ελλάδα. Επίσης, η μεταφορά νερού είναι μια διαδικασία με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς έχει μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα (carbon footprint) λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων για την κίνηση των πλοίων. (Gikas, Tchobanoglous, 2009)

Το 1996 μεταφέρθηκαν στις Κυκλάδες 50,000 m³ νερού, ενώ το 2007 570,000 m³ νερού. Στα Δωδεκάνησα το ίδιο έτος μεταφέρθηκαν ~ 1,000,000 m³ νερού (Gikas & Angelakis, 2009). Το ανηγμένο κόστος μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία κυμαίνεται από 5 έως 10 ευρώ το κυβικό μέτρο (Karagiannis, 2010). Το 2006 σπαταλήθηκαν περίπου 4εκ. € για τη μεταφορά του νερού στις Κυκλάδες (Δανιλάκης, 2012). Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κόστος προμήθειας μίας μονάδας αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση είναι περίπου 1,500€ ανά εγκατεστημένο m³, αυτό συνεπάγεται ότι με τα χρήματα αυτά θα μπορούσε να προμηθευτούν μονάδες αφαλάτωσης με συνολική δυναμικότητα μεγαλύτερη των 2,700 m³. (Ξεύγενος, 2016)

Στους Πίνακες Π 1 και Πίνακας Π 2 του Παραρτήματος φαίνονται αναλυτικά οι ποσότητες νερού που έχουν μεταφερθεί σε όλα τα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων ανά έτος από το 1996 έως το 2015.

2.3.3 Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα

Η εκμετάλλευση και διαχείριση των υπόγειων νερών παράκτιων υδροφορέων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το φαινόμενο της διείσδυσης της θάλασσας σε αυτούς, δηλαδή της εισροής θαλάσσιου νερού στο σύστημα των εν λόγω υδροφορέων. Η εισροή αυτή μπορεί να είναι μόνιμη ή συνηθέστερα μη μόνιμη ροή. Έτσι το αλμυρό νερό αντικαθιστά ίσες ποσότητες γλυκού νερού. Αποτέλεσμα της διείσδυσης αυτής της θάλασσας είναι η υφαλμύρωση των υδροφορέων αυτών (Νάνου-Γιάνναρου, 2001)

Ο τεχνητός εμπλουτισμός χαρακτηρίζεται ως μια διαδικασία αύξησης της φυσικής ροής του επιφανειακού νερού προς τους υπόγειους υδροφορείς με την κατασκευή κατάλληλων έργων, την κατάκλιση με νερό ή τη μεταβολή των φυσικών συνθηκών. (Todd, 1980) Αποτελεί μια σημαντική διαδικασία ενίσχυσης του υπόγειου υδατικού δυναμικού από επιφανειακά νερά,

συμβάλλοντας έτσι ουσιαστικά στον περιορισμό του φαινομένου της λειψυδρίας. Ο Τεχνητός εμπλουτισμός έχει χρησιμοποιηθεί σε διεθνές επίπεδο εδώ και 200 περίπου χρόνια.

Κάποια από τα βασικά πλεονεκτήματα του τεχνητού εμπλουτισμού είναι τα εξής: (Βουδούρης,2011)

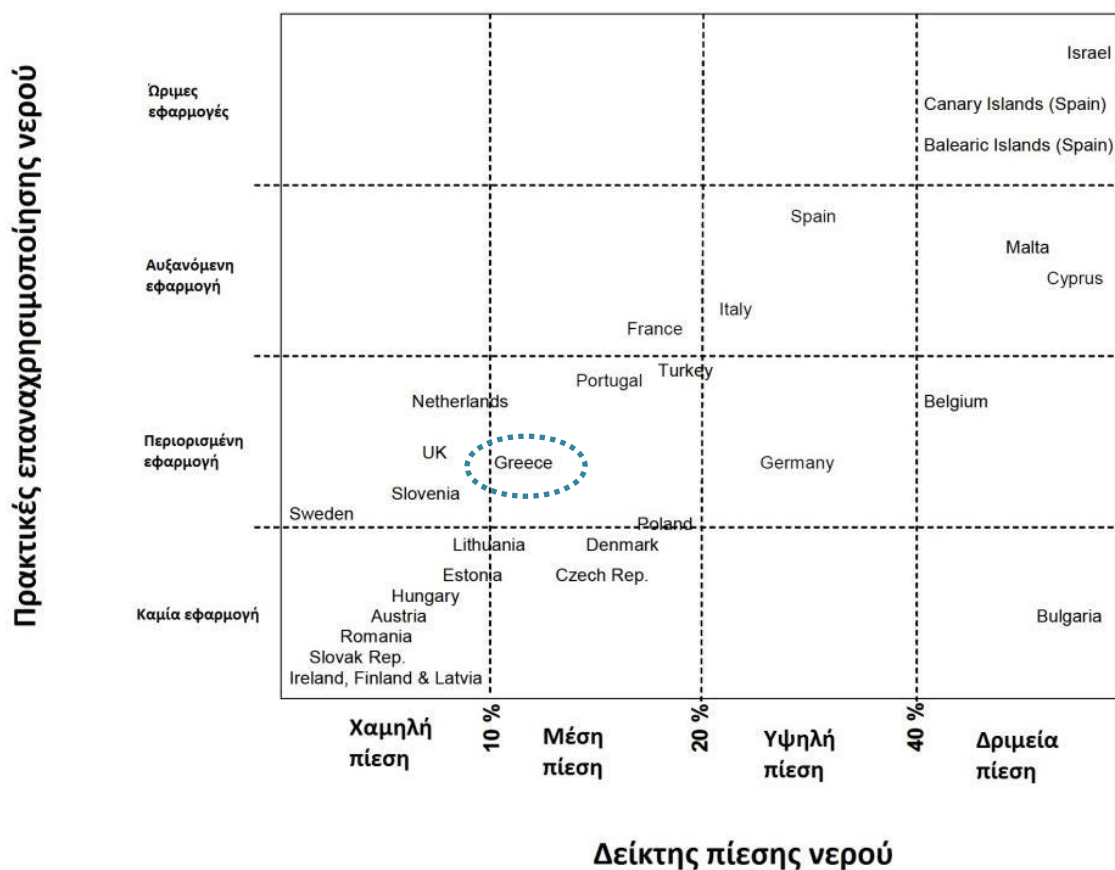
- Περιβαλλοντικά έχει γενικά θετικές επιπτώσεις: βελτίωση της ποιότητας του υπόγειου νερού, προστασία της ύπαρξης και της λειτουργίας πηγών και υδροτόπων, αποφυγή συνίζησης και άρα ποσοτικής υποβάθμισης υδροφορέων, αποφυγή ή αναχαίτιση διείσδυσης θαλασσινού νερού στα παράκτια υδροφόρα στρώματα.
- Οι υπόγειοι ταμιευτήρες δεν διατρέχουν τους κινδύνους φυσικών καταστροφών των επιφανειακών ταμιευτήρων (κατολισθήσεις, πλημμύρες, άμεσες μολύνσεις κλπ).
- Δεν αχρηστεύεται λόγω υπεράντλησης τυχόν υπάρχουσα υποδομή από γεωτρήσεις, αγωγούς κλπ.
- Μειώνονται οι απώλειες νερού από εξατμίσεις

2.3.4 Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων προωθούνται από Ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες και στρατηγικές που έχουν ως στόχο την αποδοτικότερη χρήση των πόρων και την υιοθέτηση του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας (circular economy). (European Commission,2011) Οι τεχνικές επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων εφαρμόζονται όλο και περισσότερο ανά τον κόσμο, ενώ οι πιο αναπτυγμένες πρακτικές επαναχρησιμοποίησης συναντώνται σε περιοχές με προβλήματα έλλειψης νερού (π.χ. Ισραήλ, Κανάριες και Βαlearίδες Νήσοι, κ.ά.). (βλ. Σχήμα 2-4). Στην Ελλάδα η επαναχρησιμοποίηση νερού έχει περιορισμένη εφαρμογή παρόλο που στα άνυδρα νησιά θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των προβλημάτων λειψυδρίας.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην Ελλάδα το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζεται στα νησιά του Αιγαίου τα οποία εμφανίζουν ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο. Σύμφωνα με τους Gikas & Tchobanoglous (2009) κάποιοι πιθανοί τρόποι αξιοποίησης τους επαχρησιμοποιημένου νερού στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου είναι οι εξής:

- Άρδευση στη γεωργία
- Πότισμα καλλωπιστικών φυτών (κυρίως στα ξενοδοχεία)
- Νερό ψύξης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής
- Αστική χρήση για μη αρδευτικούς σκοπούς, όπως πυροπροστασία
- Επαναφόρτιση υπόγειου υδροφορέα
- Εμπλουτισμός επιφανειακών νερών



Σχήμα 2-4: Συσχέτιση επαναχρησιμοποίησης νερού και δείκτη πίεσης νερού (water stress index) (Πηγή: Ξεύγενοσ 2016, MED WWR WG 2009)

2.3.5 Αφαλάτωση

Σύμφωνα με το Global Water Intelligence, η δυναμικότητα παραγωγής πόσιμου νερού από μονάδες αφαλάτωσης ανέρχεται το 2008 στα 52 εκ. m³/ημερησίως και αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2016, προσεγγίζοντας τα 107 εκ. m³/ημερησίως.

Οι λόγοι για την αύξηση της χρήσης της τεχνικής της αφαλάτωσης είναι κυρίως η αστικοποίηση, η εξάντληση των υπόγειων υδάτων, οι ολοένα αυξανόμενες ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού και η κλιματική αλλαγή. (Ξεύγενοσ,2016) Σύμφωνα με μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, οι επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή στη διαθεσιμότητα νερού θα είναι πιο έντονες στην περιοχή της Μεσογείου (European Commission, 2010).

Η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα στις χώρες της Μεσογείου θάλασσας είναι 11,650,047 m³/ημέρα, η οποία αντικατοπτρίζει περίπου το 16% της συνολικής παγκόσμιας δυναμικότητας. Η Ισπανία, η Αλγερία, το Ισραήλ και η Λιβύη έχουν την υψηλότερη εγκατεστημένη δυναμικότητα. Χώρες όπως η Μάλτα και η Κύπρος που δεν βρίσκονται στις υψηλότερες θέσεις, ωστόσο, αποτελούν χώρες που στηρίζονται σχεδόν εξολοκλήρου στην αφαλάτωση για την προμήθεια πόσιμου νερού.(Ξεύγενοσ,2016)

3 Αφαλάτωση

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα (Ιούνιος 2015) δημοσιευμένα στοιχεία του International Desalination Association (*IDA*), μέχρι σήμερα είναι καταγεγραμμένες 18.426 μονάδες αφαλάτωσης σε περισσότερες από 150 χώρες ανά τον κόσμο. Οι μονάδες αυτές παράγουν 86.8 εκ. m³/ημέρα και εξυπηρετούν τις ανάγκες για νερό για περισσότερα από 300 εκ. άτομα. Η αφαλάτωση εφαρμόζεται τόσο για την παραγωγή πόσιμου νερού, όσο και στη βιομηχανία. Σύμφωνα με το Global Water Intelligence, 55.1% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς παγκοσμίως χρησιμοποιείται για αστική χρήση. Ωστόσο, αυτή η εικόνα αλλάζει έντονα ανά περιοχή. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, οι Μεσογειακές χώρες χρησιμοποιούν κυρίως τις μονάδες αφαλάτωσης για παραγωγή πόσιμου νερού, ενώ οι χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης εφαρμόζουν την αφαλάτωση για βιομηχανικούς σκοπούς. (Ξεύγενος, 2016)

3.1 Τεχνικές Αφαλάτωσης

Για την αφαλάτωση του νερού έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα τον μηχανισμό διαχωρισμού, σε αυτές όπου το μέσο αλλάζει φάση χρησιμοποιώντας κάποια πηγή θερμότητας (θερμικές μέθοδοι) και σε αυτές που μέσω μεμβρανών, ύστερα από επιβολή πίεσης, γίνεται ο διαχωρισμός του θαλασσινού νερού (μέθοδοι μεμβρανών).

3.1.1 Τεχνικές Αλλαγής φάσης ή θερμικές τεχνικές

Απόσταξη με εκτόνωση (Multi-stage flash Distillation, MSF)

Η Απόσταξη με Εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation, *MSF*) μαζί με την Αντίστροφη Όσμωση (Reverse Osmosis, *RO*) αποτελούν τις πιο εμπορικές μεθόδους αφαλατώσεις, με τη μέθοδο *RO* να κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς. Η εικόνα της αγοράς παρουσιάζει βέβαια ανομοιομορφία γεωγραφικά, καθώς για παράδειγμα στα Ηνωμένα Εμιράτα, η μέθοδος *MSF* κατέχει κυρίαρχη θέση στην αγορά αφαλάτωσης (*SOL-BRINE*, 2012).

Η μέθοδος *MSF* αποτελεί μία αξιόπιστη και ώριμη τεχνολογία. Η σχετικά απλή λειτουργία έχει να επιδείξει εγκαταστάσεις με ολόένα και μεγαλύτερη δυναμικότητα, κυρίως στην περιοχή του Αραβικού Κόλπου. Οι βελτιώσεις στα υλικά για την αντιμετώπιση της διάβρωσης, καθώς και οι ανάγκες για αυξημένα μεγέθη δυναμικότητας, διατηρούν την παρουσία της τεχνολογίας αυτής σε συγκεκριμένα τμήματα της αγοράς αφαλάτωσης (*Alvarado-Revilla, et al., 2015*).

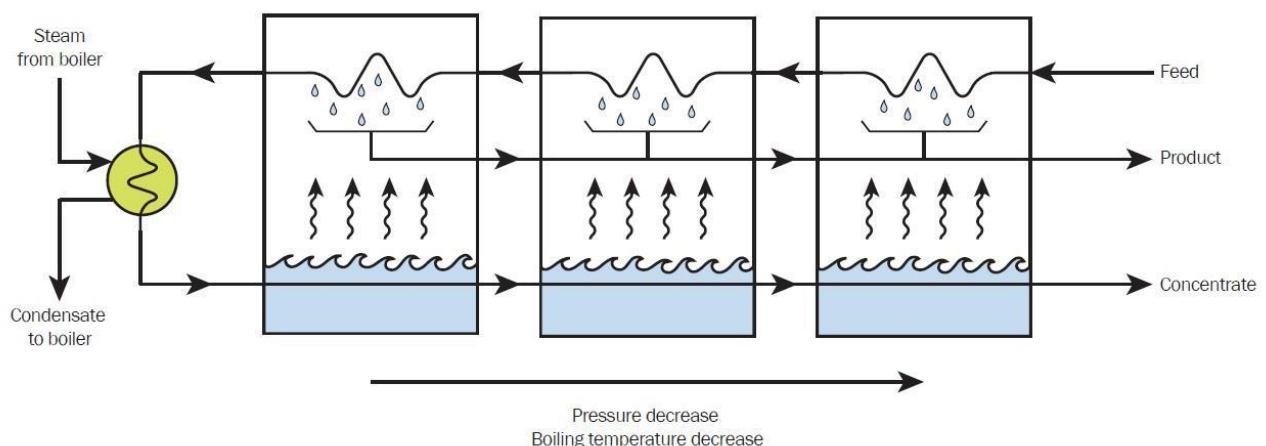
Αναφορικά με την αρχή λειτουργία των μονάδων *MSF*, εφαρμόζεται η παρακάτω διαδικασία. Στο λεγόμενο θερμαντήρα άλμης, το εισερχόμενο ρεύμα νερού θερμαίνεται ως την υψηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας (top brine temperature) με ανάκτηση θερμότητας από τη συμπύκνωση

του ατμού. Αυτός ο ατμός μπορεί να προέρχεται από απομάστευση αμοστροβίλου ή από άλλη πηγή.

Το προθερμασμένο νερό εισέρχεται στην πρώτη βαθμίδα (stage) όπου η πίεση είναι χαμηλότερη. Η ιδιαιτερότητα στη λειτουργία της μεθόδου αυτής έγκειται στον τρόπο με τον οποίο ατμοποιείται το νερό, με το λεγόμενο φαινόμενο "flashing". Κατά το φαινόμενο αυτό, το νερό υψηλής θερμοκρασίας εισάγεται "βίαια" σε δοχείο χαμηλότερης πίεσης, με αποτέλεσμα να βράζει απότομα και σχεδόν να "εκρήγνυται" σε μορφή ατμού. Μόνο ένα μικρό ποσοστό της συνολικής μάζας του νερού μετατρέπεται σε ατμό, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης του δοχείου. Έτσι, εξατμίζεται τόση ποσότητα νερού ώστε ψύχεται η μάζα του νερού στο σημείο ισορροπίας του σημείου βρασμού (AQUA-CSP, 2007).

Ο ατμός που παράγεται με flashing, συμπυκνώνεται στον εναλλάκτη της επόμενης βαθμίδας. Οι εναλλάκτες τοποθετούνται στο επάνω μέρος της βαθμίδας και δίνουν τη θερμότητά τους, προθερμαίνοντας το νερό (εξωτερικός εναλλάκτης) που κατευθύνεται προς το θερμαντήρα άλμης. Η διεργασία αυτή επαναλαμβάνεται από 4 έως και 40 βαθμίδες (Curcio, 2006), με τη συνήθη διάταξη να φτάνει έως τις 20 βαθμίδες (AQUA-CSP, 2007).

Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ανάκτηση νερού και ενέργειας, κάθε βαθμίδα λειτουργεί σε χαμηλότερη πίεση από την προηγούμενη. Το κενό διατηρείται με τη χρήση τζιφαριού ή μηχανικής αντλίας κενού (AQUA-CSP, 2007).



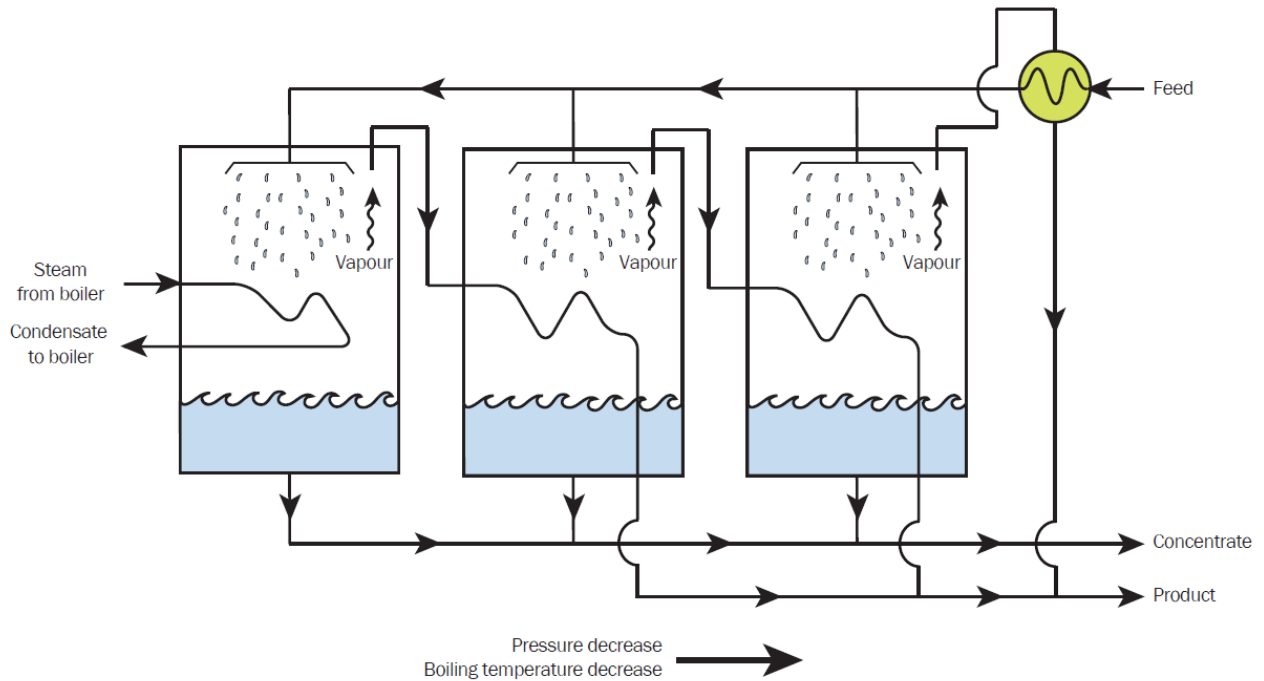
Σχήμα 3-1: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MSF, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015)

Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (Multiple Effect Distillation, MED)

Οι μονάδες MED έχουν μερίδιο 8% της αγοράς αφαλάτωσης και βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη Βιομηχανία Ζάχαρης και στη Βιομηχανία Χάρτου. (Ξεύγενο, 2016)

Αναφορικά με την αρχή λειτουργία των μονάδων MED, εφαρμόζεται η παρακάτω διαδικασία. Το νερό τροφοδοσίας ψεκάζεται (ή εναλλακτικά διανέμεται) στην επιφάνεια των εναλλακτών των βαθμίδων, σε μορφή λεπτού φιλμ με στόχο τη βελτίωση των συνθηκών ατμοποίησης. Η θερμότητα για τον εναλλάκτη της πρώτης βαθμίδας προσφέρεται από εξωτερική πηγή (π.χ. από ατμοπαραγωγό). Η θερμότητα κάθε επόμενου εναλλάκτη (σε επόμενη βαθμίδα) προσφέρεται

από την λανθάνουσα θερμότητα κατά τη συμπύκνωση του ατμού που παράγεται στην προηγούμενη βαθμίδα της μονάδας MED. Για το λόγο αυτό, επιβάλλεται κάθε βαθμίδα να έχει χαμηλότερη πίεση λειτουργίας σε σχέση με την προηγούμενη. Η διεργασία επαναλαμβάνεται μέχρι το πολύ 16 βαθμίδες. Ο ατμός που παράγεται στην τελευταία βαθμίδα συμπυκνώνεται σε χωριστό εναλλάκτη, ο οποίος ονομάζεται τελικός συμπυκνωτής. Ο συμπυκνωτής αυτός χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας (AQUA-CSP, 2007). Στο Σχήμα 3-2 δίνεται μία σχηματική αναπαράσταση της διεργασίας MED με τρεις βαθμίδες. (Ξεύγενος, 2016)



Σχήμα 3-2: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MED, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015)

Επανασυμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC)

Η επανασυμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC) μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο (2) μεγάλες κατηγορίες:

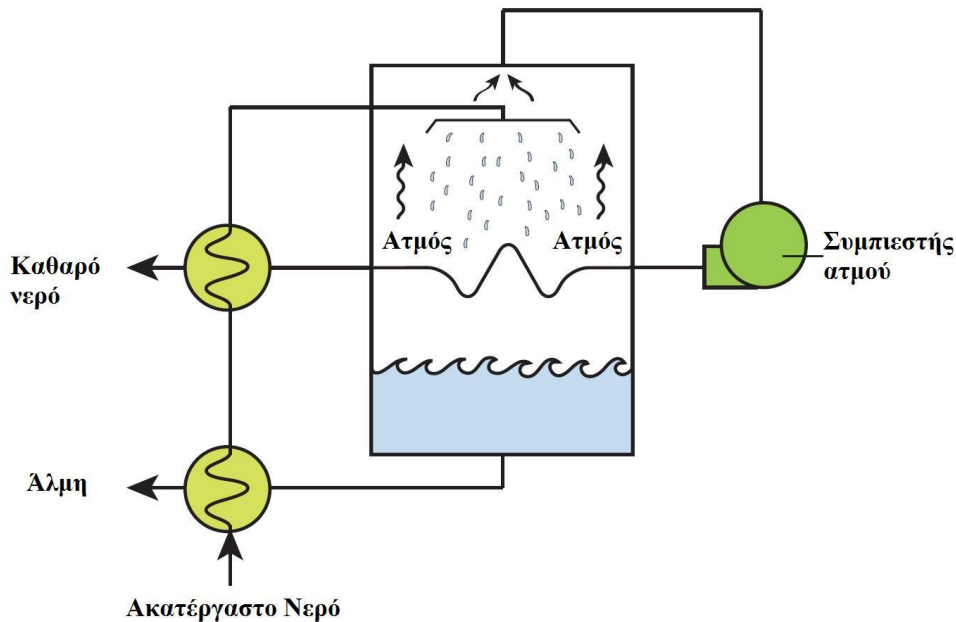
Μηχανική Επανασυμπίεση Ατμών (Mechanical Vapor Compression, MVC)

Η μονοβάθμια αφαλάτωση με μηχανική επανασυμπίεση των ατμών είναι η πιο συνήθης μέθοδος θερμικής αφαλάτωσης με μία βαθμίδα. Ο αρχικός σχεδιασμός συστημάτων MVC δεν επέτρεπε δυναμικότητα μεγαλύτερη των 500m³/ημέρα. Οι βελτιώσεις στο σχεδιασμό των συμπιεστών, αύξησε το όριο της δυναμικότητας σε 1,000m³/ημέρα και σήμερα το όριο αυτό έχει φθάσει τα 5,000m³/ημέρα.

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα εφαρμόσιμη για εγκαταστάσεις μικρού έως και μεσαίου μεγέθους. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι έως και τριών βαθμίδων, αν και η συνήθης περίπτωση είναι να έχουν μόνο μία βαθμίδα (AQUA-CSP, 2007).

Θερμική Επανασυμπίεση Ατμών (Thermal Vapor Compression, TVC).

Η TVC αποτελείται από έναν θερμικό συμπιεστή, ο οποίος προστίθεται στην τελευταία βαθμίδα συστήματος MED έτσι ώστε να αυξήσει την συνολική απόδοση. Ο ατμός που παράγεται στην τελευταία βαθμίδα, επανασυμπιέζεται σε θερμικό συμπιεστή και χρησιμοποιείται για πρόσδοση θερμότητας στην 1η βαθμίδα. Ο θερμικός συμπιεστής απαιτεί τη χρήση ατμού υψηλότερων θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών (motive steam), ο οποίος απομαστεύεται από κύκλο Rankine, ή από ατμό που χρησιμοποιείται στην παραγωγική γραμμή βιομηχανίας.



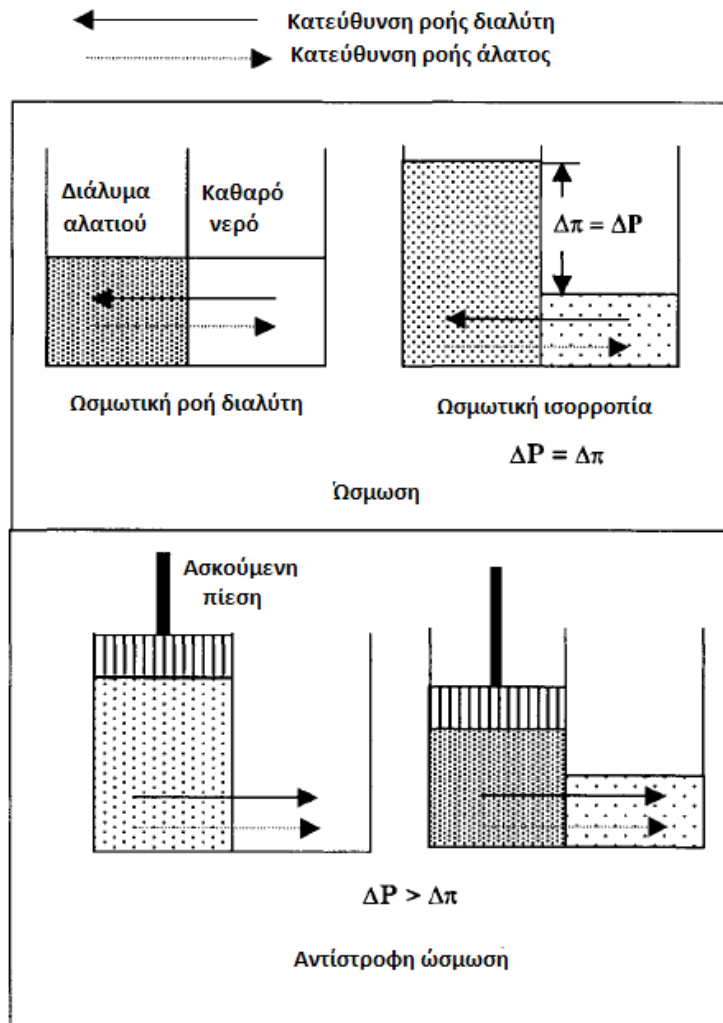
Σχήμα 3-3: Σχηματική αναπαράσταση διεργασίας MVC, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015)

3.1.2 Τεχνικές μιας φάσης ή τεχνικές μεμβρανών

Αντίστροφη Όσμωση

Σήμερα η RO αποτελεί την κυρίαρχη μέθοδο αφαλάτωσης, κατέχοντας 73.7% της δυναμικότητας μονάδων αφαλάτωσης που εγκαταστάθηκε (50εκ. m³/ημέρα) μεταξύ 2004-2014 (Alvarado-Revilla, et al., 2015).

Η Αντίστροφη Όσμωση είναι μία διεργασία κατά την οποία ανακτάται καθαρό νερό από ένα αλατούχο διάλυμα, στο οποίο αυξάνεται η πίεση σε τιμές μεγαλύτερης της οσμωτικής πίεσης. Κατ' ουσία, φίλτρα διήθησης κατακρατούν τα ιόντα που εμπεριέχονται στο αλατούχο διάλυμα, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο των μορίων του νερού (AQUA-CSP, 2007). Προσεγγιστικά, για την εκτίμηση της οσμωτικής πίεσης, ως προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κανόνας ότι 1,000 ppm TDS αντιστοιχούν περίπου σε 0.76 bar οσμωτικής πίεσης. Το ακόλουθο σχήμα αναπαριστά τη διεργασία της Αντίστροφης Όσμωσης.



Σχήμα 3-4: Διαδικασία Ώσμωσης και Αντίστροφης Ώσμωσης, Πηγή: El-Dessouky & Ettouney, 2002

Την επιτυχία της η μέθοδος την οφείλει, κατά πολύ, στο χαμηλό σχετικά κόστος αλλά και στις χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Αυτό επιτεύχθηκε, με την εφαρμογή και την ανάπτυξη συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Τα συστήματα αυτά, γενικά, εκμεταλλεύονται, την απομένουσα ενέργεια του ρεύματος της άλμης, που ειδάλλως απορρίπτεται, και συμβάλει στην παροχή της απαιτούμενης πίεσης από την αντλία. Έτσι, μειώνεται η ισχύς της αντλίας ανύψωσης της πίεσης του ρεύματος τροφοδοσίας και συγχρόνως οι ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας. (Fritzmman et al. 2006)

Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED)

Η ηλεκτροδιάλυση ή ηλεκτροδιαπήδηση (Electrodialysis, ED) αποτελεί μία μέθοδο αφαλάτωσης, η λειτουργία της οποίας βασίζεται στη διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού. Αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό κυττάρων, τα οποία περιέχονται σε ανιονικές και κατιονικές μεμβράνες. Οι μεμβράνες αυτές χωροθετούνται μεταξύ μία ανόδου και μίας καθόδου. Υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου, τα ιόντα που περιέχονται στο νερό

επεξεργασίας, μετακινούνται ανάλογα με το φορτίο τους είτε προς την άνοδο (αν είναι αρνητικά φορτισμένα, ανιόντα) είτε προς την κάθοδο (αν είναι θετικά φορτισμένα, κατιόντα) (Kim, 2011). Οι μεμβράνες αυτές δεν επιτρέπουν τη διέλευση των μορίων του νερού. Έτσι, η απομάκρυνση των αλάτων πραγματοποιείται από την κίνηση των ιόντων, χωρίς την κίνηση των μορίων του νερού (σε αντίθεση με τη μέθοδο RO), διαμέσου των μεμβρανών (Subramani & Jacangelo, 2014).

Δεδομένου ότι οι μεμβράνες είναι διαπερατές μόνο από κατιόντα ή από ανιόντα, το νερό στα κύτταρα μεταξύ των μεμβρανών εμπλουτίζεται είτε με ανιόντα είτε με κατιόντα. Οι κατιονικές μεμβράνες επιτρέπουν τη διέλευση μόνο των κατιόντων, ενώ αντίστοιχα οι ανιονικές μόνο των ανιόντων (Kim, 2011). (Ξεύγενο, 2016)

Η ED χρησιμοποιείται κυρίως για την αφαλάτωση επιφανειακού και υφάλμυρου νερού. Σε αντιστοιχία με την Αντίστροφη Όσμωση, η ενέργεια που απαιτείται για το διαχωρισμό των ιόντων από το νερό τροφοδοσίας αυξάνει με την αύξησή της συγκέντρωσης σε Ολικά Διαλυμένα Στερεά. Έτσι, η ED γενικά περιορίζεται κυρίως σε εφαρμογές αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού (SOL-BRINE, 2012).

3.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις μονάδων αφαλάτωσης

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αφαλάτωσης εντοπίζονται σε όλα τα στάδια παραγωγής (Latteman, 2010) (Darwish, Hassabou, & Shomar, 2013):

- Τροφοδοσία
- Προ-επεξεργασία
- Αφαλάτωση
- Διάθεση άλμης
- Καθαρισμός μεμβρανών (για συστήματα αντίστροφης όσμωσης)

Τροφοδοσία:

Οι αντλίες αναρρόφησης διοχετεύουν μεγάλους όγκους θαλασσινού νερού. Η πρόσκρουση (impingement) ορίζεται ως η παγίδευση ψαριών στις σχάρες του συστήματος αναρρόφησης, με αποτέλεσμα τον τραυματισμό ή ακόμα και το θάνατό τους. Η συμπαράσυρση (entrainment) αφορά σε μικρότερους οργανισμούς συμπεριλαμβάνοντας το πλακτόν, τα αυγά ψαριών κ.λπ. Ο Cooley (2013) διατυπώνει προτάσεις για μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο στάδιο της τροφοδοσίας.

Προ-επεξεργασία:

Η άλμη μεταφέρει και διάφορα χημικά (αντικαθαλατωτικά, θειικό οξύ για διόρθωση του pH κ.λπ.), τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη προ-επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας (Tzen E. , 2009). Τα χημικά αυτά αν και βρίσκονται σε μικρές ποσότητες, μπορούν δυνητικά να επιδράσουν αρνητικά, ιδιαίτερα κατά την απόρριψή τους σε ευαίσθητα οικοσυστήματα.

Διάθεση της άλμης

Αν και η αφαλάτωση είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται εμπορικά εδώ και περίπου έναν αιώνα, υπάρχει έλλειψη δεδομένων, καθώς επίσης και έλλειψη μίας μεθοδολογίας EIA¹ για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Lattemann & Hörner, 2008). Σε μία πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι Roberts et al (2010) εντόπισαν 62 επιστημονικά άρθρα που αφορούν στην απόρριψη της άλμης σε θαλάσσια οικοσυστήματα και βρήκαν ότι η πλειοψηφία των άρθρων (43.5%) αποτελούν απόψεις και εκτιμήσεις των συγγραφέων με λίγα ποσοτικά στοιχεία. Οι Zhou, Chang, & Fane (2013) επισημαίνουν την ανάγκη αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με χρήση κατάλληλων εργαλείων όπως το LCA². Αν και υπάρχουν διάφορες μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που εφαρμόζουν τη μεθοδολογία αυτή, οι περισσότερες επικεντρώνονται στις επιπτώσεις που αφορούν στη χρήση ενέργειας ή στην κατασκευαστική φάση των μονάδων αφαλάτωσης (χρήση πρωτογενών υλικών, μεταφορά εξοπλισμού κ.λπ.). (Ξεύγενο, 2016)

¹ Environmental Impact Assessment

² Life Cycle Assessment

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων της άλμης, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητή η αύξηση της αλατότητας που προκύπτει από τη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης. Αν υποθέσουμε ένα τυπικό συντελεστή ανάκτησης νερού στο εύρος 30% - 50%, τότε ο λόγος συγκέντρωσης προκύπτει ίσος με 1.43 – 2. Αυτό σημαίνει ότι η αλατότητα έχει αυξηθεί κατά 43% ή ακόμα και διπλασιαστεί. Η αύξηση της αλατότητας είναι πολύ σημαντική από βιολογικής πλευράς, δεδομένου ότι επηρεάζει σημαντικά τους οργανισμούς που ζουν στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι σημαντικές επιπτώσεις παρατηρούνται στους βενθικούς οργανισμούς, ενώ ασήμαντες ως μηδαμινές είναι οι επιπτώσεις για τους πελαγικούς (πλαγκτικούς) οργανισμούς (Roberts et al., 2010).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το μέγεθος των επιπτώσεων εξαρτάται σημαντικά από διάφορες παραμέτρους όπως: (α) ο τύπος του οικοσυστήματος, στο οποίο απορρίπτεται η άλμη, (β) το γενικό υδροδυναμικό πεδίο που χαρακτηρίζει την περιοχή απόρριψης (ύπαρξη ρευμάτων), (γ) το βάθος στο οποίο γίνεται η απόρριψη και (δ) το υδραυλικό φορτίο της απόρριψης (Gacia et al., 2007). Ο Münk (2008) επισημαίνει ότι αρκετές μελέτες καταλήγουν ότι έκθεση σε ρεύμα άλμης σταθερά πάνω από 45 g/l επιδρούν αρνητικά στη βενθική κοινότητα και μειώνουν σημαντικά τη βιοποικιλότητα, ενώ οι Ahmad & Baddour (2014) καταλήγουν πως είναι απαραίτητη η ανάπτυξη ρυθμιστικού πλαισίου για την προστασία του περιβάλλοντος από τη διάθεση της άλμης σε επιφανειακά ύδατα. Ωστόσο ορισμένοι υποστηρίζουν ότι με σωστό σχεδιασμό, η διάθεση της άλμης σε επιφανειακά ύδατα αποτελεί μία περιβαλλοντικά ασφαλή πρακτική (Water Reuse Association, 2010).

Σύμφωνα με την διευθύντρια του Μεσογειακού Προγράμματος Δράσης των Ηνωμένων Εθνών (UNEP-MAP), κα Mejias, η απόρριψη της άλμης που παράγεται από μονάδες αφαλάτωσης, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες απειλές για τη Μεσόγειο Θάλασσα (Xevgenos, Moustakas, Malamis, & Loizidou, 2016).



Σχήμα 3-5: Λιβάδι Ποσειδωνίας

Η **Μεσόγειος Θάλασσα**, και γενικά αποδέκτες που έχουν χαρακτηριστικά κλειστού κόλπου (όπως επίσης και ο Αραβικός κόλπος) εγείρουν μεγαλύτερη ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα λόγω του κινδύνου καταστροφής σημαντικών οικοτόπων. Χαρακτηριστικό

παράδειγμα για τη Μεσόγειο Θάλασσα είναι ο **Οικότοπος 1120 «Λιβάδια Ποσειδωνίας»**. Τα λιβάδια αυτά αποτελούν ίσως το σημαντικότερο παράγοντα ζωής για τη θάλασσα της Μεσογείου και ήδη έχει παρατηρηθεί σημαντική απώλεια του οικοτόπου λόγω της απορριπτόμενης άλμης από αφαλατώσεις (π.χ. στη Λεμεσό της Κύπρου) (UNEP-MAP/MEDPOL, 2003). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι, γενικά, πρέπει να αποφεύγεται η απόρριψη της άλμης σε περιοχές με Ποσειδωνία. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό, πρέπει να γίνονται συχνές μετρήσεις της αλατότητας και να εξασφαλίζεται ότι η τιμή της αλατότητας δεν θα υπερβαίνει τα 38.5 psu για περισσότερο από το 25% του χρόνου (Latorre, 2005).

Κατανάλωση ενέργειας

Σε διεθνές επίπεδο υπάρχει πληθώρα μελετών Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) έχουν δείξει ότι η αφαλάτωση των φυσικών τοπικών διαθέσιμων πηγών συνήθως απαιτεί περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με τη μεταφορά νερού από άλλες πηγές (Strokes & Horvath, 2009), και απαιτεί συνήθως έξι φορές περισσότερη ενέργεια συγκριτικά με μεθόδους επαναχρησιμοποίησης νερού (World Economic Forum, 2011). Σύμφωνα με τους Strokes & Horvath (2009) οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια των μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού σε διεθνές επίπεδο τόσο για τις συμβατικές τεχνικές αφαλάτωσης όσο και για τις τεχνικές μεμβρανών απαιτούνται 0,38 kWh/έτος ανά m³ παραγόμενου νερού. Αντίθετα για την αφαλάτωση υφάλμυρων και υπόγειων υδάτων απαιτούνται 0,26 kWh/έτος ανά m³ παραγόμενου νερού. Η τιμή του παραγόμενου νερού είναι στενά συνδεδεμένη για το λόγο αυτό με την τιμή της ενέργειας η οποία παρά τις διακυμάνσεις, έχει αυξηθεί σταθερά την τελευταία δεκαετία. (EIA, 2010)

Πίνακας 3-1: Σύνοψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων μονάδων αφαλάτωσης, Πηγή: Ξέυγενος, 2016

| Παράμετρος | Επίπτωση στο περιβάλλον | Αναγνωρισμένοι κίνδυνοι |
|--------------------------|---|--|
| Υψηλή αλατότητα | Μείωση βιοποικιλότητας της θάλασσας | Υψηλό ρίσκο για τον οικοτόπο 1120: αγγειόσπερμο «Posidonia Oceanica» και για τα κοράλλια. Και οι δύο οργανισμοί παρουσιάζουν ελάχιστη ανοχή σε μεταβολές της φυσικής αλατότητας. |
| Θόρυβος | Υψηλά επίπεδα θορύβου | |
| Χλώριο | - Θανατώνει ψάρια και φυτά - Δυσκολεύει τη φωτοσύνθεση - Επίδραση σε ψάρια | Αντίδραση με οργανικές ενώσεις παράγει προϊόντα τοξικά για τα ψάρια ακόμη και από συγκεντρώσεις 20μg/l. THM: Καρκινογόνος ουσία για τα ζώα |
| Αντικαθαλατωτικά | Συσσώρευση, χρόνιες παθήσεις, άγνωστες συνέπειες | |
| Κροκιδωτικά (Coagulants) | Υψηλή τύρβη κατά τη διαδικασία της αντίστροφης πλύσης των φίλτρων Δυσκολεύουν τη φωτοσύνθεση | |
| Μέταλλα (Fe, Cr, Ni, Mb) | Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Αφορούν κυρίως θερμικές τεχνικές αφαλάτωσης | |

3.3 Χωροθέτηση μονάδων

Οι μονάδες αφαλάτωσης εντάσσονται στην κατηγορία των «Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων». Η ίδρυση και η λειτουργία τους βασίζεται στο Νόμο 3325/11-3-2005 «Περί Ίδρυσης και Λειτουργίας των Βιομηχανικών-Βιοτεχνικών εγκαταστάσεων στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης και άλλες διατάξεις». (Τζεν, 2010)

Τα κριτήρια χωροθέτησης μιας μονάδας αφαλάτωσης προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής της μονάδας αλλά και την μικρότερη δυνατή επίπτωση στην κοινωνική και οικονομική ζωή του τόπου. Πιο συγκεκριμένα, οι μονάδες αφαλάτωσης θα πρέπει να βρίσκονται σε χώρο ο οποίος να είναι κοντά σε υδραυλικές υποδομές ώστε να είναι δυνατή η εύκολη και γρήγορη σύνδεση της μονάδας για τη μεταφορά του νερού. Επίσης, συνίσταται να προτιμάται η τοποθέτηση των μονάδων σε περιοχές οι οποίες είναι μακριά από οικισμούς με σκοπό την αποφυγή της ηχορύπανσης. Όταν οι μονάδες είναι τοποθετημένες σε παραθαλάσσιες περιοχές, συνίσταται να δίνεται σημασία στην ενδεχόμενη αισθητική υποβάθμιση του τοπίου. Τέλος, επιβάλλεται η χωροθέτηση των μονάδων μακριά από αρχαιολογικούς οικισμούς και εκτός περιοχών που εντάσσονται στο δίκτυο NATURA 2000. (I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, 2010).

Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια από τα βασικότερα κριτήρια χωροθέτησης Μονάδων Αφαλάτωσης (Mentis, 2011)

Πίνακας 3-2: Βασικά κριτήρια χωροθέτησης μονάδων αφαλάτωσης)

| Εγκύτητα | Απόσταση | Χαρακτηρισμός περιοχής | Γεωγραφικά χαρακτηριστικά |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| Δίκτυο ΔΕΗ | Κατοικημένες περιοχές/οικισμοί | Αιγιαλός ή παραλία | Υψόμετρο |
| Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού | Τουριστικές περιοχές | Προστατευμένες περιοχές NATURA 2000 | Γεωμορφολογία της ακτής |
| Κεντρικό δίκτυο τροφοδοσίας νερού | Ακτή | Αρχαιολογικοί χώροι και μνημεία | Κατεύθυνση ανέμου που δημιουργεί το χειρότερο κυματισμό σε σχέση με τον προσανατολισμό θέσης πρόσληψης και απόρριψης |
| | | | Κατάσταση- μορφολογία βυθού |
| | | | Θαλάσσια ρεύματα περιοχής |
| | | | Ποιότητα θαλασσινού νερού |

4 Εγκαταστάσεις και χρήσεις αφαλάτωσης στον Ελληνικό χώρο

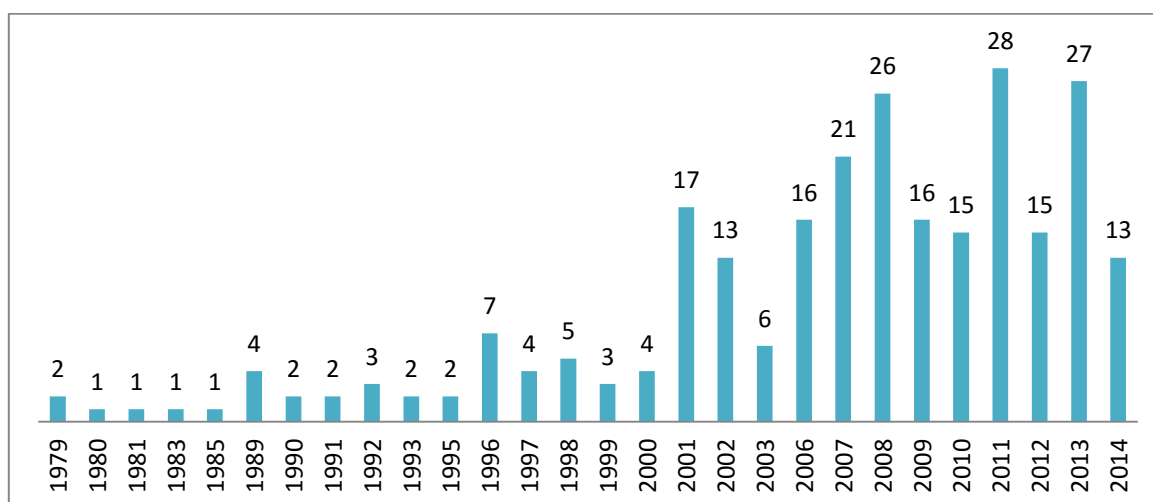
4.1 Ελληνική αγορά αφαλάτωσης

Στην Ελλάδα, υπάρχουν καταγεγραμμένες 268 μονάδες αφαλάτωσης εκ των οποίων οι 256 θεωρούνται λειτουργικές με βάση τον τελευταίο έλεγχο που έγινε το 2015. Η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα των μονάδων που είναι σε λειτουργία ανέρχεται στα 162,909 m³/ημέρα.

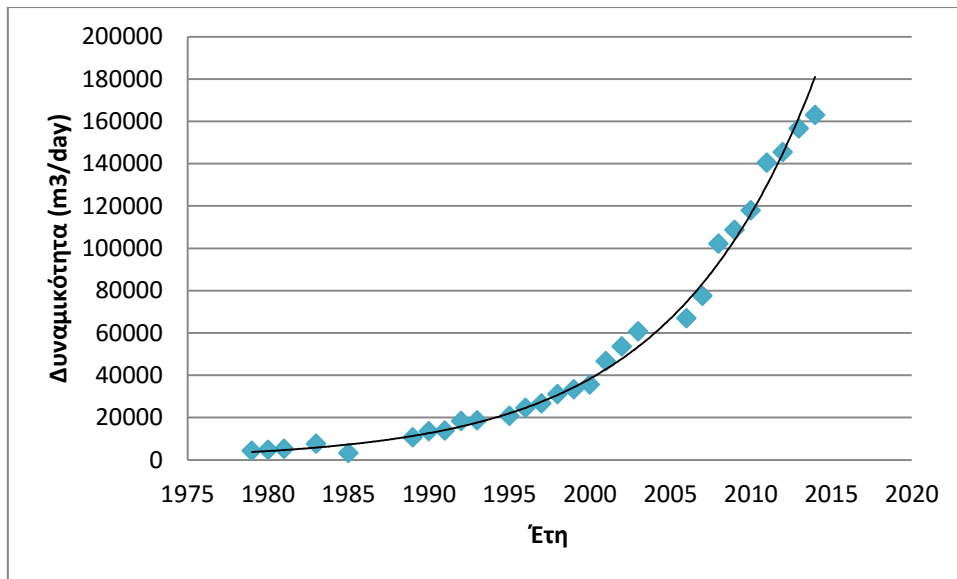
Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται λεπτομερής ανάλυση των μονάδων αυτών ως προς:

- Τη χρονολογία κατασκευής τους
- Την τεχνική αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται
- Το μέγεθος των μονάδων
- Την τελική χρήση του παραγόμενου νερού
- Το νερό τροφοδοσίας των μονάδων
- Τη θέση τους

Αναφορικά με τη χρονολογία λειτουργίας των μονάδων, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4-1, οι πρώτες μονάδες αφαλάτωσης κατασκευάστηκαν το 1979 και το παραγόμενο νερό προοριζόταν για βιομηχανική χρήση. Η πρώτη δημοτική μονάδα αφαλάτωσης λειτούργησε για πρώτη φορά το 1980 στη Μύκονο. Όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα, υπάρχει πολύ μεγάλη εξέλιξη στην λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης με το πέρασμα των χρόνων, ιδιαίτερα από το 2001 και μετά. Η παραγόμενη ποσότητα νερού επίσης, σημειώνει μεγάλη αύξηση από το 2000 και μετά, ενώ η συνάρτησης της αύξησης της δυναμικότητας ανά έτος έχει εκθετική μορφή. (Διάγραμμα 4-2). Στην παράγραφο 4.3 αναλύονται οι χρονολογίες κατασκευής των μονάδων σε σχέση με τη θέση τους.



Διάγραμμα 4-1 Αριθμός μονάδων αφαλάτωσης που κατασκευάστηκαν ανά έτος



Διάγραμμα 4-2: Αύξηση παραγόμενης ποσότητας νερού από μονάδες αφαλάτωσης ανά έτος

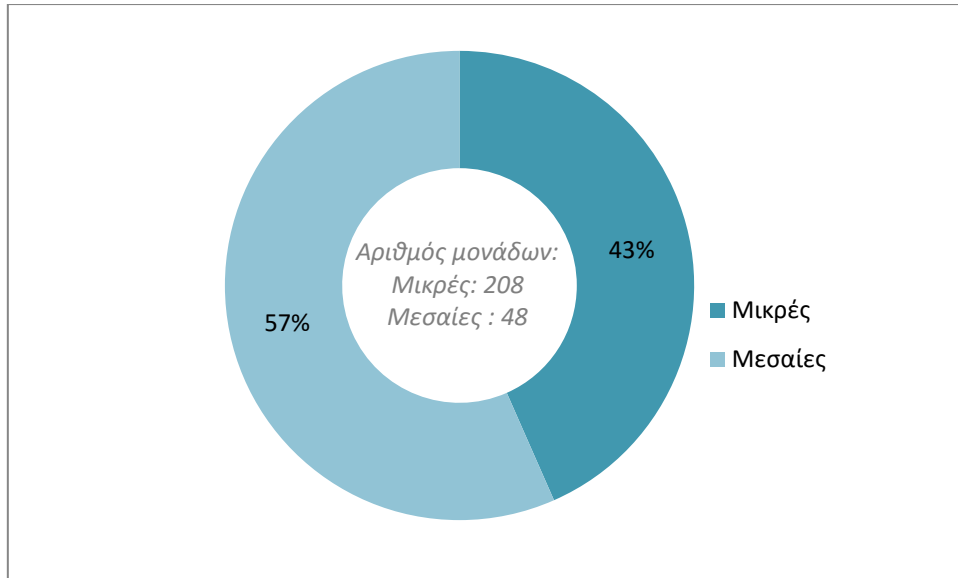
Στην ακόλουθη ανάλυση συμπεριλαμβάνονται μόνο οι μονάδες που είναι σε λειτουργία.

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που προτείνει το Global Water Intelligence, οι μονάδες αφαλάτωσης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το μέγεθός τους (δυναμικότητα) ως εξής (Alvarado-Revilla, et al., 2015) (Latteman, 2010):

- Μικρού μεγέθους (S) : Δυναμικότητα < 1,000m³/ημέρα
- Μεσαίου μεγέθους (M) : Δυναμικότητα 1,000 – 10,000 m³/ημέρα
- Μεγάλου μεγέθους (L): Δυναμικότητα 10,000 – 50,000 m³/ημέρα, και
- Πολύ μεγάλου μεγέθους (XL): Δυναμικότητα > 50,000 m³/ημέρα,

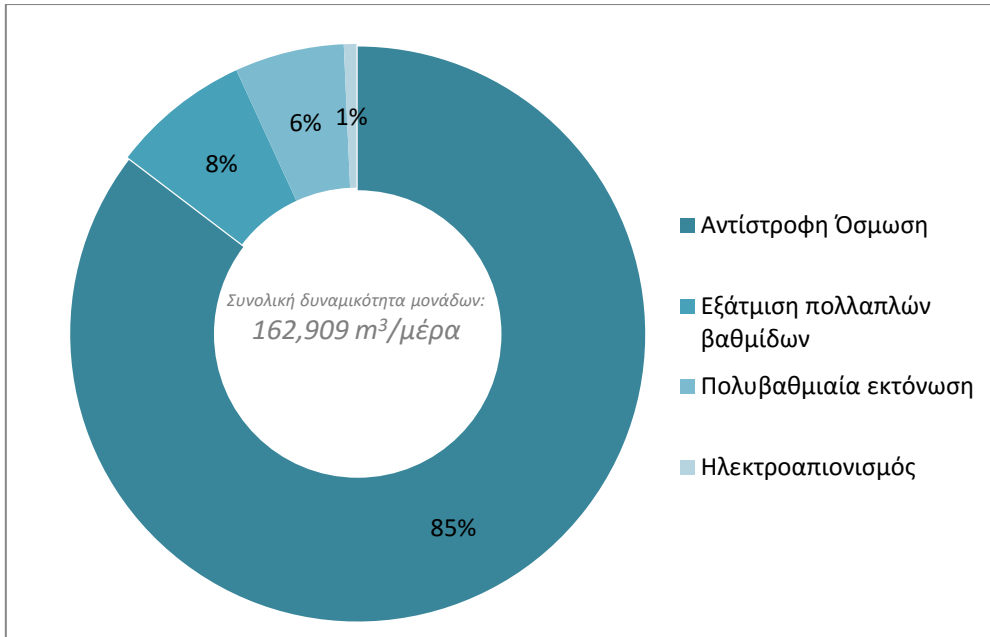
Παρατηρείται λοιπόν, πως η κατάταξη ανάλογα με το μέγεθος των μονάδων αφορά τη δυναμικότητά τους και όχι το πραγματικό μέγεθος της μονάδας.

Στην Ελλάδα είναι σε λειτουργία κυρίως μικρές μονάδες το ποσοστό των οποίων ανέρχεται σε αριθμό, στο 81%. Ωστόσο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4-3, όσον αφορά τη συνολική δυναμικότητα, αυτή που προκύπτει από τις μεσαίες μονάδες είναι μεγαλύτερη συνολικά σε σχέση με αυτή που προκύπτει από τις μικρές μονάδες. Συνολικά λοιπόν, ημερησίως η ποσότητα νερού που εξέρχεται από μικρές και μεσαίες μονάδες είναι περίπου η ίδια. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα είναι εγκατεστημένη και μια μεγάλη μονάδα στην Κέρκυρα δυναμικότητας 145.000 m³/ημέρα η οποία είναι ανενεργή.

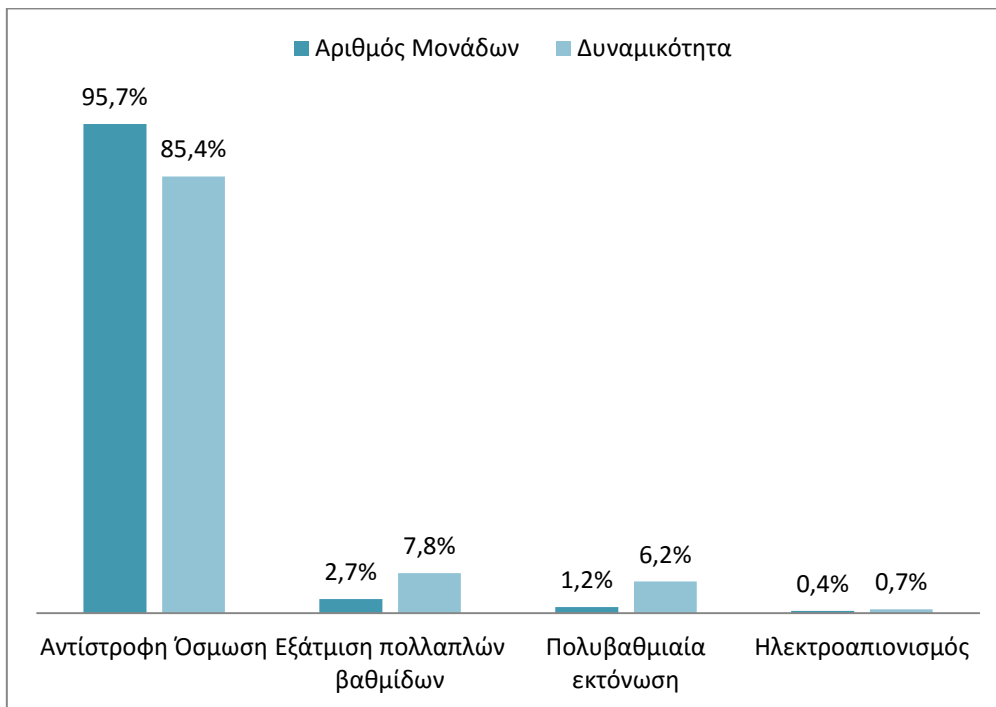


Διάγραμμα 4-3: Μονάδες αφαλάτωσης, κατάταξη σύμφωνα με το μέγεθος. (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015, ίδια επεξεργασία)

Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3.1, διεθνώς, οι τεχνολογίες της Απόσταξης με Εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation, *MSF*) και της Αντίστροφης Όσμωσης (Reverse Osmosis, *RO*) αποτελούν τις πιο εμπορικές μεθόδους αφαλάτωσης, με την τελευταία, να κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς. (Ξεύγενο, 2016). Αναφορικά με την τεχνολογία λειτουργίας των Ελληνικών μονάδων αφαλάτωσης διαφαίνεται ότι, σχεδόν το σύνολο των μονάδων λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης, *RO*, ενώ ακολουθούν η εξάτμιση πολλαπλών βαθμίδων, *MSF*, η πολυβαθμιαία εκτόνωση, *MED*, και ο ηλεκτροαπιονισμός, *EDI* (Διάγραμμα 4-4). Παρατηρώντας το Διάγραμμα 4-5 εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι μονάδες που λειτουργούν με αντίστροφη όσμωση συνεισφέρουν σε μικρότερο ποσοστό καθημερινά στην ποσότητα παραγόμενου νερού συγκριτικά με τον αριθμό τους, ενώ το αντίστροφο ισχύει για τις μονάδες που λειτουργούν με τις υπόλοιπες τεχνολογίες.



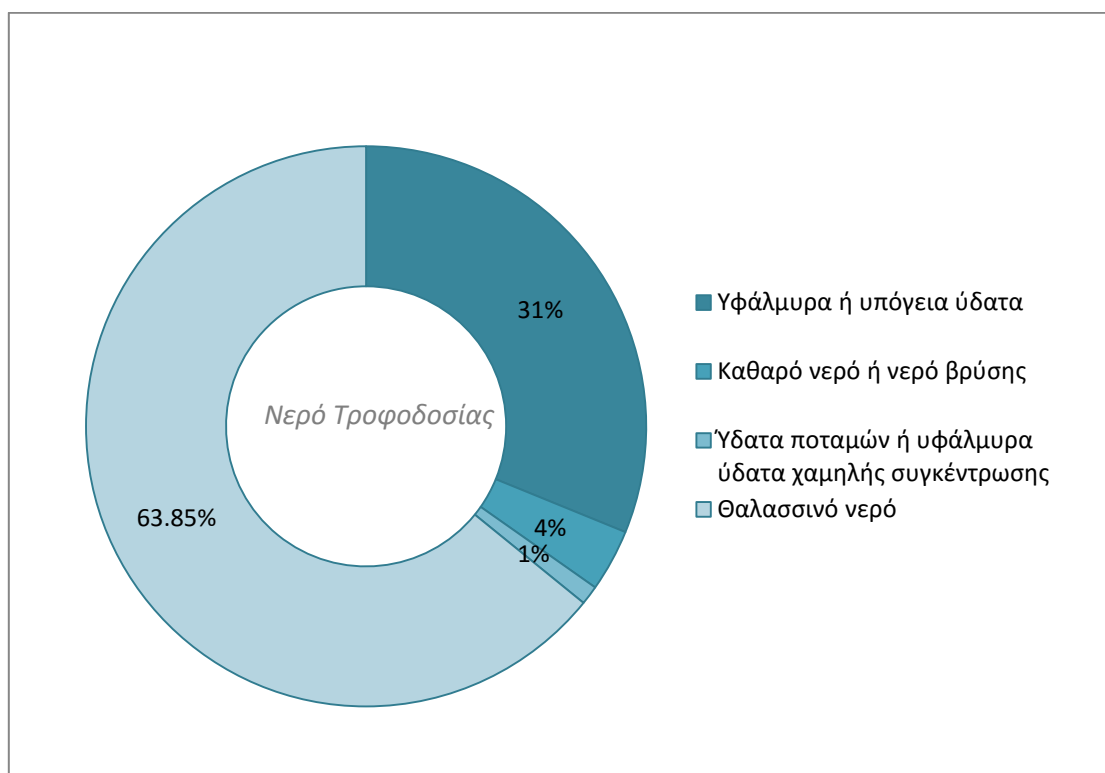
Διάγραμμα 4-4: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά τεχνολογία, (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)



Διάγραμμα 4-5: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά τεχνολογία, ανά δυναμικότητα και αριθμό μονάδων (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)

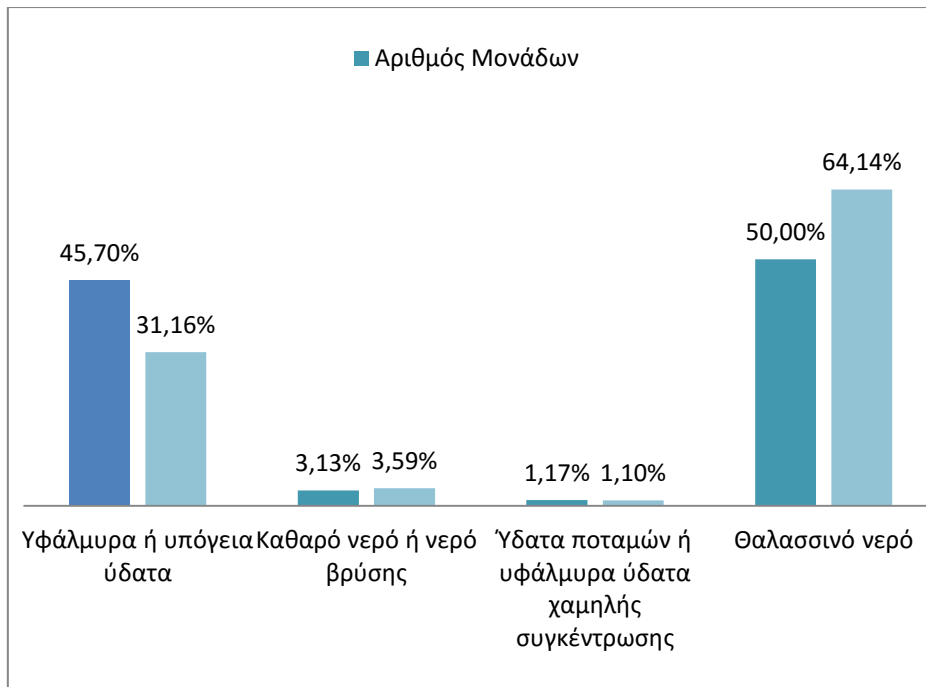
Ακολουθώς γίνεται ανάλυση των μονάδων αφαλάτωσης ανάλογα με την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας. Τα φυσικά νερά, ανάλογα με την προέλευση τους, περιέχουν διαφορετικές ποσότητες και είδη διαλυμένων αλάτων. Ένας τρόπος ταξινόμησης των φυσικών νερών είναι ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids, TDS^3). Για την ανάλυση των μονάδων αφαλάτωσης με βάση το νερό χρήσης χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες κατηγορίες: (Alvarado-Revilla, et al., 2015)

- Καθαρό νερό ή νερό βρύσης, $TDS < 500\text{ppm}$
- Ύδατα ποταμών ή υφάλμυρα ύδατα χαμηλής συγκέντρωσης, $TDS 500\text{ppm}-3.000\text{ppm}$
- Υφάλμυρα ή υπόγεια ύδατα, $TDS 3.000\text{ppm}-20.000\text{ppm}$
- Θαλασσινό νερό, $TDS 20.000\text{ppm}-50.000\text{ppm}$



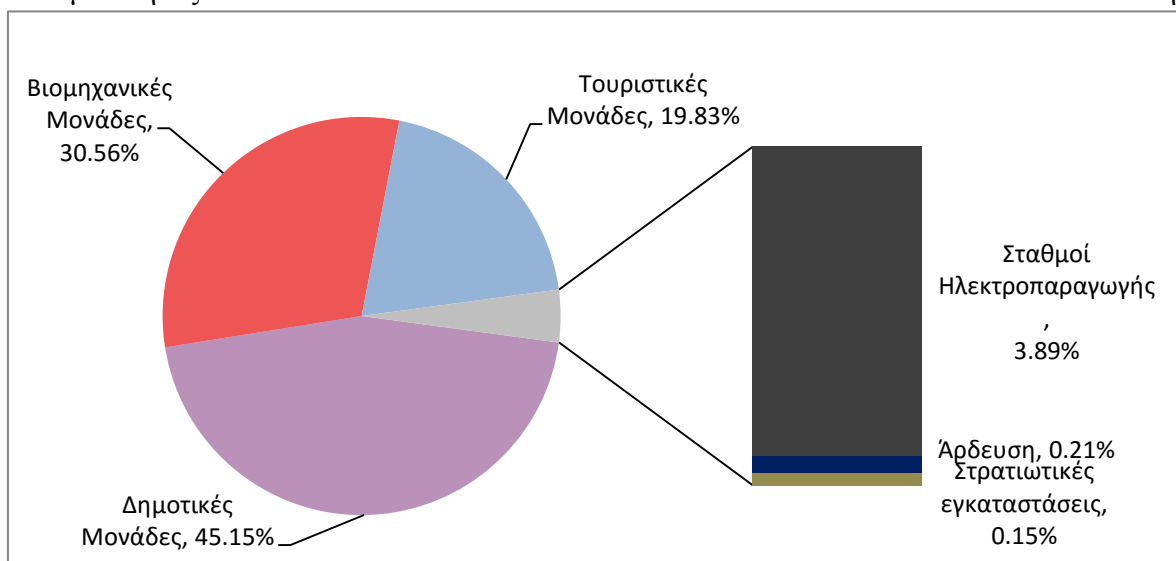
Διάγραμμα 4-6: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ποιότητα νερού τροφοδοσίας (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015, ίδια επεξεργασία)

³ Τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι ευδιάλυτα ανόργανα άλατα (άλατα αλκαλίων, χλωριούχα, θειικά, νιτρικά νιτρώδη κ.α.) που είναι διαλυμένα σε συγκεκριμένη ποσότητα νερού και έχουν είτε φυσική είτε ανθρωπογενή προέλευση



Διάγραμμα 4-7: Μονάδες αφαλάτωσης, ανάλυση ανά ποιότητα νερού τροφοδοσίας, ανά δυναμικότητα και αριθμό μονάδων (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)

Στο Διάγραμμα 4-8, η εγκατεστημένη δυναμικότητα των μονάδων αφαλάτωσης αναλύεται ανά τελικό χρήστη. Το μεγαλύτερο ποσοστό του παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης προέρχεται από μονάδες οι οποίες είναι εγκατεστημένο στους Δήμους (45.15%), έπειτα στη βιομηχανία (30.56%) και τέλος τον τουριστικό τομέα (19.83%). Ένα μικρό ποσοστό είναι εγκατεστημένο στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής για παραγωγή νερού υψηλής ποιότητας για την τροφοδοσία του λέβητα. Τέλος, λειτουργούν και άλλες δύο μονάδες οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονται στις παραπάνω κατηγορίες: μια μονάδα δυναμικότητας 350 m^3 /ημέρα που λειτουργεί για αρδευτικούς σκοπούς και μια που λειτουργεί για στρατιωτικούς σκοπούς δυναμικότητας 250 m^3 /ημέρα.



Διάγραμμα 4-8: Μονάδες αφαλάτωσης, εγκατεστημένη δυναμικότητα ανά τελικό χρήστη. (Πηγή: Alvarado-Revilla, et al., 2015 , ίδια επεξεργασία)

4.2 Χωρική ανάλυση ελληνικής αγοράς αφαλάτωσης

Μεθοδολογία εντοπισμού θέσης μονάδων αφαλάτωσης

Στις ακόλουθες ενότητες γίνεται χωρική ανάλυση της ελληνικής αγοράς αφαλάτωσης. Η συλλογή των στοιχείων για την ακριβή θέση των μονάδων έγινε με τους εξής τρόπους:

- Μονάδες εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις: εντοπισμός της θέσης των τουριστικών καταλυμάτων από την εφαρμογή: «Google Earth» και καταγραφή των γεωγραφικών συντεταγμένων.
- Δημοτικές μονάδες: αναζήτηση από τη Διαύγεια (<https://diavgeia.gov.gr/>) της άδειας εγκατάστασης της κάθε μονάδας, για όσες μονάδες ήταν δυνατό. Στην άδεια εγκατάστασης καταγράφονται οι καρτεσιανές συντεταγμένες οι οποίες μετατράπηκαν σε γεωγραφικές. Για τις υπόλοιπες μονάδες, έγινε αναζήτηση στο διαδίκτυο και στις ιστοσελίδες του κάθε δήμου και βρέθηκε ο οικισμός στον οποίο βρίσκονται οι μονάδες και έπειτα εντοπισμός της θέσης των μονάδων αυτών και στη συνέχεια καταγραφή των γεωγραφικών συντεταγμένων με τη βοήθεια της εφαρμογής «Google Earth».
- Βιομηχανικές μονάδες: αναζήτηση στο διαδίκτυο της θέσης των βιομηχανιών στις οποίες υπάρχουν οι μονάδες αφαλάτωσης και στη συνέχεια καταγραφή των γεωγραφικών συντεταγμένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη κατηγορία, δεν έχει καταχωρηθεί η ακριβής θέση της μονάδας αφαλάτωσης αλλά έχει γίνει η παραδοχή ότι η θέση της μονάδας ταυτίζεται με τη θέση της βιομηχανίας.
- Μονάδες σε εγκατεστημένες σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής: αναζήτηση στο διαδίκτυο της θέσης των βιομηχανιών στις οποίες υπάρχουν οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και καταγραφή των γεωγραφικών συντεταγμένων μέσω της εφαρμογής «Google Earth».

Παραδοχές χαρτογράφησης

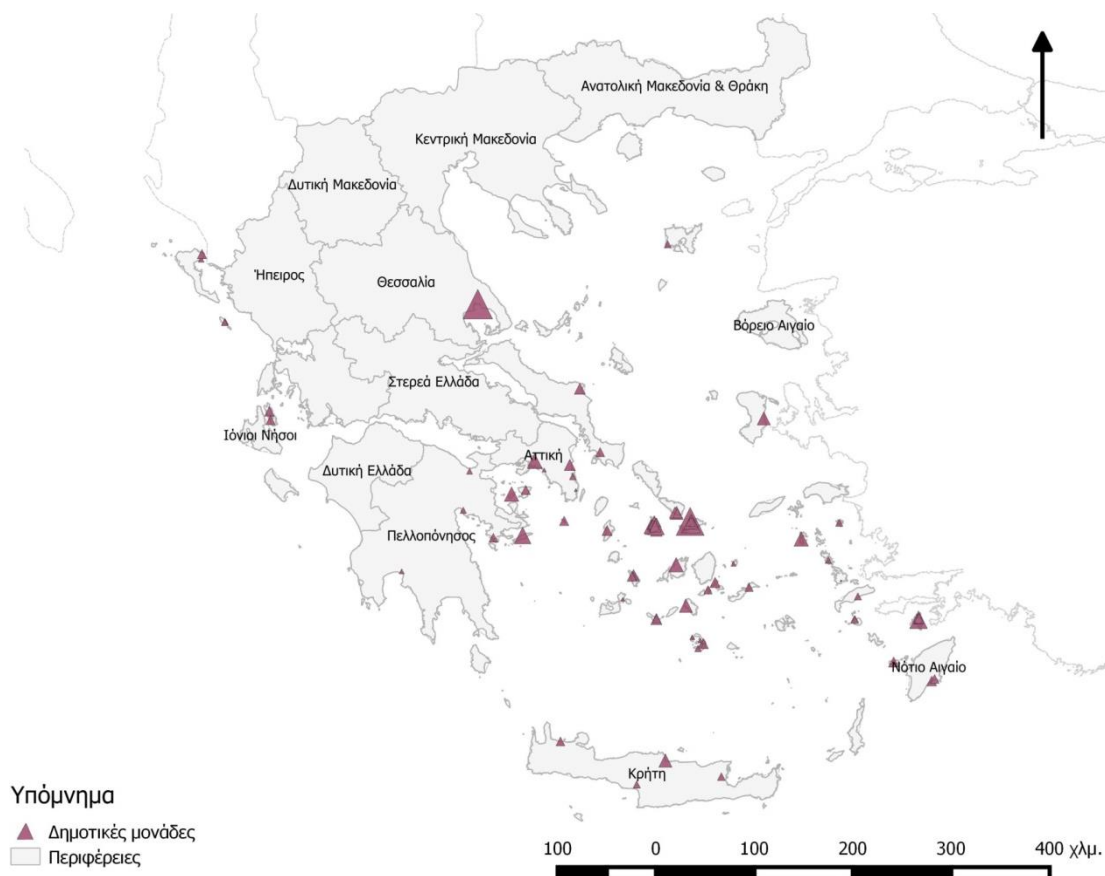
- Η χαρτογράφηση έγινε στο λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΠΣ): QGisDesktop 2.8.1.
- Οι μονάδες αφαλάτωσης αποτελούν σημειακά διανυσματικά επίπεδα.
- Σε όσες δημοτικές μονάδες δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός της ακριβούς θέσης έγινε η παραδοχή ότι οι μονάδες βρίσκονται στο κέντρο του οικισμού.
- Σε όσες βιομηχανικές μονάδες δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός της ακριβούς θέσης της μονάδας θεωρήθηκε ότι ανήκουν στο βιομηχανικό πάρκο της κοντινότερης περιοχής.
- Το κύριο χωρικό επίπεδο μελέτης είναι οι Καποδιστριακοί νομοί της Ελλάδας, ενώ γίνεται περαιτέρω ανάλυση σε μικρότερα χωρικά επίπεδα (πχ. Δήμοι) σε περιπτώσεις που αυτό θεωρείται απαραίτητο.

4.2.1 Δημοτικές μονάδες

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη μελέτη του Global Water Intelligence (2015), στους Δήμους της Ελλάδας είναι εγκατεστημένες και σε λειτουργία 102 μονάδες αφαλάτωσης με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα ίση με 73.885 m³/ημέρα. Η δυναμικότητα αυτή αντιστοιχεί σε ποσοστό 45.35% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας (162,909 m³/ημέρα) για όλες τις χρήσεις αφαλάτωσης στην Ελλάδα (βλ. Διάγραμμα 4-8). Τα αναλυτικά στοιχεία των μονάδων αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα Π 3 του Παραρτήματος.

Στο Χάρτη 4-1 φαίνονται οι θέσεις των δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης στο σύνολο της χώρας. Το μέγεθος του συμβόλου της θέσης της κάθε μονάδας διαφοροποιείται ανάλογα με τη δυναμικότητα της. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις 102 μονάδες αφαλάτωσης έχουν χαρτογραφηθεί οι 89 (ποσοστό 87%) καθώς για τις υπόλοιπες ήταν αδύνατον να βρεθούν πληροφορίες σχετικά με την περιοχή στην οποία βρίσκονται.

Από τις μονάδες αυτές οι περισσότερες βρίσκονται στην Νησιωτική Ελλάδα σε ποσοστό 88%, ενώ η δυναμικότητα τους αγγίζει το 85% της συνολικής δυναμικότητας που προέρχεται από τις δημοτικές μονάδες.



Χάρτης 4-1: Θέσεις Δημοτικών Μονάδων Αφαλάτωσης

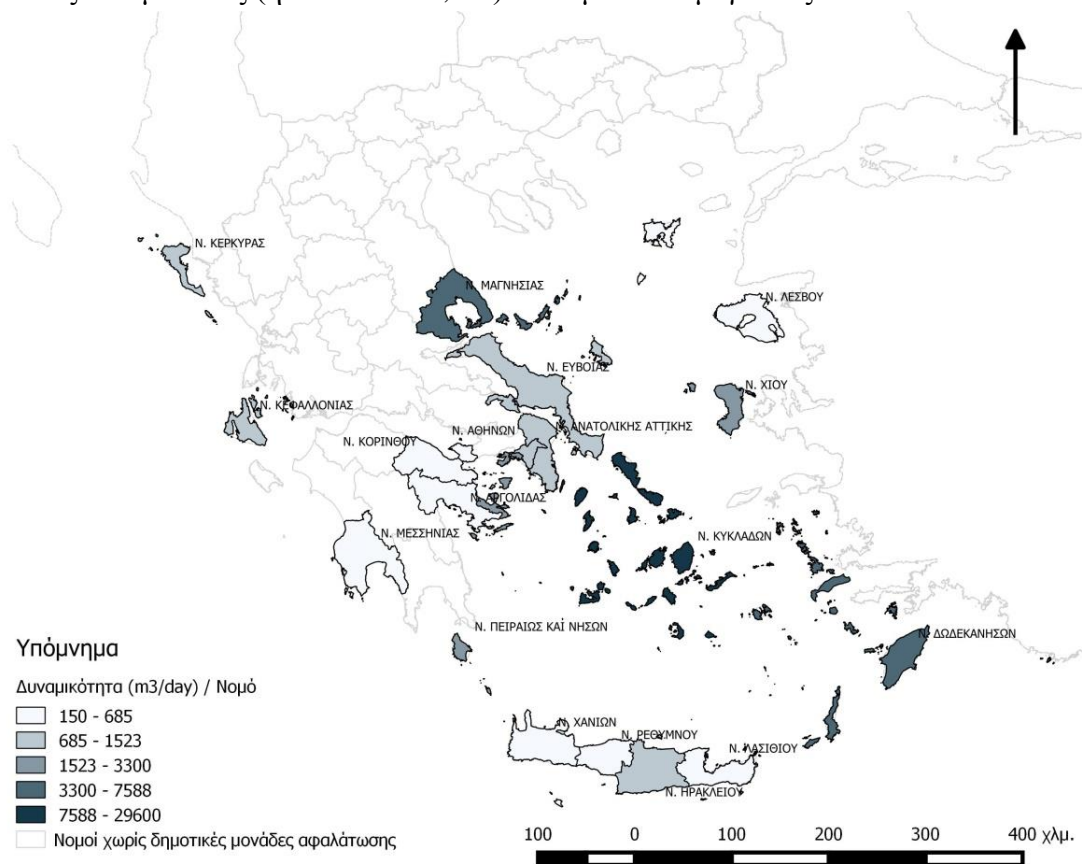
Αναφορικά με την **τεχνολογία λειτουργίας**, όλες οι μονάδες χρησιμοποιούν την τεχνική της αντίστροφης όσμωσης (RO), εκτός από μία μονάδα στην Αθήνα, η οποία χρησιμοποιεί τη μέθοδο της εξάτμισης με πολλαπλές βαθμίδες (MED).

Αναφορικά με το **νερό τροφοδοσίας**:

- 54.160 m³/ημέρα (ή ποσοστό 73,3%) παράγονται από θαλασσινό νερό
- 16.025 m³/ημέρα (ή ποσοστό 21,7%) παράγονται από υφάλμυρο νερό
- 2.200 m³/ημέρα (ή ποσοστό 3,0%) παράγονται από νερό δικτύου
- 1.500 m³/ημέρα (ή ποσοστό 2,0%) παράγονται από επιφανειακό νερό

Αναφορικά με το **μέγεθος των μονάδων**:

- 82 από τις 102 μονάδες (ή ποσοστό 80,4%) είναι μονάδες μικρού μεγέθους
- 20 από τις 102 μονάδες (ή ποσοστό 19,6%) είναι μεσαίου μεγέθους



Χάρτης 4-2: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m³/ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό.

Αναφορικά με τη **δυναμικότητα των μονάδων**, η μεγαλύτερη δημοτική μονάδα είναι εγκατεστημένη στο Βόλο, με δυναμικότητα 5000 m³/ημέρα.

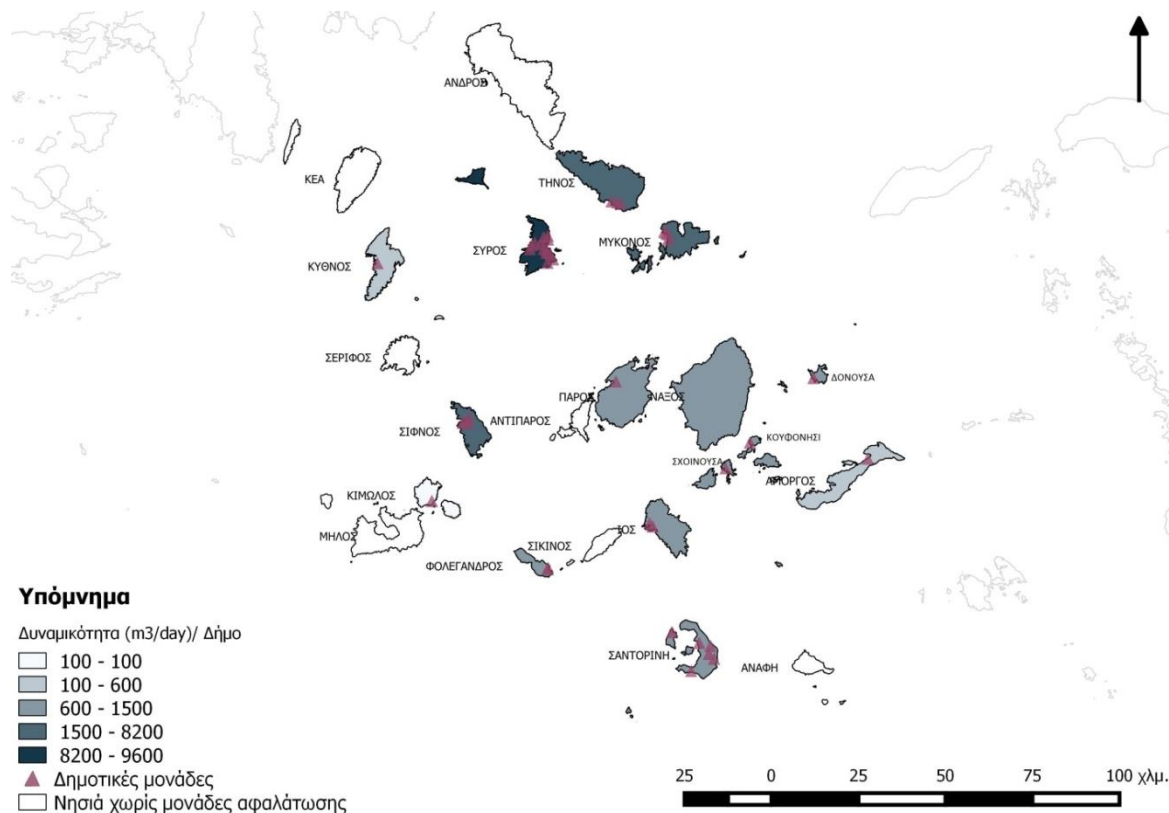
Κάνοντας μια περισσότερο λεπτομερή μελέτη στη νησιωτική Ελλάδα, στο σύμπλεγμα νησιών των Κυκλάδων είναι εγκατεστημένες οι περισσότερες μονάδες. Η παραγόμενη ποσότητα νερού από τις μονάδες που είναι εγκατεστημένες στις Κυκλάδες είναι 29.602 m³/ημέρα, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής δυναμικότητας των δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης.

Η Σύρος έχει την υψηλότερη εγκατεστημένη δυναμικότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιά των Κυκλάδων δηλαδή, 9.600 m³/ημέρα (ποσοστό 32% επί της συνολικής δυναμικότητας των Κυκλάδων).

Σχεδόν το σύνολο των μονάδων που βρίσκονται στα Δωδεκάνησα επεξεργάζονται θαλασσινό νερό, ενώ μόνο τρεις μονάδες (στην Πάρο, τη Σίφνο και τη Σαντορίνη) επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό.

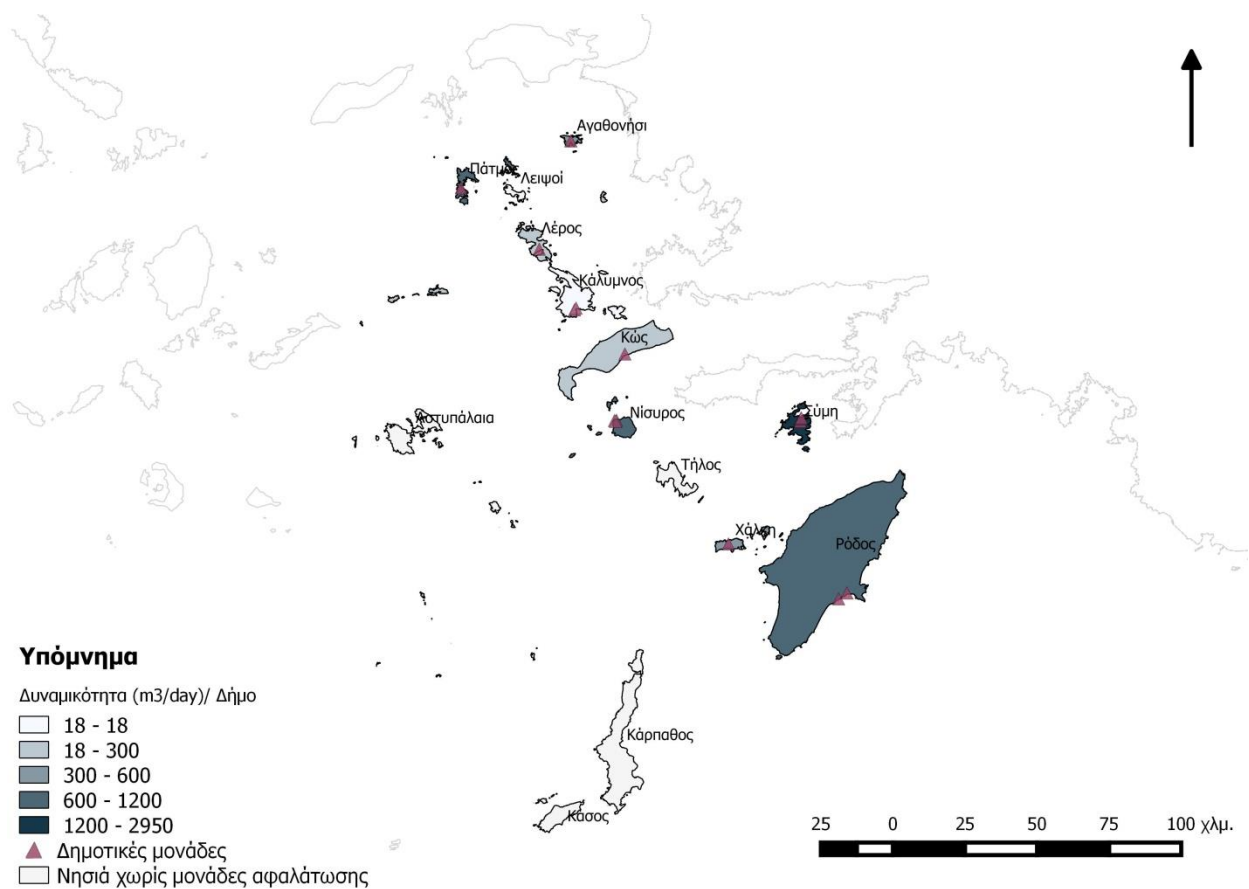
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.2.2 το υδατικό διαμέρισμα των Κυκλάδων παρουσιάζει το μεγαλύτερο ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο στο σύνολο της χώρας, γεγονός που εξηγεί την ύπαρξη των περισσότερων μονάδων αφαλάτωσης. Επίσης, παρατηρείτε ότι στους νομούς της Βόρειας Ελλάδας δεν υπάρχουν καθόλου μονάδες αφαλάτωσης, γεγονός που εξηγείται από τα πλούσια υδατικά αποθέματα των περιοχών αυτών.

Στο Χάρτη 4-3 παρουσιάζονται τα νησιά των Κυκλάδων κατηγοριοποιημένα ανάλογα με τη δυναμικότητα παραγόμενου νερού από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης. Σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2015), τα λεγόμενα «άνυδρα» νησιά των Κυκλάδων είναι: η Αμοργός, το Κουφονήσι, η Κίμωλος, η Ηρακλεία, η Σχοινούσα και η Δονούσα. Όπως φαίνεται και στο χάρτη που ακολουθεί, σε όλα τα παραπάνω νησιά υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες είναι σε λειτουργία, εκτός από την Ηρακλεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ηρακλεία είναι εγκατεστημένη μια μονάδα αφαλάτωσης η οποία δεν είναι εν ενεργεία. Η μονάδα αυτή, η οποία ονομάζεται ΥΔΡΙΑΔΑ, αποτελεί την πρώτη στον κόσμο πλωτή πλατφόρμα που διαθέτει ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά συστήματα, που παράγουν την ενέργεια που χρειάζεται για να μετατρέπει το θαλασσινό νερό σε πόσιμο.



Χάρτης 4-3: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m³/ ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης στα νησιά των Κυκλάδων

Εκτός από τα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων, σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2015) υπάρχουν άνυδρα νησιά και στα Δωδεκάνησα, τα οποία είναι τα εξής: Λειψοί, Μεγίστη, Ρω, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη. Όπως φαίνεται από το Χάρτης 4-4 στα Δωδεκάνησα τα άνυδρα νησιά που καλύπτουν μέρος των αναγκών τους με μονάδες αφαλάτωσης είναι η Πάτμος, η Σύμη και η Χάλκη. Στη Σύμη μάλιστα υπάρχει η υψηλότερη τιμή εγκατεστημένης δυναμικότητας η οποία παράγεται από τρεις μονάδες. Η παραγόμενη ποσότητα νερού από τις μονάδες που είναι εγκατεστημένες στα Δωδεκάνησα είναι 9.588 m³/ημέρα, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 10% της συνολικής δυναμικότητας των δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Κάλυμνο είναι εγκατεστημένες οι δύο μικρότερες μονάδες, στο σύνολο της χώρας αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα νερού με δυναμικότητα μόλις 18 και 6 m³/ημέρα.

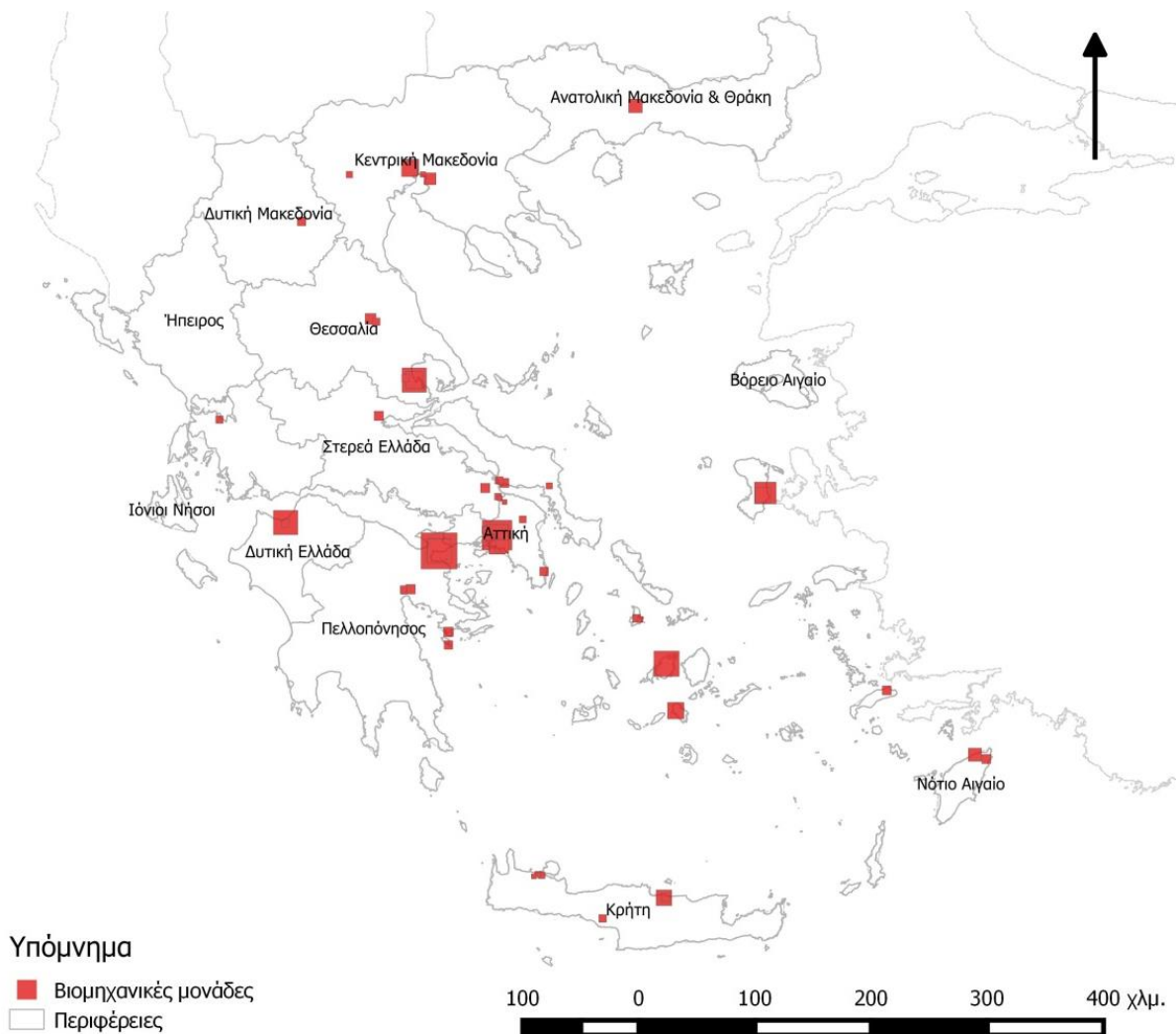


Χάρτης 4-4: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m³/ ημέρα προερχόμενη από δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης στα Δωδεκάνησα

4.2.2 Βιομηχανικές μονάδες

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη του Global Water Intelligence (2015), στην ελληνική βιομηχανία είναι εγκατεστημένες (και λειτουργικές) 61 μονάδες αφαλάτωσης με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα ίση με 49.233 m³/ημέρα. Η δυναμικότητα αυτή αντιστοιχεί σε ποσοστό 30% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας (162.909 m³/ημέρα) για όλες τις χρήσεις αφαλάτωσης στην Ελλάδα (βλ. Διάγραμμα 4-8). Τα στοιχεία των μονάδων αυτών δίνονται στον Πίνακα Π 4 του παραρτήματος.

Στο Χάρτη 4-5 φαίνονται οι θέσεις των δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης στο σύνολο της χώρας. Το μέγεθος του συμβόλου της θέσης της κάθε μονάδας διαφοροποιείται ανάλογα με τη δυναμικότητα της. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις 61 μονάδες αφαλάτωσης έχουν χαρτογραφηθεί οι 56 (ποσοστό 92%) καθώς για τις υπόλοιπες ήταν αδύνατον να βρεθούν πληροφορίες σχετικά με την περιοχή στην οποία βρίσκονται.



Χάρτης 4-5: Θέσεις βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης

Αναφορικά με τις **τεχνικές αφαλάτωσης** που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, ισχύουν τα ακόλουθα:

- 54 μονάδες με δυναμικότητα 30,681 m³/ημέρα (ή ποσοστό 62.3% επί του συνόλου των βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης) χρησιμοποιούν τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (RO)
- 3 μονάδες με δυναμικότητα 10,080 m³/ημέρα (ή ποσοστό 20.2% επί του συνόλου των βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης) χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολυβάθμιας εκρηκτικής εξάτμισης (MSF)
- 3 μονάδες με δυναμικότητα 7,320 m³/ημέρα (ή ποσοστό 2.3% επί του συνόλου των βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης) χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολυβάθμιας εξάτμισης (MED)
- 1 μονάδα με δυναμικότητα 1,152 m³/ημέρα (ή ποσοστό 14.7% επί του συνόλου των βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης) χρησιμοποιούν τη μέθοδο του ηλεκτροαπιονισμού (EDI)

Αναφορικά με το **νερό τροφοδοσίας**:

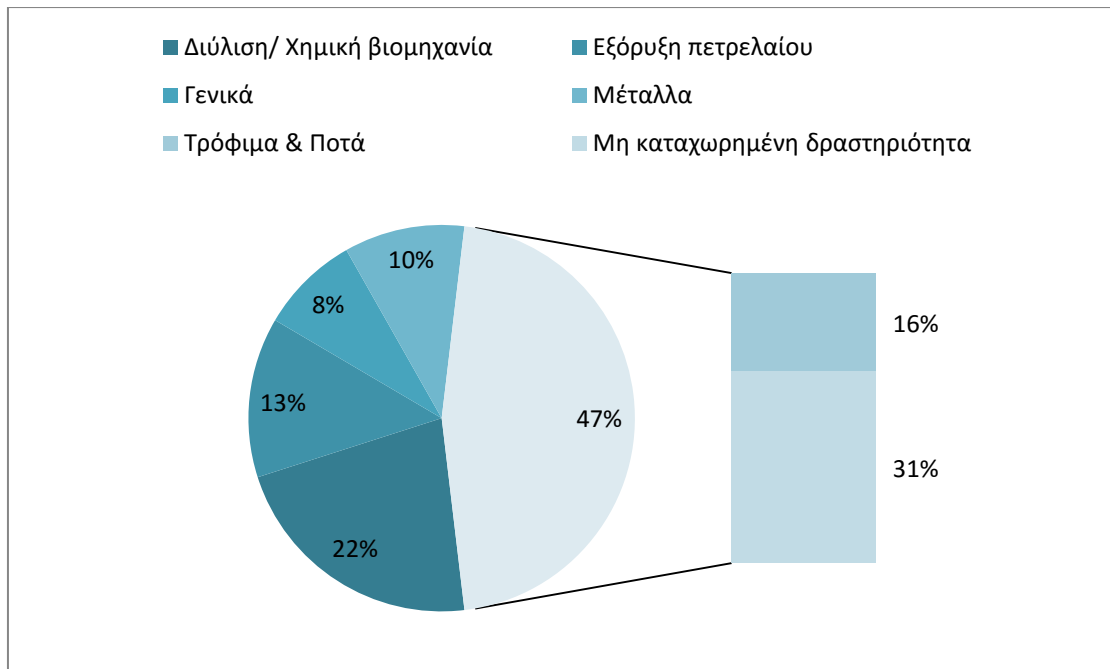
- 19 μονάδες με δυναμικότητα 28,382 m³/ημέρα (ή ποσοστό 57.6%) επεξεργάζονται θαλασσινό νερό
- 36 μονάδες με δυναμικότητα 16,451 m³/ημέρα (ή ποσοστό 33%) επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό
- 2 μονάδες με δυναμικότητα 300 m³/ημέρα (ή ποσοστό 0.6%) επεξεργάζονται επιφανειακό νερό
- 4 μονάδες με δυναμικότητα 3,650 m³/ημέρα (ή ποσοστό 7.3%) επεξεργάζονται νερό από το δίκτυο ύδρευσης

Αναφορικά με το **μέγεθος των μονάδων**:

- 42 από τις 61 μονάδες (ή ποσοστό 68.9%) είναι μονάδες μικρού μεγέθους
- 19 από τις 61 μονάδες (ή ποσοστό 31.1%) είναι μεσαίου μεγέθους

Οι μονάδες μεσαίου μεγέθους έχουν συνολική δυναμικότητα 36,544 m³/ημέρα, ή ποσοστό 74.2% της συνολικής δυναμικότητας βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης.

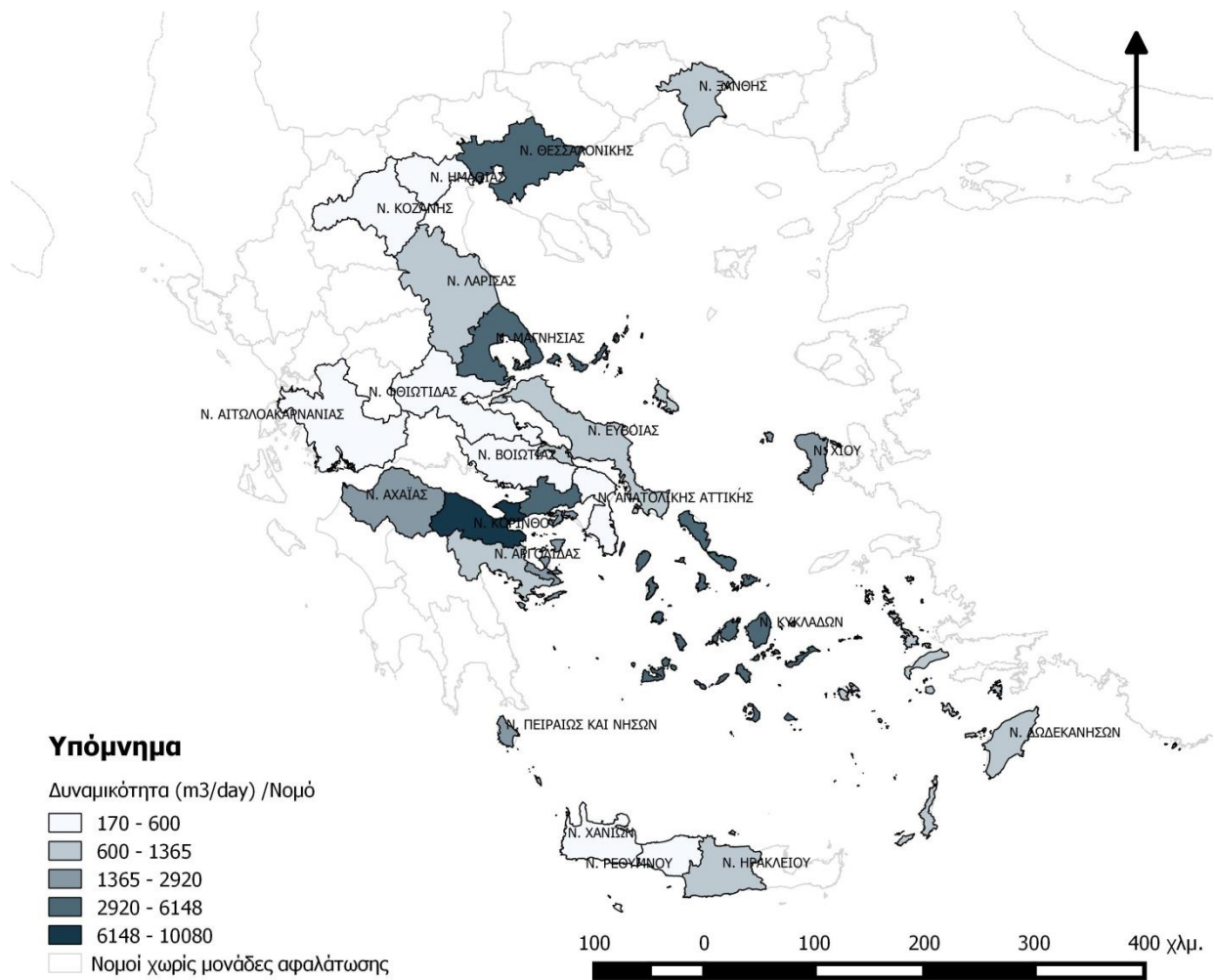
Στο Διάγραμμα 4-9, αναλύεται περαιτέρω η χρήση της αφαλάτωσης ανά βιομηχανικό κλάδο.



Διάγραμμα 4-9: Ανάλυση μονάδων αφαλάτωσης ανά βιομηχανικό χρήστη στο σύνολο της χώρας

Αναφορικά με τη **δυναμικότητα των μονάδων** η μεγαλύτερη συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα βρίσκεται στο νομό Κορίνθου και αντιστοιχεί σε $10.080 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και προέρχεται από τρεις μονάδες εκ των οποίων η μια είναι η μεγαλύτερη της χώρας και λειτουργεί στα διυλιστήρια της Κορίνθου. Ακολουθεί ο νομός Δυτικής Αττικής με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα $6.148 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ η οποία προέρχεται από πέντε μονάδες με τη μεγαλύτερη από αυτές να λειτουργεί στα διυλιστήρια του Ασπρόπυργου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι από σκοπιάς δυναμικότητας ακολουθεί ο Νομός Κυκλάδων, στον οποίο όμως δε συγκεντρώνεται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα στο νομό Θεσσαλονίκης. Το γεγονός αυτό εξηγείται, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω από το ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο που παρουσιάζουν τα νησιά των Κυκλάδων.

Αν και η συνολική ζήτηση νερού για τη βιομηχανία είναι περίπου 1.9% της συνολικής ζήτησης νερού (βλ. Κεφάλαιο 2.3), η ανάγκη για αφαλάτωση στη βιομηχανία αντιπροσωπεύει το 30.56% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας στην Ελλάδα (Διάγραμμα 4-8). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλοί βιομηχανικοί χρήστες απαιτούν νερό υψηλών προδιαγραφών (απαλλαγμένο από διαλυμένα άλατα) είτε ως πρώτη ύλη (π.χ. βιομηχανία τροφίμων) ή ως εργαζόμενο μέσο για την παραγωγική διαδικασία (π.χ. τροφοδοσία ατμολεβήτων). Ανάλογα με την απαιτούμενη ποιότητα νερού, χρησιμοποιείται και η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας, κατά κανόνα κάποια τεχνική αφαλάτωσης.



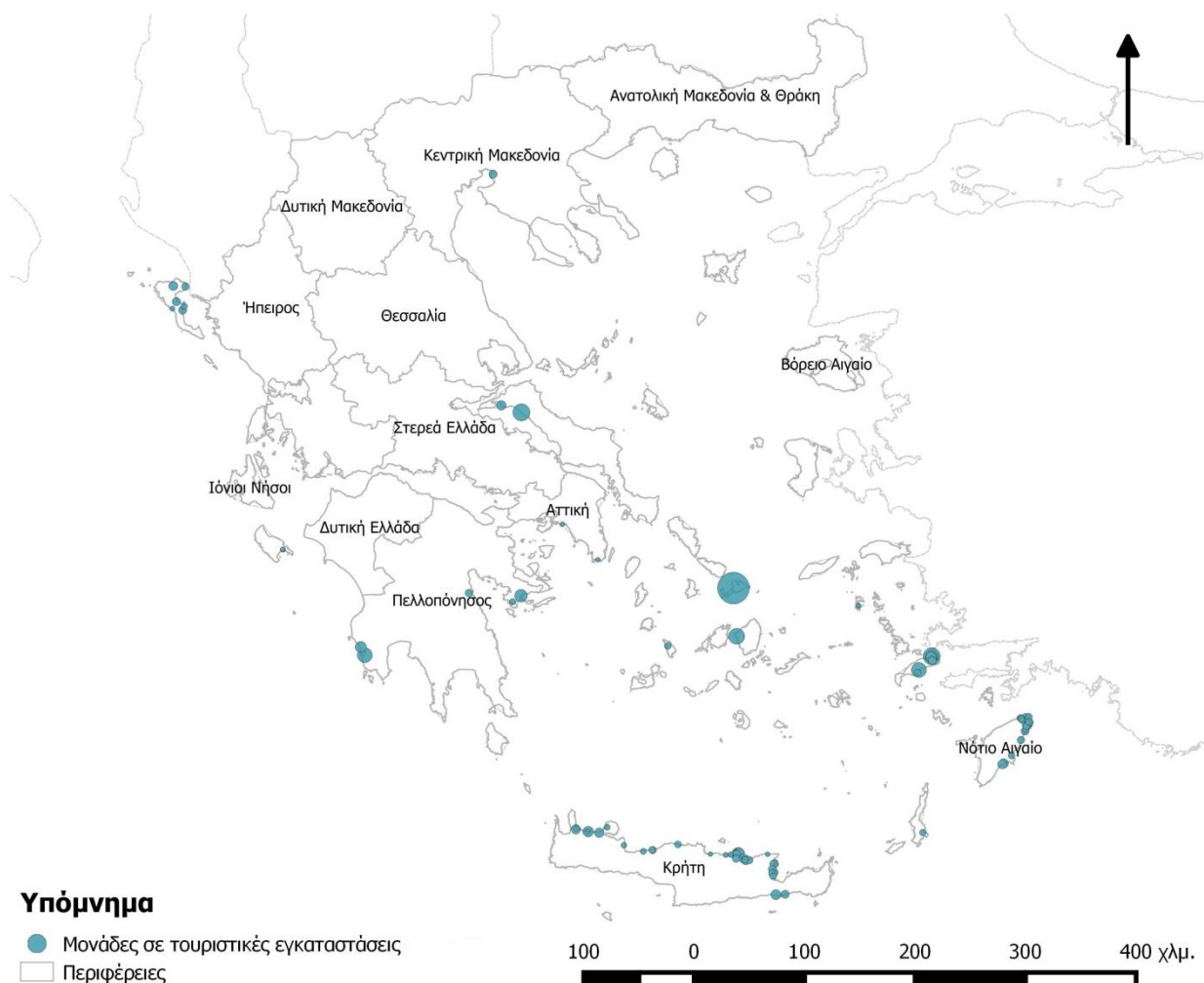
Χάρτης 4-6: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m³/ ημέρα προερχόμενη από βιομηχανικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό

4.2.3 Μονάδες εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη του Global Water Intelligence (2015), στην ελληνική βιομηχανία είναι εγκατεστημένες (και λειτουργικές) 84 μονάδες αφαλάτωσης σε τουριστικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα ίση με 32.301 m³/ημέρα. Η δυναμικότητα αυτή αντιστοιχεί σε ποσοστό 19,8% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας (162.909 m³/ημέρα) για όλες τις χρήσεις αφαλάτωσης στην Ελλάδα (βλ. Διάγραμμα 4-8).

Στο Χάρτης 4-7 φαίνονται οι θέσεις των τουριστικών μονάδων αφαλάτωσης στο σύνολο της χώρας. Το μέγεθος του συμβόλου της θέσης της κάθε μονάδας διαφοροποιείται ανάλογα με τη δυναμικότητα της. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις 84 μονάδες αφαλάτωσης έχουν χαρτογραφηθεί οι 82 (ποσοστό 98%) καθώς για τις υπόλοιπες ήταν αδύνατον να βρεθούν πληροφορίες σχετικά με την περιοχή στην οποία βρίσκονται. Τα αναλυτικά στοιχεία των μονάδων αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα Π 5 του Παραρτήματος.

Οι μονάδες αυτές είναι συγκεντρωμένες κυρίως στα Δωδεκάνησα, στις Κυκλάδες και στην Κρήτη όπου συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο μέρος των τουριστικών εγκαταστάσεων



Χάρτης 4-7: Θέσεις μονάδων αφαλάτωσης σε τουριστικές εγκαταστάσεις

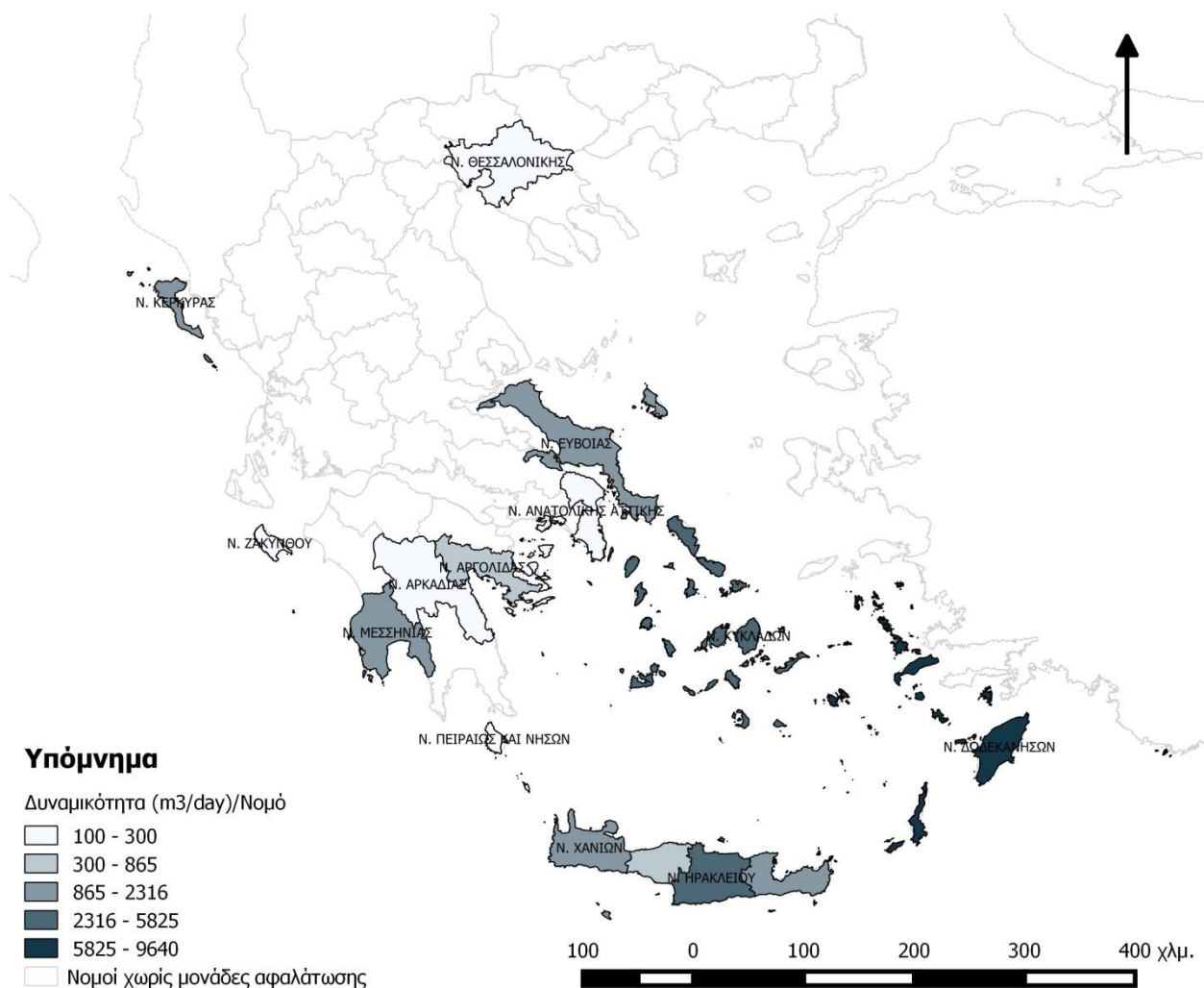
Αναφορικά με την **τεχνολογία λειτουργίας**, όλες οι τουριστικές μονάδες που έχουν μονάδες αφαλάτωσης είναι τύπου Αντίστροφης Όσμωσης.

Αναφορικά με το **νερό τροφοδοσίας**

- 31 μονάδες με δυναμικότητα 15.997 m³/ημέρα (ή ποσοστό 49,5%) επεξεργάζονται θαλασσινό νερό
- 53 μονάδες με δυναμικότητα 16.304 m³/ημέρα (ή ποσοστό 50,5%) επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό

Αναφορικά με το **μέγεθος των μονάδων**, το 69% αποτελεί μικρές μονάδες (<1,000 m³/ημέρα) ενώ οι υπόλοιπες μονάδες είναι μεσαίου μεγέθους.

Αναφορικά με τη **δυναμικότητα των μονάδων**, η υψηλότερη συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα είναι στον νομό Δωδεκανήσων και ανέρχεται στα 9.640 m³/ημέρα προερχόμενη από 28 μονάδες. Ακολουθεί ο νομός των Κυκλάδων και στη συνέχεια οι νομοί της Κρήτης (Χανίων, Ηρακλείου και Αγ. Νικολάου).

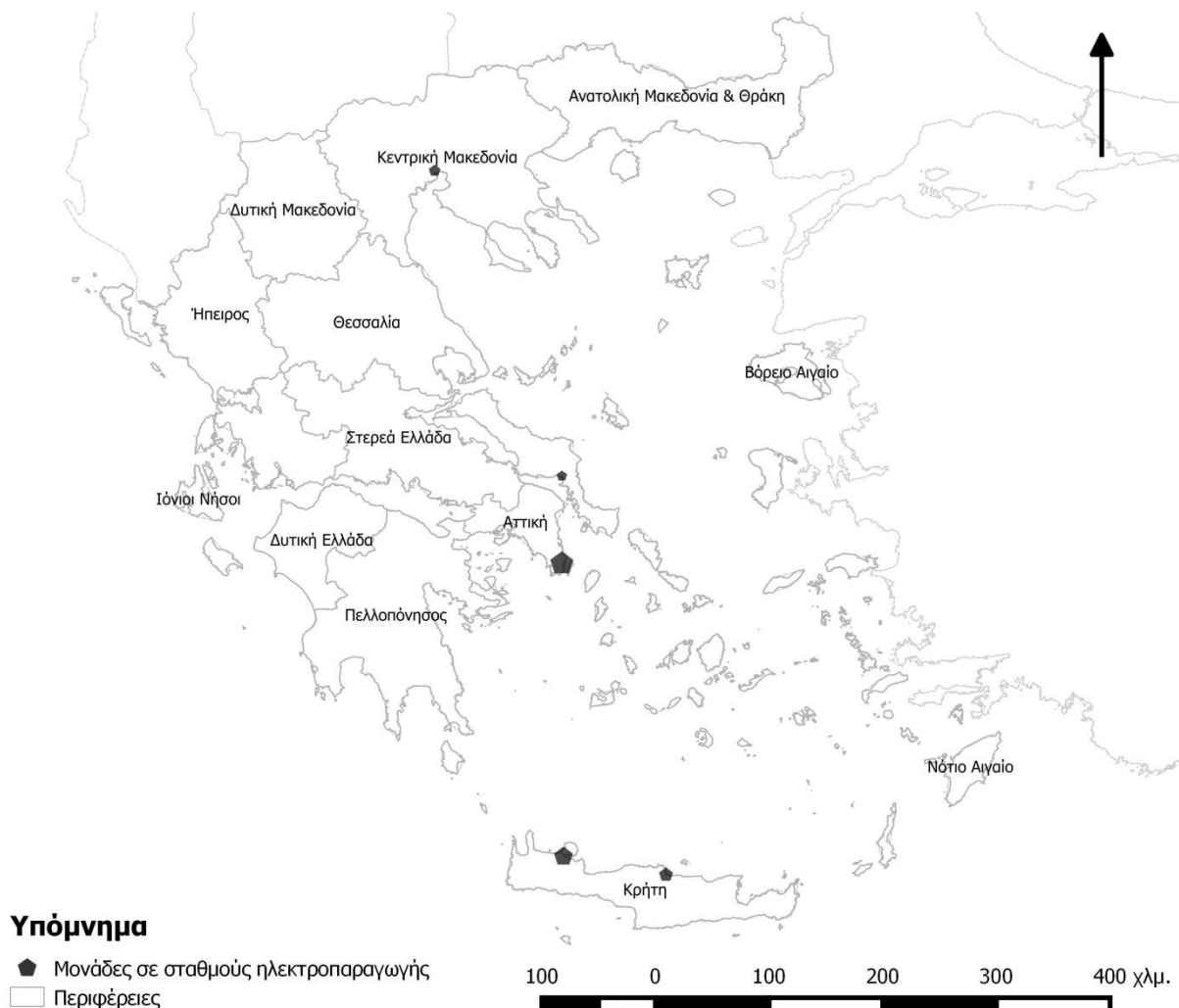


Χάρτης 4-8: Παραγόμενη ποσότητα νερού σε m³/ημέρα προερχόμενη από τουριστικές μονάδες αφαλάτωσης ανά νομό

4.2.4 Μονάδες εγκατεστημένες σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατα μελέτη του Global Water Intelligence (2015), έχουν εγκατασταθεί 6 συστήματα αφαλάτωσης σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, με συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα ίση με 6.400 m³/ημέρα. Η δυναμικότητα αυτή αντιστοιχεί σε ποσοστό 4% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας (162,909 m³/ημέρα) για όλες τις χρήσεις αφαλάτωσης στην Ελλάδα (βλ. Διάγραμμα 4-8).

Στο Χάρτης 4-9 φαίνονται οι θέσεις των μονάδων αφαλάτωσης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής στο σύνολο της χώρας. Το μέγεθος του συμβόλου της θέσης της κάθε μονάδας διαφοροποιείται ανάλογα με τη δυναμικότητα της. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν χαρτογραφηθεί όλες οι μονάδες (ποσοστό 100%). Τα αναλυτικά στοιχεία των μονάδων αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα Π 6 του Παραρτήματος.



Χάρτης 4-9: Θέσεις Μονάδων σε σταθμούς Ηλεκτροπαραγωγής

Αναφορικά με τις **μεθόδους αφαλάτωσης** που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, ισχύουν τα ακόλουθα:

- 3 μονάδες με δυναμικότητα 1.800 m³/ημέρα (ή ποσοστό 28% επί του συνόλου των μονάδων αφαλάτωσης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής) χρησιμοποιούν τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (RO)
- 3 μονάδες με δυναμικότητα 4.600 m³/ημέρα (ή ποσοστό 72% επί του συνόλου των μονάδων αφαλάτωσης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής) χρησιμοποιούν τη μέθοδο της πολυβάθμιας εξάτμισης (MED).

Αναφορικά με το **νερό τροφοδοσίας**:

- 3 μονάδες με δυναμικότητα 4.600 m³/ημέρα (ή ποσοστό 72%) επεξεργάζονται θαλασσινό νερό
- 3 μονάδες με δυναμικότητα 1.800 m³/ημέρα (ή ποσοστό 28%) επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό

Αναφορικά με το **μέγεθος των μονάδων**:

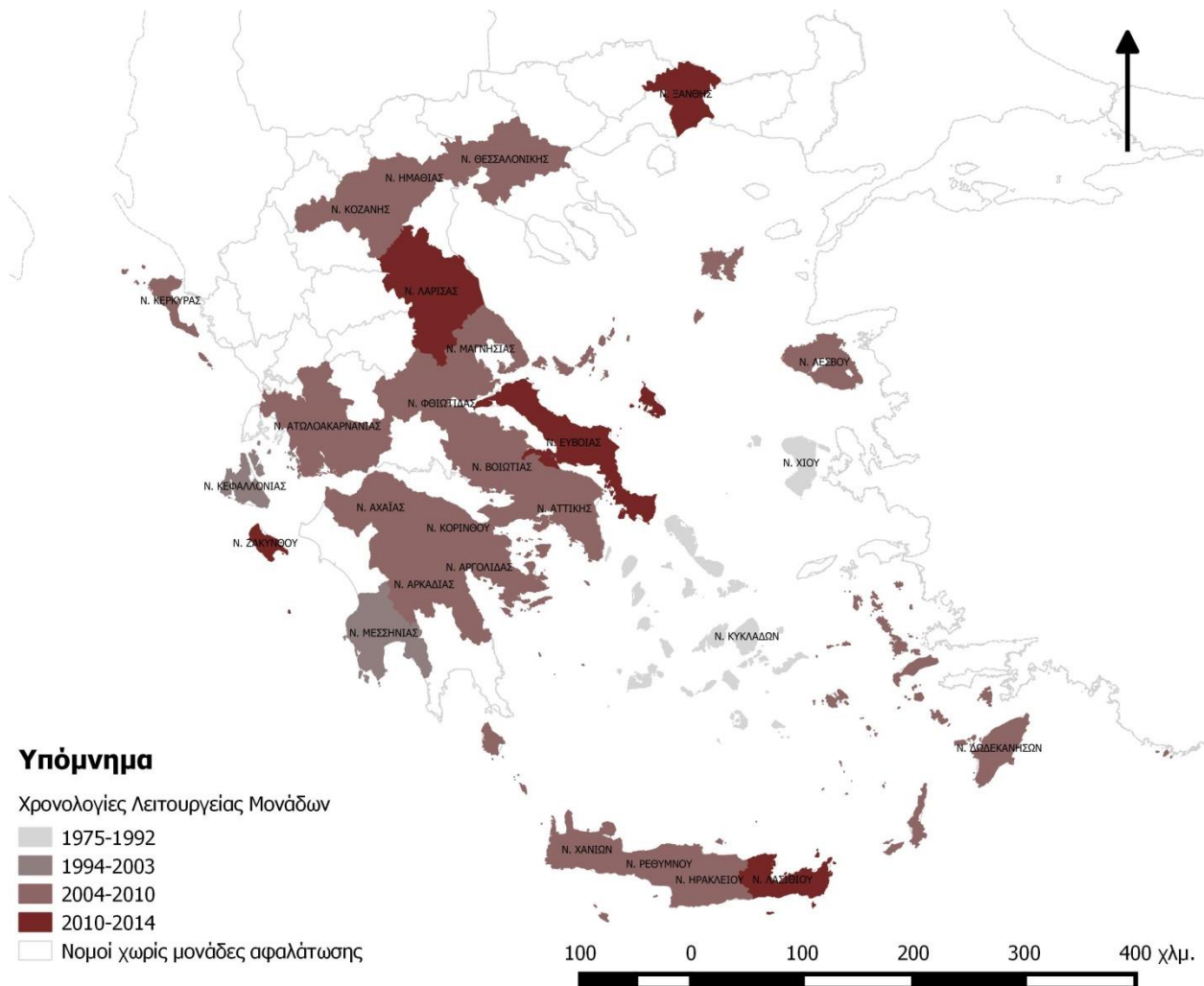
- 4 από τις 6 μονάδες είναι μονάδες μικρού μεγέθους
- 2 από τις 6 μονάδες είναι μεσαίου μεγέθους

Οι μονάδες μεσαίου μεγέθους έχουν συνολική δυναμικότητα 4.000 m³/ημέρα, ή ποσοστό 62,5% της συνολικής δυναμικότητας βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης.

4.3 Γενικές Παρατηρήσεις χωρικής κατανομής μονάδων αφαλάτωσης

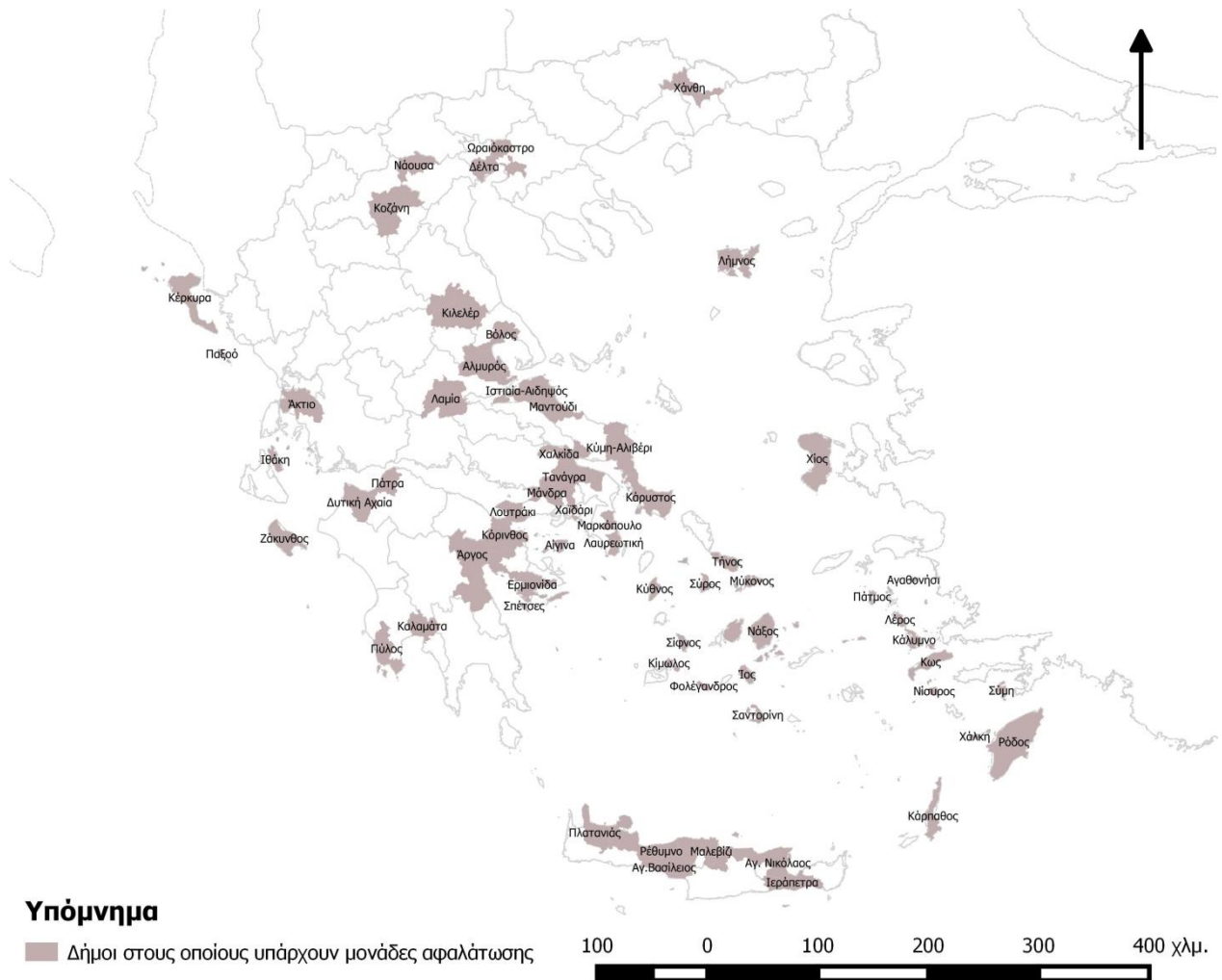
Στην ενότητα αυτή επιχειρείται μια ανάλυση των μονάδων αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες στην Ελλάδα, με στόχο την απεικόνιση και την ερμηνεία της κατανομής τους στο χώρο.

Σε πρώτο στάδιο επιχειρήθηκε να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα αναφορικά με τη χωροχρονική εξέλιξη της αφαλάτωσης στους νομούς της Ελλάδας. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ομαδοποίησης δεδομένων (cluster analysis) όπου τα δεδομένα κατανέμονται σε προκαθορισμένο αριθμό ομάδων και κάθε μία από αυτές ερμηνεύεται από μια τιμή για την κάθε μεταβλητή (κέντρο), προκειμένου να εντοπιστούν ομάδες με παρόμοια χαρακτηριστικά. Η προσέγγιση αυτή έγινε μέσω της εντολής Grouping Analysis του λογισμικού ArcMap 10.4 και τα αποτελέσματα οπτικοποιήθηκαν στο Χάρτης 4-10: για τον ευκολότερο εντοπισμό στο χώρο των ομάδων που δημιουργούνται.



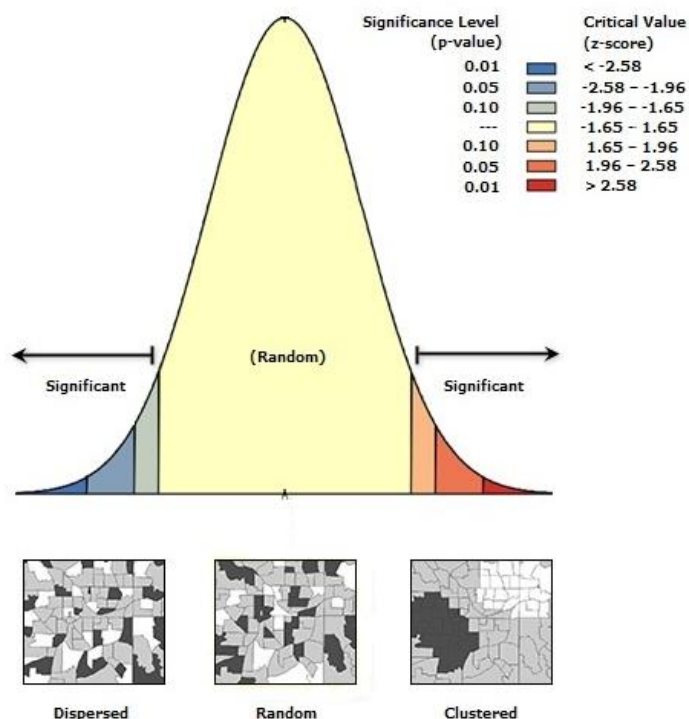
Χάρτης 4-10: Κατάταξη νομών με βάση του χρονολογία λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης που υπάρχουν σε αυτούς

Στο επόμενο στάδιο αποτυπώνονται οι δήμοι στους οποίους υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης. (βλ. Χάρτης 4-11). Παρατηρείται λοιπόν ότι στους δήμους τις ενδοχώρας υπάρχουν ελάχιστες μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες στο σύνολό τους επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό. Μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν σε 82 από τους 325 δήμους (ποσοστό 25%)



Χάρτης 4-11: Δήμοι της Ελλάδας στους οποίους είναι εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης

Σε συνέχεια της παραπάνω αποτύπωσης εξετάστηκαν χωριστά οι μονάδες με βάση τη χρήση του παραγόμενου νερού με σκοπό να διερευνηθεί ο βαθμός με τον οποίο η παραγόμενη ποσότητα νερού ανά ημέρα, από μια μονάδα αφαλάτωσης, συνδέεται με τις τιμές της των μονάδων που βρίσκονται γεωγραφικά κοντά της. Η διερεύνηση αυτή γίνεται με τη χρήση του γενικού δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Global Moran's I. Η χωρική αυτοσυσχέτιση είναι μια αξιολόγηση της χωρικής δομής μιας μεταβλητής αναφορικά με τη χωρική θέση των τιμών της. Η ύπαρξη χωρικής συσχέτισης ουσιαστικά σημαίνει την αυξημένη πιθανότητα παρατήρησης όμοιων τιμών για περιοχές που απέχουν λιγότερο γεωγραφικά (Anselin *et al.*, 2006). Οι τιμές του δείκτη με βάση τις οποίες γίνεται η κατάταξη του προτύπου σε διεσπαρμένο (dispersed), τυχαίο (random) και ομαδοποιημένο (clustered) φαίνονται στο Σχήμα 4-1.



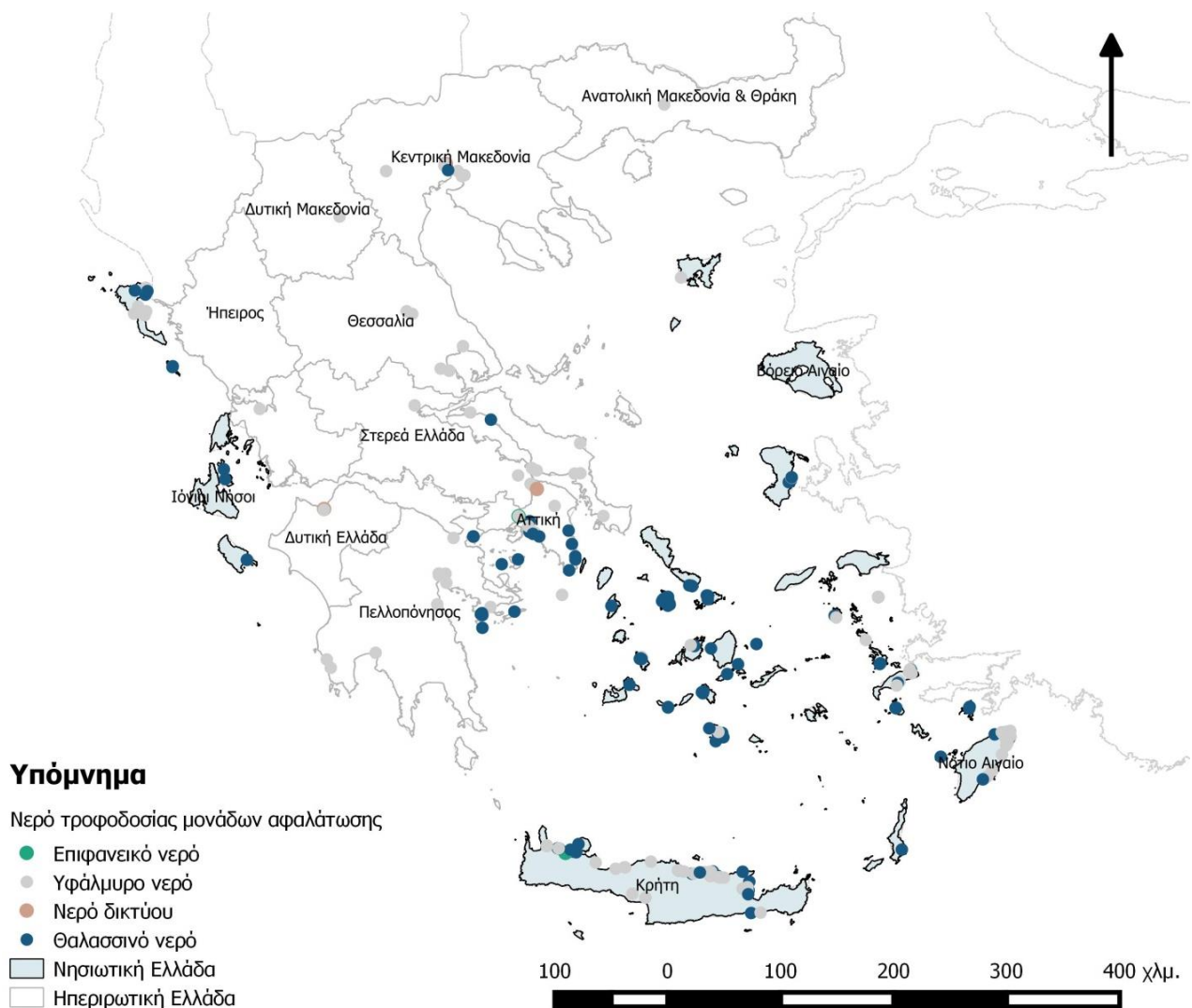
Σχήμα 4-1: Κατάταξη προτύπου με βάση το δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Global Moran's I

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των μονάδων αφαλάτωσης. Συμπεραίνεται ότι στο σύνολο των μονάδων το πρότυπο κατανομής τους στο χώρο με βάση τη δυναμικότητά τους είναι ομαδοποιημένο, γεγονός που ισχύει και για τις βιομηχανικές μονάδες. Οι υπόλοιπες μονάδες αφαλάτωσης παρουσιάζουν τυχαία κατανομή στο χώρο σε σχέση με τη δυναμικότητά τους.

Πίνακας 4-1: Τιμές γενικού δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Global Moran's I

| | z- score | Πρότυπο |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Δημοτικές μονάδες | 0,25 | Τυχαίο (Random) |
| Βιομηχανικές μονάδες | 2,66 | Ομαδοποιημένο (Clustered) |
| Μονάδες τουριστικών εγκαταστάσεων | 0,88 | Τυχαίο (Random) |
| Μονάδες σε σταθμούς Ηλεκτροπαραγωγής | -1,25 | Τυχαίο (Random) |
| Σύνολο μονάδων | 3,13 | Ομαδοποιημένο (Clustered) |

Αναφορικά με τη **χρήση νερού τροφοδοσίας των μονάδων αφαλάτωσης**, το 64% των μονάδων που λειτουργούν στην Νησιωτική Ελλάδα επεξεργάζεται θαλασσινό νερό, ενώ μόνο το 25% των μονάδων που βρίσκονται στην Ηπειρωτική Ελλάδα επεξεργάζονται θαλασσινό. Ενδιαφέρον παρουσιάζει, το ποσοστό μονάδων των Κυκλάδων οι οποίες επεξεργάζονται θαλασσινό νερό πλησιάζει το 100%. Επίσης, στην Κρήτη παρατηρείται ότι υπάρχουν πολλές μονάδες οι οποίες επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό και οι μονάδες αυτές είναι κυρίως εγκατεστημένες είτε σε τουριστικές εγκαταστάσεις είτε σε βιομηχανίες.



Χάρτης 4-12: Νερό τροφοδοσίας μονάδων αφαλάτωσης

Στη συνέχεια, έγινε μια εκτίμηση του κατά πόσο η παραγόμενη ποσότητα νερού από μονάδες αφαλάτωσης καλύπτει τις ανάγκες ζήτησης νερού. Η ανάλυση έγινε ανά υδατικό διαμέρισμα και χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα ζήτησης νερού για τον μήνα Ιούλιο (βλ. Πίνακας 2-2). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-2, και εξάγεται το συμπέρασμα ότι ενώ σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα το ποσοστό κάλυψης των αναγκών από μονάδες αφαλάτωσης δεν υπερβαίνει το 1%, στο υδατικό διαμέρισμα των νησιών του Αιγαίου όπου συναντάται και το μεγαλύτερο ελλειμματικό ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης, το ποσοστό κάλυψης των αναγκών από μονάδες αφαλάτωσης φτάνει περίπου το 8%.

Πίνακας 4-2: Εκτίμηση κάλυψης ζήτησης νερού ανά υδατικό διαμέρισμα από μονάδες αφαλάτωσης για τον μήνα Ιούλιο

| Υδατικά Διαμερίσματα | Νερό από μονάδες αφαλάτωσης (m ³) | Ζήτηση νερού (m ³) | Ποσοστό κάλυψης ζήτησης από μονάδες αφαλάτωσης |
|----------------------------|---|--------------------------------|--|
| Δυτικής Πελοποννήσου | 52700 | 55*10 ⁶ | 0,10% |
| Βόρειας Πελοποννήσου | 127410 | 104*10 ⁶ | 0,12% |
| Ανατολικής Πελοποννήσου | 148645 | 57*10 ⁶ | 0,26% |
| Δυτικής Στερεάς Ελλάδας | 6820 | 85*10 ⁶ | 0,01% |
| Ηπείρου | 84909 | 33*10 ⁶ | 0,26% |
| Αττικής | 704971 | 54*10 ⁶ | 1,31% |
| Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας | 160549 | 187*10 ⁶ | 0,09% |
| Θεσσαλίας | 295213 | 335*10 ⁶ | 0,09% |
| Δυτικής Μακεδονίας | 9300 | 136*10 ⁶ | 0,01% |
| Κεντρικής Μακεδονίας | 146320 | 130*10 ⁶ | 0,11% |
| Ανατολικής Μακεδονίας | - | 132*10 ⁶ | 0% |
| Θράκης | 23250 | 253*10 ⁶ | 0,01% |
| Κρήτης | 508400 | 133*10 ⁶ | 0,38% |
| Νήσων Αιγαίου | 1975568 | 25*10 ⁶ | 7,90% |
| <i>Σύνολο χώρας</i> | 4244055 | 1.726*10 ⁶ | 0,27 |

5 Μονάδα αφαλάτωσης Τήνου – Πρότυπη Μονάδα Επεξεργασίας της άλμης SOL-BRINE

Οι τεχνικές διάθεσης της άλμης που παράγονται από τη διαδικασία της αφαλάτωσης σήμερα, είναι οι ακόλουθες: (Ξεύγενο, 2016)

- Διάθεση σε επιφανειακά νερά (Surface Water Discharge)
- Διάθεση σε συστήματα αποχέτευσης (Sewer Discharge)
- Έγχυση σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς (Deep Well Injection)
- Λίμνες εξάτμισης (Evaporation Ponds)
- Άρδευση, αναφέρεται συχνά και ως διάθεση στο έδαφος (Land Application)
- Συνδυασμένη απόρριψη με άλλα υγρά απόβλητα
- Μηδενικά υγρά Απόβλητα (Zero Liquid Discharge, ZLD)

Από τις τεχνικές αυτές καμία δεν οδηγεί σε ανάκτηση προϊόντων.

Στα πλαίσια της Διδακτορικής διατριβής: «Αξιοποίηση υγρού υπολείμματος από μονάδες αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την ανάκτηση νερού και την παραγωγή άλατος» (Ξεύγενο, 2016) σχεδιάστηκε ένα πιλοτικό σύστημα επεξεργασίας και αξιοποίησης της άλμης από μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Η Τήνος ανήκει στο σύμπλεγμα νησιών των Κυκλάδων τα οποία σύμφωνα με την Ειδική γραμματεία Υδάτων παρουσιάζουν συχνά κατά τους θερινούς μήνες ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο. (βλ. Κεφάλαιο 2.3). Το πιλοτικό σύστημα επεξεργασίας της άλμης εγκαταστάθηκε στην περιοχή του Αγίου Φωκά, στην Τήνο στην οποία λειτουργεί ήδη μια μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 500m³/ ημέρα.



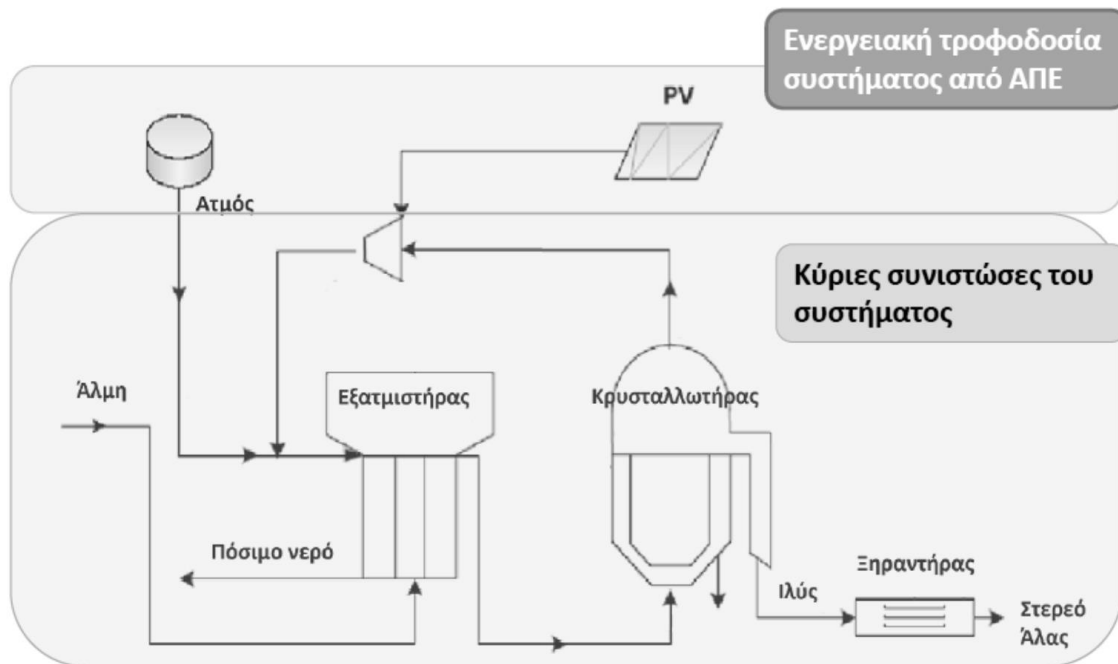
Χάρτης 5-1: Περιοχή εγκατάστασης πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας της άλμης (Άγιος Φωκάς, Τήνος), Πηγή: Ξεύγενο, 2016

Τα βασικά καινοτόμα στοιχεία του συγκεκριμένου έργου είναι τα εξής: (Ξεύγενο, 2013)

- Ολική εξάλειψη της άλμης μονάδων αφαλάτωσης. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί Και αναπτυχθεί Σύμφωνα με την αρχή μηδενικής απόρριψης υγρών αποβλήτων (ZLD)
- Ανάκτηση νερού (> 90 %).Σχεδιασμός Σύμφωνα με την τήρηση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας Πλαίσιο 2000 / 60 /EC για τα Ύδατα (επιφανειακά, παράκτια, υπόγεια)
- Παραγωγή χρήσιμων τελικών προϊόντων (άλατος εμπορικής αξίας, νερού κατάλληλο για πόση ύδρευση - άρδευση)
- Εφαρμογή Χημικών διεργασιών (εξάτμιση, κρυστάλλωση, ξήρανση, συμπύκνωση) σε συνδυασμό με ηλιακή ανανεώσιμη ενέργεια
- Πλήρης ενεργειακή Αυτονομία του συστήματος, εξοικονόμηση καυσίμων και ενέργειας, μείωση εκπομπών CO₂.

Το σύστημα επεξεργασίας της άλμης περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους κομμάτια: (βλ. Σχήμα 5-1)

- Δεξαμενή τροφοδοσίας
- Εξατμιστήρας
- Κρυσταλλωτήρας
- Ξηραντήρας



Σχήμα 5-1: Σύστημα επεξεργασίας της Άλμης, Ξεύγενο, 2013

Η λειτουργία του εξατμιστήρα έχει σκοπό την αύξηση της συγκέντρωσης του ρεύματος της άλμης. Κατ'ουσίαν λειτουργεί σαν μία «δεύτερη μονάδα αφαλάτωσης» τοποθετημένη σε σειρά με την υφιστάμενη μονάδα αντίστροφης όσμωσης. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η μονάδα έχει ως πρωταρχικό στόχο τη συμπύκνωση της άλμης και κατ'επέκταση την παραγωγή

πόσιμου νερού. Η τεχνολογία λειτουργίας του εξατμιστήρα είναι αυτή της πολυβάθμιας εξάτμισης δύο βαθμίδων υπό κενό (Multiple Effect Distillation, *MED*)

Το δεύτερο στάδιο της επεξεργασίας γίνεται στον κρυσταλλωτήρα, η λειτουργία του οποίου είναι διαλείπωντος έργου (batch operation). Η συμπυκνωμένη άλμη από τον εξατμιστήρα καταθλίβεται με τη χρήση αντλιών προς τον κρυσταλλωτήρα. Ο κρυσταλλωτήρας αποτελεί μονοβάθμιο σύστημα εξάτμισης υπό κενό (κανονική πίεση λειτουργίας: 0.05bar(a)). Με στόχο την περαιτέρω αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας του συστήματος, ο κρυσταλλωτήρας είναι εφοδιασμένος με αντλία θερμότητας (χρήση ψυκτικού υγρού) με την οποία πραγματοποιείται εξοικονόμηση ενέργειας και αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας του παραγόμενου ατμού. Από τη λειτουργία του κρυσταλλωτήρα παράγονται δύο ρεύματα: (α) Ένα ρεύμα καθαρού νερού (τελικό προϊόν) και (β) Ένα ρεύμα ιλύος (υπόλειμμα κρυστάλλωσης), το οποίο οδηγείται προς το επόμενο στάδιο επεξεργασίας (ξηραντήρας). Το ρεύμα υψηλής συγκέντρωσης σε αλάτι από τον κρυσταλλωτήρα έχει υψηλά επίπεδα υγρασίας (~50%) και για αυτό απαιτείται η χρήση μονάδας ξήρανσης.

Από τη λειτουργία του πιλοτικού συστήματος φαίνεται ότι:

- Επιτυγχάνεται πλήρης εξάλειψη της άλμης.
- Η πρότυπη μονάδα εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα αναφορικά με την τεχνική αρτιότητα (λειτουργικότητά) της, ενώ τα πειραματικά αποτελέσματα
- από τις αναλύσεις των πρώτων δειγμάτων είναι ενθαρρυντικά σχετικά με την παραγωγή χρήσιμων τελικών προϊόντων.
- Ανακτάται νερό υψηλών προδιαγραφών. Η ανάκτηση του νερού είναι κοντά στο 90%. Οι προδιαγραφές του νερού που παράγεται κατά την εξάτμιση της άλμης είναι κοντά σε αυτές του απιονισμένου νερού.
- Το σύστημα στην παρούσα φάση δεν διαθέτει τη δυνατότητα ανάκτησης άλατος υψηλής καθαρότητας. Αντ' αυτού τα άλατα ανακτώνται αναμειγμένα.

6 Προτάσεις συνδυαστικής αξιοποίησης συστήματος SOL-BRINE και μονάδων αφαλάτωσης

Όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στα πλαίσια του έργου SOL-BRINE (Ξεύγενος, 2016) έχει αναπτυχθεί ένα ενεργειακά αυτόνομο πιλοτικό σύστημα επεξεργασίας της άλμης, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σύμφωνα με την αρχή των μηδενικών υγρών αποβλήτων (Zero Liquid Discharge).

Τα τελευταία χρόνια, προωθείται σε Ευρωπαϊκό επίπεδο η Στρατηγική Κυκλικής Οικονομίας, η οποία στοχεύει σε κάθε έναν από τους κρίκους της αλυσίδας αξίας των προϊόντων που κυκλοφορούν στο εμπόριο: από τον σχεδιασμό ως την κατανάλωση και την επισκευή, καθώς επίσης στην ανακατασκευή, τη διαχείριση των αποβλήτων και την επιστροφή δευτερευόντων πρώτων υλών στον οικονομικό κύκλο. Σε αυτό το πλαίσιο αξίζει να σημειωθεί ότι τα υπολείμματα άλμης περιέχουν πολλές ύλες που θεωρούνται σημαντικές σε οικονομικό επίπεδο, όπως το λίθιο, ο γύψος αλλά και πιο κοινά βιομηχανικά ανόργανα συστατικά όπως είναι το χλωριούχο νάτριο, το κάλιο, το χλωριούχο κάλιο. Τα τελευταία θεωρούνται εξίσου μεγάλης σημασίας, καθώς χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από 14.000 διαφορετικές εφαρμογές, με τη χημική βιομηχανία να έχει το μεγαλύτερο μερίδιο χρήσης τους (ενδεικτικά η χημική βιομηχανία αναλογεί στο 62% της κατανάλωσης του χλωριούχου νατρίου στην Ευρώπη). Η αξιοποίηση των υπολειμμάτων της άλμης λοιπόν, από της μονάδες αφαλάτωσης και η χρήση της από τις βιομηχανίες ως πρώτη ύλη θα αποτελέσει ένα νέο τρόπο παραγωγής πρώτων υλών, μέσω της ανάκτησης ήδη διαθέσιμων πόρων.

Η εγχώρια παραγωγή άλατος ικανοποιεί περίπου 65% της ζήτησης. Το 2012, εισήχθησαν 176.000 τόνοι άλατος, εκ των οποίων 75% από την Αίγυπτο. Οι βασικές χρήσεις του άλατος στην Ελλάδα είναι ο εκχιονισμός των δρόμων, η χημική βιομηχανία και η βιομηχανία τροφίμων. Γενικά, η κατανάλωση ανά χρήση δεν καταγράφεται συστηματικά στην Ελλάδα. Ως εκ τούτου δεν υπάρχει ανάλυση της κατανάλωσης στις επιμέρους χρήσεις. Η μόνη δημοσιευμένη πληροφορία αποτελεί τη συνολική κατανάλωση (303.143 τόνοι το 2012) και την κατανάλωση του άλατος στον τομέα της χημικής βιομηχανίας (~ 64,000 τόνοι). (Ξεύγενος, 2016)

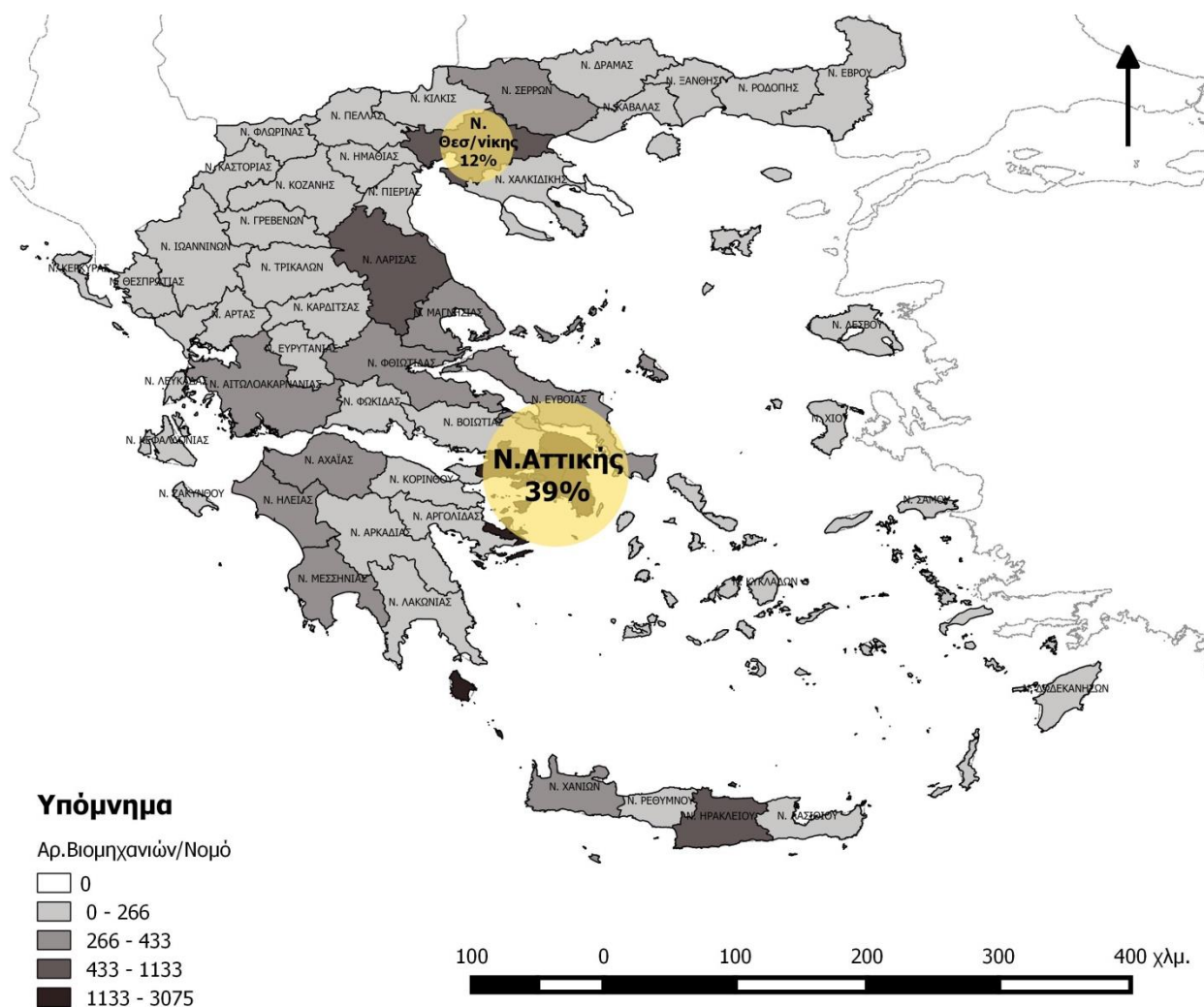
Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους είναι η αξιοποίηση των άλατος από τους τελικούς βιομηχανικούς χρήστες. Για το λόγο αυτό, αποτυπώθηκαν οι θέσεις και το μέγεθος των ακόλουθων βιομηχανικών δραστηριοτήτων κατά ΣΤΑΚΟΔ⁴ (ΕΛΣΤΑΤ, 2008):

Η βιομηχανία παραγωγής χλωρίου και καυστικού νατρίου (chlor-alkali industry) συνεισφέρει κατά 21% στη συνολική κατανάλωση αλατιού στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα υπάρχουν 3 μονάδες, δύο στην ευρύτερη περιφέρεια της Αττικής και μια στη Θεσσαλονίκη. (Ξεύγενος, 2016) Δεν υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία κατανάλωσης αλατιού από τους υπόλοιπους βιομηχανικοί χρήστες. Αν και δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία, στη συνέχεια παρουσιάζεται μία ανάλυση των σχετικών οικονομικών δραστηριοτήτων.

⁴ΣΤΑΚΟΔ: Στατιστική Ταξινόμηση Οικονομικών Δραστηριοτήτων

Βιομηχανία τροφίμων

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 15.000 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 11 δις.€. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι οι βιομηχανίες τροφίμων είναι διεσπαρμένες στο σύνολο των νομών της χώρας, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες βιομηχανικές δραστηριότητες που θα αναλυθούν παρακάτω. Το μεγαλύτερο μέρος της δραστηριότητας από σκοπιάς τζίρου είναι συγκεντρωμένη στην Αττική (39%), και στη Θεσσαλονίκη (12%) (βλ. Χάρτης 6-1).

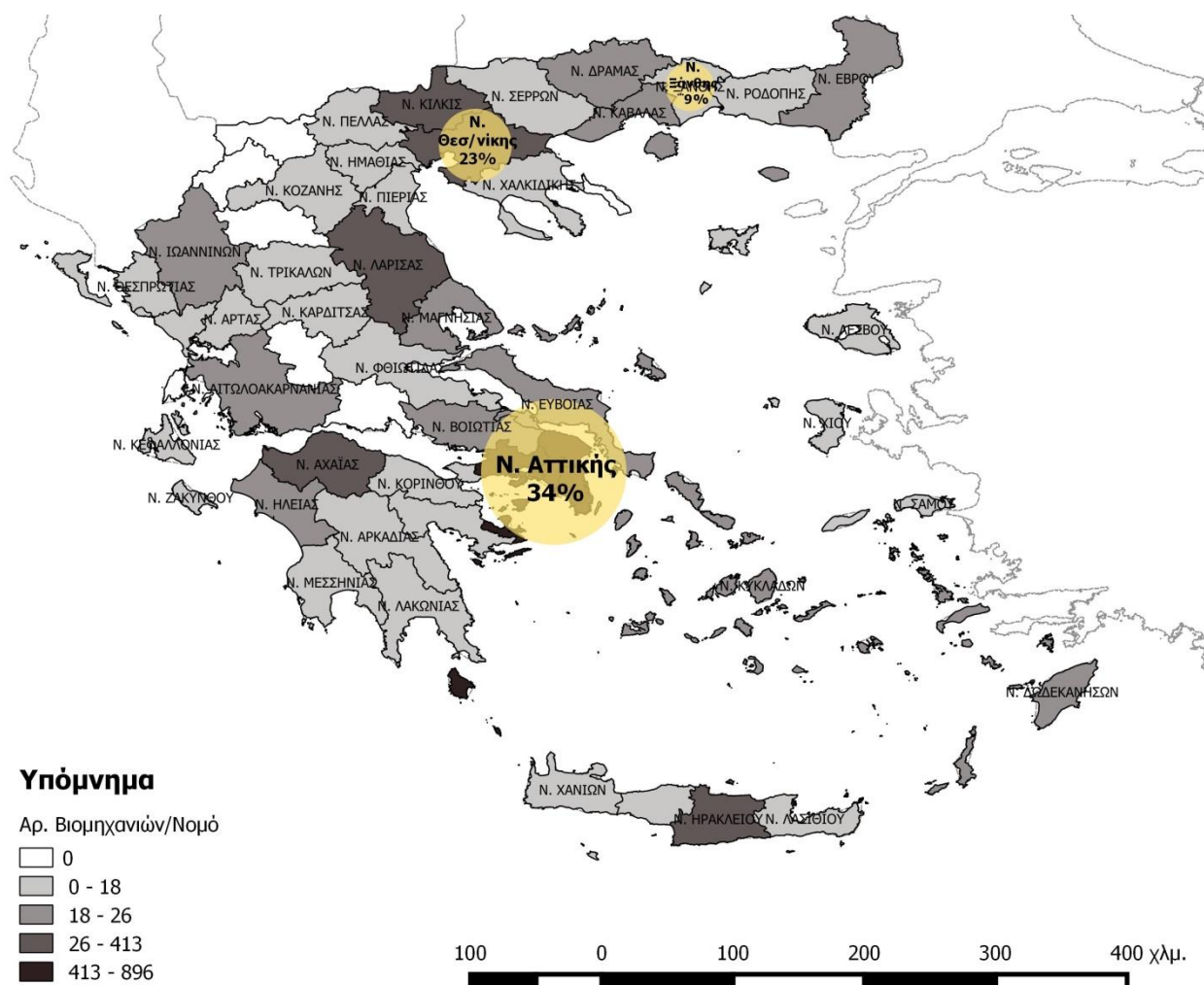


Χάρτης 6-1: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Τροφίμων (ΣΤΑΚΟΔ 10), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~11.1 δις€). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ

Βιομηχανία Παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών υλικών

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 2.080 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 946 εκ. €. Περισσότερη από τη δραστηριότητα αυτή από σκοπιά τζίρου, συγκεντρώνεται στην Αττική (34%), τη Θεσσαλονίκη (23%) και τη Ξάνθη (9%). (βλ. Χάρτης 6-2)

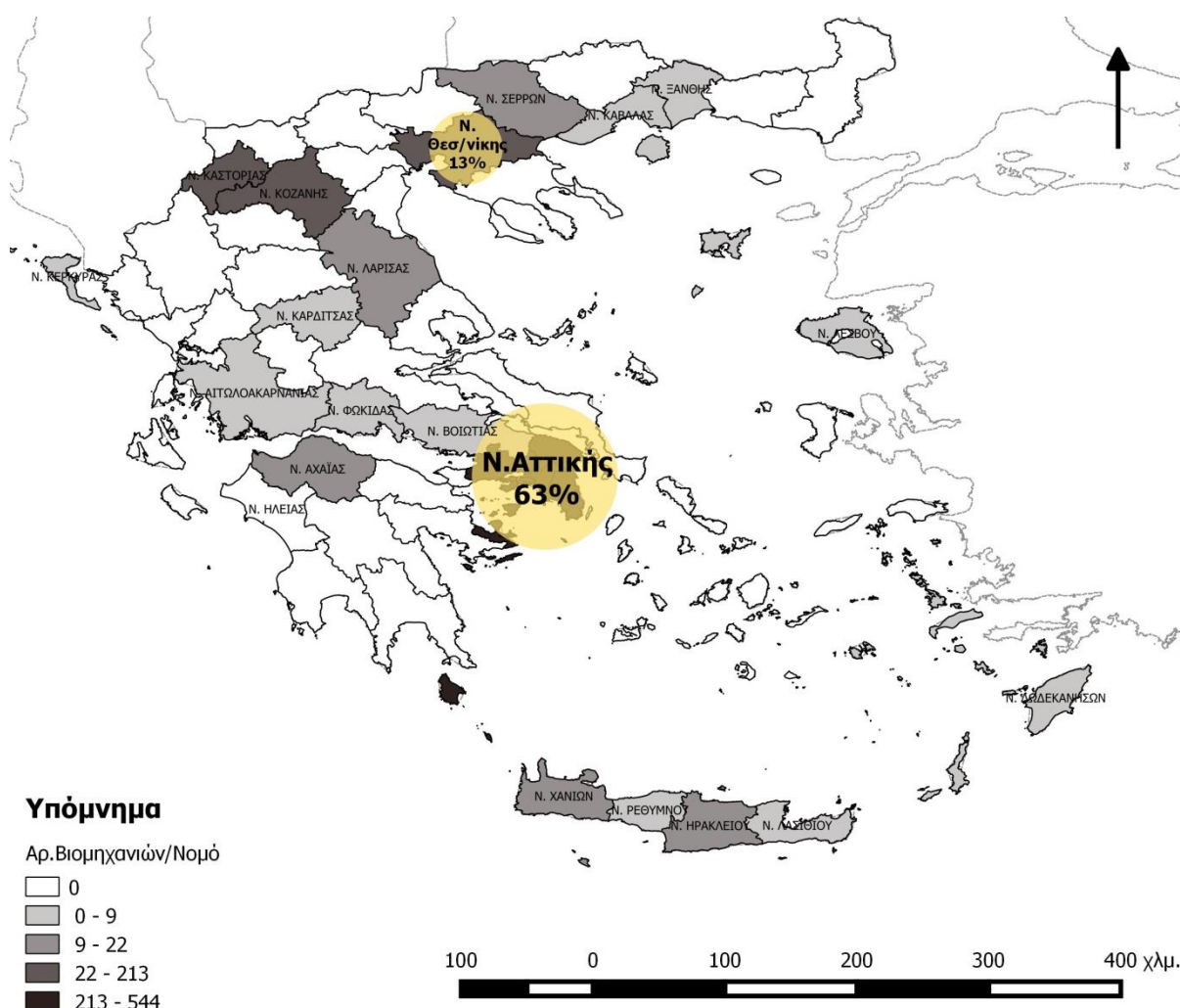


Χάρτης 6-2: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών υλικών (ΣΤΑΚΟΔ 13), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~1 δις€). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Βιομηχανία Παραγωγής Δέρματος και Δερμάτινων Ειδών

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 1.000 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 243 εκ.€. Το μεγαλύτερο μέρος της δραστηριότητας από σκοπιά τζίρου είναι συγκεντρωμένο στην Αττική (63%) και τη Θεσσαλονίκη (13%) ενώ ακολουθούν οι νομοί Καστοριάς και Κοζάνης (ποσοστό ~7%) (βλ. Χάρτης 6-3).

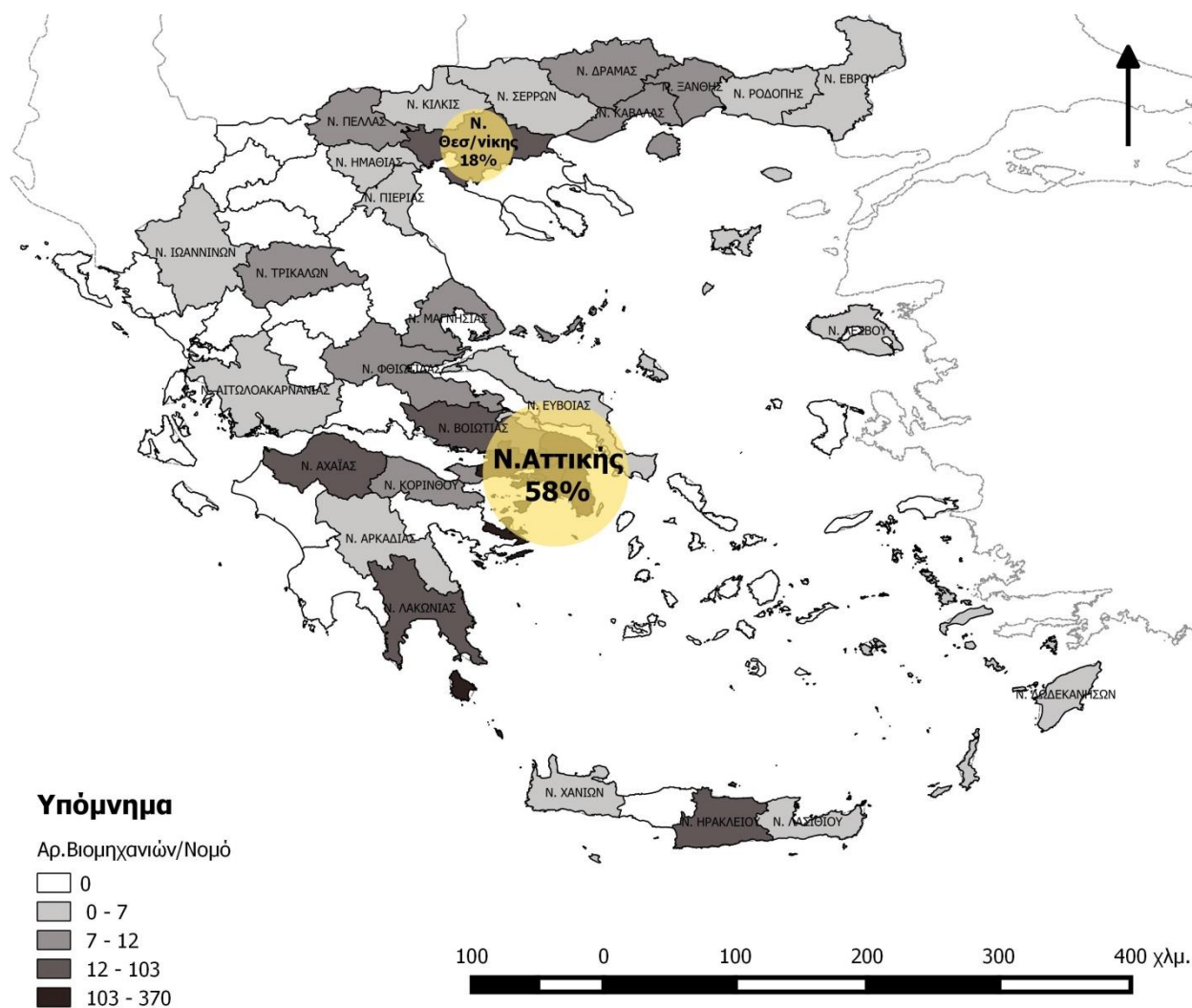


Χάρτης 6-3: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Παραγωγής Δέρματος και Δερμάτινων ειδών (ΣΤΑΚΟΔ 15), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~243 εκ. €). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Βιομηχανία Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 762 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 1.4 δις. €. Το μεγαλύτερο μέρος της δραστηριότητας από σκοπιά τζίρου είναι συγκεντρωμένη στην Αττική (58%) και τη Θεσσαλονίκη (18%) ενώ ακολουθούν οι νομοί Βοιωτίας και Πιερίας. (βλ. Χάρτης 6-4).

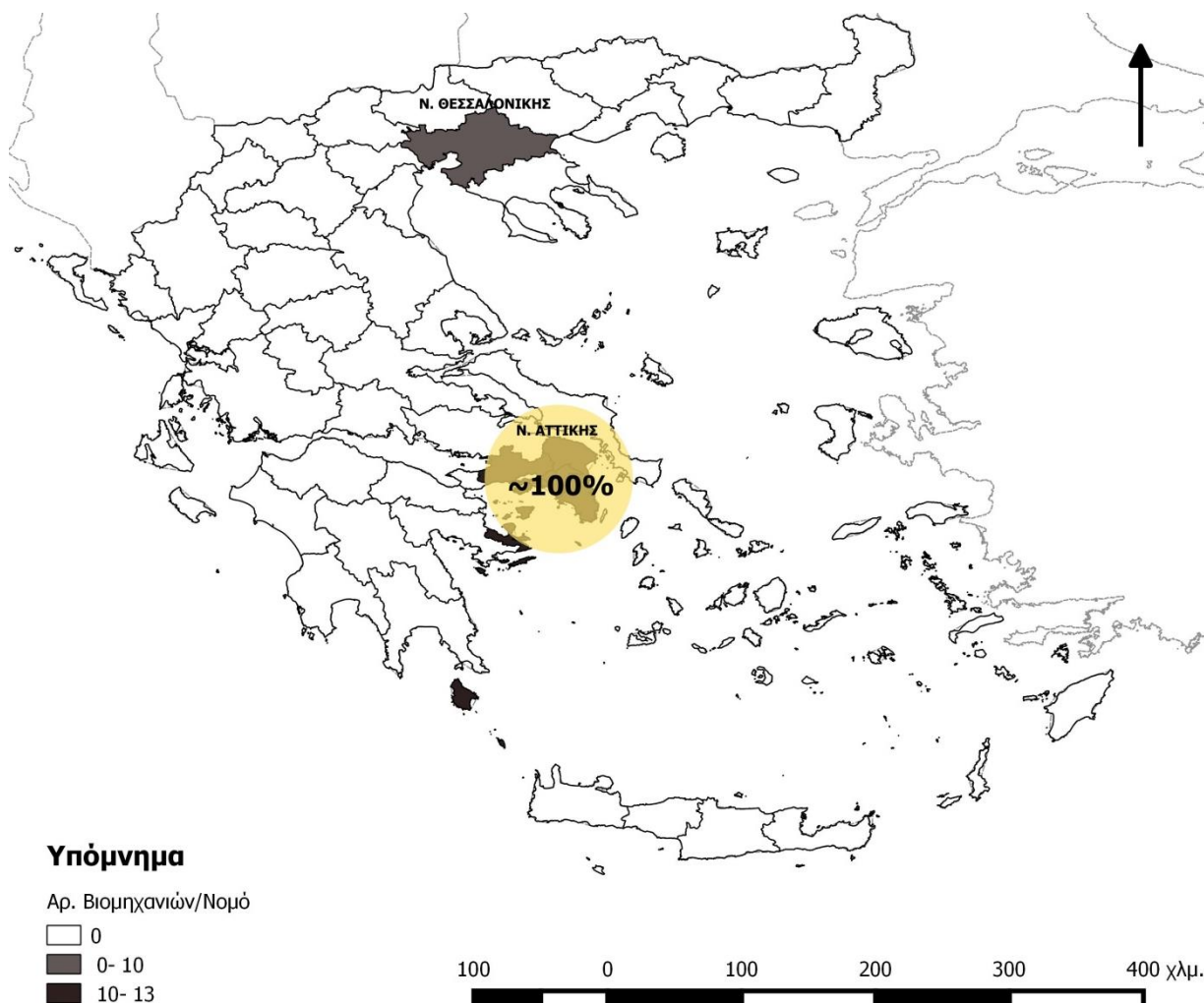


Χάρτης 6-4: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων (ΣΤΑΚΟΑ 17), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~1.4δις €). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Βιομηχανία παραγωγής οπτάνθρακα και προϊόντων διύλισης πετρελαίου

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 36 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 16.4 δις. € Το σύνολο της δραστηριότητας (>99%) είναι συγκεντρωμένη στην περιοχή της Αττικής. (βλ. Χάρτης 6-5)

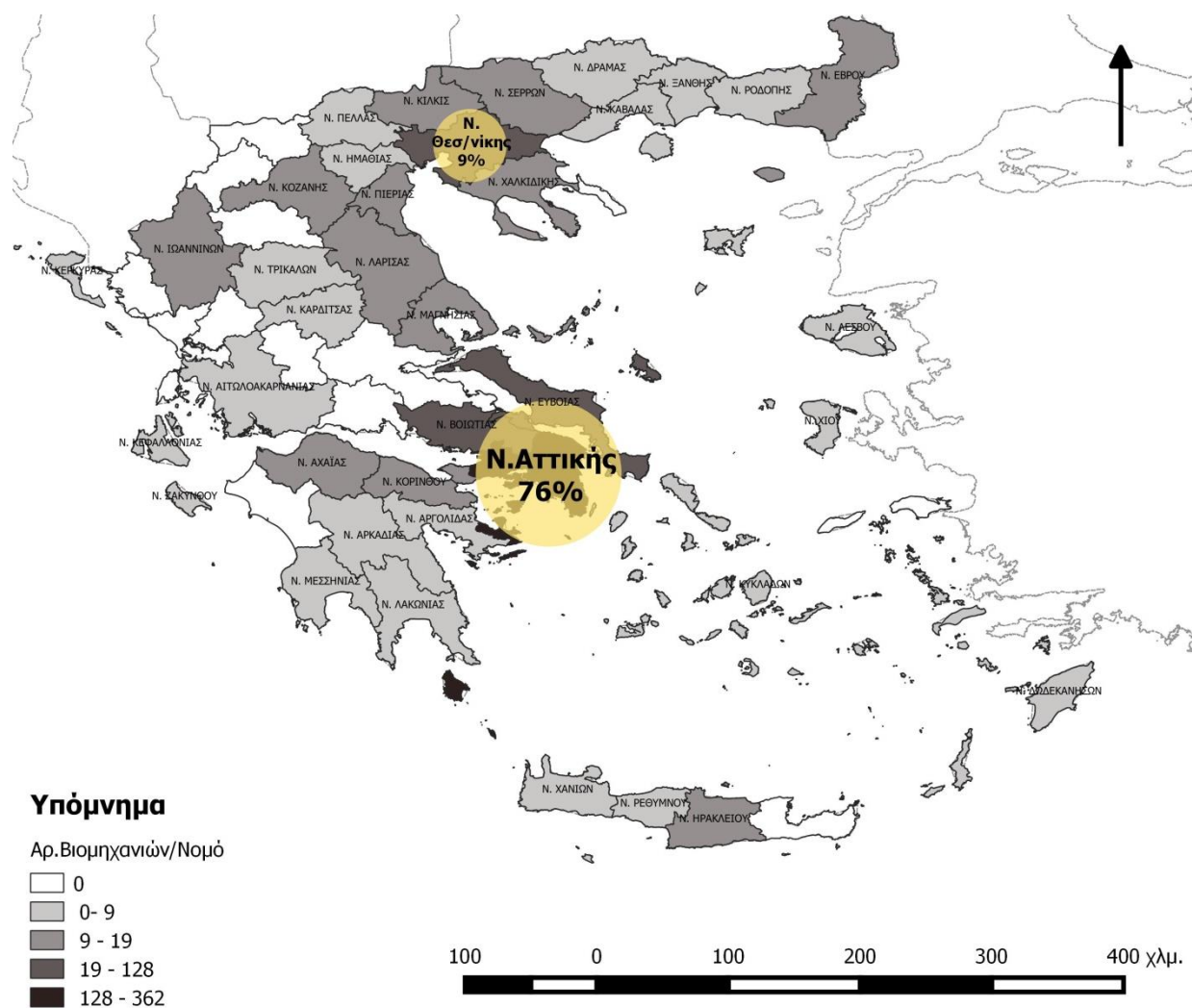


Χάρτης 6-5: Συγκέντρωση Βιομηχανιών παραγωγής οπτάνθρακα και προϊόντων διύλισης πετρελαίου (ΣΤΑΚΟΛ 19), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~16.4δις €). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Βιομηχανία Παραγωγής χημικών ουσιών και προϊόντων

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 871 επιχειρήσεις με συνολικό τζίρο 2.8 δις. €. Η πλειοψηφία της δραστηριότητας αυτής συγκεντρώνεται στην Αττική (76%), ακολουθούμενη από το νομό Θεσσαλονίκης (9%). (βλ. Χάρτης 6-6).



Χάρτης 6-6: Συγκέντρωση Βιομηχανικών Χαρτοποιίας και κατασκευής χάρτινων προϊόντων (ΣΤΑΚΟΔ 19), ανά Νομό στο σύνολο της χώρας, (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2010, ίδια επεξεργασία)

Σημείωση: με τους κύκλους σημειώνεται το ποσοστό του κύκλου εργασιών σε μία περιοχή προς το συνολικό κύκλο εργασιών του κλάδου (~2.8 δις €). Τα στατιστικά στοιχεία αντλήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Αναφορικά με την εύρεση των καταλληλότερων περιοχών για την εφαρμογή σε πλήρη κλίμακα του συστήματος επεξεργασίας της άλμης προτείνεται από τον Ξεύγενο (2016) η ακόλουθη μεθοδολογία, η οποία έχει εφαρμοστεί έχοντας ως χωρικό επίπεδο μελέτης τις περιφέρειες της Ελλάδας και στη **συγκεκριμένη διπλωματική εργασία** επεκτείνεται στο χωρικό επίπεδο των Νομών της Ελλάδας.

Περιγραφή μεθοδολογίας βαθμολόγησης νομών: (Ξεύγενο, 2016)

Με στόχο την κατάταξη των περιοχών, εφαρμόστηκε μεθοδολογία αξιολόγησης σε δύο επίπεδα: Α. Βαθμολόγηση ανά κριτήριο αξιολόγησης, και Β. Τελική βαθμολόγηση περιοχών

Α. Βαθμολόγηση ανά κριτήριο αξιολόγησης

Διατυπώθηκαν τα ακόλουθα τέσσερα (4) κριτήρια:

- Αξιοποίηση απιονισμένου νερού
- Αξιοποίηση αλάτων
- Αξιοποίηση πλεονάζουσας θερμότητας (waste heat)
- Αξιοποίηση παραγόμενης άλμης

Για την βαθμολογία κάθε περιοχής ανά κριτήριο, χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη απλοποιημένη εξίσωση:

$$\text{Σταθμισμένο Score} = \frac{\sum \text{Ποσοστό κλάδου}_i \cdot WFi}{\sum WFi}$$

Όπου,

- i , αναπαριστά τους 6 τελικού χρήστες που χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση: (α) κλωστοϋφαντουργία, (β) διύλιστήρια, (γ) χημική βιομηχανία, (δ) βιομηχανία τροφίμων, (ε) βιομηχανία δέρματος και (στ) βιομηχανία χαρτιού.
- Τα ποσοστά για την οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο και νομό δίνονται στον Πίνακα Π 7 του παραρτήματος
- WFi , είναι ο συντελεστής βαρύτητας του κάθε τελικού χρήστη. Στον Πίνακα 6-1 δίνονται οι συντελεστές βαρύτητας που χρησιμοποιήθηκαν ανά τελικό χρήστη και κριτήριο.

Οι συντελεστές βαρύτητας που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-1. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι οι συντελεστές βαρύτητας αυτοί έχουν διατυπωθεί από τον ερευνητή και δεν στηρίζεται σε έρευνα προηγούμενου ερευνητή, καθώς η εφαρμογή (και η προσέγγιση) αφορά πρότυπης τεχνολογίας.

Πίνακας 6-1: Κριτήρια και συντελεστές βαρύτητας για αξιολόγηση περιοχών στην Ελλάδα αναφορικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα (Ξεύγενο, 2016)

| Κριτήριο Τελικός Χρήστης | Χρήση νερού | Χρήση άλατος | Διαθ. θερμότητας |
|-----------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Κλωστοϋφαντουργία | 4 | 1 | 4 |
| Διϋλιστήρια | 6 | 0 | 10 |
| Βιομηχανία χαρτιού | 7 | 3 | 0 |
| Χημική Βιομηχανία | 10 | 10 | 9 |
| Βιομηχανία Τροφίμων | 8 | 4 | 7 |
| Βιομηχανία Δέρματος | 0 | 1 | 0 |
| Σύνολο | 35 | 20 | 30 |

Η βαθμολογία των νομών που προκύπτει με την εφαρμογή στο πρώτο στάδιο της αξιολόγησης παρουσιάζεται στον Πίνακα Π 8 του παραρτήματος.

B. Τελική βαθμολόγηση περιοχών

Για την τελική βαθμολογία κάθε περιοχής ανά κριτήριο, χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη απλοποιημένη εξίσωση:

$$\text{Σταθμισμένο Score} = \frac{\sum \text{Ποσοστό κλάδου}_i \cdot WF_i}{\sum WF_i}$$

i, αναπαριστά τα 4 κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση

Στον Πίνακα 6-2 παρουσιάζονται οι συντελεστές βαρύτητας για τα τέσσερα τελικά κριτήρια αξιολόγησης. Ο συντελεστής βαρύτητας για την αξιοποίηση του άλατος είναι μεγαλύτερος από το συντελεστή βαρύτητας για το απιονισμένο νερό, δεδομένου ότι τα αλάτια προσφέρουν ποσοστιαία σημαντικότερα στην οικονομική αξία της άλμης. Τέλος, ο συντελεστής βαρύτητας για την αξιοποίηση της παραγόμενης άλμης από μονάδες αφαλάτωσης είναι σχετικά χαμηλός, δεδομένου ότι η άλμη επιβαρυνόμενη με χλωριόντα και κατιόντα νατρίου προκύπτει και από βιομηχανικές δραστηριότητες λόγω της χρήσης αλατιού ως πρώτη ύλη (π.χ. παραγωγή χλωρίου στη χημική βιομηχανία).

Πίνακας 6-2: Κριτήρια και συντελεστές βαρύτητας για την τελική αξιολόγηση περιοχών στην Ελλάδα αναφορικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα (Ξεύγενο, 2016)

| Κριτήριο | Βαθμολογία |
|--|------------|
| αξιοποίηση απιονισμένου νερού | 7 |
| αξιοποίηση άλατος | 9 |
| αξιοποίηση απορριπτόμενης θερμότητας (waste heat): | 8 |
| αξιοποίηση παραγόμενης άλμης | 5 |

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας λήφθηκαν υπόψιν μόνο οι μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις. Ωστόσο, πολλές από τις τουριστικές μονάδες αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τη διαχείριση της άλμης που παράγεται από τις μονάδες αφαλάτωσης. Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι ένα μεγάλο ποσοστό των ξενοδοχειακών μονάδων βρίσκεται στην ενδοχώρα και αξιοποιεί υφάλμυρο νερό (50.5% των μονάδων). Η σωστή διαχείριση της άλμης είναι πολλές φορές μία επιτακτική ανάγκη για τις μονάδες αυτές. Ωστόσο, η αξιοποίηση των τελικών προϊόντων από το σύστημα ενδέχεται να είναι προβληματική. Το παραγόμενο νερό αν και υψηλότερων προδιαγραφών, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των τουριστικών μονάδων. Ωστόσο, αναφορικά με τα άλατα, στο τωρινό στάδιο ανάπτυξης θα απαιτούν τελική διάθεση σε ΧΥΤΑ, ενώ σε επιτυχή εφαρμογή διαχωρισμού των αλάτων, οι τελικοί χρήστες είναι κυρίως βιομηχανικοί. Η διαχείριση του τελικού προϊόντος εκτιμάται πως δεν εμπίπτει στα πλαίσια της επιχειρηματικής δραστηριότητάς τους, ούτε της γενικότερης γνώσης/τεχνογνωσίας. (Ξεύγενος, 2016)

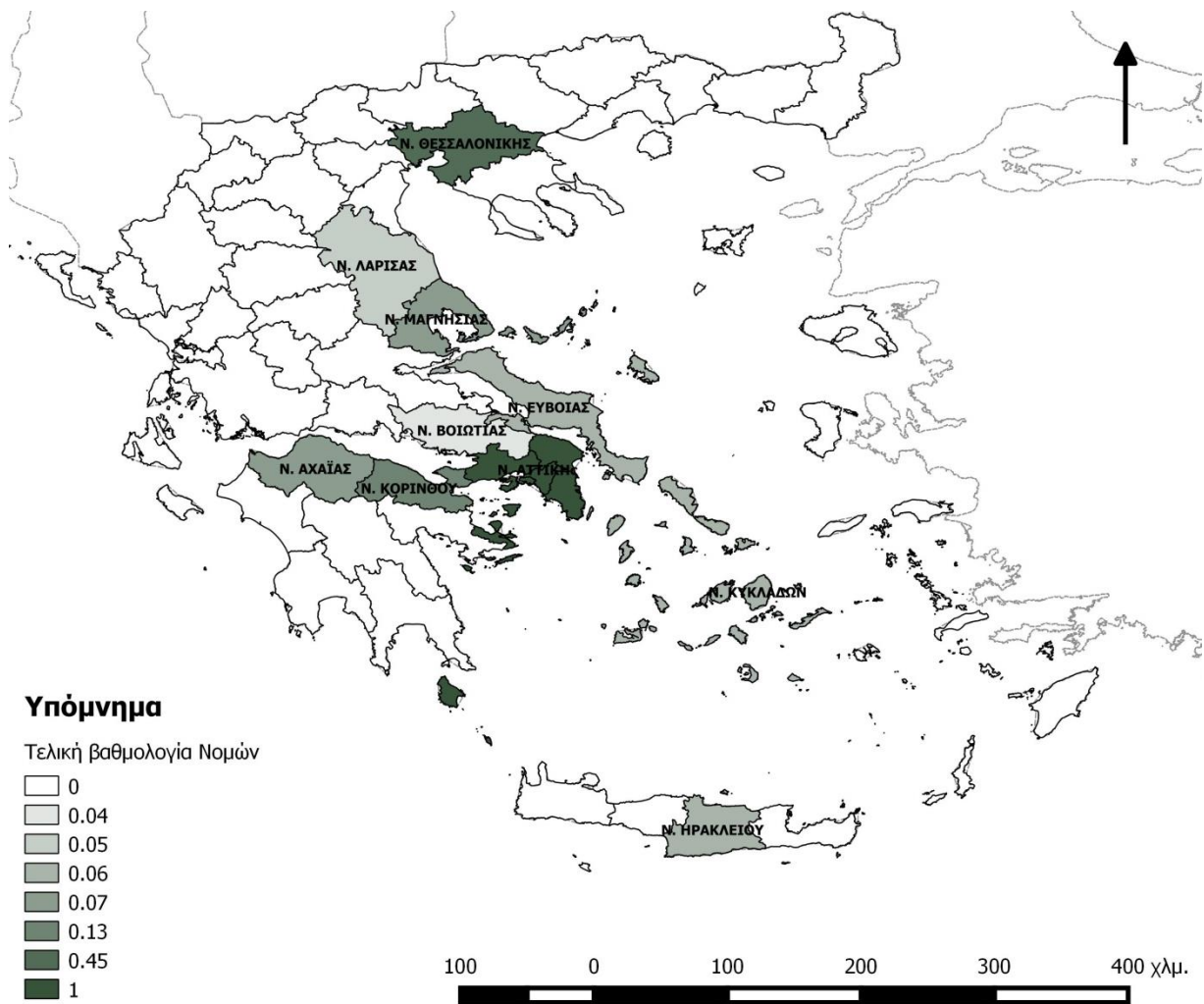
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη βαθμολόγηση των περιοχών παρουσιάζονται αναλυτικά για όλους τους νομούς στον Πίνακα Π 9 του παραρτήματος. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται με αύξουσα σειρά οι δέκα νομοί που εμφάνισαν την υψηλότερη βαθμολογία.

Όπως συνεπάγεται, φαίνεται πως οι πιο αξιόλογες περιοχές για την εφαρμογή του συστήματος επεξεργασίας της άλμης σε πλήρη κλίμακα είναι η Αττική και η Θεσσαλονίκη, γεγονός που οφείλεται κυρίως στη μεγάλη οικονομική δραστηριότητα στους κλάδους που αναλύθηκαν παραπάνω Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι στο σύνολο των 51 νομών της Ελλάδας, ο νομός Κυκλάδων εμφανίζεται στην έβδομη θέση, γεγονός που οφείλεται κυρίως στα υψηλά ποσοστά μονάδων αφαλάτωσης.

Πίνακας 6-3: Τελική βαθμολογία των δέκα επικρατέστερων νομών όπως προέκυψαν από τα κριτήρια αξιολόγησης

| | Τελική Βαθμολόγηση | Κανονικοποιημένη βαθμολογία |
|------------------|--------------------|-----------------------------|
| ΑΤΤΙΚΗΣ | 37,75% | 1,00 |
| ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ | 16,86% | 0,45 |
| ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ | 5,00% | 0,13 |
| ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ | 2,81% | 0,07 |
| ΑΧΑΪΑΣ | 2,63% | 0,07 |
| ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ | 2,31% | 0,06 |
| ΚΥΚΛΑΔΩΝ | 2,19% | 0,06 |
| ΕΥΒΟΙΑΣ | 2,11% | 0,06 |
| ΛΑΡΙΣΑΣ | 1,71% | 0,05 |
| ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 1,68% | 0,04 |

Σημειώνεται ότι προτείνεται περαιτέρω διερεύνηση, έτσι ώστε να εφαρμοστεί η μεθοδολογία με ακριβέστερα στοιχεία.



Χάρτης 6-7: Τελική βαθμολογία Νομών

7 Συμπεράσματα – Προτάσεις για Περαιτέρω έρευνα

Η διαθεσιμότητα του νερού βρίσκεται υπό πίεση και σε πολλές περιοχές το ισοζύγιο των υδατικών αποθεμάτων – ζήτησης νερού είναι ελλειμματικό. Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ελλειμματικό ισοζύγιο παρουσιάζεται στο υδατικό διαμέρισμα των Νησιών του Αιγαίου, πολλά από τα οποία χαρακτηρίζονται άνυδρα.

Η αφαλάτωση αναγνωρίζεται ως μία πολλά υποσχόμενη λύση για την καταπολέμηση αυτού του προβλήματος. Ωστόσο, υπάρχουν ζητήματα που δεν έχουν επιλυθεί και προκαλούν σοβαρές ανησυχίες, με σημαντικότερο την περιβαλλοντική όχληση που προκαλεί το υγρό υπόλειμμα (άλμη) το οποίο διατίθεται σε υδάτινους αποδέκτες.

Στην Ελλάδα λειτουργούν 256 μονάδες αφαλάτωσης συνολική δυναμικότητας 162,909 m³/ημέρα. Από τις μονάδες αυτές στην παρούσα εργασία χαρτογραφήθηκαν οι 233 (ποσοστό χαρτογράφησης 87%).

Οι πρώτες μονάδες αφαλάτωσης λειτούργησαν το 1979 ενώ από το 2001 και μετά αυξήθηκε έντονα ο ρυθμός κατασκευής και λειτουργίας μονάδων αφαλάτωσης.

Στην Ελλάδα λειτουργούν μικρές και μεσαίες μονάδες αφαλάτωσης. Οι μονάδες αυτές επεξεργάζονται κυρίως θαλασσινό νερό (σε ποσοστό 64 %). Οι υπόλοιπες μονάδες επεξεργάζονται υφάλμυρα ύδατα (σε ποσοστό 46%), νερό δικτύου (σε ποσοστό 3%) και επιφανειακά ύδατα (σε ποσοστό 1%). Το μεγαλύτερο ποσοστό των μονάδων που επεξεργάζονται θαλασσινό νερό βρίσκεται στην Νησιωτική Ελλάδα και κυρίως στις Κυκλάδες, ενώ στην Ηπειρωτική Ελλάδα το νερό τροφοδοσίας των μονάδων είναι κυρίως υφάλμυρο.

Περίπου το σύνολο των μονάδων που λειτουργούν στην Ελλάδα λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης Όσμωσης (σε ποσοστό 85%) ενώ ακολουθεί η εξάτμιση πολλαπλών βαθμίδων.

Το νερό που παράγεται από μονάδες αφαλάτωσης προορίζεται για χρήση ως πόσιμο νερό στους Δήμους, για χρήση σε βιομηχανικές μονάδες, σε τουριστικές εγκαταστάσεις και σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Οι Δημοτικές μονάδες αφαλάτωσης αντιπροσωπεύουν το 45% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης και οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στη Νησιωτική Ελλάδα και επεξεργάζονται θαλασσινό νερό. Τα συμπλέγματα νησιών Κυκλάδες και Δωδεκάνησα κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό εγκατεστημένης δυναμικότητα με τις Κυκλάδες να έχουν την πρώτη θέση με ποσοστό 40%. Στο δήμο Σύρου είναι εγκατεστημένες οι περισσότερες μονάδες με συνολική δυναμικότητα 9.600 m³/ ημέρα.

Το υδατικό διαμέρισμα των Κυκλάδων παρουσιάζει το μεγαλύτερο ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο στο σύνολο της χώρας, γεγονός που εξηγεί την ύπαρξη των περισσότερων μονάδων αφαλάτωσης. Επίσης, παρατηρείτε ότι στους νομούς της Βόρειας Ελλάδας δεν υπάρχουν καθόλου μονάδες αφαλάτωσης, γεγονός που εξηγείται από τα πλούσια υδατικά αποθέματα των περιοχών αυτών.

Οι Βιομηχανικές μονάδες αφαλάτωσης αντιπροσωπεύουν το 31% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης. Αν και η συνολική ζήτηση νερού για τη βιομηχανία είναι περίπου 1,9% της συνολικής ζήτησης νερού, η ανάγκη για αφαλάτωση στη βιομηχανία αντιπροσωπεύει το 31% της συνολικής εγκατεστημένης δυναμικότητας στην Ελλάδα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλοί βιομηχανικοί χρήστες απαιτούν νερό υψηλών προδιαγραφών. Αναφορικά με την ανάλυση της εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης ανά βιομηχανικό χρήστη, η διύλιση πετρελαίου και η χημική βιομηχανία κατέχουν το υψηλότερο ποσοστό (21.9%), ακολουθούμενη από τη βιομηχανία τροφίμων (15.7%), την εξόρυξη πετρελαίου (13.4%) και τη βιομηχανία παραγωγής μετάλλων (10.1%).

Οι Βιομηχανικές μονάδες βρίσκονται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα και συγκεντρώνονται κυρίως στους Νομούς της Αττικής, της Θεσσαλονίκης και της Κορίνθου.

Οι μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες σε τουριστικές εγκαταστάσεις αντιπροσωπεύουν το 20% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης. Οι μονάδες αυτές συγκεντρώνονται κυρίως στα Δωδεκάνησα (με τη Ρόδο να κατέχει το υψηλότερο ποσοστό) και την Κρήτη, περιοχές στις οποίες βρίσκονται και οι μεγαλύτερες τουριστικές μονάδες.

Οι μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής αντιπροσωπεύουν το 4% του συνολικά παραγόμενου νερού από μονάδες αφαλάτωσης

Οι μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής βρίσκονται στην Αττική, στην Κεντρική Μακεδονία, στην Κρήτη και στην Κοζάνη.

Η διαχείριση της άλμης που παράγεται από μονάδες αφαλάτωσης, σήμερα πραγματοποιείται συμβατικά με τη χρήση των ακόλουθων τεχνικών: (1) Διάθεση σε επιφανειακά ύδατα, (2) Διάθεση σε δίκτυο αποχέτευσης, (3) Έγχυση άλμης σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς, (4) Άρδευση και (5) Λίμνες εξάτμισης. Από τις τεχνικές αυτές καμία από τις τεχνικές αυτές δεν οδηγεί σε ανάκτηση προϊόντων. Στα πλαίσια του έργου SOL-BRINE (Ξεύγενος, 2016) έχει αναπτυχθεί ένα ενεργειακά αυτόνομο πιλοτικό σύστημα επεξεργασίας της άλμης, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σύμφωνα με την αρχή των μηδενικών υγρών αποβλήτων (Zero Liquid Discharge).

Εξετάστηκαν έξι κατηγορίες βιομηχανικών δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν το τελικό προϊόν του πιλοτικού συστήματος ως πρώτη ύλη και έπειτα από την εφαρμογή κάποιων κριτηρίων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι Νομοί Αττικής και Θεσσαλονίκης φαίνεται να τηρούν τα περισσότερα κριτήρια.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Αναφορικά με τη χαρτογράφηση των μονάδων, προτείνεται να γίνει παραπάνω μελέτη αναφορικά με το κατά πόσο τηρούν το κριτήρια χωροθέτησης με βάση την ισχύουσα νομοθεσία.

Επίσης, κρίνεται αναγκαία, μια έρευνα για τον τρόπο διάθεσης και διαχείρισης της παραγόμενης άλμης από μονάδες αφαλάτωσης στο σύνολο της χώρας με σκοπό να εντοπιστούν οι περιοχές με το εντονότερο πρόβλημα.

Θα ήταν σκόπιμο να γίνει μια μελέτη των βιομηχανιών εκείνων που χρησιμοποιούν άλατα ως πρώτη ύλη και ταυτόχρονα λειτουργεί σε αυτές μονάδα αφαλάτωσης. Σε αυτές τις βιομηχανίες συνίσταται να γίνει μελέτη διαχείρισης της παραγόμενης άλμης από τις μονάδες αφαλάτωσης με σκοπό την ανάκτηση χρήσιμων πρώτων υλών για την παραγωγική διαδικασία.

Τέλος, προτείνεται να γίνει ενδελεχής μελέτη αναφορικά με τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης ανάπτυξης πρώτου συστήματος επεξεργασίας της άλμης σε πλήρη κλίμακα. Με βάση την αποτύπωση της βιομηχανίας και της αγοράς αφαλάτωσης στην Ελλάδα, προτείνεται η εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας για την ποσοτική αξιολόγηση των διαφορετικών περιοχών, ορίζοντας εκ νέου μικρότερο επίπεδο χωρικής μελέτης τους δήμους της Ελλάδας. Στη συνέχεια προτείνεται η εφαρμογή των κριτηρίων χωροθέτησης μονάδων αφαλάτωσης με σκοπό τον αποκλεισμό των περιοχών που δεν τηρούν αυτά τα κριτήρια.

8 Παράρτημα

Πίνακας Π 1: Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Κυκλάδων (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων)

| Έτος | ΚΥΚΛΑΔΕΣ - Μεταφερόμενες ποσότητες (m ³ /έτος) | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----------|---------|----------|-----------|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| | Αμοργός | Κουφονήσι | Κίμωλος | Ηρακλεία | Σχοινούσα | Φολέγανδρος | Τήνος | Σίκινος | Θηρασιά | Δονούσα | Μήλος | Σύρος (Ποσειδωνία) |
| 1997 | 23.785 | 25.435 | 16.270 | 5.190 | 8.955 | 6.890 | | | | | | |
| 1998 | 21.130 | 28.190 | 17.990 | 6.250 | 11.910 | 5.580 | | | | | | |
| 1999 | 23.720 | 26.320 | 16.375 | 7.745 | 3.430 | 10.170 | | | | | | |
| 2000 | 13.570 | 28.351 | 22.938 | 9.110 | 11.340 | 12.730 | 37.531 | 10.000 | | | | |
| 2001 | 19.150 | 28.648 | 29.983 | 10.940 | 13.640 | 15.770 | 36.837 | 14.550 | 7.200 | 300 | 26.774 | 0 |
| 2002 | 9.675 | 31.065 | 23.275 | 11.596 | 23.730 | 25.116 | 1.900 | 10.676 | 3.220 | 0 | 189.090 | 0 |
| 2003 | 8.164 | 31.907 | 23.139 | 9.855 | 25.345 | 35.695 | 0 | 12.020 | 6.170 | 0 | 184.482 | 0 |
| 2004 | 9.050 | 39.600 | 27.922 | 14.408 | 31.846 | 36.270 | 0 | 10.748 | 9.168 | 0 | 159.800 | 0 |
| 2005 | 15.856 | 46.641 | 32.489 | 14.836 | 26.896 | 40.259 | 25.135 | 18.159 | 11.513 | 0 | 232.778 | 0 |
| 2006 | 25.024 | 44.983 | 39.949 | 16.818 | 31.047 | 60.153 | 14.571 | 17.084 | 12.729 | 0 | 298.040 | 7.321 |
| 2007 | 41.537 | 48.700 | 53.880 | 18.621 | 38.563 | 66.728 | 36.649 | 29.278 | 14.990 | 1.200 | 346.971 | 0 |
| 2008 | 42.542 | 51.270 | 71.201 | 18.598 | 50.007 | 79.248 | 75.638 | 41.285 | 16.013 | 10.262 | 231.667 | 0 |
| 2009 | 53.838 | 53.719 | 57.287 | 18.850 | 38.289 | 87.062 | 49.222 | 38.496 | 19.445 | 12.867 | 0 | 0 |
| 2010 | 43.747 | 49.372 | 46.488 | 16.190 | 28.766 | 56.510 | 13.067 | 20.920 | 16.408 | 15.383 | 0 | 0 |
| 2011 | 35.806 | 51.614 | 46.602 | 16.839 | 27.054 | 58.340 | 0 | 15.036 | 17.712 | 11.781 | 0 | 0 |
| 2012 | 44.822 | 53.101 | 48.107 | 17.245 | 17.394 | 53.594 | 0 | 0 | 4.022 | 8.296 | 0 | 0 |
| 2013 | 47.618 | 56.461 | 52.027 | 17.298 | 35.309 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.602 | 0 | 0 |
| 2014 | 33.936 | 51.117 | 55.340 | 14.714 | 19.938 | 2.000 | 0 | 0 | 3.291 | 10.386 | 0 | 0 |

Πίνακας Π 2: Μεταφερόμενες ποσότητες νερού ανά έτος σε νησιά των Δωδεκανήσων (Πηγή: Ειδική γραμματεία Υδάτων)

| Έτος | ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ - Μεταφερόμενες ποσότητες (m ³ /έτος) | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|---------|---------|---------|---------|--------|------------|---------|--------|---------|-----------|------------------|-------------|
| | Αγαθονήσι | Λειψοί | Μεγίστη | Νίσυρος | Πάτμος | Σύμη | Χάλκη | Παληόνησος | Ψέριμος | Λέβιθα | Λέρος | Καλόλιμος | Κάλυμνος (Πλατύ) | Φαρμακονήσι |
| 1996 | 4.070 | 11.046 | 17.196 | 30.592 | 71.468 | 158.742 | 33.212 | 210 | 460 | 0 | 0 | 200 | 200 | 200 |
| 1997 | 3.030 | 26.500 | 24.850 | 40.035 | 86.420 | 177.650 | 43.120 | 200 | 490 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 6.202 | 32.094 | 36.856 | 44.778 | 106.178 | 201.512 | 56.654 | 250 | 270 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| 1999 | 7.288 | 28.124 | 42.738 | 52.394 | 129.594 | 154.034 | 47.283 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 9.866 | 35.986 | 44.088 | 80.108 | 164.366 | 176.691 | 42.937 | 650 | 520 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 11.368 | 56.746 | 54.244 | 88.338 | 212.791 | 147.511 | 46.999 | 800 | 2.400 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 2002 | 11.620 | 43.558 | 60.188 | 18.016 | 250.174 | 175.607 | 56.262 | 900 | 1.420 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 11.000 | 34.304 | 62.042 | 21.216 | 220.174 | 206.076 | 48.507 | 800 | 650 | 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 12.120 | 41.672 | 58.934 | 22.766 | 249.325 | 277.140 | 53.180 | 900 | 1.300 | 250 | 42.150 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 13.195 | 28.823 | 61.066 | 25.351 | 278.991 | 388.029 | 62.186 | 750 | 400 | 0 | 110.585 | 300 | 0 | 0 |
| 2006 | 21.896 | 33.907 | 71.489 | 25.749 | 258.172 | 457.142 | 67.833 | 570 | 650 | 430 | 67.500 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 16.957 | 52.987 | 65.765 | 56.730 | 194.285 | 565.851 | 72.943 | 546 | 3.037 | 200 | 72.207 | 120 | 0 | 0 |
| 2008 | 18.835 | 58.019 | 74.653 | 50.175 | 213.960 | 566.301 | 76.975 | 1.323 | 1.811 | 420 | 79.120 | 132 | 0 | 0 |
| 2009 | 18.889 | 50.298 | 67.739 | 50.117 | 167.955 | 328.227 | 65.490 | 561 | 100 | 200 | 76.634 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 15.680 | 55.992 | 37.688 | 35.640 | 119.936 | 40.771 | 54.381 | 735 | | 505 | 52.581 | 0 | 0 | 0 |
| 2011 | 13.060 | 53.934 | 15.444 | 0 | 74.226 | 31.979 | 48.555 | 415 | | | 51.272 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 13.038 | 69.669 | 24.647 | 0 | 63.549 | 20.539 | 47.711 | 0 | 0 | 0 | 26.011 | 0 | 0 | 0 |
| 2013 | 9.658 | 53.707 | 36.347 | 0 | 81.674 | 8.512 | 48.560 | 0 | 519 | 214 | 13.409 | 0 | 0 | 883 |
| 2014 | 13.710 | 16.641 | 23.992 | 0 | 68.654 | 17.175 | 2.816 | 0 | 498 | 418 | 12.592 | 0 | 0 | 605 |

Πίνακας Π 3: Λεπτομερή στοιχεία Δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης

| a/a | Τοποθεσία | Lat | Lon | Δυναμικότητα (m ³ /d) | Μέγεθος | Τεχνολογία | Νερό τροφοδοσία |
|-----|---------------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | Αίγινα | 37,747342 | 23,502333 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 2 | Αγ. Γεώργιος | 37,477165 | 23,926248 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 3 | Αγαθονήσι | 37,460783 | 26,966183 | 80 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 4 | Ακροτήρι | 36,352046 | 25,403426 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 5 | Αρχ. Κόρινθος | 37,910746 | 22,882631 | 210 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 6 | Αθήνα | 37,999553 | 23,601287 | 1300 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 7 | Αθήνα | 37,965988 | 23,988818 | 720 | S | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 8 | Αθήνα | 37,864556 | 24,020942 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 9 | Αθήνα | 37,747014 | 24,054596 | 53 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 10 | Χάλκη | 36,231549 | 27,567050 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 11 | Χίος | 38,368648 | 26,130985 | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 12 | Χίος | 38,366521 | 26,135856 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 13 | Χίος | 38,369263 | 26,134148 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 14 | Κέρκυρα | 39,732554 | 19,920241 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 15 | Κρήτη | 35,345776 | 25,043749 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 16 | Κρήτη | 35,519075 | 23,885542 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 17 | Κρήτη | 35,130981 | 24,727370 | 310 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 18 | Δονούσα | 37,101353 | 25,794928 | 150 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 19 | Εύβοια | 38,625231 | 24,099701 | 700 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 20 | Εύβοια | 38,076862 | 24,323138 | 480 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 21 | Λακωνία | 35,202018 | 25,661424 | 350 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 22 | Φολέγανδρος | 36,612919 | 24,944377 | 720 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 23 | Φολέγανδρος | 36,616573 | 24,945696 | 360 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 24 | Φθιοίτιδα | 37,460783 | 26,966183 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 25 | Ύδρα | 37,349538 | 23,468320 | 1600 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 26 | Ίος | 36,722702 | 25,280078 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 27 | Ίος | 36,730573 | 25,270125 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 28 | Ιθάκη | 38,429578 | 20,673680 | 535 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |

| | | | | | | | |
|----|------------|-----------|-----------|------|---|------------------------|----------------|
| 29 | Ιθάκη | 38,354927 | 20,686180 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 30 | Καλαμάτα | 37,034079 | 22,133474 | 150 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 31 | Κάλυμνος | 36,947617 | 26,980268 | 6 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 32 | Κάλυμνος | 36,952872 | 26,986029 | 12 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 33 | Κασσιόπη | 39,776587 | 19,928976 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 34 | Κίμωλος | 36,787722 | 24,574430 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 35 | Κως | 36,813176 | 27,172328 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 36 | Κουφονήσι | 36,936745 | 25,592004 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 37 | Κύθνος | 37,393193 | 24,400533 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 38 | Λήμνος | 39,859060 | 25,070034 | 290 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 39 | Λέρος | 37,132339 | 26,845849 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 40 | Μύκονος | 37,472380 | 25,317006 | 4500 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 41 | Μύκονος | 37,452748 | 25,328775 | 2000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 42 | Μύκονος | 37,466909 | 25,327559 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 43 | Μύκονος | 37,469549 | 25,323621 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 44 | Ναύπλιο | 37,569960 | 22,813063 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 45 | Αγκίστρι | 37,711099 | 23,345913 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 46 | Νίσυρος | 36,610749 | 27,139955 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 47 | Νίσυρος | 36,609720 | 27,132438 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 48 | Νίσυρος | 36,607138 | 27,137147 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 49 | Π. Φάληρο | 37,921515 | 23,706375 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 50 | Πάρος | 37,092807 | 25,162428 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 51 | Πάτιμος | 37,318626 | 26,546986 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 52 | Παξοί | 39,201106 | 20,182827 | 264 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 53 | Παξοί | 39,194908 | 20,179737 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 54 | Πόρτο Χέλι | 37,329742 | 23,144907 | 445 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 55 | Ρόδος | 36,062482 | 27,987003 | 550 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 56 | Ρόδος | 36,080597 | 28,018955 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 57 | Σχοινούσα | 36,871348 | 25,514062 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 58 | Σίφνος | 37,000695 | 24,691848 | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 59 | Σίφνος | 36,987465 | 24,679268 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 60 | Σίφνος | 36,986786 | 24,690930 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |

| | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|------|---|------------------------|----------------|
| 61 | Σίφνος | 36,988036 | 24,673242 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 62 | Σύμη | 36,606769 | 27,841477 | 1800 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 63 | Σύμη | 36,614316 | 27,841477 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 64 | Σύμη | 36,618202 | 27,844988 | 550 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 65 | Σύρος | 37,441208 | 24,921835 | 2000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 66 | Σύρος | 37,429135 | 24,887564 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 67 | Σύρος | 37,394384 | 24,943767 | 800 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 68 | Σύρος | 37,403133 | 24,961593 | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 69 | Σύρος | 37,416676 | 24,953006 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 70 | Σύρος | 37,438554 | 24,893392 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 71 | Σύρος | 37,446206 | 24,902768 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 72 | Σύρος | 37,462410 | 24,944953 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 73 | Σύρος | 37,459329 | 24,931647 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 74 | Σύρος | 37,420418 | 24,945041 | 140 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 75 | Σύρος | 37,419845 | 24,939996 | 140 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 76 | Σύρος | 37,453311 | 24,945438 | 140 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 77 | Σύρος | 37,427428 | 24,940569 | 1590 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 78 | Σύρος | 37,429646 | 24,931986 | 740 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 79 | Σαντορίνη | 36,395781 | 25,460566 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 80 | Σαντορίνη | 36,383237 | 25,477187 | 320 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 81 | Σαντορίνη | 36,416250 | 25,465428 | 160 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 82 | Σαντορίνη | 36,424151 | 25,429680 | 130 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 83 | Σαντορίνη | 36,451857 | 25,341646 | 140 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 84 | Τήνος | 37,547756 | 25,167555 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 85 | Τήνος | 37,549878 | 25,148772 | 720 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 86 | Τήνος | 37,543755 | 25,176893 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 87 | Βόλος | 39,350765 | 22,973105 | 5000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 88 | Αμοργός | 36,895747 | 25,968782 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 89 | | | | 473 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 90 | | | | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 91 | | | | 425 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |

| | | | | | | | |
|-----|--|--|--|------|---|------------------------|-----------------------|
| 92 | | | | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 93 | | | | 568 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 94 | | | | 1500 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Επιφανειακό νερό |
| 95 | | | | 600 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 96 | | | | 384 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 97 | | | | 8000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 98 | | | | 350 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Νερό Δικτύου Ύδρευσης |
| 99 | | | | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 100 | | | | 350 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Νερό Δικτύου Ύδρευσης |
| 101 | | | | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Νερό Δικτύου Ύδρευσης |
| 102 | | | | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Νερό Δικτύου Ύδρευσης |

Πίνακας Π 4: Λεπτομερή σχιouxεία Βιομηχανικών μονάδων αφαλάτωσης

| a/a | Τοποθεσία | Lat | Lon | Δυναμικότητα (m ³ /d) | Μέγεθος | Τεχνολογία | Νερό τροφοδοσία |
|-----|-------------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | Αργος | 37,626471 | 22,742042 | 180 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 2 | Αργος | 37,640100 | 22,740020 | 180 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 3 | Ασπρόπυργος | 38,037012 | 23,614897 | 3600 | M | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 4 | Ασπρόπυργος | 38,037012 | 23,614897 | 1920 | M | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 5 | Αθήνα | 37,952054 | 23,662019 | 690 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 6 | Αθήνα | 37,770015 | 24,053622 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 7 | Αθήνα | 38,075130 | 23,508444 | 228 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 8 | Αθήνα | 38,153224 | 23,854643 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 9 | Αττική | 37,955280 | 23,613728 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 10 | Αττική | 38,075130 | 23,508444 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 11 | Αυλώνας | 38,280702 | 23,683753 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 12 | Χαλκίδα | 38,383188 | 23,503478 | 350 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 13 | Χαλκίδα | 38,420247 | 23,682211 | 340 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 14 | Χαλκίδα | 38,438507 | 23,636049 | 230 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |

| | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|-----------|------|---|-------------------------|----------------|
| 15 | Χίος | 38,346772 | 26,126067 | 1920 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 16 | Χίος | 38,332411 | 26,105930 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 17 | Κόρινθος | 37,921442 | 23,072503 | 5280 | M | MSF (Multi-stage Flash) | Υφάλμυρο νερό |
| 18 | Κόρινθος | 37,922119 | 23,072481 | 2400 | M | MSF (Multi-stage Flash) | Θαλασσινό νερό |
| 19 | Κόρινθος | 37,920385 | 23,075245 | 2400 | M | MSF (Multi-stage Flash) | Υφάλμυρο νερό |
| 20 | Κρήτη | 35,319773 | 25,174786 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 21 | Κρήτη | 35,162705 | 24,601784 | 235 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 22 | Κρήτη | 35,492135 | 24,031307 | 188 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 23 | Κρήτη | 35,498314 | 23,995942 | 144 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 24 | Κρήτη | 35,482951 | 23,959045 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 25 | Εύβοια | 38,399081 | 24,102467 | 160 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 26 | Ηράκλειο | 35,320941 | 25,189494 | 288 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 27 | Ios Island | 36,735917 | 25,284941 | 1100 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 28 | Κως | 36,887140 | 27,261994 | 325 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 29 | Κοζάνη | 40,307754 | 21,786786 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 30 | Λαμία | 38,909143 | 22,508504 | 350 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 31 | Λάρισα | 39,609939 | 22,431864 | 470 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 32 | Λάρισα | 39,590063 | 22,485451 | 225 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 33 | Μάνδρα | 38,075130 | 23,508444 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 34 | Αργολίδα | 37,638726 | 22,805681 | 365 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 35 | Οινόφυτα | 38,308418 | 23,639074 | 104 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 36 | Πάρος | 37,085784 | 25,198844 | 2600 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 37 | Πάτρα | 38,130115 | 21,637649 | 2400 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 38 | Πάτρα | 38,123174 | 21,636520 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 39 | Πόρτο Χέλι | 37,322827 | 23,159922 | 360 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 40 | Ρόδος | 36,405356 | 28,085660 | 700 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 41 | Ρόδος | 36,373216 | 28,192433 | 340 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 42 | Σχηματάρι | 38,319551 | 23,623533 | 185 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 43 | Σπετσοπούλα | 37,225494 | 23,160087 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 44 | Σύρος | 37,423233 | 24,919359 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 45 | Σύρος | 37,414824 | 24,950420 | 150 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |

| | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|-----------|------|---|--------------------------------------|----------------|
| 46 | Θεσσαλονίκη | 40,693225 | 22,809168 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 47 | Θεσσαλονίκη | 40,691598 | 22,801701 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 48 | Θεσσαλονίκη | 40,680366 | 22,794429 | 960 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 49 | Θεσσαλονίκη | 40,610397 | 22,987678 | 570 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 50 | Θεσσαλονίκη | 40,641239 | 22,922375 | 120 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 51 | Βέροια | 40,640042 | 22,233907 | 170 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 52 | Βόλος | 39,168671 | 22,840073 | 2400 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 53 | Βόλος | 39,168671 | 22,840073 | 1200 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 54 | Βόλος | 39,183300 | 22,758939 | 228 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 55 | Βόνιτσα | 38,882100 | 21,019226 | 220 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 56 | Ξάνθη | 41,124707 | 24,908264 | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 57 | | | | 1172 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 58 | | | | 1152 | M | Ηλεκτροαπιονισμός (EDI) | Υφάλμυρο νερό |
| 59 | | | | 1800 | M | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 60 | | | | 180 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 61 | | | | 64 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |

Πίνακας Π 5: Λεπτομερή στοιχεία μονάδων αφαλάτωσης εγκατεστημένων σε τουριστικές εγκαταστάσεις

| α/α | Τοποθεσία | Lat | Lon | Δυναμικότητα (m ³ /d) | Μέγεθος | Τεχνολογία | Νερό τροφοδοσία |
|-----|--------------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|------------------------|-----------------|
| 1 | Αγ. Νικόλαος | 35,181561 | 25,710330 | 270 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 2 | Αρκαδία | 37,404655 | 22,725789 | 260 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 3 | Χαλκιδική | 40,602727 | 22,963081 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 4 | Κέρκυρα | 39,763299 | 19,819342 | 360 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 5 | Κέρκυρα | 39,644994 | 19,850055 | 305 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 6 | Κέρκυρα | 39,580575 | 19,911793 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 7 | Κέρκυρα | 39,758979 | 19,939259 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 8 | Κέρκυρα | 39,609896 | 19,926806 | 190 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 9 | Κέρκυρα | 39,592177 | 19,810266 | 120 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |

| | | | | | | | |
|----|-------|-----------|-----------|-----|---|------------------------|----------------|
| 10 | Κρήτη | 35,337804 | 25,373987 | 720 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 11 | Κρήτη | 35,335385 | 25,374638 | 700 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 12 | Κρήτη | 35,516779 | 23,897668 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 13 | Κρήτη | 35,010686 | 25,744001 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 14 | Κρήτη | 35,535288 | 23,777450 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 15 | Κρήτη | 35,289606 | 25,448015 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 16 | Κρήτη | 35,333568 | 25,348293 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 17 | Κρήτη | 35,507817 | 24,006608 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 18 | Κρήτη | 35,189211 | 25,719920 | 380 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 19 | Κρήτη | 35,256972 | 25,726538 | 336 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 20 | Κρήτη | 35,302640 | 25,419230 | 336 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 21 | Κρήτη | 35,332935 | 25,338763 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 22 | Κρήτη | 35,013849 | 25,834973 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 23 | Κρήτη | 35,214210 | 25,708631 | 280 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 24 | Κρήτη | 35,335893 | 25,358896 | 270 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 25 | Κρήτη | 35,288427 | 25,482586 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 26 | Κρήτη | 35,368850 | 24,532215 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 27 | Κρήτη | 35,299978 | 25,351381 | 240 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 28 | Κρήτη | 35,291679 | 25,435901 | 210 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 29 | Κρήτη | 35,413894 | 24,780405 | 210 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 30 | Κρήτη | 35,290378 | 25,440097 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 31 | Κρήτη | 35,158284 | 25,716097 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 32 | Κρήτη | 35,369960 | 24,525547 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 33 | Κρήτη | 35,551846 | 24,084294 | 170 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 34 | Κρήτη | 35,358396 | 24,440975 | 165 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 35 | Κρήτη | 35,407143 | 24,249554 | 144 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 36 | Κρήτη | 35,541216 | 23,780661 | 140 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 37 | Κρήτη | 35,332112 | 25,298354 | 130 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 38 | Κρήτη | 35,329560 | 25,251144 | 120 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 39 | Κρήτη | 35,518273 | 23,893417 | 110 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 40 | Κρήτη | 35,336028 | 25,100729 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |

| | | | | | | | |
|----|----------|-----------|-----------|------|---|------------------------|----------------|
| 41 | Ερμιόνη | 37,384772 | 23,238092 | 700 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 42 | Εύβοια | 38,802091 | 23,241920 | 1300 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 43 | Εύβοια | 38,855885 | 23,044601 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 44 | | 36,991033 | 24,681964 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 45 | Κάρπαθος | 35,508902 | 27,192887 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 46 | Κως | 36,904534 | 27,278427 | 700 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 47 | Κως | 36,899818 | 27,281464 | 500 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 48 | Κως | 36,910028 | 27,279515 | 1300 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 49 | Κως | 36,802413 | 27,153155 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 50 | Κως | 36,905252 | 27,270770 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 51 | Κως | 36,876470 | 27,286406 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 52 | Κως | 36,782484 | 27,143498 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 53 | Κρανίδι | 37,337866 | 23,155474 | 165 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 54 | Λεγρενά | 37,664620 | 23,994198 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 55 | Μεσσηνία | 36,918671 | 21,701902 | 1000 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 56 | Μεσσηνία | 36,982912 | 21,663291 | 550 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 57 | Μύκονος | 37,443881 | 25,326303 | 4500 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 58 | Νάξος | 37,067084 | 25,358290 | 1125 | M | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 59 | Πάτμος | 37,304791 | 26,561774 | 120 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 60 | Πειραι | 37,941142 | 23,645890 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 61 | Ρόδος | 36,063454 | 27,986895 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 62 | Ρόδος | 36,368804 | 28,218113 | 450 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 63 | Ρόδος | 36,056202 | 27,972280 | 360 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 64 | Ρόδος | 36,391250 | 28,234670 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 65 | Ρόδος | 36,387484 | 28,238769 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 66 | Ρόδος | 36,426760 | 28,202412 | 300 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 67 | Ρόδος | 36,319419 | 28,196682 | 280 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 68 | Ρόδος | 36,249123 | 28,156702 | 250 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 69 | Ρόδος | 36,422103 | 28,158791 | 220 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 70 | Ρόδος | 36,332884 | 28,205400 | 215 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 71 | Ρόδος | 36,408950 | 28,165880 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 72 | Ρόδος | 36,356835 | 28,209543 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |

| | | | | | | | |
|----|----------|-----------|-----------|-----|---|------------------------|----------------|
| 73 | Ρόδος | 36,125933 | 28,063710 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 74 | Ρόδος | 36,432581 | 28,235537 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 75 | Ρόδος | 36,391906 | 28,234691 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 76 | Ρόδος | 36,422161 | 28,153493 | 230 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 77 | Ρόδος | 36,373731 | 28,224697 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 78 | Ρόδος | 36,369003 | 28,220328 | 200 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 79 | Ρόδος | 36,416118 | 28,161993 | 165 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 80 | Ζάκυνθος | 37,743419 | 20,897314 | 125 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 81 | Ζάκυνθος | 37,744572 | 20,895683 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 82 | Κρήτη | 35,334783 | 25,662601 | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 83 | | | | 100 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Θαλασσινό νερό |
| 84 | | | | 750 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |

Πίνακας Π 6: Λεπτομερή στοιχεία μονάδων αφαλάτωσης εγκατεστημένων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

| a/a | Τοποθεσία | Lat | Lon | Δυναμικότητα (m ³ /d) | Μέγεθος | Τεχνολογία | Νερό τροφοδοσία |
|-----|-------------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | Λαύριο | 37.738851 | 24.04518 | 2400 | M | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 2 | Ηράκλειο | 35.345927 | 25.041064 | 860 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 3 | Κρήτη | 35.487814 | 24.061526 | 400 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 4 | Κρήτη | 35.487814 | 24.061526 | 1600 | M | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |
| 5 | Αλιβέρι | 38.396639 | 24.046472 | 480 | S | Αντίστροφη Όσμωση (RO) | Υφάλμυρο νερό |
| 6 | Θεσσαλονίκη | 40.646751 | 22.830151 | 600 | S | Απόσταξη με πολλαπλές βαθμίδες (MED) | Θαλασσινό νερό |

Πίνακας Π 7: Ποσοστό συνεισφοράς βιομηχανικού κλάδου ανά Νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ,2010, ίδια επεξεργασία)

| | Βιομηχανικός κλάδος | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Κλωστ. | Χαρτ. | Χημ. | Δερμ. | Τροφ. | Διwl. | | Κλωστ. | Χαρτ. | Χημ. | Δερμ. | Τροφ. | Διwl. |
| ΑΤΤΙΚΗΣ | 43,35% | 53,78% | 42,79% | 56,37% | 20,52% | 56,52% | ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ | 0,87% | 1,31% | 0 | 0 | 2,07% | 0 |
| ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ | 19,98% | 14,97% | 15,13% | 22,07% | 7,56% | 43,48% | ΚΑΒΑΛΑΣ | 0,97% | 1,74% | 0,47% | 0,83% | 1,59% | 0 |
| ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ | 0,82% | 1,31% | 1,30% | 0 | 1,75% | 0 | ΔΡΑΜΑΣ | 1,02% | 1,31% | 0,95% | 0 | 1,00% | 0 |
| ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ | 1,26% | 1,60% | 1,77% | 0 | 2,42% | 0 | ΗΜΑΘΙΑΣ | 0,82% | 0,58% | 0,71% | 0 | 1,48% | 0 |
| ΑΧΑΪΑΣ | 2,22% | 2,76% | 1,77% | 1,45% | 2,89% | 0 | ΡΕΘΥΜΝΗΣ | 0,82% | 0 | 0,71% | 0,41% | 1,54% | 0 |
| ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ | 2,03% | 1,89% | 2,24% | 1,24% | 3,89% | 0 | ΛΕΣΒΟΥ | 0,44% | 0,58% | 0,59% | 0,41% | 1,69% | 0 |
| ΚΥΚΛΑΔΩΝ | 1,26% | 0 | 0,47% | 0 | 1,52% | 0 | ΑΡΚΑΔΙΑΣ | 0,29% | 0,87% | 0,83% | 0 | 1,21% | 0 |
| ΕΥΒΟΙΑΣ | 1,11% | 1,02% | 3,19% | 0 | 2,58% | 0 | ΚΕΡΚΥΡΑΣ | 0,73% | 0 | 0,59% | 0,83% | 1,66% | 0 |
| ΛΑΡΙΣΑΣ | 2,56% | 2,18% | 2,01% | 1,66% | 3,44% | 0 | ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ | 0,77% | 0 | 0,71% | 0,83% | 1,20% | 0 |
| ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 1,11% | 2,03% | 3,19% | 0,41% | 1,41% | 0 | ΗΛΕΙΑΣ | 1,02% | 0 | 0 | 0 | 2,18% | 0 |
| ΧΙΟΥ | 0,53% | 0 | 0,47% | 0 | 0,64% | 0 | ΛΑΚΩΝΙΑΣ | 0,34% | 0 | 0,47% | 0 | 1,65% | 0 |
| ΔΩΔ/ΝΗΣΟΥ | 0,97% | 1,02% | 0,95% | 0,93% | 1,73% | 0 | ΡΟΔΟΠΗΣ | 0,48% | 0,73% | 0,47% | 0 | 0,83% | 0 |
| ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ | 1,21% | 0,87% | 1,77% | 0 | 1,66% | 0 | ΖΑΚΥΝΘΟΥ | 0,34% | 0 | 0,59% | 0 | 0,59% | 0 |
| ΣΕΡΡΩΝ | 0,82% | 1,02% | 1,42% | 1,45% | 2,23% | 0 | ΛΑΣΙΘΙΟΥ | 0,24% | 0,87% | 0 | 0,41% | 1,05% | 0 |
| ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ | 0,67% | 0 | 0,71% | 0 | 1,67% | 0 | ΚΕΦΑΛ/ΝΙΑΣ | 0,19% | 0 | 0,47% | 0 | 0,39% | 0 |
| ΧΑΝΙΩΝ | 0,63% | 0,73% | 0,83% | 2,28% | 2,17% | 0 | ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ | 0,29% | 0 | 0 | 0 | 0,78% | 0 |
| ΚΟΖΑΝΗΣ | 0,73% | | 1,54% | 2,90% | 1,49% | 0 | ΠΡΕΒΕΖΑΣ | 0,24% | 0 | 0 | 0 | 0,73% | 0 |
| ΞΑΝΘΗΣ | 0,63% | 1,31% | 0,95% | 0,41% | 1,07% | 0 | ΣΑΜΟΥ | 0,29% | | 0 | 0 | 0,64% | 0 |
| ΚΙΑΚΙΣ | 1,94% | 0,73% | 1,77% | 0 | 0,89% | 0 | ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ | 0 | 0 | 0 | 4,04% | 0,40% | 0 |
| ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ | 1,02% | 0,87% | 1,06% | 0,52% | 2,38% | 0 | ΑΡΤΑΣ | 0,19% | 0 | 0 | 0 | 0,60% | 0 |
| ΠΕΡΙΑΣ | 0,82% | 0,73% | 1,54% | 0 | 1,53% | 0 | ΦΩΚΙΑΔΑΣ | 0 | 0 | 0 | 0,52% | 0,52% | 0 |
| ΕΒΡΟΥ | 1,11% | 0,73% | 1,30% | 0 | 1,45% | 0 | ΦΛΩΡΙΝΑΣ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,49% | 0 |
| ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ | 0,48% | 0 | 0,83% | 0 | 2,86% | 0 | ΛΕΥΚΑΔΑΣ | 0 | | 0 | 0 | 0,43% | 0 |
| ΠΕΛΛΑΣ | 0,82% | 1,31% | 0,95% | 0 | 1,77% | 0 | ΓΡΕΒΕΝΩΝ | 0 | 0 | | 0 | 0,42% | 0 |
| ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ | 0,82% | 0 | 1,42% | 0 | 1,65% | 0 | ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ | 0 | | | 0 | 0,12% | 0 |
| ΤΡΙΚΑΛΩΝ | 0,73% | 1,16% | 1,06% | 0 | 1,52% | 0 | | | | | | | |

Πίνακας Π 8: Αποτελέσματα αξιολόγησης νομών ανά κριτήριο, στο πρώτο στάδιο βαθμολόγησης

| | <i>χρηση νερού</i> | <i>χρηση αλατος</i> | <i>διάθεση θερμότητας</i> | <i>άλμη</i> | | <i>χρηση νερού</i> | <i>χρηση αλατος</i> | <i>διάθεση θερμότητας</i> | <i>άλμη</i> |
|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|-------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|-------------|
| ΑΤΤΙΚΗΣ | 42,31% | 40,58% | 42,24% | 19,06% | ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ | 0,83% | 0,69% | 0,60% | 0,82% |
| ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ | 18,78% | 14,13% | 23,46% | 8,55% | ΚΑΒΑΛΑΣ | 0,96% | 0,95% | 0,64% | 0% |
| ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ | 1,13% | 1,30% | 0,91% | 23,61% | ΔΡΑΜΑΣ | 0,87% | 0,97% | 0,65% | 0% |
| ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ | 1,52% | 1,76% | 1,26% | 8,96% | ΗΜΑΘΙΑΣ | 0,75% | 0,82% | 0,67% | 0,40% |
| ΑΧΑΪΑΣ | 1,97% | 2,17% | 1,50% | 6,18% | ΡΕΘΥΜΝΗΣ | 0,65% | 0,76% | 0,68% | 0,55% |
| ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ | 2,14% | 2,47% | 1,85% | 3,02% | ΛΕΣΒΟΥ | 0,72% | 0,80% | 0,63% | 0% |
| ΚΥΚΛΑΔΩΝ | 0,63% | 0,64% | 0,66% | 9,60% | ΑΡΚΑΔΙΑΣ | 0,72% | 0,84% | 0,57% | 0% |
| ΕΥΒΟΙΑΣ | 1,83% | 2,44% | 1,71% | 2,53% | ΚΕΡΚΥΡΑΣ | 0,63% | 0,74% | 0,66% | 0% |
| ΛΑΡΙΣΑΣ | 2,09% | 2,35% | 1,75% | 0,00% | ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ | 0,57% | 0,71% | 0,60% | 0% |
| ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 1,77% | 2,38% | 1,43% | 0,68% | ΗΛΕΙΑΣ | 0,61% | 0,51% | 0,64% | 0% |
| ΧΙΟΥ | 0,34% | 0,41% | 0,36% | 6,84% | ΛΑΚΩΝΙΑΣ | 0,55% | 0,61% | 0,57% | 0% |
| ΑΩΔ/ΝΗΣΟΥ | 0,98% | 1,12% | 0,82% | 3,20% | ΡΟΔΟΠΗΣ | 0,53% | 0,56% | 0,40% | 0% |
| ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ | 1,20% | 1,48% | 1,08% | 0% | ΖΑΚΥΝΘΟΥ | 0,34% | 0,45% | 0,36% | 0% |
| ΣΕΡΡΩΝ | 1,21% | 1,50% | 1,06% | 0% | ΛΑΣΙΘΙΟΥ | 0,44% | 0,39% | 0,28% | 0% |
| ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ | 0,66% | 0,76% | 0,69% | 2,54% | ΚΕΦΑΛ/ΝΙΑΣ | 0,25% | 0,34% | 0,26% | 0% |
| ΧΑΝΙΩΝ | 0,94% | 1,16% | 0,84% | 1,01% | ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ | 0,21% | 0,18% | 0,22% | 0% |
| ΚΟΖΑΝΗΣ | 0,86% | 1,31% | 0,91% | 0,70% | ΠΡΕΒΕΖΑΣ | 0,19% | 0,17% | 0,20% | 0% |
| ΞΑΝΘΗΣ | 0,85% | 0,99% | 0,62% | 1,76% | ΣΑΜΟΥ | 0,18% | 0,15% | 0,19% | 0% |
| ΚΙΑΚΙΣ | 1,08% | 1,34% | 1,00% | 0% | ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ | 0,09% | 0,30% | 0,09% | 0% |
| ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ | 1,14% | 1,28% | 1,01% | 0% | ΑΡΤΑΣ | 0,16% | 0,14% | 0,17% | 0% |
| ΠΕΡΙΑΣ | 1,03% | 1,29% | 0,93% | 0% | ΦΩΚΙΑΣ | 0,12% | 0,14% | 0,12% | 0% |
| ΕΒΡΟΥ | 0,97% | 1,16% | 0,88% | 0% | ΦΛΩΡΙΝΑΣ | 0,11% | 0,10% | 0,12% | 0% |
| ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ | 0,95% | 1,06% | 0,98% | 0% | ΛΕΥΚΑΔΑΣ | 0,09% | 0,09% | 0,10% | 0% |
| ΠΕΛΛΑΣ | 1,03% | 1,12% | 0,81% | 0% | ΓΡΕΒΕΝΩΝ | 0,10% | 0,09% | 0,10% | 0% |
| ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ | 0,88% | 1,14% | 0,92% | 0% | ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0% |
| ΤΡΙΚΑΛΩΝ | 0,97% | 1,10% | 0,77% | 0% | | | | | |

Πίνακας Π 9: Αποτελέσματα τελικής αξιολόγησης νομών ανά κριτήριο

| | <i>Τελική Βαθμολόγηση</i> | <i>Κανονικοποιημένη βαθμολογία</i> | | <i>Τελική Βαθμολόγηση</i> | <i>Κανονικοποιημένη βαθμολογία</i> |
|-------------------|-------------------------------|--|-------------------|-------------------------------|--|
| ΑΤΤΙΚΗΣ | 37,75% | 1,00 | ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ | 0,72% | 0,02 |
| ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ | 16,86% | 0,45 | ΚΑΒΑΛΑΣ | 0,71% | 0,02 |
| ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ | 5,00% | 0,13 | ΔΡΑΜΑΣ | 0,69% | 0,02 |
| ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ | 2,81% | 0,07 | ΗΜΑΘΙΑΣ | 0,69% | 0,02 |
| ΑΧΑΪΑΣ | 2,63% | 0,07 | ΡΕΘΥΜΝΗΣ | 0,68% | 0,02 |
| ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ | 2,31% | 0,06 | ΛΕΣΒΟΥ | 0,60% | 0,02 |
| ΚΥΚΛΑΔΩΝ | 2,19% | 0,06 | ΑΡΚΑΔΙΑΣ | 0,59% | 0,02 |
| ΕΥΒΟΙΑΣ | 2,11% | 0,06 | ΚΕΡΚΥΡΑΣ | 0,57% | 0,01 |
| ΛΑΡΙΣΑΣ | 1,71% | 0,05 | ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ | 0,52% | 0,01 |
| ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 1,68% | 0,04 | ΗΛΕΙΑΣ | 0,48% | 0,01 |
| ΧΙΟΥ | 1,49% | 0,04 | ΛΑΚΩΝΙΑΣ | 0,48% | 0,01 |
| ΔΩΔ/ΝΗΣΟΥ | 1,36% | 0,04 | ΡΟΔΟΠΗΣ | 0,41% | 0,01 |
| ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ | 1,05% | 0,03 | ΖΑΚΥΝΘΟΥ | 0,32% | 0,01 |
| ΣΕΡΡΩΝ | 1,05% | 0,03 | ΛΑΣΙΘΙΟΥ | 0,30% | 0,01 |
| ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ | 1,03% | 0,03 | ΚΕΦΑΛ/ΝΙΑΣ | 0,24% | 0,01 |
| ΧΑΝΙΩΝ | 0,99% | 0,03 | ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ | 0,17% | 0,00 |
| ΚΟΖΑΝΗΣ | 0,99% | 0,03 | ΠΡΕΒΕΖΑΣ | 0,15% | 0,00 |
| ΞΑΝΘΗΣ | 0,98% | 0,03 | ΣΑΜΟΥ | 0,14% | 0,00 |
| ΚΙΛΚΙΣ | 0,95% | 0,03 | ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ | 0,14% | 0,00 |
| ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ | 0,95% | 0,03 | ΑΡΤΑΣ | 0,13% | 0,00 |
| ΠΙΕΡΙΑΣ | 0,9%0 | 0,02 | ΦΩΚΙΔΑΣ | 0,11% | 0,00 |
| ΕΒΡΟΥ | 0,84% | 0,02 | ΦΛΩΡΙΝΑΣ | 0,09% | 0,00 |
| ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ | 0,83% | 0,02 | ΛΕΥΚΑΔΑΣ | 0,08% | 0,00 |
| ΠΕΛΛΑΣ | 0,82% | 0,02 | ΓΡΕΒΕΝΩΝ | 0,08% | 0,00 |
| ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ | 0,82% | 0,02 | ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ | 0,02% | 0,00 |

| | | | | | |
|-----------------|-------|------|--|--|--|
| ΤΡΙΚΑΛΩΝ | 0,79% | 0,02 | | | |
|-----------------|-------|------|--|--|--|

9 Βιβλιογραφία

- Ahmad, N., & Baddour, R. E. (2014). A review of sources, effects, disposal methods, and regulations of brine into marine environments. *Ocean & Coastal Management*, 1-7.
- Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2006). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *Geographical analysis*, 38(1), 5-22.
- Alvarado-Revilla, F., Brown, H., Charamidi, M., Elkins, I., Filou, E., Gasson, C., Uzelac, J. (2015). *Desalination Markets 2016*. United Kingdom: Media Analytics Ltd
- AQUA-CSP. (2007). WP 1: Review of CSP and Desalination Technology. Ανάκτηση από http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/aqua-csp/WP01_AQUA-CSP-Technologies-Final.pdf
- Curcio, E. (2006). *Report of critical analysis on the desalination technologies*.
- Cooley, H., Ajami, N., & Heber, M. (2013). Key issues in Θαλασσινό νερόdesalination in California - Marine Impacts. Ανάκτηση από <http://pacinst.org/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/desal-marine-impacts-full-report.pdf>
- Darwish, M., Hassabou, A. H., & Shomar, B. (2013). Using Θαλασσινό νερόReverse Osmosis (SWRO) desalting system for less environmental impacts in Qatar. *DESALINATION*, pp. 113-124.
- Douglas, C. (2009). Charting Our Water Future - Economic frameworks to inform decision-making. Ανάκτηση: www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability%20and%20Resource%20Productivity/Our%20Insights/Charting%20our%20water%20future/Charting%20our%20water%20future%20Full%20Report.ashx
- EIA (US Energy Information Administration). (2010). *International Energy Outlook 2010: Highlights*. Washington DC, Office of Integrated Analysis and Forecasting, EIA, US Department of Energy. Ανάκτηση από: <http://www.eia.gov/oiaf/archive/ieo10/highlights.html>
- El-Dessouky, H. T., & Ettouney, H. M. (2002). *Fundamentals of Θαλασσινό νερόdesalination*. Netherlands: Elsevier. Ανάκτηση από: <http://web.mit.edu/~mcyang/www/Fundamentals%20of%20desalination.pdf>
- European Commission. (2010). Second Follow-up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union (COM(2007) 414 final) {COM(2010)228 final}. Ανάκτηση από <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010SC0573&from=EN>
- European Commission (EC).(2011) .Communication from the commission to the European Parliament, the Council , the European economic and social committee and the committee of the regions: Roadmap to a resource efficient Europe. Ανάκτηση από: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571.pdf
- FAO. (2003). Review of world water resources by country. Rome. Ανάκτηση από <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr23e.pdf>
- Fritzmann, C., Löwenberg, J., Wintgens, T., & Melin, T. (2007). State-of-the-art of reverse osmosis desalination. *Desalination*, 216(1), 1-76.
- Gacia, E., Invers, O., Manzanera, M., Ballesteros, E., & Romero, J. (2007). Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 72(4), 579-590.
- Gikas, P., & Angelakis, A. (2009). Water resources management in Κρήτη and in the Aegean Islands, with emphasis on the utilization of non-conventional water resources. *Desalination*, 248, 1049–1064.
- Gikas, P., & Tchobanoglous, G. (2009). Sustainable use of water in the Aegean Islands. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2601-2611.

- Global Water Intelligence. (2009). From Zero to Hero - the Rise of ZLD. Ανάκτηση από <http://www.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR895.pdf>
- GreenPro project. (2008). *Planning and installing photovoltaic systems. A guide for*
- Hellenic Ministry of Aegean, 2007. Water supply of anhydrous islands. Ανάκτηση από: www.ypai.gr
- Zhou, J., Chang, V. W.-C., & Fane, A. G. (2013). An improved life cycle impact assessment (LCIA) approach for assessing aquatic eco-toxic impact of brine disposal from Θαλασσινό νερόdesalination plants. *DESALINATION*, pp. 233-241.
- Kim, D. H. (2011). A review of desalting process techniques and economic analysis of the recovery of salts from retentates. *DESALINATION*, 270, 1-8.
- Kulshreshtha, S. N. (1998). A global outlook for water resources to the year 2025. *Water Resources Management*, 12(3), 167-184.
- Latorre, M. (2005). Environmental impact of brine disposal on Posidonia seagrasses. *DESALINATION*, 1-3, pp. 517-524.
- Latteman, S. (2010). Development of an environmental impact assessment and decision support system for Θαλασσινό νερόdesalination plants. Netherlands. Retrieved from repository.tudelft.nl/assets/uuid:0a684765-bc85-48cb-8a18-833c8fa94037/Lattemann-PhDthesis____.pdf
- Mentis, D. (2011). Renewable driven desalination for water deficient islands of Aegeon Archipelagos. (Thesis, National Technical University of Αθήνα, 2011). Retrieved from http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3962/3/mentisd_desalination.pdf
- MED WWR WG. (2007). Mediterranean Wastewater Reuse Report. Ανάκτηση από http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/final_report.pdf
- Münk, W.-I. F. (2008). Ecological and economic analysis of Θαλασσινό νερόdesalination plants. UNIVERSITY OF KARLSRUHE. Retrieved from <http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/research/brinedis/muenk-diplomathesis.pdf>
- Roberts, D. A., Johnston, E. L., & Knott, N. A. (2010). Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. *Water Res.*, 44, 5117-5128.
- SOL-BRINE. (2012). Report on the evaluation of desalination systems driven by renewable energy sources: focus on solar energy systems used in different desalination applications. Ανάκτηση από <http://solbrine.uest.gr/uploads/files/Deliverable1.2.pdf>
- Sonderegger, T., Pfister, S., & Hellweg, S. (2015). Criticality of Water: Aligning Water and Mineral Resources Assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 49(20), 12315-12323. doi:DOI: 10.1021/acs.est.5b02982
- Strokes, J.R. and Horvath, A. 2009. Energy and air emission effects of water supply. *Environmental Science and Technology*, Vol. 43, No. 8, pp. 2680–7
- Subramani, A., & Jacangelo, J. G. (2014). Treatment technologies for reverse osmosis concentrate volume minimization: A review. *SEP PURIF TECHNOL*, 122, 472-489.
- Todd, D.K., 1980. "Ground Water Hydrology". John Willey & Sons, New York.
- UNESCO, (2012) Managing Water under Uncertainty and Risk
- UNEP-MAP/MEDPOL. (2003). Sea water desalination in the Mediterranean - Assessment and guidelines (MAP Technical Reports Series No. 139). Αθήνα. Ανάκτηση από <http://195.97.36.231/acrobatfiles/MTSAcrobatfiles/mts139eng.pdf>
- UNEP/GRID-Arendal. (2008). *Vital Water Graphics. An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters* (2nd edn). Nairobi, UNEP. Ανάκτηση από: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article48.html>

- Viala, E. (2008). Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture. *Irrigation and Drainage Systems*, 22(1), 127-129.
- Water Reuse Association. (2010). Θαλασσινό νερό Concentrate Management. Ανάκτηση από https://www.watereuse.org/sites/default/files/u8/Seawater_Concentrate_WP.pdf
- World Economic Forum. (WEF). (2009). *Energy Vision Update 2009: Thirsty Energy: Water and Energy in the 21st Century*. Geneva/Englewood, Colo., WEF/Cambridge Energy Ανάκτηση από: <http://www.weforum.org/reports/thirsty-energy-water-and-energy-21st-century?fo=1>
- World Economic Forum. (WEF). (2011). 2011. *Water Security: the Water-Food-Energy-Climate Nexus: the World Economic Forum initiative*. Washington DC, Island Press.
- World Economic Forum (WEF). (2015). *Global Risks 2015*. Ανάκτηση από http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf
- Xevgenos, D., Moustakas, K., Malamis, D., & Loizidou, M. (2016). An overview on desalination & sustainability: renewable energy-driven desalination and brine management. *DESALIN WATER TREAT*, 57, 2304–2314.
- Βουδούρης, Κ. (2011). Εκμετάλλευση και Διαχείριση υπόγειου νερού-Δοκιμαστικές αντλήσεις. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από: <http://www.geo.auth.gr/763/ch7.htm>
- Δανιλάκης, Β. (2012). Κυκλάδες και νερό: προς μία βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων ή όχι;. Ανάκτηση από: <http://nomosphysis.org.gr/12560/kuklades-kai-nero-pros-mia-biosimi-diaxeirisi-ton-udatikon-poron-i-oxi/>
- Εθνικό Πρόγραμμα διαχείρισης υδατικών πόρων, ΕΜΠ, <https://www.itia.ntua.gr/>
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2015). Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (GR14)
- Ευθυμίουπουλος Η., (2010), «Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ», Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήσ ΑΠΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29-3-2010
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2007). “Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013”. Διαθέσιμο στο: http://ec.europa.eu/regional_policy/country/prordn/details_new.cfm?gv_PAY=EL&gv_reg=ALL&gv_PGM=1076&gv_defL=4&LAN=6
- Μίχας, Σ., Ευστρατιάδης , Α., Δερματάς, Δ. (2015) *Φράγματα –Υδραυλικές κατασκευές Σημειώσεις Μαθήματος Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Νάνου –Γιάνναρου, Α. (2001), *Υφαλμύρωση Υπόγειου Υδροφορέα*, ΣΥΜΠΟΣΙΟ «ΑΙΓΑΙΟ-ΝΕΡΟ-ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
- Ξεύγενοσ,Δ., (2016). «Αξιοποίηση υγρού υπολείμματος από μονάδες αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την ανάκτηση νερού και την παραγωγή άλατος». Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα
- Οδηγία πλαίσιο για τα νερά 2000/60/ΕΚ. Ανάκτηση από: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=F1AF2ARLHmo%3d&tabid=248&language=el-GR>
- Οδηγός καλών πρακτικών για το νερό (2013), Οδηγός καλών πρακτικών για τη βιώσιμη διαχείριση του αστικού νερού, προς τους Οργανισμούς Ύδρευσης Τοπικής Αυτοδιοίκησης, Αθήνα
- Παρανυχιανάκης, Ν., Κοτσελίδου, Ο., Βαρδάκου, Ε., & Αγγελάκης, Α. (2009). Οδηγίες ανακύκλωσης επεξεργασμένων εκροών αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Ανάκτηση από <http://www.edeya.gr/2013-09-23-10-58-06/2013-09-23-11-11-03/ekdoseis/68-odigies-anakiklosis-epksergamenon-igron-apovlition-stin-elladan/file>

Παριανός, Α. Ι., (2014). Η παγκόσμια αγορά του νερού. Δομή, σύγχρονες τάσεις και προοπτικές. Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα

Τζεν, Ε., (2010). Η νομοθεσία για τις μονάδες αφαλάτωσης, PRODES, Αθήνα

ΥΠΕΧΩΔΕ. (2007). Στρατηγική εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον & αειφόρος ανάπτυξη 2007 – 2013. Retrieved from http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100240_sea1_e1.pdf

Χαραλάμπους Α., (2007). Υδατικό Περιβάλλον, ΕΜΠ, Αθήνα

Ιστοσελίδες:

Υπουργείο Περιβάλλοντος και ενέργειας: <http://www.ypeka.gr/>

Ανοικτά χωρικά δεδομένα: <http://geodata.gov.gr/>

Διαύγεια: <https://diavgeia.gov.gr/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή: <http://www.statistics.gr/>

Sol-Brine: <http://solbrine.uest.gr/>

International Desalination Association: <http://idadesal.org/>