

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ



ΚΑΤΩΠΟΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΜΗΝΑΣ ΓΙΑΝΝΗΣ-ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ
ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και μελετά την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης για την κάλυψη αναγκών νησιωτικών περιοχών τυπικού δυναμικού.

Ο λόγος που αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με την μελέτη εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης για την κάλυψη αναγκών νησιωτικών περιοχών τυπικού δυναμικού είναι διότι με το πέρασμα των χρόνων η λειψανδρία θεωρείται ένα από τα βασικά προβλήματα των νησιωτικών περιοχών της χώρας μας και χρήζει την επιτακτική ανάγκη λύσης, αφού εξαρτάται η διαβίωση κάθε ζωντανού οργανισμού (άνθρωπος, ζώα, φυτά κ.ά.). Η μοναδική λύση του προβλήματος δίνεται από την αφαλάτωση του νερού αφού υπάρχει άφθονο στην Ελλάδα. Ωστόσο, δεν είναι τόσο απλό, αφού ένα τέτοιο σύστημα έχει διάφορα κόστη όπως ενεργειακά και περιβαλλοντικά, τα οποία απαιτείται να ληφθούν υπόψη κατά την πραγματοποίηση της μελέτης.

Από την θέση αυτή θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Δρ. Σκούρα Ευγένιο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του για την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας καθώς επίσης και για τη εμπιστοσύνη που μας έδειξε και συνεργάστηκε μαζί μας. Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειες μας που στάθηκαν δίπλα μας με κάθε τρόπο κατά την διάρκεια των σπουδών μας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Κωνσταντίνος Κατωπόδης

.....

(Υπογραφή)

Γιάννης – Χριστόφορος Μηνάς

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία στοχεύει στην εκπόνηση μελέτης εγκατάστασης συστήματος αφαλάτωσης για την κάλυψη αναγκών νησιωτικών περιοχών τυπικού δυναμικού. Στο θεωρητικό υπόβαθρό θα δοθούν στοιχεία για το νερό και την σπουδαιότητα του, τα συστατικά και τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Θα αναλυθεί η διαδικασία της αφαλάτωσης και θα περιγράψουν οι μέθοδοι και οι τεχνολογίες που μπορεί να την πραγματοποιήσουν καθώς και σύγκριση αυτών. Θα ακολουθήσει η μελέτη της εγκατάστασης οι υπολογισμοί για τις ανάγκες του νερού, οι δυνατότητες του παραγόμενου νερού, η παραγόμενη άλμη αλλά και οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες μιας τέτοιας εγκατάστασης. Στην συνέχεια θα δοθούν λύσεις για την κάλυψη των αναγκών με ΑΠΕ καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να υπάρχουν κατά την λειτουργία της εγκατάστασης.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα συνδυασμένης λειτουργίας ανεμογεννητριών και μονάδας αφαλάτωσης για την κάλυψη των αναγκών σε πόσιμο νερό σε νησί του Αιγαίου. Αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση, υπολογίζεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς από το αιολικό πάρκο σε σχέση με την ζητούμενη παροχή ύδρευσης.

Ελέγχονται οι κύριες τεχνικές παράμετροι του τιθέμενου σύνθετου προβλήματος. Αναλύονται τα οικονομικά μεγέθη, με γνώμονα το χαμηλό κόστος επένδυσης και κατά συνέπεια την προσιτή τιμή πώλησης, που καθιστούν ελκυστικό το επενδυτικό σχέδιο. Παρουσιάζονται οι κοινωνικοί και περιβαλλοντολογικοί λόγοι που αναβαθμίζουν την ποιότητα ζωής και καλυτερεύουν τις συνθήκες διαβίωσης των κατοίκων. Για την ολοκλήρωση της μελέτης θα πραγματοποιηθεί οικονομοτεχνικό μελέτη λαμβάνοντας υπόψη όλους τους προαναφερόμενους παράγοντες. Τέλος θα δοθούν τα συμπεράσματα της παρούσας εργασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ	3
1.1. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ	3
1.1.1. ΘΟΛΟΤΗΤΑ	3
1.1.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	4
1.1.3. ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ	4
1.1.4. ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ ΙΟΝΤΑ	5
1.1.5. pH	6
1.1.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ- ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ – ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	6
1.2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	7
1.3. Η ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	10
1.3.1. ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	11
1.4. ΒΑΣΙΚΑ ΑΙΤΙΑ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	12
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ	17
2.1. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	17
2.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	18
2.2.1. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗ	18
2.2.2. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ stage ΕΚΤΟΝΩΣΗ	20
2.2.3. ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ	22
2.2.4. ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ	23
2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ	25
2.3.1. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ	25
2.3.1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	25
2.3.1.2. ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ	26
2.3.2. ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗ	29
2.3.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗΣ	29

2.3.3.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	30
2.4.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	34
3.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ.....	35
3.1.	ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	37
3.2	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	37
3.3	ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	37
3.3.1.	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	38
3.4	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	38
3.5	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	39
3.5.1	ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	39
3.5.2	ΙΣΧΥΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	40
3.6.	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	41
3.6.1	ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC-61400-1	42
3.6.2.	ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC-61400-12	42
3.7	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	43
3.7.1	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	44
3.7.2	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	44
3.8	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	45
3.9	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	48
3.10	Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	48
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	49
4.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΘΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ ΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ	50
4.2	ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	50
4.3	ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	52
4.3.1	ΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	53
4.3.2	ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	53
4.3.3	ΕΠΙΛΟΓΗ INVERTER.....	54
4.4	ΜΟΡΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	54
4.5	ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	55
4.6	ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	55
4.6.1	ΒΙΟΜΑΖΑ	55
4.6.2	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ.....	55
4.6.3	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	56

4.7	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΠΕ	57
4.8	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ	59
4.9	ΛΟΓΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ	60
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	61
5.1	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
5.2	ΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ	62
5.3.	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	62
5.3.1	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ	62
5.4.	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	63
5.4.1.	ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΙΜΩΛΟ	65
5.4.2	ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΟΥΣΑΚΙ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	66
5.5	ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	66
5.5.1	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	67
6.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	69
6.1	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	69
6.2	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	69
6.2.1	ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	71
6.2.2	ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	73
6.3	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	77
6.4	ΚΟΣΤΟΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ (ΝΕΡΟΥ)	78
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
7.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	79
7.2.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	82
7.3.	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	83
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	84
	ΤΟ ΣΥΝΤΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	85
	ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	86
	ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ	88
	ΣΥΝΑΦΗΣ ΝΟΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ	88
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	89

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η προετοιμασία για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας απαιτεί ατομική και συλλογική δράση για την διασφάλιση των αναγκαίων παροχών νερού και για να γίνουν εγκαίρως τα σχέδια παροχής και συντήρησης όταν οι παροχές είναι ανεπαρκείς.....	1
Εικόνα 2: Κατανομή πληθυσμού συναρτήσει διαθεσιμότητας γλυκού νερού.....	10
Εικόνα 3: Ποσοστό μείωσης των βροχοπτώσεων ανά περιοχή στον Ελλαδικό χώρο.....	11
Εικόνα 4: Ελληνική καινοτομία: Πλωτή μονάδα αφαλάτωσης με αιολική ενέργεια	13
Εικόνα 5: Χάρτης υφάλμυρων υπόγειων υδάτων Ελλάδας.....	16
Εικόνα 6: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εξάτμισης στην Κίνα.....	20
Εικόνα 7: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εκτόνωσης στην Σαουδική Αραβία.....	21
Εικόνα 8: Μονάδα αφαλάτωσης μηχανικής συμπίεσης ατμού (MVC) στην Alcudia της Ισπανίας.....	23
Εικόνα 9: Μονάδα αντίστροφης ώσμωσης στη Νίσυρο.....	28
Εικόνα 10: Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση στην Zhejiang της China	30
Εικόνα 11: Χάρτης διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής Ενέργειας.....	35
Εικόνα 12: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.....	40
Εικόνα 13: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα	40
Εικόνα 14: Μονάδα αφαλάτωσης με γεωθερμία στο Nesjavellir της Ισλανδίας	56

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών αφαλάτωσης.....	17
Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση συστήματος πολυβάθμιας εξάτμισης.....	19
Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση συστήματος πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	21
Σχήμα 4: Μηχανική συμπίεση ατμού.....	22
Σχήμα 5: Στάδια αφαλάτωσης με χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας.....	24
Σχήμα 6: Διαδικασία της ηλιακής απόσταξης.....	24
Σχήμα 7: Ωσμωση και αντίστροφη ώσμωση.....	26
Σχήμα 8: Διάγραμμα ροής αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση.....	27
Σχήμα 9: Επισκόπηση μονάδας αφαλάτωση θαλασσινού νερού.....	27
Σχήμα 10: Διεργασία αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση.....	29
Σχήμα 11: Απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο.....	36
Σχήμα 13: Σκίσο μονάδας ανεμογεννήτριας.....	48
Σχήμα 14: Σύνθεση μιας φ/β συστοιχίας.....	49
Σχήμα 15: Πάνελ φωτοβολταϊκού.....	52
Σχήμα 16: Συνδυασμός του συστήματος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το σύστημα της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης.....	54
Σχήμα 17: Χρήση της τεχνολογίας OTEC (Ocean thermal energy conversion) για την αφαλάτωση νερού.....	57
Σχήμα 18: Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου.....	58
Σχήμα 19: Αφαλάτωση με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας και κυματικής ενέργειας.....	61
Σχήμα 20: (Πάνω) Σχηματική παράσταση της διεργασίας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της απόσταξης πολλαπλής φάσης. (Κάτω) Καθεστώτα ροής στους κατακόρυφους αγωγούς εξάτμισης.....	65
Σχήμα 21: Τροχιά που ακολουθεί ένα σωματίδιο μέσα στο νερό. A: βαθιά νερά, B: ρηχά νερά.....	67
Σχήμα 22: Σκίσο της μονάδας αφαλάτωσης με ενέργεια κυμάτων στο Τέξας των ΗΠΑ.....	68
Σχήμα 24: Κατανομή κόστους παραγωγής σε μονάδα αντίστροφης ώσμωσης.....	74
Σχήμα 25: Επενδυτικό κόστος συναρτήσει της δυναμικότητας της μονάδας.....	74
Σχήμα 26: Ανάπτυξη κόστους νερού.....	75
Σχήμα 27. Κατανομή εργοστασίων αφαλάτωσης ανά τον κόσμο σύμφωνα με μεθοδολογία.....	75
Σχήμα 28. Οικονομική εξέλιξη κόστους διεργασίας αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού.....	76

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Προδιαγραφές πόσιμου νερού σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας....	8
Πίνακας 2. Εκτίμηση παγκόσμιας κατανομής νερού	9
Πίνακας 3: Ετήσια ζήτηση νερού σε m ³ στην Ελλάδα ανά χρήση και διαμέρισμα	14
Πίνακας 4: Συνολικές απαιτήσεις και έλλειμμα νερού σε νησιά του Αιγαίου	15
Πίνακας 5: Ποσοστό υπερκάλυψης δυνατοτήτων των υπεδαφικών υδροφορέων για περιοχές της Ελλάδας	15
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εξάτμισης.....	19
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	21
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.....	23
Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά της αντίστροφης ώσμωσης.....	28
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά της Ηλεκτροδιάλυσης.....	30
Πίνακας 11: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης.....	31
Πίνακας 12: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης (Συνέχεια Πίνακα 6) ..	32
Πίνακας 13: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης (Συνέχεια Πίνακα 6 και 7)	33
Πίνακας 14: Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης.....	33
Πίνακας 15: Ενεργειακές απαιτήσεις για κάθε μέθοδο αφαλάτωσης.....	73
Πίνακας 16: Στοιχεία κόστους για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης.....	73
Πίνακας 17. Οικονομικά στοιχεία έργου αφαλάτωσης.....	76
Πίνακας 18: Πρόβλεψη δαπανών αφαλάτωσης για μεσαία και μεγάλα έργα.....	83

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα βασικότερα αγαθά για την επιβίωση κάθε ζωντανού οργανισμού (άνθρωποι, ζώα, φυτά) είναι το νερό, το οποίο παρέχεται από την φύση απλόχερα. Ωστόσο, με την κακή διαχείριση του ανθρώπου, το νερό έγινε ένα πολύτιμο αγαθό που η χρήση του δεν απαιτεί μόνο την άρτια διαχείριση του αλλά και τον περιορισμό χρήσης του.

Από την αρχαιότητα διακρίνεται ότι οι άνθρωποι αναζητούσαν τους υδάτινους πόρους (λίμνες, ποτάμια κ.τ.λ.) με στόχο να εγκατασταθούν σε περιοχές που το νερό θα βρισκόταν σε αφθονία και να μπορούν να καλύπτουν τις ανάγκες τους είτε ως πόσιμό νερό είτε ως νερό για τις καθημερινές δραστηριότητες (οικιακές εργασίες, πότισμά κ.ά.). Με το πέρασμα των χρόνων διακρίνεται ότι το νερό δεν χρησιμοποιείται μόνο ως στοιχείο επιβίωση, μέσω της ύδρευσης και της άρδευσης, αλλά και το μέσο για υδροκίνητες κατασκευές, για αποχετεύσεις και μια πλειάδα εργασιών που εξυπηρετούσαν τις ανθρώπινες ανάγκες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το νερό στην αρχαιότητα βρισκόταν σε μεγάλα αποθέματα στον μεγαλύτερο αριθμό των κατοικουμένων περιοχών και θεωρούνταν το πιο προσιτό στοιχείο για την αφθονία του.

Ωστόσο, στο ½ του 20^{ου} αιώνα παρουσιάζεται σε μεγάλο αριθμό περιοχών στον κόσμο το φαινόμενο λειψυδρίας, που οφείλονταν σε παράγοντες όπως της μετακίνησης μαζών σε μέρη με περιορισμένα αποθέματα νερού, της απερίσκεπτης σπατάλης του χωρίς να δίνεται δυνατότητα να ανακτηθεί, της αύξηση του πληθυσμού, της επέκτασης των πόλεων αλλά και της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν ως και στις μέρες τη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων και την επάρκεια των αποθεμάτων πόσιμου νερού.



Εικόνα 1: Η προετοιμασία για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας απαιτεί ατομική και συλλογική δράση για την διασφάλιση των αναγκαίων παροχών νερού και για να γίνουν εγκαίρως τα σχέδια παροχής και συντήρησης όταν οι παροχές είναι ανεπαρκείς.

[Πηγή: <http://www.olivenews.gr/el/article/6667/λειψυδρία>]

Γίνεται άμεσα κατανοητό ότι το πρόβλημα χρήζει λύση και αυτή έρχεται από την εκμετάλλευση του μεγαλύτερου υδάτινου φορέα που είναι η θάλασσα. Η πρώτη εφαρμογή εκμετάλλευσης της θάλασσα γίνεται το 200 μ.Χ από τον Αλέξανδρο του Αφροδισιέως μέσω αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με εξάτμιση. Στην ουσία οι ναυτικοί της εποχής χρησιμοποιούσαν τους σπόγγους (σφουγγάρια) της θάλασσας ως μεμβράνες με στόχο την απορρόφηση των ατμών του θαλασσινού νερού που έβραζε σε ειδικό δοχείο. Με αυτή την διαδικασία διεξαγόταν ένα συμπύκνωμα ατμών, το οποίο ήταν καθαρό και χαρακτηριζόταν από τα χαμηλά επίπεδα άλατος στην περιεκτικότητά του. Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας καθώς και το επιστημονικό ενδιαφέρον που δημιουργήθηκε γύρω από την εκμετάλλευση του θαλασσινού νερού πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μελέτες για τρόπο παραγωγής πόσιμου – καθαρού νερού από τους θαλάσσιους πόρους. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν αποδοτικά μετά το πέρασμα του 20^{ου} αιώνα.

Η Ελλάδα είναι μια από τις χώρες η οποία χαρακτηρίζεται από τους πλούσιους υδάτινους πόρους, όμως πολλές περιοχές τις ιδιαίτερα τα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων παρουσιάζουν προβλήματα λειψυδρίας. Η λύση λοιπόν που δίνεται είναι η εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης στις προαναφερόμενες περιοχές, με βασικό πλεονέκτημα την δυνατότητα εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είτε ηλιακή, είτε αιολική είτε ενέργεια της θάλασσας με συνέπεια την τροφοδοσία σε ενέργεια των εγκαταστάσεων. Ακόμα η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την λειτουργία τους συστήματος αφαλάτωσης δεν επιβαρύνει το δίκτυο ηλεκτροδότησης το οποίο είναι περιορισμένων δυνατοτήτων και με ιδιαίτερα υψηλό κόστος χρήσης.

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ

1.1. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού θεωρούνται σημαντικά είτε πρόκειται για πόσιμο νερό, δηλαδή νερό που καταναλώνεται, είτε για νερό που χρησιμοποιείται σε διαφορές δραστηριότητες, δηλαδή νερό για πότισμα, πλύσιμο κ.ά., αφού απαιτείται για να οριστούν τα στάδια επεξεργασίας τους. Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να μελετηθούν είναι τα ακόλουθα (Βότσης, 1992):

- Βιομηχανικά: όταν γίνεται αναφορά στα βιομηχανικά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνονται το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) και η οργανική ύλη, εκ των οποίων ο προσδιορισμός πραγματοποιείται μέσω του βιομηχανικού απαιτούμενου οξυγόνου (BOD), του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC).
- Μικροβιολογικά: όταν γίνεται αναφορά στα μικροβιακά χαρακτηριστικά του νερού περιλαμβάνονται τα βακτήρια, οι ιοί, οι μύκητες, τα φύκια, τα πρωτόζωα, τα σκουλήκια καθώς και τα μαλακόστρακα.
- Φυσικοχημικά: όταν γίνεται αναφορά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού περιλαμβάνεται η αγωγιμότητα, η αλατότητα, η θολότητα, η οσμή, η γεύση, το χρώμα, η θερμοκρασία, η οξύτητα, η αλκαλικότητα, οι στερεές ουσίες, τα άλατα, η σκληρότητα του νερού, διάφορα κατιόντα όπως αυτά του ασβεστίου (Ca_2^+), του μαγνησίου (Mg_2^+), του νατρίου (Na^+) και του καλίου (K^+), διάφορα ανιόντα όπως τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}) και άλλα, τα θρεπτικά συστατικά όπως τα άλατα του αζώτου (αμμωνιακά NH_4^+ , νιτρώδη NO_2^- , νιτρικά NO_3^-), τα άλατα του φωσφόρου (PO_4^{3-}), του θείου (S) και του πυριτίου (Si), διάφορα ιχνοστοιχεία και τα βαριά μέταλλα όπως ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr).

Ωστόσο, η ταξινόμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με την ανθρώπινη υγεία, την αισθητική καθώς επίσης και τις πολλές υποομάδες (Ζόγκαρης, et. al., 2007).

Στην συνέχεια του Κεφαλαίου θα αναπτυχθούν τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού που ελέγχονται με στόχο να αναδεικνύεται το νερό αν είναι κατάλληλο για κατανάλωση και αν δεν είναι επικίνδυνό για την ανθρώπινη υγεία.

1.1.1. ΘΟΛΟΤΗΤΑ

Θολότητα ορίζεται η μειωμένη διαύγεια που έχει ένα υγρό διάλυμα, δηλαδή η αντίσταση που παρουσιάζει το υγρό κατά την διάρκεια της διέλευσης του φωτός. Η διέλευση του φωτός μπορεί να παρεμποδίζεται από την ύπαρξη σωματιδίων ανόργανων και οργανικών υλικών, τα οποία είτε είναι σε κolloειδή μορφή, είτε αιωρούνται είτε είναι διάσπαρτα στο υγρό (Βότσης, 1992). Επιπλέον, με την θολότητα υπάρχει εξασθένηση της έντασης της διερχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας η οποία οφείλεται στο φαινόμενο της σκέδασης και της απορρόφησης (Χριστοδουλάκης, 1995).

Η θολότητα μετράται σε μονάδες θολότητας (Nephelometric Turbidity Units) ή σε mg/l (ppm) διοξειδίου του πυριτίου (SiO₂) (1 mg SiO₂ σε 1 lt νερού). (Χριστοδουλάκης, 1995). Ωστόσο, η μέτρηση της θολότητας ενός υγρού μπορεί να πραγματοποιηθεί με το θολερόμετρο ή νεφελόμετρο, του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται διάχυση περνώντας μέσα από ένα δείγμα υγρού με την ένταση του φωτός που υφίσταται διάχυση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Στην περίπτωση που το δείγμα περιέχει διαλυμένα υλικά, τα οποία προκαλούν την θολότητα ή παραμορφώνουν το χρώμα του τότε σύμφωνα με το σκεδασμένο φως μπορεί να οριστεί η θολότητα (Ζόγκαρης, et. al., 2007).

1.1.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία του νερού είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση αφού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις φυσικοχημικές και βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο νερό. Συγκεκριμένα οι βιομηχανικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται σε γρήγορους ρυθμούς όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα όταν στα υγρά απόβλητα επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες τότε επηρεάζουν σε μικρό χρόνο το οικοσύστημα διότι η διαλυτότητα του οξυγόνου εντός του νερού είναι μικρή συγκριτικά με το κρύο νερό (Βότσης, 1992).

Ωστόσο, αξιόλογο είναι να αναφερθεί ότι η υψηλή θερμοκρασία επηρεάζει αρνητικά το εσωτερικό μιας λίμνης, αφού επηρεάζεται η δομή της. Η θερμότητα που δημιουργείται με την ταυτόχρονη διέλευση του ηλιακού φωτός που διέρχεται στο εσωτερικό της, δημιουργεί μια θερμική στρωματοποίηση του νερού καθώς δημιουργούνται και κάποιες χημικές και βιολογικές αντιδράσεις. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει την αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία πραγματοποιείται σε αργούς ρυθμούς και αυτό οφείλεται στο ότι νερό έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μεγάλο ποσοστό της θερμότητας. Η απώλεια της θερμότητας γίνεται μέσω της εξάτμισης του νερού αλλά και από τα ιζήματα της περιοχής. Στην περίπτωση που οι λίμνες είναι σε πιο ορεινές περιοχές τότε η θερμοκρασία επηρεάζεται πολύ από την ηλιακή ακτινοβολία αφού η θερμοκρασία σε γενικές γραμμές όλο το έτος κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, με συνέπεια αυτού να μην δίνεται η δυνατότητα επιβίωσης των ζωντανών οργανισμών αφού η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου να μην είναι πάντα ικανοποιητική. Στην περίπτωση που παρουσιάζονται υψηλές θερμοκρασίες διακρίνεται η αύξηση του πολλαπλασιασμού των μικροοργανισμών (Βότσης, 1992).

Σύμφωνα με τους Ζόγκαρης et al., (2007) η πλέον επιθυμητή διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού που προορίζεται για πόσιμο είναι μεταξύ 5°C και 12°C (Ζόγκαρης, et. al., 2007). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι σημαντική για την καταγραφή κι άλλων χαρακτηριστικών, όπως το Ph, το απαιτούμενο οξυγόνο, η αλατότητα, η αγωγιμότητα κλπ. (Βότσης, 1992).

1.1.3. ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Ο περιεχόμενος αέρας του νερού δεν ξεπερνά το ποσοστό του 20% σε οξυγόνο ενώ το διαλυμένο οξυγόνο δεν ξεπερνά το ποσοστό του 1%. Γίνεται λοιπόν άμεσα κατανοητό ότι το ποσοστό αυτό δεν επαρκεί για την επιβίωση των οργανισμών εντός του νερού (ψάρια, διάφοροι ζωντανοί οργανισμοί κ.ά.) αφού η επιβίωση τους απαιτεί την πρόσληψη περισσότερου οξυγόνου. Συγκεκριμένα τα ψάρια λόγω των βραγχίων τους απαιτούν μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου ενώ μικρο- οργανισμοί (που δεν γίνονται αντιληπτοί με

γυμνό μάτι) απαιτούν συγκεκριμένη ποσότητα οξυγόνου με στόχο την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων (Ζόγκαρης, et. al., 2007).

Το οξυγόνο που περιέχεται στο νερό προέρχεται στην ουσία από το ποσοστό του οξυγόνου που διαλύεται στον αέρα. Το νερό που αναδύεται στην επιφάνεια μιας λίμνης αυξάνεται όσο περισσότερο έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το οξυγόνο του νερού εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία, διότι οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν το οξυγόνο στο νερό. Η μέτρηση του οξυγόνου γίνεται σε mg/l, και ο έλεγχός του παρουσιάζει μεγάλη πολυπλοκότητα ακόμα και σήμερα. Το οξυγόνο θεωρείται ένας από τους βασικούς παράγοντες που παρουσιάζει περιορισμούς σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, αφού επηρεάζει αρνητικά την πρωτογενή και δευτερογενή παραγωγή.

Οι Lee et al. (2003) αναφέρουν ότι οι υδρόβιοι οργανισμοί έχουν την δυνατότητα να προσαρμοστούν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου. Συγκεκριμένα αυτό εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι το είδος και η δραστηριότητα της υδρόβιας ζωής καθώς και η θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του νερού. Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι κάτω από 3 ppm διαλυμένου οξυγόνου η επιβίωση των ψαριών είναι δύσκολη, κάποια είδη ψαριών μπορούν να επιβιώσουν σε συγκεντρώσεις οξυγόνου μεταξύ 3 και 5 ppm για μικρό χρονικό διάστημα. Πάνω από 5 ppm διαλυμένου οξυγόνου όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν, έχοντας όμως βασική προϋπόθεση ότι όλες οι παράμετροι βρίσκονται σε επιτρεπτά όρια (Bergström & Jansson, 2006).

Συμπέρασμα όλων των προαναφερόμενων είναι ότι στην περίπτωση που το οξυγόνο βρίσκεται στο επιτρεπτό ποσοστό τότε διασφαλίζεται η διαβίωση της υδρόβιας ζωής, σε αντίθετη περίπτωση παρουσιάζονται προβλήματα με συνέπεια την μείωση και τον θάνατο της υδρόβιας ζωής. Στην περίπτωση που το νερό είναι υπερκορεσμένο με οξυγόνο τότε η υδρόβια ζωή έρχεται αντιμέτωπή με την «ασθένεια των φυσαλίδων αέρα» (gas bubble disease), η οποία αυξάνει την παρουσία αέρα μέσα στο αίμα και τους ιστούς τους, με συνέπεια το θάνατο (Ζόγκαρης, et. al., 2007).

1.1.4. ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ ΙΟΝΤΑ

Τα νιτρώδη ιόντα δημιουργούνται μόλις οξειδωθεί η αμμωνία από τους μικροοργανισμούς και την αναγωγή των νιτρικών ιόντων. Στο πόσιμο νερό ή στο φυσικό δεν έχουν μεγάλη συγκέντρωση, εντοπίζονται περίπου έως και το 0,1 ppm. Είναι πιθανόν να εντοπιστούν σε απόβλητα των βιομηχανικών μονάδων, στα λύματα των πόλεων κλπ.

Το άζωτο είναι ένα από τα βασικά στοιχεία της ζωής, επειδή αποτελεί δομικό στοιχείο των πρωτεϊνών. Στο φυσικό περιβάλλον βρίσκεται με τη μορφή διαφορετικών ενώσεων. Η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των ενώσεων αυτών δημιουργεί τον κύκλο του αζώτου. Το άζωτο στη μοριακή του μορφή (N₂) είναι «το κύριο συστατικό της ατμόσφαιρας, καταλαμβάνοντας το 78% του όγκου της. Η μορφή αυτή του αζώτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο από ένα περιορισμένο αριθμό οργανισμών μέσα από τη διαδικασία δέσμευσης, μετατρέποντας το άζωτο της ατμόσφαιρας, σε μια πιο βιολογικά διαθέσιμη μορφή του. Άλλοι οργανισμοί είναι ικανοί να χρησιμοποιούν το δεσμευμένο άζωτο είτε καταναλώνοντας τους οργανισμούς που το έχουν δεσμεύσει είτε με την αφομοίωση των προϊόντων τους» (Antonopoulos, 2001: 56).

Το άζωτο και οι ενώσεις του διαφέρουν σε συγκέντρωση, από 10 ως 1000 μg/l, ανάλογα με τις συνθήκες. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας και οι παράγοντες που ελέγχουν μέχρι ένα βαθμό τις βακτηριακές δραστηριότητες, επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ενώσεων του αζώτου (Baron, J.S., et. al., 2011).

Η νιτρική μορφή του αζώτου είναι η πιο οξειδωμένη μορφή του αζώτου, ενώ σε υδατικά διαλύματα παρατηρείται πως είναι χημικά ανενεργός. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, εκφρασμένες σε άζωτο (NO₃-N) σε μη ρυπασμένα επιφανειακά νερά, δηλαδή ποτάμια και λίμνες, έχουν τιμές μικρότερες του 0,1 - 1 mg/L. Επίπεδα νιτρικών μεγαλύτερα

από 1 mg/L δείχνουν ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως αστικών λυμάτων και απορροής από αστικές και γεωργικές εκτάσεις.

Η αμμωνία, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα οργανικά σύμπλοκα του αζώτου και το αέριο άζωτο είναι οι πιο σημαντικές μορφές του αζώτου στο υδάτινο περιβάλλον. Οι κύκλοι του αζώτου στο υδάτινο και το εδαφικό περιβάλλον είναι παρόμοιοι, διαφέρουν όμως στα μεγέθη που τους αποτελούν. Η υδάτινη βιομάζα είναι μόνο το ένα τριακοστό του μεγέθους της στο έδαφος, αν και η πρωτογενής παραγωγικότητα στο έδαφος είναι διπλάσια.

1.1.5. pH

Ως οξύτητα (pH) ορίζεται «ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου». Το pH μετράται σε κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το 0 – 14 και συγκεκριμένα διαχωρίζεται ως εξής:

- Τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα ($\text{CH}^+ = 10^{-7} \text{ mole/lit}$).
- Τιμές <7 αντιστοιχούν σε υπεροχή κατιόντων υδρογόνου (H^+),
- Τιμές >7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά νερά (υπεροχή υδροξυλίωντων, OH^-).

Η ενεργός οξύτητα (pH) του νερού εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου, η μεταβολική δραστηριότητα της υδρόβιας ζωής και η αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η οξύτητα (pH) των φυσικών νερών κυμαίνεται σε τιμές 4 – 9, όμως η καταλληλότερες τιμές για την υδρόβια ζωή κυμαίνονται από 6,5 - 8,5. Η οξύτητα (pH) μετριέται με αναλογικά ή ψηφιακά πεχάμετρα (Βότσης, 1992).

Γίνεται άμεσα κατανοητό ότι η μέτρηση της οξύτητας είναι μια από τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που επηρεάζει δραματικά την ποιότητα του νερού (Βότσης, 1992).

1.1.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ- ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ – ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ

Η αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει τα οξέα. Σύμφωνα με Ζόγκαρης et. al, (2007) οι κύριες συνιστώσες της αλκαλικότητας είναι τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-) και τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) ιόντα που προκύπτουν από τον ιονισμό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και από τα υδροξύλια (OH^-). Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) διαλύεται εύκολα στο νερό και δημιουργεί ένα περιβάλλον που προωθεί τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή των οργανισμών ως πηγή άνθρακα (Ζόγκαρης, et. al., 2007).

Τα φυσικά νερά έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν πολύ καλές ρυθμιστικές ικανότητες, αφού αντέχουν σε μεγάλες μεταβολές του pH που οφείλονται στις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται. Στην περίπτωση που εμφανίζονται κάποιοι ξένοι παράγοντες σε είναι οικοσύστημα (π.χ. το οικοσύστημα μιας λίμνης) τότε το pH παρουσιάζει σταθερή μεταβολή. Όμως όταν γίνεται εισαγωγή οξέων στο νερό (π.χ. όξινη βροχή, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα κ.ά.) τότε οι τιμές του pH είναι χαμηλές (Βότσης, 1992).

Οι αλκαλικές τιμές pH συναντώνται σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας – ευτροφισμού, και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη φωτοσύνθεση το φυτοπλαγκτόν μειώνει τη συγκέντρωση του CO_2 του νερού. Σε περιπτώσεις ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών με αλκαλικές ουσίες και σε αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου (Na), καλίου (K), ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg), η αλκαλικότητα εκφράζεται χημικά με την αντίδραση $\Sigma[\text{HCO}_3^- + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]] - [\text{H}^+] \text{ meq/l}$. (Βότσης, 1992).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ικανότητα που παρουσιάζει ένα υλικό να διαπερνάται από ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπλέον, η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της ηλεκτρικής αντίστασης. Όταν γίνεται αναφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του

νερού εννοείται η ικανότητα στην μεταφορά των ηλεκτρικών φορτίων, η οποία εξαρτάται από τη παρουσία των ιόντων, τη συγκέντρωση των ιόντων, την ευκινησία των ιόντων, το σθένος των ιόντων και τη θερμοκρασία του διαλύματος. Η αγωγιμότητα παίζει σημαντικό ρόλο στο προσδιορισμό της επίδρασης των ιόντων στις χημικές ισορροπίες, στην ανάπτυξη των ζωντανών οργανισμών (φυτών, ζώων κ.ά.) καθώς και στην διάβρωση των μετάλλων. Οι τιμές της αγωγιμότητας φανερώσουν την ποιότητα του νερού, δηλαδή όσο αυξημένη είναι η τιμή της τόσο μολυσμένο είναι το νερό (Bergström & Jansson, 2006).

Όμως μεταβολή της αγωγιμότητας του νερού πραγματοποιείται και όταν υπάρχει εισροή αποβλήτων και ρύπων που μπορεί να περιλαμβάνουν νάτριο, χλώριο, κάλιο, μαγνήσιο, φώσφορο κλπ. Η αγωγιμότητας μετράται σε mho/cm, δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm) ή το Siemens/cm (S/cm), με υποδιαιρέσεις: το microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$) ίσο με 10^{-6} S/cm και το milliSiemens/cm (mS/cm) ίσο με 10^{-3} S/cm. Τα φυσικά γλυκά νερά παρουσιάζουν αγωγιμότητα που κυμαίνεται σε τιμές από 50 έως 1500 $\mu\text{S/cm}$. Επίσης, σε βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητας μπορεί να υπερβεί και την τιμή των 10.000 $\mu\text{S/cm}$ (Bergström & Jansson, 2006).

Η αγωγιμότητα είναι σχετική με την αλατότητα, η οποία εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις (S ‰). Η αλατότητα στην ουσία είναι το πόσο του αλατιού που περιέχεται σε μία συγκεκριμένη ποσότητα νερού (Bergström & Jansson, 2006). Η αλατότητα ορίζεται από τον Νταράκα Ε., (2010) «ως συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε 1 Kg θαλασσινό νερό, όταν όλα τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα (Br-) και ιωδιούχα (I-) έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα (Cl-) ιόντα και έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη» (Νταράκας Ε., 2010). Η αλατότητα που παρουσιάζει το θαλασσινό νερό παρουσιάζει τιμές από 32,0 έως 37,5 ‰. Οι πιο χαμηλές τιμές δίνονται στους πόλους της γης και οι πιο υψηλές στις τροπικές ζώνες. Ωστόσο, η αλατότητα επηρεάζεται άμεσα από τις βροχοπτώσεις αλλά και από το ποσοστό εξάτμισης του νερού. (Bergström & Jansson, 2006).

1.2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Η ανάπτυξη, η διατήρηση και η εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παρουσία του νερού. Με την τεχνολογική εξέλιξη και την αστικοποίηση σε συνδυασμό με τις αλλαγές στις συνήθειες, έχει δημιουργήσει τεράστια ζήτηση βιομηχανικού και πόσιμου γλυκού νερού. Οι κύριοι λόγοι της ζήτησης νερού καλής ποιότητας είναι οι εξής:

- Αύξηση του μόνιμου πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου
- Αύξηση του τοπικού πληθυσμού κατά μεγάλο ποσοστό σε θερινές περιόδους (τουρισμός)
- Ανάπτυξη αρδευόμενων καλλιεργούμενων εκτάσεων
- Χρήση μεγάλων ποσοτήτων στη βιομηχανία χωρίς εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης

Συνεπώς, οι υπάρχοντες πόροι πολλές φορές δεν επαρκούν για να καλύψουν την κατανάλωση που δημιουργείται. Σε πολλές περιπτώσεις, ακόμη κι αν το νερό είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες, πρέπει να υποστεί επεξεργασία ώστε να χρησιμοποιηθεί.

Ως αποτέλεσμα και λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη ποσότητα θαλασσινού νερού και των υφάλμυρων υδατικών πόρων, γίνεται προσπάθεια παραγωγής νερού καλής ποιότητας για συγκεκριμένη χρήση μέσω διεργασιών (πχ. Αφαλάτωση).

Το νερό για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να έχει συγκεκριμένη χημική σύσταση χωρίς ουσίες και μικροοργανισμούς σε μη επιτρεπτές ποσότητες διότι μπορεί να προκαλέσουν επιπτώσεις στην υγεία. Πρέπει να είναι ακίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, να είναι διαυγές και να μην έχει καμία δυσάρεστη οσμή και γεύση.

«Σύμφωνα με την Υγειονομική Διάταξη (Α5/288/23-1-86 ΦΕΚ53/Τεύχος Β΄/20-2-86), πόσιμο νερό νοείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία είτε όχι».

Οι προδιαγραφές για το πόσιμο νερό από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας αναφέρονται σε ανώτερες συγκεντρώσεις συγκεκριμένων αλάτων και στην απουσία βακτηριδίων. Αν γίνει υπέρβαση των ορίων, το νερό παύει να θεωρείται πόσιμο. Για τα άλατα οι τιμές των προδιαγραφών παρουσιάζονται στους πίνακες 2,3 που ακολουθούν: Η Υγειονομική Διάταξη για το πόσιμο νερό, που ισχύει σήμερα (δηλ. η Α5/288/23-1-86 ΦΕΚ53/Τεύχος Β΄/20-2-86) είναι εναρμονισμένη με την 80/778/Οδηγία του Συμβουλίου της ΕΟΚ.

Παρά τις μεγάλες ποσότητες νερού που καλύπτουν την επιφάνεια της γης, μόνο το 3% εξ αυτών θεωρείται πόσιμο. Μάλιστα το ποσοστό αυτό γίνεται μικρότερο καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις η πρόσβαση στο γλυκό νερό είναι αδύνατη. Στην Εικόνα 12 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές του πόσιμου νερού σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του γλυκού νερού βρίσκεται στους πόλους και σε κορυφές οροσειρών υπό μορφή πάγων (68.7%), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό βρίσκεται σε υπόγεια ύδατα (30.1%). Συνεπώς, απομένει προσβάσιμο (λίμνες και ποτάμια) μόνο το 1% της συνολικής ποσότητας νερού.

Οι διαχειριστές των υδάτινων πόρων τα τελευταία χρόνια έχουν να αντιμετωπίσουν το σημαντικό πρόβλημα της ξηρασίας. Η ξηρασία ορίζεται ως το περίπλοκο υδρολογικό φαινόμενο που σχετίζεται με το κλίμα, τη γη, τη χρήση του νερού κτλ. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ξηρασίες δεν γίνονται αντιληπτές μέχρι να είναι αρκετά αργά. Παρά το γεγονός ότι οι σοβαρές ξηρασίες είναι σπάνιες, στις ΗΠΑ παρατηρούνται κάθε χρόνο τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό και σε άλλες χώρες οι θεομηνίες από ξηρασίες προκαλούν λιμούς και δυστυχία σε κανονική βάση.

Η ξηρασία είναι, στο μεγαλύτερο μέρος, ένα πολύπλοκο διαχειριστικό πρόβλημα με ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοποιημένων ατόμων. Η προετοιμασία για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας απαιτεί ατομική και συλλογική δράση για την διασφάλιση των αναγκαίων παροχών νερού και για να γίνουν εγκαίρως τα σχέδια παροχής και συντήρησης όταν οι παροχές είναι ανεπαρκείς. Η αντιμετώπιση της ξηρασίας απαιτεί σχέδια για τον καταμερισμό των σπάνιων παροχών νερού και τη χρησιμοποίησή τους όταν αυτές είναι αναγκαίες.

Συστατικά	Περιεκτικότητα εις mg/l	
	Ανώτατο δεκτό	Ανώτατο επιτρεπτό
Υλικά διαλυμένα άλατα TDS	500	1500
Χλωριούχα Cl	200	600
Θειικά SO_4^{+2}	200	400
Ασβέστιο Ca^{2+}	75	100
Μαγνήσιο Mg^{2+}	30	150
Φθοριούχα F^-	0.7	1.7
Νιτρικά NO_3^-	<50	100
Χαλκός Cu^{2+}	0.05	1.5
Σίδηρος Fe^{3+}	0.10	1.0
Χλωριούχο Νάτριο NaCl	250	-
Υδρογόνο σε μονάδες pH	7.0 έως 8.5	6.5 έως 9.2

Πίνακας 1: Προδιαγραφές πόσιμου νερού σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας [Πηγή: Δεληγιάννη Ε, 1995].

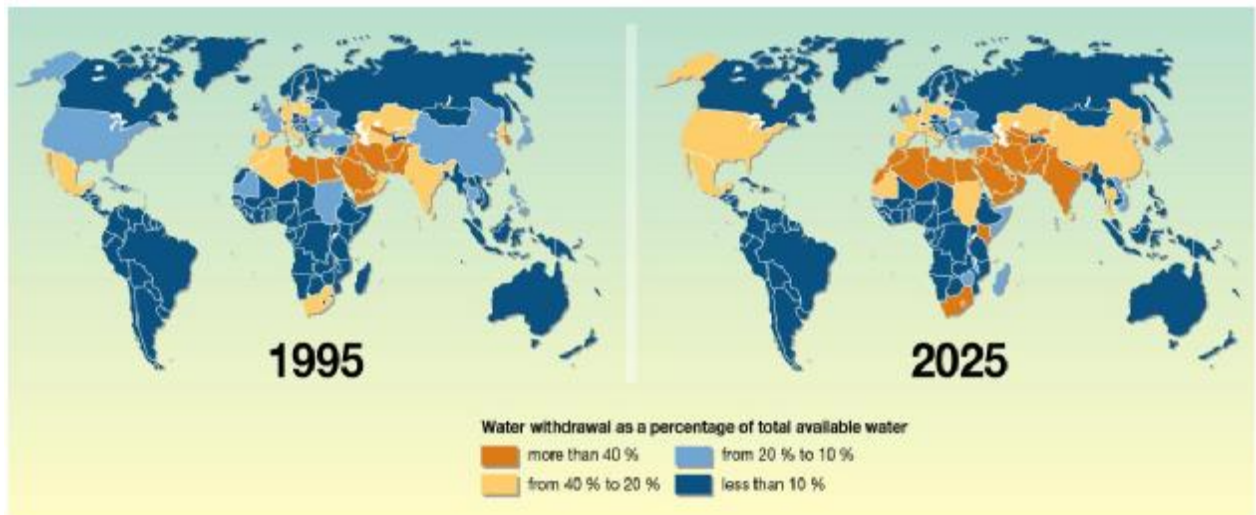
Είναι κατανοητό ότι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών είναι η λειψυδρία. Τα κυριότερα αίτια είναι οι κλιματολογικές αλλαγές, η εξάντληση και η υποβάθμιση των υπόγειων αποθεμάτων, η ραγδαία ζήτηση γλυκού νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με την ανάπτυξη του τουρισμού και σε ορισμένες περιπτώσεις οι ραγδαίες κλιματολογικές μεταβολές όπως αναφέρθηκε παραπάνω (Τζεν Ε., 2010).

Η κατάσταση γίνεται χειρότερη με την κακή εκμετάλλευση και αλόγιστη χρήση του γλυκού νερού. Η μεγάλη αυτή χρήση σε συνδυασμό με την κακή διαχείριση των υπόγειων υδάτινων πόρων, η υπερεκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων και η έλλειψη σχεδίου διαχείρισης έκτακτων περιπτώσεων οδηγεί σε επιβάρυνση της κατάστασης. Μερικές ανεπαρκείς εναλλακτικές λύσεις είτε δεν έφεραν αποτέλεσμα, είτε δεν ήταν οικονομικά βιώσιμες. Τέτοιες λύσεις είναι οι λιμνοδεξαμενές, νέες γεωτρήσεις ή και μεταφορά νερού προς τις περιοχές που έχουν το πρόβλημα. Τέλος, επιβάρυνση προκαλεί και η υπερβολική χρήση νερού προς άρδευση (πχ. Γεωτρήσεις) (Δανιλάκης Β., 2011).

Είναι κατανοητό λοιπόν ότι μέσα στα επόμενα χρόνια πρέπει να βρεθούν και να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά εναλλακτικές επιλογές. Στην παρούσα εργασία αναφέρεται η λύση της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού σε μονάδα που έχει εγκατασταθεί σε νησί.

Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού			
Μορφή Νερού	Όγκος νερού σε κυβικά χιλιόμετρα	Ποσοστό γλυκού νερού	Ποσοστό συνολικού νερού
Ωκεανοί, Θάλασσες και Κόλποι	1.338.000.000	-	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες & Χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό	23.400.000	-	1,7
Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
Αλμυρό	12.870.000	-	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	-	0,013
Γλυκές	91.000	0,26	0,007
Αλμυρές	85.400	-	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.710	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	-	100

Πίνακας 2.Εκτίμηση παγκόσμιας κατανομής νερού
[Πηγή: Gleick P. H., 1996]



Εικόνα 2: Κατανομή πληθυσμού συναρτήσει διαθεσιμότητας γλυκού νερού
 [Πηγή: <https://silvermangallerybuckscounty.com/world-water-shortage-map/world-water-shortage-map-7/>]

1.3. Η ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η κατάσταση της Ελλάδας, από πλευράς διαθεσιμότητας υδατικών πόρων και δεικτών λειψυδρίας βρίσκεται στις μεσαίες θέσεις συγκριτικά με τις χώρες του πλανήτη. Το αρνητικό στοιχείο στην περίπτωση της Ελλάδας είναι η ανισοκατανομή, χωρική και χρονική, μεταξύ των διαφόρων περιοχών της. Στατιστικά στοιχεία σχετικά με το φάσμα της μέσης ετήσιας ποσοτικής κατανομής βροχοπτώσεων μεταξύ των περιοχών με υψηλό ποσοστό, όπως η Ήπειρος (>1200 χλστ) έως <300 χλστ (Κυκλάδες) καθορίζουν διαφορές της τάξεως 1 προς 4 μεταξύ ΒΔ και ΝΑ περιοχών.

Εκτός από την επιρροή που ασκούν οι εξωγενείς κλιματικοί παράγοντες κύρια ευθύνη για τα ποσοτικά (λειψυδρία και ερημοποίηση) και ποιοτικά (ρύπανση και υποβάθμιση) προβλήματα του νερού στη χώρα ασκούν και οι παρακάτω λόγοι:

- Υπερβολική κατανάλωση από τον γεωργικό κλάδο (84-86%).
- Μεγάλες απώλειες στην άρδευση και ύδρευση της τάξης 45%.
- Ρύπανση υδροφόρου ορίζοντα από φυτοφάρμακα ή λύματα.
- Δημιουργία πλυμμηρικών φαινομένων λόγω απώλειας δασοκάλυψης.
- Ασφαλτοποίηση αστικού χώρου.
- Υπάρχουν επίσης και εισαγόμενα ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα, στο βορειοελλαδικό χώρο από τη λειτουργία των μεγάλων διακρατικών ποταμών (π.χ. πλημμύρες από τον Έβρο και ρύπανση από Αξιό και Νέστο).

Σύμφωνα με τις μελέτες του ΥΠΕΧΩΔΕ οι βροχοπτώσεις στην Ελλάδα τα τελευταία 50 χρόνια έχουν μειωθεί κατά 3% και συναρτούμενα με την σταδιακή υπεράντληση υπόγειων υδροφορέων και την αύξηση της κατανάλωσης, έχουν οδηγήσει σε συνθήκες τοπικά και εποχιακά διαβαθμισμένης λειψυδρίας, εκτεταμένες γεωγραφικές περιοχές της χώρας (π.χ. Θεσσαλία, Κρήτη), με τάσεις μόνιμης επικράτησης, αν συνδυαστούν με τις αρνητικές επιπτώσεις (π.χ. σημαντική αύξηση μέσης θερμοκρασίας) των αποδεδειγμένα δυσοίωνων κλιματικών αλλαγών, ειδικά στην περιοχή της Μεσογείου.

1.3.1. ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

Η Ελλάδα έχει ιδιαίτερη μορφολογία στα εδάφη της. Τα νησιά της χαρακτηρίζονται από έντονη χωρική ανομοιομορφία τόσο στην κατανομή των υδάτινων πόρων όσο και στην κατανομή των αναγκών. Οι βασικοί παράγοντες διαφοροποίησης είναι η γεωγραφική θέση του εκάστοτε νησιού αλλά και η έκταση, ο πληθυσμός και το ποσοστό του τουρισμού που αυξάνει τις απαιτήσεις κάθε καλοκαιρινή περίοδο. Σε ορισμένα νησιά του Αιγαίου το ύψος βροχόπτωσης δεν αγγίζει ούτε το μισό ετήσιο ύψος βροχής του ελλαδικού χώρου, το οποίο είναι της τάξεως των 700 mm. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τη θερινή περίοδο με την υψηλή ζήτηση η μείωση του ποσοστού των βροχοπτώσεων, στοιχείο που προκαλεί μεγάλα προβλήματα στην τουριστική περίοδο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, οι Κυκλάδες, τα Δωδεκάνησα και η ανατολική Κρήτη, αντιμετωπίζουν το μεγάλο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών και τοπικό κλίμα έχει γίνει βαθμιαία ξηρότερο. Σύμφωνα με στοιχεία του ΤΕΕ, στα 11 άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και στα 9 των Δωδεκανήσων, μεταφέρονται περί τα 230.000 m³ και 611.000 m³ νερό. Για αυτή τη μεταφορά το υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής καταβάλλει τα τελευταία χρόνια 5.500.000 ευρώ.

Παρόλα τα παραπάνω στοιχεία η Ελλάδα είναι μια χώρα πλούσια σε υδάτινους πόρους. Αυτό επιβεβαιώνεται με τον όγκο των 782 m³ πόσιμου νερού ανά κάτοικο ετησίως. Με το προαναφερθέν ποσό, η Ελλάδα υπερτερεί άλλων χωρών όπως η Γερμανία (460 m³ Νερό/κάτοικο) και η Ιρλανδία, ωστόσο τα προβλήματα είναι μεγαλύτερα. Το ποσοστό μείωσης των βροχοπτώσεων ανά περιοχή στον Ελλαδικό χώρο παρουσιάζεται στον χάρτη της Εικόνας 3.



Εικόνα 3: Ποσοστό μείωσης των βροχοπτώσεων ανά περιοχή στον Ελλαδικό χώρο
[Πηγή: Καλδέλλης και λοιποί, 2004]

1.4. ΒΑΣΙΚΑ ΑΙΤΙΑ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

✓ Περιβαλλοντικά αίτια

- Τα μικρά ετήσια ύψη βροχής και των νησιών των Κυκλάδων και του νοτιοανατολικού Αιγαίου (περίπου 350 mm νερού βροχής).
- Η πλειονότητα των υπόγειων υδροφορέων (κυρίως στα μικρά νησιά) δεν μπορούν εύκολα να συγκρατήσουν το νερό που κατεισδύει από τις επιφανειακές απορροές, καθώς είναι μικροί και έχουν ανοικτό μέτωπο επικοινωνίας με τη θάλασσα.
- Λόγω εντατικής άντλησης νερού από υδρογεωτρήσεις, διευκολύνεται η εισροή του θαλασσινού νερού, αλλοιώνοντας την ποιότητα του γλυκού νερού και καταστρέφοντας, ουσιαστικά, τον υδροφόρο.
- Λόγω του έντονου ανάγλυφου των επιφανειών των νησιών, οι επιφανειακές ροές νερού λόγω βροχοπτώσεων λαμβάνουν μορφή χειμάρρου. Η μεγάλη ορμή του χειμάρρου έχει σαν αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό να διαφεύγει στη θάλασσα.
- Έχει υπολογιστεί ότι από το νερό της βροχής, π.χ. στη Ρόδο, Κρήτη περίπου 80% επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, 10,5% είναι τα στραγγιστικά νερά και μόνο το 9,5% των συνολικών επιφανειακών απορροών της βροχόπτωσης περνά στον υδροφόρο ορίζοντα. (Ως σύγκριση, αναφέρουμε ότι τα εκτιμώμενα μέσα ποσοστά στην Πελοπόννησο είναι, της τάξης του: 60%, 17% και 23%, αντίστοιχα).
- Δεν υπάρχει μεγάλο ποσοστό πανίδας στα νησιά. Το Γεγονός αυτό οδηγεί σε αδυναμία συγκράτησης επιφανειακών ροών από το έδαφος και κατάληξή τους στη θάλασσα.
- Τα νησιά του Αιγαίου χαρακτηρίζονται για τους υψηλούς ανέμους, οπότε επικρατεί μεγάλο ποσοστό εξάτμισης σε συνδυασμό με την υψηλή ηλιοφάνεια.

✓ Ανθρωπογενή αίτια

Ο άνθρωπος με την αλόγιστη κατανάλωση και τη ρύπανση που προκαλεί επεμβαίνει (άμεσα και έμμεσα) και μειώνει τη διαθεσιμότητα του νερού που καθορίζεται από γεωφυσικούς και κλιματικούς παράγοντες. Οι κύριοι ανθρωπογενείς παράγοντες που επιδρούν στη λειψυδρία είναι οι ακόλουθοι:

- Η ανεπαρκής έως ανύπαρκτη ολοκληρωμένη διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων και συνολικά των φυσικών/περιβαλλοντικών πόρων (έδαφος, υγρότοποι, χλωρίδα, πανίδα).
- Η αύξηση της ζήτησης και κατανάλωσης με ραγδαία αύξηση κατά την τουριστική περίοδο σχετίζεται άμεσα με τη ζήτηση και την κατανάλωση του νερού.
- Η απaráδεκτη χρήση νερού κατά την περίοδο λειψυδρίας για υδατοβόρες εγκαταστάσεις (πχ. Πισίνες, γήπεδα γκολφ κτλ.).
- Ανθρωπογενείς ρυπάνσεις από φαινόμενα ευτροφισμού, υπαλμύριση και ρύπανση από βιομηχανικά/αγροτικά λύματα και απορρίμματα.

✓ Προτεινόμενες λύσεις

Πρέπει να τονισθεί ότι υπάρχουν γενικοί κανόνες αντιμετώπισης για το πρόβλημα της λειψυδρίας οι οποίοι ανάλογα με την φυσιογραφική και κοινωνικο-οικονομική ιδιαιτερότητα κάθε νησιού ποικίλουν. Επομένως η διαχείριση των υδατικών πόρων και του προβλήματος της λειψυδρίας σε κάθε νησιωτική ενότητα αλλά και σε κάθε νησί πρέπει:

- Να χαρακτηρίζεται από συστημική και ολιστική λογική και να έχει ολοκληρωμένο χαρακτήρα και να εντάσσεται σε στρατηγικό σχέδιο ανάπτυξης (με στόχους, κριτήρια, δείκτες κτλ.).
- Οι λύσεις πρέπει να έχουν συνδυαστικό χαρακτήρα. Ο φυσικός και τεχνικός εμπλουτισμός των υπόγειων φορέων αποτελεί τη βέλτιστη συνδυαστική λύση, της οποίας η καλύτερη δυνατή εφαρμογή πρέπει να είναι ο κύριος στόχος. Ο εμπλουτισμός επιτυγχάνεται με την κατασκευή φραγμάτων ή λιμνοδεξαμενών συναρτήσεως πάντα της ιδιομορφίας του εδάφους και του κόστους. Επίσης, ο

εμπλουτισμός επιτυγχάνεται με χρήση νερού από βιολογικούς καθαρισμούς καθώς και από μονάδες συλλογής βροχής. Η αποθήκευση πρέπει να γίνεται υπογείως ώστε να μην υφίσταται φαινόμενο εξάτμισης.

- Παράλληλα πρέπει να τονισθεί ότι η κατασκευή των έργων συγκέντρωσης νερού πρέπει να βασίζεται σε ενδελεχή μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τους ώστε να μην αφαιρεθεί νερό που είναι αναγκαίο περιβαλλοντικά για την επιβίωση και υγεία των παράκτιων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων, που αποδεδειγμένα προσφέρουν σημαντικά άμεσα και έμμεσα οφέλη στον άνθρωπο (χρήση δεικτών υγείας-ποιότητας, αντοχής/φέρουσας ικανότητας των οικοσυστημάτων).
- Αξιοποίηση ποσοτήτων υφάλμυρου νερού όπως για παράδειγμα οι ικανοποιητικές ποσότητες τέτοιου ύδατος στη Φολέγανδρο. Η ποσότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και είναι αποδεκτή για διάφορες χρήσεις εντός αποδεκτών ορίων ενώ μπορεί να βελτιωθεί μέσα από τεχνικές που μοιάζουν με την τεχνολογία αφαλάτωσης, ωστόσο κοστίζουν εξίσου.
- Η χρήση δύο ποιοτήτων νερού (υψηλής ποιότητας και υφάλμυρο), μέσω διπλού δικτύου. Το μέτρο αυτό αποτελεί αναγκαιότητα τη σημερινή περίοδο με σημαντική οικολογική και οικονομική αξία για τα νησιά μας.
- Πρέπει να καθοριστεί νομοθετικό πλαίσιο για τις υδρογεωτρήσεις ώστε να γίνονται με σχετικές άδειες αλλά και ελέγξιμους κανόνες διαχείρισης (πχ. Όρια, ρυθμός απόληψης κτλ.). Η υπερκατανάλωση από ιδιώτες έχει οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη εξάντληση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα ή και αχρήστευσή του λόγω εισόδου θαλασσινού νερού (υφαλμύριση).
- Η χρήση παραδοσιακών τεχνικών με ιδιαίτερη οικολογική και πολιτιστική αξία όπως η αποκατάσταση ή η κατασκευή «ξερολιθιών» για τη συγκράτηση χώματος και νερού στα πράνη των βουνών και των λόφων.
- Τέλος, η διαδικασία της αφαλάτωσης αποτελεί μια αναπόφευκτη ανάγκη και πρέπει να εξαντλεί τη δυνατότητα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πχ. Αιολική ή υδροδυναμική). Για παράδειγμα η μονάδα αφαλάτωσης στη Μήλο λειτουργεί με γεωθερμική ενέργεια.

Στην Εικόνα 4 απεικονίζεται μια ελληνική καινοτομία, η πλωτή πλατφόρμα αφαλάτωσης με σύστημα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



Εικόνα 4: Ελληνική καινοτομία: Πλωτή μονάδα αφαλάτωσης με αιολική ενέργεια
[Πηγή: <http://greenagenda.gr/%>]

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η ποσότητα ζήτησης του νερού σε m³ / άτομο για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα. Το πιο σημαντικό πρόβλημα όπως παρουσιάζουν τα στοιχεία εντοπίζεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας και στα νησιά του Αιγαίου.

A/A	Υδατικά διαμερίσματα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές
1	Δυτική Πελοπόννησος	201	5	23	3	20
2	Βόρεια Πελοπόννησος	401,5	6,6	41,7	3	
3	Ανατολική Πελοπόννησος	324,9	4,7	22,1		
4	Δυτ. Στερεά Ελλάδα	366,5	9	22,4		
5	Ήπειρος	152,5	10,3	33,9	4,3	
6	Αττική	99	2,5	420	17,5	
7	Ανατολική Στερεά Ελλάδα	773,7	9,9	41,6	12,6	
8	Θεσσαλία	1550	13	69		
9	Δυτική Μακεδονία	609,4	7,9	43,7	30	80
10	Κεντρική Μακεδονία	527,6	8	99,8	80	
11	Ανατολική Μακεδονία	627	5,8	32		
12	Θράκη	825,2	7,1	27,9	11	
13	Κρήτη	320	10,2	42,3		
14	Νησιά Αιγαίου	80,2	6,8	37,2		
	Σύνολο Χώρας	6858,5	106,8	956,6	161,4	100

Πίνακας 3: Ετήσια ζήτηση νερού σε m³ στην Ελλάδα ανά χρήση και διαμέρισμα

Μία λύση η οποία δεν μπορεί να συνεχιστεί σε μακροπρόθεσμο πλάνο είναι η μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία. Η μεταφορά δεν γίνεται με ικανοποιητικό βαθμό λόγω μεγάλου κόστους το οποίο επιβαρύνει το κράτος. Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης το πρόβλημα λύνεται με τη συνεισφορά τοπικών μονάδων ή ιδιωτικών γεωτρήσεων, λιμνοθαλασσών όπου γίνεται η συγκέντρωση όμβριων υδάτων και στέρνες για αρδευτικούς σκοπούς. Τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη για επιπλέον υδροδότηση έχει οδηγήσει σε νέα έργα, πχ. Γεωτρήσεις ή μονάδες αφαλάτωσης κτλ. Να αναφερθεί ενδεικτικά ότι στις Κυκλάδες μεταφέρθηκαν περίπου 700.000 m³ το 2007 ενώ στα Δωδεκάνησα 1.100.000 m³. Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραπάνω ποσοτήτων καταναλώθηκε τους θερινούς μήνες.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Ευθυμίουπουλος Η., 2010) το κόστος μεταφοράς νερού σε άνυδρα νησιά έχει δεκαπλασιαστεί μέσα στην δεκαετία 1997-2007 στα άνυδρα νησιά. Το

κόστος για την δεκαετία 2007-2017 είναι κατά 10% υψηλότερο σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται σύμφωνα με τη Μελέτη Ανάπτυξης εργαλείων υδάτινων πόρων των νησιών του Αιγαίου, οι συνολικές απαιτήσεις νερού και το συνολικό έλλειμμα για το 2008 για δώδεκα νησιά του Αιγαίου. Στον Πίνακα συμπεριλαμβάνεται και μια προβλεπόμενη κατάσταση για το 2020. Αυξάνονται οι απαιτήσεις κατά 12% και το έλλειμμα κατά 15% αντίστοιχα.

Νήσος	Υφιστάμενη κατάσταση		Πρόβλεψη για 2020	
	Συνολικές απαιτήσεις σε χιλιάδες m ³	Συνολικό έλλειμμα %	Συνολικές απαιτήσεις σε χιλιάδες m ³	Συνολικό έλλειμμα %
Ρόδος	32057	3,4	38697	2,7
Άνδρος	5571	1,2	5817	2,2
Θήρα	2338	16,5	3699	41,2
Ίος	409	0,3	556	0
Κάρπαθος	1327	0	1586	0,6
Κως	13162	4,2	15061	12,5
Μήλος	1255	10,5	1435	1,7
Νάξος	12457	45,4	13759	45,1
Πάρος	3461	1,6	3820	13,7
Μύκονος	3037	24,3	2454	43,4
Λέσβος	44398	6,9	44617	10,1
Χίος	11390	11	13596	6,8

Πίνακας 4: Συνολικές απαιτήσεις και έλλειμμα νερού σε νησιά του Αιγαίου

Στον Ελλαδικό χώρο παρατηρείται το φαινόμενο της σπατάλης του πόσιμου νερού κατά κύριο λόγο για ανάγκες άρδευσης. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται το ποσοστό των γεωτρήσεων ξεπερνά τις δυνατότητες κάθε περιοχής.

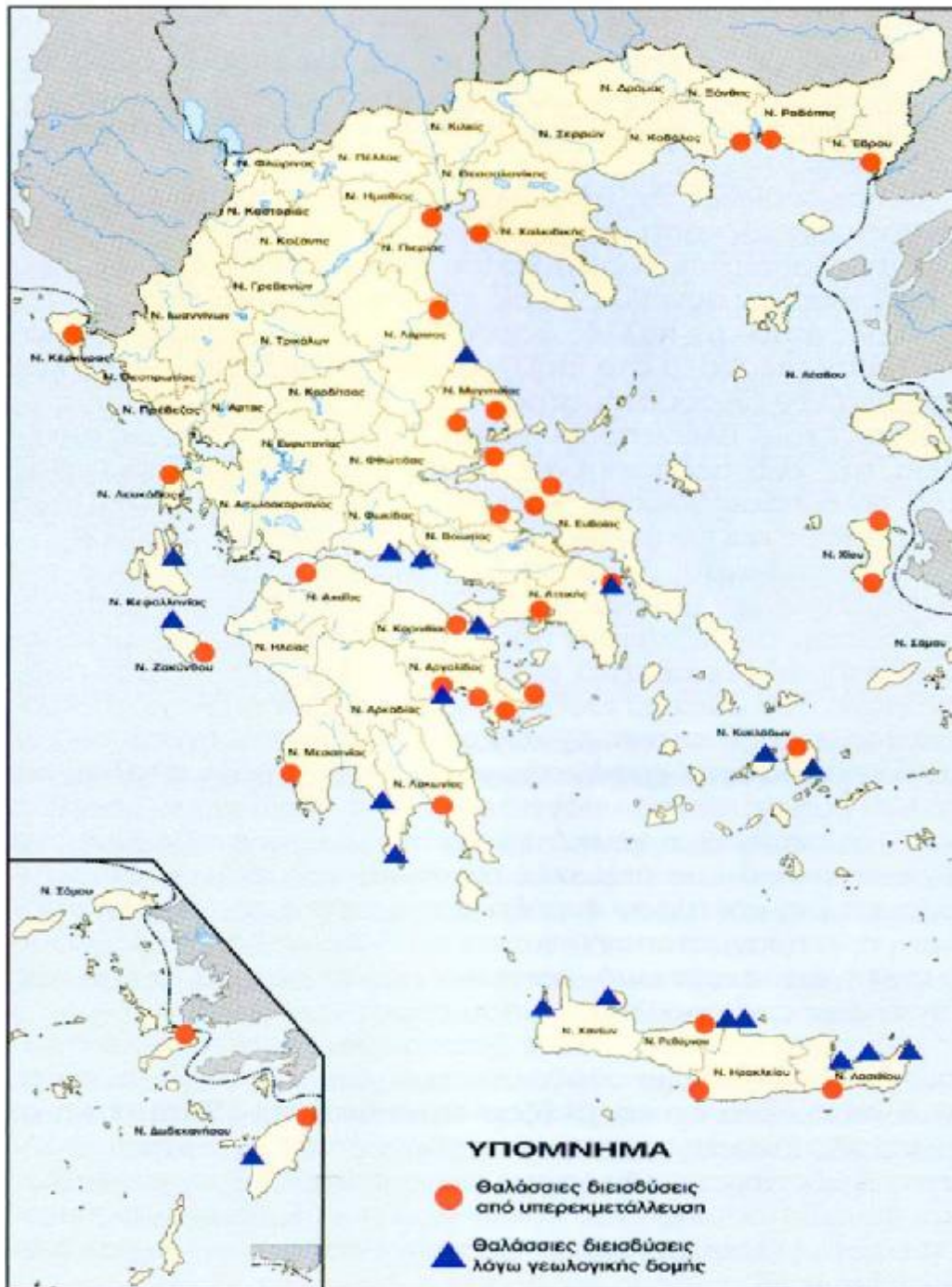
Περιοχή	Ποσοστό (%)
Θεσσαλία	320
Αττική	260
Πελοπόννησος	200
Νησιά Αιγαίου	200
Δυτική Μακεδονία	30
Κεντρική Μακεδονία	20
Υπόλοιπο	31

Πίνακας 5: Ποσοστό υπερκάλυψης δυνατοτήτων των υπεδαφικών υδροφορέων για περιοχές της Ελλάδας
[Πηγή: Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού, Μονάδα Οικονομικής Ανάλυσης Αγορών Τράπεζας Πειραιώς]

Τα αποτελέσματα της υπερκατανάλωσης του γλυκού νερού είναι η δραματική μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα αλλά και η υφαλμύρωση των παραθαλάσσιων εκτάσεων. Η υφαλμύρωση όταν ξεπερνά συγκεκριμένα επίπεδα μετατρέπει το νερό σε επικίνδυνο για πόσιμη αλλά και γεωργική χρήση. Το πρόβλημα εντοπίζεται στις παραθαλάσσιες περιοχές και κυρίως στην περιοχή του Αιγαίου (Εικόνα 5).

Χάρτης υφάλμυρων υπογείων νερών θαλάσσιας διείσδυσης

(από Παν. Περγαλιώτη - Στ. Παπαδάκου)



Εικόνα 5: Χάρτης υφάλμυρων υπόγειων υδάτων Ελλάδας

[Πηγή: <http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/img0714.html>]

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ

2.1. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

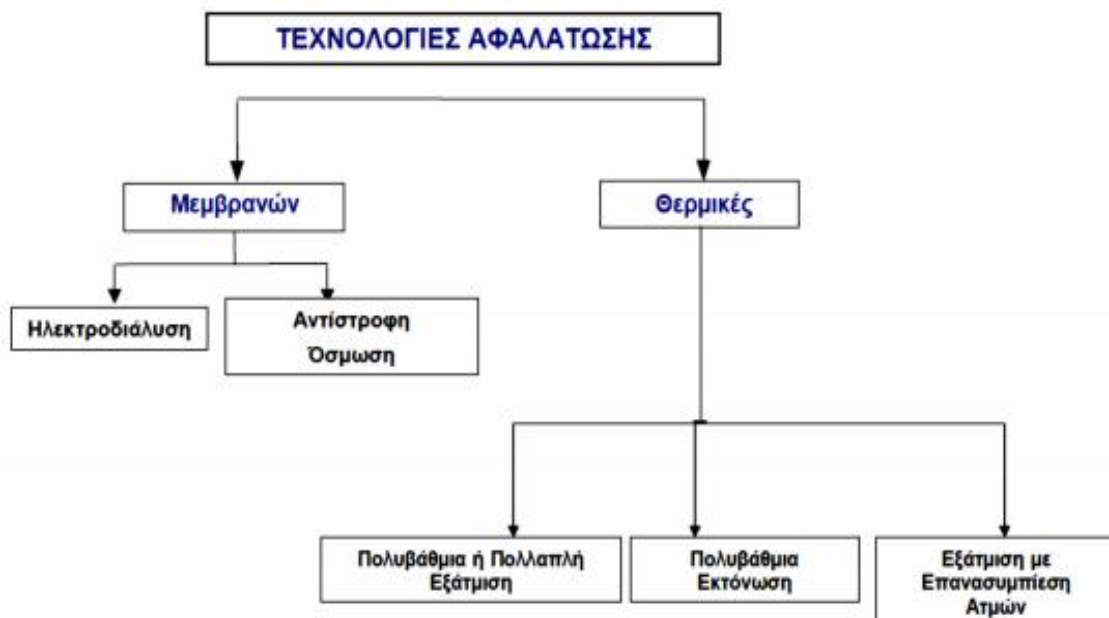
Η αφαλάτωση είναι μία διεργασία ανάκτησης πόσιμου νερού είτε από θαλασσινό νερό, είτε από λίμνες και υφάλμυρα ποτάμια. Κατά την διεργασία της αφαλάτωσης αφαιρούνται τα άλατα από αλατούχες ουσίες, ωστόσο η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την αφαίρεση αλάτων από αλατούχα ύδατα ενώ η χρήση της ευνοείται σε περιοχές ξηρού κλίματος λόγω της πλούσιας πρόσβασης σε καθαρό θαλασσινό νερό.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση είναι η μέθοδος της εξάτμισης (θερμικές μεθόδους) και η μέθοδος των μεμβρανών. Ωστόσο, η κάθε μέθοδος αποτελείται από αρκετές διαφορετικές διεργασίες. Συνοπτικά, η μέθοδος της εξάτμισης αποτελείται από τις ακόλουθες διεργασίες:

- Πολυβάθμια εξάτμιση.
- Πολυβάθμια εκτόνωση.
- Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών.
- Θερμική συμπίεση ατμών.

Η μέθοδος των μεμβρανών αποτελείται από τις ακόλουθες διεργασίες:

- Αντίστροφη ώσμωση.
- Ηλεκτροδιάλυση.



Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών αφαλάτωσης
[Πηγή: Τζεν, 2010]

Οι διεργασίες που προαναφέρθηκαν θα αναλυθούν στην συνέχεια της παρούσας πτυχιακής άσκησης. Εκτός από τις προαναφερόμενες μεθόδους αφαλάτωσης υπάρχουν και άλλες οι οποίες ακόμα βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο αλλά και άλλες οι οποίες είναι ασύμφωρες οικονομικά.

Πιο συγκεκριμένα οι οικονομικά ασύμφωρες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι οι εξής:

- Ιοντοανταλλαγή.
- Διεργασία παγώματος.
- Απόσταξη με μεμβράνες.
- Ηλιακή αεριοποίηση.
- Κρυσταλλοποίηση με υδρικόαιθάνιο.
- Νανοφιλτράρισμα.

2.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Οι μέθοδοι-τεχνολογίες αφαλάτωσης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες εξαρτώνται από το αν η αλατούχα ουσία που επεξεργάζεται αλλάζει φάση ή όχι. Έτσι προκύπτουν οι ακόλουθες δύο κατηγορίες:

- Διεργασίες κατά τις οποίες η αλατούχα ουσία αλλάζει φάση (κρυστάλλωση, απόσταξη).
- Διεργασίες οι οποίες ολοκληρώνονται χωρίς αλλαγή φάσης (αντίστροφη ώσμωση, ηλεκτροδιάλυση).

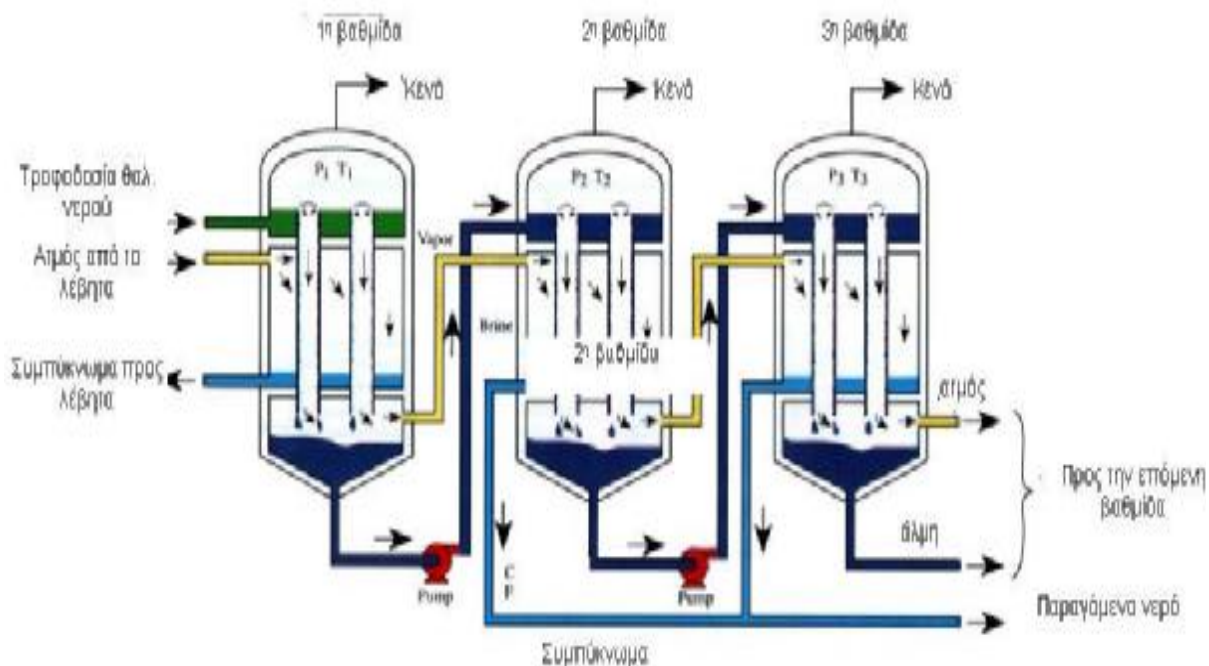
2.2.1. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΗ

Η πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED) είναι μία από της μεθόδους αφαλάτωσης που τα τελευταία χρόνια έχει εγκατασταθεί από την πολυβάθμια εκτόνωση, η οποία θα αναλυθεί στο επόμενο εδάφιο. Η αντικατάσταση της πραγματοποιήθηκε διότι παρουσίαζε διάφορα τεχνικά προβλήματα, όμως λόγω του πλεονεκτήματος, του μεγάλου βαθμού απόδοσης, που παρουσιάζει πραγματοποιούνται μελέτες με στόχο την λύση και την βελτίωση των προβλημάτων της.

Ένα σύστημα πολυβάθμιας εξάτμισης (Multiple Effect Distillation, MED)απαρτίζεται από τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Λέβητας θέρμανσης.
- Αποστακτήρας.
- Συμπυκνωτής ατμών.
- Διαχωριστής.
- Εξατμιστήρες (τοποθετημένοι σε σειρά).

Στη συνέχεια απεικονίζεται ένα σχήμα πολυβάθμιας εξάτμισης (Multiple Effect Distillation, MED)και διακρίνεται η αρχή λειτουργίας του.



Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση συστήματος πολυβάθμιας εξάτμισης.
[Πηγή: Καραχάλιου, 2010]

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

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εξάτμισης.
[Πηγή: Τζεν, 2001]

Η αρχή λειτουργίας της πολυβάθμιας εξάτμισης βασίζεται στην είσοδο του ατμού σε σωλήνες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε οριζόντια ή κάθετη διάταξη και πάνω στους οποίους ψεκάζεται το κρύο θαλασσινό νερό δημιουργώντας ένα αρκετά λεπτό στρώμα νερού. Το στρώμα νερού εξατμίζεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, ενώ ο ατμός που προκύπτει λόγω της συμπύκνωσης του αλμυρού νερού αποθηκεύεται ως καθαρό νερό.

Αναλυτικότερα, κατά την πολυβάθμια εξάτμιση γίνεται χρήση αλμυρού νερού. Το νερό λοιπόν θερμαίνεται ως τους 100°C (θερμοκρασία βρασμού) και ο παραγόμενος ατμός εισάγεται στην πρώτη βαθμίδα όπως απεικονίζεται στο ανωτέρω σχήμα. Ο εισαγόμενος στην πρώτη βαθμίδα ατμός χρησιμοποιείται στην δεύτερη βαθμίδα σαν ατμός θέρμανσης. Μετά την είσοδο του διαλύματος άλμης στην δεύτερη βαθμίδα παρατηρείται βρασμός του διαλύματος σε αρκετά μικρότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία βρασμού της πρώτης βαθμίδας. Αυτό συμβαίνει διότι η δεύτερη βαθμίδα έχει μικρότερη πίεση από την πρώτη βαθμίδα.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και σε επόμενες βαθμίδες χρησιμοποιώντας το υπολειπόμενο αλμυρό νερό και τον υπολειπόμενο ατμό. Κάθε θάλαμος περιέχει μία αντλία κενού η οποία βοηθά στη εξάτμιση μειώνοντας βαθμιαία την πίεση έως ότου φτάσει την πίεση κορεσμού για την αντίστοιχη θερμοκρασία κάθε θαλάμου.

Λόγω διάφορων τεχνικών προβλημάτων και παρά τον υψηλόβαθμό απόδοσης της μεθόδου, η πολυβάθμια εξάτμιση έχει πάψει να εφαρμόζεται και έχει αντικατασταθεί από την μέθοδο της πολυβάθμιας εκτόνωσης. Ωστόσο πραγματοποιούνται διαρκώς έρευνες με στόχο την αποκατάσταση των τεχνικών αυτών προβλημάτων αλλά και την εκμετάλλευση του ιδιαίτερα υψηλού βαθμού απόδοσης.



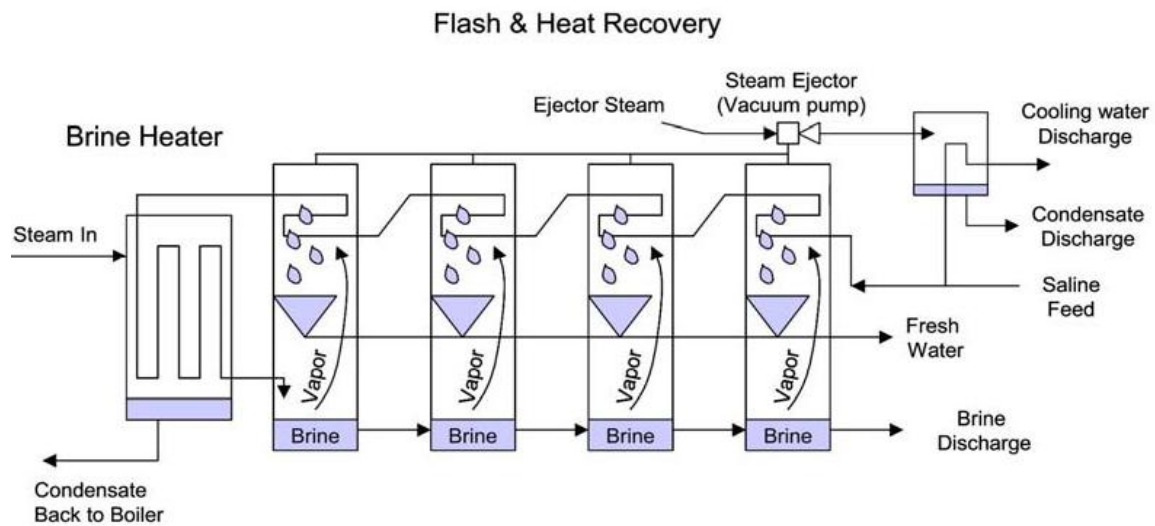
Εικόνα 6: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εξάτμισης στην Κίνα.
[Πηγή: Συσκάκη, 2013]

2.2.2. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΚΤΟΝΩΣΗ

Μία επιπλέον μέθοδος παραγωγής υψηλής ποιότητας γλυκού νερού με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλας είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (Multi –Stage Flash Distillation, MSF). Η μέθοδος είναι ιδανική για μεγάλου μεγέθους εφαρμογές ξεκινώντας από τα 1.000 m³ φτάνοντας έως και τα 60.000 m³.

Χρήση θαλασσινού νερού γίνεται και σε αυτήν την μέθοδο κατά την οποία όπως και στην πολυβάθμια εξάτμιση αρχικά το θαλασσινό νερού ζεσταίνεται σε θερμοκρασία λίγο μικρότερη της θερμοκρασίας βρασμού. Ακολουθεί η είσοδός του στον πρώτο θάλαμο στον οποίο θάλαμο η πίεση είναι χαμηλότερη από εκείνη του κορεσμού με αποτέλεσμα την ατμοποίηση του νερού. Σε αυτή την φάση ο ατμός έρχεται σε επαφή με σωλήνες οι οποίοι μεταφέρουν ο κρύο θαλασσινό νερό και έτσι υγροποιείται και αποθηκεύεται ως καθαρό νερό. Η διαδικασία συνεχίζεται και επαναλαμβάνεται και στους θαλάμους που ακολουθούν έχοντας ολοένα και μικρότερη πίεση.

Αρκετά συμφέρουσα τοποθέτηση των εγκαταστάσεων πολυβάθμιας εκτόνωσης είναι πλησίον θερμοηλεκτρικών σταθμών για την βέλτιστη αξιοποίηση του καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα θα ήταν αρκετά αποδοτική η εκτόνωση αρχικά του ατμού στον ατμοστρόβιλο για να παραχθεί ισχύς και έπειτα η χρήση του για την αφαλάτωση. Τέτοιου είδους εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στην Μέση Ανατολή (40% παγκόσμιας χρήσης αφαλάτωσης).



Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση συστήματος πολυβάθμιας εκτόνωσης.
[Πηγή: Υφαντής, 2014]

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

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά πολυβάθμιας εκτόνωσης.
[Πηγή: Τζεν, 2001]



Εικόνα 7: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εκτόνωσης στην Σαουδική Αραβία.
[Πηγή: Συσκάκη, 2013]

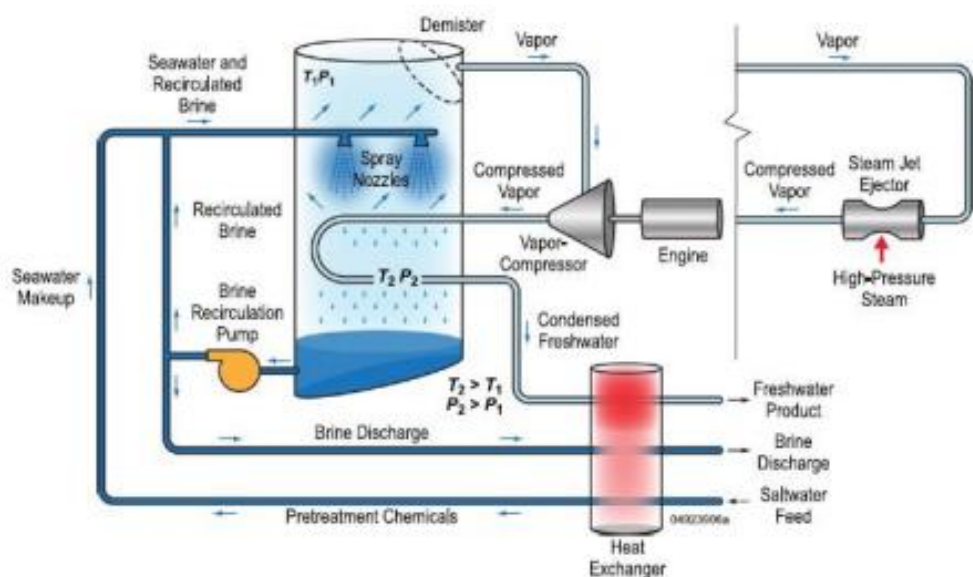
2.2.3. ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ

Βάσει της μεθόδου εξάτμισης είναι η διαδικασία απόσταξης και η μέθοδος αυτή ονομάζεται εξάτμιση με συμπίεση ατμών, (Vapour Compression, VC). Κατά την διεργασία της εξάτμισης γίνεται λήψη του παραγόμενου ατμού και στην συνέχεια γίνεται συμπίεση αυτού από μία διάταξη θερμότητας. Η συμπίεση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση τόσο της πίεσης όσο και της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού και έτσι δημιουργείται επιπλέον ατμός. Υπάρχουν δύο τρόποι εκτέλεσης αυτής της μεθόδου:

- Με την χρήση συστήματος εκβολής.
- Με την συμπίεση ατμού μέσω μίας μηχανικής διάταξης.

Η λειτουργία του συστήματος εκβολής στηρίζεται στον ατμό από εξωτερική πηγή με σκοπό την ανακύκλωσή του κατά την διεργασία της αφαλάτωσης. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος συμπίεσης του ατμού μίας μηχανική διάταξης είναι γνωστή και ως μηχανική συμπίεση ατμού (Mechanical Vapor Compression MVC). Η μηχανική αυτή διάταξη κάνει χρήση του ηλεκτρισμού για να λειτουργήσει. Η διεργασία της συμπίεσης σε αυτήν την μέθοδο μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μανομετρικές πιέσεις ή υπό κενό (Vacuum Vapor Compression, VVC), δηλαδή σε ιδιαίτερα χαμηλές τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διεργασία της συμπίεσης ατμού υπό κενό παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα όπως τα ακόλουθα:

- Ιδιαίτερα αποδοτική διαδικασία απόσταξης.
- Ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση.
- Βέλτιστοι ρυθμοί παραγωγής πόσιμου νερού.
- Ιδιαίτερα αξιόπιστη μέθοδος.
- Απλή λειτουργία.
- Λειτουργία υπό αντίξοες συνθήκες.



Σχήμα 4: Μηχανική συμπίεση ατμού.
[Πηγή: Al-Karaghoulis & Kazmerski, 2013]

ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ	
Εύρος μεγεθών	25-2.500 m ³ /ημ
Νερό τροφοδοσίας	Θαλασσινό
Ποιότητα παραγόμενου νερού	10ppm TDS
Απαιτούμενη ενέργεια	Ηλεκτρική (8-15 kWh/m ³)

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.
[Πηγή: Τζεν, 2001]

Στην μέθοδο αυτή λοιπόν, πραγματοποιείται ψεκασμός κρύου θαλασσινού νερού επάνω σε σωλήνες οι οποίοι διαπερνώνται από καυτό ατμό. Έτσι, η θέρμανση του θαλασσινού νερού έχει ως αποτέλεσμα την εξάτμισή του υπό την βοήθεια ενός αεροσυμπιεστή στον οποίο οφείλεται η δημιουργία υποπίεσης. Ακολουθεί η συλλογή των καθαρών υδρατμών και έπειτα η συμπύκνωσή τους. Έτσι, το νερό είναι πλέον καθαρό. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μη απαίτηση πηγής θερμότητας, αφού λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

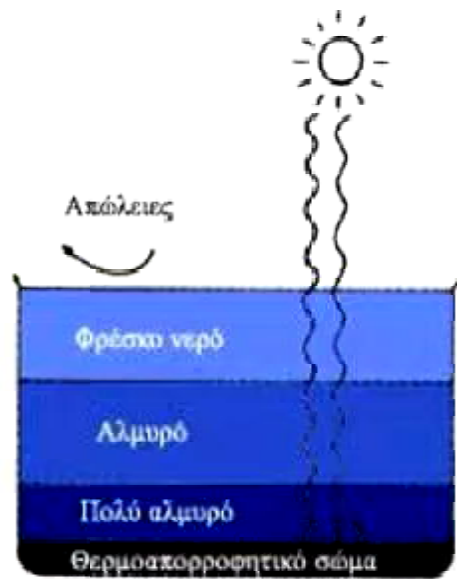


Εικόνα 8: Μονάδα αφαλάτωσης μηχανικής συμπίεσης ατμού (MVC) στην Alcudia της Ισπανίας
[Πηγή: Ψωμόπουλος και Χριστοφής, 2011]

2.2.4. ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ

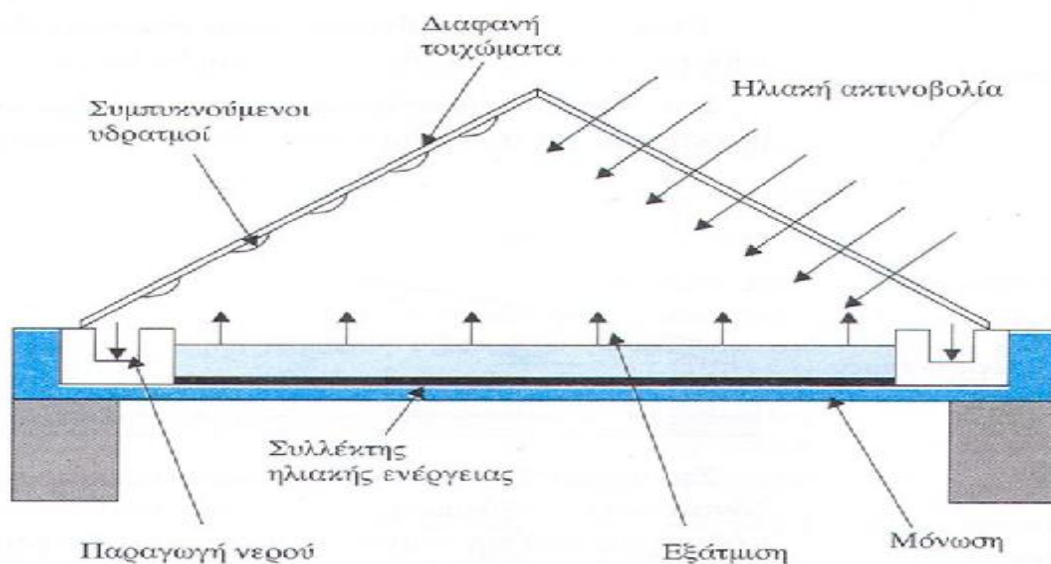
Η αφαλάτωση μέσω της διεργασίας της ηλιακής απόσταξης (Solar Distillation) έχει ως βάση την αρχή του θερμοκηπίου, διότι γίνεται χρήση της ηλιακής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η διεργασία αυτή πραγματοποιείται σε αδιαφανή στεγασμένο χώρο. Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία λοιπόν απορροφάται σε ένα βαθμό, ενώ το ποσοστό που δεν απορροφήθηκε διαχέεται και εκπέμπεται ξανά. Όμως, λόγω της αδιαφάνειας του χώρου,

η ακτινοβολία που δεν απορροφάται και εκπέμπεται ξανά ουσιαστικά παγιδεύεται στον χώρο και να γίνεται θερμότητα.



Σχήμα 5: Στάδια αφαλάτωσης με χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας.
[Πηγή: <https://nikitiperivallontiki2013.wordpress.com>]

Η παραγόμενη θερμότητα, θερμαίνει το νερό που βρίσκεται εντός της εγκατάστασης και κατ' επέκταση αυτό συνεπάγεται την εξάτμισή του. Έτσι παράγονται υδρατμοί, οι οποίοι παγιδευμένοι στην κεκλιμένη οροφή της εγκατάστασης συμπυκνώνονται και συλλέγονται ως καθαρό πλέον νερό. Αναφορικά, η θερμοκρασία της εγκατάστασης κυμαίνεται από 45 °C έως και 55 °C τους καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 6: Διαδικασία της ηλιακής απόσταξης.
[Ταυλάς και Παππάς, 2013]

Η χρήση της μεθόδου αυτής για την αφαλάτωση του νερού παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Ιδιαίτερα οικονομική μέθοδος (σχεδόν μηδενικό κόστος λειτουργίας).
- Δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Ωστόσο, παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα:

- Μη ικανοποιητική απόδοση της μεθόδου.
- Το παραγόμενο νερό δεν είναι απόλυτα καθαρό.
- Απαιτήση επιπλέον επεξεργασίας νερού.

2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

2.3.1. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ

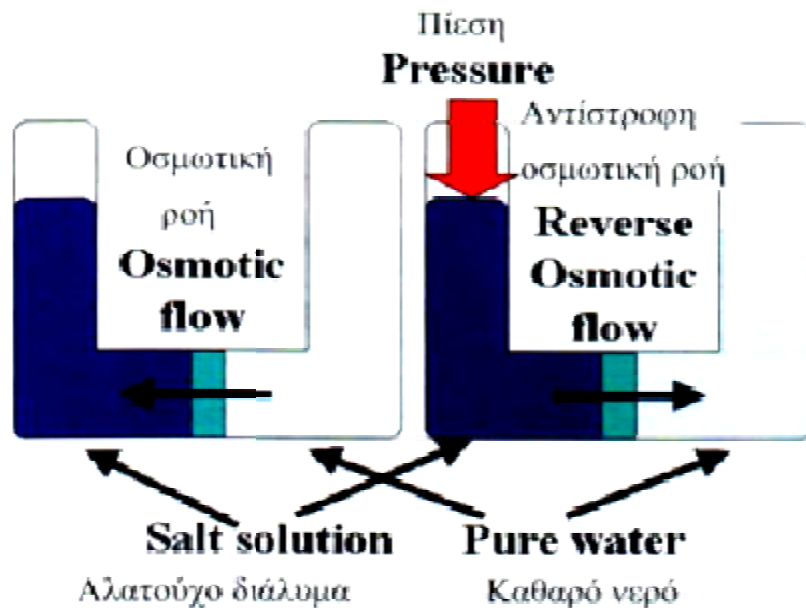
Κατά την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης (Reverse Osmosis, RO), γίνεται χρήση της πίεσης με σκοπό την ώθηση του διαλύματος έτσι ώστε να διαπεράσει μία μεμβράνη. Ουσιαστικά η μεμβράνη αυτή είναι το διαχωριστικό ανάμεσα στην διαλυμένη ουσία και τον καθαρό διαλύτη. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση της αφαλάτωσης το δοχείο χωρίζεται σε δύο τμήματα τα οποία χωρίζει μία ημιπερατή μεμβράνη. Το ένα από τα δύο τμήματα περιέχει το θαλασσινό νερό, ενώ το δεύτερο το καθαρό νερό. Η εφαρμογή της ωσμωτική πίεσης στο σύστημα έχει ως στόχο την ισορροπία ανάμεσα στα δύο αυτά διαλύματα.

2.3.1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Αρχικά, οι στάθμες των δύο τμημάτων βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Κατόπιν, αυξάνεται η στάθμη στο τμήμα στο οποίο εμπεριέχεται θαλασσινό αλάτι (αλατούχο διάλυμα), λόγω του ότι τα μόρια του νερού του τμήματος του καθαρού νερού διαπερνούν την μεμβράνη και καταλήγουν στο τμήμα του αλατούχου διαλύματος.

Γενικά, η μέθοδος βασίζεται στη μεταφορά του διαλύματος με την μικρότερη συγκέντρωση αλάτων (καθαρό νερό), στο πιο πυκνό διάλυμα (θαλασσινό νερό) μέσω μίας μεμβράνης. Η διαδικασία αυτής της μεταφοράς είναι επαναλαμβανόμενη έως ότου εξισωθούν οι δύο συγκεντρώσεις. Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθεί πως σε περίπτωση που για τον οποιονδήποτε λόγο πάψει η διαδικασία μετακίνησης των μορίων από το καθαρό νερό προς το αλατούχο διάλυμα, τότε εφαρμόζεται μία πίεση. Αυτό έχει ως στόχο την διατήρηση της ισορροπίας ανάμεσα στα δύο τμήματα, ενώ η εφαρμοζόμενη πίεση ονομάζεται ωσμωτική πίεση.

Εκτός από την προαναφερθείσα περίπτωση, αυτή της ώσμωσης υπάρχει και η αντίστοιχη αντίστροφη διαδικασία η οποία ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση. Κατά την αντίστροφη ώσμωση λοιπόν, αυξάνεται η πίεση στο διάλυμα το οποίο περιέχει αλάτι και κατά συνέπεια το νερό μεταφέρεται στο τμήμα που περιέχει το καθαρό νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της στάθμης του δοχείου με το καθαρό νερό. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μεμβράνη είναι διαπερατή μόνο από το καθαρό νερό, με αποτέλεσμα το αλάτι να μένει στο τμήμα με το αλατούχο διάλυμα ενώ παράλληλα η στάθμη του νερού μειώνεται λόγω της πίεσης.



Σχήμα 7: Ώσμωση και αντίστροφη ώσμωση.
[Πηγή: Ψωμόπουλος και Χριστοφής, 2011]

2.3.1.2. ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά στα στάδια που προϋποθέτει η επεξεργασία του νερού τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Προ-επεξεργασία.
- Αντίστροφη ώσμωση.
- Τελική επεξεργασία.

Η προ-επεξεργασία αποτελεί το πρώτο στάδιο επεξεργασίας του αλατούχου διαλύματος και το πιο σπουδαίο, καθώς σε αυτό το στάδιο πρέπει να πραγματοποιηθεί εξάλειψη των μικροοργανισμών και των αλάτων από τις μεμβράνες. Αναφορικά, σύμφωνα με τους Παππά και Ταυλά (2013), τα βήματα που αποτελούν την προ-επεξεργασία είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθέτηση φίλτρου εισόδου για την αποφυγή εισόδου ψαρών, φυκιών κ.λπ.
- Προχλωρίωση του θαλασσινού νερού (χρήση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου).
- Προσθήκη οξέος.
- Συσσωμάτωση των κολλοειδών/οργανικών ουσιών.
- Τοποθέτηση φίλτρου για την συγκράτηση της άμμου και γενικά μικρών στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.
- Φίλτρα πολυπροπυλενίου για την κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες
- Αποχλωρίωση η οποία γίνεται με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, γιατί οι μεμβράνες καταστρέφονται στην παρουσία ελεύθερου χλωρίου.
- Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία.

Κατά το στάδιο της αντίστροφης ώσμωσης απαραίτητη είναι η χρήση αντλιών μεγάλης πίεσης, οι οποίες διοχετεύουν το αλμυρό νερό σε δοχεία με σκοπό να περάσει από τις μεμβράνες και να αφαιρεθούν από αυτό τα άλατα, καθώς θα παγιδευτούν στις μεμβράνες. Η πίεση των αντλιών αυτών είναι κυμαινόμενη από 4 έως 80 ατμόσφαιρες. Κατά το πέρασμα του αλατούχου νερού από το σύστημα μεμβρανών, είναι γεγονός πως αυξάνεται η συγκέντρωση αλάτων στο τμήμα του συστήματος που βρίσκεται το θαλασσινό νερό, αφού οι μεμβράνες τα συγκρατούν και τα παγιδεύουν.

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

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά της αντίστροφης ώσμωσης.
[Πηγή: Τζεν, 2001]

Συμπερασματικά, κατά την διεργασία της αντίστροφης ώσμωσης παρουσιάζεται αύξηση της ωσμωτικής πίεσης κατά το μήκος των μεμβρανών. Έτσι, η ποσότητα του συλλεγόμενου νερού κυμαίνεται από το 20% έως και το 70% του νερού τροφοδοσίας, το οποίο είναι άμεσα εξαρτημένο από την συγκέντρωση των αλάτων του νερού αυτού.

Το τελικό στάδιο επεξεργασίας αποτελείται από τρία βασικά τμήματα πριν την διάθεση του νερού ως πόσιμο και είναι τα ακόλουθα:

- Απομάκρυνση αερίων, όπως το υδροθείο.
- Ρύθμιση της οξύτητας (pH) και αύξηση της σκληρότητας.
- Τελική χλωρίωση.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε υφάλμυρα νερά



Εικόνα 9: Μονάδα αντίστροφης ώσμωσης στη Νίσυρο.
[Πηγή: Ψωμόπουλος και Χριστοφής, 2011]

2.3.2. ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗ

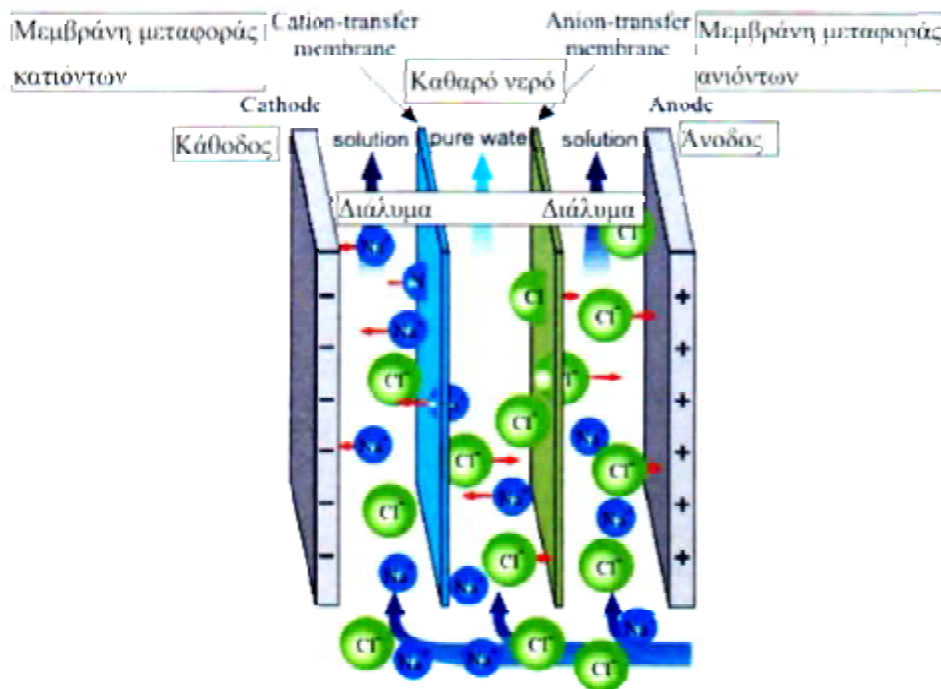
Η μέθοδος της ηλεκτροδιάλυσης (Electrodialysis, ED/EDr) ανήκει και αυτή στις μεθόδους αφαλάτωσης με την χρήση μεμβρανών. Η διαδικασία της ηλεκτροδιάλυσης πραγματοποιείται με την αρχή της ηλεκτρόλυσης όπου ο καθαρισμός του νερού γίνεται με ένα σύστημα ηλεκτρικά φορτισμένων μεμβρανών που διαχωρίζουν και απομακρύνουν τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων από το καθαρό νερό.

2.3.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗΣ

Στην μέθοδο της ηλεκτροδιάλυσης βασικό ρόλο έχουν τα ιόντα, τα οποία είναι ηλεκτρικά φορτισμένες μονάδες των μετάλλων και των ριζών που βρίσκονται στο νερό. Η διαδικασία πραγματοποιείται ως εξής, αρχικά μέσα σε ένα δοχείο το οποίο υπάρχει μια υδάτινη μάζα, διαλύεται χλωριούχου νατρίου. Η υδάτινη μάζα αποτελείται από πλήθος ιόντων νατρίου και χλωρίου. Έπειτα, στο μίγμα δίνεται ηλεκτρική τάση με αποτέλεσμα να προκαλείται ηλεκτρισμός και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα ιόντα να κινούνται λόγω της έλξης που δημιουργείται από τα ηλεκτρόδια αντίθετου φορτίου.

Η τεχνολογία ηλεκτροδιάλυσης είναι αποτελούμενη από ένα ηλεκτρολυτικό κελί. Το κελί αυτό έχει δυο πλευρικά διαχωριστικά τοιχώματα, τα οποία είναι μεμβράνες, και συνδέονται με τη πηγή συνεχούς ρεύματος αφού στο σημείο υπάρχουν τα ηλεκτρόδια της εγκατάστασης. Στη συσκευή διοχετεύεται θαλασσινό νερό, όπου τα διαλυμένα ιόντα προσκολλώνται κατά την κίνηση τους στις μεμβράνες και τα ιόντα των αλάτων διαπερνούν τις μεμβράνες εγκαταλείποντας τον ενδιάμεσο θάλαμο. Ο θάλαμος αυτός περιέχει το πιο καθαρά νερό επειδή έχει το μικρότερο ποσοστό αλάτων.

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα γίνεται άμεσα κατανοητό ότι δεν δίνεται δυνατότητα να λειτουργήσει χωρίς ενέργεια και με μη ιοντικά στερεά. Η ενέργεια που απαιτείται είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων. Επιπλέον, θεωρείται κατάλληλη για υφάλμυρα νερά, με χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων.



Σχήμα 10: Διεργασία αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση.
[Πηγή: <http://glossary.periodi.com>]

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

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά της Ηλεκτροδιάλυσης.
[Πηγή: Τζεν, 2001]

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, με αποτέλεσμα τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα να καθαρίζονται από την ροή καθαρού νερού.



Εικόνα 10: Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση στην Zhejiang της China
[Πηγή: <http://glossary.periodi.com>]

2.3.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Στο εδάφιο αυτό πραγματοποιείται καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των προαναφερόμενων μεθόδων αφαλάτωσης. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση των τεχνολογιών αφαλάτωσης σύμφωνα με τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Ποιότητα του νερού τροφοδοσίας (θαλασσινό, υφάλμυρο).
- Ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου νερού.
- Διαθεσιμότητα χώρου.
- Ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας.

Ωστόσο δεν εξετάζονται παράμετροι όπως το κόστος και η εμπειρία του προσωπικού που ασχολείται με τις μεθόδους.

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<p>Αντίστροφη ώσμωση (Eltawiletal., 2009)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Η χαμηλή απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση • Το σχετικά χαμηλό απαιτούμενο κεφαλαιουχικό κόστος. • Η απλότητα στη λειτουργία και ο μικρός χρόνος εκκίνησης της μονάδας αφαλάτωσης • Ο πρακτικός σχεδιασμός • Η επίτευξη απομάκρυνσης όχι μόνο των αλάτων αλλά και των προσμίξεων από το νερό τροφοδοσίας • Η μη απαίτηση κλεισίματος ολόκληρης της εγκατάστασης αφαλάτωσης, εξαιτίας των εκτελούμενων εργασιών συντήρησης • Η δυνατότητα υψηλής παραγωγικότητας πόσιμου νερού 	<ul style="list-style-type: none"> • Τα υψηλά εμφανιζόμενα κόστη χημικών και μεμβρανών αντικατάστασης • Το ελάχιστο προσδόκιμο χρονικό όριο ζωής των χρησιμοποιούμενων μεμβρανών, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ των 5 – 7 χρόνων • Η ευαισθησία που εμφανίζουν οι χρησιμοποιούμενες μεμβράνες στη ρύπανση • Η ανάγκη επαρκούς προεπεξεργασίας του νερού τροφοδοσίας. • Η πιθανότητα ύπαρξης μηχανικών βλαβών, εξαιτίας των υψηλών λειτουργικών πιέσεων. • Η ανάγκη ύπαρξης εκπαιδευμένου και εξειδικευμένου προσωπικού
<p>Απόσταξη πολλαπλής φάσης (Eltawiletal., 2009)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Η δυνατότητα ενσωμάτωσης της σε μονάδες αφαλάτωσης υψηλής παραγωγικότητας • Η υψηλή ποιότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού • Η ελάχιστη προαπαιτούμενη επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας • Η ανεξαρτησία του κόστους και της διαδικασίας αφαλάτωσης, από το επίπεδο αλατότητας του νερού τροφοδοσίας • Η εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία της μεθόδου • Η δυνατότητα εξασφάλισης της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας, μέσω συμπαραγωγής με μονάδα ενεργειακής παραγωγής • Η μείωση των επιπτώσεων κλιμάκωσης, μέσω της δημιουργούμενης ανάφλεξης 	<ul style="list-style-type: none"> • Οι εξαιρετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις • Οι υψηλές απαιτούμενες κεφαλαιουχικές δαπάνες. • Ο χαμηλός λόγος ενεργειακής ανάκτησης • Το υψηλό προαπαιτούμενο επίπεδο τεχνογνωσίας • Οι χαμηλοί ρυθμοί εκκίνησης της μονάδας αφαλάτωσης • Τα προβλήματα διάβρωσης, που ανάγονται στην χαμηλή ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών • Το κλείσιμο ολόκληρης της μονάδας αφαλάτωσης, κατά την εκπόνηση εργασιών συντήρησης
<p>Αφαλάτωση με ψύξη (Qiblawey&Banat, 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Οι θεωρητικά χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις • Η ελάχιστη δυνατή διάβρωση και η μικρότερη κλιμάκωση ή καθίζηση 	<ul style="list-style-type: none"> • Η απαίτηση διαχείρισεως μιγμάτων πάγου

Πίνακας 11: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης
[Πηγή: Δαπόντα, 2015]

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Εξάτμιση πολλαπλής επίδρασης (Eltawiletal., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Η υψηλή ποιότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού • Η δυνατότητα εξασφάλισης της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας, μέσω συμπαραγωγής με μονάδα ενεργειακής παραγωγής • Η υψηλή αξιοπιστία της μεθόδου, σε συνδυασμό με τις ελάχιστες απαιτήσεις προσωπικού • Η ελάχιστη προαπαιτούμενη επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας • Η ανοχή της μεθόδου σε κανονικά επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων και βιολογικής ύλης 	<ul style="list-style-type: none"> • Τα υψηλά απαιτούμενα ποσά ενεργειακής κατανάλωσης • Η ανάγκη χρήσης υλικών υψηλής ποιότητας, εξαιτίας των εμφανιζόμενων προβλημάτων διάβρωσης • Οι υψηλές κεφαλαιουχικές και λειτουργικές δαπάνες • Οι ανάγκες ψύξης και ανάμιξης του παραγόμενου νερού, προκειμένου αυτό να καταστεί τελικά πόσιμο
Απόσταξη μεμβρανών (Susanto, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Η δυνατότητα πραγματοποίησης της μεθόδου σε χαμηλές θερμοκρασίες: Συνεπώς, είναι δυνατή η χρήση πηγών θερμότητας χαμηλού θερμοκρασιακού βαθμού (ηλιακή ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, απορριπτόμενη θερμότητα). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το παραπάνω γεγονός δε συνεπάγεται και την απαίτηση μικρότερων ενεργειακών ποσών • Η αρθρωτή σχεδίαση της μονάδας και η απαίτηση μικρότερου χώρου για την πραγματοποίηση της, συγκριτικά με τις συμβατικές διεργασίες απόσταξης • Η επίτευξη υψηλής απόρριψης διαλυμένης ουσίας • Η λειτουργία της μεθόδου υπό την παρουσία υψηλής συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας τροφοδοσίας ή με σχεδόν κορεσμένο διάλυμα • Η απαίτηση μικρότερης υδροστατικής πίεσης, συγκριτικά με τις διεργασίες μεμβρανών, που έχουν σαν γνώμονα την πίεση • Η απαίτηση μικρότερης προεργασίας σε σχέση με τις διεργασίες μεμβρανών, που έχουν σαν γνώμονα την πίεση • Η μικρότερη ευαισθησία της μεθόδου στις διαφοροποιήσεις του νερού τροφοδοσίας (pH, TDS, κ.ο.κ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Η υψηλή πολυπλοκότητα της διαδικασίας μεταφοράς, συγκριτικά με τις διεργασίες μεμβρανών, που έχουν σαν γνώμονα την πίεση • Τα υψηλά καταναλισκόμενα ποσά θερμικής ενέργειας

Πίνακας 12: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης (Συνέχεια Πίνακα 6)
[Πηγή: Δαπόντα, 2015]

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ηλεκτροδιάλυση/ Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Eltawiletal., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> · Η υψηλή προσδοκώμενη χρονική διάρκεια ζωής των χρησιμοποιούμενων μεμβρανών · Η δυνατότητα λειτουργίας, υπό την επίρεια χαμηλών ή μετρίων πιέσεων · Η ύπαρξη αναλογίας μεταξύ της ενεργειακής χρήσης και των αφαιρούμενων αλάτων 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο περιοδικός καθαρισμός των χρησιμοποιούμενων μεμβρανών. · Η ενδεχόμενη ύπαρξη εκρήξεων στις στοιβες των μεμβρανών · Η ανάγκη προεπεξεργασίας του νερού τροφοδοσίας · Η μη απομάκρυνση των βακτηριακών ρυπαντών 5. Η μη καταλληλότητα τους στην περίπτωση νερού με συνολική διαλυτότητα αλάτων, μεγαλύτερη

Πίνακας 13: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδων αφαλάτωσης (Συνέχεια Πίνακα 6 και 7)
[Πηγή: Δαπόντα, 2015]

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ					
Μέθοδος	Τροφοδοσίας Νερό	Μορφή Ενέργειας	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	1.000-60.000	Θερμική/Ηλεκτρική	290kJ/kg 4-6KWh/m ³
MED	Θαλασσινό	Θερμική	500-20.000	Θερμική/Ηλεκτρική	270kJ/kg 2,5-3 KWh/m ³
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25-2.500	Ηλεκτρική	8-15 KWh/m ³
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0,4->70.000	Ηλεκτρική	<5KWh/ m ³ <3KWh/ m ³ με ανάκτηση ενέργειας
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2,5->50.000	Ηλεκτρική	0,5-3 KWh/m ³
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15-50.000	Ηλεκτρική	1,5-4 KWh/m ³

Πίνακας 14: Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης.
[Ταυλάς και Παππάς, 2013]

2.4. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Κάθε τεχνολογία αφαλάτωσης είναι κατάλληλη για συγκριμένες εφαρμογές. Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου απαιτείται ο έλεγχος παραμέτρων όπως είναι το νερό τροφοδοσίας, η απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου νερού, το μέγεθος της μονάδας και η διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συνέχεια του εδαφίου πραγματοποιείται η ανάλυση αυτών των παραμέτρων.

- ∅ *Νερό τροφοδοσίας:* η τεχνολογία που επιλέγεται για την αφαλάτωση του νερού εξαρτάται άμεσα από το ποσοστό άλατος που υπάρχει στο νερό προς επεξεργασία. Αυτό έχει ως συνέπεια σε νερά με μικρότερα ποσοστά άλατος να χρησιμοποιούνται μέθοδοι με μικρότερο ποσοστό απαιτούμενης ενέργειας.
- ∅ *Ποιότητα παραγόμενου νερού:* η τεχνολογία που θα επιλεγεί για την αφαλάτωση του νερού εξαρτάται και από την χρήση για την οποία παράγεται. Συγκεκριμένα οι θερμικές μέθοδοι παράγουν αποσταγμένο νερό με συγκέντρωση αλάτων πολύ χαμηλή της τάξης των 10 ppm έως στα διεργασίες με την χρήση μεμβρανών παράγουν νερό με συγκέντρωση αλάτων 350-500 ppm. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με πειραματικές μελέτες οι θερμικές μέθοδοι δεν προτείνονται για πόσιμο νερό το οποίο αποθηκεύεται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η αντίστροφη ώσμωση για την παραγωγή ποσίου νερού θεωρείται η καταλληλότερη, διότι οι μεμβράνες προσφέρουν ένα πολύ καλό ποιοτικό αποτέλεσμα.
- ∅ *Μέγεθος μονάδας:* η απαιτούμενη παραγόμενη ποσότητα εξαρτάται άμεσα από την επιλογή της τεχνολογίας αφαλάτωσης αφού για παράδειγμα η πολυβάθμια εκτόνωση συνίσταται για περιπτώσεις μεγάλους μεγέθους της τάξης των 1000 – 60000 m³, η πολυβάθμια εξάτμιση για περιπτώσεις μεσαίου μεγέθους της τάξης των 500 – 20000 m³ ενώ η εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις για πολύ μικρές εφαρμογές της τάξης των 25 – 2.500 m³. Ενώ οι τεχνολογίες με την χρήση μεμβρανών έχουν μεγάλο εύρος επεξεργασίας που κυμαίνεται από 0,4 – 128.000 m³ με αποτέλεσμα να θεωρούνται κατάλληλες για κάθε είδους απαίτηση.
- ∅ *Διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας:* κάθε τεχνολογία αφαλάτωσης έχει διαφορετικές απαιτήσεις ενέργειας με στόχο την άρτια λειτουργία τους, για παράδειγμα η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια στην πολυβάθμια εξάτμιση / εκτόνωση κυμαίνεται από 4-6 kWh/m³ και στην επανασυμπύεση ατμών από 8-15 kWh/m³. Ενώ στην αντίστροφη ώσμωση και την ηλεκτροδιάλυση απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κυμαίνεται από 0.5 - 3 kWh/m³ και 1.5 – 4 kWh/m³ αντίστοιχα, δηλαδή είναι οι οικονομικότερες σε σχέση με τις θερμικές μεθόδους.

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η παραγωγή πόσιμου νερού με την χρήση αφαλάτωσης είναι μια πολύ ελπιδοφόρα μέθοδος για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές, όμως, συνήθως είναι απομονωμένες, χωρίς να είναι εύκολη η πρόσβαση σε αυτές, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα, συχνά, να μην είναι εύκολη η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, δεν είναι συνδεδεμένες σε κάποιο ισχυρό δίκτυο παροχής ενέργειας ή είναι συνδεδεμένες με ανίσχυρα τοπικά δίκτυα τα οποία συνήθως τροφοδοτούνται από γεννήτριες diesel κι έχουν μικρή δυναμικότητα.



Εικόνα 11:Χάρτης διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής Ενέργειας.

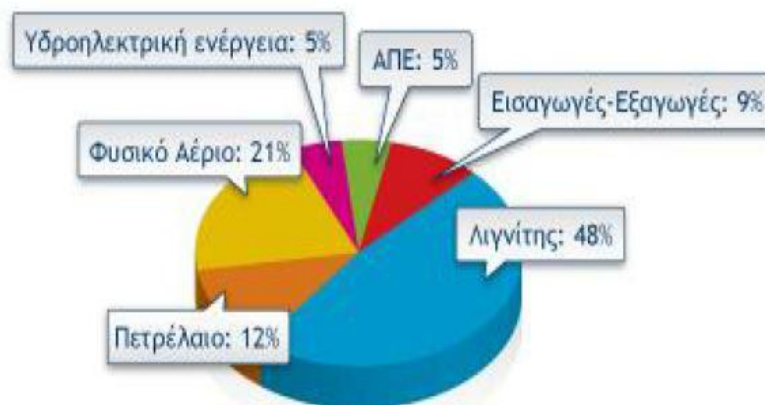
Επομένως είναι φανερό πως η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μεθόδων αφαλάτωσης με συμβατικές πηγές ενέργειας είναι συχνά ανέφικτη, καθώς τα τοπικά δίκτυα παροχής ενέργειας είναι μικρής ισχύος και ήδη καταπονούνται υπερβολικά μη μπορώντας να ανταποκριθούν στα υπόλοιπα φορτία. Ακόμα και όταν υπάρχει η δυνατότητα να γίνει η παροχή ενέργειας, η λύση αυτή δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, καθώς οι πηγές ενέργειας που είναι διαθέσιμες είναι ακριβές, όπως το ντίζελ, σε αντίθεση με τον φθινό πλην πολύ ρυπογόνο λιγνίτη.

Μελετώντας τον φυσικό κύκλο του νερού, φαίνεται πως και αυτό είναι ένα ανανεώσιμο στοιχείο, κάτι το οποίο ισχύει. Αν λάβουμε όμως υπόψη πως η διαθεσιμότητα του κατάλληλου σε καθαρότητα και ποιότητα νερού πέφτει δραματικά λόγω της πληθυσμιακής αύξησης, της αλόγιστης χρήσης και της μόλυνσης, ίσως δούμε το ζήτημα αυτό με άλλο μάτι. Σε αντίθεση με το γεγονός ότι το νερό καλύπτει το 70,9% της επιφάνειας του πλανήτη, υπάρχει μία παγκόσμια κρίση όσων αφορά την διαθεσιμότητα καλού ποιοτικά νερού. Αυτή η κατάσταση έχει οδηγήσει στην χρήση μεθόδων καθαρισμού και αφαλάτωσης.

Στις περισσότερες από τις ξερές, ημι-άνυδρες και απομακρυσμένες περιοχές το καθαρό νερό είναι πολύ δυσεύρετο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι περιοχές στη λεκάνη της Μεσογείου και στη Μέση Ανατολή. Σε αυτές τις περιοχές, οι μεγάλες πόλεις υποφέρουν από έλλειψη καλού ποιοτικά νερού, αλλά έχουν κοντά τους άφθονες πηγές αλμυρού νερού. Κατά την αφαλάτωση θαλασσινού νερού υπάρχει η τάση στην κατασκευή μεγάλων μονάδων, καθώς είναι πιο οικονομικές και κατάλληλες για πυκνοκατοικημένες περιοχές. Επίσης, υπάρχουν και αραιοκατοικημένες περιοχές όπου ακόμα και η ηλεκτροδότηση είναι δύσκολη, επομένως η αφαλάτωση με ΑΠΕ είναι η ιδανική λύση.

Δυστυχώς, με τα σημερινά δεδομένα δεν χρησιμοποιούμε καθόλου τα πλεονεκτήματα της αφαλάτωσης με ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, τέτοιες μονάδες είναι αρκετά σπάνιες και αυτές που ήδη υπάρχουν είναι τόσο μικρές ώστε να καλύπτουν περιορισμένη ζήτηση. Είναι χαρακτηριστικό πως αντιπροσωπεύουν μόνο το 0.02% όλων των μονάδων αφαλάτωσης. Αυτό οφείλεται κυρίως σε συσχετιζόμενες αιτίες:

- § Κόστος: Για τις περισσότερες χημικές βιομηχανίες το κόστος της ενέργειας είναι χαμηλό και κυμαίνεται συνήθως, ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος, από 1 έως 5 % του συνολικού κόστους και σε ακραίες περιπτώσεις αγγίζει το 10 %. Αντίθετα, στην βιομηχανία της αφαλάτωσης, το κόστος ανέρχεται στο 40 % του συνολικού κόστους, όπως αναφέρουν χαρακτηριστικά ο Hellmann et al. (2001). Εξαιτίας αυτού του υψηλού κόστους, γίνεται έρευνα πάνω σε όλες τις πιθανές εναλλακτικές ώστε να μπορούμε να παράγουμε όσο το δυνατόν περισσότερο αφαλατωμένο νερό φθηνότερα.
- § Διαθεσιμότητα: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι απεριόριστες, είναι όμως και παροδικές και συνεπώς παρουσιάζουν διαλείποντα χαρακτήρα, που οδηγούν σε περιορισμούς σχετικά με το μέγιστο των ικανοτήτων εκμετάλλευσης ανά μονάδα χρόνου. Επιπλέον, η γεωγραφική κατανομή του δυναμικού των ΑΠΕ δεν ανταποκρίνεται πάντα στην ζήτηση νερού σε τοπικό επίπεδο.
- § Τεχνολογία: Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την αφαλάτωση, οδηγεί στην σύνδεση αυτών των δύο διαφορετικών τεχνολογιών. Και οι δύο τεχνολογίες θεωρούνται ώριμες, ακόμη και αν υπάρχουν ακόμη σημαντικά περιθώρια όσον αφορά την αύξηση της αποτελεσματικότητας, καθώς και τον όγκο και την μείωση κόστους.
- § Βιωσιμότητα: Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ωριμότητα των συναφών τεχνολογιών δεν ταιριάζει με το χαμηλό επίπεδο των υποδομών, οι οποίες συχνά χαρακτηρίζουν περιοχές με σοβαρή έλλειψη νερού. Μελέτες έχουν δείξει ότι πολλές προσπάθειες ενσωμάτωσης προηγμένων λύσεων αφαλάτωση σε απομονωμένες περιοχές, απέτυχε λόγω της έλλειψης αξιόπιστης τεχνικής υποστήριξης. Επομένως, για να εφαρμοστεί η αφαλάτωση πρέπει να λυθεί το πρόβλημα της παροχής ενέργειας.



Σχήμα 11: Απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το έτος.

Αν και τα συστήματα αφαλάτωσης που τροφοδοτούνται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δε μπορούν να συναγωνιστούν αυτά που χρησιμοποιούν συμβατικές, όσον αφορά το κόστος του παραγόμενου νερού, μπορούν όμως εύκολα να βρουν εφαρμογή σε απομονωμένες περιοχές και να εξαπλωθούν, λόγω και της φιλικότητας τους και στο περιβάλλον.

3.1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι λεγόμενες συμβατικές μορφές ενέργειας, οι οποίες κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα στις μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης παρουσιάζουν συχνές και πολλές φορές σημαντικές αυξομειώσεις κόστους, κάτι που επηρεάζει άμεσα στην τιμή του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού. Επίσης, η μεταφορά του αφαλατωμένου νερού μακριά από την περιοχή παραγωγής του μπορεί να αυξήσει σημαντικά την τιμή του.

Αυτές οι συνθήκες καθιστούν αναγκαία, εκτός από ακραίες περιπτώσεις, την κατανάλωσή του νερού στην ευρύτερη περιοχή παραγωγής του, όπου κατά κανόνα πρέπει να διατίθεται και η ενέργεια για την τροφοδότηση της εγκατάστασης. Μία συμβατική μορφή ενέργειας για τροφοδοσία μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή μπορεί να φτάσει σε οποιαδήποτε περιοχή καλυπτόμενη από δίκτυο, καθώς δεν δημιουργούνται ζητήματα με την απόσταση και την ποσότητα. Μία άλλη μορφή ενέργειας είναι η θερμότητα. Αυτή, σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια, πρέπει να διατίθεται επιτόπου, καθώς η μεταφορά της ακόμα και σε μικρές αποστάσεις είναι τελείως ασύμφορη.

Ένας άλλος τρόπος είναι η τροφοδοσία ενέργειας από πυρηνικό εργοστάσιο, όπως π.χ. με ατμό που παράγεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα. Ο συνδυασμός πυρηνικής ενέργειας – αφαλάτωσης είναι οικονομικός μόνο σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης.

Τέλος έχουμε και την απορριπτόμενη ενέργεια. Αυτή είναι ενέργεια που απορρίπτεται στο περιβάλλον σε τεράστιες ποσότητες, η οποία κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αφαλάτωση. Ιδιαίτερα χρήσιμη απορριπτόμενη ενέργεια είναι των απαερίων των μηχανών Diesel και των αεροστροβίλων.

3.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι μορφές των ΑΠΕ, οι οποίες έχουν διερευνηθεί επιστημονικά και έχουν γίνει κάποια βήματα για την εκμετάλλευσή τους είναι πάρα πολλές. Όμως, για διάφορους λόγους, δεν είναι όλες κατάλληλες για χρήση σε διαδικασίες αφαλάτωσης. Οι κυριότερες μορφές, που έχει διαπιστωθεί ότι μπορούν να αποτελέσουν μια βιώσιμη λύση φαίνονται επιγραμματικά παρακάτω.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να παράσχουν θερμική ενέργεια (ηλιακοί συλλέκτες, γεωθερμία), ηλεκτρική ενέργεια (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες) ή μηχανική ενέργεια (ανεμογεννήτριες). Κάθε σύστημα αφαλάτωσης παρουσιάζει προβλήματα όταν συνδέεται με συστήματα παροχής ενέργειας που μεταβάλλονται, όπως συμβαίνει με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και για τον λόγο αυτόν, είτε συνδέονται στο κεντρικό δίκτυο είτε χρησιμοποιούνται σε ένα αυτόνομο δίκτυο, προστίθεται κάποιο μικρό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες, ώστε να εξασφαλιστεί μία σταθερή παροχή ενέργειας.

3.3 ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι από τις πολλά υποσχόμενες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού και μπορούμε να την

χρησιμοποιήσουμε ποικιλοτρόπως. Ένας τρόπος είναι με την χρήση της θερμικής ενέργειας όπου μπορούμε να έχουμε ένα σύστημα απόσταξης που θα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη και τον αποστάκτη ή από ένα ολοκληρωμένο σύστημα που τα περιλαμβάνει και τα δυο.

Η πρώτη περίπτωση χαρακτηρίζεται έμμεση ηλιακή αφαλάτωση ενώ η δεύτερη ονομάζεται άμεση ηλιακή αφαλάτωση. Η έμμεση ηλιακή αφαλάτωση συνήθως γίνεται μέσω ενός εμπορικά διαθέσιμου ηλιακού συλλέκτη και μιας επίσης εμπορικά διαθέσιμης διάταξης αφαλάτωσης. Επίσης η ηλιακή θερμική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ή μηχανική ενέργεια και να εξυπηρετήσει τις αντίστοιχες εφαρμογές.

3.3.1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από μια διάταξη φωτοβολταϊκών πάνελ και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών είναι συνήθως από πυρίτιο, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα ημιαγωγικά υλικά. Στις εφαρμογές που κυκλοφορούν στην αγορά βλέπουμε ότι μπορούν να επιτευχθούν αποδόσεις της τάξης του 15-28% για μονοκρυσταλλικές κυψέλες πυριτίου και 10-11% για πολυκρυσταλλικές κυψέλες πυριτίου. Η ηλεκτρική παραγωγή μπορεί να αυξηθεί συγκεντρώνοντας την ηλιακή ακτινοβολία σε ορισμένα σημεία με την χρήση κατάλληλων ανακλαστικών καθρεφτών καθώς και με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων που εντοπίζουν την θέση του ήλιου και στρέφουν ανάλογα τις κυψέλες στην σωστή κατεύθυνση.

Η κυριότερη κατεύθυνση στην έρευνα στον χώρο των φωτοβολταϊκών είναι η αύξηση της απόδοσης των κυψελών, η μείωση του κόστους κατασκευής των και η έρευνα για άλλα ημιαγωγικά υλικά, όπως το CIS που είναι ευαίσθητο και σε ακτινοβολίες που ανήκουν στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος του φωτός ή το Gaas για το οποίο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 30%.

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι από τις πιο ώριμες και προχωρημένες στο χώρο των ΑΠΕ. Ειδικότερα, για την αφαλάτωση, οι προσπάθειες που έχουν γίνει για τον συνδυασμό ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά με την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης ήταν επιτυχείς και συνιστούν οικονομικά βιώσιμη και εμπορικά εκμεταλλεύσιμη λύση. Το κατά πόσο αυτή η τεχνολογία είναι ανταγωνιστική με την παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές έχει να κάνει με την χωρητικότητα της μονάδας με την απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο καθώς και με την συγκέντρωση άλατος στο νερό τροφοδοσίας.

3.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει λύση, ειδικά για τις παράκτιες περιοχές, στις οποίες συνήθως το αιολικό δυναμικό είναι αυξημένο. Το αιολικό δυναμικό θεωρείται κατάλληλο αν η μέση τιμή της ταχύτητας τους ανέμου είναι πάνω από 5m/s. Στις περιοχές αυτές η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αφαλάτωση όσο και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων.

Οι νέες τεχνολογίες για ανεμογεννήτριες μικρού και μεσαίου μεγέθους προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό κόστος επένδυσης. Η κατηγοριοποίηση των ανεμογεννητριών με βάση την ονομαστική τους ισχύ μπορεί να γίνει ως εξής:

- Ανεμογεννήτριες πολύ μικρού μεγέθους: ονομαστική ισχύς μικρότερη από 10 kW
- Ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους: ονομαστική ισχύς μικρότερη από 100KW
- Ανεμογεννήτριες μεσαίου μεγέθους: ονομαστική ισχύς μικρότερη από 0,5 MW
- Ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους: ονομαστική ισχύς μεγαλύτερη από 0,5 MW.

Οι τεχνολογίες είναι ώριμες με εξαίρεση ίσως τις πολύ μεγάλες ανεμογεννήτριες οι οποίες όμως έτσι κι αλλιώς δεν είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για τη χρήση στην αφαλάτωση. Οι νέες στρατηγικές ελέγχου και οι νέοι τρόποι αποθήκευσης ενέργειας βελτιώνουν τις δυνατότητες παραγωγής των ανεμογεννητριών.

Σε σύγκριση με την λύση των φωτοβολταϊκών η αιολική ενέργεια είναι πιο συμφέρουσα από οικονομικής άποψης, ενώ απαιτείται και πολύ μικρότερη έκταση για την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Με δεδομένο ότι η αντίστροφη ώσμωση έχει την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από όλες τις διαδικασίες αφαλάτωσης, ο συνδυασμός της με την αιολική ενέργεια σε παράκτιες περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού καθίσταται ιδιαίτερα δελεαστικός. Το κόστος παραγωγής του νερού επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες, από την χωρητικότητα της μονάδας καθώς και από τις αλλαγές στην ισχύ του ανέμου και στην τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης.

3.5 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

«Αιολική Ενέργεια» ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται «ήπια μορφή ενέργειας» και περιλαμβάνεται στις «καθαρές», όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια:

- 1) Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περρωτής, μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περρωτής και
- 2) Στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα από τις ανεμογεννήτριες είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

3.5.1 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Υπάρχουν δύο τύποι ανεμογεννητριών, οριζόντιου και κάθετου άξονα, με αυτές του οριζόντιου άξονα να είναι οι πιο διαδεδομένες αυτή τη στιγμή στον κόσμο. Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες, δηλαδή:

- 1) Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου άξονα, των οποίων ο ρότορας του μοτέρ είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.



Εικόνα 12: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

- 2) Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου άξονα, των οποίων ο ρότορας του μοτέρ παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 13: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα

3.5.2 ΙΣΧΥΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η ισχύς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τη ταχύτητα του ανέμου της περιοχής και από τα πτερύγια της. Όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς της. Διπλασιάζοντας το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, τετραπλασιάζεται η ισχύς σε κάθε ταχύτητα ανέμου.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου (αιολικού δυναμικού), τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς. Με διπλάσια ταχύτητα ανέμου, οκταπλασιάζεται η ισχύς της ίδιας ανεμογεννήτριας. Μια αποδοτική μικρή ανεμογεννήτρια συνήθως μπορεί να αποδώσει μέχρι το 30-35% της διαθέσιμης ισχύος στον άνεμο. Αν δηλαδή για ένα συγκεκριμένο μέγεθος ανεμογεννήτριας (Wind Generator) και ταχύτητας ανέμου, η ισχύς του ανέμου που φθάνει

στα περύγιά της είναι 1000W, μόνο τα 350W θα είναι σε θέση να αποδώσει. Μια μεγάλη ανεμογεννήτρια μπορεί να δώσει και λίγο παραπάνω.

Η ονομαστική ισχύς που αναφέρει μια ανεμογεννήτρια, από μόνη της δεν δηλώνει πολλά στοιχεία για την ενέργεια που μπορεί να δώσει. Δηλώνει απλώς την ισχύ που μπορεί να δώσει η ανεμογεννήτρια σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου. Οι συνηθισμένοι άνεμοι είναι όμως περίπου 4-6 m/s και πολύ λίγες ώρες το χρόνο έχουμε 12,5 m/s.

Κάποια ανεμογεννήτρια είναι καταλληλότερη για χαμηλότερης ταχύτητας ανέμους και κάποια άλλη ανεμογεννήτρια το αντίθετο. Γι' αυτό, είναι καλό να εξετάζονται και οι καμπύλες απόδοσης για κάθε ανεμογεννήτρια, σε διάφορες ταχύτητες ανέμου και φυσικά να είναι γνωστές οι ταχύτητες ανέμου που επικρατούν στην περιοχή της εγκατάστασης.

Κάθε ανεμογεννήτρια έχει τις δικές τις καμπύλες απόδοσης, όπως για παράδειγμα οι παρακάτω που αφορούν μικρή ανεμογεννήτρια 400W. Βλέπουμε όμως ότι η ονομαστική ισχύς των 400W επιτυγχάνεται σε ταχύτητα ανέμου γύρω στα 12,5 m/s η οποία ισχύει για λίγες ώρες το χρόνο.

Αν γνωρίζουμε όμως τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου για την περιοχή που μας ενδιαφέρει, τότε από τη δεύτερη καμπύλη βρίσκουμε μια (πολύ χονδρική) εκτίμηση για την μηνιαία παραγωγή σε kWh (κιλοβατώρες) της ανεμογεννήτριας. Ένα μέγεθος σαφώς πιο χρήσιμο από το προηγούμενο.

Για παράδειγμα, με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 4,5 m/s μπορούμε να αναμένουμε από την ανεμογεννήτρια γύρω στις 18 έως 25 kWh το μήνα, ανάλογα με το πόσο καλή είναι η τοποθεσία της εγκατάστασης (εμπόδια, ύψος, έδαφος, υψόμετρο, πυκνότητα αέρα, θερμοκρασία κλπ). Στοιχεία για τη μέση ταχύτητα του ανέμου μπορούμε να αναζητήσουμε σε μετεωρολογικές υπηρεσίες (όπως η Ε.Μ.Υ).

Η καμπύλη απόδοσης του κατασκευαστή για μια ανεμογεννήτρια βοηθάει ώστε να έχουμε μια πρώτη ιδέα και διευκολύνει στις συγκρίσεις. Δεν σημαίνει όμως πως αν υπολογίσουμε ξανά την καμπύλη απόδοσης, για την ίδια ανεμογεννήτρια που τοποθετήσαμε σε κάποια τοποθεσία, ότι θα βγάλουμε τα ίδια αποτελέσματα. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα (διαφορετικό έδαφος, πυκνότητα αέρα, κ.λπ.).

Οι περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν και την καμπύλη εκτιμώμενης (ετήσιας ή μηνιαίας) παραγωγής σε kWh (κιλοβατώρες) για μια ανεμογεννήτρια. Αυτό διευκολύνει πολύ, αφού αυτό είναι το μέγεθος που τελικά μας ενδιαφέρει. Είναι όμως υπολογισμένο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και όσο απομακρύνεται η δική μας εγκατάσταση από την ιδανική, τόσο χαμηλότερη θα είναι η παραγωγή για την ανεμογεννήτρια (σημαντικά χαμηλότερη). Τα αιολικά δυναμικά κατανέμονται ως εξής:

- § Ανεπαρκές < 4 m/sec
- § Χαμηλό 4 – 5,5 m/sec
- § Μέσο 5,5 – 7 m/sec
- § Υψηλό 7 – 9 m/sec
- § Πολύ υψηλό > 9 m/sec.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως για να τοποθετήσουμε μια ανεμογεννήτρια σε μια περιοχή πρέπει αυτή να έχει μέση ταχύτητα ανέμου πάνω από 4 m/s.

3.6. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Το πολυμορφικό έδαφος του Ελλαδικού χώρου δημιουργεί πολλά προβλήματα στη διαμόρφωση των συνθηκών του ανέμου που θα αντιμετωπίσει στον κύκλο ζωής της μια ανεμογεννήτρια. Οι συνθήκες αυτές επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της κάθε εγκατάστασης.

Ο σχεδιασμός και ο υπολογισμός των μεγεθών του ενεργειακού δυναμικού μιας ανεμογεννήτριας νέου τύπου είναι βασισμένα σε υποθέσεις για συνθήκες ανέμου που

επικρατούν στις οριοθετημένες θέσεις και οι οποίες αντανακλούν τις διάφορες ποικιλομορφίες κάθε τόπου της χώρας μας.

Επειδή το έδαφος κάθε τόπου επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση και παραγωγή των ανεμογεννητριών, δημιουργήθηκαν κανένας για την επιλογή της κλάσης μιας μηχανής και την καμπύλη ισχύος της.

3.6.1 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC-61400-1

Το IEC-61400-1 αποτελεί ένα από τα διεθνές πρότυπα που περιγράφει τις τεχνικές απαιτήσεις που απαιτούνται για την άρτια λειτουργία των δομικών και ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και συστημάτων ελέγχου που αφορούν τις ανεμογεννήτριες. Αυτό το πρότυπο κάνει χρήση μοντέλων δυναμικής ανάλυσης με στόχο την ανάλυση των φορτίων σχεδιασμού μιας μηχανής που μπορεί να περιλαμβάνουν στοιχεία (π.χ. ανεμολογικά χαρακτηριστικά, συνθήκες λειτουργίας, περιβαλλοντικοί παράγοντες κ.ά.) που επηρεάζουν την διάρκεια ζωής ενός ανεμοκινητήρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο πιο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την διάρκεια ζωής ενός ανεμοκινητήρα είναι τα ανεμολογικές συνθήκες που μπορεί να χαρακτηρίζονται είτε ακραίες είτε συνήθεις. Στην πρώτη περίπτωση ελέγχεται η αντοχή της μηχανής σε ακραία φόρτιση και συνεπάγεται και μικρή διάρκεια ζωής ενώ στην δεύτερη περίπτωση ελέγχεται η μακρά διάρκεια αντοχής της μηχανής και συνεπάγεται μεγάλη διάρκεια ζωής.

Η στιβαρότητα της αντοχής των ανεμοκινητήρων μετράται σε κλάσεις και δίνεται με αντίστροφη σειρά. Επιπλέον, κάθε κλάση χαρακτηρίζεται από την μέση ταχύτητα μεταφοράς που μπορεί να υπάρχει σε μια πιθανή θέση εγκατάστασης της και καθορίζει τις ακραίες εξωτερικές συνθήκες που μπορούν να υπάρχουν στην εκάστοτε θέση εγκατάστασης. Κάθε κλάση διαχωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες της «Α» και την «Β» οι οποίες αναφέρονται στην ένταση της ατμοσφαιρικής τύρβης. Οι τιμές των « V_{ave} » και « I_{15} » προσδιορίζουν το σύνολο των εξωτερικών συνθηκών για τις οποίες πρέπει να ελεγχθεί η δομική ακεραιότητα των ανεμοκινητήρων.

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα του προτύπου IEC-61400-1 είναι ότι θεωρεί ότι η κατανομή της μέσης ταχύτητας εντός δέκα λεπτών ακολουθεί την μονοπαραμετρική κατανομή Rayleigh και όχι την διπαραμετρική κατανομή Weibull. Για να μπορέσει να ταυτιστεί μια κατανομή Rayleigh με μια κατανομή Weibull απαιτείται ο συντελεστής «k» να πάρει την τιμή δυο. Στον Ελλαδικό χώρο ο συντελεστής «k» παίρνει τιμές μικρότερες από το δυο, αφού οι υψηλές ταχύτητες ανέμων είναι αυξημένες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής «k» επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις καιρικές συνθήκες καθώς και την κόπωση φόρτιση του ανεμοκινητήρα με συνέπεια να επιβαρύνεται η διάρκεια ζωής του.

Όμως το πρότυπο IEC-61400-1, ξεκαθαρίζει ότι οι παράμετροι των κλάσεων δεν έχουν κάποια άμεση σύνδεση με τις συνθήκες των ανέμων που επικρατούν στην εκάστοτε εγκατάσταση των ανεμοκινητήρων, αποτέλεσμα αυτού είναι η πρόβλεψή του για μια διαδικασία αποτίμησης της θέσης εγκατάστασης όπου πραγματοποιείται και η τελική επιλογή της «σωστής» κλάσης. Επιπλέον, γίνεται ξεκάθαρο ότι για τη σύνθετη τοπογραφία η αποτίμηση θα πρέπει να στηρίζεται σε μετρήσεις χωρίς όμως να περιγράφεται η διαδικασία αποτίμησης που να είναι αποδεκτή και τη σύνθετη τοπογραφία.

3.6.2. ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC-61400-12

Το IEC-61400-1 αποτελεί ένα από τα διεθνές πρότυπα που περιγράφει τις τεχνικές απαιτήσεις για την εξασφάλιση της εκτίμησης της καμπύλης ισχύος ενός ανεμοκινητήρα καθώς και της προβλεπόμενης απόδοσης για συγκεκριμένο αιολικό δυναμικό. Για την άρτια εκτίμηση της καμπύλης ισχύος απαιτείται μια πειραματική διαδικασία, όπου αρχικά

πραγματοποιείται η εγκατάσταση μετεωρολογικού ιστού εξοπλισμένου με βαθμονομημένα όργανα σε μια θέση που είναι αποδεκτή. Όμως αν δεν ισχύουν οι προϋποθέσεις που απαιτούνται από το πρότυπο IEC-61400-12 τότε είναι υποχρεωτική η βαθμονόμηση της θέσης αριθμητικά ή πειραματικά. Σε αυτό το βήμα διακρίνεται ο επηρεασμός της τοπογραφίας στην ταχύτητα του ανέμου από την θέση του ιστού, όπου και θεωρείται θέση αναφοράς, έως την θέση κάθε ανεμοκινητήρα. Από την προαναφερόμενη διαδικασία υπολογίζεται ένας συντελεστής στον οποίο βασίζονται οι διορθώσεις των μετρήσεων στην θέση αναφοράς.

Στην συνέχεια τοποθετείται ένα σύστημα με το οποίο δίνεται η δυνατότητα να μετράται η ηλεκτρική ισχύς καθώς και το σήμα που εκπέμπει κάθε ανεμοκινητήρας για την διαθεσιμότητα του. Επιπλέον, εγκαθίσταται ένα σύστημα συλλογής πειραματικών δεδομένων και εκτέλεσης μιας επαναληπτικής διαδικασίας για την συλλογή στατικών μεγεθών που προκύπτουν από μετρήσεις δειγματοληψίας σε 1 Hz ανά δέκα λεπτά. Ωστόσο, κατά την εκτέλεση των διαδικασιών απαιτείται ο έλεγχος και η επιβεβαίωση των χαρακτηριστικών στοιχείων του ανεμοκινητήρα που αφορά ύψος πλήμνης, διάμετρος δρομέα, γωνία πτερυγίων κ.ά.

Σημαντικό βήμα της διαδικασίας είναι η ανάλυση των πειραματικών δεδομένων που περιλαμβάνουν τον υπολογισμό της καμπύλης ισχύος, τον υπολογισμό της πυκνότητας του αέρα στις συνθήκες αναφοράς καθώς και τον υπολογισμό των μη αποδεκτών δεδομένων (π.χ. βροχόπτωση, μη διαθεσιμότητα ανεμοκινητήρα κ.ά.). Με την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων γίνεται ο υπολογισμός των αβεβαιοτήτων της καμπύλης ισχύος και η δυνατή ετήσια παραγόμενη ενέργεια, όπου είναι και το ζητούμενο της εκτέλεσης της διαδικασίας.

Το πρότυπο IEC-61400-12 περιλαμβάνει ένα πλήθος οδηγιών για κάθε βήμα που απαιτείται για την υλοποίηση της προαναφερόμενης διαδικασίας. Συγκεκριμένα αναλύει, την εκτέλεση βαθμονόμησης θέσης εγκατάστασης του ανεμοκινητήρα, την διαδικασία συλλογής πειραματικών δεδομένων, την διαδικασία διόρθωσης των μετρήσεων, τον υπολογισμό της καμπύλης ισχύος, τον υπολογισμό της παραγομένης ενέργειας καθώς επίσης και κάθε οδηγία που απαιτείται για την καταγραφή της τελικής τεχνικής έκθεσης του συστήματος.

3.7 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η συνδεδεμένη κατανάλωση προσδιορίζει την παραγόμενη και την παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύς. Στην περίπτωση που δεν υφίσταται αυτό το ισοζύγιο της ισχύος τότε παρουσιάζεται απόκλιση από τη συχνότητα του δικτύου με συνέπεια να δημιουργούνται κάποιες παρενέργειες. Όταν πρόκειται για συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η ισχύς ελέγχεται με την ρύθμιση της παρεχόμενης μάζας καυσίμου. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση σημαντικό είναι η αποθήκευση ενέργειας που δίνει την δυνατότητα εξοικονόμησης καυσίμου αλλά και η εξομάλυνση της λειτουργίας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η επίτευξη των προαναφερόμενων μπορεί να πραγματοποιηθεί με συστήματα αποθήκευση ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες αποδίδοντας την σε περιόδους που απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας.

Η αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα πλήθος συστημάτων σε συνεργασία ή μη. Με την αποθήκευση της παραγομένης ενέργειας εκμηδενίζονται τα προβλήματα που μπορούσαν να δημιουργηθούν κατά την συνεργασία των ανεμογεννητριών με το ηλεκτρικό δίκτυο αφού δίνεται η δυνατότητα η παρεχόμενη ισχύ να είναι σταθερή. Τονίζεται ότι η στιγμιαία απόδοση της ισχύος από μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται άμεσα από τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά αλλά και από διάφορους φυσικούς παράγοντες και αυτό οδηγεί σε διάφορες διακυμάνσεις με συνέπεια να μην μπορεί να συμφωνήσει με το ζητούμενο ποσό ενέργειας είτε να υπάρχει πλεονάζουσα ενέργεια είτε να μην επαρκεί. Ωστόσο, περισσότερα προβλήματα παρουσιάζονται σε μικρά δίκτυα μη διασυνδεδεμένα, ιδιαίτερα στην ισορροπία του δικτύου

που οδηγεί σε αρκετούς περιορισμούς για την χρήση συστημάτων εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας χωρίς συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Η βασική αρχή λειτουργίας των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είναι η δυνατότητα αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας για συγκεκριμένο χρόνο καθώς και η διαρκεία διοχέτευσης ενέργειας όταν γίνεται χρήση ποσού ενέργειας όταν παρατηρείται έλλειμμα.

3.7.1 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Τα νέα συστήματα αποθήκευσης ενέργεια μπορούν να καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, οι οποίες απαιτούν άμεση παροχή ισχύς με αξιοπιστία και ασφάλεια. Οι εφαρμογές αυτές μπορεί να είναι και εφαρμογές διαχείρισης ενέργειας με στόχο την άρτια λειτουργία μια εγκατάστασης έχοντας καλύτερα και επικερδή αποτελέσματα.

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται και εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς. Συγκεκριμένα στον τομέα της παραγωγής τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται είτε ως μονάδες ταχείας εφεδρείας, δηλαδή δυνατότητα κάλυψης αναγκών σε έκτακτες περιπτώσεις που δεν δίνεται να λειτουργεί κάποια μονάδα, είτε ως μονάδες υπεύθυνες για τον έλεγχο της συχνότητας και την μεταφορά ισχύος με σκοπό την ανεπιθύμητη μεταφορά ισχύος σε αυτοπαραγωγούς και στο δίκτυο καθώς και την αντιμετώπιση των αποκλίσεων της συχνότητας που απομένει από κάθε παραγωγό και είτε ως μονάδες ικανές και υπεύθυνες για την αποθήκευση ενέργειας χαμηλού κόστους αλλά και την κάλυψη των αναγκών σε περιόδους αιχμής.

Όσο αφορά στον τομέα της μεταφοράς – διανομής, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας εξυπηρετούν τον συγχρονισμό όλων των τμημάτων που αποτελούν μια γραμμή μεταφοράς με στόχο την αποφυγή προβλημάτων κατά την λειτουργία τους καθώς και τον έλεγχο της τάσης που μεταφέρεται. Επιπλέον, εξυπηρετούν την ενίσχυση του δικτύου με την δημιουργία νέων γραμμών μεταφοράς και νέων μετασχηματιστών αφού υπάρχει βέβαια το απαραίτητο παραγωγικό δυναμικό που είναι κατάλληλο για τις απαιτήσεις της ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Όσο αφορά στον τομέα της εξυπηρέτησης καταναλωτών τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση ενέργειας η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερο χρόνο με στόχο την κάλυψη των αναγκών σε περιόδους αιχμής και δίνοντας την δυνατότητα παρακολούθησης της διανομής. Επίσης όσο αφορά την εξυπηρέτηση των καταναλωτών τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται για την υποβάθμιση του φορτίου κατανάλωσης εντός μηνός με στόχο την χρεωστική μείωση της ενέργειας. Τέλος στοχεύει στην βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου ηλεκτρικού ρεύματος αφού μπορεί να αντιμετωπιστούν με επιτυχία αυξομειώσεις της ηλεκτρικής τάσης και ηλεκτρικού ρεύματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης που διαρκούν κλάσματα δευτερολέπτου ή λίγα λεπτά και ως αποτέλεσμα την μείωση της απρόσκοπτης εξυπηρέτησης των καταναλωτών.

3.7.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μέχρι και το 1970, η πιο διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια μέσω άντλησης. Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση η αποθηκευμένη ισχύ με αυτή την μέθοδο ξεπερνά 90GW παγκοσμίως. Ωστόσο, στις μέρες μας μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας είναι η αποθήκευση

συμπιεσμένο αέρα και σύμφωνα με έρευνες στις ΗΠΑ η αποθηκευμένη ισχύς είναι 110 MW και στην Γερμανία είναι 290 MW.

Ωστόσο, η χρήση συσσωρευτών είναι μια μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών. Οι συσσωρευτές είναι μια τεχνολογία η οποία έχει ωριμάσει και θεωρείται κατάλληλη για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις. Στην Καλιφόρνια συναντάται μια από τις μεγαλύτερες μονάδες που χρησιμοποιεί συσσωρευτές ως αποθηκευτικό μέσο της ενέργειας. Συγκεκριμένα η εγκατάσταση είναι 10MW και αποθηκευτικής ικανότητας 40MWh. Επιπλέον, στην περιοχή της Γκόλντεν Βάλεϋ της Αλάσκας υπάρχει μια μεγάλη μονάδα ηλεκτρικών συσσωρευτών όπου αποτελείται από τέσσερις μεγάλες συστοιχίες μπαταριών, δυνατότητα απόδοσης ισχύος 27MW για διάρκεια 15 min και 40MW για διάρκεια 7 min.

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που είτε χρησιμοποιούνται σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις είτε είναι ακόμα σε ερευνητικό στάδιο. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας. Οι τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν θεωρούνται ώριμες τεχνολογίες και δίνουν την δυνατότητα εξέλιξης και βελτίωσης τους ακόμα και σήμερα. Η παράλληλη τεχνολογική ανάπτυξη καθώς και η βελτίωση της τεχνολογίας των υλικών εκμηδενίζουν τα προβλήματα που παρουσίαζαν οι μέθοδοι αποθήκευσης ενέργειας όπως για παράδειγμα των απωλειών κατά τη λειτουργία, τη μεταφορά και την αποθήκευση της.

Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων με συστήματα αντλησιοταμίευσης παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα κατά την λειτουργία των αυτόνομων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Με τη χρήση των συγκεκριμένων συστημάτων δίνεται η δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας και αυτό επιτυγχάνεται διότι αυξάνεται η στάθμη της αιολικής διεύθυνσης στο σύστημα. Αξιοσημείωτη είναι η μείωση της ενέργειας που παράγεται από θερμικούς σταθμούς του συστήματος, που παρουσιάζει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη. Ωστόσο, απαιτείται ιδιαίτερη ανάλυση και σχεδιασμός των υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γιατί η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος από τα αιολικά πάρκα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην άρτια εκμετάλλευσή τους τα οποία σχετίζονται με την ασφάλεια λειτουργίας τους.

3.8 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών (Α/Γ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Η/Ε) γίνεται δημοφιλής και αποδεκτή σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Ο υπολογισμός του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού είναι μία αρκετά πολύπλοκη διαδικασία ακόμα και αν ληφθεί υπόψη μόνο η διαθεσιμότητα του ανέμου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούμε. Η μέση μηνιαία ή ετήσια ταχύτητα του ανέμου και ο βαθμός απόδοσης των ανεμογεννητριών δεν αρκούν για τον υπολογισμό. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ακριβώς τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια του έτους.

Πολλές φορές η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του χρόνου παριστάνεται με την βοήθεια της κατανομής Weibull η οποία εκφράζει την πιθανότητα $p(x)$ να έχουμε ταχύτητα ανέμου x κατά την διάρκεια του έτους:

$$p(x) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{c}\right)^k \right] \quad (1)$$

Αυτή η σχέση ισχύει μόνο για: $k > 1$, $x \geq 0$, & $C > 0$
όπου:

k : shape factor (παράγοντας μορφής), ο οποίος προσδιορίζεται από τον χρήστη. Κυμαίνεται από 1 έως 3 για δεδομένη μέση ταχύτητα ανέμου. Ένας χαμηλός shape factor αποδεικνύει μία σχετικά ευρεία διασπορά της τιμής της ταχύτητας του ανέμου

γύρω από τον μέσο όρο, ενώ ένας υψηλός shape factor αποδεικνύει μία σχετικά περιορισμένη διασπορά της ταχύτητας του ανέμου γύρω από τον μέσο όρο. Ένας χαμηλός shape factor οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή ενέργειας.
C: είναι το scale factor (παράγοντας κλίμακας), που υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$C = \frac{\bar{x}}{\Gamma(1+\frac{1}{k})} \quad (2)$$

όπου:

x : είναι η μέση ταχύτητα ανέμου
Γ: είναι η «σχέση γάμα».

Δεχόμαστε μια μέση ταχύτητα ανέμου 7m/sec και χρησιμοποιείται παράμετρος μορφής 2. Για τα νησιά του Αιγαίου η παράμετρος μορφής κυμαίνεται από 1,4 έως 2 [ενώ σε ορισμένα νησιά παίρνει μικρότερες τιμές όπως 1,22 (Κρήτη-Ηράκλειο) και 1,33 (Άραξος)].

Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου τόσο η κατανομή γίνεται πιο ομοιόμορφη και οι ταχύτητες κοντά στην μέση είναι συχνότερες. Για να σχηματιστεί η καμπύλη του απαιτείται πειραματικός προσδιορισμός της συχνότητας των ταχυτήτων του ανέμου και γνώση της μορφολογίας της περιοχής (roughness class) έτσι ώστε οι ταχύτητες να αναχθούν από το ύψος των μετεωρολογικών μετρήσεων στο ύψος του ρότορα της Α/Γ. Αυτή η αναγωγή γίνεται με την βοήθεια της σχέσης:

$$\frac{\bar{V}}{\bar{V}_o} = \left(\frac{H}{H_o}\right)^a \quad (3)$$

Όπου:

V είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του δρομέα H
V_o είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του ανεμόμετρου H_o
a είναι η παράμετρος που αυξάνεται όσο πιο έντονη γίνεται η μορφολογία και η τραχύτητα του εδάφους.

Η ισχύς του ανέμου ορισμένης ταχύτητας είναι:

$$P = 0.5 \rho A u^3 \quad (4)$$

Όπου:

ρ είναι η πυκνότητα του αέρα
A είναι η επιφάνεια από όπου διέρχεται ο άνεμος
u είναι η ταχύτητα του ανέμου.

Οι υψηλές ταχύτητες ανέμου σπανίζουν αλλά η συνεισφορά τους στην παραγομένη ενέργεια είναι πολύ μεγάλη. Για τον υπολογισμό της αιολικής ισχύος δεν λαμβάνουμε υπόψη την μέση ταχύτητα αλλά πολλαπλασιάζουμε κάθε πιθανότητα μιας ορισμένης ταχύτητας ανέμου (από την Weibull) με την ισχύ που παράγεται σε αυτή την ταχύτητα.

Έτσι, δεν θα παραλάμβανε καθόλου ενέργεια επειδή ο στάσιμος αέρας στην έξοδο δεν θα επέτρεπε να εισαχθεί νέος. Στην αντίθετη περίπτωση θα διέρχονταν ο αέρας χωρίς καμία αντίσταση και δεν θα παράγονταν έργο. Έχει αποδειχτεί ότι μια ιδανική ανεμογεννήτρια θα πρέπει να μειώσει την αρχική ταχύτητα του αέρα κατά τα 2/3 της.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον νόμο του AlbertBetz (1919), η μέγιστη μηχανική ισχύς που μπορεί να παραχθεί από την αιολική ενέργεια είναι ίση με 59,3% αυτής.

$$P_{max} = 0.593 P \quad (5)$$

Η σταθερά 0,593 ονομάζεται σταθερά του Benz και εκφράζει το μέγιστο βαθμό απόδοσης μιας ιδανικής ανεμογεννήτριας. Στην πράξη ο βαθμός απόδοσης των ανεμογεννητριών έχουν τιμές από 0,35 έως 0,45.

Είναι προφανές ότι κάθε ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι βελτιστοποιημένη ώστε να αποδίδει καλύτερα σε ένα εύρος ταχυτήτων. Μεταβάλλοντας μεγέθη όπως: το ύψος της Α/Γ ή τη γωνία και τη γεωμετρία των πτερυγίων ή το μέγεθος των πτερυγίων ή το μέγεθος της γεννήτριας μεταβάλλεται η ενεργειακή συμπεριφορά της.

Γενικά οι Α/Γ πρέπει να έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης στις ταχύτητες ανέμου που παράγεται η περισσότερη ενέργεια ετησίως (δηλ. στο εύρος των συχνότερων υψηλών ταχυτήτων). Για δεδομένο μέγεθος έλικα, όσο πιο μεγάλη είναι η γεννήτρια και όσο μεγαλύτερες οι ταχύτητες του ανέμου (αυτό επιτυγχάνεται αυξάνοντας το ύψος του ρότορα), τόσο πιο πολύ ενέργεια θα παράγεται, όμως συγχρόνως δεν θα αποδίδει ικανοποιητικά σε μικρές και μέσες ταχύτητες.

Αντίθετα για την ίδια έλικα, όσο μικρότερη είναι η γεννήτρια τόσο καλύτερα θα αποδίδει σε αδύναμους ανέμους αλλά δεν θα αποδίδει ικανοποιητικά σε μεγάλες ταχύτητες. Οι μικρές Α/Γ παράγουν μικρά ποσά Η/Ε, όμως δεν απαιτούν ισχυρό δίκτυο Η/Ε, παράγουν σχετικά πιο σταθερή ισχύ (διότι αποδίδουν καλύτερα σε μικρότερες ταχύτητες), απαιτούν μικρότερο κόστος θεμελίωσης και είναι αισθητικά πιο αποδεκτές από τους κατοίκους. Τέλος τα αιολικά πάρκα (Α/Π) είναι προφανώς πιο αξιόπιστα όταν έχουν πολλές μικρές Α/Γ.

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι μια μεγάλη Α/Γ δεν είναι πάντα η καλύτερη λύση, αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα των ανέμων και τις ανάγκες μας σε Η/Ε. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι οι Α/Γ παραλαμβάνουν περίπου μέσα σε 2-3 μήνες λειτουργίας όλη την ενέργεια που απαιτήθηκε για να κατασκευαστούν, ενώ οι παραθαλάσσιες Α/Γ απαιτούν ακόμα λιγότερο χρόνο.

Η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα αιολικό πάρκο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E = N k A V_{\mu}^3 \quad (6)$$

αν $V_{\varepsilon} \leq V_{\mu} \leq V_{\alpha}$, ενώ είναι 0 όταν: $V_{\mu} \geq V_{\varepsilon}$ ή $V_{\alpha} \geq V_{\mu}$

Όπου:

E: η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το αιολικό πάρκο (kWh/έτος)

N: ο αριθμός των ομοειδών ανεμογεννητριών που αποτελούν το αιολικό πάρκο

k: συντελεστής ο οποίος εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, τη μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου και την κατανομή συχνότητων του ανέμου στην τοποθεσία εγκατάστασης. Μια προσεγγιστική τιμή είναι $k=2,5$

V_{μ} : η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου (m/s)

A: η επιφάνεια σάρωσης των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας (m^2)

V_{ε} : η ταχύτητα έναρξης λειτουργίας της ανεμογεννήτρια, με τιμές συνήθως 4-5 m/s

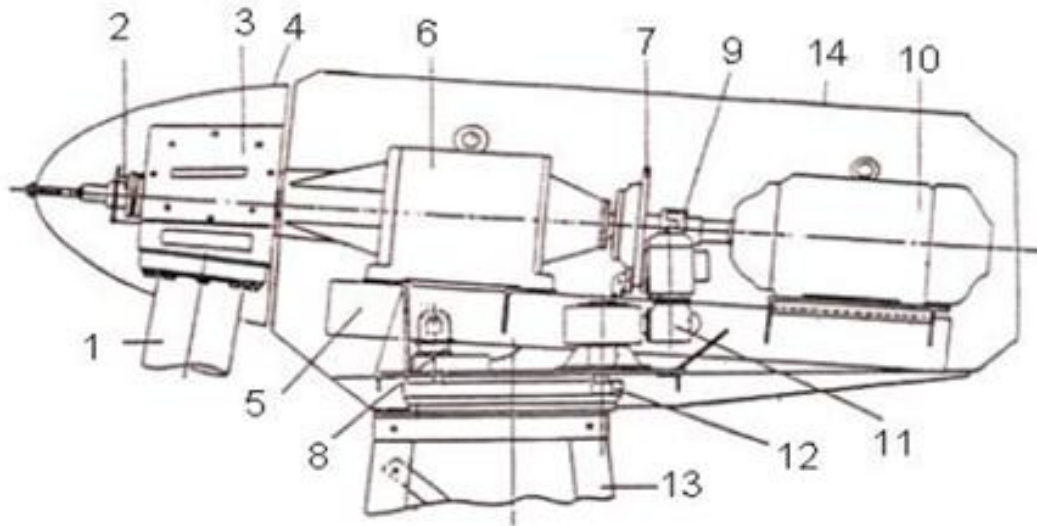
V_{α} : η ταχύτητα αποκοπής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας, με τιμές συνήθως 25- 30 m/s.

Μετά τον υπολογισμό του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού, λαμβάνονται υπόψη κάποιες απώλειες της τάξεως του 10-15%. Αυτές οι απώλειες οφείλονται στη σκίαση των Α/Γ μεταξύ τους, σε επικαθίσεις σκόνης και αλάτων στα πτερύγια, στη διαθεσιμότητα του δικτύου, στις μικρές απώλειες μεταφοράς κλπ. Είναι πιθανό, λόγω των τοπικών ιδιομορφιών, να υπάρξει κάποια μικρή διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα των υπολογισμών και στην πραγματικά παραγόμενη ενέργεια. Η κύρια παράμετρος που καθορίζει το αιολικό δυναμικό είναι η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου. Η μάρκα και ο τύπος της ανεμογεννήτριας της ίδιας ισχύος οδηγούν σε διαφορές της παραγόμενης Η/Ε το πολύ κατά ποσοστό 10%.

Συγχρόνως, αν η μορφολογία της περιοχής εγκατάστασης των Α/Γ είναι ήπια, τότε η ταχύτητα αυξάνεται ελάχιστα με το ύψος. Θα αποτελούσε παράλειψη να μην αναφέρουμε κάποια αποτελέσματα από υπάρχουσες έρευνες πάνω στο προσδιορισμό του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού στα νησιά του Αιγαίου.

3.9 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η περιγραφή αντιστοιχεί σε μια Α/Γ του τύπου «BW 10», η οποία είναι σχεδιασμένη για να παρέχει ρεύμα 220/150Hz, κυρίως για την εξυπηρέτηση εγκαταστάσεων που η σύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ δεν είναι δυνατόν να γίνει. Στο σχήμα που ακολουθεί, φαίνεται η γενική μορφή της ατράκτου της Α/Γ, η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη:



Σχήμα 12: Σκίτσο μονάδας ανεμογεννήτριας

- | | |
|---|---|
| (1) Πτερύγιο | (8) Υδραυλική μονάδα ελέγχου του φρένου |
| (2) Φυγοκεντρικός μηχανισμός αεροδυναμικού φρένου | (9) Ελαστικός σύνδεσμος |
| (3) Πλήμνη | (10) Γεννήτρια |
| (4) Κάλυμμα πλήμνης | (11) Μονάδα προσανεμισμού ατράκτου |
| (5) Πλαίσιο ατράκτου | (12) Τράπεζα ολίσθησης |
| (6) Κιβώτιο πολλαπλασιασμού | (13) Πυλώνας |
| (7) Δισκόφρενο | (14) Κάλυμμα ατράκτου. |

3.10 Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Στην παρούσα εργασία η ενέργεια που απαιτείται για την αφαλάτωση προέρχεται από αιολικό πάρκο. Για την παραγωγή 1m^3 νερού απαιτούνται 3 kWh ενέργειας. Ως συνέπεια, για την παραγωγή 10^7m^3 νερού άρδευσης ετησίως απαιτείται δαπάνη ενέργειας ίση με:

$$3\text{ kWh/m}^3 \cdot 10^7\text{m}^3 = 3 \cdot 10^7\text{ kWh}$$

Ο μέσος όρος λειτουργίας των ανεμογεννητριών ενός αιολικού πάρκου είναι 3000h . Συνεπώς, η ισχύς του αιολικού πάρκου για την κάλυψη της μονάδας αφαλάτωσης είναι περίπου:

$$3 \cdot 10^7\text{ kWh} / 3000\text{ h} = 10\text{ MW}$$

Απαιτείται ενέργεια και για τα αντλητικά συστήματα, η απαίτηση των οποίων είναι της τάξεως των 1.2 MW . Αν προστεθούν και αυτά στην ισχύ του αιολικού πάρκου, τότε η απαιτούμενη ισχύς του ζητούμενου πάρκου είναι 11.2 MW .

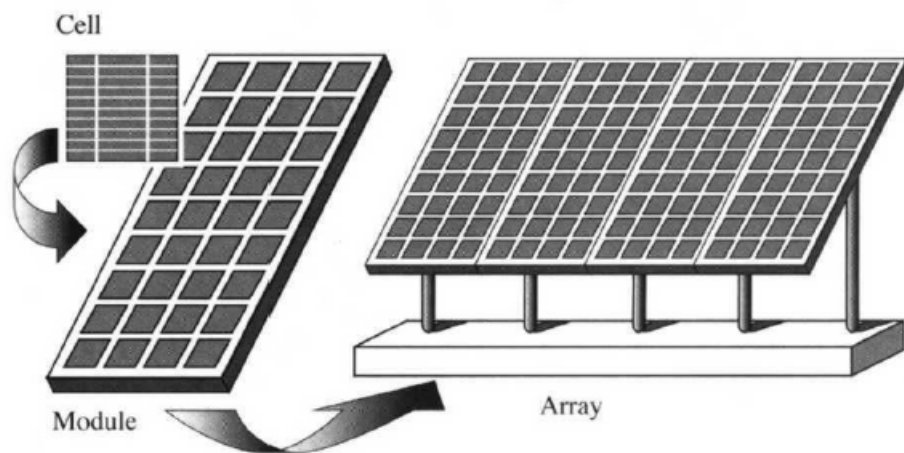
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η φωτοβολταϊκή διαδικασία μετατρέπει απ' ευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό χωρίς να παράγει ρύπους ή θόρυβο. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (κελιά) αποτελούνται από δύο ή περισσότερα λεπτά στρώματα ημιαγωγών πυριτίου. Όταν το φ/β στοιχείο φωτίζεται, τότε δημιουργούνται ηλεκτρικές διεγέρσεις και οι μετακινήσεις των ηλεκτρονίων από τη μία θέση στην άλλη παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στα άκρα του στοιχείου συνεχής ηλεκτρική τάση.

Η ποσότητα της διαθέσιμης ισχύς από μια φωτοβολταϊκή συσκευή καθορίζεται από:

1. Τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού
2. Την ένταση του ηλιακού φωτός, δηλαδή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.
3. Το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός.

Τα φ/β στοιχεία ενώνονται και δημιουργούν τα φ/β πλαίσια τα οποία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα, ανάλογα με τους επιδιωκόμενους στόχους. Ο συνδυασμός πολλών φ/β πλαισίων, καλωδιωμένων μεταξύ τους, σε σειρά ή παράλληλα, σε μια επίπεδη συνήθως επιφάνεια με αντίστοιχο κεντρικό ηλεκτρολογικό κιβώτιο αποτελεί τη φ/β συστοιχία. Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση, ενώ η παράλληλη σύνδεση αυξάνει το ολικό ρεύμα. Ένα συνεργαζόμενο σύνολο φ/β συστοιχιών αποτελούν ένα φ/β πάρκο, το οποίο, μαζί με όλες εκείνες τις διατάξεις που απαιτούνται για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο, τον έλεγχο της φόρτισης συσσωρευτών αποτελούν τον φ/β σταθμό.



Σχήμα 13: Σύνθεση μιας φ/β συστοιχίας

Η φ/β συστοιχία παράγει συνεχής τάση και άρα μπορεί να τροφοδοτήσει απευθείας μόνο ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα. Για τη τροφοδότηση συσκευών που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα, ειδικές διατάξεις (inverters) μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Οι βασικοί τύποι Φ/Β συστημάτων είναι οι εξής:

- Αυτόνομο σύστημα: Το σύστημα αυτό έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος (αντιστροφή).
- Σύστημα μικρής ισχύος: Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελείται από μόνο ένα Φ/Β πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων το καλοκαίρι.
- Σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο: Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Συνήθως, σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου τα Φ/Β πρέπει να καλύψουν συγκεκριμένο φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο για την προσωρινή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Σε κεντρικά συστήματα μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, η παραγόμενη από τα Φ/Β στοιχεία ενέργεια παρέχεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Υβριδικό σύστημα: Το σύστημα αυτό είναι αυτόνομο και αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας.

4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΝΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΘΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ ΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού ενός φ/β συστήματος είναι οι παρακάτω και πρέπει να τηρούνται σε οποιαδήποτε χρήση ενός τέτοιου συστήματος ώστε αυτό να αποτελεί μια οικονομικά και ενεργειακά βιώσιμη λύση:

- Η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους και ο προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων για την αναμενόμενη ηλιακή ενέργεια,
- Σχεδιασμός του συστήματος σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ασφαλείας,
- Σχεδιασμός του συστήματος με το ελάχιστο των απωλειών ηλεκτρισμού που οφείλονται στην καλωδίωση, στις ασφάλειες, στους διακόπτες και στους μετατροπείς,
- Σωστή διαχείριση του συστήματος των συσσωρευτών, σε περίπτωση που χρειαστούν,
- Η επιλογή του μέρους που επιθυμούμε να εγκαταστήσουμε το φ/β σύστημα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να υποστηρίζει το επιθυμητό μέγεθος του,
- Καθορισμός ανθεκτικών στο καιρό υλικών για όλο το εξωτερικό εξοπλισμό,
- Ελαχιστοποίηση της σκιάς από το φύλλωμα και γειτονικές εγκαταστάσεις,
- Εγκατάσταση του εξοπλισμού σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών, χρησιμοποιώντας τις απαιτήσεις και τις διαδικασίες εγκατάστασης,
- Εκπλήρωση των απαιτήσεων της τοπικής διασύνδεσης για την παροχή ενέργειας.

4.2 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

▼ Η κλίση των συλλεκτών

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται σε σταθερή κλίση που επιλέγεται, έτσι ώστε η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο

το δυνατόν μικρότερη κατά τη διάρκεια του έτους. Στο Βόρειο ημισφαίριο, στο οποίο βρίσκεται και η Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή. Ωστόσο, υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές στη διάρκεια του έτους, ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.

ν Απαιτούμενη ισχύ αιχμής το χειμώνα

Θεωρούμε πως η μονάδα θα λειτουργεί όλο το χρόνο τότε οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση το μήνα με τη μικρότερη μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία, αφού θέλουμε την ελάχιστη ισχύ αιχμής που θα έχει το σύστημα μας. Τον Ιανουάριο λοιπόν στην Πάτρα η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία είναι $\Pi(\text{kWh/m}^2) = 2,84 \text{ kWh/m}^2\text{d}$ (για συλλέκτες με κλίση κοντά στις 300 με νότιο προσανατολισμό).

Η θερμοκρασία του κυττάρου το μήνα Ιανουάριο μπορούμε, πολύ προσεγγιστικά, να θεωρήσουμε πως είναι 30 βαθμούς πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία το μήνα Ιανουάριο είναι 100C, άρα η θερμοκρασία του κυττάρου μπορούμε να θεωρήσουμε πως είναι 400C. Η διαφορά της θερμοκρασίας του κυττάρου στις συνθήκες λειτουργίας με αυτή στις καθορισμένες συνθήκες δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο λύνεται με τη χρήση ενός αδιάστατου συντελεστή s_{θ} , με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε το συντελεστή απόδοσης του κυττάρου. Στη συμβατική θερμοκρασία ο συντελεστής αυτός ισούται με τη μονάδα όμως για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας ο s_{θ} μειώνεται κατά 0,005 άρα για τη περίπτωση μας έχουμε προσεγγιστικά $s_{\theta} = 0,95$.

Τέλος, όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια βρίσκεται σε περιοχές όπου εκτιμάται ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι σκόπιμο να προβλέπεται στους υπολογισμούς μας η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαριότητας s_{ρ} , ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν είναι καθαρό. Στην περίπτωση μας μπορούμε να θεωρήσουμε προσεγγιστικά το συντελεστή καθαρότητας $s_{\rho} = 0,95$ θεωρώντας πως γίνεται συχνά στην επιφάνεια των πλαισίων ένας τακτικός καθαρισμός.

Ο τύπος που δίνει λοιπόν την ισχύ αιχμής που πρέπει να έχει η φωτοβολταϊκή συστοιχία λαμβάνοντας υπ' όψη την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια των πλαισίων, τη θερμοκρασία τους αλλά και τη ρύπανση των επιφανειών είναι ο παρακάτω.

$$P = \frac{E \left(\frac{\text{kWh}}{\text{d}} \right) 1 \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)}{\Pi \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{d}} \right) s_{\theta} s_{\rho}} \quad (7)$$

Όπου:

$E = 14,2 \text{ kWh/d}$. Η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος 1 kW/m^2 Η ένταση ακτινοβολίας στις πρότυπες συνθήκες

$\Pi = 2,84 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$. Μέση ημερήσια ένταση ηλιακής ακτινοβολίας το μήνα Ιανουάριο για συλλέκτες με κλίση 30ο μοίρες.

$s_{\theta} = 0,95$. Συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης

$s_{\rho} = 0,95$. Συντελεστής καθαρότητας

Συνεπώς, η απαιτούμενη ισχύ αιχμής είναι $P_a = 5,54 \text{ Kw}$.

Στη συνέχεια, προχωράμε σε μια χονδρική εκτίμηση των απωλειών ισχύος του συστήματος. Παίρνουμε ως συντελεστή απόδοσης 85% για τους συσσωρευτές, 85% για τον αντιστροφέα DC/AC και 95% για τους αγωγούς του συστήματος. Έτσι καταλήγουμε σε ένα συνολικό συντελεστή απωλειών ισχύος σε σύστημα με συσσωρευτές και αντιστροφέα $n_{\epsilon} = 0,69$

Επομένως, η ελάχιστη ισχύς αιχμής του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να είναι:

$$P = \frac{P_a}{n_{\epsilon}} = 8 \text{ kW} \quad (8)$$

✓ Απαιτούμενη ισχύ αιχμής το καλοκαίρι

Η μέση ημερήσια ηλιακή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας αυτούς τους μήνες για τη Πάτρα είναι $\Pi(\text{kWh}/\text{m}^2\text{d})= 6,00 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{d}$ για συλλέκτες με κλίση 300 και νότιο προσανατολισμό ενώ αλλάζει και ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης μιας και αυτούς τους μήνες η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 290C. Συνεπώς με τον ίδιο προσεγγιστικό τρόπο που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω μπορούμε να θεωρήσουμε τη θερμοκρασία του κελιού 590C και ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης γίνεται $\sigma_\theta=0,83$.

Η απαραίτητη ισχύ αιχμής λοιπόν των φωτοβολταϊκών πάνελ σύμφωνα με τον τύπο (13) είναι $P_a=3,00 \text{ kW}$ και λαμβάνοντας υπ' όψη το συντελεστή απωλειών ισχύς $\eta_\epsilon =0,69$ ισχύ αιχμής γίνεται:

$$P = \frac{P_a}{\eta_\epsilon} = 4.35 \text{ kW} \quad (9)$$

Μεταξύ των δύο παραπάνω αποτελεσμάτων εμείς συνεχίζουμε τον υπολογισμό με βάση τη περίπτωση που απαιτεί μεγαλύτερη ισχύ αιχμής ώστε να είμαστε «καλυμμένοι» από τη λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας σε κάθε περίπτωση. Συνεπώς θεωρούμε πως πρέπει να δημιουργήσουμε μια συστοιχία με απαιτούμενη ισχύ αιχμής $P= 8 \text{ kW}$.

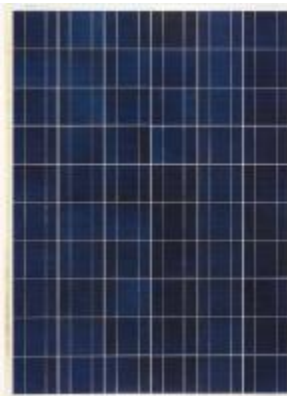
✓ Η τάση του συστήματος

Η τάση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας πρέπει να ισούται με τη τάση των συσσωρευτών, καθώς και με τη τάση εισόδου του κινητήρα των αντλιών που χρησιμοποιούνται στη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης. Συνήθως προτιμούμε τάση 12V, 24V ή 48V. Όσο υψηλότερη τάση χρησιμοποιούμε στο σύστημα τόσο λιγότερο ρεύμα απαιτείται, που συνεπάγεται ελαχιστοποίηση των απωλειών στα καλώδια. Ωστόσο για να έχουμε υψηλή τάση θα πρέπει να συνδέσουμε μεγάλο πλήθος συσσωρευτών σε σειρά και το γεγονός αυτό αυξάνει κατά πολύ το κόστος της εγκατάστασης. Για τους λόγους αυτούς, πρέπει να είμαστε πολύ προσεχτικοί όσον αφορά τη τάση του συστήματος.

Στα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης η τάση που χρησιμοποιείται είναι 24V μιας και 12V είναι πολύ μικρή (προτιμάται για οικιακές συσκευές) και 48V θεωρείται για ένα τέτοιο σύστημα υπερβολικά μεγάλη.

4.3 ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Μετά από έρευνα στα χαρακτηριστικά και τις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων του εμπορίου καταλήξαμε πως προτιμότερο είναι να χρησιμοποιήσουμε φωτοβολταϊκά πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρείας Luxor ονομαστικής ισχύος 230 Wp.



Σχήμα 14: Πάνελ φωτοβολταϊκού

Για να υπολογίσουμε τον αριθμό των πάνελ που θα χρησιμοποιήσουμε εργαζόμενα ως εξής:

$$N_{pv} = 8000 \text{ W} / 230 \text{ W} = 34,78$$

Οπότε 35 φωτοβολταϊκά πάνελ.

Εν τέλει η φωτοβολταϊκή γεννήτρια θα λειτουργεί με τάση 24 V και θα παράγει ισχύ

$$35 \cdot 230 \text{ W} = 8050 \text{ W}.$$

Επειδή ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι μεγάλος, κρίνεται αναγκαίο να οργανωθούν τα πλαίσια σε ομάδες. Έτσι θα διευκολυνθεί και η επιλογή αντιστροφών και ρυθμιστών τάσης. Μπορούμε λοιπόν να δημιουργήσουμε πέντε ομάδες πλαισίων των εφτά πάνελ η κάθε μία.

4.3.1 ΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Αν θεωρήσουμε πως η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης που σχεδιάσαμε θα είναι σε λειτουργία όλο το χρόνο πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας και τις διαδοχικές συνεχείς μέρες συννεφιάς. Αυτές τις μέρες, η μονάδα θα λειτουργεί με κύρια πηγή ενέργειας την ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στους συσσωρευτές του συστήματος.

Μια καλή προσέγγιση είναι να σχεδιάσουμε ένα σύστημα το οποίο θα παρέχει ενέργεια στη μονάδα έως και για δύο μέρες διαδοχικής συννεφιάς. Συνεπώς, η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας των συσσωρευτών E (kWh) θα πρέπει να είναι ίση με:

$$E(\text{kWh}) = 14.2 \text{ kWh/d} \cdot 2d = 28,4 \text{ kWh}$$

Η ονομαστική χωρητικότητα λοιπόν που πρέπει να έχουν οι συσσωρευτές υπολογίζεται από τον τύπο:

$$C_N = \frac{E(\text{kWh})}{a b V} \quad (10)$$

Όπου:

E : Αποθηκευμένη ενέργεια

a : Συντελεστής απόδοσης συσσωρευτών $a=0,85$

b : Βάθος εκφόρτισης $b=0,8$

V : Τάση συσσωρευτών

Συνεπώς για το σύστημα μας έχουμε $C_N=1740 \text{ Ah}$.

Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο για τις τιμές και τα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών ώστε να μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε στο φωτοβολταϊκό μας σύστημα καταλήξαμε πως το προτιμότερο είδος συσσωρευτών που θα χρησιμοποιήσουμε είναι Effekta-BTL200Ah 12V. Επειδή οι συσσωρευτές είναι τάσης 12V και το σύστημα μας είναι τάσης 24V, πρέπει να συνδέσουμε σε σειρά 2 συσσωρευτές για να επιτύχουμε την απαιτούμενη τάση.

4.3.2 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών) του φωτοβολταϊκού συστήματος. Ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και σταματά τη φόρτιση όταν διαπιστώσει ότι η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως. Αλλιώς θα υπήρχε ο σοβαρός κίνδυνος να καταστραφεί η μπαταρία.

Επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα κι αν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας όταν διαπιστώσει ότι η τάση της έπεσε κάτω από το επίπεδο της πλήρους φόρτισης.

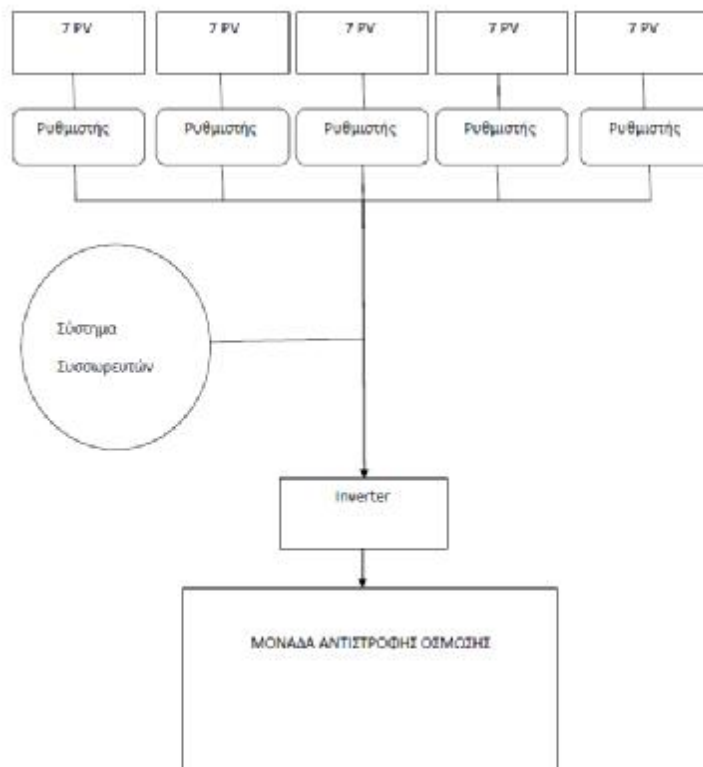
Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που επιλέξαμε παραπάνω παράγουν ισχύ 230 Wp και σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής το ρεύμα είναι 7,81 A. Το μέγεθος του ρυθμιστή φόρτισης εξαρτάται από το μέγεθος των φωτοβολταϊκών που θα συνδέουμε πάνω του. Πρέπει να υπερκαλύπτει την συνολική ένταση σε Ampere των φωτοβολταϊκών.

4.3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ INVERTER

Απαραίτητος για τον συνδυασμό των φωτοβολταϊκών με τη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης είναι ένας μετατροπέας τάσης (inverter). Ο inverter είναι η συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγει η φωτοβολταϊκή γεννήτρια σε εναλλασσόμενο (AC), ώστε να τροφοδοτηθούν οι ηλεκτρικές συσκευές, στη συγκεκριμένη περίπτωση οι δύο αντλίες της μονάδας. Έτσι, από τους συσσωρευτές του συστήματος μπορούμε να τροφοδοτήσουμε τις αντλίες που απαιτούν 220V.

4.4 ΜΟΡΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Παρακάτω φαίνεται σχηματικά ο συνδυασμός του συστήματος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το σύστημα της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης.



Σχήμα 15: Συνδυασμός του συστήματος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το σύστημα της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης.

4.5 ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η ΔΕΗ ασχολήθηκε με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας την περίοδο της πετρελαϊκής κρίσης, δηλαδή την δεκαετία του '70. Ωστόσο, το 1980 κατασκευάζεται ένα από τα πρώτα αιολικά πάρκα το οποίο ήταν στην Κύθνο με στόχο να πραγματοποιηθούν διάφορες έρευνες για την παραγωγή ενέργειας με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Τα θετικά αποτελέσματα των ερευνών οδηγούν τα επόμενα χρόνια (1990-1992) η ΔΕΗ να εγκαταστήσει ανεμογεννήτριες εμπορικής εκμετάλλευσης 25 MW.

Σε αυτό που θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση είναι ότι στην αρχή των πειραματικών έργων δημιουργούνται διάφορα προβλήματα, έτσι και σε αυτή την περίπτωση ελαττώματα της εγκατάστασης, βλάβες, προβλήματα στον εξοπλισμό οδήγησαν στον διακοπή της λειτουργίας των αιολικών πάρκων με συνέπεια τη μη παραγωγή ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ωστόσο παρά τα προβλήματα αποκτήθηκε μεγάλη εμπειρίας με συνέπεια την διόρθωση και την βελτίωση των εγκαταστάσεων των αιολικών πάρκων με απώτερο σκοπό τη οικονομικά συμφέρουσα αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

4.6 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο συνδυασμός των πλεονεκτημάτων των δυο παραπάνω μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να αποτελέσει πολύ καλή λύση, αποτελώντας το λεγόμενο υβριδικό σύστημα. Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά του ανέμου και του ηλίου καθιστούν την χρήση υβριδικών συστημάτων μία υποσχόμενη εναλλακτική. Καθώς η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια μίας ηλιόλουστης μέρας, η αιολική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις. Όπως είναι φυσικό, είναι αναμενόμενη η χρήση τους σε περιοχές με πού ηλιοφάνεια και επαρκές αιολικό δυναμικό, όπως είναι τα νησιά των Κυκλάδων και τα Δωδεκάνησα.

4.6.1 ΒΙΟΜΑΖΑ

Η χρήση της βιομάζας για αφαλάτωση δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική, καθώς τα οργανικά υπολείμματα δεν είναι συνήθως διαθέσιμα σε άνυδρες περιοχές, ενώ η παραγωγή τους απαιτεί πιο πολύ νερό από ότι η αφαλάτωση που θα προκύψει με την χρήση τους.

Επίσης, η οικονομική απόδοση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν την βιομάζα ως μέσο για παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται και από την απόσταση του τόπου παραγωγής της βιομάζας από τον τόπο κατανάλωσης της. Γενικά, η οικονομικά αποδεκτή αξιοποίηση της βιομάζας είναι μια δύσκολη υπόθεση καθώς τα προβλήματα που εγείρονται είναι πάρα πολλά.

4.6.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αφαλάτωση με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και αποτελεί πολύ καλή λύση και για την Ελλάδα, καθώς στα εδάφη της βρίσκονται πάρα πολλές πηγές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στον ελληνικό χώρο είναι η Μήλος, στα εδάφη της οποίας έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, είτε σε πειραματικό επίπεδο είτε πιο προχωρημένες.

Οι πηγές γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την μετρούμενη θερμοκρασία τους ως:

- χαμηλής θερμοκρασίας (<100°C),

- μεσαίας θερμοκρασίας (100-150°C) και
- υψηλής θερμοκρασίας (>150°C).

Το θερμικό δυναμικό ποικίλει από 15 ως 75 °C ανά χιλιόμετρο βάθους, αλλά η ροή θερμότητας είναι ανώμαλη σε διάφορες ηπειρωτικές περιοχές. Χαμηλής θερμοτητας πηγές γεωθερμίας στα ανώτερα 100 μέτρα μπορούν να αποτελέσουν μια φθηνή λύση για αφαλάτωση. Οι πηγές γεωθερμίας υψηλής πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Αυτή η δυνατότητα σε συνδυασμό και με την δυνατότητα μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική, επιτρέπουν την χρήση διάφορων μεθόδων αφαλάτωσης που να ταιριάζουν στην μορφή της ενέργειας.

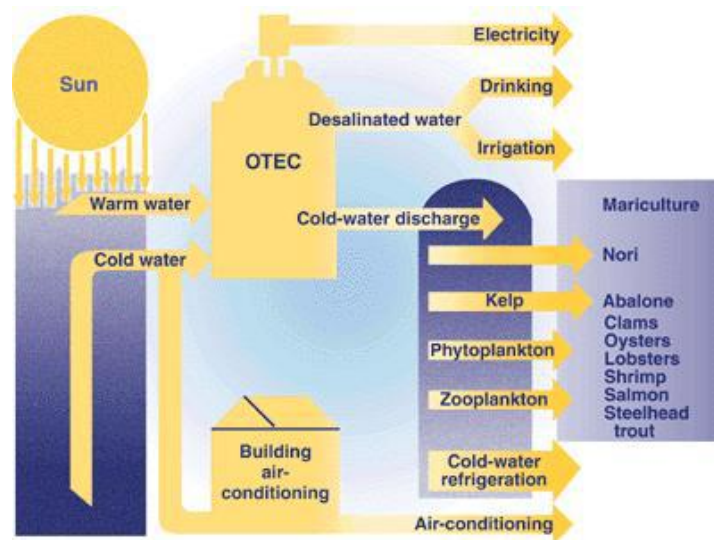


Εικόνα 14: Μονάδα αφαλάτωσης με γεωθερμία στο Nesjavellir της Ισλανδίας

4.6.3 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Θαλάσσια ενέργεια» είναι η ενέργεια των κυμάτων, των παλιρροιών καθώς και το θερμικό δυναμικό της θάλασσας. Σήμερα υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας και της ενέργειας της παλίρροιας, ενώ η εκμετάλλευση του θερμικού δυναμικού είναι πολύ ακριβή, γεγονός που αποτρέπει την εμπορική της εκμετάλλευση. Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει την εφαρμογή ενός κύκλου μετατροπής ισχύος, λόγω της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των επιφανειακών υδάτων και των υδάτων σε βάθος 1000 μέτρων ή και περισσότερο. Τα θερμά ύδατα βράζουν σε ένα θάλαμο υπό κενό και στη συνέχεια συμπυκνώνονται εξαιτίας των κρύων υδάτων.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια εφαρμογή της ωκεάνιας ενέργειας που συνδυάζει και την παραγωγή πόσιμου νερού μέσω αφαλάτωσης.



Σχήμα 16: Χρήση της τεχνολογίας OTEC (Ocean thermal energy conversion) για την αφαλάτωση νερού

4.7 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΠΕ

Πολύ σημαντική είναι και η προσαρμογή της μορφής ΑΠΕ για τη μέθοδο αφαλάτωσης. Με την λέξη προσαρμογή εννοούμε το ταίριασμα των χαρακτηριστικών της ενέργειας που παράγεται με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της μεθόδου αφαλάτωσης που έχουμε επιλέξει. Σε περίπτωση που η προσαρμογή δεν επιτυγχάνεται το αποτέλεσμα είναι η χαμηλότερη απόδοση του συστήματος, υπολειτουργία, εμφάνιση προβλημάτων και σφαλμάτων ακόμα και καταστροφή κάποιων τμημάτων της μονάδας.

Ένα παράδειγμα μη προσαρμογής είναι η χρήση κάποιου μεθόδου που απαιτεί συνεχή και σταθερή παροχή ενέργειας με κάποια μορφή ΑΠΕ που η κυματομορφή της παρεχόμενης ενέργειας δεν είναι ευθεία γραμμή, αλλά περιλαμβάνει πολλές διακυμάνσεις, γρήγορες μεταβάσεις στα ακρότατα της και, γενικά η μορφή της είναι και τυχαία.

Σε μια τέτοια περίπτωση εκτός από τις μεγάλες απώλειες ενέργειας, καθώς δεν είναι δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση της, και τα προβλήματα που αυτή προκαλεί, όπως η απόρριψη της πλεονάζουσας ενέργειας, έχουμε και την προβληματική λειτουργία της διαδικασίας της αφαλάτωσης καθώς μειώνεται η παραγωγή του πόσιμου νερού και επιβαρύνεται η λειτουργία κάποιων τμημάτων της εγκατάστασης.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με την πηγή ενέργειας που έχουμε επιλέξει η ενέργεια που θα παράγεται μπορεί να είναι και σε διαφορετική μορφή. Οι πιθανές μορφές είναι η θερμική, η ηλεκτρική και η μηχανική ενέργεια. Επίσης πολλές φορές, για λόγους αξιοπιστίας και συνεχόμενης λειτουργίας, επιλέγουμε συνδυασμό δύο πηγών ενέργειας, όπως ηλιακή και αιολική. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα ονομάζεται υβριδικό.

Όσον αφορά την προσαρμογή της μορφής ΑΠΕ με την μέθοδο αφαλάτωσης, με εξαίρεση κάποιους βασικούς κανόνες, δεν μπορεί να εξαχθεί κάποιο γενικό συμπέρασμα. Οι τελικές επιλογές πρέπει να γίνουν με βάση κάποια τοπικά στοιχεία και παραμέτρους. Αυτά τα τοπικά στοιχεία είναι οι γεωγραφικές συνθήκες, η τοπογραφία της περιοχής, η χωρητικότητα της διάταξης και η ενέργεια που είναι διαθέσιμη σε χαμηλό κόστος, η ύπαρξη των τοπικών υποδομών, η περιεκτικότητα σε αλάτι του νερού. Κάποια πιο γενικά κριτήρια είναι:

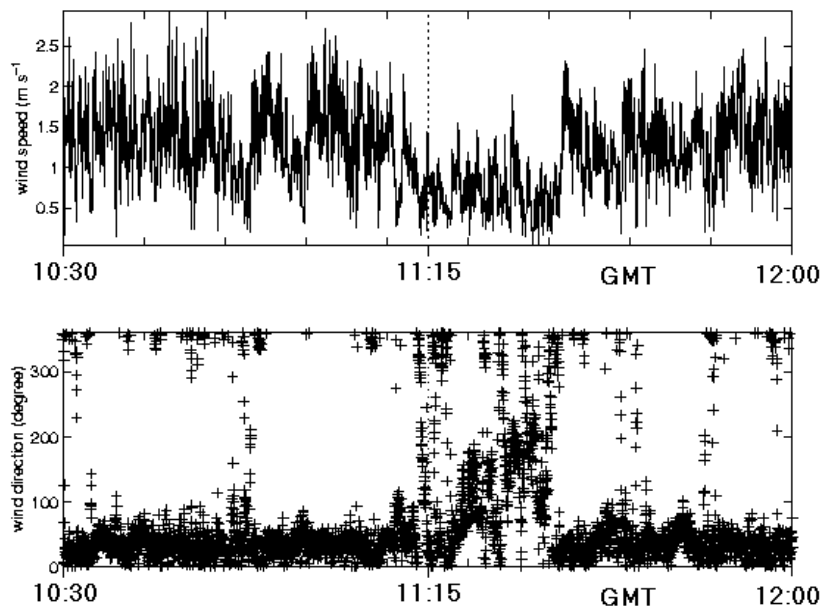
- η ανθεκτικότητα του συστήματος,
- η απλότητα της λειτουργίας,
- το χαμηλό κόστος συντήρησης,
- το μέγεθος της κατασκευής,

- η εύκολη μεταφορά του εξοπλισμού στην τοποθεσία,
- η διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και
- η αντοχή σε αντίξοες συνθήκες που ενδεχομένως να επικρατούν στις απομονωμένες περιοχές.

Ο γενικός κανόνας πάντως είναι να συνδυάζονται τεχνολογίες θερμικής ενέργειας με θερμικές διαδικασίες αφαλάτωσης και ηλεκτρομηχανικές τεχνολογίες ενέργειας με διαδικασίες αφαλάτωσης που απαιτούν ηλεκτρική ή μηχανική ισχύ. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές είναι η χρήση της αντίστροφης ώσμωσης με αιολική ενέργεια ή ενέργεια από φωτοβολταϊκά και ηλιακή θερμική ή γεωθερμική ενέργεια με διαδικασίες απόσταξης.

Επίσης, πρέπει να λάβουμε υπόψη τον τυχαίο και παροδικό χαρακτήρα που έχουν οι περισσότερες από τις ΑΠΕ καθώς προκαλεί αδυναμία πρόβλεψης για το μέλλον και δυσκολίες στον προγραμματισμό. Αυτή η συμπεριφορά πάντως, δεν πρέπει να εκπλήσσει καθώς οι περισσότερες μορφές ΑΠΕ εξαρτώνται από στοιχεία της φύσης όπως η ταχύτητα του ανέμου και η ηλιακή ακτινοβολία, των οποίων οι ακριβείς τιμές είναι δύσκολο να προβλεφθούν.

Ενδεικτικά, στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η έντονη μεταβολή της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου σε κάποια περιοχή. Αυτό που πρέπει να παρατηρήσει κανείς είναι ότι όλες αυτές οι εναλλαγές έχουν γίνει στο χρονικό διάστημα ενενήντα λεπτών. Με αυτόν τον τρόπο, βλέπουμε και στην πράξη τον τυχαίο και παροδικό χαρακτήρα και το πόσο δύσκολο είναι να γίνει η οποιαδήποτε πρόβλεψη.



Σχήμα 17: Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου

Υπάρχουν τρεις γενικές στρατηγικές με τις οποίες μπορούμε να επιτύχουμε την προσαρμογή. Η πρώτη έχει να κάνει με την διαχείριση ισχύος και στόχος είναι η παροχή στην μονάδα αφαλάτωσης της απαιτούμενης ισχύος, άσχετα με τις συνθήκες που επικρατούν εκείνη την στιγμή. Αυτό απαιτεί ένα υβριδικό σύστημα το οποίο θα διαθέτει ένα πλήθος επιλογών για την κατάλληλη πηγή ενέργειας. Μπορεί να συνδυάζει ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. αιολική και φωτοβολταϊκά), να χρησιμοποιεί μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. το δίκτυο ή ντιζελογεννήτριες) ή να χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μπαταρίες). Απαιτείται η παρουσία φορτίου απόρριψης (dumpload) για την διοχέτευση της πλεονάζουσας ενέργειας.

Η δεύτερη στρατηγική μπορεί να χαρακτηριστεί ως στρατηγική παρόντος φορτίου. Διέπεται από την λογική της προσαρμογής του φορτίου στην μεταβλητή εισερχόμενη ισχύ ώστε να απορροφάται όλη η παραγόμενη ισχύς και βασίζεται μόνο στις ΑΠΕ. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δυο τρόπους, είτε ξεκινώντας και σταματώντας την διαδικασία της αφαλάτωσης διαρκώς, ώστε η μονάδα να αποκλίνει από το φυσιολογικό σημείο σχεδιασμού του, είτε μετακινώντας το σημείο λειτουργίας της μονάδας.

Τέλος, η τρίτη στρατηγική συνδυάζει όλα τα παραπάνω. Όσον αφορά την διαχείριση φορτίου, ένας στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές. Σε ότι έχει να κάνει με την διαχείριση ισχύος όμως, ο έλεγχος δεν εφαρμόζεται μόνο στην πλευρά της μονάδας αφαλάτωσης αλλά και σε αυτή της πηγής ανανεώσιμης ενέργειας. Για παράδειγμα, αν μιλάμε για ανεμογεννήτρια τότε μπορούμε να ελέγξουμε την γωνία πτερυγίων και τον αριθμό στροφών. Η διαχείριση ισχύος επιβάλλει περιορισμούς στην πηγή ενέργειας, ενώ η διαχείριση φορτίου επιβάλλει περιορισμούς στην μονάδα αφαλάτωσης. Το σχετικό κόστος κάθε υποσυστήματος (παροχή ισχύος και απαίτηση της μονάδας) καθορίζει πόσο κατάλληλος είναι κάθε συνδυασμός ενέργειας.

4.8 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ

Είναι σύνηθες φαινόμενο, στις απομονωμένες περιοχές όπου παρουσιάζεται η έλλειψη νερού και υπάρχει δυσκολία στην παροχή ενέργειας από συμβατικές πηγές, να υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα στοιχείων της φύσης, σε τέτοια μεγέθη ώστε να επιτρέπεται η εκμετάλλευσή τους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η επιλογή των ΑΠΕ αποτελεί μονόδρομο για την λειτουργία αυτόνομων συστημάτων αφαλάτωσης.

Κλιματικοί λόγοι επηρεάζουν την διαθεσιμότητα των ΑΠΕ σε εποχική βάση. Παρόλα αυτά, τις εποχές που η ζήτηση νερού είναι αυξημένη, όπως το καλοκαίρι όπου η τουριστική περίοδος είναι στο ζενίθ της, είναι μεγάλη και η διαθεσιμότητα των ΑΠΕ, όπως της ηλιακής ακτινοβολίας και της αιολικής ενέργειας, οπότε η ζήτηση μπορεί να καλυφθεί από την παραγωγή.

Η λειτουργία και η τεχνολογία τόσο των ΑΠΕ όσο και της μονάδας αφαλάτωσης πρέπει να ελέγχεται και να διαχειρίζεται τοπικά, καθώς η παροχή εξωτερικής βοήθειας και εξειδικευμένου τεχνικού προσωπικού είναι κατά κανόνα δύσκολη στα μέρη αυτά. Γι' αυτό εκμεταλλευόμαστε το πλεονέκτημα των ΑΠΕ, οι οποίες είναι πιο εύκολες στην λειτουργία και την συντήρηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Επίσης, με αυτόν τον τρόπο στηρίζεται η τοπική κοινωνία και η οικονομία της, μιας και γίνεται χρήση τοπικού ανθρωπίνου δυναμικού αλλά και φυσικών πόρων της περιοχής.

Η λύση πάντως των ΑΠΕ δεν αποτελεί πανάκεια. Απαιτείται μελέτη της κάθε περίπτωσης αναλυτικά καθώς πρέπει να διερευνηθεί το δυναμικό της κάθε μορφής ΑΠΕ στην περιοχή ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη. Πρέπει να γίνει τεχνικοοικονομική μελέτη, ώστε να διαπιστωθεί η διαθεσιμότητα της κάθε τεχνολογίας και η εμπορική της ωριμότητα, η δυνατότητα εφαρμογής της στην κάθε περίπτωση, οι υπάρχουσες υποδομές καθώς και αυτές που απαιτείται να γίνουν, το κόστος της επένδυσης και της εγκατάστασης.

Επίσης με την χρήση των ΑΠΕ, επιτυγχάνεται διαφοροποίηση στην προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας. Δεν υπάρχει πλέον η εξάρτηση από τους μεγάλους παραγωγούς και προμηθευτές, το μονοπώλιο καταρρέει και οι οικονομικές διακυμάνσεις είναι πιο δύσκολο να πλήξουν την κοινωνία. Πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη σημασία σε αυτό το στοιχείο, καθώς οι περιοχές όπου απαιτείται να εφαρμοστεί η λύση της αφαλάτωσης αντιμετωπίζουν προβλήματα ανάπτυξης, τα οποία είναι εύκολο να επιδεινωθούν καθώς η διαδικασία της αφαλάτωσης είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και απαιτεί σημαντικό κεφάλαιο. Δεν πρέπει να παραλείψουμε το γεγονός ότι στην εποχή μας, όπου η μόλυνση του περιβάλλοντος απειλεί ολοένα και περισσότερο και η εκπομπή των ρύπων περιορίζεται αυστηρά από το πρωτόκολλο του Κιότο, η παράβαση του οποίου επισύρει αυστηρές ποινές, η κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από συμβατικά καύσιμα πρέπει, στον βαθμό που είναι δυνατό, να

αποφευχθεί. Έτσι, οι ΑΠΕ φαντάζουν ως ιδανική λύση για την αφαλάτωση, μιας και η κατανάλωση ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλή.

4.9 ΛΟΓΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ

Παρόλα αυτά, η διείσδυση των ΑΠΕ στις εφαρμογές αφαλάτωσης που υπάρχουν ανά τον κόσμο είναι πολύ μικρή ακόμα αν και τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση για ανατροπή αυτής της κατάστασης. Οι αιτίες για αυτή την μικρή συμμετοχή είναι ποικίλες και συχνά συνδέονται μεταξύ τους. Ο πρώτος λόγος έχει να κάνει με τεχνολογικά ζητήματα, που αφορούν τόσο τις ΑΠΕ όσο και τις διάφορες διαδικασίες αφαλάτωσης. Αν και αυτές οι τεχνολογίες είναι ώριμες μέχρι ενός βαθμού υπάρχουν ακόμα περιθώρια για περαιτέρω βελτίωση.

Επίσης, υπάρχει η πρόκληση για την επίτευξη του βέλτιστου τεχνολογικού σχεδιασμού του συστήματος που θα αφορά τόσο την εκμετάλλευση των ΑΠΕ όσο και την διαδικασία της αφαλάτωσης. Ανασταλτικός παράγοντας είναι και το κόστος της επένδυσης, ειδικά όσο αφορά την παραγωγή της ενέργειας. Αν και οι τιμές είναι σε διαρκή καθοδική πορεία, το κόστος της τεχνολογίας των ΑΠΕ και άλλων συνοδευτικών εξαρτημάτων είναι απαγορευτικό και κάνει τις επενδύσεις μη βιώσιμες. Αν και η αξία του πόσιμου νερού σε περιοχές που δεν έχουν την δυνατότητα να το απολαύσουν με άλλον τρόπο δεν πρέπει να εκτιμάται βάσει χρημάτων και οικονομικών μεγεθών.

Αν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως δηλώνει και το όνομα τους, είναι απεριόριστες και δεν εξαντλούνται, εν τούτοις ο εφήμερος χαρακτήρας τους θέτει περιορισμούς στην μέγιστη αξιοποίηση τους. Η γεωγραφική τους διασπορά προκαλεί ένα ακόμα πρόβλημα καθώς η θέση στην οποία συμφέρει να γίνει η εκμετάλλευση τους μπορεί να μην συμπίπτει με τον τόπο όπου υπάρχει το πρόβλημα της λειψυδρίας.

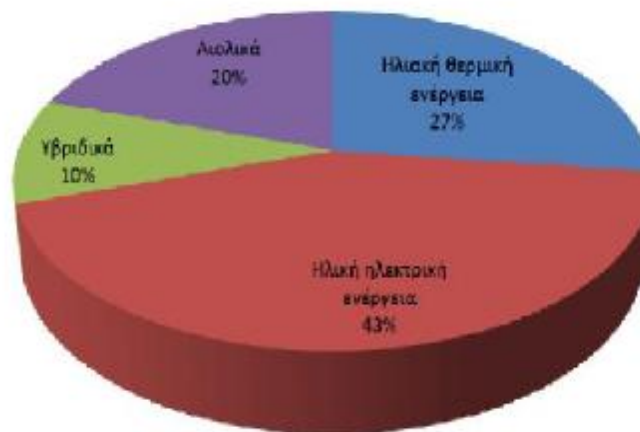
Οι ελλείψεις σε εξοπλισμό, τεχνογνωσία και υποδομές των απομονωμένων περιοχών αποτελεί ένα ακόμα πρόβλημα. Έτσι, καθίσταται δύσκολη η εφαρμογή μεθόδων υψηλής τεχνολογίας σε τέτοια μέρη καθώς υπάρχει ο κίνδυνος της αποτυχίας λόγω της αδυναμίας παροχής αξιόπιστης τεχνικής υποστήριξης.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των ΑΠΕ αυξάνει κατά πολύ το κόστος της επένδυσης, και ιδιαίτερα, όσο πιο πολύπλοκος είναι ο συνδυασμός των ΑΠΕ, (π.χ. ένα υβριδικό σύστημα) τόσο πιο ακριβή γίνεται η επένδυση. Το κόστος αυτό όμως αντισταθμίζεται από τα πολλαπλά οφέλη που έχουμε, ακριβώς λόγω της χρήσης των ΑΠΕ. Αυτά είναι η μείωση της ενέργειας που αντλείται από το δίκτυο, που ειδικά σε περιόδους αιχμής είναι πολύ σημαντική.

Αυξάνεται η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ και το πιθανό περίσσειμα μπορεί να δοθεί προς χρήση στο δίκτυο. Μειώνεται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και το κόστος για την αγορά αυτών, ιδιαίτερα στις μέρες μας που οι τιμές τους είναι σε διαρκή άνοδο. Έτσι, επιτυγχάνεται και μείωση των αερίων που είναι υπαίτια για το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και των χρημάτων που απαιτούνται για τον περιορισμό τους. Η γενική άποψη είναι ότι μπροστά σε όλα αυτά τα οφέλη μια μικρή αύξηση του ισοσταθμισμένου κόστους νερού είναι ασήμαντη.

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα ποσοστά που καταλαμβάνει κάθε μορφή ΑΠΕ στην συνολική «πίτα» των εφαρμογών αφαλάτωσης και απεικονίζεται πλήρως η κατάσταση στον χώρο της αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ. Το μεγαλύτερο μερίδιο της πίτας καταλαμβάνουν οι εφαρμογές που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια οι οποίες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια. Φαίνεται όμως και η δυναμική που αρχίζουν να αποκτούν τα συστήματα με χρήση της αιολικής ενέργειας καθώς και τα υβριδικά, τα οποία για διάφορους τεχνικούς και οικονομικούς, κυρίως, λόγους, οι οποίοι πλέον δεν αποτελούν τροχοπέδη, δεν είχαν μεγάλο μερίδιο στην αγορά.



Σχήμα 18: Αφαλάτωση με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας και κυματικής ενέργειας

5.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα, παρουσιάζεται το φαινόμενο διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε τυχόν υδροφόρους σχηματισμούς της περιοχής. Τα νερά θερμαίνονται και κυκλοφορούν μέσα στα πετρώματα φθάνοντας σε πολλές περιπτώσεις μέχρι την επιφάνεια, αφού προηγουμένως έχουν εμπλουτιστεί από άλατα των πετρωμάτων (θερμές πηγές, ατμίδες), ενώ κάποιες άλλες φορές τα νερά εγκλωβίζονται σε μη υδροπερατά πετρώματα και αποκτούν θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 350^{οc}. Η θερμική ροή εμφανίζεται:

1. Κατά τη βύθιση λιθοσφαιρικών πλακών.
2. Στα ηπειρωτικά βυθίσματα.
3. Στις ηπειρωτικές περιοχές διόγκωσης.

Έχουμε συνεχή απώλεια θερμότητας 10.9×10 kJ/έτος. Η γεωθερμική ισχύς είναι περίπου 33TW. Η Γεωθερμική ενέργεια αποτελεί ένα φυσικό εγχώριο πλούτο και ως εκ τούτου η εντατική της έρευνα και αξιοποίηση είναι πολλαπλά ωφέλιμη και θα πρέπει να

αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερο αναπτυξιακό χαρακτήρα σε τοπικό και σε εθνικό επίπεδο. Η απαιτούμενη τεχνολογία για την εκμετάλλευση της γεωθερμίας που εμπεριέχεται σε ρευστά είναι πλέον δοκιμασμένη σε ευρεία κλίμακα.

5.2 ΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Το κάθε γεωθερμικό πεδίο παρουσιάζει ιδιαιτερότητες και απαιτεί εξειδικευμένες μελέτες για τη βέλτιστη τεχνικά και οικονομικά εκμετάλλευσή του. Όσον αφορά όμως την εκμετάλλευση της γεωθερμίας που εμπεριέχεται στα θερμά ξηρά πετρώματα και των σε εξέλιξη ηφαιστειών, η τεχνολογία δεν έδωσε ακόμα πρακτικά αποδεκτές λύσεις. Κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων βάσει της ισχύος:

1. Ομαλή γεωθερμία: $T < 25^{\circ}\text{C}$, απόδοση $< 2\%$ (ψύξη – θέρμανση κτιρίων)
2. Χαμηλής ενθαλπίας: $T = 25 - 100^{\circ}\text{C}$, απόδοση 2 -8% (νερό οικιακής χρήσης)
3. Μέσης ενθαλπίας: $T = 100 - 150^{\circ}\text{C}$, απόδοση 2 -8% (ηλεκτροπαραγωγή με πτητικό ρευστό)
4. Υψηλής ενθαλπίας: $T > 150^{\circ}\text{C}$, απόδοση 8 – 18% (ηλεκτροπαραγωγή)
5. Ξηρού ατμού: $H > 1.5 \text{ MJ/kg}$,
6. Υγρής φάσης: $H > 2.5 \text{ MJ/kg}$
7. Θερμά ξηρά πετρώματα.

5.3. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η γεωθερμική ενέργεια, ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- Χαμηλής ενθαλπίας (25-100°C)
- Μέσης ενθαλπίας (100-150°C)
- Υψηλής ενθαλπίας (>150°C).

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανέρχεται σε 6.000 MWe περίπου. Η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης ενθαλπίας βρίσκεται σε διεθνές επίπεδο πολλές εφαρμογές στη γεωργία, τη γεωργική βιομηχανία, την κτηνοτροφία – ιχθυοκαλλιέργεια και τη θέρμανση χώρων. Η τεχνολογία που απαιτείται για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών αυτής της κατηγορίας έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό και είναι ευρύτατα γνωστή. Συνιστάται κυρίως στη χρήση εναλλακτών θερμότητας ή σε μερικές περιπτώσεις, στην απευθείας χρήση των γεωθερμικών ρευστών.

5.3.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

Η χώρα μας παρουσιάζει ένα αρκετά αξιόλογο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας. Με τις σημερινές γνώσεις μας από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από άλλες ενδείξεις στα γεωθερμικά πεδία, εκτιμάται ότι το βεβαιωμένο συνολικό δυναμικό της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (με βάση την απόρριψη των νερών σε θερμοκρασίες περίπου 25°C) ανέρχεται σε 700-800 MWth, περίπου.

Οι ορατές εκμεταλλεύσεις τη γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα σε χρήσεις μόνο θέρμανσης (όπως τηλεθέρμανση κτιρίων, θερμοκήπια, ξηραντήρια αγροτικών προϊόντων και ιχθυοκαλλιέργειες) μπορούν μέχρι το έτος 2000 να αγγίξουν τα 150 MWth ,εγκατεστημένης ισχύος, εξοικονομώντας 17.000 περίπου τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Τ Ι.Π.) το έτος.

Στην πράξη όμως σήμερα η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας στην χώρα μας είναι ασήμαντη έως μηδαμινή. Σήμερα υπάρχουν εγκατεστημένα στην χώρα μας μόλις 200 στρ. γεωθερμικών θερμοκηπίων με εγκατεστημένη ισχύ περί τα 20 MWth που εξοικονομούν 2000Τ.Ι.Π. το έτος. Αυτό συμβαίνει παρ' όλο που οι συνθήκες παραγωγής και εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ρευστών είναι συμφέρουσες και παρ' όλο που τα γεωθερμικά πεδία συμπίπτουν γεωγραφικά με εύφορες πεδιάδες με μεγάλη γεωργική παραγωγή.

Οι πλέον συνήθεις και τεχνικοοικονομικά συμφέρουσες χρήσεις που εφαρμόζονται κατά την αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι:

- Τηλεθέρμανση,
- Θέρμανση θερμοκηπίων,
- Ιχθυοκαλλιέργειες,
- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού,
- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά σαν θερμαντικό μέσο δύνανται να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυσταδιακής εξάτμισης εν κενώ (MES).
- Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60°C. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40-50°C.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για περίπτωση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 75°C και παροχής 100 m³/h επιτυγχάνεται αφαλάτωση 600 m³/h την ημέρα, σε οκτώ δράσεις, με εκτιμώμενο κόστος επένδυσης 1.5 εκατομμύρια ευρώ και κόστος αφαλάτωσης νερού περί της 1 ευρώ/m³. Για να θεωρείται οικονομικά συμφέρουσα μία εκμετάλλευση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί το πολύ στο 60% του κόστους αφαλάτωσης με πετρέλαιο.

5.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η χώρα μας λόγω των ειδικών γεωλογικών συνθηκών της είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Μέχρι το 1980, οι έρευνες στη χώρα μας περιορίζονταν στον εντοπισμό γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεωθερμικό δυναμικό υψηλής ενθαλπίας εντοπίστηκε κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος κ.λπ.). Παράλληλα όμως, είχαμε και τον εντοπισμό ρευστών μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.

Στη χώρα μας, το 1985, εγκαταστάθηκε μια μονάδα υψηλής ενθαλπίας ισχύος 2 MWe στη Μήλο, που λειτούργησε για κάποιο διάστημα μέχρι το 1989. Από το 1980 και μετά προχώρησε στη χώρα μας η έρευνα για τον εντοπισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας.

Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη τη χώρα και εντοπίζονται κυρίως σε αγροτικές περιοχές. Το πιθανό γεωθερμικό δυναμικό των πεδίων χαμηλής ενθαλπίας ανέρχεται περίπου σε 700 MWth και το βεβαιωμένο, περίπου σε 300 MWth (1 MWth μπορεί να καλύψει τις θερμικές απώλειες περίπου 6 στρεμμάτων γυάλινων θερμοκηπίων στην περιοχή Κορινθίας).

Στο γεωθερμικό πεδίο Μήλου, μετά από πολύπλευρες έρευνες του ΙΓΜΕ προσδιορίστηκαν το 1973 συγκεκριμένες θέσεις για βαθιές γεωτρήσεις. Η ΔΕΗ έκανε (1975-1981) 5 συνολικά γεωτρήσεις σε βάθος 1.000 - 1.400 μέτρων, που παράγουν συνολικά 350 t/h (μίγμα ρευστών, νερού και ατμού σε σχέση 1:1 περίπου). Εγκατέστησε (1985) μια πειραματική γεωθερμοηλεκτρική μονάδα ισχύος 2 MW η οποία έδειξε ότι το νερό του μίγματος που διαχωρίζεται έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα, που δημιουργούν σοβαρά αλλά όχι ανυπέρβλητα προβλήματα διάβρωσης και περιλίθωσης.

Το γεωθερμικό δυναμικό της Μήλου σε ρευστά υψηλής ενθαλπίας κατά μία πρώτη εκτίμηση ανέρχεται σε 120 MWe τουλάχιστον. Δεν αποκλείουν όμως οι ειδικοί να υπερβεί και τα 200 MWe.

Στο Γεωθερμικό πεδίο Νισύρου, ύστερα από πολλές έρευνες στην περίοδο 1972-81, εντοπίστηκαν οι θέσεις για τις δύο πρώτες γεωτρήσεις έρευνας - παραγωγής. Οι γεωτρήσεις αυτές εκτελέσθηκαν κατά το 1982-83. Η πρώτη, παρ' όλο που συνάντησε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες (400°C) αλλά και πολύ δύσκολες συνθήκες ρευστών παράγει σήμερα μικρές μόνο ποσότητες μίγματος ατμών και νερού από το "Ρηχότερο" ρεζερβουάρ των 1.500 μ. (Το βαθύτερο ρεζερβουάρ στα 1.800 μ. έχει εγκαταλειφθεί λόγω ανυπέρβλητων τεχνικών προβλημάτων κατά την κατασκευή της γεώτρησης).

Η δεύτερη γεώτρηση παράγει από βάθος 1.500 μ. (όπου η θερμοκρασία είναι περίπου 350°C) μίγμα ατμού και νερού. Η παραγωγή ατμού ανέρχεται περίπου στους 23 t/h και ισοδυναμεί με 3 MWe.

Το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό της Νισύρου κατά μία πρώτη εκτίμηση ανέρχεται σε 40 MWe περίπου. Πιθανά πεδία υψηλής ενθαλπίας βρίσκονται στα νησιά Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως και Λέσβος. Οι πιθανότητες είναι πολύ μεγάλες στα δύο πρώτα νησιά και μικρότερες στα άλλα, για τα οποία αλλού υπάρχουν εντελώς ελλιπή στοιχεία (Κως) και αλλού πολλά, αλλά με μικρές πιθανότητες (Λέσβος).

Περιοχές υψηλής ενθαλπίας με ελάχιστες πιθανότητες είναι αυτές του Σουσακίου Κορινθίας και των Μεθάνων Τροιζηνίας. Στα νησιά Κίμωλος και Πολύαιγος, οι γεωθερμικές έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι συνθήκες σε αυτά είναι εντελώς παρόμοιες με αυτές της Μήλου. Πρόκειται για πολύ πιθανά πεδία υψηλής ενθαλπίας. Παρόμοιο γεωθερμικό ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο αβαθής υποθαλάσσιος χώρος μεταξύ των τριών νησιών όπως επίσης και αυτός του Όρμου Μήλου. Μελλοντικά σ' αυτούς τους χώρους μπορεί να γίνουν κεκλιμένες γεωτρήσεις από την παραλία ή και ακόμα στη θάλασσα.

Στη Λέσβο, από τις μέχρι τώρα πολύπλευρες και εκτεταμένες γεωλογικές-γεωθερμικές έρευνες και τη συνθετική ερμηνεία των αποτελεσμάτων εντοπίστηκαν τρεις κύριες περιοχές ενδιαφέροντος: Πέτρας-Αργένου, Καλλονής-Στύψης και Πολιχνίτου. Οι πιθανές θερμοκρασίες των ρευστών στον ταμειυτήρα αναμένονται να είναι της τάξης των 100-140°C, χωρίς να αποκλείονται εντελώς και υψηλότερες. Η περιοχή που προτάθηκε για τις πρώτες βαθιές γεωτρήσεις έρευνας-παραγωγής βρίσκεται νότια του χώρου Στύψης.

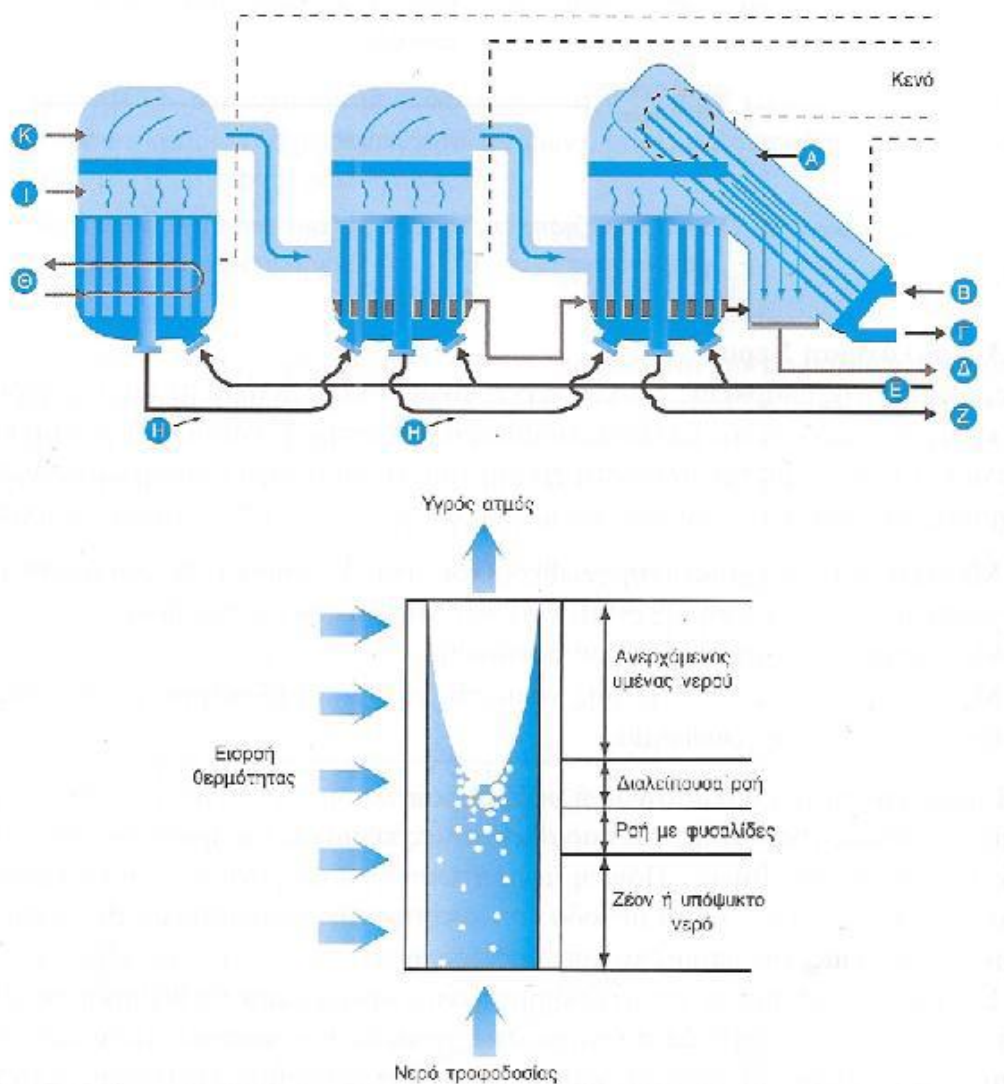
Στη Σαντορίνη η γεωθερμική έρευνα προσδιόρισε σαν ενδιαφέρουσα την περιοχή που βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Μεγαλοχωρίου, Εμπορίου και Ακρωτηρίου. Μερικές συμπληρωματικές βαθιές γεωφυσικές έρευνες θα βοηθήσουν ουσιαστικά στην επιλογή της καλύτερης θέσης για την πρώτη βαθιά γεώτρηση έρευνας-παραγωγής, η οποία θα δώσει και την οριστική απάντηση σχετικά με την κατηγορία των ρευστών (υψηλής ή μέσης ενθαλπίας).

Στην Κω η εντελώς προκαταρκτική διερεύνηση έδωσε ενθαρρυντικά στοιχεία. Η δυτική περιοχή του νησιού χρειάζεται συστηματική και πολύπλευρη γεωθερμική έρευνα. Η περιοχή Σουσακίου Κορινθίας, μετά από τη συνθετική ερμηνεία όλων των στοιχείων που προέκυψαν από τη γεωθερμική έρευνα, φαίνεται ότι έχει δυνατότητες παραγωγής ρευστών μέσης ενθαλπίας. Αυτά τα ρευστά έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για μη ηλεκτρικές χρήσεις, σύμφωνα με τις συνθήκες της περιοχής.

Η περιοχή του ηφαιστείου των Μεθάνων έχει καταρχήν ενδιαφέρον από γεωθερμική άποψη. Οι δυσμενείς όμως συνθήκες τοπογραφίας και γεωλογίας, τα λιγοστά στοιχεία και οι προκαταρκτικές εκτιμήσεις δεν επιτρέπουν αισιόδοξες προβλέψεις. Οποσδήποτε η περιοχή αυτή δεν έχει προτεραιότητα για αναζήτηση ρευστών υψηλής ενθαλπίας. Δεν είναι δυνατόν σήμερα να εκτιμηθεί το συνολικό δυναμικό της χώρας σε ρευστά υψηλής ενθαλπίας, γιατί

λείπουν επαρκή ερευνητικά στοιχεία, και κυρίως οι πολυδάπανες βαθιές παραγωγικές γεωτρήσεις ως και η μελέτη της συμπεριφοράς τους στο χρόνο.

5.4.1. ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΙΜΩΛΟ



Σχήμα 19: (Πάνω) Σχηματική παράσταση της διεργασίας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της απόσταξης πολλαπλής φάσης. (Κάτω) Καθεστώτα ροής στους κατακόρυφους αγωγούς εξάτμισης.

Σε άλλα συστήματα, η εισαγωγή του θαλασσινού νερού μπορεί να γίνει με καταιονισμό. Λόγω της χαμηλότερης πίεσης από την ατμοσφαιρική που επικρατεί μέσα στο δοχείο, και η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια «τζιφαριού», μέρος του θαλασσινού νερού εξατμίζεται. Το υπόλοιπο νερό τροφοδοτείται μέσω ενός κεντρικού αγωγού στο δεύτερο δοχείο εξάτμισης, όπου επικρατεί ακόμα μικρότερη πίεση. Στο δοχείο προστίθεται επίσης και θαλασσινό νερό τροφοδοσίας.

Εκεί, το αλμυρό νερό θερμαίνεται με τον ατμό από το πρώτο δοχείο, με σύγχρονη συμπύκνωση μέρους του ατμού. Ο ατμός από το δεύτερο δοχείο θερμαίνει το αλμυρό νερό στο τρίτο, από αυτό στο τέταρτο κ.ο.κ. Το συμπύκνωμα από κάθε δοχείο οδηγείται στον

συμπυκνωτή, στον οποίο συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυχρού θαλασσινού νερού ο ατμός από το τελευταίο δοχείο, και όλο μαζί τα συμπύκνωμα (αφαλατωμένο νερό) οδηγείται στην δεξαμενή αποθήκευσης.

Αυτή η μικρή μονάδα αφαλάτωσης στην Κίμωλο (η πρώτη του είδους της στον κόσμο) αποπερατώθηκε το 1999. Με την εφαρμογή της μεθόδου δευτεροβάθμιας εξάτμιση φαινομένου (MED) σε συνθήκες μερικού κενού σε κατακόρυφους αγωγούς και σε χαμηλές θερμοκρασίες (61°C), θέλησαν να επιτύχουν παραγωγή μέχρι 200 m³/ημέρα αφαλατωμένου νερού (TDS < 5ppm). Το κόστος του αφαλατωμένου νερού υπολογιζόταν σε 680 δρ./m³. Κατά τη δοκιμαστική περίοδο λειτουργίας της μονάδας παράγονταν 3.2 m³/h αφαλατωμένου νερού άριστης ποιότητας, με χρήση 50 m³/h γεωθερμικού νερού.

5.4.2 ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΟΥΣΑΚΙ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μέρος των γεωθερμικών αποθεμάτων στο Σουσάκι Κορινθίας για την παραγωγή 300m³/day φρέσκου αφαλατωμένου νερού, επιλύοντας έτσι το πρόβλημα λειψυδρίας στην περιοχή.

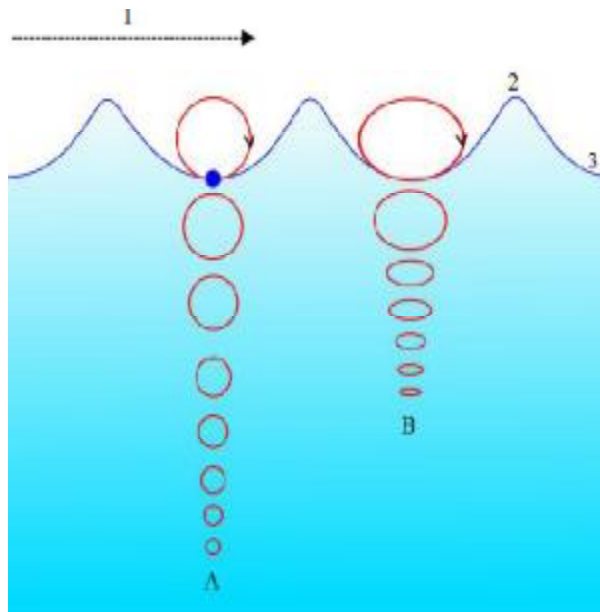
Με τη χρήση πρωτοποριακής τεχνολογίας βελτιώνεται η ενεργειακή απόδοση και η αποτελεσματικότητα του κόστους της μονάδας αφαλάτωσης (χαμηλής ενθαλπίας). Η μέθοδος αυτή αποτελείται από μία υβριδική μονάδα η οποία συνδυάζει και τους δύο τρόπους γεωθερμικής αφαλάτωσης. Αυτή ονομάζεται hybrid multi effect flash – distillation under vacuum {ME(F-D)}, η οποία συνδυάζει την εκτονωτική εξάτμιση με απόσταξη, σε συνθήκες κενού, σε κατακόρυφους σωλήνες.

5.5 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ωκεάνια ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρεται στην επιφάνεια των κυμάτων. Αυτή είναι ξεχωριστή από τη ημερήσια ροή της παλλιροϊκής ενέργειας και τη σταθερή ροή των ωκεάνιων ρευμάτων. Η παραγωγή ενέργειας με αυτόν τον τρόπο δεν είναι ευρέως διαδεδομένη, αν και έχουν γίνει προσπάθειες χρήσης της από το 1890. Το 2008 ξεκίνησε να λειτουργεί η πρώτη «φάρμα κυμάτων» στην Πορτογαλία, στο Aguçadoura Wave Park.

Τα κύματα δημιουργούνται από το πέρασμα του ανέμου πάνω από τη επιφάνεια της θάλασσας. Εφ' όσον τα κύματα διαδίδονται πιο αργά από την ταχύτητα του ανέμου πάνω από αυτά, έχουμε μία μεταφορά ενέργειας από τον άνεμο στα κύματα. Η διαφορά πιέσεων μεταξύ κυμάτων και αέρα, καθώς και η τριβή μεταξύ τους, συμβάλουν στην δημιουργία των κυμάτων. Το ύψος των κυμάτων εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη διάρκεια που ο αέρας φυσάει, την απόσταση στην οποία ο άνεμος διεγείρει τα κύματα και από το βάθος και την γενικότερη τοπογραφία του πυθμένα της θάλασσας. Η ταχύτητα του ανέμου έχει ένα όριο πάνω από το οποίο ο χρόνος ή η απόσταση δεν θα παράγει μεγαλύτερα κύματα.

Σε γενικές γραμμές, τα μεγαλύτερα κύματα είναι τα πιο ισχυρά, αλλά η ενέργεια των κυμάτων καθορίζεται από την ταχύτητα του κύματος, το μήκος του κύματος, καθώς και από την πυκνότητα του νερού. Τα κύματα διαδίδονται στην επιφάνεια του ωκεανού, και η κυματική ενέργεια μεταφέρεται οριζόντια με την ταχύτητα της ομάδας. Το μέσο ποσοστό μεταφοράς της ενέργειας των κυμάτων μέσα από ένα κάθετο επίπεδο του πλάτους της μονάδας, παράλληλα με την κορυφή του κύματος, ονομάζεται ροή της ενέργειας των κυμάτων (ή κυματική ενέργεια, η οποία δεν πρέπει να συγχέεται με την πραγματική ενέργεια που παράγεται από μια συσκευή ενέργειας από τα κύματα).



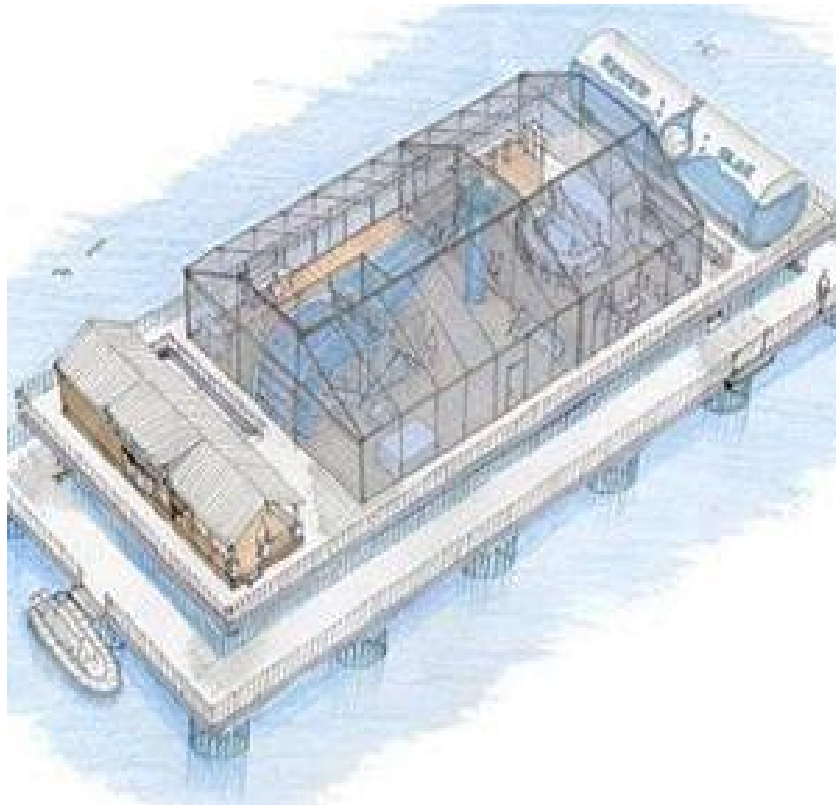
Σχήμα 20: Τροχιά που ακολουθεί ένα σωματίδιο μέσα στο νερό. Α: βαθιά νερά, Β: ρηχά νερά

5.5.1 ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γενικά, αυτού του είδους η αφαλάτωση δεν είναι διαδεδομένη. Η πρώτη ιδέα προτάθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '80 από τους A.J. Crerar, R.E. Low και C.L. Pritchard, από το Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Το σύστημα που προτάθηκε ήταν βασισμένο στη χρήση της «Πάπιας του Εδιμβούργου», μίας διάταξης της οποίας η εναλλακτική ονομασία είναι και απορροφητής κυμάτων. Η Πάπια κατασκευάστηκε υπό την καθοδήγηση του καθηγητή S.H. Salter και σκοπός της είναι η απαγωγή ενέργειας από τα κύματα και η μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. Κάτω από ιδανικές συνθήκες η διάταξη έχει απόδοση μεγαλύτερη του 120%. Αυτή η απόδοση επιτυγχάνεται γιατί το μέτωπο του κύματος από το οποίο απορροφά ενέργεια η Πάπια είναι μεγαλύτερο από τις δικές της διαστάσεις (ακριβώς όπως απορροφά μία κεραία τα ραδιοκύματα). Δοκιμές με μικρό μοντέλο σε δεξαμενή με προσομοιωμένα κύματα έδωσε απόδοση της τάξης του 90%.

Η Πάπια είναι μία καμπυλωτή διάταξη, δεμένη με άξονες κάθετα στην κατεύθυνση του κύματος. Σε ήρεμα νερά, τα 50-70% της διάταξης είναι βυθισμένο, με τη μύτη της να είναι στραμμένη στο επερχόμενο κύμα. Σκοπός της όλης διάταξης είναι να πραγματοποιείται αφαλάτωση με συμπίεση ατμού μέσα στη Πάπια, καθώς ο πυρήνας της είναι κοίλος και κυλινδρικός. Καθώς η διάταξη κινείται το νερό στο εσωτερικό της θα παρέμενε σχεδόν ακίνητο, και θα δρούσε σαν αδρανειακό σύστημα αναφοράς.

Η παραπάνω διαδικασία είναι μία πρόταση που έγινε από το Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου στα τέλη της δεκαετίας του '80. Ο πιο απλός τρόπος αφαλάτωσης με κυματική ενέργεια είναι με τη χρήση της Πάπιας, αυτή τη φορά όμως δεν περιέχει κοίλο κομμάτι. Η Πάπια χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτείται σε μονάδα αφαλάτωση RO. Πάντως η αφαλάτωση από κυματική ενέργεια δεν είναι διαδεδομένη. Μόνο μία μονάδα χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή, στο Τέξας, και είναι καινούρια πιλοτική διάταξη.



Σχήμα 21: Σκίτσο της μονάδας αφαλάτωσης με ενέργεια κυμάτων στο Τέξας των ΗΠΑ

6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

6.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η κατασκευή και εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης σε ένα νησί τυπικής δυναμικότητας είναι ένα επενδυτικό σχέδιο για το οποίο πρέπει να πραγματοποιηθεί μελέτη για την οικονομική απόδοσή του. Η βιωσιμότητα της επένδυσης προκύπτει αφού πρώτα υπολογιστεί το κόστος του παραγόμενου νερού και στη συνέχεια εκτιμηθεί το ποσό εσόδων από την πώλησή του, όπου είναι δυνατή.

Η εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι σύνθετο έργο το οποίο εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος του παραγόμενου νερού είναι οι εξής:

- Η επιλογή της μεθόδου αφαλάτωσης
- Η σύσταση του νερού τροφοδοσίας (θαλασσινό ή υφάλμυρο)

Στην τρέχουσα εργασία υιοθετείται η προσέγγιση αντίστροφης ώσμωσης με θαλασσινό νερό τροφοδοσίας. Σε ένα έργο τέτοιου μεγέθους οι επενδυτικοί σχεδιασμοί γίνονται με ορίζοντα 15-20 χρόνων. Για να αποδώσει ένα τέτοιο έργο πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη διάθεση του τελικού προϊόντος.

Η τεχνολογία αφαλάτωσης μπορεί να ανταγωνισθεί οικονομικά διάφορες συμβατικές μεθόδους παροχής πόσιμου νερού. Σε αυτές τις μεθόδους, το κόστος παραγωγής και επένδυσης συνίσταται στις εγκαταστάσεις συλλογής, καθαρισμού, απολύμανσης και τελικής διάθεσης στους καταναλωτές. Αντιθέτως, η μέθοδος αφαλάτωσης απαιτεί την επένδυση σημαντικών χρηματικών κεφαλαίων για τη λειτουργία και τη συντήρηση αυτών των εγκαταστάσεων.

6.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

· Τοποθεσία εγκατάστασης

Η επιλογή της θέσης της εγκατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο για κάθε επένδυση και καθορίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για το παράδειγμα της μονάδας αφαλάτωσης σε νησί, η τοποθεσία πρέπει να οριστεί όσο πιο κοντά στην ακτή, αφού πρώτα αξιολογηθεί και εξεταστεί η γεωλογία της περιοχής, οι ποσοτικές ανάγκες σε νερό (με καθορισμένη ποιότητα) και ο συνδυασμός διαθεσιμότητας ζωτικών πόρων και τεχνολογικών αναγκών που θα χρησιμοποιηθούν. Αναγκαία είναι η χρήση υπάρχουσας ή η δημιουργία νέου δικτύου διανομής του παραγόμενου νερού. Επίσης, πρέπει να υπάρχει δίκτυο ηλεκτροδότησης για την κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων (είτε χρησιμοποιηθούν ΑΠΕ είτε όχι).

· Επιλογή μεθόδου

Η προσέγγιση της παρούσας εργασίας αφορά την εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση. Με δεδομένη τη θέση εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθεί και διαφορετική τεχνολογία που θα είναι η μοναδική εφικτή και οικονομικά

βιώσιμη λύση. Τα σημαντικότερα στοιχεία για την επιλογή της σωστής μεθόδου αφαλάτωσης είναι τα ακόλουθα:

- Η οικονομική διάρκεια ζωής της μονάδας.
- Η διαθεσιμότητα του κατάλληλου εργατικού δυναμικού και η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον που θα γίνει η τοποθέτηση της μονάδας.
- Το κόστος και η συχνότητα συντήρησης.
- Η διάρκεια ζωής και η αξιοπιστία της μονάδας.

• **Δυναμικότητα παραγωγής**

Η δυναμικότητα της παραγωγής αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το κόστος επένδυσης. Πολλές είναι οι δαπάνες που παραμένουν σταθερές και ανεξάρτητες από τη δυναμικότητα. Η ανά μονάδα παραγόμενου κόστους δαπάνη μειώνεται με την αύξηση της δυναμικότητας.

• **Σχεδιαστικό κόστος**

Το πακέτο του σχεδιαστικού κόστους περιλαμβάνει τις δαπάνες για την οικονομετεχνική και περιβαλλοντική μελέτη, τις νόμιμες άδειες και το τμήμα του project management για όλη τη διάρκεια του έργου.

• **Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων**

Το κόστος της επένδυσης εξαρτάται από την αγορά του κατάλληλου εξοπλισμού για την εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης και την ανέγερση των κτηριακών εγκαταστάσεων της μονάδας.

• **Κόστος παροχής τροφοδοτούμενου θαλασσινού νερού**

Μόλις οριστικοποιηθεί η απόφαση για μια επένδυση τέτοιου μεγέθους, θα πρέπει να γίνει λεπτομερής ανάλυση της ποιότητας του θαλασσινού νερού που θα τροφοδοτεί το σύστημα αφαλάτωσης. Το θαλασσινό νερό είναι στην ουσία η πρώτη ύλη για την παραγωγή του τελικού προϊόντος που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το πόσιμο νερό. Η ανάλυση του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό του συστήματος προεργασίας του θαλασσινού νερού. Με αυτή την ανάλυση αποφεύγονται προβλήματα λειτουργίας στις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που οφείλονται σε χημικές ενώσεις, σε βιολογικούς παράγοντες ή σε σωματίδια.

Πρέπει να ελεγχθεί διεξοδικά η ποιότητα του εισερχόμενου θαλασσινού νερού ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα υψηλής πίεσης, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σε περίπτωση υψηλής αλατότητας μονάδας αντίστροφής ώσμωσης. Επίσης, αν το νερό είναι κακής ποιότητας τότε χρειάζεται ειδική προεργασία και το κόστος αυξάνεται σημαντικά. Συνεπώς, πριν την οριστική απόφαση είναι απαραίτητη η τακτική χημική ανάλυση του θαλασσινού νερού που θα υποστεί επεξεργασία σε τακτικές χρονικές περιόδους.

• **Κόστος διάθεσης άλμης**

Στις μονάδες αφαλάτωσης παράγεται συμπυκνωμένο θαλασσινό νερό ή αλλιώς άλμη. Στο κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος που απαιτείται για την επεξεργασία αυτού του παραπροϊόντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις ανάλογα τη μέθοδο επεξεργασίας, η παραγόμενη άλμη βρίσκεται σε υψηλές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Επιλέγεται η απόρριψή της στη θάλασσα με ελεγχόμενο τρόπο σύμφωνα με ειδική πρόβλεψη ώστε να γίνεται ομαλή ανάμειξη και να μην επηρεάζονται οι φυτικοί και οι ζωτικοί οργανισμοί. Συνεπώς το κόστος των παραπάνω εργασιών και μελετών συνεκτιμάται στο κόστος επένδυσης.

• **Κόστος διαθέσιμης προς κατανάλωση ενέργειας**

Κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος των μονάδων αφαλάτωσης είναι το ποσό και η τιμή της προς διάθεση ενέργειας. Το κόστος της ενέργειας είναι ο σημαντικότερος παράγων που επηρεάζει τη μείωση του τελικού κόστους και τον σχεδιασμό των συστημάτων

αποδοτικότερων συστημάτων ανάκτησης από την άλμη. Η κατανάλωση ενέργειας λόγω του κόστους αποτελεί συνεπώς ένα βασικό παράγοντα σύγκρισης μεθόδων ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος αλλά και καθοριστικό στοιχείο για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου.

- **Έμμεσο κόστος επένδυσης**

Στο συνολικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνονται και δευτερεύουσες δαπάνες οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω:

- Κόστος μεταφορικών για την εγκατάσταση
- Η απόσβεση του εξοπλισμού
- Η ασφάλιση των περιουσιακών στοιχείων
- Οι τόκοι
- Τα δάνεια
- Οι απρόβλεπτοι παράγοντες που δεν γίνεται να προβλεφθούν

Συνήθως οι έμμεσες δαπάνες υπολογίζονται ως ένα ποσοστό επί των άμεσων δαπανών καθώς δεν είναι εύκολο να υπολογιστούν.

- **Ετήσιο κόστος λειτουργίας**

Αμέσως μετά την εγκατάσταση και την έναρξη της λειτουργίας πρέπει να υπολογιστεί το ετήσιο κόστος λειτουργίας της μονάδας. Θεωρείται ένας χρονικός ορίζοντας 10-20 χρόνων και στη συνέχεια υπολογίζεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ως επιβάρυνση του κόστους λειτουργίας. Ενδεχομένως, κάποια κόστη να μπορούν να μειωθούν με την αυτοματοποίηση των διεργασιών. Οι κύριες δαπάνες (πάγιες και μη) που περιλαμβάνονται στο ετήσιο κόστος είναι οι αμοιβές του ανθρωπίνου δυναμικού, το κόστος συντήρησης και ανταλλακτικών, η δαπάνη για τα καύσιμα, το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος ασφαλείας και λειτουργίας (Wittholz M., O'Neil B., Colby C., Lewis D., 2008).

6.2.1 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το συνολικό κόστος του παραγόμενου νερού από τη μονάδα αφαλάτωσης προκύπτει από το άθροισμα των παρακάτω ποσών:

- Κόστος επένδυσης
- Κόστος λειτουργίας και
- Κόστος συντήρησης

Το συνολικό κόστος αναλύεται και προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα σε μονάδες €/m² (Loupasis St., 2002).

Ø Κόστος επένδυσης

Σύμφωνα με την εργασία των Δεληγιάννη Ε. και Μπελεσιώτη Β. (1995) στο κόστος επένδυσης συμπεριλαμβάνεται ο εξοπλισμός, οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι υδραυλικές εγκαταστάσεις, το κόστος της μελέτης, το κόστος της κατασκευής, των προμηθειών, της δανειοδότησης και το κόστος της άδειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό (50-80%) του κόστους καταλαμβάνεται από το κόστος κατασκευής της εγκατάστασης και περιέχει και τα κόστη προμηθειών, κατασκευών και εγκατάστασης των συστημάτων αφαλάτωσης καθώς και τα συστήματα επεξεργασίας του νερού.

Αναλυτικά παρατίθενται παρακάτω οι δαπάνες και οι εγκαταστάσεις που σχετίζονται με την μονάδα αφαλάτωσης και την εγκατάσταση ανεμογεννητριών που θα εξασφαλίσουν την ηλεκτροδότηση σε μονάδα αφαλάτωσης σε ελληνικό νησί.

1. Δαπάνες μελετών – Αδειοδοτήσεων

- Ø Μελέτη μονάδας
- Ø Αρχιτεκτονικά σχέδια
- Ø Ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες
- Ø Επίβλεψη έργου

2. Μονάδα αφαλάτωσης

- Ø Έργα υποδομής
 - ο Διαμόρφωση έκτασης εγκατάστασης
 - ο Δρόμοι προσπέλασης
 - ο Βάσεις και στηρίξεις εξοπλισμού
 - ο Περίφραξη
 - ο Φωτισμός
 - ο Μέτρα ασφαλείας
- Ø Υποδομές άντλησης θαλασσινού νερού
 - ο Σύστημα άντλησης νερού
 - ο Φίλτρα
 - ο Σωληνώσεις
 - ο Εργασίες
- Ø Εξοπλισμός
 - ο Φίλτρα προεπεξεργασίας
 - ο Αντλιοστάσια
 - ο Δεξαμενές
 - ο Containers
 - ο Μονάδες αφαλάτωσης RO
 - ο Μεταπεξεργασία και δεξαμενές πόσιμου νερού
- Ø Μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού
- Ø Δοκιμές
- Ø Αποκατάσταση και βελτίωση περιβάλλοντος χώρου
- Ø Εκπαίδευση προσωπικού
- Ø Αντλιοστάσια και αυτοματισμοί
 - ο Αντλιοστάσια
 - ο Αντλίες
 - ο Καταθλιπτικός αγωγός
 - ο Αγωγοί μεταφοράς
 - ο Αυτοματισμοί
- Ø Ανεμογεννήτριες
 - ο Μεταφορά εξοπλισμού ανεμογεννητριών στο εκάστοτε λιμάνι
 - ο Κόστος εγκατάστασης
 - ο Γερανοί
 - ο Έργα υποδομής
 - ο Εκπαίδευση προσωπικού.

6.2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης αφορά τις ενεργειακές δαπάνες που απαιτεί η εγκατάσταση, το κόστος του προσωπικού που είναι υπεύθυνο για την ορθή λειτουργία και τον έλεγχο της μονάδας καθώς και το κόστος των αναλώσιμων (Wittholz M., O'Neil B., Colby C., Lewis D., 2008).

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για κάθε μέθοδο αφαλάτωσης σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ			
Μέθοδος	Ενέργεια ατμού (kW/m ³)	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kW/m ³)	Ισοδύναμη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kW/m ³)
MSF	7.5 - 11	2.5 - 3.5	10 - 14.5
MED	4 - 7	~ 2	6 - 9
VC		7 - 15	7 - 15
SWRO		4 - 6 με ανάκτηση 7 - 13 χωρίς ανάκτηση	4 - 6 με ανάκτηση 7 - 13 χωρίς ανάκτηση
BWRO		0.5 - 2.5	0.5 - 2.5
ED		0.7 - 2.5	0.7 - 2.5

Πίνακας 15: Ενεργειακές απαιτήσεις για κάθε μέθοδο αφαλάτωσης [Πηγή: Al-karaghouti A., Renne D., Kazmerski L., 2009].

- **Κόστος εργατικού δυναμικού**

Το κόστος του εργατικού δυναμικού καθορίζεται ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, των απαιτήσεων συντήρησης και λειτουργίας καθώς και από τον βαθμό αυτοματισμού.

- **Κόστος για αναλώσιμα**

Όπως και κάθε λειτουργική μονάδα έτσι και η μονάδα αφαλάτωσης χρειάζεται ανταλλακτικά και χημικά για την ορθή λειτουργία. Το ακριβότερο αναλώσιμο είναι οι μεμβράνες για τη διαδικασία της ώσμωσης.

- **Κόστος συντήρησης**

Στην κατηγορία του κόστους συντήρησης περιλαμβάνει την προετοιμασία του νερού τροφοδοσίας, τον καθαρισμό του συστήματος και την αντικατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου.

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται τα στοιχεία για το κόστος για κάθε μέθοδο αφαλάτωσης.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ						
Μέθοδος	Επένδυση €/m ³ ημέρα	Ενέργεια €/m ³ ημέρα	Αναλώσιμα €/m ³ ημέρα	Προσωπικό €/m ³ ημέρα	Συντήρηση €/m ³ ημέρα	Συνολικό κόστος €/m ³ ημέρα
MSF	1000-2000	0.6-1.8	0.03-0.09	0.03-0.2	0.02-0.06	0.68-2.15
MED	900-1800	0.38-1.12	0.02-0.15	0.03-0.2	0.02-0.06	0.45-1.53
VC	900-2500	0.56-2.4	0.02-0.15	0.03-0.2	0.02-0.08	0.63-2.83
SWRO	800-1600	0.32-1.28	0.09-0.25	0.03-0.2	0.02-0.05	0.46-1.78
BWRO	200-500	0.04-0.4	0.05-0.13	0.03-0.2	0.004-0.02	0.12-0.75
ED	266-328	0.06-0.4	0.05-0.13	0.03-0.2	0.006-0.009	0.15-0.74

Πίνακας 16: Στοιχεία κόστους για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης [Πηγή: Al-karaghouti A., Renne D., Kazmerski L., 2009].

Στο διάγραμμα του σχήματος 24 παρουσιάζει πως επιμερίζεται το συνολικό κόστος στη μονάδα αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης.

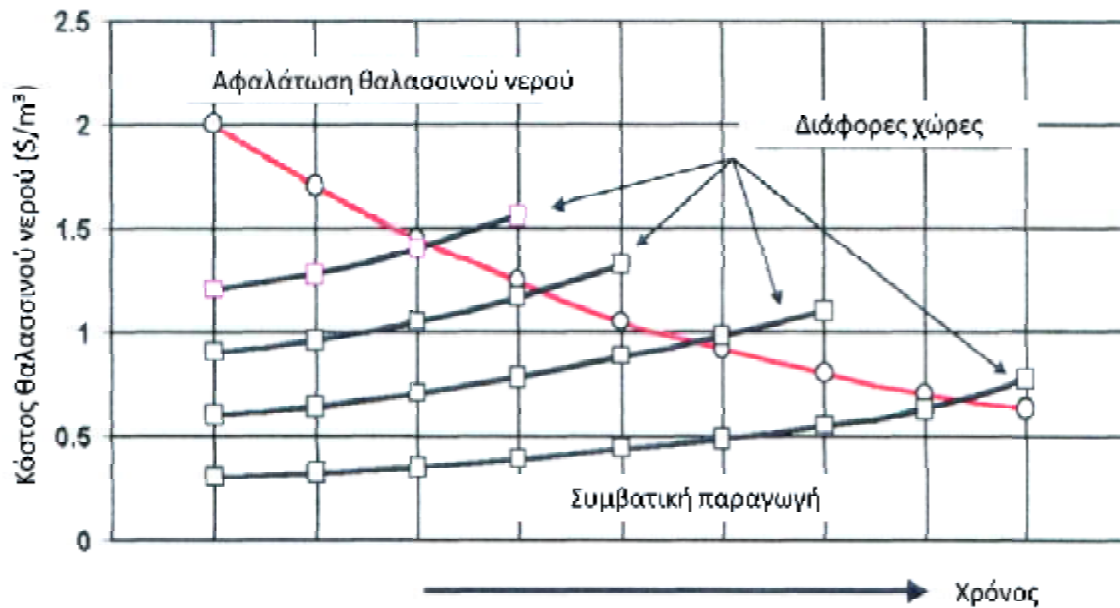


Σχήμα 22: Κατανομή κόστους παραγωγής σε μονάδα αντίστροφης ώσμωσης [Πηγή: Τζανάκη Στ., 2010]

Η αξιολόγηση του σχεδίου επηρεάζεται και από τις οικονομίες κλίμακας, ιδιαίτερα όταν οι εγκαταστάσεις έχουν παραγωγική δυναμικότητα 100.000 m³/d. Το κόστος της επένδυσης σε \$/m³ παραγόμενου νερού μειώνεται όσο αυξάνεται η δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης. Η παραπάνω λογική παρουσιάζεται και στο διάγραμμα του Σχήματος 25.

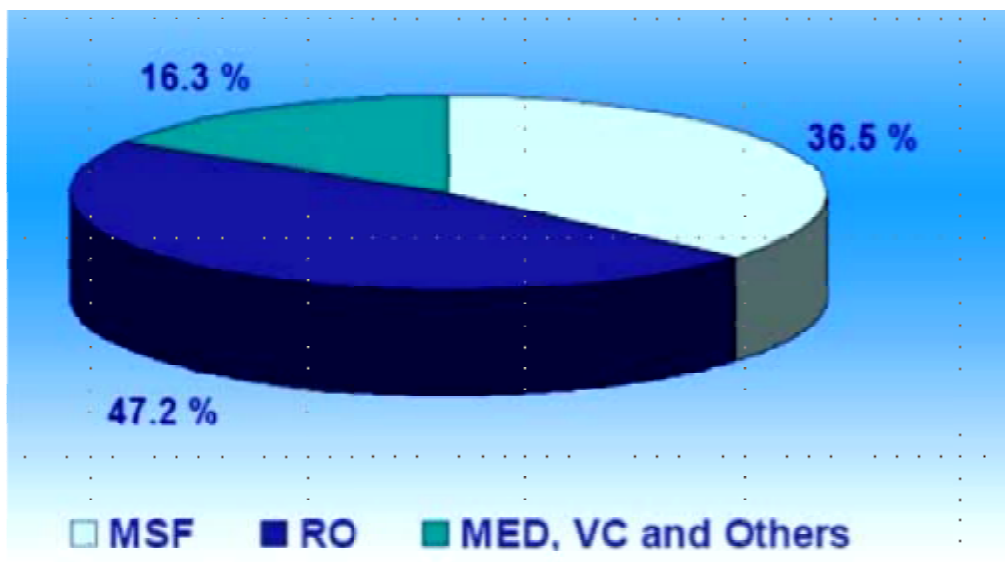


Σχήμα 23: Επενδυτικό κόστος συναρτήσει της δυναμικότητας της μονάδας [Πηγή: <https://www.globalwaterintel.com/global-water-intelligence-magazine/10/11/analysis/seawater-reverse-osmosis-desalination-plant-costs-chart>]



Σχήμα 24: Ανάπτυξη κόστους νερού
[Πηγή: Fawzi Banat, 2012]

Στο Σχήμα 27 παρουσιάζεται η κατανομή των εργοστασίων αφαλάτωσης ανά τον κόσμο ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εργοστασίων (47.2%) χρησιμοποιεί τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης (RO).



Σχήμα 25. Κατανομή εργοστασίων αφαλάτωσης ανά τον κόσμο σύμφωνα με μεθοδολογία
[Πηγή: Fawzi Banat, 2012]

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η κατανομή προέλευσης νερού για μέθοδο αφαλάτωσης. Σύμφωνα με το διάγραμμα της Σχήματος 27, η προέλευση του νερού προς αφαλάτωση κατηγοριοποιείται στις εξής κατηγορίες:

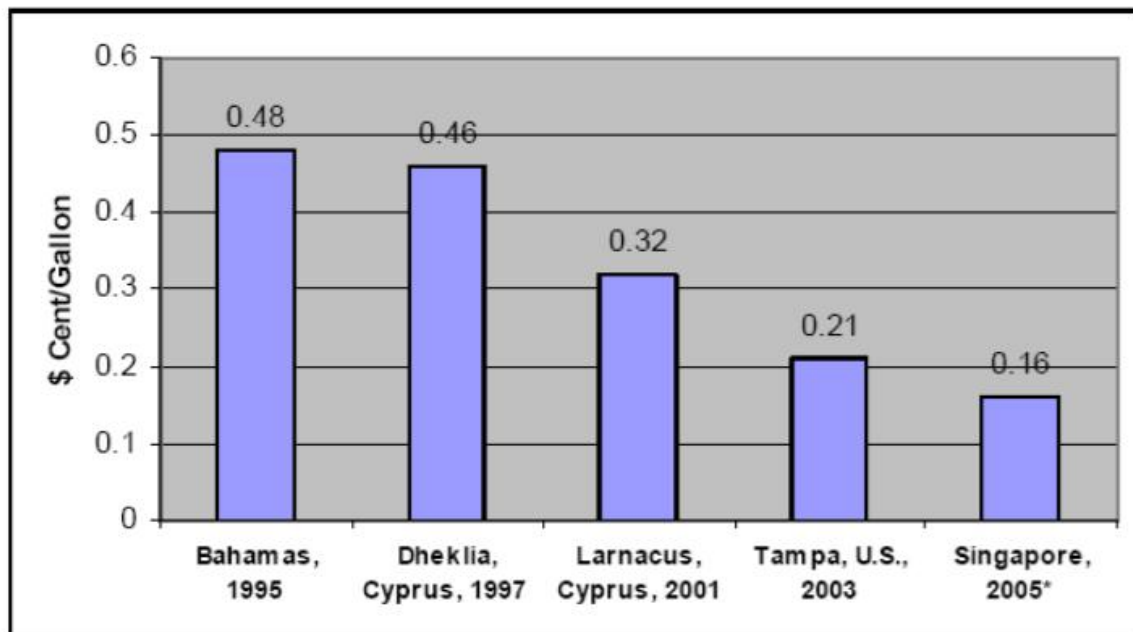
- Θάλασσα (55%)
- Υφάλμυρο νερό (25%)
- Ποτάμια (7%)
- Υγρά απόβλητα (6%)
- Καθαρό νερό (6%)
- Λοιπά (1%)

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα οικονομικά στοιχεία ενός έργου αφαλάτωσης κατηγοριοποιούνται στον Πίνακα 17.

	MSF	MED	VC	RO
Ειδικό κόστος επένδυσης [\$/m ³ /μέρα]	1,200-1,500	900-1,000	950-1,000	700-900
Συνολικό κόστος προϊόντος [\$/m ³]	1.10-1.25	0.75-0.85	0.87-0.95	0.68-0.82
Υπόθεση:	Χωρητικότητα εργοστασίου		30.000 m ³ /ημέρα	
	Επιτόκιο		7%	
	Χρονικός ορίζοντας έργου		20 χρόνια	
	Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας		0.065 \$/kWh	

Πίνακας 17. Οικονομικά στοιχεία έργου αφαλάτωσης

Στο διάγραμμα του Σχήματος 28 παρουσιάζεται η οικονομική εξέλιξη της διεργασίας αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού.



Σχήμα 26. Οικονομική εξέλιξη κόστους διεργασίας αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού (Πηγή: Fawzi Banat, 2012)

6.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Για τα οικονομικά στοιχεία της παρακάτω ανάλυσης χρησιμοποιούνται δεδομένα από εργασίες με παρόμοιες εγκαταστάσεις ώστε τα αποτελέσματα να είναι ρεαλιστικά.

✓ Η μονάδα αφαλάτωσης

Θεωρείται ότι το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης, συμπεριλαμβανομένων και των έργων υποδομής ανέρχεται στα 1000 €/m³/d). Επιλέγεται ότι για τις ανάγκες ενός υποθετικού νησιού απαιτούνται 40.000 m³/d. Άρα, το συνολικό κόστος της μονάδας αφαλάτωσης της παρούσας εργασίας είναι:

$$1000 \text{ €/m}^3/\text{d} * 40.000 \text{ m}^3/\text{d} = 40 * 10^6 \text{ €}$$

✓ Αιολικό Πάρκο

Το κόστος λειτουργίας και κατασκευής, συμπεριλαμβανομένων και των έργων υποδομής ενός Αιολικού Πάρκου εκτιμάται στα 1700 €/KW. Το συνολικό κόστος του αιολικού πάρκου για την υποθετική μονάδα της εργασίας ισούται με

$$1700 \text{ €/KW} * 10000 \text{ KW} = 17 * 10^6 \text{ €}$$

✓ Σωληνώσεις

Το ειδικό κόστος των χαλύβδινων σωληνώσεων εκτιμάται σε 0.8 €/Kg. Έστω ότι θα χρησιμοποιηθούν 1000 m³ υλικού (αγωγοί) με πυκνότητα ίση με $\rho = 6000 \text{ Kg/m}^3$.

Η απαιτούμενη μάζα είναι:

$$M = \rho * V = 6000 \text{ Kg/m}^3 * 1000 \text{ m}^3 \Rightarrow M = 6.000.000 \text{ Kg.}$$

Το κόστος των σωληνώσεων ισούται με:

$$\text{Ειδικό κόστος} * \text{Μάζα Υλικού} \Rightarrow 0.8 \text{ €/Kg} * 6.000.000 \text{ Kg} = 4.800.000 \text{ €}$$

✓ Αντλίες

Το ειδικό κόστος των αντλιών κατά προσέγγιση ισούται με 700 €/KW. Έστω ότι απαιτούνται 1000 KW από τις αντλίες, συνεπώς το κόστος των αντλιών της παρούσας εργασίας ισούται με:

$$700 \text{ €/KW} * 1000 \text{ KW} = 700.000 \text{ €}$$

✓ Έκταση

Στον υπολογισμό του κόστους εντάσσεται και η έκταση γης που καλύπτουν οι αγωγοί της μονάδας αφαλάτωσης. Τα τετραγωνικά μέτρα που καλύπτουν οι αγωγοί σε μια τέτοια εγκατάσταση υπολογίζονται ως εξής. Αρχικά, ορίζεται η επιφάνεια από τη μονάδα αφαλάτωσης μέχρι και τη θάλασσα η οποία ισούται με 5 m (πλάτος) x 2000 m (μήκος) = 10.000 m².

Ο αγωγός του νερού άρδευσης καταλαμβάνει επιφάνεια ίση με 1m (πλάτος) x 250m(μήκος) = 250 m².

Άρα, η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι αγωγοί είναι 10.250 m². Το κόστος της έκτασης της γης με μια εκτίμηση της τάξεως των 250 €/m², ισούται με:

$$10.250 \text{ m}^2 * 250 \text{ €/m}^2 = 2.562.500 \text{ €}$$

✓ Συνολικό κόστος έργου

Το συνολικό κόστους του έργου ισούται με το άθροισμα του κόστους της μονάδας αφαλάτωσης, του κόστους του Αιολικού Πάρκου, του κόστους των σωληνώσεων, του

κόστους των αντλιών καθώς και του κόστους της έκτασης της χρησιμοποιούμενης γης. Μια εκτίμηση του συνολικού κόστους είναι η ακόλουθη:

$$K = (40 + 17 + 4.8 + 0.7 + 0.25) * 10^6 \text{€} \Rightarrow K = 62.75 * 10^6 \text{€}$$

6.4 ΚΟΣΤΟΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ (ΝΕΡΟΥ)

Η αναμενόμενη τιμή πώλησης του παραγόμενου νερού άρδευσης προέκυψε βάσει στοιχείων άλλων αντίστοιχων εγκαταστάσεων. Για την μονάδα αφαλάτωσης στην Κύπρο η τιμή πώλησης του παραγόμενου νερού είναι 0.6 €/m³. Το 50% του ποσού αυτού είναι το κόστος λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης και το υπόλοιπο είναι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας (KWh-> 0.1€).

Μετά την πραγματοποίηση της οικονομοτεχνικής μελέτης του Αιολικού Πάρκου προέκυψε ότι το ειδικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα 0,052 €/KWh. Για την παραγωγή 1 m³ νερού απαιτούνται 3 KWh, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,156€/m³.

Η τιμή πώλησης του παραγόμενου νερού άρδευσης προκύπτει από το άθροισμα του κόστους του νερού λόγω λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης και του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διαμορφώνεται στην τιμή των 0,456 €/m³. Η τιμή αυτή είναι προσεγγιστική και υπερτιμημένη γιατί η μονάδα αφαλάτωσης της Δεκέλειας παράγει πόσιμο νερό που απαιτεί μεγαλύτερη προκατεργασία και μετεπεξεργασία, διεργασίες που αυξάνουν το κόστος του νερού λόγω λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης.

Η τιμή αυτή είναι αρκετά χαμηλή αλλά όχι η χαμηλότερη. Το μειονέκτημα αυτό αντισταθμίζεται πρώτον από το ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια από την μονάδα αφαλάτωσης παράγεται εξ' ολοκλήρου από Αιολικό Πάρκο και δεύτερον από το ότι τα αποθέματα νερού δεν εξαρτώνται πλέον από το ύψος βροχόπτωσης αλλά είναι άφθονα λόγω της μονάδας αφαλάτωσης και του θαλασσινού νερού. Επίσης από τέτοιου είδους έργα δημιουργούνται νέοι οικονομικοί πόροι και νέες θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Ο τομέας της αφαλάτωσης είναι πολύ σημαντικός, αφού προσέφερε εύφορο έδαφος όχι μόνο λόγω του φιλικού προς το περιβάλλον χαρακτήρα του, αλλά και λόγω της ζωτικής σημασίας του σε κάποιες περιοχές. Υπάρχουν πολλά είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα οποία μελετήθηκαν ως προς τον συνδυασμό τους με διάφορες διεργασίες αφαλάτωσης. Το δυναμικό της αγοράς τέτοιων συστημάτων αναγνωρίστηκε με βάση την τρέχουσα και μελλοντική τάση οικονομικής ανάπτυξης της κάθε περιοχής, όπως επίσης των βάσει των περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών της παραγόντων.

Εφόσον, λοιπόν, υπάρχουν τόσα διαφορετικά κριτήρια επιρροής που αφορούν τον συνδυασμό των μεθόδων αφαλάτωσης με ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είναι λογικό να μπορούμε να βρούμε ένα μεγάλο εύρος επιλογών τέτοιων εγκαταστάσεων. Κυρίως οι κλιματικοί λόγοι είναι αυτοί που οδηγούν τα συστήματα αφαλάτωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σε μια αξιοσημείωτη συμφωνία στην βάση του χρόνου μεταξύ της παροχής ενέργειας και της ζήτησης νερού. Η λειτουργία και η συντήρηση αυτών των συνδυασμένων συστημάτων για τις άγονες περιοχές είναι τις περισσότερες φορές πιο εύκολη σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα.

Γενικότερα, η διεργασία της αφαλάτωσης απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας. Έτσι, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος που προέρχεται από την κατανάλωση στερεών καυσίμων από αυτή τη διεργασία είναι σημαντικός. Αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική παγκόσμια δυναμικότητα του αφαλατωμένου νερού είναι περίπου $23 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$. Η μείωση του κόστους των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υπήρξε σημαντική κατά την πάροδο των τελευταίων δεκαετιών.

Έτσι, οι μελλοντικές μειώσεις σε συνδυασμό με την αύξηση στις τιμές των στερεών καυσίμων θα μπορούσαν να καταστήσουν δυνατή την ανταγωνιστικότητα των συστημάτων αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Παρά τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα που για την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μονάδες αφαλάτωσης, το τρέχων ποσοστό των εγκαταστάσεών τους είναι πολύ μικρό και μόλις που αγγίζει το 0,02% της ολικής παραγωγής αφαλωμένου νερού.

Οι λόγοι είναι οι εξής:

- Η διαθεσιμότητα της ΑΠΕ δεν συμβαδίζει πάντα με την ζήτηση του σε κάθε περιοχή,
- Το αρχικό κόστος κατασκευής μίας τέτοιας εγκατάστασης, παρά το γεγονός ότι οι τιμές συνεχώς πέφτουν, καθιστά μία τέτοια επένδυση απαγορευτική,
- Οι τεχνολογίες συνδυασμού ΑΠΕ και των συστημάτων αφαλάτωσης. Μια πραγματική πρόκληση είναι ο βέλτιστος σχεδιασμός που συνδυάζει τεχνολογία παραγωγής ενέργειας και τρόπο αφαλάτωσης,
- Η βιωσιμότητα, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις, η ωριμότητα των σχετικών τεχνολογιών δεν συναντά το χαμηλό επίπεδο των υποδομών, που συνήθως αντιπροσωπεύει τις περιοχές με έλλειψη αποθεμάτων πόσιμου νερού.

- Η μέχρι τώρα εμπειρία έδειξε ότι πολλά από τα συστήματα που εγκαταστάθηκαν σε άγονες περιοχές απέτυχαν λόγω της έλλειψης επαρκούς τεχνικής υποστήριξης.

Συνοψίζοντας, οι παράγοντες που μελετώνται για την εγκατάσταση και τον συνδυασμό συστήματος αφαλάτωσης με την κατάλληλη ΑΠΕ είναι οι εξής:

- Η ποσότητα του γλυκού νερού που απαιτείται σε συγκεκριμένες εφαρμογές σε συνδυασμό με το φάσμα της εφαρμογής των διάφορων διεργασιών αφαλάτωσης,
- Το κόστος κεφαλαίου του εξοπλισμού και των υλικών εισαγωγής,
- Η έκταση γης που απαιτείται, ή που θα μπορούσε να διατεθεί, για την εγκατάσταση του εξοπλισμού,
- Κριτήρια ανθεκτικότητας και απλούστευση της λειτουργίας,
- Χαμηλή συντήρηση, συμπαγής μέγεθος και εύκολη μεταφορά στην περιοχή,
- Αποδοχή και υποστήριξη από την τοπική κοινότητα με ελάχιστη μεταβολή στον κοινωνικό περίγυρο,
- Η αποτελεσματικότητα της διεργασίας σε σχέση με την ενεργειακή της κατανάλωση,
- Η καταλληλότητα της διεργασίας για συνδυασμό με κάποια ΑΠΕ,
- Οι απαιτήσεις επεξεργασίας του θαλασσινού νερού,
- Οργάνωση στο τοπικό επίπεδο με σχετικά μικρή εκπαίδευση, στο αδιέξοδο του υδατικού προβλήματος. Είναι μια λύση με την οποία αποφεύγονται σημαντικές επιπτώσεις από την έλλειψη του νερού.

Δυστυχώς ακόμα και η αφαλάτωση, μία τόσο υποσχόμενη τεχνολογία, η οποία είναι η καλύτερη λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας, δεν είναι άμοιρη ευθυνών. Το κόστος των μονάδων αφαλάτωσης εξαρτάται από την δυναμικότητα της μονάδας αλλά και τον συνδυασμό τους με ΑΠΕ. Επίσης, τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας στην αφαλάτωση και αποθήκευσης ενέργειας στις ΑΠΕ, ανεβάζει σημαντικά το κόστος του έργου και άρα την τιμή του νερού, οπότε αναιρεί τα οφέλη του. Ίσως το πρόβλημα για την γενικευμένη χρήση μεθόδων αφαλάτωσης δεν είναι τόσο ζήτημα οικονομικό, εφόσον το κόστος του παραγόμενου νερού δεν είναι κατ' ανάγκην απαγορευτικό, αλλά σχετίζεται με τις επιπτώσεις που υπάρχουν από τις μονάδες αφαλάτωσης.

Το συμπύκνωμα της πυκνής άλμης επιστρέφει στη θάλασσα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αλατότητα του νερού σε αρκετή απόσταση από το σημείο εξόδου και να επηρεάζεται το θαλάσσιο οικοσύστημα. Επομένως, απαιτείται πολύ προσεκτική μελέτη, ανάλογα με την περιοχή, που αφορά τη θέση του σημείου απόρριψης της άλμης. Στην περίπτωση αφαλάτωσης με μεμβράνες, το αντλούμενο νερό προχλωριώνεται για την προστασία των μεμβρανών, το κόστος των οποίων είναι ιδιαίτερα μεγάλο.

Κατά συνέπεια τα αποπλύματα των μεμβρανών καταλήγουν στη θάλασσα μαζί με το συμπύκνωμα της άλμης, επιβαρύνοντας περισσότερο το θαλάσσιο οικοσύστημα. Μια ακόμη επίπτωση ενός εργοστασίου αφαλάτωσης αφορά στο θάνατο ψαριών και άλλων θαλάσσιων ειδών τα οποία απορροφώνται από τον αγωγό υδροληψίας κατά την απορρόφηση του θαλάσσιου νερού και προσκρούουν πάνω στα πλέγματα.

Θα πρέπει να μπορέσουμε να αμβλύνουμε τις επιπτώσεις που υπάρχουν από τις μονάδες αφαλάτωσης με την εκπόνηση μελετών σχετικά με την αναγκαιότητα των μονάδων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη λήψη ειδικών μέτρων και ρυθμίσεων τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά την επεξεργασία των μονάδων. Πρέπει να γίνεται επεξεργασία της άλμης και των χημικών ώστε να μην αποβάλλονται απ' ευθείας στην θάλασσα και προκαλούν μόλυνση και καταστροφή στην θαλάσσια ζωή και στην παράκτια περιοχή.

Επίσης, θα ήταν σκόπιμο οι μονάδες να βρίσκονται κοντά σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε να αποφεύγεται το οικονομικό αλλά και το περιβαλλοντικό κόστος από την μεταφορά της ενέργειας. Σημαντική παράμετρος επίσης είναι η εύκολη πρόσβαση του σταθμού στο δίκτυο διανομής του νερού για κατανάλωση ώστε να αποφευχθεί το κόστος της

μεταφοράς καθώς και το κόστος των εγκαταστάσεων που θα πρέπει να κατασκευαστούν για την μεταφορά του νερού.

Ακόμη, κάνοντας έναν σωστό σχεδιασμό, θα μπορούσε μία μονάδα αφαλάτωσης να αποφέρει πολύ μεγαλύτερα κέρδη από το αναμενόμενο. Για παράδειγμα, μία μονάδα η οποία είναι κατασκευασμένη σε κάποιο νησί, είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει τη μέγιστη ζήτηση νερού του νησιού. Η μεγάλη αυτή ποσότητα νερού απαιτείται τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν δηλαδή το νησί φιλοξενεί πολύ περισσότερα άτομα απ' ό τι τον υπόλοιπο χρόνο. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η ζήτηση νερού πέφτει κατακόρυφα, το ίδιο και η παραγωγή νερού.

Έχοντας κάνει πρώτα τις κατάλληλες μελέτες, θα μπορούσε η μονάδα να δουλεύει σε κανονικούς ρυθμούς όλη τη διάρκεια του χρόνου, αποθηκεύοντας αυτή την περίσσεια νερού. Θα πρέπει να βέβαια να ληφθεί υπόψη πως οι μεγάλες αποθήκες νερού κοστίζουν ακριβά, καθώς μία απλή δεξαμενή των 10,000 Lt κοστίζει πάνω 173 από 1000€. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αυτή η περίσσεια θα μπορούσε να πωληθεί σε γειτονικά νησιά, στα οποία δεν υπάρχει δυνατότητα κατασκευής μονάδας αφαλάτωσης και τα οποία τροφοδοτούνται με νερό από την κυρίως χώρα.

Έτσι η τιμή του νερού θα μειωνόταν καθώς τα πλοία θα καταλάωναν λιγότερο καύσιμο για να παραδώσουν το νερό, μίας και δε θα πρέπει να διανύσουν όλη την αρχική απόσταση. Επίσης αυτό θα ευνοούσε και το ίδιο το νησί, καθώς μία μονάδα, η οποία δουλεύει στο 100% όλο τον χρόνο, θα απασχολεί περισσότερο προσωπικό. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η λύση της αφαλάτωσης είναι μια καλή τεchnοοικονομικά επιλογή, εκεί όπου υπάρχει ανάγκη για νερό και άρα για επιβίωση. Σχετικές μελέτες για συγκεκριμένα νησιωτικά μέρη έχουν δείξει ότι πρόκειται για μια βιώσιμη και κερδοφόρα επένδυση για οποιοδήποτε επιχειρήσει την υλοποίησή της, δημοτική ή κοινοτική επιχείρηση, ακόμα και το Δημόσιο.

Μια καλή προσέγγιση σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, δίνει το κόστος παραγόμενου νερού από αφαλάτωση με τα σημερινά δεδομένα από 0.80 – 3.00 €/m³ [Φ,Υ,98,99] για τα ελληνικά νησιά, σε μια μεσαίας δυναμικότητας μονάδα ανίστροφης ώσμωσης, όταν το κόστος μεταφοράς του νερού στα νησιά συχνά ξεπερνά και τα 9 €/m³ [Φ,Υ,98,99]. Στην Αθήνα, το τίμημα ανά κυβικό μέτρο νερού από την ΕΥΔΑΠ ανέρχεται σε 0.77 €/m³ (2η κλίμακα κατανάλωσης, μετά τα πρώτα 14.5 κυβικά).

Ο εξαιρετικά ενεργοβόρος χαρακτήρας των μεγάλων μονάδων αφαλάτωσης, δυναμικότητας παραγωγής νερού, μεγαλύτερης των 2.000 m³ ημερησίως, οδηγεί στην τοπική εγκατάσταση ΑΠΕ για την ενεργειακή τους τροφοδοσία. Σε αντίθετη περίπτωση και μόνο εξαιτίας αυτού, το γενικότερο περιβαλλοντικό ισοζύγιο προκύπτει έντονα αρνητικό. Τα αλμολοίπα της εγκατάστασης συνιστούν παράγοντα έντονης όχλησης και εύλογης επικινδυνότητας στην περιοχή διάθεσής τους (ιζηματογενέσεις, αύξηση αλατότητας, επικίνδυνες ουσίες από την παραγωγική διαδικασία, θερμοκρασία).

Εάν το υδραυλικό τους φορτίο είναι υψηλό (π.χ. μεγαλύτερο των 2.000 m³/ημέρα), η θαλάσσια περιοχή εκβολής τους είναι σχετικά αβαθής, με μέτριας ή χαμηλής ταχύτητας ρεύματα (π.χ. κόλποι), στοιχεία εν γένει αποτρεπτικά για την κατασκευή της μονάδας, τότε η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου θα πρέπει να εξετάσει διεξοδικά τους βιοτικούς παράγοντες της ευρύτερης θαλάσσιας περιοχής και τις επιπτώσεις των αλμολοίπων σ' αυτούς. Τούτο ισχύει κατά μείζονα λόγο, όταν η μη διατάραξη του θαλάσσιου οικοσυστήματος της περιοχής επιβάλλεται και για λόγους προστασίας της παραδοσιακής παράκτιας αλιείας.

Επειδή οι αλμολοίποι παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο, θα πρέπει να διερευνώνται με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων διασποράς, τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά των πραγματικών συνθηκών λειτουργίας του τρόπου διάχυσης (βάθος και ρεύματα περιοχής, φυσικά χαρακτηριστικά του θαλασσινού νερού, στάθμη των σημείων εκβολής από τους διαχύτες, φυσικά χαρακτηριστικά και αλατότητα αλμολοίπων κλπ.).

Η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια είναι μία ώριμη τεχνολογία και το μοναδικό πρόβλημα της είναι το υψηλό της κόστος. Παρ' όλα αυτά, η σύνδεση Φ/Β με διεργασίες μεμβράνης είναι μία πολύ ενδιαφέρουσα εναλλακτική για αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης σε απομονωμένες περιοχές. Βέβαια, εάν σε αυτή τη περιοχή είναι διαθέσιμη και η αιολική ενέργεια σαν εναλλακτική θα προτιμηθεί καθώς παρουσιάζει χαμηλότερο ενεργειακό κόστος

από την Φ/Β ενέργεια. Για υφάλμυρο νερό η RO και η ED σε συνδυασμό με Α/Γ είναι η βέλτιστη λύση. Η ηλιακή απόσταση προτιμάται για αφαλάτωση θαλασσινού νερού, αν μπορούμε να λάβουμε υπόψη και άλλες μεθόδους:

- Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να συνδυαστεί με αρκετές τεχνολογίες αφαλάτωσης, αρκεί βέβαια να είναι διαθέσιμη και έχει σαν μεγάλο πλεονέκτημα ότι δεν απαιτείται αποθήκευση ενέργειας,
- Η RO, καθώς και η VC, τροφοδοτούμενες από κυματική ενέργεια δεν πρέπει να απορρίπτονται παρά το γεγονός ότι η κυματική ενέργεια δεν είναι πολύ εμπορευματοποιημένη.

Κλείνοντας και έχοντας μελετήσει τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί αφαλάτωσης με ΑΠΕ. Ο πιο διαδεδομένος είναι Φ/Β-Αντίστροφη Ώσμωση και ακολουθεί ο συνδυασμός Α/Γ- Αντίστροφη Ώσμωση. Σε αυτό συνέβαλαν οι ραγδαίες βελτιωτικές εξελίξεις των τελευταίων ετών στη διάρκεια ζωής των μεμβρανών. Βέβαια, η τεχνολογία συνδυασμού ΑΠΕ-αφαλάτωση μπορεί να προτείνεται ως «φθηνή» και φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική για παροχή πόσιμου νερού, αλλά η αλήθεια είναι πως ακόμα δε μπορεί να ανταγωνιστεί τις τιμές του νερού που παράγεται με συμβατικά καύσιμα, λαμβάνοντας υπόψη την τωρινή τιμή καυσίμων και το γεγονός ότι η τεχνολογία αυτή δε μπορεί να χαρακτηριστεί ακόμα ώριμη.

Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως ο συνδυασμός ΑΠΕ-αφαλάτωσης μπορεί να βρει χρήση, στην περίπτωση βέβαια που έχουν εξαντληθεί όλες οι άλλες συμβατικές μέθοδοι αφαλάτωσης. Δεδομένου ότι είναι αδύνατον να καλύψει όλες τις ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης, πρέπει να λειτουργεί συμπληρωματικά σε μια ευρύτερη πολιτική ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων και επ' ουδενί πρέπει να αντικαταστήσει τις προσπάθειες για συλλογή του βρόχινου νερού, τον περιορισμό των διαρροών από το δίκτυο ύδρευσης, και την επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών στην αγροτική παραγωγή που δεν είναι υδροβόρες, έτσι ώστε να γίνεται η μέγιστη εξοικονόμηση νερού. Θα πρέπει λοιπόν, σε μελλοντικές εφαρμογές, να αποτελέσει προτεραιότητα η παράλληλη χρήση της τεχνολογίας αυτής, με αντίστοιχη παροχή κινήτρων.

Τέλος όσον αφορά την οικονομοτεχνική μελέτη τα βασικά συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- Οι βελτιωμένες τεχνολογίες αφαλάτωσης παίζουν σημαντικούς ρόλους για να μειώσουν αισθητά το κόστος μονάδας νερού με την πάροδο του χρόνου.
- Μέχρι σήμερα, το μέσο κόστος των αφαλατωμένων υδάτων που χρησιμοποιούν οι MSF έχει μειωθεί σε περίπου 0,9 \$/m³ (θαλασσινό νερό) και RO σε 0,5 \$/m³ (υφάλμυρο), πολύ ανταγωνιστικό για τους παραδοσιακούς υδάτινους πόρους.
- Η αφαλάτωση μπορεί να εξασφαλίσει αξιόπιστη παροχή νερού και θα είναι οικονομικά εφικτή, επομένως ζητείται επένδυση για έρευνα για τη διάθεση άλμης.

7.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η συνδυασμένη λειτουργία ΑΠΕ (Ανεμογεννήτριας) και μονάδας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης για την παραγωγή νερού καλής ποιότητας – πόσιμο σε νησί του Ελλαδικού χώρου στην περιοχή του Αιγαίου.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας που παρατηρείται κατά τους θερινούς μήνες στα νησιά του Αιγαίου. Ταυτόχρονα αποτελεί και μια περιβαλλοντικά φιλική λύση. Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης για την μετατροπή του θαλασσινού νερού σε πόσιμο είναι η πιο διαδεδομένη, με πολλές εφαρμογές σε όλον τον πλανήτη. Τέλος, δεν θεωρείται μέθοδος με υψηλές ενεργειακές ανάγκες.

Τέλος, με αυτού του είδους τις μεθοδολογίες παραγωγής πόσιμου νερού, δημιουργούνται οφέλη τόσο για την εθνική οικονομία (δημιουργούνται θέσεις εργασίας και οικονομικές δραστηριότητες σε απομακρυσμένες περιοχές), αλλά και για τη ΔΕΗ. Αυτό γίνεται λόγω της μείωσης της κατανάλωσης, των λιγότερων εκπεμπόμενων ρύπων και του CO₂.

7.3. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι συμβατικές τεχνολογίες, όπως η καθίζηση και η διήθηση, έχουν παρατηρήσει μέτριες προόδους από την αρχική τους χρήση για επεξεργασία νερού εδώ και αρκετούς αιώνες. αλλά νέες, πιο αποτελεσματικές μεμβράνες αφαλάτωσης, καινοτόμες θερμικές μεμβράνες ή τεχνολογίες αβλαβούς αφαλάτωσης και βελτιώσεις εξοπλισμού, κυκλοφορούν κάθε λίγα χρόνια.

Δεν αναμένονται σημαντικές τεχνολογικές καινοτομίες που αναμένεται να μειώσουν δραματικά το κόστος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού τα επόμενα χρόνια. Όμως, η σταθερή μείωση του κόστους παραγωγής, σε συνδυασμό με το αυξανόμενο κόστος επεξεργασίας των υδάτων που οφείλεται σε αυστηρότερες κανονιστικές απαιτήσεις, αναμένεται να επιταχύνει την τρέχουσα τάση αυξημένης εξάρτησης από τον ωκεανό ως πηγή νερού. Αυτό θα ενισχύσει περαιτέρω την αφαλάτωση των ωκεανών ως αξιόπιστη και ανθεκτική στην ξηρασία εναλλακτική λύση για πολλές παράκτιες κοινότητες παγκοσμίως.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις αναμένεται να μειώσουν το κόστος των αφαλατωμένων υδάτων κατά 20% τα επόμενα πέντε χρόνια και κατά 60% τα επόμενα 20 χρόνια, καθιστώντας το ένα βιώσιμο και οικονομικά αποδοτικό ανταγωνιστή για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Parameter for best in class Desalination Plants	Year 2016	Within 5 years	Within 20 years
Cost of Water (US\$/m ³)	0.8-1.2	0.6-1.0	0.3-0.5
Cost of water (US\$/MLD)	3.5-4.0	2.8-3.2	2.1-2.4
Electrical Energy Use (kWh/ m ³)	28-47	35-55	95-120

Πίνακας 18: Πρόβλεψη δαπανών αφαλάτωσης για μεσαία και μεγάλα έργα
(Πηγή: <http://www.iwa-network.org/desalination-past-present-future/>)

ПАРАРТИМА

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η χρήση αιολικής ενέργειας σε παραγωγή ηλεκτρισμού αποτελεί ένα πρόσφατο φαινόμενο στον Ελλαδικό χώρο. Η νομοθεσία για τη χρήση των ΑΠΕ θεσπίστηκε πρώτη φορά με το νόμο 2244/1994. Κατά τη διάρκεια, ωστόσο, των δέκα και ετών που ακολούθησαν σημειώθηκε αξιοσημείωτη πρόοδος.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στο πληρέστατο νομοθετικό πλαίσιο που είναι οι ακόλουθοι (συμπεριλαμβάνονται αυτούσιοι όπως αναφέρονται στο ΦΕΚ).

1. «Η συνειδητοποίηση από την κρατική εξουσία του γεγονότος ότι το σημερινό ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, το οποίο βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στη χρήση του λιγνίτη και του πετρελαίου, συνιστά τροχοπέδη για την οικονομική ανάπτυξη, ενώ, παράλληλα, υποβαθμίζει ολοένα περισσότερο το φυσικό περιβάλλον.
2. Η ανάδειξη και ενίσχυση του κανονιστικού περιεχομένου των συνταγματικών αρχών της αειφορίας και της βιώσιμης ανάπτυξης, οι οποίες επιβάλλουν ευρύτερη αξιοποίηση των Α.Π.Ε. Επισημαίνεται, ότι η αρχή της αειφορίας περιλήφθηκε ήδη ρητά στο συνταγματικό κείμενο.
3. Η τάση απελευθέρωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η κατάργηση του κρατικού μονοπωλίου στο πεδίο αυτό.
4. Η θέσπιση κανόνων του ενωσιακού και του διεθνούς δικαίου, οι οποίοι επιβάλλουν τη λήψη άμεσων μέτρων για τη μείωση των καταστρεπτικών για το περιβάλλον εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων στοιχείων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου».

ΤΟ ΣΥΝΤΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο Σύνταγμα δεν περιλαμβάνονται κανόνες που αφορούν ξεκάθαρα την παραγωγή ενέργειας, αλλά διατάξεις που αφορούν τη χρήση των ΑΠΕ. Συγκεκριμένα το άρθρο 24 παρ. 1 Συντ. κατοχυρώνει ρητά την αρχή της αειφορίας. Σύμφωνα, έτσι, με τη διάταξη αυτή:

«Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του καθενός. Για τη διαφύλαξή του το Κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας».

Είναι εν προκειμένω σαφές ότι η ανωτέρω θεμελιώδης αρχή του «περιβαλλοντικού Συντάγματος», στο μέτρο που περιλαμβάνει την υποχρέωση διασφάλισης του περιβαλλοντικού κεφαλαίου και αποτροπής της εξάντλησης των περιβαλλοντικών αγαθών, εναρμονίζεται απόλυτα με την αξιοποίηση και, νομοθέτης έχει υποχρέωση να λαμβάνει μέτρα για την ευρύτερη αξιοποίηση των Α.Π.Ε., γεγονός το οποίο οδηγεί σε αντίστοιχη μείωση της συμμετοχής των ρυπογόνων πηγών ενέργειας στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.

Η αξιοποίηση, συνεπώς, των Α.Π.Ε., στο μέτρο που αποτελεί μορφή προστασίας του περιβάλλοντος, συνιστά δομικό στοιχείο της αρχής της αειφορίας. Από την άποψη αυτή, η επέκταση της χρήσης των Α.Π.Ε. αποτελεί λόγο «δημοσίου συμφέροντος», τον οποίο οφείλει η κρατική εξουσία να επιδιώκει. Ο λόγος αυτός «δημοσίου συμφέροντος», είναι δυνατόν να δικαιολογήσει περιορισμούς στην ατομική ελευθερία, ενώ συγχρόνως, προσλαμβάνει τον χαρακτήρα «δημόσιας ωφέλειας», η οποία καθιστά επιτρεπτή την απαλλοτρίωση ιδιοκτησιών.

Επισημαίνεται, επίσης, ότι η αρχή της αειφορίας που θεσπίζεται στο Σύνταγμα διαμορφώνει το κανονιστικό πλαίσιο, εντός του οποίου διεξάγονται οι συναφείς δικαιοτικές και αξιακές σταθμίσεις στις περιπτώσεις εκείνες όπου η αξιοποίηση των Α.Π.Ε. συγκρούεται με ορισμένα περιβαλλοντικά αγαθά, όπως είναι για παράδειγμα η προστασία των δασών ή των

οπτικών πόρων. Είναι, έτσι, σαφές ότι η επίλυση της ανωτέρω «ενδοπεριβαλλοντικής» σύγκρουσης προϋποθέτει σειρά επιμέρους αξιακών σταθμίσεων με βασικό γνώμονα την αρχή της αειφορίας.

ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

- Με τον νόμο 2244/1994χλν εισάγονται για πρώτη φορά ειδικές ρυθμίσεις για την εκμετάλλευση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι «Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής απαιτείται άδεια που χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου».
- Εξαιρούνται, ωστόσο, της υποχρέωσης λήψης άδειας εγκατάστασης οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με ισχύ μέχρι 20 kW, καθώς και οι εφεδρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 150 kW. Ακόμη, η ίδια διάταξη ορίζει ότι «τα αιολικά και ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας νοούνται μόνο ως ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις».
- Προβλέπει ότι «Για τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, για τους οποίους χορηγείται άδεια εγκατάστασης, απαιτείται και άδεια λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από τις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, για την τήρηση των όρων εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Αν ο σταθμός συνδέεται με τα δίκτυα της Δ.Ε.Η., η λειτουργία του απαγορεύεται πριν από τη σύναψη της σχετικής σύμβασης».
- Επίσης, ορίζει τα εξής: «Η άδεια λειτουργίας χορηγείται για δέκα (10) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται. Με την άδεια λειτουργίας μπορεί να επιβάλλονται όροι και περιορισμοί για την ασφαλή λειτουργία των σταθμών, την προστασία της υγείας και της ζωής των εργαζομένων σε αυτούς, καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος. Σε περίπτωση μεταβιβάσεως της κυριότητας της μονάδας παραγωγής, ο νέος κύριος υποκαθίσταται στα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις της συμβάσεως μεταξύ της Δ.Ε.Η. και του αρχικού αδειούχου. Με απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας μπορεί να τροποποιείται η άδεια λειτουργίας επ' ονόματι του νέου κυρίου της μονάδας». Ακόμη προβλέφθηκε ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που απαλλάσσονται σύμφωνα με τις ανωτέρω διατάξεις από την υποχρέωση εφοδιασμού με άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας μπορεί με απόφαση του οικείου Νομάρχη να εξαιρεθούν από την εν λόγω απαλλαγή εφόσον προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον ή κίνδυνο για τους εργαζόμενους σε αυτούς.
- Επισημαίνεται, τέλος, ότι προβλέφθηκαν κυρώσεις για την παραβίαση των ανωτέρω υποχρεώσεων. Σύμφωνα, έτσι, με τις εν λόγω διατάξεις σε περίπτωση εγκατάστασης ή λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής χωρίς τις αναγκαίες άδειες ή παράβασης των όρων και περιορισμών των αδειών αυτών επιβάλλεται στους παραγωγούς πρόστιμο που κυμαίνεται από 1.000.000. δρχ. έως 50.000.000 δρχ., καθώς και προσωρινή ή οριστική διακοπή της λειτουργίας του σταθμού. Προβλέπεται, ακόμη, η δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας του σταθμού αν διαπιστωθεί κίνδυνος για τη ζωή και την υγεία των εργαζομένων στον σταθμό, την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και το περιβάλλον.
- Με την υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995li απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας προβλέφθηκαν αφενός μεν οι διαδικασίες και τα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, αφετέρου δε οι γενικοί τεχνικοί και οικονομικοί όροι των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, οι λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και οι όροι διασύνδεσης. Στην εν λόγω Υπουργική Απόφαση περιλήφθηκαν, επιπλέον, ειδικοί ορισμοί για την έκδοση αδειών εγκατάστασης όσον αφορά τους αιολικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραπάνω διάταξη τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8860 Υπουργική Απόφαση.

- Με τις διατάξεις του άρθρου 1 παρ. 1 περιπτ. β' του νόμου. 2647/1998 , μεταβιβάστηκαν οι προβλεπόμενες στο άρθρο 3 του νόμου 2244/1994 αρμοδιότητες του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας (ήδη Ανάπτυξης), για τη χορήγηση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας, επεκτάσεων και ανανεώσεων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. στις Περιφέρειες. Με τις ίδιες διατάξεις μεταβιβάστηκαν, στις Περιφέρειες οι αρμοδιότητες του Υπουργού για την επιβολή των κυρώσεων που προβλέπονται στο άρθρο 4 του νόμου 2244/1994.
- Με τον νόμο 2773/1999 επιχειρείται η συνολική ρύθμιση της απελευθέρωσης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής από Α.Π.Ε. Με την υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/2000 απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης καθορίζεται εκ νέου η διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού με χρήση Α.Π.Ε., με βάση τις διατάξεις των νόμων 2244/1994 και 2773/1999. Ρυθμίζεται, ειδικότερα, η διαδικασία υποβολής του σχετικού αιτήματος και των δικαιολογητικών στην αρμόδια Υπηρεσία. Μικρές τροποποιήσεις και διορθώσεις των ανωτέρω διατάξεων επέρχονται με τη νεότερη υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/10200/05.07.2002 Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης.
- Με τις διατάξεις του άρθρου 2 του νόμου 2941/2001, επιχειρείται η απλοποίηση των διαδικασιών για την αδειοδότηση των Α.Π.Ε. Όπως, μάλιστα, αναφέρεται στην Εισηγητική Έκθεση του νόμου αυτού «είναι γνωστή η ανάγκη ευρείας διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας στα πλαίσια διεθνών δεσμεύσεων της για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Παράλληλα είναι αναγκαία η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού [ώστε] να μην εξαρτάται από τις τιμές του δολαρίου και του πετρελαίου». Επισημαίνεται ότι οι διατάξεις του άρθρου αυτού επιδιώκουν να καλύψουν ελλείψεις στο συναφές ρυθμιστικό πλαίσιο. Οι ελλείψεις αυτές, μάλιστα, οι οποίες αφορούν κατά βάση την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού με χρήση Α.Π.Ε. σε δάση ή δασικές εκτάσεις, προκάλεσαν σημαντικές δυσχέρειες στην επέκταση των Α.Π.Ε., οδήγησαν δε, σε ακύρωση από το Σ.τ.Ε. αποφάσεων αδειοδότησης σταθμών 2 του νέου νόμου τροποποιείται σειρά διατάξεων του νόμου 2244/1994.
- Ειδικότερα, με τις νέες αυτές διατάξεις προβλέπεται ότι για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών δεν απαιτείται έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά θεώρηση από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία. Αντίθετα, απαιτείται οικοδομική άδεια προκειμένου για δομικές κατασκευές, όπως τα θεμέλια των πύργων ανεμογεννητριών, τα οικήματα στέγασης του εξοπλισμού ελέγχου και των μετασχηματιστών.
- Με τις διατάξεις, εξάλλου, του νόμου 3175/2003, τροποποιήθηκαν διατάξεις του νόμου 2773/1999 αναφορικά με τις ρυθμίσεις του νόμου αυτού που αφορούν την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/18.04.2003, ρυθμίζεται η διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, ορίζονται οι αρμόδιες αδειοδοτούσες υπηρεσίες, καθώς και οι γνωμοδοτούσες υπηρεσίες που συμμετέχουν στη σχετική διαδικασία.
- Από την ανωτέρω περιγραφή του νομοθετικού καθεστώτος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε., προκύπτει ότι το εν λόγω εθνικό νομοθετικό πλαίσιο περιλαμβάνει ένα ολόκληρο πλέγμα επιμέρους διατάξεων, οι οποίες ισχύουν στο μέτρο που οι νεότερες εξ αυτών δεν τις τροποποιούν ή τις καταργούν.
- Γενικά, το βασικό ισχύον νομοθετικό πλαίσιο το οποίο διέπει τους σταθμούς αυτούς περιέχει τις διατάξεις του νόμου 2941/2001, που καθιστούν νομικά δυνατή την εγκατάσταση και λειτουργία τους σε δάση και δασικές εκτάσεις, των ανωτέρω Υπουργικών Αποφάσεων του Υπουργού Ανάπτυξης των ετών 2000 και 2002, που καθορίζουν τη διαδικασία έκδοσης των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας τους, της ΚΥΑ του έτους 2003, που ρυθμίζουν τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για την έκδοση άδειας

εγκατάστασής τους, καθώς και τις γενικές διατάξεις του ν. 2773/1999, που αφορούν την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ

Τα Ηνωμένα Έθνη στο πρωτόκολλο του Κιότο για την αλλαγή του κλίματος (νόμος Ελλάδας 3017/2002), περιλαμβάνει αναφορές για τις ΑΠΕ. Κάθε συμβαλλόμενο κράτος είναι υποχρεωμένο να εφαρμόσει και να αναπτύξει πολιτικές και μέτρα σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες για την «προώθηση, έρευνα, ανάπτυξη και αύξηση της χρήσης νέων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, τεχνολογίες δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και προηγμένων και καινοτόμων αξιόπιστων τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον».

Το πρωτόκολλο και οι διατάξεις του, στοχεύουν στον περιορισμό της εκπομπής αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

ΣΥΝΑΦΗΣ ΝΟΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ

«Η ταξινόμηση των αποφάσεων του Σ.Τ.Ε. για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής από αιολική ενέργεια πραγματοποιείται με βάση τα εξής κριτήρια:

1. Τις προσβαλλόμενες με τις αιτήσεις ακυρώσεως διοικητικές πράξεις,
2. τους λόγους ακυρώσεως και
3. τις κρίσεις του Δικαστηρίου.

Οι άδειες για την χρήση και εγκατάσταση μονάδων αιολικής ενέργειας χορηγούνται από τις οικείες περιφέρειες. Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης ύστερα από γνώμη της Ρ.Α.Ε.»

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Antonopoulos, V. Z. and S. E. Tsiouris. (2001). Evaluation of nitrate groundwater pollution using leaching indices and environmental implications. Proceedings of the international conference and exhibition. Ecological protection of the planet Earth.

Βότσης, Γ.Π., 1992, Οδηγός οικολογίας. Αθήνα: εκδόσεις Σαββάλα.

Δανιλάκης Β., 2011, Ελλείμματα και προβλήματα στην εφαρμογή της πολιτικής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα: Η περίπτωση της λίμνης Κορώνειας, Νόμος και Φύση, Δίκαιο Περιβάλλοντος και Αιφόρου Ανάπτυξης.

Δαπόντα Χ., 2015, Αφαλάτωση με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας : Ανάπτυξη ενός υβριδικού συστήματος αντίστροφης ώσμωσης στο νησί της Κρήτης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Διπλωματική Εργασία, Χάνια.

Δεληγιάννη Ε., Μπελεσιώτης Β., 1995, Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης, Αθήνα: Αρχές Διεργασιών Αφαλάτωσης, Jordan University of Science and Technology (<https://desline.com/Geneva/Banat.pdf>).

Δεληγιάννη Ε., Μπελεσιώτης Β., 1995 Μέθοδοι και συστήματα αφαλάτωσης, Αρχές διεργασιών αφαλάτωσης, σελ. 11

Δεληγιάννη, Ε. Β. Μπελεσιώτης, Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης, Αθήνα, 1995.

Δρ. Στυλιανός Γ. Σκιάς, 2008 Εισήγηση: Το φαινόμενο και το πρόβλημα της λειψυδρίας με έμφαση στον ελλαδικό νησιωτικό χώρο, 6ο Συνέδριο Νησιωτικών Περιφερειακών ΤΕΕ Χαλκίδα.

Ευθυμιόπουλος Η. 2010, Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Ημερίδα Γεωπονικού Πανεπιστημίου, Αθήνα.

Ζόγκαρης, Σ., Χατζηρβασάνης, Β., Οικονόμου, Α., κ.ά., 2007, Παρόχθιες ζώνες στην Ελλάδα. Προστατεύοντας τις παραποτάμιες οάσεις ζωής. Εκδόσεις Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών.

Καλδέλλης Ι.Κ., Κονδύλη Αιμ., Κορμπάκης Γ., 2004, Διαχείριση Υδάτινων Πόρων στα Νησιά του Αιγαίου: Αξιολόγηση Εναλλακτικών Λύσεων, 7ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη

Καραχάλιου Π, 2010, Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Διπλωματική εργασία, Αθήνα.

Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού, Μονάδα Οικονομικής Ανάλυσης Αγορών Τράπεζας Πειραιώς

- Κωστάκη Αθανασία, 2002, Αφαλάτωση με χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας. Elsevier.
- Μελέτη Ανάπτυξης εργαλείων υδάτινων πόρων των νησιών του Αιγαίου, Κοινοπραξία Αιγαίου.
- Μιχαλόπουλος Β, 2013, Θερμοδυναμική ανάλυση συστημάτων αντιστροφής ώσμωσης για αφαλάτωση θαλασσινού νερού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα
- Νταράκας Ε., 2010, Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού, Σημειώσεις Μαθήματος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Συσκάκη, 2013, Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία Μονάδων αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Πτυχιακή εργασία, Ηράκλειο
- Ταυλάς Γ. και Παππάς Ι., 2013, Απομάκρυνση ανόργανων συστατικών από υδατικά διαλύματα με την μέθοδο του χωρητικού απιονισμού, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πτυχιακή Εργασία, Πάτρα.
- Τζανάκη Στ., 2010, Μονάδες αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση – Τεχνική περιγραφή και κριτήρια χωροθέτησης, Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.
- Τζεν Ε., 2010, Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ» Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.
- Τζεν Ε., 2001, Μέθοδοι Αφαλάτωσης – Συγκριτική Αξιολόγηση και Εφαρμογές στα Νησιά του Αιγαίου, ΚΑΠΕ – Τμήμα Αιολικής Ενέργειας, Αθήνα.
- Τζεν Ε., 2010, Αειφόρος Ανάπτυξη των Νησιών του Αιγαίου: Βιώσιμη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Σύρος
- Τζεν, Ευτυχία, Τεχνολογίες αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού, <http://www.enthesis.net>.
- Φυτίκας, Μ., Ν. Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, 2004.
- Χατζηβασιλειάδης, Ι. Μονάδα αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας στη νήσο Πάτμο», Μελέτη Σκοπιμότητας, Σύμβουλος Μηχανικός εταιρείας ΙΤΑ, Αθήνα, 2005.
- Χριστοδουλάκης, Ν.Σ. (1995). *Οικολογία. Εισαγωγή στη μελέτη του περιβάλλοντος*. Αθήνα: εκδόσεις Πατάκης.
- Ψωμόπουλος Κ. και Χριστοφής Γ., 2011, Τεχνολογίες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες εφαρμογής στη νησιωτική Ελλάδα, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Πτυχιακή Εργασία, Αιγάλεω – Αθήνα

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Al-Karaghoulis A. and Kazmerski L.L., 2013, Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 343–356.

Al-Karaghoulis A.A. and Kazmerski L.L., 2011, Renewable Energy Opportunities in Water Desalination, Desalination, Trends and Technologies, Michael Schorr (Ed.), InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/desalination-trends-andtechnologies/renewable-energy-opportunitiesin>

Al-Karaghoulis Ali, Renne David, Kazmerski Lawrence L., 2010, Technical and economic assessment of photovoltaic-driven desalination systems, Renewable Energy Vol. 35, pp. 323– 328, Elsevier Journal.

Baron, J.S., C.T. Driscoll, J.L. Stoddard and E.E. Richer. (2011). Empirical critical loads of atmospheric nitrogen deposition for nutrient enrichment and acidification of sensitive US lakes. *BioScience* 61: 602–613.

Bergström, A. K., and M. Jansson. (2006). Atmospheric nitrogen deposition has caused nitrogen enrichment and eutrophication of lakes in the northern hemisphere. *Global Change Biology* 12: 635–643.

Dillon, P. J., and L. A. Molot. (1997). Effect of landscape form on export of dissolved organic carbon, iron, and phosphorus from forested stream catchments. *Water Resources Research* 33: 2591.

Eltawil M. A., Zhengming Z. and Yuan L., 2009, A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(9), 2245–2262.

FawziBanat, 2010. Economic and technical assessment of desalination technologies. Hamed O.A., Eisa E.I. and Abdalla W.E., Overview of solar desalination, Desalination Vol. 93, pp. 563-579, Elsevier Journal 1993.

HawajO.Al.mand Darwish M.A., Performance characteristics of a multi effect solar pond desalting system in an arid environment, Desalination Vol. 96, pp. 3-10, Elsevier Journal 1994.

KalogirouSoteris A., Solar Thermal Collectors and Applications, Science Direct- Elsevier Journal.

KalogirouSoteris,1997, Survey of solar desalination systems and system selection, Energy Vol. 22, No. 1, pp. 69-81, Elsevier Journal.

Qiblawey H., Banat F. and Al-NasserQ., 2011, Performance of reverse osmosis pilot plant powered by Photovoltaic in Jordan. Renewable Energy, 36(12), 3452– 3460.

Susanto H., 2011, Towards practical implementations of membrane distillation. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 50(2), 139–150.

WittholzM., O'NeillB., ColbyC., LewisD. (2008). Michelle K. Wittholz, Brian K. O'Neill*,Chris B. Colby, David Lewis. *Desalination* 229, pp. 10–20.

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ:

Παραγωγή ποσίου νερού με τη μέθοδο της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με την χρήση της ηλιακής και αιολικής ενέργειας
<https://nikitiperivallontiki2013.wordpress.com>

Γκάτσος Β., 2009, Αφαλάτωση- Αντιστροφισμωση, Διάγραμμα ροής αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση: <https://neroermionida.wordpress.com/2009/07/20/>

Μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης <http://www.daviddarling.info>

Διεργασία αφαλάτωσης με ηλεκτροδιάλυση <http://glossary.periodi.com>

<https://silvermangallerybuckscounty.com/world-water-shortage-map/world-water-shortage-map-7/>

<http://greenagenda.gr/%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CE%BB%CF%89%CF%84%CE%AE-%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B1-%CE%B1/>

<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/img0714.html>

<http://www.iwa-network.org/desalination-past-present-future/>