



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΤΑ ΑΝΥΔΡΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ
ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ**



ΜΕΝΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΕΡΒΟΣ ΑΡΘΟΥΡΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

*May the wind be always at your back.
May the sun shine warm upon your face*

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας τη παρούσα διπλωματική εργασία. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή, κ. Αρθούρο Ζερβό, καθώς επίσης και τους συνεργάτες του, κ. Γιώργο Κάραλη και κ. Αντώνιο Σαλιάγκα για την καθοδήγησή τους. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ηλία Ευθυμιόπουλο, διευθυντή του Ενεργειακού γραφείου Αιγαίου και τον συνεργάτη του κ. Γιώργο Εμμανουηλίδη, τον κ. Γιάννη Μπούζα υπεύθυνο για τις αφαλατώσεις μηχανικό του ομίλου ΙΤΑ και τον κ. Νίκο Υφαντή διευθύνοντα σύμβουλο της εταιρίας Sychem με συστήματα αφαλάτωσης για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου προσέφεραν και το χρόνο που μου αφιέρωσαν.

Η συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών και για αυτό το λόγο θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες μου σε όλα τα μέλη της οικογένειάς μου για την αμέριστη συμπαράσταση, κατανόηση και αγάπη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους φίλους και συμφοιτητές μου, και ιδιαίτερα τον Αριστοτέλη Κουρλιμπίνη για την άμεση βοήθεια και ανιδιοτελή υποστήριξή τους καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ στα άνυδρα νησιά του Νοτίου Αιγαίου» αποτελεί την Διπλωματική Εργασία του προγράμματος προπτυχιακών σπουδών στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Κίνητρο για την επιλογή του θέματος στάθηκε η επιθυμία μου να ασχοληθώ με τον κλάδο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και τη δυνατότητα διείσδυσης αυτών στα ελληνικά νησιά, τα οποία παρουσιάζουν υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό. Έτσι, σε συνεννόηση με τους κο. Ζερβό και κο. Κάραλη επιλέξαμε την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής. Φιλοδοξώ ότι η παρούσα εργασία μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για την περαιτέρω εμβάθυνση στο μεγάλο θέμα της αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ.

Ο κύριος στόχος της εργασίας είναι να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα κατά πόσον η αφαλάτωση μπορεί να αποτελέσει την λύση για τα ελλειμματικά σε νερό νησιά της χώρας μας. Το θέμα αφορά στην διερεύνηση και καταγραφή των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών αφαλάτωσης τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο, όσο και στον ελληνικό χώρο, δεδομένου του έντονου προβλήματος από την έλλειψη πόσιμου νερού σε όλο τον κόσμο, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, της πληθυσμιακής αύξησης και της αλόγιστης χρήσης πόσιμου νερού. Οι ειδικοί σε θέματα περιβάλλοντος και νερού κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την ανάγκη έναρξης μιας παγκόσμιας «Μπλε Επανάστασης» για να δοθούν λύσεις στην αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.

Το νερό είναι βασικό στοιχείο για τη διατήρηση ζωής στον πλανήτη μας. Τόσο το υπόγειο όσο και το επιφανειακό νερό (λίμνες, ποτάμια) χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το χρησιμοποιούμενο για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να είναι από κάθε άποψη αβλαβές για την υγεία των ανθρώπων, οργανοληπτικά άμεμπτο και απολύτως καθαρό, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και οποιεσδήποτε ουσίες, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά θα πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ ορισμένων αποδεκτών ορίων, τα οποία αποτελούν τα πρότυπα ποιότητας και θεσπίζονται νομοθετικά.

Τα τελευταία χρόνια ολοένα και μεγαλώνει το πρόβλημα της έλλειψης πόσιμου νερού σε πολλές από τις χώρες του αναπτυσσόμενου αλλά, και του κατά τα κοινώς λεγόμενα, αναπτυγμένου κόσμου. Το 1/3 του πλανήτη αντιμετωπίζει έλλειψη νερού λόγω της κακής διαχείρισης των υδάτινων πόρων και της εντεινόμενης χρήσης τους ενώ σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας περίπου 1,1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό και πόσιμο νερό.

Ενδεικτικά, αρκετές από αυτές τις χώρες βρίσκονται στην Μέση Ανατολή καθώς και στην λεκάνη της Μεσογείου. Το κοινό σε αυτές τις περιοχές, όσον αφορά τις κλιματολογικές συνθήκες, είναι οι ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες καθ' όλη την

διάρκεια του χρόνου, καθώς και οι έντονες συνθήκες ξηρασίας που ορισμένες φορές αγγίζουν τα όρια της ερημοποίησης.

Η Ελλάδα είναι μια από τις 7 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας μαζί με την Μάλτα, την Ισπανία, την Κύπρο, το Βέλγιο, την Πορτογαλία και την Ιταλία. Όπως εύκολα διαπιστώνει κανείς, η κατάσταση είναι ιδιαίτερα κρίσιμη καθώς οι παραπάνω χώρες έχουν συνολικό πληθυσμό 130.000.000 κατοίκους, ποσοστό 27% επί του συνολικού πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα νέα δεν φαίνεται να είναι ελπιδοφόρα καθώς η υπερθέρμανση του πλανήτη αναμένεται να χειροτερέψει την κατάσταση στο μέλλον.

Όσον αφορά τις χρήσεις του νερού στη χώρα μας, η γεωργία καταναλώνει το 87%, τα νοικοκυριά (αστική χρήση) και ο τουρισμός το 10% και η βιομηχανία το 3%. Στη χώρα μας το πρόβλημα είναι πιο έντονο στις νησιωτικές περιοχές λόγω της μορφολογίας του εδάφους και των ελάχιστων πηγών νερού που συνήθως δεν είναι πόσιμο αλλά υφάλμυρο. Η κατάσταση επιδεινώνεται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών και της ξηρασίας καθώς και εξαιτίας της αυξημένης τουριστικής κίνησης στις περιοχές αυτές. Ο τουρισμός συνεπάγεται την "μεταφορά" των υδατικών καταναλώσεων του παραθεριστή που έχει συνηθίσει στην πόλη του. Επίσης η κατασκευή των τουριστικών υποδομών όπως ξενοδοχεία κτλ, για την εξυπηρέτηση του εισερχόμενου πληθυσμού και οι ανάγκες αυτών των υποδομών για λειτουργίες όπως πότισμα, πισίνες, ίδιες χρήσεις κτλ δυσχεραίνουν την κατάσταση.

Η κατάσταση δεν είναι ίδια σε κάθε νησί. Πιο έντονα είναι τα προβλήματα στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων. Είναι αναμενόμενο το γεγονός ότι η λειψυδρία είναι πιο έντονη σε μικρά νησιά καθώς και σε νησιά που δεν έχουν γνωρίσει πολύ μεγάλη τουριστική ανάπτυξη καθώς αφενός δεν υπάρχουν οι αναγκαίοι πόροι για να χρηματοδοτηθούν κάποιες δαπανηρές λύσεις και αφετέρου υπάρχει έλλειψη πηγών πόσιμου νερού στα εδάφη αυτά, κάτι που δίκαια οδηγεί στην απόδοση του χαρακτηρισμού "ξηρονήσια".

Για πολλούς από τους παράγοντες που δημιουργούν το πρόβλημα υπαίτιος είναι ο άνθρωπος καθώς συχνά προκαλεί ρύπανση των υδάτινων πόρων από βιομηχανικά, αστικά, αγροτικά λύματα και απορρίμματα τα οποία οδηγούν σε φαινόμενα ευτροφισμού και υφαλμυρισμού. Η υπεράντληση του νερού από υδρογεωτρήσεις διευκολύνει την εισροή του θαλασσινού νερού καταστρέφοντας ουσιαστικά τον υδροφόρο ορίζοντα.

Υπάρχουν όμως και παράγοντες που συνεισφέρουν στο πρόβλημα που δεν έχουν να κάνουν με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Το μικρό ύψος των βροχοπτώσεων και οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές αυτές προκαλούν μικρή προσφορά νερού. Επίσης η μικρή έκταση των νησιών περιορίζει την ποσότητα του νερού που μπορεί να συγκεντρωθεί στα εδάφη τους. Η ολόπλευρη προσβολή των νησιών από την θάλασσα ευνοεί την επιφανειακή αλλά και την υπόγεια απορροή καθώς και διάφορα φαινόμενα υφαλμύρωσης που καταστρέφουν τυχόν υπόγεια

αποθέματα πόσιμου νερού. Οι κλιματολογικές συνθήκες και κυρίως η έντονη ηλιοφάνεια κάνουν την εξάτμιση να είναι πολύ έντονη γεγονός που οδηγεί μεγάλο ποσοστό του νερού της βροχής να επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Τέλος, πρόβλημα αποτελεί η έλλειψη υδατικής διαχείρισης και στρατηγικής προστασίας των υδάτων που θα μπορούσε να εξισορροπήσει τα όποια προβλήματα λειψυδρίας υπάρχουν.

Για την ενίσχυση των αποθεμάτων φρέσκου νερού μια τεχνολογικά εφικτή και συμφέρουσα λύση είναι η αφαλάτωση, ουσιαστικά η διαδικασία μετατροπής του θαλασσινού νερού σε πόσιμο και κατάλληλο για χρήση. Δεδομένου ότι το 97% του νερού στον πλανήτη είναι θαλάσσιο, η αφαλάτωση φαντάζει ως η μοναδική λύση για την ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των άνυδρων νησιών του Νοτίου Αιγαίου από μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες θα παράγουν πόσιμο νερό. Ένα μέρος των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης θα καλύπτεται από παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Σκοπός είναι η απεξάρτηση των νησιών από τις μεταφερόμενες ποσότητες νερού από την ηπειρωτική Ελλάδα. Έτσι ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο του νησιού και το κράτος εξοικονομεί σημαντικά χρηματικά ποσά που δαπανώνται ετησίως σε καύσιμα και μεταφορά νερού. Επίσης, στόχος είναι η εκμετάλλευση του υψηλού αιολικού και ηλιακού δυναμικού που παρουσιάζουν τα νησιά. Ακόμη, μειώνονται κατά πολύ τα αέρια του θερμοκηπίου που οφείλονται στην κατανάλωση ρεύματος, αφού ένα μέρος της ενέργειας που καταναλώνει η μονάδα αφαλάτωσης παράγεται από κάποια ανανεώσιμη πηγή.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση υδροδότησης των άνυδρων νησιών του Νοτίου Αιγαίου η οποία συνίσταται κυρίως από τις μεταφερόμενες ποσότητες νερού με υδροφόρα πλοία από την ηπειρωτική χώρα και τις γεωτρήσεις, ιδιωτικές ή δημοτικές. Επίσης, γίνεται αναφορά στις εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στα νησιά και παρουσιάζονται παραδείγματα νησιών όπως η Μήλος και η Ηρακλεία όπου υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης που κάνουν χρήση ενέργειας που παράγεται από μονάδα ΑΠΕ. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού τίθεται ένα σημαντικό ζήτημα, αυτό της υπερκατανάλωσης εμφιαλωμένου νερού στα νησιά λόγω της έλλειψης πόσιμου νερού από το τοπικό δίκτυο.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι μέθοδοι αφαλάτωσης οι οποίες χωρίζονται σε θερμικές και μεμβρανών. Οι πρώτες περιλαμβάνουν αλλαγή φάσης, ενώ οι δεύτερες πραγματοποιούνται σε μία μόνο φάση, δηλαδή την υγρή. Από τις μεθόδους της αφαλάτωσης, η αντίστροφη όσμωση κατέχει μια εξέχουσα θέση στις εφαρμογές, καθώς και στις προτιμήσεις των ενδιαφερόμενων μηχανικών. Η τεχνική αυτή παρουσιάζει μία αξιοθαύμαστη ευελιξία. Επιτρέπει την κατασκευή διατάξεων και συστημάτων από την πιο μεγάλη εγκατάσταση για την ύδρευση μίας κοινότητας ή μίας πόλης, έως και την κατασκευή της πιο μικρής συσκευής προορισμένης να καλύψει τις ανάγκες μιας οικογένειας.

Ο συνδυασμός συστήματος αφαλάτωσης με ΑΠΕ είναι τεχνικά εφικτός. Δύο είναι οι πιθανοί τρόποι συνδυασμού των δύο τεχνολογιών, τα πλήρως αυτόνομα συστήματα τα οποία δεν απαιτούν τη σύνδεση τους σε κάποιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι ικανά να παράγουν από μόνα τους την απαιτούμενη για τη λειτουργία τους ηλεκτρική ενέργεια, και τα συνδεδεμένα συστήματα στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στα οποία η μονάδα αφαλάτωσης καθώς και η μονάδα ΑΠΕ συνδέονται στο δίκτυο. Η παροχή της μονάδας ΑΠΕ σε ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει ένα μέρος των ενεργειακών καταναλώσεων της αφαλάτωσης.

Στο 3^ο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στο θεσμικό πλαίσιο της αφαλάτωσης, στα κριτήρια χωροθέτησης μίας μονάδας αφαλάτωσης, ενός αιολικού πάρκου και ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Στη συνέχεια επισημαίνονται τα περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν, με σημαντικότερο αυτό της διάθεσης της άλμης, ενός ρεύματος νερού με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Το συμπυκνωμένο θαλασσινό νερό από τις μονάδες αφαλάτωσης οδηγείται στη θάλασσα με ελεύθερη ροή μακριά από το σημείο προσαγωγής με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Στο 4^ο και στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την διαστασιολόγηση μονάδων αφαλάτωσης στα νησιά, για την επιλογή και την διαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ που θα καλύπτουν μέρος των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης, για τον υπολογισμό ενεργειακών ισοζυγίων της λειτουργίας του διασυνδεδεμένου στο δίκτυο συστήματος αφαλάτωσης με ΑΠΕ, και, τέλος, για τον υπολογισμό του κόστους παραγόμενου νερού και της τιμής πώλησής του ώστε η επένδυση να είναι βιώσιμη και συμφέρουσα για τον επενδυτή. Στη συνέχεια θα δούμε πως αυτή η μεθοδολογία εφαρμόστηκε και ποια αποτελέσματα έδωσε για τρία νησιά του Αιγαίου με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Πάτμος, Λειψοί, Θηρασιά).

Τέλος, στο 6^ο κεφάλαιο παρατίθενται τα τελικά συμπεράσματα της μελέτης και προτάσεις επί της διαβούλευσης που έδωσε τον Απρίλιο του 2010 η Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων που αφορά στη δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης σε όλα τα νησιά που εξυπηρετούνται σήμερα (μερικώς ή αποκλειστικά) με μεταφορά νερού.

Abstract

This thesis examines the cover of water needs in the arid islands of southern Aegean using desalination plants which will produce potable water. Part of the desalination energy requirements will be covered by energy produced from Renewable Energy Sources (RES). The purpose is to detox the islands of the quantities of water being transported with ships from mainland Greece. As a result of that, the standard of living of the island will be improved and the Greek State will save significant amounts of money to be spent annually on fuel and water transportation. Furthermore, the aim is to exploit the rich wind and solar resources of greek islands. This would greatly reduce the greenhouse gases caused by power consumption, since a part of the energy consumed by the desalination plant is produced from a renewable resource.

In the first chapter, the current situation of water supply in the arid islands of the southern Aegean is explained. It mainly consists of the transported water quantities from the mainland and private or municipal wells. Furthermore, the installed desalination plants on the islands are referred as well as examples of islands (such as Milos and Irakleia) where desalination plants use energy generated from a RES. At the end of this chapter an important issue is raised, that of over-consumption of bottled water in the islands due to the lack of potable water from the local water supply system network.

The second chapter describes the two categories of desalination-thermal and membrane. The first include phase change, while the second are carried out in the liquid phase. The desalination method that has a prominent position on applications and preferences of interested engineers is reverse osmosis. This technique presents a remarkable flexibility as it allows the construction of devices and systems in a great range; starting from the construction of the smallest device intended to meet the water needs of a family to the most extensive facility for water supply of a community or a town.

The combination of Renewable Energy Sources and desalination plant is technically feasible. There are two possible ways of combining the two technologies, the fully autonomous system that do not require connection to an electricity distribution network and is capable of generating on its own the necessary electricity for its functioning, and a system connected to the grid where both the desalination plant and the RES unit are connected to the grid. The electricity provision of the RES unit covers part of the energy consumption of desalination.

The third chapter refers to the institutional framework of desalination, the criteria for a desalination plant's site, as well as the site criteria of a wind farm and a photovoltaic power plant. Apart from that, the important environmental issues of the desalination, such as the brine disposal, are highlighted. The concentrated salt water from the desalination is driven with the free flow away from the point of flow so as to minimize adverse impacts on the marine environment. The reject may be sent to inland aquifers, an inland water body or to inland evaporating ponds or the sea. In all cases the disposal must have a minimum of adverse impact on the receiving water bodies or the land.

In the fourth and fifth chapter the methodology for dimensioning desalination plants on the islands, the selection and the dimensioning of RES plants that will cover some of the energy requirements of desalination, for calculating energy balances of the operation of the connected to the grid desalination system using RES and, finally, calculate the cost of the desalinated water and the selling price of that so as the investment to be viable and profitable for the investor, is presented. Then we'll see how this methodology is applied and what results gives in three islands with different features (Patmos, Lipsi, Thirassia).

At the end of the thesis, the final conclusions of the study are presented along with suggestions on the consultation relating to the creation of desalination plants on the islands served today (partially or exclusively) by transportation of water, given in April 2010 by the General Secretariat of Aegean and Island Policy of the Ministry of Infrastructure, Transport and Network.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	14
1. Υδροδότηση άνυδρων νησιών του Ν.Αιγαίου	16
1.1 Υφιστάμενη κατάσταση υδροδότησης των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων.....	16
1.2 Η αφαλάτωση & εναλλακτικοί τρόποι κάλυψης των αναγκών σε νερό	22
1.3 Ενέργεια για αφαλάτωση	23
1.4 Αφαλάτωση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	24
1.4.1 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης στην Ελλάδα	24
1.4.2 Νήσος Μήλος	25
1.4.3 Νήσος Ηρακλεία	26
1.5 Η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην Ελλάδα	27
1.6 Εντοπισμός περιοχών με ανεπάρκεια νερού	29
2. Τεχνολογίες Αφαλάτωσης	32
2.1 Τι είναι η αφαλάτωση;	32
2.2 Η τεχνολογία και οι μέθοδοι της αφαλάτωσης.....	32
2.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing MSF).....	33
2.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation).....	34
2.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation)	37
2.2.5 Ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis).....	38
2.2.6 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis)	39
2.3 Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης	41
2.4 Εμβάθυνση στη λειτουργία και την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης.....	43
2.5 Συνδυασμός Συστήματος Αφαλάτωσης Με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	47
2.5.1 Αιολική ενέργεια - Ανεμογεννήτριες	47
2.5.2 Ηλιακή ενέργεια - Φωτοβολταϊκά	48
2.5.3 Υβριδικά συστήματα.....	49
2.5.4 Πλήρως αυτόνομα συστήματα.....	50
2.5.5 Συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.....	53
2.5.6 Σύγκριση αυτόνομων συστημάτων με τα συνδεδεμένα στο δίκτυο.....	54
3. Θεσμικό πλαίσιο.....	57
3.1 Χωροταξία.....	57

3.1.1	Κριτήρια χωροθέτησης Μονάδων Αφαλάτωσης	57
3.1.2	Κριτήρια χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων	58
3.1.3	Κριτήρια χωροθέτησης Φωτοβολταϊκών σταθμών.....	58
3.2	Νομοθεσία.....	59
3.2.1	Νομοθετικό πλαίσιο	59
3.2.2	Ο Νέος νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Ν.3851/2010	61
3.3	Αφαλάτωση και Περιβάλλον.....	63
3.3.1	Απαιτούμενα αφαλάτωσης (εισροές)	63
3.3.2	Προϊόντα αφαλάτωσης (εκροές).....	63
3.3.3	Κύρια σημεία της αφαλάτωσης	64
3.3.4	Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης.....	64
3.3.5	Διάθεση της άλμης.....	66
3.4	Κόστος αφαλάτωσης.....	67
3.5	Τιμολόγηση νερού	71
3.5.1	Η παραδοσιακή προσέγγιση & η νέα πραγματικότητα	71
3.5.2	Διεθνείς και Ευρωπαϊκές Πολιτικές & Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά.....	72
3.5.3	Κοστολόγηση – βασικές συνιστώσες.....	73
3.5.4	Τιμολόγηση αφαλατωμένου νερού	75
4.	Διαστασιολόγηση Μονάδων Αφαλάτωσης και Μονάδων ΑΠΕ	77
4.1	Δεδομένα και παραδοχές.....	77
4.2	Διαστασιολόγηση Μονάδων ΑΠΕ	82
4.3	Επιλογή νησιών	87
4.4	Παραμετρική ανάλυση.....	88
5.	Αναλυτική παρουσίαση πρότασης	100
5.1	Πάτμος –Μεγάλο νησί.....	100
5.1.1	Περιγραφή του νησιού	100
5.1.2	Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης	103
5.1.3	Επιλογή θέσης Μονάδας Αφαλάτωσης.....	104
5.1.4	Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ	106
5.1.5	Οικονομική ανάλυση του έργου	107
5.1.6	Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών	110
5.2	Λειψοί –Μεσαίο νησί.....	112
5.2.1	Περιγραφή του νησιού	112
5.2.2	Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης.....	115

5.2.3 Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ	117
5.2.4 Οικονομική ανάλυση του έργου	119
5.2.5 Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών	120
5.3 Θηρασιά –μικρό νησί.....	122
5.3.1 Περιγραφή του νησιού	122
5.3.2 Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης	125
5.3.3 Επιλογή θέσης Μονάδας Αφαλάτωσης	126
5.3.4 Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ	126
5.3.5 Οικονομική ανάλυση του έργου	127
5.4. Σύνοψη αποτελεσμάτων – παρατηρήσεις	129
6. Συμπεράσματα-προτάσεις.....	132
Παράρτημα Α'	135
Παράρτημα Β'	137
Βιβλιογραφία –Πηγές.....	140

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η έλλειψη νερού στα νησιά του Αιγαίου είναι ένα πρόβλημα με προϊστορία. Τα νησιά ήταν ανέκαθεν άνυδρα, ωστόσο, στα νεότερα χρόνια το πρόβλημα της έλλειψης νερού σε αυτά εντείνεται λόγω της αύξησης του πληθυσμού, του βιοτικού επιπέδου και του τουρισμού. Η πολιτεία είχε επιλέξει ως προσωρινή λύση στο πρόβλημα τη μεταφορά νερού (μη πόσιμου) στα νησιά με πλοία. Ωστόσο τα ποσά που δαπανώνται με αυτήν την πρακτική αυξάνουν ολοένα και περισσότερο, ενώ το πρόβλημα δεν λύνεται επί της ουσίας.

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία της αφαλάτωσης έχει ωριμάσει αρκετά. Ήδη έχουν εγκατασταθεί σε αρκετά νησιά μονάδες αφαλάτωσης και έχουμε κάποια καλά παραδείγματα εφαρμογών. Όμως οι αφαλατώσεις είναι αρκετά ενεργοβόρες και τα νησιά εκτός από το πρόβλημα έλλειψης νερού αντιμετωπίζουν και πρόβλημα ενεργειακό, καθώς τα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα είναι ευαίσθητα και μικρής δυναμικής, ενώ συνήθως τροφοδοτούνται από ντιζελογεννήτριες, που σημαίνει αφενός εξάρτηση από το πετρέλαιο και μεγάλο κόστος και αφετέρου μεγάλες εκπομπές ρύπων. Η λύση που προτείνεται είναι ο συνδυασμός των μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ, των οποίων το δυναμικό είναι άφθονο στα ελληνικά νησιά.

Η μελέτη αυτή αποτελεί μια εφ'όλης της ύλης, ολοκληρωμένη μεθοδολογική προσέγγιση του ζητήματος της αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ στα νησιά. Καταρχήν γίνεται λεπτομερής καταγραφή του προβλήματος της έλλειψης νερού, πιθανών τρόπων αντιμετώπισής του, με προτεινόμενο φυσικά αυτόν της αφαλάτωσης και αναφέρονται κάποια καλά παραδείγματα εφαρμογών στα νησιά. Στη συνέχεια ακολουθεί μια θεωρητική περιγραφή των τεχνολογιών αφαλάτωσης και των τρόπων σύνδεσής τους με μονάδες ΑΠΕ. Ακολουθεί η καταγραφή του θεσμικού πλαισίου και της νομοθεσίας που σχετίζεται με τις αφαλατώσεις και τις ΑΠΕ, καθώς επίσης και των κριτηρίων χωροθέτησης των έργων. Έπειτα διερευνάται το θέμα του κόστους του παραγόμενου νερού από την αφαλάτωση και της τιμολόγησής του. Όλα τα παραπάνω αποτελούν το υπόβαθρο για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας διαστασιολόγησης μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ που ακολουθεί. Στο πλαίσιο αυτής αναπτύσσεται ένα υπολογιστικό εργαλείο, το οποίο τροφοδοτείται από μια βάση δεδομένων για τα νησιά καθώς και κάποιες παραδοχές και δίνει αποτελέσματα για παραγωγή νερού, ενεργειακά ισοζύγια, οικονομικούς δείκτες κλπ. εξετάζοντας όλες τις παραμέτρους του προβλήματος για διάφορα πιθανά σενάρια προσέγγισης, από άποψη ερμηνείας της σχετικής νομοθεσίας, επιλογής τεχνολογίας ΑΠΕ κλπ.

Στη συνέχεια η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόζεται ενδεικτικά σε τρία νησιά του Αιγαίου (μικρό, μεγάλο, μεσαίο), για τα οποία γίνεται αναλυτική περιγραφή του νησιού και του προβλήματος, και καταγραφή των αποτελεσμάτων του υπολογιστικού

εργαλείου, με διαμόρφωση ολοκληρωμένης πρότασης για το κάθε νησί. Ακολουθεί μια σύνοψη των αποτελεσμάτων και παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων των υπολογισμών.

Τέλος, καταγράφονται τα βασικότερα συμπεράσματα από τη μελέτη, ενώ καταγράφονται και προτάσεις του Ενεργειακού Γραφείου Αιγαίου για την υλοποίηση έργων.

1. Υδροδότηση άνυδρων νησιών του Ν.Αιγαίου

1.1 Υφιστάμενη κατάσταση υδροδότησης των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων

Τα νησιά του Αιγαίου γενικά και οι Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα ειδικά, βρίσκονται σε εξαιρετικά δυσμενή θέση όσον αφορά το πόσιμο νερό^[1]. Αυτό οφείλεται κυρίως στα χαμηλά μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης καθώς και στη γεωλογία ορισμένων νησιών που δεν βοηθά στη δημιουργία υδροφόρων οριζόντων. Πολλά από τα νησιά αυτά αποτελούν δημοφιλείς τουριστικούς προορισμούς, γεγονός που εκτοξεύει τη ζήτηση νερού στα ύψη κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Να σημειωθεί ότι η έλλειψη νερού έκτος από τη μείωση της ποιότητας ζωής που επιφέρει στους κατοίκους του νησιού, ζημιώνει παράλληλα και τον τουρισμό, που αποτελεί την κυριότερη πηγή εσόδων για τα ελληνικά νησιά αλλά και για τη χώρα.

Μέχρι σήμερα, η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των άνυδρων νησιών των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων πραγματοποιείται κυρίως μέσω μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία με αποτέλεσμα να καταβάλλονται από το Ελληνικό Δημόσιο υπέρογκα ποσά χωρίς έτσι να λαμβάνεται υπόψη το περιβαλλοντικό κόστος από τις μεταφορές αυτές και ούτε να εξασφαλίζεται η αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας σε βάθος χρόνου. Μέρος των αναγκών σε νερό καλύπτεται κατά περίπτωση από τοπικές δημοτικές ή ιδιωτικές γεωτρήσεις, από αφαλάτωση θαλασσινού νερού και συμπληρωματικά από συγκέντρωση όμβριων υδάτων είτε σε επίπεδο οικισμού ή νησιού με λιμνοδεξαμενές, είτε ανά νοικοκυριό με στέρνες (για άρδευση).

Η επιδείνωση του προβλήματος της λειψυδρίας επιβεβαιώνεται από τη σημαντική αύξηση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στις ποσότητες νερού που μεταφέρονται με τα υδροφόρα πλοία, κυρίως το καλοκαίρι λόγω των αυξημένων αναγκών από τον εποχιακό τουρισμό. Είναι χαρακτηριστικό δε ότι παρόλο που τα τελευταία 14 χρόνια η αύξηση των υδρευτικών αναγκών είναι πολύ μεγάλη και έχουν επεκταθεί τα έργα υδροληψίας (νέες γεωτρήσεις, αφαλατώσεις, μεταφερόμενες ποσότητες) δεν υπάρχει παράλληλα διαχειριστική πολιτική μείωσης της υδρευτικής ζήτησης, π.χ. με περιορισμό των απωλειών, κατάλληλη τιμολογιακή πολιτική, και ευαισθητοποίηση των πολιτών. Αυτό αποδεικνύεται όχι μόνο από την αύξηση μεταφερόμενων ποσοτήτων από το 1996 και μετά αλλά και από τις καταμετρημένες καταναλώσεις, όπου αυτές είναι διαθέσιμες.

Ειδικότερα στις Κυκλάδες το 2007 μεταφέρθηκαν συνολικά 697.000 κυβικά μέτρα νερού και στα Δωδεκάνησα περίπου 1.100.000 ενώ όπως ήταν αναμενόμενο οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού καταναλώθηκαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και το Σεπτέμβριο^[3]. Άξιο αναφοράς είναι ότι μεταξύ 1997 και 2007 το κόστος μεταφοράς έχει δεκαπλασιαστεί από 1.244.881 € σε 11.206.409 € με αυξητικές τάσεις της τάξης

του 10% για τα επόμενα χρόνια. Το 2007 το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής πλήρωσε 4,91 €/m³ μεταφερόμενου νερού) για τα Δωδεκάνησα και 8,32 €/m³ μεταφερόμενου νερού) για τις Κυκλάδες. Να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και το μεταφερόμενο νερό δεν είναι πάντα αρκετό για να καλύψει τις καλοκαιρινές ανάγκες πολλών νησιών με συνέπεια να γίνονται συνεχείς διακοπές και να υπάρχει πληθώρα προβλημάτων σε κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες.

Η υπάρχουσα κατάσταση σήμερα όσον αφορά την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης από τον δημόσιο τομέα στα νησιά είναι προβληματική. Οι Δήμοι προμηθεύονται τις μονάδες εντός μεταλλικών κιβωτίων σε χώρους που δεν έχουν την κατάλληλη υποδομή. Η έλλειψη αυτή των σωστών τεχνικών προδιαγραφών, του έμπειρου τεχνικού προσωπικού καθώς και των μακροχρόνιων συμβολαίων συντήρησης και λειτουργίας προκαλούν δυσανάλογα μεγάλες δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας και μειωμένη λειτουργική αξιοπιστία των συστημάτων.

Αποτέλεσμα της παραπάνω πολιτικής είναι το νερό από τις υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης να είναι εξαιρετικά ακριβό και οι μονάδες να θέτονται συχνά εκτός λειτουργίας ή να υπολειτουργούν λόγω της κακής διαχείρισής τους^[2]. Οι Δημοτικές Επιχειρήσεις οι οποίες εγκατέστησαν μονάδες αφαλάτωσης και κατάφεραν να τις λειτουργήσουν προσδιόρισαν το πραγματικό κόστος σε 4,5 €/m³ σε επίπεδο τριετίας.

Παράλληλα πρέπει να αναφερθεί η κακή κατάσταση ή και ανυπαρξία αξιόπιστων δικτύων ύδρευσης σε συνδυασμό με την έλλειψη δεξαμενών και την έντονη εποχικότητα αν λάβουμε υπόψη μας τα ακόλουθα :

- Το 40-60% του νερού που διανέμεται χάνεται είτε σε διαρροές είτε δεν καταγράφεται από την κακή κατάσταση των μετρητών
- Το δίκτυο είναι σε πολλές περιπτώσεις ακατάλληλο και συνεπώς δεν μπορεί να διασφαλιστεί η ποσικότητά του για τον καταναλωτή
- Δεν υπάρχουν επαρκείς δεξαμενές που να διασφαλίζουν την κάλυψη των αναγκών σε έντονες αιχμές ζήτησης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί φαίνεται ότι συνολικά για τα νησιά του Αιγαίου οι αφαλατώσεις καλύπτουν το 4,1%, οι μεταφερόμενες ποσότητες το 1,4%, οι ταμιευτήρες το 4,4% και τα υπόγεια το 82,6% των υδρευτικών αναγκών που ανέρχονται σε 63.796.792 κμ. Το μέσο ετήσιο έλλειμμα ανέρχεται σε 6,4% και κατανέμεται κατά κανόνα μόνο στους ξηρούς μήνες, δηλαδή τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο, αφού οι χειμερινές υδρευτικές ανάγκες καλύπτονται γενικά εύκολα. Επίσης, το τελευταίο αποτελεί μέση τιμή 16ετίας, πράγμα που σημαίνει ότι σε ξηρά έτη το μέγεθος του ελλείμματος είναι πολλαπλάσιο.

Πίνακας 1.1: Μέση ετήσια κάλυψη υδρευτικών αναγκών ανά είδος προσφοράς ^[4]

ΝΗΣΟΣ	ΑΦΑΛΑ ΤΩΣΕΙΣ	ΜΕΤΑΦΕΡΟ ΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΤΑΜΙΕΥΤ ΗΡΕΣ	ΥΠΟΓΕΙΑ	ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ	ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(κμ)	2001	2001
Αστυπάλαια			58,49	30,02	88,51	161.560	1.238	52.929
Κάλυμνος-Ψεριμνος-Τελενδος-Καλολιμνος		0,20		98,37	98,57	1.474.756	16.441	117.431
Λειψοί		55,46		23,83	79,29	67.452	698	6.070
Λέρος-Φαρμακονησι	5,46	11,38		82,26	99,10	773.966	8.207	29.794
Πάτμος-Αρκοι		75,00		16,86	91,86	330.781	3.044	72.221
Κάσος				100,00	100,00	113.737	990	564
Κάρπαθος-Σαρια				100,00	100,00	754.558	6.511	207.953
Κως				98,55	98,55	5.428.825	30.947	6.316.684
Νίσυρος-Γυαλι	71,00	14,93			85,92	110.430	948	33.765
Μεγίστη-Ρω		85,95		5,71	91,66	58.616	430	8.632
Ρόδος				91,98	91,98	17.507.447	117.007	9.560.266
Σύμη		85,00		6,71	91,71	293.789	2.606	35.253
Χάλκη		89,55			89,55	50.778	313	43.860
Τήλος				93,19	93,19	79.342	533	14.385
Αγαθονήσι		83,70			83,70	12.411	158	580
Άνδρος				98,90	98,90	1.031.920	10.009	219.295
Αμοργός		7,35		74,86	82,20	183.264	1.859	62.490
Θήρα	4,28	0,36	25,87	54,32	84,83	1.984.189	12.440	954.917
Ίος	38,48		1,27	60,25	100,00	278.987	1.838	177.934
Κύθνος				99,28	99,28	175.833	1.608	77.646
Κέα				92,77	92,77	315.813	2.417	24.381
Σέριφος				95,80	95,80	202.635	1.414	83.012
Μήλος	24,56			58,44	83,00	626.581	4.771	94.013
Σίφνος	15,00			72,63	87,63	345.594	2.442	79.659
Νάξος			48,14	50,75	98,89	2.115.304	18.188	475.418
Πάρος	12,41			87,05	99,46	1.675.267	12.853	891.449
Σύρος	49,42			21,46	70,88	1.855.053	18.181	344.652
Μύκονος-Δηλος	29,75		37,27	14,27	81,29	1.597.541	9.320	1.191.051
Τήνος	8,71			88,77	97,48	1.058.208	8.574	305.669
Ανάφη				100,00	100,00	27.695	273	10.971
Δονούσα				99,09	99,09	13.596	163	175
Ηρακλεία		91,99		4,35	96,35	14.753	151	10.860
Κουφονήσια		80,00		5,31	85,31	38.470	366	10.708
Σχοινούσσα		98,52			98,52	22.597	206	22.464
Κίμωλος	39,43	12,45		48,12	100,00	70.388	769	8.418
Σίκινος		40,00		56,85	96,85	24.768	238	29.670
Φολέγανδρος		39,56		8,89	48,45	72.160	667	96.372
Αντίπαρος				99,07	99,07	160.573	1.037	90.110
Άγ.Ευστράτιος				100,00	100,00	40.774	371	1.836

Λέσβος				99,04	99,04	9.135.851	90.643	525.426
Λήμνος				96,00	96,00	1.688.189	18.102	168.141
Ικαρία				100,00	100,00	900.725	8.312	114.531
Σάμος				78,07	78,07	6.042.336	33.814	1.069.175
Φούρνοι-Θυμαίνα				99,72	99,72	161.168	1.469	20.100
Οινούσες	25,31		31,73	42,97	100,00	98.790	1.050	2.300
Χίος	8,72		12,50	70,52	91,74	4.585.600	51.936	192.266
Ψαρά				100,00	100,00	33.717	422	4.290
ΣΥΝΟΛΑ / ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ	4,1	1,4	4,4	82,6	93,6	63.967.792	505.976	23.859.786

Στον Πίνακα 1.2 που ακολουθεί φαίνεται ότι συνολικά για τα νησιά του Αιγαίου οι αφαλατώσεις καλύπτουν το 2%, οι μεταφερόμενες ποσότητες το 2%, οι ταμιευτήρες το 6,2% και τα υπόγεια το 79,7% των αρδευτικών αναγκών που ανέρχονται σε 106.366.859 κμ. Το μέσο ετήσιο έλλειμμα ανέρχεται σε 14,1%, κατανέμεται κατά κανόνα μόνο στους ξηρούς μήνες, δηλαδή τον Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Επίσης, όπως και στον προηγούμενο πίνακα, το τελευταίο αποτελεί μέση τιμή 1δετίας, πράγμα που σημαίνει ότι σε ξηρά έτη το μέγεθος αυτό είναι πολλαπλάσιο.

Πίνακας 1.2: Μέση ετήσια κάλυψη αρδευτικών αναγκών ανά είδος προσφοράς ^[4]

ΝΗΣΟΣ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΕΙΣ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΤΑΜΙ/ΡΕΣ	ΥΠΟΓΕΙΑ	ΚΑΛΥΨΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ	ΕΚΤΑΣΗ	ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
	%	%	%	%	%	στρ.	κ.μ.
Αστυπάλαια			37,75	46,25	83,99	387	226.526
Κάλυμνος-Ψερίμος-Τελενδός-Καλολιμνος				99,49	99,49	1.025	528.524
Λειψοί			2,65	21,47	24,12	149	96.955
Λέρος-Φαρμακονησι				88,69	88,69	549	256.362
Πάτμος-Αρκιοί				76,22	76,22	329	167.248
Κάσος				100,00	100,00	162	94.052
Κάρπαθος-Σαρία				100,00	100,00	942	572.658
Κως			6,11	87,74	93,85	13.903	7.733.619
Νίσυρος-Γυαλι	53,43		1,10		54,53	37	40.635
Μεγίστη-Ρω				2,93	2,93	9	4.857
Ρόδος			6,04	90,64	96,67	28.575	14.549.710
Σύμη				75,92	75,92	23	12.260
Χάλκη		30,09			30,09	25	22.787
Τήλος				91,55	91,55	191	65.166
Αγαθονήσι			7,16	51,14	58,30	1	4.674
Άνδρος				98,80	98,80	7.732	4.539.427
Αμοργός				85,69	85,69	248	147.048

Θήρα				76,19	76,19	541	354.311
Ίος			10,79	89,21	100,00	197	130.733
Κύθνος				98,81	98,81	271	224.988
Κέα				94,01	94,01	1.455	1.186.483
Σέριφος				94,08	94,08	219	141.905
Μήλος				95,92	95,92	980	628.867
Σίφνος				77,48	77,48	425	268.570
Νάξος			5,58	39,97	45,55	18.583	10.342.197
Πάρος				97,46	97,46	3.561	1.786.366
Σύρος				54,15	54,15	2.826	1.896.552
Μύκονος- Δηλος			24,60	44,87	69,47	2.008	1.439.634
Τήνος				86,95	86,95	3.669	2.263.090
Ανάφη				21,67	21,67	245	128.395
Δονούσα				98,15	98,15	60	10.039
Ηρακλεία				4,24	4,24	78	40.708
Κουφονήσια		50,01		20,37	70,37	20	9.709
Σχοινούσσα				37,44	37,44	107	52.057
Κίμωλος				92,77	92,77	20	13.130
Σίκινος		29,47		59,43	88,9	20	14.114
Φολέγανδρος		29,34		20,99	50,34	25	23.832
Αντίπαρος				99,04	99,04	76	46.968
Άγιος Ευστράτιος				100,00	100,00	36	17.373
Λέσβος			6,32	85,48	91,81	77.185	35.262.807
Λήμνος			15,29	78,21	93,50	7.566	4.602.683
Ικαρία			45,14	54,86	100,00	4.312	2.027.686
Σάμος			0,59	76,95	77,54	14.516	8.133.978
Φούρνοι- Θυμαίνα				99,56	99,56	53	28.066
Οινούσες			23,26	76,74	100,00	36	19.109
Χίος			6,27	79,83	86,10	13.519	6.804.711
Ψαρά				100,00	100,00	48	33.712
ΣΥΝΟΛΑ / ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ	2,00	2,00	6,2	79,7	85,9	206.944	106.974.427

Παρακάτω ακολουθούν πίνακες όπου αποτυπώνονται οι μεταφερόμενες ποσότητες (σε m³) που μεταφέρθηκαν το 2006 με υδροφόρα πλοία στα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής. Να τονιστεί ότι το μεταφερόμενο αυτό νερό δεν πληρεί τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού λόγω των μη απαιτούμενων συνθηκών υγιεινής στα πλοία μεταφοράς.

Πίνακας 1.3: Μεταφερόμενες ποσότητες στις Κυκλάδες ^[2]

ΜΗΝΑΣ	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}	6 ^{ος}	7 ^{ος}	8 ^{ος}	9 ^{ος}	10 ^{ος}	11 ^{ος}	12 ^{ος}	ΣΥΝΟΛΑ
ΑΜΟΡΓΟΣ	1600		1600	1600	1600	1900	4500	5000	4000	1900	1900		25600
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	1400	1600	1500	4200	4100	6600	7200	9000	5500	1900	2300		45300
ΚΙΜΩΛΟΣ	1600	2000	2000	3100	3200	4200	5000	7200	3700	3300	3200	2100	40600
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	600	1000	1300		1900	2500	2000	3000	1900	700	1400	500	16800
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	1000	600	1600	1600	2600	3200	5800	5000	3000	1200	3100	1300	30000
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	2200	1600	3200	4800	4700	7600	11000	6900	8000	5500	1900	4100	61500
ΤΗΝΟΣ								6400	9000				15400
ΣΙΚΙΝΟΣ					1800	1900	2500	7000	1800	1900			16900
ΘΗΡΑΣΙΑ	1000	1000		1000	800	1100	2000	1800	1000	2000		1000	12700
ΜΗΛΟΣ **	16500	15800	18400	28000	30500	35300	30000	24000	33000	30200	17200	18700	297600
ΣΥΡΟΣ (ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ)								3000	1200	4000			8200
ΔΟΝΟΥΣΑ											500		500
ΣΥΝΟΛΑ	25900	23600	29600	44300	51200	64300	70000	78300	72100	52600	31500	27700	571100

** Στη Μήλο, όπου και μεταφέρονταν οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού στις Κυκλάδες, υπάρχει τώρα εγκατεστημένη μονάδα αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας η οποία καλύπτει το 100 % των αναγκών του νησιού .

Πίνακας 1.4: Μεταφερόμενες ποσότητες στα Δωδεκάνησα ^[2]

ΜΗΝΑΣ	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}	6 ^{ος}	7 ^{ος}	8 ^{ος}	9 ^{ος}	10 ^{ος}	11 ^{ος}	12 ^{ος}	ΣΥΝΟΛΑ
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	1800	1300	1800	1000	1800	1600	2600	3200	1600	2500	1100	1600	21900
ΚΑΛΔΟΛΙΜΝΟΣ													0
ΛΕΙΨΟΙ	2200	4400		2700	3700	5500	4600	7700	6000	2200	1900		40900
ΜΕΓΙΣΤΗ	4700	4000	5200	5900	5500	8300	8900	8500	7400	5300	4300	4500	72500
ΝΙΣΥΡΟΣ	1900		1100	1300	4300	1000	4300	3200	2100	3200	1500	2200	26100
ΠΑΛΗΟΝΗΣΟΣ							300	300					600
ΠΑΤΜΟΣ	7500	5600	17500	17600	25200	33000	25700	35000	29400	27000	17600	12500	253600
ΣΥΜΗ	29000	20000	32600	31000	37300	40500	46600	46300	42500	48500	42300	39200	455800
ΧΑΛΚΗ	3500		3500	4200	6800	7200	7800	8500	7400	6300	5800	3800	64800
ΨΕΡΙΜΟΣ		3200			600	1300		400					5500
ΛΕΡΟΣ				9700		14000	10500	6100	10600	4000	7000		61900
ΛΕΒΙΘΑ					300					200			500
ΣΥΝΟΛΑ	50600	38500	61700	73400	85500	112400	111300	119200	107000	99200	81500	63800	1004100

1.2 Η αφαλάτωση & εναλλακτικοί τρόποι κάλυψης των αναγκών σε νερό

Όπως προαναφέρθηκε και φαίνεται και στους πίνακες 1.1 και 1.2, μέρος των αναγκών σε νερό καλύπτεται από υπόγεια ύδατα (γεωτρήσεις), από αφαλάτωση θαλασσινού νερού και συμπληρωματικά από ταμειυτήρες (λιμνοδεξαμενές).

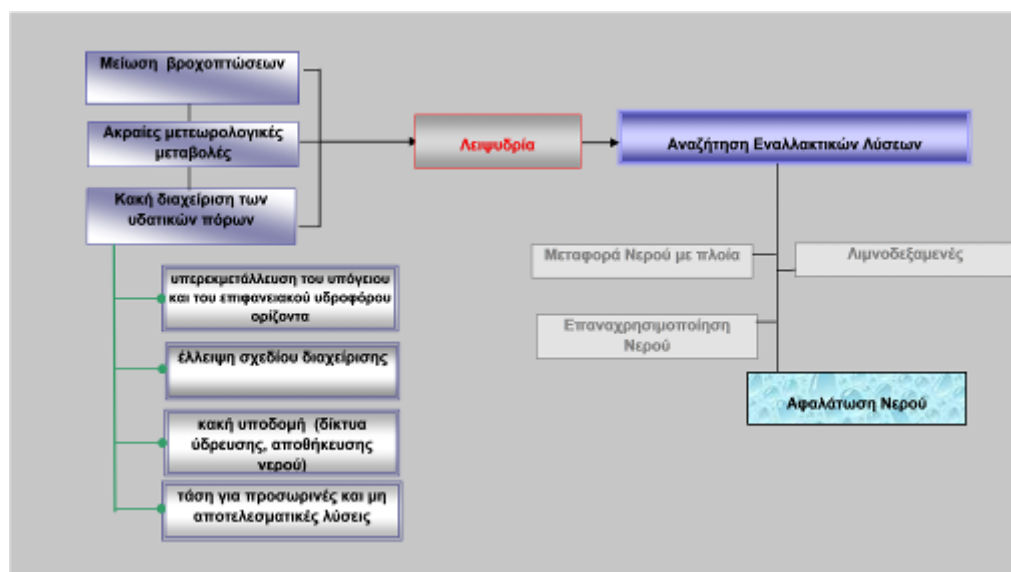
Οι γεωτρήσεις παρέχουν νερό πολύ χαμηλής ποιότητας με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλατα και μάλιστα σε ποσότητες που δεν δύνανται να καλύψουν τη ζήτηση. Επίσης η αλόγιστη υπεράντληση των αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα κάθε νησιού οδηγεί σε περαιτέρω επιδείνωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού αφού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

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

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

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

Συνοψίζοντας, στο παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται το πρόβλημα του νερού στην Ελλάδα και στα ελληνικά νησιά καθώς και η λύση που προτείνεται για την αντιμετώπισή του ^[5].



Σχήμα 1.1: Επίλυση του προβλήματος της λειψυδρίας

1.3 Ενέργεια για αφαλάτωση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η παραγωγή πόσιμου νερού με την χρήση αφαλάτωσης είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες μεθόδους για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου. Ωστόσο οι μέθοδοι αφαλάτωσης χαρακτηρίζονται γενικά ως τεχνολογίες ενεργοβόρες ^[5]. Πολλά από τα νησιά είναι απομονωμένα, μη συνδεδεμένα στο ηπειρωτικό δίκτυο παροχής ενέργειας και εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια από ευαίσθητα και μικρής δυναμικής τοπικά αυτόνομα συστήματα τα οποία συνήθως τροφοδοτούνται από ντιζελογεννήτριες ^[1]. Άρα 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 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. Και μάλιστα σε μία περίοδο που πρέπει να μειωθούν σημαντικά οι εκπομπές αερίων δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση λύση η περαιτέρω επιβάρυνση του περιβάλλοντος με συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας. Για να εφαρμοστεί λοιπόν η αφαλάτωση πρέπει να λυθεί το πρόβλημα της παροχής ενέργειας.

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα δεν είναι άλλη από την χρησιμοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η λύση αυτή όμως 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 και να διαστασιολογηθεί σωστά. 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.

1.4 Αφαλάτωση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Ο συνδυασμός των τεχνολογιών αφαλάτωσης και ΑΠΕ είναι τεχνικά εφικτός και αποτελεί λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας σε περιπτώσεις που είναι δύσκολη η διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης είναι ιδανική λύση για μικρού μεγέθους εφαρμογές (π.χ. αυτόνομα συστήματα). Η μέθοδος της αφαλάτωσης σε συνδυασμό με ΑΠΕ έχει πλέον αρκετές εφαρμογές παγκοσμίως. Ειδικότερα, μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί περίπου 133 εφαρμογές μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ για την αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού.

Παρακάτω συνοψίζονται σε πίνακα οι υφιστάμενες αφαλατώσεις στο Αιγαίο και στο Ιόνιο που καταναλώνουν την ενέργεια που παρέχεται από το υπάρχον δίκτυο, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι δύο και μοναδικές εφαρμογές αφαλάτωσης στο Αιγαίο που κάνουν χρήση ενέργειας που παράγεται από μονάδα ΑΠΕ.

1.4.1 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης στην Ελλάδα

Πίνακας 1.5 μονάδες αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης στην Ελλάδα^[6]

Μονάδα	Έτος Κατασκευής	Τύπος	Δυναμικότητα (m ³ /hr)	Αρχικό Κόστος (10 ⁶ €)	Λειτουργικό Κόστος (€/m ³)
Σύρος 1 ^η (Ερμούπολη)	1992	RO (SW)	800	0,589	1,25
Σύρος 2 ^η (Ερμούπολη)	1997	RO (SW)	800	1,482	1,25
Σύρος 3 ^η (Ερμούπολη)	2001	RO (SW)	2×250	0,346	1,00
Σύρος 4 ^η (Ανω Σύρος)	2000	RO (SW)	250	0,215	0,50
Σύρος 5 ^η (Ανω Σύρος)	2002	RO (SW)	500	0,400	0,50
Σύρος 6 ^η (Ερμούπολη)	2002	RO (SW)	4×500	0,313	1,00
Σύρος 7 ^η (Ανω Σύρος)	2005	RO (SW)	2×500	1,000	0,40
Σχοινούσα	2004	RO (SW)	100	0,120	0,70
Μύκονος (νέα)	2001	RO (SW)	3×650	1,276	0,50
Πάρος (Νάουσα)	2001	RO (SW)	1200	0,415	0,50
Τήνος (Παλαιά)	2001	RO (SW)	500	0,434	0,62
Τήνος (Νέα)	2005	RO (SW)	500	0,376	0,62
Οίας, Σαντορίνης 1 ^η	1994	RO	220		2,00

Οίας, Σαντορίνης 2 ^η	2000	RO	320	0,211	2,00
Οίας, Σαντορίνης 3 ^η	2002	RO	160		2,00
Σίφνος	2002	RO (BW)	500	0,224	3,50
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2000	RO (BW)	600	0,205	0,30
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	3×1000	0,710	0,26
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	500	0,200	0,26
Νίσυρος (Παλαιά)	1991	RO	300	0,572	
Νίσυρος (Νέα)	2002	RO	350	0,295	0,66
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 1 ^η	1981	RO	620	0,264	2,88
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 2 ^η	2003	RO	520	0,587	0,58
Λέρου(ΔΕΥΑ)	2001	RO	200	0,074	0,13
Κασσωπαίων (Δήμος)	2001	RO	500	0,117	0,13
Ποσειδωνιάς (Δήμος) 2	2002	RO (SW)	2×250	0,464	0,56
Ποσειδωνιάς (Δήμος) 2	2005	RO (SW)	2×500	0,574	0,45
Αγίου Γεωργίου (Δήμος)	2002	RO	500	0,102	0,30
Παξών (Δήμος) 1 ^η	2005	RO	330	0,260	0,51
Παξών (Δήμος) 2 ^η	2005	RO	150	0,162	0,59
Παξών (Δήμος) 3 ^η	2007	RO (SW)	250	0,211	0,51
Δυστιών (Δήμος)	2006	RO (SW)	400	0,200	0,30
Σίφνος (Δήμος)	2007	RO (SW)	250		
Ίος (Δήμος)	2003	RO (SW)	1000		
Ιθάκη (Δήμος)	2005	RO (SW)	200	0,220	
Οινουσών (Δήμος)	2005	RO (SW)	500		
Πόρου (Δήμος)	2006	RO (SW)	1000	0,200	0,30

1.4.2 Νήσος Μήλος

Ο όμιλος ΙΤΑ, μέσω της θυγατρικής εταιρείας του «ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΗΛΟΥ Α.Ε.» έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί στη Μήλο, από το καλοκαίρι του 2007, μια μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 2.240 κυβικά μέτρα πόσιμο νερού την ημέρα, η οποία επεκτάθηκε και η σημερινή της δυναμικότητα φτάνει τα 3.360 κ.μ την ημέρα ^[7]. Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να καλύψει όλες τις ανάγκες του νησιού, τόσο σε ετήσια βάση όσο και σε επίπεδο ημερήσιας αιχμής. Η μονάδα αυτή αντισταθμίζει την απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία της από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μία ανεμογεννήτρια ισχύος 850 kW ρυθμισμένη στα 600 kW που εγκαταστάθηκε για το σκοπό αυτό, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό μηδενική επιβάρυνση στο περιβάλλον και ταυτόχρονα υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό σε χαμηλή τιμή. Το κόστος νερού για το Δήμο Μήλου ανέρχεται στα 1,8 €/m³. Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό έργο, το πρώτο στην Ελλάδα, το οποίο συμβάλει όχι μόνο στην αυτονομία του νησιού, αλλά και στην ουσιαστική βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων του και την ανάπτυξη του νησιού γενικότερα. Η θέση του έργου σε

λειτουργία επιτυγχάνει την πλήρη υποκατάσταση ύδατος που μέχρι πρότινος προέρχονταν από μεταφορά υδροφόρων πλοίων ή από τοπικές γεωτρήσεις, με πόσιμο νερό άριστης ποιότητας.



Φωτογραφία 1.1: Εγκατάσταση αφαλάτωσης στη Μήλο ^[7]

1.4.3 Νήσος Ηρακλεία

Η πλωτή αυτόνομη μονάδα αφαλάτωσης στην Ηρακλεία πρόκειται για μια παγκόσμια καινοτομία και σημαντικότερη εξέλιξη για την αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας στα νησιά του Νοτίου Αιγαίου, με σύγχρονο αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο ^{[8], [9]}. Η κατασκευή, η οποία ζυγίζει 150 τόνους και καλύπτει έκταση μισού στρέμματος, έχει ύψος όσο μια δεκαόροφη πολυκατοικία και κόστισε 2,8 εκατ.€. Βέβαια το κόστος για τις επόμενες αντίστοιχες υπολογίζεται ότι δεν πρόκειται να ξεπεράσει τα 700.000 €. Η μονάδα έχει ονομαστική δυνατότητα 3,3 κυβικά μέτρα την ώρα. Το σύστημα είναι αυτόνομο και καλύπτει τις ενεργειακές του απαιτήσεις κυρίως από μία ανεμογεννήτρια ηλεκτρικής ισχύος 30 kW και μπαταρίες για αποθήκευση της ισχύος.



Φωτογραφία 1.2: Υδριάδα, Πλωτή μονάδα αφαλάτωσης στη νήσο Ηρακλεία

1.5 Η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην Ελλάδα

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που οδηγεί στην απόφαση για υλοποίηση μονάδων αφαλάτωσης στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου είναι η υπέρμετρη χρήση (που φτάνει στα επίπεδα της κατάχρησης) του εμφιαλωμένου νερού. Η Ελλάδα βρίσκεται πια στην πρώτη δεκάδα των χωρών με τη μεγαλύτερη κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού ανά άτομο στην Ευρώπη ^[10]. Η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην Ελλάδα ήταν 380.000.000 λίτρα το 1998, έφτασε τα 627.000.000 λίτρα το 2003, ενώ το 2005 προσέγγισε τα 1.000.000.000 λίτρα και το 2010 αναμένεται να καταναλώσουμε 1,5 δις λίτρα εμφιαλωμένου νερού ^[3]. Από χρόνο σε χρόνο η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού αυξάνεται κατά 10-12%, ενώ στην επταετία 1998-2005 η κατανάλωση σχεδόν τριπλασιάστηκε. Κατά άτομο, η κατανάλωση ανέρχεται σε 98-100 περίπου λίτρα εμφιαλωμένο νερό, δηλαδή ένα περίπου μικρό μπουκάλι την ημέρα. Η μεγαλύτερη κατανάλωση γίνεται το καλοκαίρι. Ωστόσο, σε πολλές περιοχές με κακή ποιότητα νερού, όπως οι Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα, οι άνθρωποι πίνουν όλο το χρόνο εμφιαλωμένο νερό.



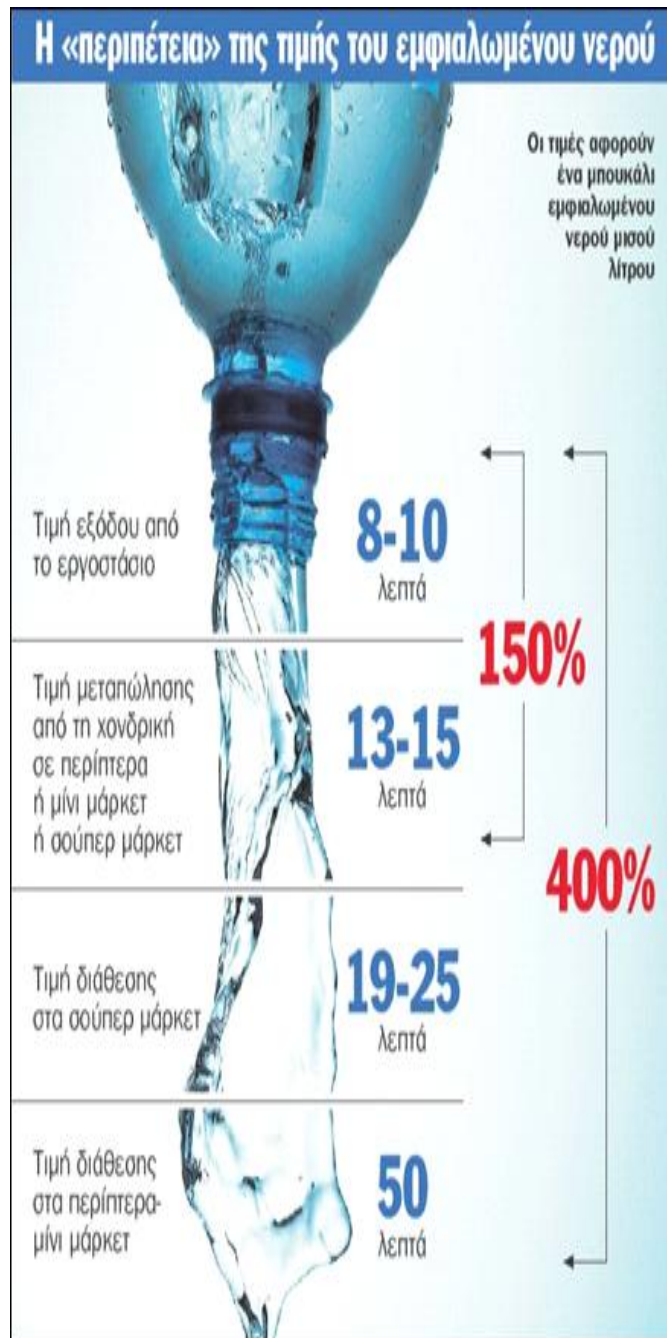
Φωτογραφία 1.3: Εμφιαλωμένο νερό^[10]

Η τιμή του εμφιαλωμένου νερού

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η τιμή του εμφιαλωμένου νερού είναι περίπου 500 έως 1000 φορές μεγαλύτερη από το κόστος που πληρώνουμε για το νερό του δικτύου. Το πόσο πολύτιμο και ακριβό είναι το εμφιαλωμένο νερό, μπορούμε να το συνειδητοποιήσουμε αν αναλογιστούμε ότι ένα λίτρο κοστίζει κατά μέσο όρο 1 €, όσο δηλαδή κοστίζει περίπου και 1 λίτρο βενζίνης. Σε περιοχές όπου οι πολίτες αναγκάζονται να πίνουν αποκλειστικά εμφιαλωμένο νερό, οι οικογένειες αναγκάζονται να καταβάλλουν πόσα που ανέρχονται περίπου στα 500-800 € το χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το νερό είναι φτηνό (για ένα μπουκάλι εμφιαλωμένου νερού μισού λίτρου η τιμή εξόδου από το εργοστάσιο είναι 8-10 λεπτά), αλλά η πλαστική συσκευασία στοιχίζει το 20 % της τελικής τιμής. Η τιμή μεταπώλησης από τη χονδρική σε περίπτερα ή μίνι μάρκετ και σούπερ μάρκετ είναι 13-15 λεπτά, ενώ η τιμή διάθεσης στα σούπερ μάρκετ και στα περίπτερα είναι 19-25 λεπτά και 50 λεπτά αντίστοιχα. Εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι η εμπορία-μεταπώληση αυξάνει το κόστος του νερού κατά 400 % και ότι στο επίπεδο του καταναλωτή το κόστος για την αγορά του εμφιαλωμένου νερού αναμένεται να φτάσει 1,5 δις € το χρόνο, κόστος 1000-2000 φορές μεγαλύτερο αυτού της αφαλάτωσης και μη λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά κόστη της παραγωγής-εμπορίας του εμφιαλωμένου νερού καθώς και τα εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα ανακύκλωσης (1%) των πλαστικών μπουκαλιών ^{[3],[10]}.

Βέβαια η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού δεν προορίζεται να υποκαταστήσει πλήρως την κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού, ιδιαίτερος τους καλοκαιρινούς μήνες όταν και η τουριστική κίνηση είναι αυξημένη. Σίγουρα όμως θα συντελέσει στην μείωση της υπερβολικής αυτής κατανάλωσης με θετικές συνέπειες στην οικονομία κάθε νησιού αφού οι κάτοικοι θα είναι ευχαριστημένοι από την υψηλή ποιότητα του

αφαλατωμένου νερού και δεν θα αναγκάζονται να αγοράζουν σε τακτική βάση μεγάλες ποσότητες εμφιαλωμένου νερού.



Σχήμα 1.2: Η περιπέτεια της τιμής του εμφιαλωμένου νερού ^[10]

1.6 Εντοπισμός περιοχών με ανεπάρκεια νερού

Με βάση έρευνα (στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος με ακρωνύμιο “PRODES”) που εκπόνησαν φορείς και ερευνητικά κέντρα της Μεσογείου, ανάμεσά τους και το ΕΜΠ, όσον αφορά στο θέμα της λειψυδρίας, εντοπίστηκαν οι περιοχές με

το εντονότερο πρόβλημα ^[11]. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η έρευνα δεν περιορίστηκε μόνο στη διαθεσιμότητα του νερού αλλά στράφηκε και στην ποιότητά του.

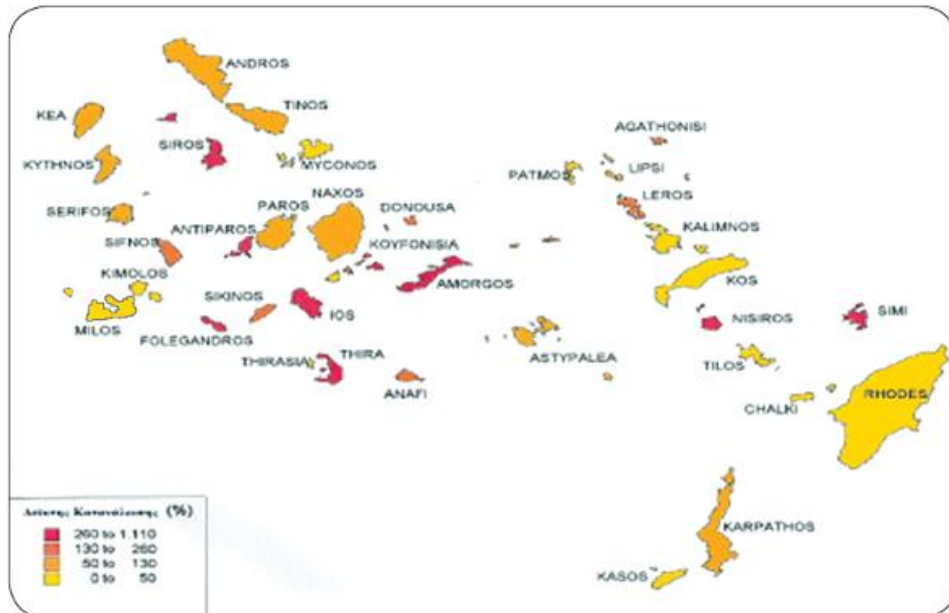
Για την Ελλάδα τα συμπεράσματα που προέκυψαν κινούνται σε δύο άξονες:

- Η ενδοχώρα είναι σε θέση με κατάλληλη πολιτική διαχείρισης των αποθεμάτων να καλύψει τις ανάγκες της ακόμα και σε περιοχές όπου τοπικά εμφανίζεται πρόβλημα.
- Στον αντίποδα, το υδρολογικό διαμέρισμα των νήσων του Αιγαίου εμφανίζει έλλειψη φυσικών πηγών και ασύμμετρα μεγάλη ζήτηση νερού λόγω της έντονης τουριστικής ανάπτυξης. Δεν είναι το υδρολογικό διαμέρισμα στην ολότητά του προβληματικό αλλά υπάρχουν αρκετά νησιά όπου το πρόβλημα της πρόσβασης στο αγαθό του νερού για όλες τις χρήσεις είναι οξύτατο και θεμελιώδες για τη στάθμη ποιότητας ζωής των κοινωνιών αυτών. Για το λόγο αυτό η έρευνα στράφηκε σε κάθε νησί ξεχωριστά λαμβάνοντας υπόψη τα εκάστοτε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Αναπτύχθηκε έτσι μια μεθοδολογία αξιολόγησης της διαθεσιμότητας νερού, που στηρίχθηκε σε δείκτες κατανάλωσης και εκμετάλλευσης όπως αυτοί παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

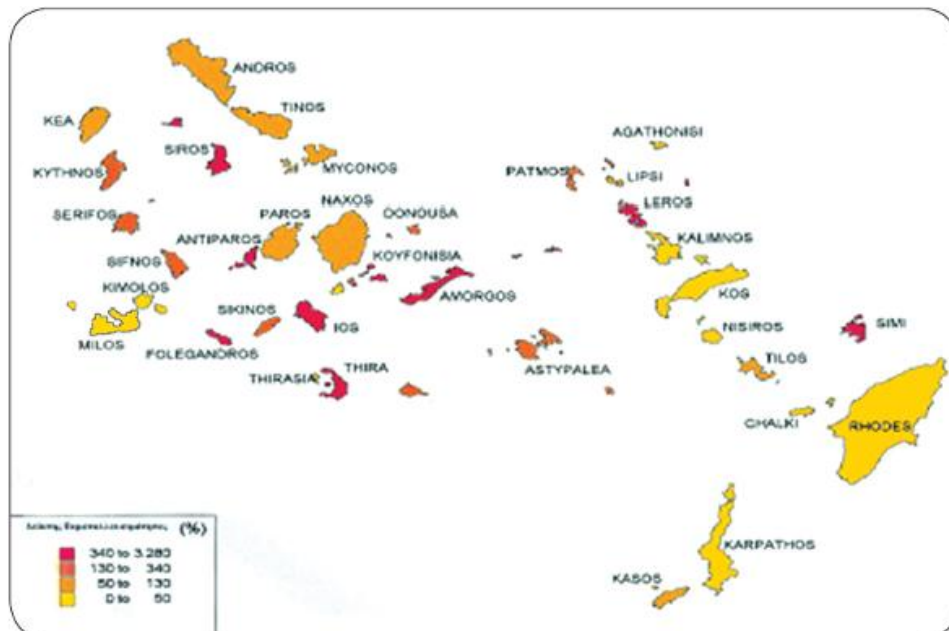
Πίνακας 1.6 : Δείκτες Ταυτοποίησης και Ποσοτικοποίησης Έλλειψης Ύδατος ^[11]

Δείκτης	Ορισμός	Συμπεράσματα
Δείκτης Κατανάλωσης (Δ.Κ.)	Συνολική κατανάλωση / Συνολικά αποθέματα	Υψηλές τιμές του Δ.Κ. υποδεικνύουν πιθανή έλλειψη νερού.
Κλάσμα πληθυσμού προς αποθέματα (Κ)	Πληθυσμός / Συνολικά αποθέματα	$K > 500 \text{ άτομα} / 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος υποδεικνύει κρίσιμες συνθήκες $K > 1000 \text{ άτομα} / 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος υποδεικνύει έντονο πρόβλημα έλλειψης νερού.
Δείκτης Εκμεταλλευσιμότητας (Δ.Ε.)	Συνολική κατανάλωση / Σταθερά αποθέματα	Υψηλές τιμές του Δ.Ε. υποδεικνύουν έντονο πρόβλημα έλλειψης νερού. Δ.Ε. > 1 υποδεικνύει κακοδιαχείριση των υπαρχόντων αποθεμάτων. Δ.Ε. < 1 υποδεικνύει καλή διαχείριση των υπαρχόντων αποθεμάτων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατέδειξαν τα νησιά με το πιο οξύ πρόβλημα έλλειψης νερού. Όπως φαίνεται και από τους χάρτες του Αιγαίου που παρουσιάζονται παρακάτω αυτά είναι η Σύρος, η Θήρα, η Κίμωλος, η Αντίπαρος, η Αμοργός, η Φολέγανδρος, η Λέρος, η Κάρπαθος, η Πάτμος, η Σύμη, η Νίσυρος, οι Λειψοί και η Χάλκη.



Σχήμα 1.3: Δείκτης κατανάλωσης των νησιών του Αιγαίου ^[11]



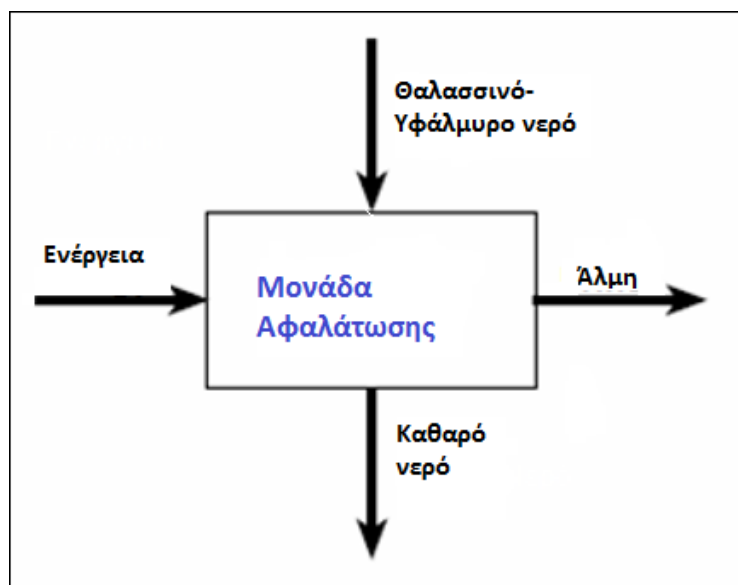
Σχήμα 1.4: Δείκτης εκμεταλλευσιμότητας των νησιών του Αιγαίου ^[11]

Κεφάλαιο 2

2. Τεχνολογίες Αφαλάτωσης

2.1 Τι είναι η αφαλάτωση;

Με τον όρο «αφαλάτωση» χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μία αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα ^[12]. Έτσι κατ' επέκταση η αφαλάτωση είναι μία μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση στο θαλασσινό νερό. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20^ο αιώνα με την εμφάνιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό περίπου το 97,3% των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ως τέτοιο ικανό για βιομηχανικές διεργασίες καθίσταται αδύνατη.



Σχήμα 2.1: "Είσοδοι-έξοδοι" της μονάδας αφαλάτωσης ^[5]

2.2 Η τεχνολογία και οι μέθοδοι της αφαλάτωσης

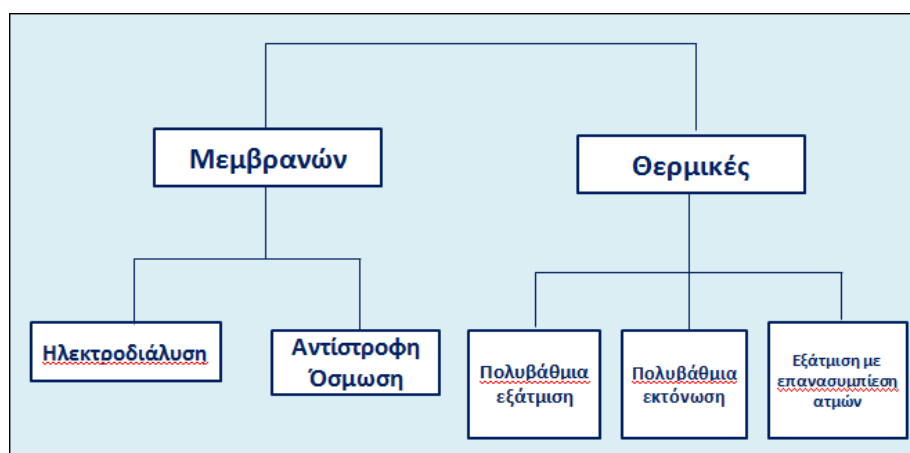
Οι εμπορικά διαθέσιμες μέθοδοι αφαλάτωσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ^[5]:

- Σε μεθόδους που περιλαμβάνουν αλλαγή φάσης (θερμικές διεργασίες). Αυτές είναι η απόσταξη και η κρυστάλλωση. Η δεύτερη δεν χρησιμοποιείται ευρέως.

Όσον αφορά την απόσταξη, οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF), η πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED), η εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC) και η ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

- Σε μεθόδους των οποίων οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε μία μόνο φάση, δηλαδή την υγρή. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν η αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis, RO) και η ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED), οι οποίες χρησιμοποιούν μεμβράνες για την απομάκρυνση των αλάτων.

Σχηματικά φαίνονται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα οι μέθοδοι αφαλάτωσης που προαναφέρθηκαν.



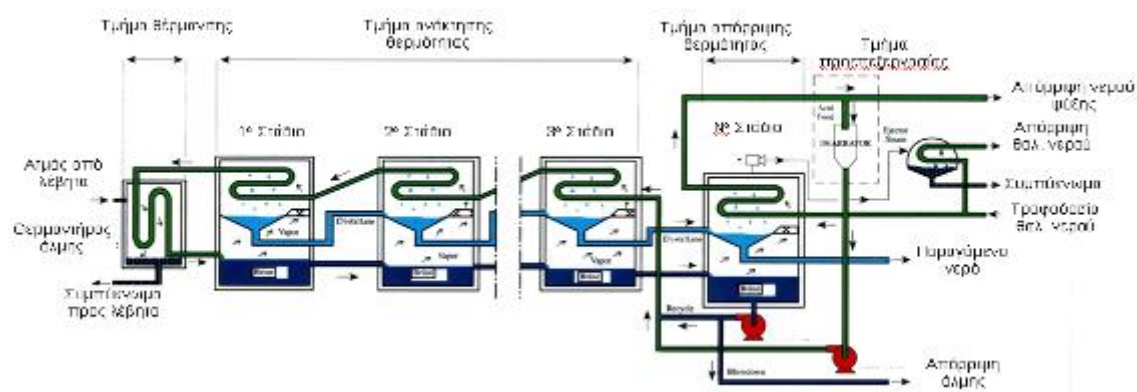
Σχήμα 2.2: Μέθοδοι αφαλάτωσης ^[5]

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

2.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing MSF)

Η αρχή λειτουργίας της σύμφωνα με τον James Miller ^[13] είναι η εξής: το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και στη συνέχεια εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο που υπάρχει πίεση χαμηλότερη από την πίεση κορεσμού, οπότε ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό, υγροποιείται και συλλέγεται ως καθαρό νερό. Η άλμη προωθείται στους επόμενους θαλάμους όπου το φαινόμενο επαναλαμβάνεται και η πίεση διαρκώς μειώνεται για να παρακολουθήσει την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας της άλμης μέχρι που τελικά απορρίπτεται. Σε πολλές εφαρμογές οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται δίπλα σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας για καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Έτσι ο ατμός υψηλής πίεσης εκτονώνεται στον αμοστρόβιλο για παραγωγή ισχύος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση. Ένας βαθμός απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης μπορεί να οριστεί ως το πηλίκο της μάζας του παραγόμενου

αποσταγμένου νερού προς τη μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε. Μια τυπική τιμή του βαθμού αυτού για τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι περίπου 8, ενώ μία μονάδα 20 βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/kg προϊόντος.



Σχήμα 2.3 Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης^[40]

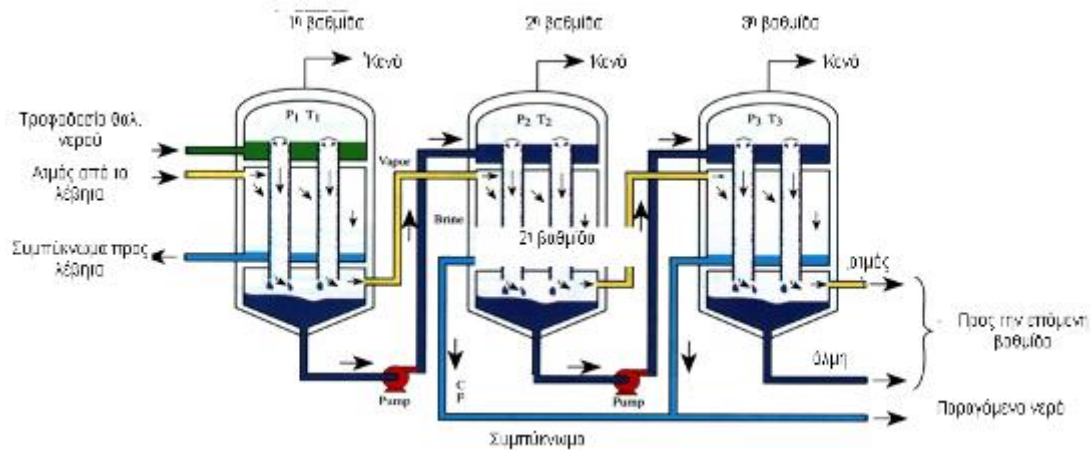


Φωτογραφία 2.1: Εγκατάσταση με πολυβάθμια εκτόνωση στη Σαουδική Αραβία δυναμικότητας 138.000 κ.μ την ημέρα.^[14]

2.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation)

Ο ατμός περνάει μέσα από σωλήνες, ενώ το ψυχρό θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω τους, για να δημιουργηθεί φιλμ και να εξατμιστεί αποτελεσματικότερα. Έτσι, μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενώ ο υπόλοιπος ατμός, μαζί με μέρος του θαλασσινού νερού που ατμοποιήθηκε, συνεχίζουν στον επόμενο θάλαμο. Και εδώ σε κάθε θάλαμο υπάρχει αντλία κενού για να βοηθά την εξάτμιση, με βαθμιαία μειούμενη πίεση σε κάθε θάλαμο, ίση με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία. Αυτό επιτρέπει τη λειτουργία σε υψηλή (>90 °C) ή χαμηλή (<90 °C) θερμοκρασία και μάλιστα η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να είναι

έως και 55°C , πράγμα που λειτουργεί ανασταλτικά στη διάβρωση και επιτρέπει τη χρήση χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενης θερμότητας από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν από την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομορορή, αντιρορή ή παράλληλη) [13].



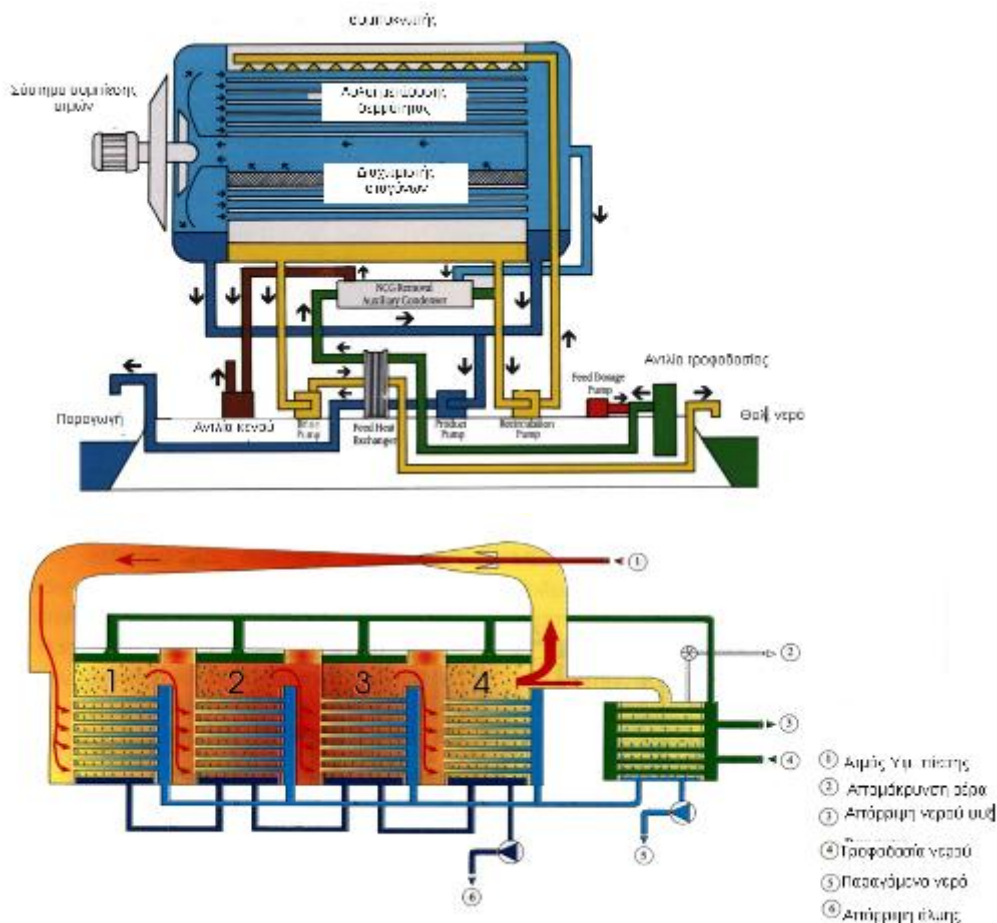
Σχήμα 2.4: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης [37]



Φωτογραφία 2.2: Εγκατάσταση με πολυβάθμια εξάτμιση [15]

2.2.3 Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο αποδοτική και απλή στην κατασκευή, χωρίς πολλαπλά στάδια. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται πάνω σε μια σειρά σωλήνων που τους διαπερνά ατμός, θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση. Ο συμπιεστής αυτός μαζεύει τους ατμούς του καθαρού νερού και τους εκτοξεύει με πίεση μέσα στους σωλήνες και με την επαφή του ψυχρού θαλασσινού νερού συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν. Η κύρια διαφορά με τις προηγούμενες δυο μεθόδους είναι προφανώς η απουσία πηγής θερμότητας, αφού εδώ η εξάτμιση προκαλείται αποκλειστικά και μόνο από τη χαμηλή πίεση, δηλαδή λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Και εδώ η δημιουργία λεπτού φιλμ πάνω στους σωλήνες είναι το κλειδί για την αποτελεσματικότερη εξάτμιση και άρα απόδοση της εγκατάστασης. Η εξάτμιση με συμπίεση ατμών χρησιμοποιείται γενικά σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις και παράγει μέχρι και 3000 m³/d [13].



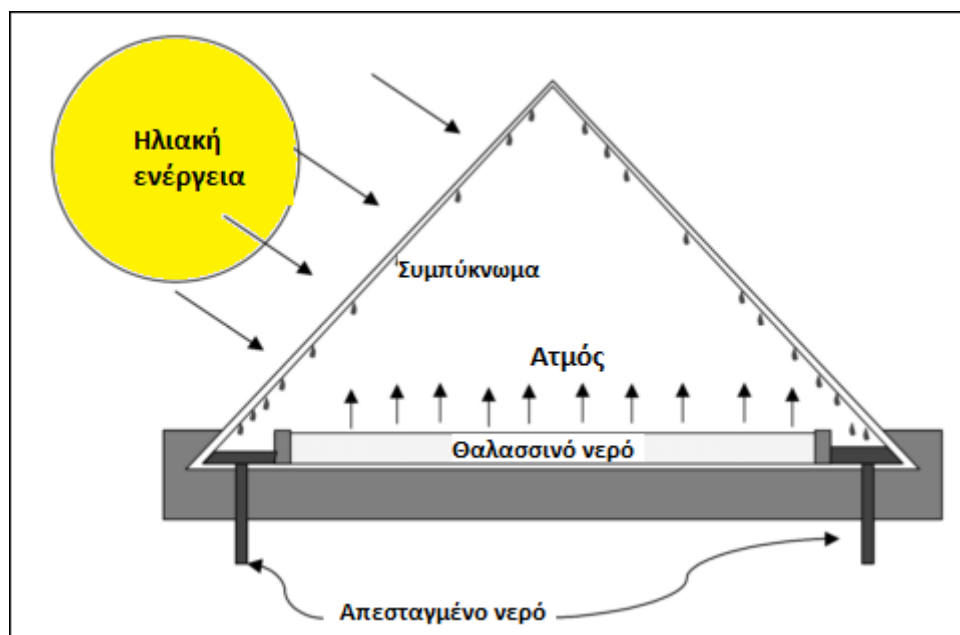
Σχήμα 2.5: Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών [37]



Φωτογραφία 2.3: Εγκατάσταση επανασυμπίεσης ατμών ^[5]

2.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation)

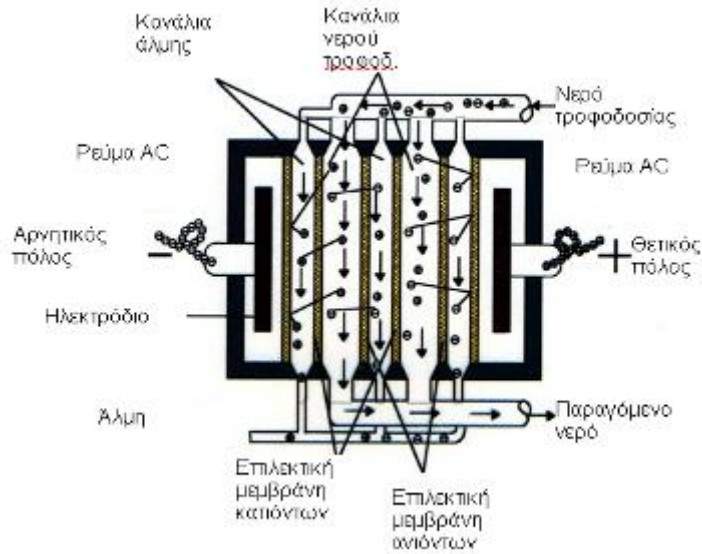
Οι συσκευές της κατηγορίας αυτής ουσιαστικά αναπαράγουν τον υδρολογικό κύκλο σε μικρή κλίμακα: οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πάτο. Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν λιγότερο απ' το 50% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και η απόδοσή τους είναι αρκετά χαμηλή, περίπου 4 λίτρα καθαρό νερό την ημέρα ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται φθηνά σχετικά υλικά για να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης, που είναι και το μόνο έξοδο ουσιαστικά, αφού τα λειτουργικά κόστη είναι από ελάχιστα ως μηδαμινά. Πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι το νερό που παράγεται δεν είναι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, διότι δεν βράζει σε μεγάλη θερμοκρασία και άρα χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Κατά συνέπεια η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε μικρές εγκαταστάσεις ή για οικιακή χρήση ^[13].



Σχήμα 2.6: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης ^[13]

2.2.5 Ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis)

Η μέθοδος αυτή όπως δηλώνει και το όνομά της χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό για να καθαρίσει το νερό. Το νερό τροφοδοσίας περνάει ανάμεσα από φορτισμένες μεμβράνες, θετικά και αρνητικά εναλλάξ. Έτσι, τα ιόντα που είναι διαλυμένα προσκολλώνται στις μεμβράνες, οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευσή τους και μόνο, δημιουργώντας διαμερίσματα μικρότερης και μεγαλύτερης συγκέντρωσης, που μας δίνουν το προϊόν και την άλμη αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να απομακρύνει τα μη ιοντικά στερεά, αλλά και όσον αφορά τα ιοντικά, η απαιτούμενη ενέργεια αυξάνει ανάλογα με τη συγκέντρωση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε νερά χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων, όπως τα υφάλμυρα. Για τον καθαρισμό και την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, αλλάζοντας θέση στα κανάλια του προϊόντος με αυτά της άλμης. Έτσι τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα καθαρίζονται από τη ροή καθαρού νερού. Στο τέλος της διεργασίας γίνεται επεξεργασία του νερού για τη ρύθμιση της σκληρότητας και του pH, όπως στην αντίστροφη όσμωση ^[13].



Σχήμα 2.7: Σχηματική απεικόνιση ηλεκτροδιάλυσης [40]



Φωτογραφία 2.4: Εγκατάσταση ηλεκτροδιάλυσης [16]

2.2.6 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis)

Από τις μεθόδους της αφαλάτωσης, η αντίστροφη όσμωση κατέχει μια εξέχουσα θέση στις εφαρμογές καθώς και στις προτιμήσεις των ενδιαφερόμενων μηχανικών. Η τεχνική αυτή παρουσιάζει μία αξιοθαύμαστη ευελιξία. Επιτρέπει την κατασκευή διατάξεων και συστημάτων από την πιο μεγάλη εγκατάσταση για την ύδρευση μίας κοινότητας ή μίας πόλης, έως και την κατασκευή της πιο μικρής συσκευής προορισμένης να καλύψει τις ανάγκες μιας οικογένειας [12].

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι η χρήση ειδικών ημιπερατών μεμβρανών. Η ημιπερατή μεμβράνη είναι το μέσον διαχωρισμού που επενεργεί στην όλη διαδικασία σαν φίλτρο καθαρισμού του νερού, με σκοπό να καθαρίσει το θαλασσίνο νερό, να απομακρύνει θα λέγαμε καλύτερα τα άλατα, ώστε αυτό που θα μένει να είναι ένα καθαρό προϊόν, προερχόμενο απλά και μόνο από ένα φιλτράρισμα. Η κατανόηση του φαινομένου της αντίστροφης όσμωσης περνάει μέσα από τα βήματα της φύσης. Μέσα από αυτήν αναβλύζει η λειτουργία της όσμωσης σε κάθε είδος βιολογικής ύπαρξης. Παρακάτω θα αναφέρουμε εν συντομία πως λειτουργεί το φαινόμενο της όσμωσης.

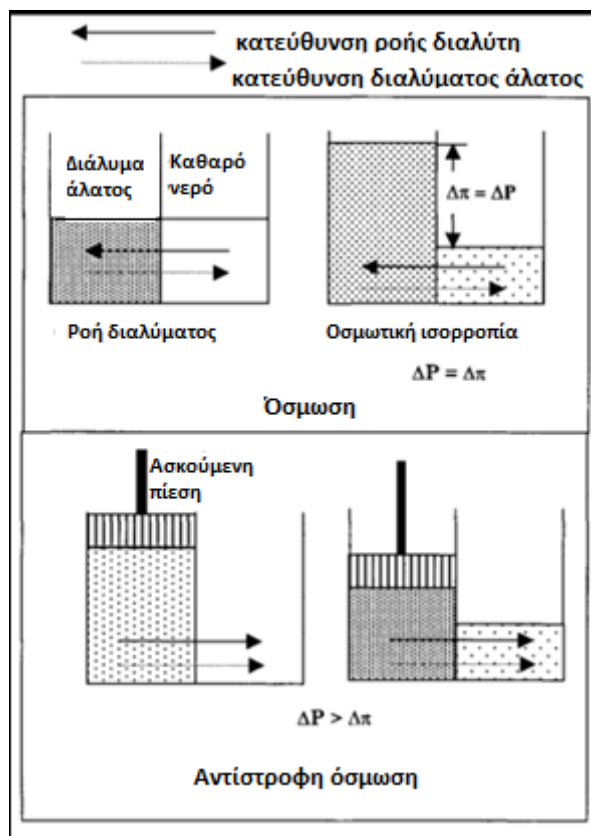
Ας φανταστούμε πως έχουμε ένα δοχείο που χωρίζεται σε δύο διαμερίσματα με μια μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή είναι ένα πορώδες υλικό, του οποίου οι πόροι είναι πάρα πολύ μικροί. Στο ένα διαμέρισμα που το ονομάζουμε Α, τοποθετείται μία ποσότητα καθαρού αποσταγμένου νερού. Στο άλλο διαμέρισμα, το οποίο το ονομάζουμε Β, τοποθετείται επίσης μία άλλη ποσότητα νερού (ίδια σε όγκο με αυτή του Α), αλλά που μέσα σε αυτή έχουν διαλυθεί λίγα γραμμάρια μαγειρικό αλάτι (χλωριούχο νάτριο NaCl). Υπάρχουν λοιπόν στο θάλαμο Α καθαρό αποσταγμένο νερό και στο θάλαμο Β διάλυμα χλωριούχου νατρίου. Οι ποσότητες των δύο υγρών είναι ίσες. Οι στάθμες τους βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Μετά από λίγη ώρα παρατηρείται να ανεβαίνει η στάθμη του Β διαλύματος. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μόρια του νερού που βρίσκονται στο Α διαμέρισμα, διέρχονται μέσα από τη λεπτή διαχωριστική μεμβράνη προς το διάλυμα Β. Έτσι το διάλυμα Β εμπλουτίζεται με νερό, προκαλώντας αύξηση του όγκου του.

Αυτή η κίνηση των μορίων του νερού συμβαίνει συνέχεια, έως ότου αποκατασταθεί μια κάποια μοριακή ισορροπία, που τείνει να εξισορροπήσει τις περιεκτικότητες των δύο διαλυμάτων. Θα λέγαμε πως η φύση από μόνη της προσπαθεί να αραιώσει το διάλυμα Β και να το φέρει σε τέτοια μορφή όπως το διάλυμα Α. Αυτή η διαδικασία που περιγράψαμε με πρωταγωνιστή τη διαχωριστική μεμβράνη είναι η **όσμωση**.

Αν τώρα τοποθετήσουμε έναν πλωτήρα στην επιφάνεια του υγρού Β έτσι ώστε να εφαρμόζει στεγανά, και τοποθετήσουμε πάνω σε αυτό κάποιο βάρος έτσι ώστε να σταματήσουμε την ανοδική του πορεία, προκαλούμε μία αντίσταση στην πορεία του νερού από το Α προς το Β. Τότε η ροή σταματά και τα δύο διαλύματα βρίσκονται κάτω από μία ισορροπία πιέσεων. Η πίεση που προκλήθηκε για να σταματήσει αυτή η άνοδος της στάθμης του διαλύματος Β, είναι η **οσμωτική πίεση**.

Αν τώρα αυξηθεί αυτή η πίεση, δηλαδή η τεχνητή πίεση που προκλήθηκε στο διάλυμα Β αυξάνοντας το προστιθέμενο βάρος, θα πάψει να δέχεται καθαρό νερό μέσα από τη μεμβράνη από το διαμέρισμα Α. Τότε θα συμβεί το εξής φαινόμενο: το νερό που υπάρχει στο διάλυμα Β θα περνά στο διαμέρισμα Α. Παρατηρούμε τότε τη στάθμη του Α να ανεβαίνει και φυσικά του Β να κατεβαίνει. Από τους πόρους της μεμβράνης διέρχεται μόνο καθαρό νερό ενώ το αλάτι (NaCl) δεν περνά και παραμένει στο χώρο του διαμερίσματος Β.

Αποτέλεσμα αυτού θα είναι, όσο αυξάνεται η πίεση στο διαμέρισμα Β, το νερό που βρίσκεται στο Α να εμπλουτίζεται με νέο καθαρό νερό από το διαμέρισμα Β. Η στάθμη του νερού του Α, τώρα θα είναι υψηλότερη από αυτή του Β, ενώ στο Β θα παραμείνει μια μικρή ποσότητα συμπυκνωμένου διαλύματος NaCl. Στο Α θα έχουμε περισσότερη ποσότητα καθαρού νερού από ότι αρχικά. Η τεχνική αυτή που εφαρμόστηκε και προκάλεσε το αντίθετο φαινόμενο της όσμωσης είναι η **αντίστροφη όσμωση**.



Σχήμα 2.8: Τα φαινόμενα της όσμωσης και της αντίστροφης όσμωσης ^[13]

2.3 Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης

Η τελική επιλογή τεχνολογίας Αφαλάτωσης με ΑΠΕ βασίζεται σε βασικές παραμέτρους ^[5] όπως:

- Διαθεσιμότητα νερού τροφοδοσίας, ποιότητα και ποσότητα
- Απαιτήσεις σε παραγόμενο νερό, ποιότητα και ποσότητα
- Ενεργειακές καταναλώσεις

- Δυναμικό ΑΠΕ
- Μέγεθος Μονάδας
- Διαθεσιμότητα γης
- Διαθεσιμότητα προσωπικού
- Προϋπολογισμός

Εκτός από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, οι μονάδες που χρησιμοποιούν τεχνολογίες MSF, MED, VC, χρησιμοποιούν και θερμική ενέργεια για θέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Εξαιτίας της χαμηλής απόδοσης της μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό, υπάρχει ένα υψηλό ενεργειακό πέναλτι αν η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Γενικά πάντως οι ανάγκες σε ενέργεια των μονάδων αφαλάτωσης είναι πάρα πολύ υψηλές, με ενδεικτικές τιμές 15 KWh/m³ για τις μονάδες VC ή καταναλώσεις που μπορεί να ξεπερνούν τις 20 KWh/m³ για μονάδες MSF.

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει γενικά επικρατήσει στην αφαλάτωση του υφάλμυρου αλλά και του θαλασσινού νερού λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους της: η ενεργειακή της κατανάλωση ανέρχεται περίπου στις 2,5 KWh/m³ σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας (energy recovery devices). Για μονάδες που δεν κάνουν χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι της τάξεως των 5-8 KWh/m³. Επίσης η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης παρέχει αξιοπιστία σε όλο το εύρος μεγεθών παραγωγής (από λίγα λίτρα έως εκατοντάδες κυβικά μέτρα ανά ημέρα), λόγω και της συμπαγούς και εύκολης σχετικά με τις άλλες μεθόδους κατασκευής της.

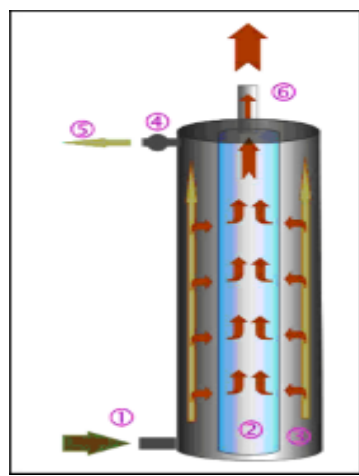
Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζουμε τα αποτελέσματα της παραπάνω σύγκρισης.

Πίνακας 2.1: Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης ^[5]

Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης							
Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Ποιότητα Προϊόντος (TDS)	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	~10	1.000 – 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4 – 6 kWh/m ³	1000 – 2000 €/m ³ /ημέρα
MED	Θαλασσινό	Θερμική	~10	500 – 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 KJ/kg 2,5 – 3 kWh/m ³	850 – 1750 €/m ³ /ημέρα
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	~10	25 – 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 kWh/m ³	1000 – 2350 €/m ³ /ημέρα
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0,4 - >70.000	Ηλεκτρική	< 3 kWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 – 4400 €/m ³ /ημέρα
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~250-500	2,5 – > 50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 kWh/m ³	300 – 2000 €/m ³ /ημέρα
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~300-500	15 – 50.000	Ηλεκτρική	1,5 – 4 kWh/m ³	1000 – 5000 €/m ³ /ημέρα

2.4 Εμβάθυνση στη λειτουργία και την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης

Η αντίστροφη όσμωση συνιστά την άσκηση πίεσης μεγαλύτερη της οσμωτικής στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού), ώστε απ' την άλλη να παραλάβουμε φιλτραρισμένο καθαρό νερό ^[12]. Ο πιο συνηθισμένος τύπος συσκευής είναι αυτός που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το προς καθαρισμό νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) στη συσκευή και καταλαμβάνει το χώρο (3). Υπάρχουν δυο διέξοδοι: η (5) και η (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό εξαναγκάζεται κατά ποσοστό 25% περίπου να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), οπότε και καθαρίζεται και εξέρχεται από την (6) ως προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, παρασύροντας μαζί του και τις ακαθαρσίες στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται.

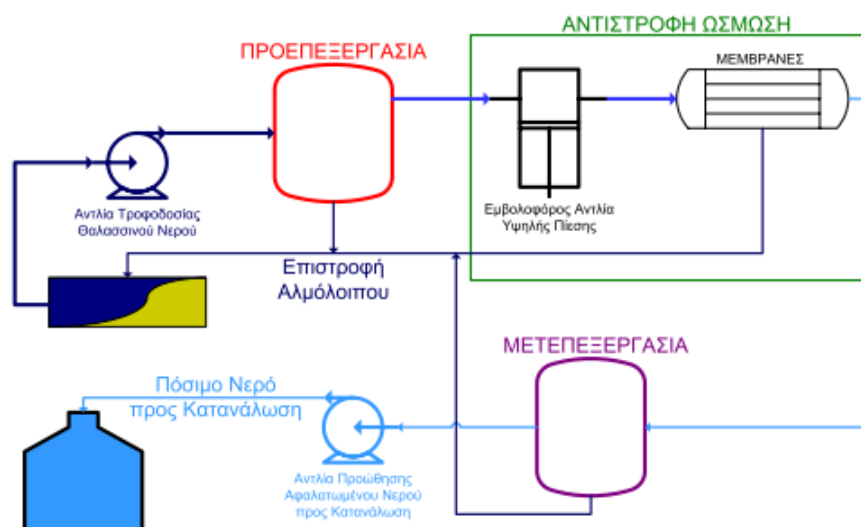


Σχήμα 2.9: Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης όσμωσης ^[12]

Κάθε μονάδα αφαλάτωσης θα αποτελείται από τέσσερα βασικά υποσυστήματα.^{[2],[17]}

- α. το αντλιοστάσιο παροχής θαλασσινού νερού και τους σωλήνες προσαγωγής – απόρριψης
- β. την προεπεξεργασία θαλασσινού νερού
- γ. την κυρίως επεξεργασία (αντίστροφη όσμωση)
- δ. τη μετεπεξεργασία αφαλατωμένου νερού και τη δεξαμενή γλυκού νερού.

Ένα τυπικό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αναπαρίσταται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.



Σχήμα 2.10: Τυπικό σύστημα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού ^[2].

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

Υδροληψία θαλασσινού νερού

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

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

Η μέθοδος που προτιμάται είναι συνήθως οι παράκτιες γεωτρήσεις οι οποίες δίνουν καλύτερη ποιότητα νερού από ότι η ανοικτή θάλασσα. Επιπλέον οι παράκτιες

γεωτρήσεις απαιτούν συνήθως μικρότερες επεμβάσεις και κατασκευαστικές δυσκολίες από ότι τα παράκτια πηγάδια.

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

Προεπεξεργασία θαλασσινού νερού

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

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

Κυρίως επεξεργασία (αντίστροφη όσμωση)

Στο στάδιο του διαχωρισμού στις μεμβράνες, αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν την πίεση που απαιτείται ώστε το νερό να περάσει μέσα από τις μεμβράνες και να απορρίψει τα άλατά του. Αυτή η πίεση είναι μεταξύ 54 και 80 ατμόσφαιρες. Καθώς ένα μέρος του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες, στο υπόλοιπο νερό αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων. Την ίδια στιγμή ένα μέρος του νερού που τροφοδοτείται στις μεμβράνες απορρίπτεται χωρίς να περάσει μέσα από αυτές. Χωρίς αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη, η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό θα συνέχιζε να αυξάνει,

με επακόλουθο την εναπόθεση των υπερκορεσμένων αλάτων και αύξηση της οσμωτικής πίεσης κατά μήκος των μεμβρανών. Η ποσότητα του νερού αυτού είναι μεταξύ 20% και 70% της ροής τροφοδοσίας και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας.

Μετεπεξεργασία αφαλατωμένου νερού

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

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

Είναι φανερό ότι στη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης η ενέργεια που απαιτείται καταναλώνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις αντλίες για τη συμπίεση του νερού. Επειδή η οσμωτική πίεση (που πρέπει να υπερνικηθεί) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων, η αντίστροφη όσμωση είναι η πρώτη επιλογή για υφάλμυρα νερά, με την πίεση λειτουργίας να είναι 15 – 25 bar, ενώ για θαλάσσιο νερό είναι 54–80 bar, αφού η οσμωτική του πίεση είναι περίπου 25 bar. Η σημαντικότερη απώλεια ενέργειας είναι η εκτόνωση της άλμης, όταν βγαίνει με υψηλή πίεση απ' τη συσκευή και γι' αυτό, σε μεγάλες κυρίως μονάδες, υπάρχουν συστήματα ανάκτησης της ενέργειας αυτής, π.χ. υδροστρόβιλοι, με αποτελεσματικότητα μέχρι και 95%.

2.5 Συνδυασμός Συστήματος Αφαλάτωσης Με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν προτείνεται ως καταλληλότερη τεχνολογία αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού η αντίστροφη όσμωση . Για τη παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα διερευνηθεί ο συνδυασμός της αφαλάτωσης με ανεμογεννήτρια ή/και φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Επιπλέον θα περιγραφούν και θα συγκριθούν οι πιθανοί τρόποι συνδυασμού των τεχνολογιών αφαλάτωσης και ΑΠΕ ως **πλήρως αυτόνομα συστήματα** ή **Συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας**

2.5.1 Αιολική ενέργεια - Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες έχουν ως σκοπό την αποτελεσματική αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου^[1]. Οι ανεμογεννήτριες επανήλθαν στο προσκήνιο της ενεργειακής τεχνολογίας στα μέσα της δεκαετίας του '70, κυρίως σαν συνέπεια των διαδοχικών ενεργειακών κρίσεων αλλά και της επιδεινούμενης περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Η κύρια εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοσία της στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ή σε τοπολογία μικρό-δικτύων. Η σύζευξη των ανεμογεννητριών με συστήματα αφαλάτωσης είναι τεχνικά εφικτή. Η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει λύση, ειδικά για τις παράκτιες περιοχές, στις οποίες συνήθως το αιολικό δυναμικό είναι αυξημένο. Το αιολικό δυναμικό θεωρείται γενικά κατάλληλο αν η μέση τιμή της ταχύτητας τους ανέμου είναι πάνω από 5m/s. Στις νησιωτικές περιοχές 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.



Φωτογραφία 2.5: Αιολικό πάρκο στη θέση Κουτσουνοράχη στη Μήλο^[7]

Η κατηγοριοποίηση των ανεμογεννητριών με βάση την ονομαστική τους ισχύ μπορεί να γίνει ως εξής.^[18]

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

Οι τεχνολογία των ανεμογεννητριών είναι αρκετά ώριμη 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 όσμωση 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 τη δυναμικότητα της μονάδας καθώς και από τις αλλαγές στην ισχύ του ανέμου και στην τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης. Πάντως, σε απομονωμένες περιοχές για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού, και όχι αλμυρού, είναι προτιμότερη η αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση από την αντίστροφη όσμωση καθώς είναι λιγότερο ευαίσθητη στην λειτουργία με την μεταβλητή εισερχόμενη ενέργεια που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες.

2.5.2 Ηλιακή ενέργεια - Φωτοβολταϊκά

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια αστείρευτη ενεργειακή πηγή του πλανήτη μας, καθώς ανά πάσα χρονική στιγμή περίπου 173000 TW ηλιακής ισχύος διασχίζουν τα όρια της γήινης ατμόσφαιρας. Παράλληλα η ηλιακή ενέργεια είναι η πλέον αξιοποιούμενη από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στον τομέα κάλυψης των θερμικών αναγκών, ενώ η αντίστοιχη τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς επιδιώκοντας να καταστεί πλήρως ανταγωνιστική εν σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας ^[1].

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από μια διάταξη φωτοβολταϊκών πάνελ και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών είναι συνήθως από σιλικόνη, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα ημιαγωγά υλικά. Στις εφαρμογές που κυκλοφορούν στην αγορά βλέπουμε ότι μπορούν να επιτευχθούν αποδόσεις της τάξης του 15% για μονοκρυσταλλικές κυψέλες σιλικόνης και 10-11% για πολυκρυσταλλικές κυψέλες σιλικόνης. 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 συσκευών 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 τους και η έρευνα για άλλα ημιαγωγά υλικά, όπως το CIS που είναι ευαίσθητο και σε ακτινοβολίες που ανήκουν στην υπέρυθρη 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 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 όσμωσης ήταν επιτυχείς. Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών και αφαλάτωσης συνιστά οικονομικά βιώσιμη και εμπορικά εκμεταλλεύσιμη λύση. Το κατά πόσο η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι ανταγωνιστική με την παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές έχει να κάνει με την δυναμικότητα της μονάδας, με την απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο καθώς και με την συγκέντρωση άλατος στο νερό τροφοδοσίας.



Φωτογραφία 2.6: Φωτοβολταϊκός σταθμός ισχύος 100 kW διασυνδεδεμένος με το σύστημα ^[39]

2.5.3 Υβριδικά συστήματα

Ως υβριδικό ορίζουμε ένα σύστημα στο οποίο υπάρχουν τουλάχιστον δυο διαφορετικές πηγές παροχής ενέργειας ^[18]. Το προφανές πλεονέκτημα μιας τέτοιας λύσης είναι ότι σε περίπτωση κάποιας βλάβης ή, γενικά, αδυναμίας παροχής ενέργειας από την πρώτη πηγή, χρησιμοποιείται η εφεδρική οπότε το σύστημα δεν τίθεται εκτός λειτουργίας εύκολα και αυξάνεται η διαθεσιμότητα του. Ασφαλώς, μια τέτοια επιλογή αυξάνει αρκετά το κόστος επένδυσης και εγκατάστασης της μονάδας, αλλά αυξάνει και την αξιοπιστία του.

Στο πεδίο των μονάδων αφαλάτωσης οι πιο συνηθισμένες επιλογές για υβριδικά συστήματα είναι ο συνδυασμός αιολικής ενέργειας με την σύνδεση σε κάποιο δίκτυο, και τα φωτοβολταϊκά.



Φωτογραφία 2.7: Υβριδικό σύστημα με Α/Γ και φωτοβολταϊκά στο πάρκο του ΚΑΠΕ στο Λαύριο ^[40]

2.5.4 Πλήρως αυτόνομα συστήματα

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από:

- Μονάδα ΑΠΕ (Α/Γ, Φ/Β)
- Ρυθμιστή φόρτισης
- Αποθήκευση ενέργειας
- Μετατροπέα ισχύος

Σε απομονωμένες περιοχές με έλλειψη νερού και υψηλό αιολικό δυναμικό οι αυτόνομες μονάδες αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας αποτελούν μια φιλική προς το περιβάλλον, οικονομική και ενεργειακά αποδοτική λύση για την παραγωγή πόσιμου νερού ^[18]. Η έννοια του αυτόνομου σχετίζεται με τον τρόπο παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα αυτόνομο σύστημα δεν απαιτεί τη σύνδεσή του σε κάποιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς είναι ικανό να παράγει από μόνο του

την απαιτούμενη για τη λειτουργία του ηλεκτρική ενέργεια. Στα αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης επιλέγεται συνήθως η αντίστροφη όσμωση ως τεχνολογία αφαλάτωσης κυρίως λόγω των μικρών ενεργειακών απαιτήσεων που έχει ^[21].

Σημαντική επιλογή για το στήσιμο μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι η διαστασιολόγηση των τμημάτων της μονάδας ώστε να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη παραγωγή νερού με το ελάχιστο δυνατό κόστος επένδυσης και λειτουργίας. Η χαμηλή διαθεσιμότητα μικρών ανεμογεννητριών στην αγορά ήταν περιοριστικός παράγοντας αλλά πλέον έχει αλλάξει η κατάσταση. Σε αυτή την τάση έχει συμβάλλει και η ανάγκη για μικρά αυτόνομα συστήματα.

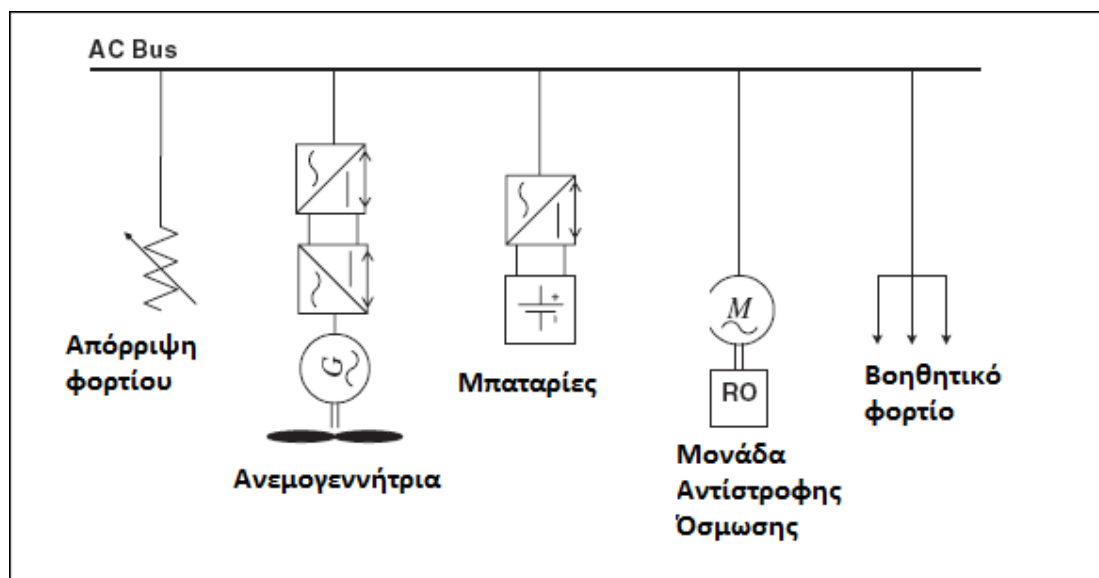
Για να έχουμε κάποια στοιχεία για την συμπεριφορά του συστήματος που σχεδιάζουμε έχουν αναπτυχθεί λογιστικά μοντέλα για την προσομοίωση της λειτουργίας βασισμένα στο ισοζύγιο ισχύος και ενέργειας, κατάλληλα για μακροχρόνια προσομοίωση και για την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας. Η είσοδος τους είναι οι σειρές με την ταχύτητα του ανέμου, ενώ οι σημαντικότερες από τις εξόδους τους είναι η ετήσια παραγωγή νερού, ο αριθμός των Εκκινήσεων/Διακοπών της μονάδας και η παραγωγή και η κατανάλωση της ενέργειας σε διάφορα μέρη της μονάδας. Με την χρήση αυτών των προγραμμάτων μπορούμε να ερευνήσουμε και να πειραματιστούμε πάνω στην επιλογή της στρατηγικής ελέγχου και λειτουργίας, στο μέγεθος της μονάδας αφαλάτωσης, της ανεμογεννήτριας, καθώς και των μπαταριών. Το απόλυτο οικονομικό κριτήριο αξιολόγησης του αυτόνομου συστήματος είναι το κόστος του παραγόμενου νερού.

Η βασική δομή του αυτόνομου συστήματος μικρής ή μεσαίας κλίμακας περιλαμβάνει την ανεμογεννήτρια, τα φωτοβολταϊκά, την μονάδα αφαλάτωσης, την συστοιχία μπαταριών, το φορτίο απόρριψης και τα δευτερεύοντα φορτία, όλα συνδεδεμένα σε ένα κοινό AC ζυγό. Οι ανεμογεννήτριες μεγέθους συνήθως 15-50 KW είναι είτε μηχανές σταθερής ταχύτητας εφοδιασμένες με επαγωγικές γεννήτριες συνδεδεμένες στον AC ζυγό, είτε μηχανές μεταβλητής ταχύτητας που περιλαμβάνουν σύγχρονες γεννήτριες μόνιμου μαγνήτη συνδεδεμένες με το σύστημα μέσω ενός AC/DC/AC μετατροπέα.

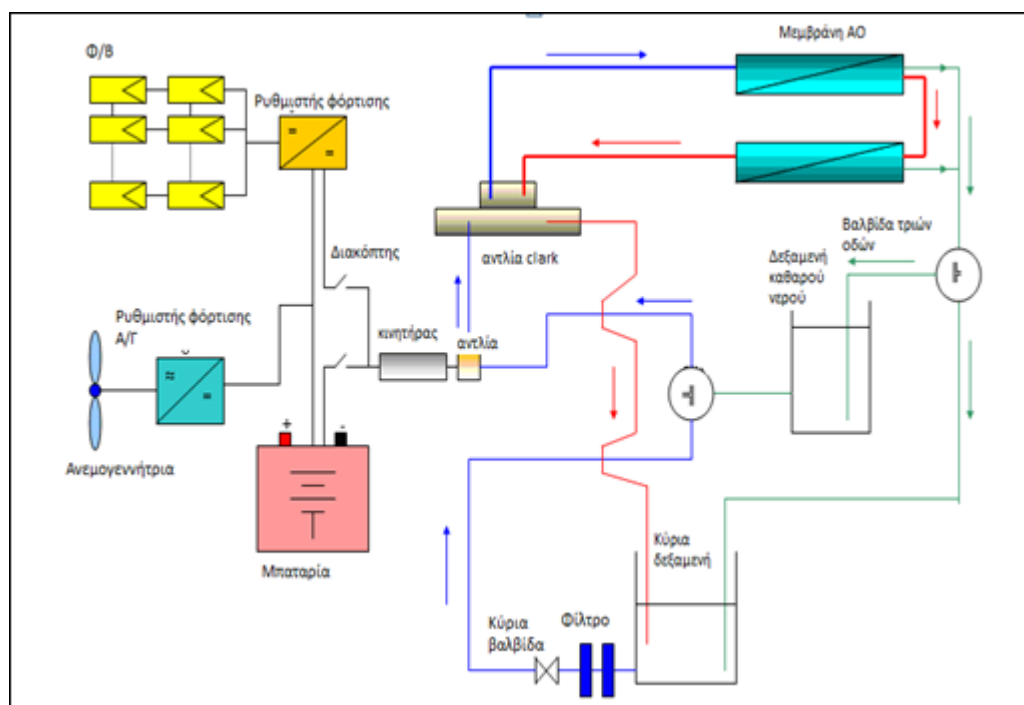
Η επιλογή λειτουργίας του συστήματος M.A. και μονάδας ΑΠΕ ως αυτόνομου δικτύου (island mode), χωρίς δηλαδή σύνδεση με το υφιστάμενο δίκτυο του νησιού, συνήθως απορρίπτεται καθώς δεν αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή μορφοποίησης του συστήματος παρά μόνο σε περιπτώσεις όπου πραγματικά δεν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Η παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ παρουσιάζει έντονη μεταβλητότητα λόγω της στοχαστικότητας των φαινομένων που εκμεταλλεύεται (άνεμος, ηλιακή ακτινοβολία), με αποτέλεσμα λόγω των τεχνικών περιορισμών που συνεπάγεται η συγκεκριμένη συμπεριφορά (έντονες διαταραχές τάσης και συχνότητας, απότομες διακυμάνσεις παραγωγής κλπ) να μην μπορούν από μόνα τους να συντηρήσουν ένα αυτόνομο δίκτυο. Η λειτουργία των συγκεκριμένων μονάδων σε πλήρη αυτονομία θα ήταν

εφικτή μόνο με εφαρμογή σύνθετων μικροδικτύων αποτελούμενων από μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη με χρήση diesel (για τη σταθεροποίηση της τάσης, της συχνότητας και την εξομάλυνση της αποδιδόμενης ενέργειας) ή/και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας.

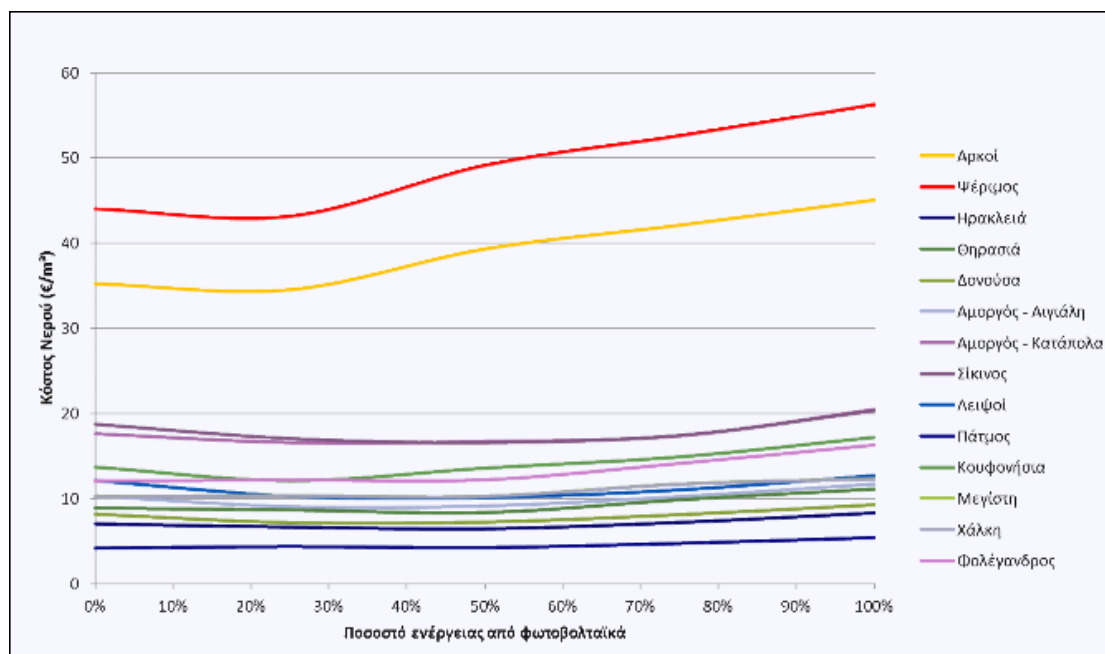


Σχήμα 2.11: Διασύνδεση στοιχείων αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης συνδεδεμένο με Α/Γ [18]



Σχήμα 2.12: Διασύνδεση αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης συνδεδεμένο με φωτοβολταϊκά και Α/Γ [21].

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα στο οποίο φαίνονται ενδεικτικά το Κόστος Παραγόμενου νερού που θα προέκυπτε αν στα άνυδρα νησιά βάζαμε ένα αυτόνομο σύστημα Μονάδας Αφαλάτωσης με Φ/Β [22]



Σχήμα 2.13: Κόστος νερού σε αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με ΑΠΕ

Στο 4^ο και 5^ο κεφάλαιο Παρατηρούμε λοιπόν ότι το ΚΠΝ προκύπτει αρκετά υψηλό σε σχέση με το ΚΠΝ που θα προέκυπτε αν η μονάδα ΑΠΕ συνδεόταν στο δίκτυο (βλ. 4^ο και 5^ο κεφάλαιο).

2.5.5 Συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

Στα συστήματα αυτά η μονάδα αφαλάτωσης καθώς και η μονάδα ΑΠΕ συνδέονται στο δίκτυο. Η παροχή της μονάδας ΑΠΕ σε ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει τις ενεργειακές καταναλώσεις της αφαλάτωσης

Βασική σχεδιαστική λογική των συστημάτων αφαλάτωσης σε σύνδεση με ΑΠΕ είναι η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης να καλύπτεται από αντίστοιχη παραγωγή μονάδων ΑΠΕ, ώστε τελικά να επιτυγχάνεται ισοζύγιο παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας, άρα ενεργειακή αυτονομία των έργων και βέλτιστη από περιβαλλοντικής άποψης αντιμετώπιση του προβλήματος.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα των μονάδων αφαλάτωσης, καθώς και η βέλτιστη εκμετάλλευση του ανανεώσιμου δυναμικού, οι μονάδες αφαλάτωσης συνδέονται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού καταναλώνοντας την απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία τους και

αντίστοιχα οι μονάδες ΑΠΕ να λειτουργούν ως (σχεδόν) ανεξάρτητες μονάδες παραγωγής ενέργειας, διοχετεύοντας την παραγόμενη ενέργειά τους απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού ^[19]. Ωστόσο, η έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια στο δίκτυο δεν θα πρέπει να γίνεται εντελώς ανεξάρτητα από την κατανάλωση ενέργειας από την αφαλάτωση, αλλά να υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους, κάτι που θα δούμε και θα εξηγήσουμε παρακάτω, στο κεφάλαιο της νομοθεσίας.

Ο συνδυασμός των δύο συστημάτων μπορεί να πραγματοποιείται μέσω κεντρικού συστήματος τηλεελέγχου-τηλεχειρισμού το οποίο συντονίζει τη λειτουργία όλων των υποσυστημάτων του έργου και βάσει ειδικών αλγορίθμων επιλέγει τις εκάστοτε συνθήκες φόρτισης των μονάδων αφαλάτωσης ώστε να καλύπτεται με επάρκεια η ζήτηση σε νερό αλλά παράλληλα να μεγιστοποιείται και η διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο, επιτυγχάνοντας σε κάθε περίπτωση θετικό ενεργειακό ισοζύγιο (Παραγωγή Μονάδας ΑΠΕ / Κατανάλωση ενέργειας Μ.Α) ^[20].

2.5.6 Σύγκριση αυτόνομων συστημάτων με τα συνδεδεμένα στο δίκτυο

Θα αναλυθούν στη συνέχεια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των αυτόνομων σε σχέση με τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα αφαλάτωσης με ΑΠΕ, ειδικά για εφαρμογές στα ελληνικά νησιά.

Μειονεκτήματα ^{[19], [20]}

1) Αναπόφευκτη υπερδιαστασιολόγηση συστημάτων

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων για τα ελληνικά νησιά, οι μονάδες αφαλάτωσης θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο των αναγκών των νησιών σε νερό και όχι απλά να συμπληρώνουν το ισοζύγιό τους με περιορισμένες ποσότητες.

Ως εκ τούτου, το σύστημα Μ.Α & μονάδα ΑΠΕ θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα όχι μόνο να καλύπτει τη ζήτηση νερού σε ετήσια βάση και σε επίπεδο ημερήσιας αιχμής, αλλά κυρίως να μπορεί να ανταποκρίνεται άμεσα και στις ημερήσιες διακυμάνσεις της ζήτησης. Βάσει των ανωτέρω, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη κάλυψη της ζήτησης νερού θα πραγματοποιούνταν αναπόφευκτα υπερδιαστασιολόγηση όλων των υποσυστημάτων του έργου (μονάδες αφαλάτωσης, μονάδες ΑΠΕ και δεξαμενές λειτουργίας – τροφοδότησης) ώστε να εξομαλύνεται η ζήτηση, με άμεση και σημαντική επιβάρυνση του κόστους παραγωγής του νερού.

2) Μειωμένη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα συστημάτων

Αυξάνεται σημαντικά η πολυπλοκότητα των συστημάτων με άμεση επιβάρυνση στην αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητά τους. Ας σημειωθεί άλλωστε ότι ελάχιστες παρόμοιες εφαρμογές υπάρχουν παγκοσμίως και από αυτές οι περισσότερες είτε σε

πειραματική μορφή είτε σε μεγέθη πολύ μικρότερα από τα εξεταζόμενα για εφαρμογές στα ελληνικά νησιά.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος του θέματος είναι και η σαφώς μειωμένη δυνατότητα ενός πλήρως αυτόνομου συστήματος να ανταπεξέλθει σε έκτακτα περιστατικά βλαβών, κυρίως των μονάδων ΑΠΕ και όχι τόσο των Μ.Α, λόγω της ιδιαιτερότητας που εμφανίζουν τα νησιά όσον αφορά στην προσβασιμότητά τους λόγω ακτοποικικής σύνδεσης ή/και δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Η εμπειρία από τη λειτουργία μονάδων ΑΠΕ στο νησιωτικό χώρο έχει δείξει ότι θα πρέπει να θεωρείται δεδομένο, ότι κατά τη λειτουργία των έργων θα υπάρξουν δυσκολίες στην αποστολή ανταλλακτικών ή στη μετάβαση στο νησί ειδικευμένων τεχνικών πέραν των μόνιμων συντηρητών που θα απασχολούνται σε κάθε μονάδα, για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.

Για ένα πλήρως αυτόνομο σύστημα ωστόσο, η μη διαθεσιμότητα της μονάδας ΑΠΕ έστω και για μερικές μόνο ημέρες, θα συνεπάγονταν και αδυναμία κάλυψης της ζήτησης σε νερό, ή τη χρησιμοποίηση συμβατικών πηγών ενέργειας για τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

3) Ασυμβατότητα κριτηρίων χωροθέτησης έργων

Θα απαιτούνταν η χωροθέτηση των Μ.Α. και των μονάδων ΑΠΕ στον ίδιο χώρο. Αυτό είναι σαφές μειονέκτημα και θα δυσκόλευε πολύ την υλοποίηση έργων καθώς κριτήρια χωροθέτησης Μ.Α. και μονάδων ΑΠΕ είναι σε αρκετές περιπτώσεις αντικρουόμενα (π.χ η Μ.Α. θα πρέπει να τοποθετηθεί κατά το δυνατόν σε προστατευμένα από πλευράς ανέμου σημεία για την προστασία των υποδομών υδροληψίας, ή κατά το δυνατόν εγγύτερα στους οικισμούς με τις βασικές καταναλώσεις νερού, δεδομένα ασύμβατα με τη χωροθέτηση Α/Γ).

4) Μειωμένος βαθμός εκμετάλλευσης δυναμικού ΑΠΕ

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της ζήτησης νερού στα ελληνικά νησιά είναι η έντονη εποχικότητα που παρουσιάζεται, με τις καταναλώσεις της θερινής περιόδου να είναι πολλαπλάσιες αυτών της χειμερινής περιόδου λόγω της τουριστικής ανάπτυξής τους.

Για το λόγο αυτό σε ένα πλήρως αυτόνομο σύστημα θα έπρεπε όχι μόνο η μονάδα αφαλάτωσης αλλά και η μονάδα ΑΠΕ να διαστασιολογηθεί με βάση την καλοκαιρινή αιχμή, γεγονός το οποίο εκτός από την προφανή επιβάρυνση του κόστους κατασκευής που θα επέφερε, θα είχε ως αποτέλεσμα και την αναπόφευκτη αδυναμία εκμετάλλευσης του ανανεώσιμου δυναμικού κατά την χειμερινή περίοδο.

Ειδικά σε ότι αφορά συστήματα Α/Γ, το αιολικό δυναμικό της χειμερινής περιόδου στα ελληνικά νησιά είναι ιδιαίτερα σημαντικό, σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα ακόμα και ισοδύναμο με αυτό των θερινών μηνών. Ωστόσο, λόγω της αισθητά μειωμένης ζήτησης νερού το χειμώνα, σε ένα αυτόνομο σύστημα το δυναμικό αυτό δεν θα

μπορούσε να αξιοποιηθεί, με αποτέλεσμα ο συντελεστής εκμετάλλευσης της εγκατάστασης ΑΠΕ να είναι πολύ μικρότερος του βέλτιστου δυνατού.

Βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή αυτόνομων συστημάτων έχει και κάποια βασικά πλεονεκτήματα :

1) Λύση σε κορεσμένα ή απομακρυσμένα ηλεκτρικά δίκτυα

Η έννοια του αυτόνομου έχει να κάνει, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, με τον τρόπο της παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, ένα αυτόνομο σύστημα δεν απαιτεί την σύνδεση του σε κάποιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς είναι ικανό να παράγει από μόνο του την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται για την λειτουργία του. Αυτό αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο για την εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης στις απομονωμένες περιοχές όπου, όπως έχει προαναφερθεί, είτε δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου είτε το τοπικό δίκτυο έχει περιορισμένες δυνατότητες και το κόστος χρήσης του είναι υψηλό.

2) Ευκολότερη αδειοδότηση ^[23]

Επειδή τα αυτόνομα συστήματα δεν εμπλέκονται στο ηλεκτρικό σύστημα του νησιού, δεν απαιτείται αδειοδότηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οπότε αποφεύγεται η σχετική αδειοδοτική διαδικασία-γραφειοκρατία και μπορεί να επιτευχθεί ταχύτερη περάτωση του έργου.

Κεφάλαιο 3

3. Θεσμικό πλαίσιο

Η χωροθέτηση τόσο των μονάδων αφαλάτωσης όσο και των μονάδων ΑΠΕ (αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκοί σταθμοί) αποτελεί ένα σύνθετο αντικείμενο το οποίο απαιτεί γνώση της σχετικής νομοθεσίας αλλά και των παραμέτρων κατασκευής και λειτουργίας των έργων ^[19]. Τα σημαντικότερα κριτήρια χωροθέτησης προκύπτουν από την ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος στο μέγιστο δυνατό βαθμό καθώς και την ανάγκη για μη αρνητική επίδραση στην κοινωνική και οικονομική ζωή του τόπου που θα τοποθετηθούν οι μονάδες. Ακολούθως παρατίθενται ορισμένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια χωροθέτησης για κάθε είδος έργου.

3.1 Χωροταξία

3.1.1 Κριτήρια χωροθέτησης Μονάδων Αφαλάτωσης

- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές
- Απόσταση από τουριστικές περιοχές
- Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές ,αρχαιολογικούς χώρους, μνημεία
- Έχει χαρακτηριστεί η περιοχή αιγιαλός ή παραλία ;
- Υψόμετρο θέσης
- Απόσταση από ακτή
- Γεωμορφολογία του εδάφους
- Γεωμορφολογία της ακτής
- Ποιότητα θαλασσινού νερού
- Κατάσταση –μορφολογία βυθού
- Θαλάσσια ρεύματα περιοχής
- Κατεύθυνση ανέμου που δημιουργεί το χειρότερο κυματισμό σε σχέση με προσανατολισμό θέσης πρόσληψης και απόρριψης
- Δυνατότητα κατασκευής έργων πρόσληψης θαλασσινού νερού
- Δυνατότητα κατασκευής έργων απόρριψης του αλμολοίπου

- Επιφάνεια οικοπέδου
- Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού
- Απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ
- Απόσταση από κεντρικό δίκτυο τροφοδοσίας νερού

3.1.2 Κριτήρια χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων

- Διαθέσιμο αιολικό δυναμικό
- Γεωμορφολογία του εδάφους
- Ανοικτός ορίζοντας στις κύριες διευθύνσεις του ανέμου
- Προσανατολισμός κορυφογραμμής σε σχέση με κύριες διευθύνσεις ανέμου
- Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού (αν υπάρχει)
- Απόσταση από δίκτυο ΔΕΗ
- Φυσικά ή ανθρωπογενή εμπόδια για τη ροή του ανέμου (πολύ σύνθετη τοπογραφία, κεραιές)
- Ιδιοκτησιακό καθεστώς
- Επιφάνεια οικοπέδου
- Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές, αρχαιολογικούς χώρους ,μνημεία
- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές
- Απόσταση από τουριστικές περιοχές
- Απόσταση από άλλα αιολικά πάρκα
- Συμβατότητα με υφιστάμενα χωροταξικά σχέδια της περιοχής
- Απόσταση και προσανατολισμός σε σχέση με αεροδρόμια και ραντάρ

3.1.3 Κριτήρια χωροθέτησης Φωτοβολταϊκών σταθμών

- Διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό
- Γεωμορφολογία εδάφους

- Ανοικτός ορίζοντας από ανατολή έως δύση
- Προσανατολισμός κορυφογραμμής προς νότο
- Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού (αν υπάρχει)
- Απόσταση από δίκτυο ΔΕΗ
- Φυσικά ή ανθρωπογενή εμπόδια για τη ροή του ανέμου (πολύ σύνθετη τοπογραφία, κεραίες)
- Ιδιοκτησιακό καθεστώς
- Επιφάνεια οικοπέδου
- Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές, αρχαιολογικούς χώρους ,μνημεία
- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές
- Απόσταση από τουριστικές περιοχές
- Συμβατότητα με υφιστάμενα χωροταξικά σχέδια της περιοχής
- Ανήκει το οικόπεδο σε γη υψηλής παραγωγικότητας ;
- Απόσταση από άλλους ΦΒ σταθμούς

3.2 Νομοθεσία

3.2.1 Νομοθετικό πλαίσιο

Η αδειοδότηση , κατασκευή και λειτουργία των έργων πραγματοποιείται ^[2] :

Για τις **Μονάδες Αφαλάτωσης** σύμφωνα με τις διατάξεις :

- Του Ν. 3851/2010 ΦΕΚ 85 Α «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις»
- Του Ν. 3325/05 ΦΕΚ 68Α περί ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων
- Του Ν. 1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος

- Του Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ »
- Της ΚΥΑ 11014/703/Φ104/2003 περί διαδικασίας Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης και Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων
- Της ΚΥΑ 69269/1990 ΦΕΚ 678B περί κατάταξης έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και καθορισμού μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Για τις **μονάδες ΑΠΕ** σύμφωνα με τις διατάξεις

- Του Ν. 3851/2010 ΦΕΚ 85 Α «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις»
- Του Ν. 3468/2006 ΦΕΚ 129 Α «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και λοιπές διατάξεις »
- Του Ν. 1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος
- Του Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ »
- Της ΥΑ 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ ΦΕΚ 663Α/2006 περί διαδικασίας Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης και Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων έργων ΑΠΕ
- Της ΥΑ 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ ΦΕΚ 663Α /2006 για το περιεχόμενο των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων , των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος έργων ΑΠΕ
- Της ΥΑ Δ6/Φ1/οικ13310 ΦΕΚ 1153B/2007 διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

3.2.2 Ο Νέος νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Ν.3851/2010

Ο νέος νόμος για τις ΑΠΕ θέτει ένα νέο πλαίσιο αδειοδότησης και υλοποίησης των έργων ΑΠΕ, αλλά και των μονάδων αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, στο άρθρο 3 του ν. 3468/2006 προστίθεται η παράγραφος 12 ως εξής:

«12. Κατά τη χορήγηση της άδειας παραγωγής ή εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης της άδειας αυτής για σταθμούς Α.Π.Ε. σε νησιά, οι αιτήσεις για την εγκατάσταση σταθμών Α.Π.Ε που συνδυάζονται με εγκατάσταση μονάδας παραγωγής πόσιμου νερού ή νερού άλλης χρήσης, μέσω αφαλάτωσης, ικανοποιούνται κατ' απόλυτη προτεραιότητα, εφόσον η εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας Α.Π.Ε. δεν υπερβαίνει κατά 25% την εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας αφαλάτωσης, και υπό την προϋπόθεση ότι έχουν συναφθεί συμβάσεις μεταξύ του αιτούντος και της Γενικής Γραμματείας Αιγαίου ή του οικείου ή των οικείων Ο.Τ.Α. για τη διάθεση των παραγόμενων ποσοτήτων νερού. Στις περιπτώσεις αυτές ο χρόνος ισχύος της χορηγούμενης άδειας συναρτάται προς τον χρόνο ισχύος της σύμβασης. Η δυνατότητα ένταξης της ως άνω μονάδας Α.Π.Ε. κρίνεται κατόπιν ειδικής τεχνικοοικονομικής μελέτης που εκπονείται από τον αιτούντα. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη μονάδα ΑΠΕ συμψηφίζεται, σε ωριαία βάση, με την καταναλισκόμενη από την μονάδα αφαλάτωσης. Το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος σύμφωνα με τα ισχύοντα για τους αυτοπαραγωγούς. Με τον Κανονισμό Αδειών που προβλέπεται στην παράγραφο 3 του άρθρου 5, καθορίζονται η διαδικασία χορήγησης και ανάκλησης σε περίπτωση μη υλοποίησης της μονάδας αφαλάτωσης της ανωτέρω άδειας και κάθε ειδικότερο θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας.» ¹²⁴¹

Μπορούμε να συνοψίσουμε την παραπάνω παράγραφο του Νόμου ως εξής:

Δίνεται προτεραιότητα στην αδειοδότηση μονάδων ΑΠΕ με αφαλάτωση, εφόσον:

- η ισχύς του σταθμού ΑΠΕ δεν υπερβαίνει κατά 25% την ισχύ τα αφαλάτωσης,
- και υπό την προϋπόθεση ότι έχουν συναφθεί συμβάσεις πώλησης του νερού
- Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη μονάδα Α.Π.Ε. συμψηφίζεται, σε ωριαία βάση, με την καταναλισκόμενη από την μονάδα αφαλάτωσης.
- Το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος σύμφωνα με τα ισχύοντα για τους αυτοπαραγωγούς.

Σχολιασμός και ερμηνεία της Νομοθεσίας – σενάρια λειτουργίας μονάδων αφαλάτωσης

Διαστασιοποιείται αρχικά η μονάδα αφαλάτωσης και στη συνέχεια υπολογίζεται η (μέγιστη) ισχύς της μονάδας ΑΠΕ που μπορεί να εγκατασταθεί προσαυξάνοντας την ισχύ της αφαλάτωσης κατά ποσοστό 25%. Κατόπιν γίνεται η επιλογή της κατάλληλης Ανεμογεννήτριας ή/και Φωτοβολταϊκών. Θα εξεταστούν 3 σενάρια που αφορούν διαφορετική εφαρμογή-ερμηνεία του παραπάνω άρθρου από πιθανό επενδυτή.

Σενάριο 1^ο

Προτεραιότητα στην αφαλάτωση

Σε αυτό το σενάριο πρώτα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και έπειτα το πλεόνασμα από ΑΠΕ διατίθεται στο δίκτυο. Εφόσον, η παραγωγή της μονάδας ΑΠΕ είναι μεγαλύτερη από τις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης, τότε θα διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστό 20% της παραγόμενης ισχύος.

Αν έχουμε παραγωγή ενέργειας και από Ανεμογεννήτριες και από Φωτοβολταϊκά τότε ο παραγωγός θα δίνει, όταν αυτό είναι δυνατό, το πλεόνασμα της ενέργειας (ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ-ενέργεια που καταναλώνεται από αφαλάτωση) στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος από Φ/Β και 20% της παραγόμενης ισχύος από Α/Γ.

Σενάριο 2^ο

Πλεόνασμα πρώτα στο δίκτυο

Το 20% της παραγόμενης ισχύος από τη μονάδα ΑΠΕ θα διατίθεται πάντα στο δίκτυο και η υπόλοιπη ενέργεια θα διατίθεται για να καλύψει ένα μέρος των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης.

Σενάριο 3^ο

Προτεραιότητα στην αφαλάτωση και κάλυψη της επιτρεπόμενης περίσσειας κατά προτεραιότητα με Φωτοβολταϊκά

Και εδώ, όπως και στο 1^ο σενάριο, πρώτα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και έπειτα το πλεόνασμα από ΑΠΕ (αν υπάρχει) διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος. Ωστόσο, η διαφορά με το πρώτο σενάριο είναι ότι στην περίπτωση που έχουμε παραγωγή ενέργειας και από Ανεμογεννήτριες και από Φωτοβολταϊκά τότε ο παραγωγός θα δίνει όταν αυτό είναι δυνατό το πλεόνασμα της ενέργειας στο δίκτυο από τα Φωτοβολταϊκά αφού η τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από αυτά είναι μεγαλύτερη (0,45 €/kWh) σε σχέση με την ενέργεια από Α/Γ (0,09945 €/kWh).

3.3 Αφαλάτωση και Περιβάλλον

Για να αξιολογήσουμε την επίδραση της αφαλάτωσης στο περιβάλλον πρέπει να αξιολογηθούν οι επιμέρους εισροές (inputs) και οι εκροές (outputs) της αφαλάτωσης και οι σχέσεις της καθεμιάς εξ αυτών με το περιβάλλον ^[26]. Κάθε είσοδος και έξοδος για την διεργασία της αφαλάτωσης έχει μια θετική ή αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Με τα κατάλληλα μέτρα άμβλυνσης αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ενώ τα θετικά αποτελέσματα μπορούν να πολλαπλασιαστούν. Από μελέτη των διαφόρων παραμέτρων μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η αφαλάτωση και το περιβάλλον, δεν χρειάζεται να είναι ανταγωνιστικά, αλλά συμπληρωματικά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μία κατάσταση θετική και για τα δύο (win-win situation).

3.3.1 Απαιτούμενα αφαλάτωσης (εισροές)

- Αλμυρό ή υφάλμυρο νερό: πρέπει να είναι καλής ποιότητας με χαμηλό κίνδυνο ρύπανσης ή μόλυνσης. Το θαλασσινό νερό μπορεί να ληφθεί είτε μέσω ανοικτής θαλάσσης, είτε μέσω πηγαδιών ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες. Στη περίπτωση της ανοικτής θαλάσσης, το θαλάσσιο περιβάλλον πρέπει να είναι μακριά από τα λιμάνια ή από περιοχές με υψηλό κίνδυνο διαρροής πετρελαίου ή της ρύπανσης από τα πλοία ή επιφανειακές εκροές.
- Χημικές ουσίες για την προεπεξεργασία του θαλασσινού νερού και μετεπεξεργασία του αφαλατωμένου νερού. Αυτές οι χημικές ουσίες πρέπει να είναι ασφαλείς για την επεξεργασία του πόσιμου νερού.
- Χημικές ουσίες κατά της διάβρωσης και για τον καθαρισμό των μεμβρανών.
- Ενέργεια: ηλεκτρική για τη λειτουργία των αντλιών υψηλής πίεσης στην αντίστροφη όσμωση (RO) και θερμική για την απόσταξη του νερού στις θερμικές διεργασίες.
- Γη για την κατασκευή της μονάδας.

3.3.2 Προϊόντα αφαλάτωσης (εκροές)

Η διαδικασία της αφαλάτωσης έχει τις ακόλουθες εκροές:

- Άλμη: αποτελείται από ένα ρεύμα νερού με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Στην περίπτωση της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τη μέθοδο

της αντίστροφης όσμωσης, η περιεκτικότητα της άλμης σε αλάτι είναι σχεδόν διπλάσια από εκείνη του θαλασσινού νερού, ενώ σε μέθοδο με θερμική διεργασία η περιεκτικότητα της άλμης σε αλάτι είναι περίπου 10% περισσότερη από ότι στο θαλασσινό νερό. Αυτό το ρεύμα νερού περιέχει επίσης χημικά καθαρισμού μεμβράνης και άλλες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη κλιμάκωση και τον έλεγχο της διάβρωσης.

- **Αφαλατωμένο νερό** συγκεκριμένης ποιότητας
- **Θόρυβος** που παράγεται από τις αντλίες υψηλής πίεσης και από άλλα μηχανήματα που αποτελούν τη μονάδα.

3.3.3 Κύρια σημεία της αφαλάτωσης

Οι πιο σημαντικοί προβληματισμοί που αφορούν τη μονάδα αφαλάτωσης σε σχέση με το περιβάλλον είναι οι ακόλουθοι :

- τοποθεσία – χωροθέτηση της μονάδας
- διάθεση της άλμης
- ενεργειακά ζητήματα

Παρακάτω ακολουθούν οι διαδικασίες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της καλύτερης θέσης για την εγκατάσταση της μονάδας, για τη διάθεση της άλμης και την επιλογή του είδους ενέργειας

3.3.4 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης

Η μονάδα πρέπει να ανεγερθεί σε χώρο που είναι αποδεκτός από την άμεσα επηρεασμένη κοινότητα καθώς και από τον ιδιοκτήτη του οικοπέδου. Αφού λοιπόν κατασκευαστεί το εργοστάσιο, αυτό πρέπει να έχει την αποδοχή της κοινότητας σε ζητήματα κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Συνιστάται η ακόλουθη διαδικασία για την επιλογή της θέσης ^{[25],[26]}.

1. Ορίζουμε κριτήρια για την επιλογή του χώρου. Τα κριτήρια αυτά θα πρέπει συμφωνηθούν από τις άμεσα επηρεασμένες κοινότητες και περιβαλλοντολόγους, αν αυτό είναι δυνατόν.
2. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, επιλέγουμε εναλλακτικές τοποθεσίες για την ανέγερση του εργοστασίου. Γι' αυτές τις τοποθεσίες πραγματοποιούμε μελέτη θέσεων.
3. Από τις επιλεγμένες τοποθεσίες επιλέγουμε τον ελάχιστο αριθμό των τοποθεσιών (3-5) που έχουν το υψηλότερο ποσοστό αποδοχής και δεν παρουσιάζουν εμφανή περιβαλλοντικά προβλήματα εάν επιλεγούν.
4. Διενεργούμε την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (environmental impact assessment study - EIAS) και, σύμφωνα με τα

ευρήματα της μελέτης, επιλέγουμε την πιο κατάλληλη περιοχή από περιβαλλοντικής άποψης.

Θα αναλύσουμε τώρα τα κριτήρια χωροθέτησης της μονάδας μερικά από τα οποία αναφέρθηκαν επιγραμματικά παραπάνω, στην παράγραφο 3.1.1.

- Η μονάδα αφαλάτωσης πρέπει να εγκατασταθεί έξω από κατοικημένες ή τουριστικές περιοχές καθώς και έξω από προστατευόμενες περιοχές ή περιοχές που δηλώθηκαν ως περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος και αυτό λόγω του ότι το εργοστάσιο ενδέχεται να παράγει θόρυβο. Υπάρχει επίσης κίνδυνος για την δημόσια ασφάλεια από την αποθήκευση και μεταφορά χημικών ουσιών.
- Η μονάδα θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο δίκτυο παροχής ενέργειας. Αυτό θα μειώσει το κόστος από την μεταφορά ενέργειας και παράλληλα θα μειωθούν οι δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη μεταφορά της ενέργειας.
- Η μονάδα θα πρέπει να είναι κοντά στην ακατέργαστη πηγή νερού και στην περιοχή απόρριψης της άλμης. Έτσι, η ποιότητα του ακατέργαστου νερού είναι ασφαλής και η απόσταση του θαλασσινού νερού και της μεταφοράς της άλμης ελαχιστοποιείται και επομένως ο κίνδυνος για τη ρύπανση του νερού μειώνεται. Μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, πρέπει να βρίσκονται κοντά στην ακτή. Το θαλασσινό νερό πρέπει να είναι καλής ποιότητας και ο κίνδυνος της ρύπανσης ή μόλυνσης πρέπει να είναι πολύ απομακρυσμένα (η πρόσληψη να είναι μακριά από λιμάνια ή σημεία απόρριψης νερού αμφιβόλου ποιότητας).
- Η μονάδα θα πρέπει να είναι κοντά στο υπάρχον δίκτυο διανομής νερού ή κοντά στην πόλη έτσι ώστε να παρέχεται αφαλατωμένο νερό, μειώνοντας έτσι το κόστος της μεταφοράς του νερού και της άντλησης καθώς και την αποφυγή εγκατάστασης πρόσθετων αγωγών.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω κριτήρια καθώς και αυτά που αναφέρθηκαν επιγραμματικά στην παράγραφο 3.1.1, και σε συνεργασία με τις τοπικές αρχές, διάφορα πιθανά σημεία σημειώνονται στο χάρτη. Για αυτές τις θέσεις μία ειδική μελέτη που ονομάζεται "μελέτη επιλογής θέσης" (site selection study) γίνεται από μια ομάδα συμβούλων που περιλαμβάνει έναν μηχανικό με γνώση στα θέματα υδρολογίας, έναν χωροτάκτη-σχεδιαστή πόλης, έναν γεωλόγο, έναν βιολόγο με ειδίκευση στα θέματα της θάλασσας, έναν μηχανολόγο μηχανικό, έναν περιβαλλοντολόγο καθώς και εκπροσώπους από της τοπικής διοίκησης και των κατοίκων, έτσι ώστε να διασφαλίζονται τα συμφέροντα της τοπικής κοινωνίας. Ο στόχος της μελέτης είναι να επιλεγούν μερικές κατάλληλες τοποθεσίες για την εγκατάσταση της μονάδας, κυρίως λαμβάνοντας υπόψη τις τοπογραφικές, κοινωνικές,

οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και τα συμφέροντα της τοπικής κοινωνίας και της περιοχής.

Η τελική επιλογή της θέσης γίνεται αφού ολοκληρωθεί η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (EIAS). Η μελέτη αυτή εξετάζει όλα τα περιβαλλοντικά στοιχεία, αξιολογεί τις επιπτώσεις στο περιβάλλον – θετικές ή δυσμενείς – και διατυπώνει συστάσεις για μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος σε σχέση με την επιλεγμένη τοποθεσία.

3.3.5 Διάθεση της άλμης

Όπως προαναφέρθηκε η άλμη αποτελείται από ένα ρεύμα νερού με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Το συμπυκνωμένο θαλασσινό νερό από τις μονάδες αφαλάτωσης οδηγείται στη θάλασσα με ελεύθερη ροή μακριά από το σημείο προσαγωγής.

Απόρριψη της άλμης στη θάλασσα

Δεδομένου ότι γίνεται σωστή διάθεση και διάλυση στο απορριπτόμενο ρεύμα, το οποίο περιέχει κυρίως άλατα του θαλασσινού νερού με μικρές ποσότητες από άλλες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία του χημικού καθαρισμού των μεμβρανών καθώς και για τον έλεγχο της διάβρωσης, δεν αναμένονται προβλήματα ρύπανσης ή μόλυνσης^[26]. Τα προβλήματα για τη διάθεση της άλμης στη θάλασσα που είναι κυρίως η διατάραξη του θαλάσσιου βυθού κατά την κατασκευή και τη διάλυση της συγκέντρωσης του άλατος αντιμετωπίζονται ως εξής :

- Ελαχιστοποιούμε τις αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο βυθό και στη θαλάσσια ζωή: Κάνοντας προσεκτική επιλογή της διαδρομής του αγωγού και εγκατάσταση του σωλήνα χωρίς μεγάλη επίδραση στο πυθμένα της θάλασσας και στο θαλάσσιο περιβάλλον και αποφεύγοντας τη χρήση εκρηκτικών υλών μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε τις δυσμενείς επιπτώσεις.
- Ελαχιστοποιούμε τις επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης. Αυτό αφορά στη συγκέντρωση των αλάτων στο περιβάλλοντα χώρο γύρω από το σημείο της διάθεσης της άλμης. Η θέση του σημείου εκβολής (βάθος του νερού, απόσταση από την ακτή, ύψωμα πάνω από το βυθό και τοπογραφία του σημείου και της περιοχής) και το σχήμα του διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για τη γρήγορη ανάμειξη με το θαλασσινό νερό και την αραίωση και διάχυση των αλάτων με τα μεγαλύτερης μάζας σώματα. Η γνώση των ρευμάτων που επικρατούν στην περιοχή και της τοπογραφίας της περιοχής είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή του πιο κατάλληλου σημείου απόρριψης άλμης. Ένα μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης της απόρριψης της άλμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βρεθεί η συγκέντρωση

του άλατος γύρω από το σημείο απόρριψης χρησιμοποιώντας τη συγκέντρωση της άλμης, τη συγκέντρωση του θαλασσινού νερού, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και τη γεωμετρία του σημείου εκβολής και την τοπογραφία της περιοχής.

- Η διάθεση της άλμης απαιτεί ειδική μελέτη - μια έρευνα για τη ζωή των ψαριών στην περιοχή εκβολής (εντός περιμέτρου 200 μ. και άνω). Τα είδη των βενθικών οργανισμών πρέπει να καταγράφονται και να μελετηθούν σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης. Τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης, σε συνδυασμό με τα άλλα πορίσματα και λαμβάνοντας υπόψη τις αντίστοιχες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την προστασία της θάλασσας πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουμε και να επιλέξουμε το σημείο της εκβολής της απόρριψης της άλμης.
- Θαλάσσια παρακολούθηση του περιβάλλοντος - τα συμπεράσματα του μοντέλου προσομοίωσης για τις επιπτώσεις της άλμης στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να ελεγχθούν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μονάδας. Για το εργοστάσιο της Δεκέλειας στην Κύπρο (δυναμικότητα 60.000 κ.μ την ημέρα), τα αποτελέσματα ελέγχου που διενεργούνταν κάθε 6 μήνες για 4 χρόνια έχουν δείξει ότι η κατάσταση γύρω από το σημείο εκβολής είναι σταθερή και ότι η επίδραση στη θαλάσσια ζωή είναι η ελάχιστη δυνατή και περιορίζεται σε μια περιοχή ακτίνας 200 μέτρων από το σημείο εκβολής.

3.4 Κόστος αφαλάτωσης

Το κόστος των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες ^[36] :

- Κόστος αρχικής επένδυσης
- Κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Κόστος παραγόμενου νερού

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

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

της εγκατάστασης της μονάδας αφαλάτωσης, καθώς και στο κονδύλι των «απροβλέπτων».

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

Είναι προφανές ότι για την οικονομική αξιολόγηση μιας μονάδας αφαλάτωσης υπολογίζεται το άθροισμα των κοστών που αναφέρθηκαν παραπάνω σε €/m³.

Μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει το κόστος παραγωγής του αφαλατωμένου νερού είναι το μέγεθος της μονάδας αφαλάτωσης (οικονομία κλίμακας). Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με δυναμικότητα 5.000 m³/ημέρα έχει κόστος παραγόμενου νερού κατά μέσο όρο 1,5€/m³ ενώ όταν η δυναμικότητα αυξηθεί σε 20.000 m³/ημέρα το κόστος μειώνεται σε 0,75€/m³ κατά μέσο όρο.

Το κόστος του παραγόμενου νερού με ΑΠΕ (€/m³) εξαρτάται βασικά από:

- την αλατότητα (υφάλμυρο ή θαλασσινό)
- την τεχνολογία και το δυναμικό ΑΠΕ της περιοχής
- τη δυναμικότητα της μονάδας
- τοπικά χαρακτηριστικά (π.χ. κόστος γης, εργατικό κόστος, υδροληψία)

Αναλυτικότερα, τάξη κόστους του παραγόμενου νερού, ανάλογα με την δυναμικότητα και ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη πηγή ενέργειας, φαίνεται στους παρακάτω πίνακες :

Πίνακας 3.1: Κόστος παραγόμενου νερού ανάλογα με την αλμυρότητα και τη δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης ^[37]

Είδος νερού που χρησιμοποιείται	Δυναμικότητα μονάδας αφαλάτωσης (m ³ /ημέρα)	Κόστος (€/m ³)
Υφάλμυρο	<1.000	0,63- 1,06
	5.000 - 60.000	0,21- 0,43
Θαλασσινό	<1.000	1,78- 9,00
	1.000 - 5.000	0,56- 3,15
	12.000 - 60.000	0,35- 1,30
	>60.000	0,40- 0,80

Πίνακας 3.2 : Κόστος παραγόμενου νερού ανάλογα με την αλμυρότητα και τη πηγή ενέργειας ^[37]

Είδος νερού που χρησιμοποιείται	Πηγή Ενέργειας	Κόστος (€/m ³)
Υφάλμυρο (αλατότητα < 10000 ppm)	Συμβατική	0,21- 1,06
	Φ/Β	4,5- 10,32
Θαλασσινό (αλατότητα > 10000 ppm)	Γεωθερμία	2,00
	Συμβατική	0,35- 2,70
	Άνεμος	1,00- 5,00
	Φ/Β	3,14- 9,00

Στον ακόλουθο πίνακα (βλ. κεφάλαιο 2, «Τεχνολογίες αφαλάτωσης») γίνεται μία σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζεται το κόστος της εγκατάστασης μονάδας αφαλάτωσης για διαφορετικές μεθόδους.

Πίνακας 3.3: Κόστος εγκατάστασης ανάλογα με τη μέθοδο αφαλάτωσης [38]

Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης							
Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Ποιότητα Προϊόντος (TDS)	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	~10	1.000 – 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4 – 6 KWh/m ³	1000 – 2000 €/m ³ /ημέρα)
MED	Θαλασσινό	Θερμική	~10	500 – 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 KJ/kg 2,5 – 3 KWh/m ³	850 – 1750 €/m ³ /ημέρα)
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	~10	25 – 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 KWh/m ³	1000 – 2350 €/m ³ /ημέρα)
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0,4 - >70.000	Ηλεκτρική	< 5 KWh/m ³ < 3 KWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 – 4400 €/m ³ /ημέρα)
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~250-500	2,5 – > 50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 KWh/m ³	300 – 2000 €/m ³ /ημέρα)
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~300-500	15 – 50.000	Ηλεκτρική	1,5 – 4 KWh/m ³	1000 – 5000 €/m ³ /ημέρα)

Μία ακόμη παράμετρος που επηρεάζει το τελικό κόστος του παραγόμενου νερού είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας της μονάδας. Αυτός ερμηνεύεται ως ποσοστό του χρόνου που η μονάδα αφαλάτωσης παράγει ποσότητα ίση ή μικρότερη της ονομαστικής ετήσιας δυναμικότητας. Π.χ.: Μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση, δυναμικότητας 100 m³/ημέρα, παράγει 100x365x1 = 36500 m³/έτος με συντελεστή διαθεσιμότητας 100%. Ενώ αν η ίδια μονάδα λειτουργεί 10% του χρόνου με δυναμικότητα λιγότερη από 365 m³/d, τότε η ετήσια παραγωγή θα είναι 100 x 365 x 0.9 = 32850 m³/έτος. Όταν αυξάνεται ο συντελεστής διαθεσιμότητας, αυξάνεται και το ετήσιο μεταβλητό κόστος λειτουργίας, αλλά συνήθως τα έσοδα από την πώληση του νερού υπερκαλύπτουν αυτό το αυξημένο κόστος.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος του παραγόμενου νερού, κυρίως από μονάδα αντίστροφης όσμωσης είναι η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, δηλαδή η αλατότητα, η θερμοκρασία, η θολότητα, η ύπαρξη οργανικής ουσίας, η ύπαρξη χημικών στοιχείων όπως το πυρίτιο, μαγνήσιο και το κάλιο.

Η αύξηση της αλατότητας του νερού τροφοδοσίας αυξάνει το αρχικό κόστος κατασκευής της μονάδας, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας γενικά μειώνει το κόστος παραγωγής αλλά καταστρέφει τις συστοιχίες των μεμβρανών. Τέλος, οι χημικές ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό τροφοδοσίας αυξάνουν το κόστος της επεξεργασίας που πρέπει να προηγηθεί, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η ποιότητα του προς χρήση νερού. Η απαιτούμενη υψηλή ποιότητα του πόσιμου νερού αυξάνει σημαντικά το συνολικό κόστος της μονάδας. Ο τρόπος διαχείρισης της άλμης επίσης επηρεάζει το κόστος, με την απόρριψη της άλμης στην θάλασσα να είναι η πιο φθηνή λύση.

3.5 Τιμολόγηση νερού

3.5.1 Η παραδοσιακή προσέγγιση & η νέα πραγματικότητα

Το νερό αποτελεί όχι μόνο δημόσιο αγαθό που πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες της κοινωνίας διαχρονικά και με σεβασμό στο οικοσύστημα, αλλά και βασικό παραγωγικό συντελεστή του οικονομικού συστήματος ^[27]. Απαιτείται λοιπόν μια προσέγγιση, η οποία θα θεωρεί το νερό ως δημόσιο αγαθό (δυνητικά σε ανεπάρκεια) χωρίς να παραγνωρίζει το ρόλο του στο οικονομικό σύστημα.

Η παραδοσιακή προσέγγιση χαρακτηρίζει το νερό ως ένα αγαθό ελεύθερο και δημόσιο υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι το νερό

- είναι προσβάσιμο από όλους, χωρίς παραγωγική προσπάθεια
- διατίθεται σε απεριόριστες ποσότητες και
- διατίθεται, στη φυσική του μορφή, σε κατάλληλη ποιότητα.

Η παραδοσιακή προσέγγιση μπορεί να ίσχυε κατά το παρελθόν, σήμερα όμως είναι προβληματική, καθώς το πρόβλημα της ποσοτικής και ποιοτικής ανεπάρκειας του νερού είναι αισθητό σε πολλές περιοχές του πλανήτη και επιτείνεται. Η διατήρηση της παραδοσιακής αυτής προσέγγισης υπό τις νέες συνθήκες μπορεί να αποτελέσει αιτία για την κακή διαχείριση των υδατικών πόρων.

Επιπρόσθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η παροχή αλλά και η ασφαλής διάθεση του χρησιμοποιημένου νερού δεν είναι εφικτή χωρίς την παραγωγική προσπάθεια και τη κατανάλωση και άλλων πόρων (εργασία, κεφάλαιο και άλλοι φυσικοί πόροι). Για να φτάσει το πόσιμο νερό στα σπίτια ή το αρδευτικό νερό στις καλλιέργειες απαιτούνται ένας μεγάλος αριθμός έργων και ενέργειας (αντλιοστάσια, αγωγοί μεταφοράς, μονάδες επεξεργασίας του νερού, κ.ά.).



Φωτογραφία 3.1: Σταγόνα νερό στα χέρια ενός ανθρώπου ^[28]

3.5.2 Διεθνείς και Ευρωπαϊκές Πολιτικές & Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά

Στη Διεθνή Διάσκεψη του Δουβλίνου, το 1992, υιοθετήθηκαν οι βασικές αρχές σχετικά με το νερό, μεταξύ των οποίων αναφέρεται ότι:

- το νερό είναι πεπερασμένος και ευαίσθητος φυσικός πόρος, απαραίτητος για τη διατήρηση της ζωής, την ανάπτυξη και το περιβάλλον
- η διαχείριση του νερού πρέπει να βασίζεται στην αρχή της συμμετοχής της κοινωνίας
- το νερό έχει οικονομική αξία σε όλες τις ανταγωνιστικές μεταξύ τους χρήσεις και πρέπει να αναγνωριστεί ως οικονομικό αγαθό.

Το 2002 σε σύνοδο του ΟΗΕ στη Νέα Υόρκη υιοθετήθηκε η προσέγγιση του νερού ως αγαθού με αξία

- Περιβαλλοντική
- Κοινωνική
- Οικονομική

Η βασική κατεύθυνση είναι από την πολιτική αποτροπής της στρέβλωσης της οικονομίας της αγοράς να πάμε προς την πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος ως αυθύπαρκτης αξίας με άσκηση κοινής περιβαλλοντικής πολιτικής των χωρών μελών. Παρακάτω αναφέρονται οι κύριοι στόχοι που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση για το νερό:

- Συνύπαρξη και συγκερασμός πολιτικών απορρύθμισης και πολιτικών υπερρύθμισης (μύθος αόρατου χεριού)
- Ενίσχυση του ρόλου της κοινωνίας των περιβαλλοντικά ευαίσθητων πολιτών της Ευρώπης
- «Εσωτερίκευση» στην τιμή του νερού του «εξωτερικού» κόστους της περιβαλλοντικής υποβάθμισης

Περιβαλλοντική υποβάθμιση ως «εξωτερικό» κόστος:

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος (όπως και πολλές ακόμα βασικές πλευρές του οικονομικού συστήματος) δεν εντάσσεται στο μηχανισμό της αγοράς και αποτελεί αρνητικό εξωτερικό κόστος. Απαιτείται και εδώ η διόρθωση της ανεπάρκειας του

μηχανισμού της αγοράς με την άμεση ή έμμεση ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους. Γι' αυτό κρίνεται υποχρεωτική η χρήση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας ή/και άλλων καθαρότερων (και πιθανώς ακριβότερων) πρώτων υλών & ενεργειακών πόρων. Επίσης πρέπει να υιοθετηθούν κατάλληλες οικονομικές πολιτικές από την πολιτεία (π.χ. πρόσθετοι φόροι, νέες τιμολογιακές πολιτικές κλπ) για την εσωτερική του εξωτερικού κόστους.

Η ελαχιστοποίηση αυτή της περιβαλλοντικής υποβάθμισης θα δημιουργήσει όφελος στην κοινωνία, καθώς θα συμβάλλει στην ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων αλλά και στην εξασφάλιση καλύτερου περιβάλλοντος για τις παρούσες και μέλλουσες γενιές. Ωστόσο, αυτή η επιθυμητή αποτροπή ή ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης δημιουργεί και ένα κοινωνικό κόστος τόσο στους παραγωγούς, λόγω αύξησης του κόστους παραγωγής, όσο και στους καταναλωτές, λόγω αύξησης της τιμής των προϊόντων.

Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά:

- Ένα από τα καινοτόμα στοιχεία που εισήγαγε η Οδηγία 2000/60 είναι ότι για πρώτη φορά στην πολιτική της ΕΕ για το περιβάλλον, ένα νομικό κείμενο (Οδηγία) προτείνει οικονομικές αρχές και οικονομικά εργαλεία ως βασικά μέτρα για την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων.
- Η Οδηγία προσπαθεί να ισορροπήσει ανάμεσα στην κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική αξία του νερού.

Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά, Τιμολόγηση Νερού (Άρθρο 9):

Άρθρο 9.1: «Μέχρι το 2010 τα Κράτη Μέλη εξασφαλίζουν ότι οι πολιτικές τιμολόγησης του ύδατος παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τους υδάτινους πόρους και κατά συνέπεια συμβάλλουν στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της παρούσας οδηγίας...».

3.5.3 Κοστολόγηση – βασικές συνιστώσες

Το συνολικό κόστος υπηρεσιών νερού αποτελείται από τρεις συνιστώσες (Άρθρο 9):

1. Χρηματοοικονομικό κόστος
2. Περιβαλλοντικό κόστος
3. Κόστος Πόρου (Διαθεσιμότητας)

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι συνιστώσες του χρηματοοικονομικού, του περιβαλλοντικού και του κόστους διαθεσιμότητας.

Το χρηματοοικονομικό κόστος αποτελείται από :

- **Κόστος κεφαλαίου** : αφορά στο κόστος της αρχικής επένδυσης για την κατασκευή των υποδομών παροχής υπηρεσιών νερού.
- **Λειτουργικό κόστος** : αφορά στις δαπάνες για την εύρυθμη λειτουργία κάθε έργου (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια).
- **Κόστος συντήρησης** : αφορά στις δαπάνες για αναλώσιμα υλικά και εργασία, ώστε οι υπάρχουσες υποδομές να βρίσκονται σε καλή λειτουργική κατάσταση.
- **Κόστος διοίκησης & άλλα κόστη** : αφορά στα έξοδα διοίκησης των φορέων παροχής υπηρεσιών νερού (π.χ. προσωπικό διοίκησης, ενοίκια κεντρικών γραφείων κ.α.)

Το περιβαλλοντικό κόστος, που αναφέρθηκε προηγουμένως, αφορά στην αποτροπή της υποβάθμισης ή έκφραση της αποδεκτής περιβαλλοντικής υποβάθμισης (υποβάθμιση ποιότητας ζωής) με τη μορφή οικονομικού κόστους (εσωτερίκευση εξωτερικού κόστους). Πρέπει δηλαδή η περιβαλλοντική ζημιά να εκφραστεί σαν απώλεια ευημερίας.

Για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού κόστους ακολουθείται η μέθοδος κόστους αποκατάστασης (restoration cost method) , η οποία υποδεικνύει εκτίμηση κόστους για να αποκατασταθεί η ποιότητα των υδάτων στη πρότερη καλή κατάσταση.

Κόστος Πόρου (Διαθεσιμότητας)

Είναι το κόστος που προκύπτει λόγω μη δυνατότητας αξιοποίησης (τώρα ή στο μέλλον) μιας εναλλακτικής χρήσης του νερού και κατά μία έννοια σχετίζεται με το κόστος περιορισμού της ελευθερίας επιλογών, λόγω της υιοθέτησης συγκεκριμένης χρήσης. Χρειάζεται προσοχή ώστε να διακρίνεται από το περιβαλλοντικό κόστος έτσι ώστε να αποφεύγεται ο διπλός υπολογισμός του κόστους.

Το άθροισμα των παραπάνω επιμέρους κοστών μας δίνει το συνολικό κόστος.

Συνολικό Κόστος

- Χρηματοοικονομικό
- Περιβαλλοντικό
- Κόστος πόρου

Το χρηματοοικονομικό κόστος αποτελεί κατά κανόνα το μεγαλύτερο ποσοστό ανάλογα και με το είδος χρήσης π.χ. ύδρευση, άρδευση .

Ένα θέμα που χρήζει συζήτησης είναι ποιος εισπράττει το συνολικό κόστος. Το χρηματοοικονομικό το εισπράττουν οι υπηρεσίες νερού έτσι ώστε να καλύψουν τις δαπάνες τους, ενώ το περιβαλλοντικό και το κόστος πόρου πρέπει να εισπράττονται

από την κεντρική διοίκηση ή/και τη τοπική κοινωνία για να προωθήσουν έργα και μέτρα προστασίας και διαχείρισης υδατικών πόρων.

Ο προσδιορισμός ποσοστού ανάκτησης συνολικού κόστους (από τους χρήστες) πρόκειται για σύνθετο πολιτικό και κοινωνικό ζήτημα για το οποίο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν υπαγορεύει τον τρόπο κατανομής, αλλά στην ουσία υποδεικνύει ότι η κατανομή πρέπει γίνεται μεταξύ του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου και των χρηστών. Όσον αφορά την κατανομή στο κοινωνικό σύνολο αυτή γίνεται για λόγους διάχυσης του κόστους ,για μικρότερη αντίδραση από ομάδες χρηστών, για την εξασφάλιση νερού σε οικονομικά ευπαθείς ομάδες και τέλος για τη διατήρηση της (πλασματικής) παραδοσιακής αντίληψης ότι το νερό είναι ελεύθερο και δεν κοστίζει. Στην περίπτωση των χρηστών πρέπει να τηρηθεί η αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει (στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χρήστης). Αυτή η διαδικασία λειτουργεί ως οικονομικό εργαλείο για την συνετότερη διαχείριση των υδατικών πόρων (εξοικονόμηση, τεκμηρίωση της χρήσης κλπ).

Γενικές τάσεις κατανομής του συνολικού κόστους:

Όσον αφορά την ύδρευση, την αποχέτευση και τη βιομηχανία: συνιστάται πλήρης ανάκτηση ενώ για την άρδευση μερική .

Κατανομή μεταξύ επί μέρους χρηστών συγκεκριμένης κατηγορίας χρήσης

- Πάγιο τέλος (συνήθως για ανάκτηση του κόστους)
- Κλιμακούμενη ογκομετρική χρέωση (εν μέρει για ανάκτηση κόστους και εν μέρει ως εργαλείο για εξοικονόμηση νερού, ανάλογα με το βαθμό ελαστικότητας)
- Μέτρα για οικονομικά ευπαθείς ομάδες χρηστών
- Γεωγραφικές ιδιαιτερότητες

Στόχος παραμένει η ανάκτηση του προσδιορισμένου ποσοστού ανάκτησης με τρόπο που να συμβάλλει και στη λειτουργία της τιμολογιακής πολιτικής ως οικονομικού εργαλείου συνετότερης διαχείρισης και προστασίας .

3.5.4 Τιμολόγηση αφαλατωμένου νερού

Όσον αφορά την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού από τον επενδυτή στο Δήμο και η τιμή πώλησης αυτού από το Δήμο στους δημότες θα πρέπει να καθορίζεται από δύο παράγοντες:

1. Το κόστος παραγόμενου νερού το οποίο θα προσαυξάνεται αναλόγως έτσι ώστε η επένδυση να καθίσταται βιώσιμη και με χαμηλό ρίσκο.

2. Την οικονομική ενίσχυση από το Ελληνικό Κράτος με ένα τίμημα που θα εξαρτάται από το μέγεθος της παραγόμενης ποσότητας από την Μονάδα Αφαλάτωσης.

Ειδικότερα όσον αφορά στην πώλησης του αφαλατωμένου νερού στο Δήμο, θα πρέπει να γίνει η οικονομική ανάλυση του έργου. Καταρχήν υπολογίζεται κόστος παραγόμενου νερού. Μία πολύ σημαντική παράμετρος που το επηρεάζει είναι η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού την οποία ο Δήμος είναι υποχρεωμένος να αγοράζει κάθε χρόνο, η οποία πρέπει να συμφωνηθεί από τον Δήμο και τον ανάδοχο επενδυτή. Η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα μπορεί να ισούται με την υδρευτική απαίτηση του νησιού. Βέβαια, όπως είναι λογικό, όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η εγγυημένη ποσότητα τόσο μικρότερο ανά κυβικό μέτρο θα είναι το ΚΠΝ. Η προβλεπόμενη ζήτηση νερού προκύπτει από τους υπολογισμούς της μελέτης του έργου, ενώ η οικονομική ανάλυση γίνεται βάσει αυτής της προβλεπόμενης ζήτησης. Η τιμή πώλησης του νερού θα είναι αυτή που θα έχει αρχικά συμφωνηθεί μεταξύ ΟΤΑ και ανάδοχου επενδυτή.

Με κριτήριο τη γρήγορη ανάκτηση του ιδίου κεφαλαίου, η τιμή του αφαλατωμένου νερού πρέπει να δίνει έναν ικανοποιητικό εσωτερικό συντελεστή απόδοσης (IRR) της επένδυσης. Μπορεί να θεωρηθεί ως ικανοποιητικός ένας IRR της τάξης του 16%.

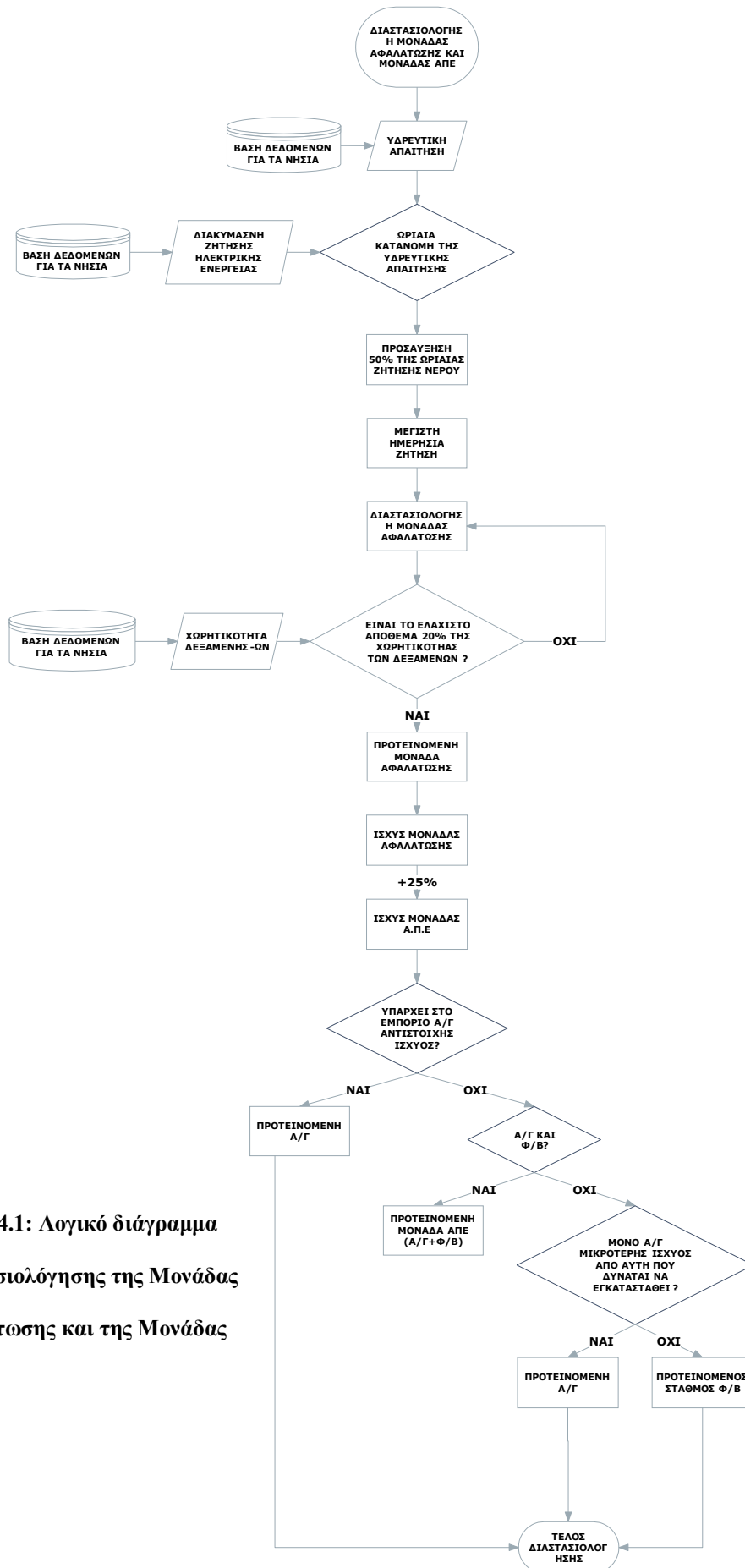
Κεφάλαιο 4

4. Διαστασιολόγηση Μονάδων Αφαλάτωσης και Μονάδων ΑΠΕ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την διαστασιολόγηση μονάδων αφαλάτωσης στα νησιά, για την επιλογή και την διαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ που θα καλύπτουν μέρος των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης, για τον υπολογισμό ενεργειακών ισοζυγίων της λειτουργίας του διασυνδεδεμένου στο δίκτυο συστήματος αφαλάτωσης με ΑΠΕ, και, τέλος, για τον υπολογισμό του κόστους παραγόμενου νερού και της τιμής πώλησής του ώστε η επένδυση να είναι βιώσιμη και συμφέρουσα για τον επενδυτή. Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό εργαλείο με χρήση του προγράμματος Microsoft Office Excel. Οι είσοδοι (δεδομένα, παραδοχές κλπ) και οι έξοδοι (αποτελέσματα, γραφήματα) του υπολογιστικού εργαλείου παρουσιάζονται στη συνέχεια. Επιπλέον θα δούμε πως αποτυπώνονται και μεταφράζονται στους υπολογισμούς του εργαλείου οι διαφορετικές ερμηνείες-σενάρια του Νόμου 3581/2010 για την αφαλάτωση με ΑΠΕ. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πως αυτή η μεθοδολογία εφαρμόστηκε και ποια αποτελέσματα έδωσε για τρία νησιά του Αιγαίου με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Πάτμος, Λειψοί, Θηρασιά).

4.1 Δεδομένα και παραδοχές

Αρχικά αναφέρονται αναλυτικά τα δεδομένα και οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του υπολογιστικού εργαλείου. Στο σχήμα 4.1 φαίνεται το λογικό διάγραμμα της διαστασιολόγησης της Μονάδας Αφαλάτωσης και της Μονάδας ΑΠΕ. Πρόκειται για την απεικόνιση της λογικής διαδικασίας της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, με όλα τα επιμέρους βήματα και συλλογισμούς.



Σχήμα 4.1: Λογικό διάγραμμα διαστασιολόγησης της Μονάδας Αφαλάτωσης και της Μονάδας ΑΠΕ

Στον Πίνακα 1.1 του 1^{ου} κεφαλαίου παρουσιάζεται η «μέση ετήσια κάλυψη υδρευτικών αναγκών ανά είδος προσφοράς». Σε αυτόν τον πίνακα δίνονται στοιχεία για την υδρευτική απαίτηση κάθε νησιού. Χρησιμοποιώντας την εμπειρία από άλλα νησιά (π.χ. Μήλος) που δείχνει ότι η άνεση της ύπαρξης του αφαλατωμένου νερού οδηγεί σε κατάχρηση από τους καταναλωτές θα υποθέσουμε ότι η κατανάλωση νερού ενδέχεται να είναι **1,5 φορά μεγαλύτερη** από ότι είναι σήμερα.

Για να διαστασιοποιηθεί σωστά η αφαλάτωση θα πρέπει να κατανεύουμε την υδρευτική απαίτηση σε όλες τις ώρες του έτους έτσι ώστε να προκύψει η μέγιστη ημερήσια ζήτηση. Για το λόγο αυτό ορίζουμε την **αδιάστατη ζήτηση νερού και ηλεκτρικής ενέργειας**. Είναι ένας συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη διακύμανση της ηλεκτρικής ενέργειας και βάσει αυτού κατανέμει την ζήτηση νερού ωριαία. Κάνουμε λοιπόν την παραδοχή ότι η ζήτηση νερού σχετίζεται άμεσα με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Έχουμε λοιπόν:

Αδιάστατη ζήτηση νερού & ηλεκτρικής ενέργειας = (Ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας) / (Αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας)

Στη συνέχεια, για να βρούμε την ωριαία ζήτηση νερού βάσει της σημερινής υδρευτικής απαίτησης πολλαπλασιάζουμε τη μέση ωριαία ζήτηση νερού επί την αδιάστατη ζήτηση νερού-ηλεκτρικής ενέργειας και διαιρούμε με τη μέση αδιάστατη ζήτηση νερού-ηλεκτρικής ενέργειας.

Μέση ωριαία ζήτηση νερού = (Ετήσια Υδρευτική Απαίτηση) / 8760

Ωριαία ζήτηση νερού = (Μέση ωριαία ζήτηση νερού) × (Αδιάστατη ζήτηση νερού & ηλεκτρικής ενέργειας) / (Μέση αδιάστατη ζήτηση νερού & ηλεκτρικής ενέργειας) Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.

Από την ωριαία διακύμανση της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζουμε λοιπόν την ωριαία διακύμανση ζήτησης νερού για όλο το έτος. Από αυτή την ωριαία ζήτηση θα αφαιρέσουμε το ετήσιο ελάχιστο, και στο υπόλοιπο θα εφαρμόσουμε προσαύξηση 50%. Στη συνέχεια θα προσθέσουμε ξανά το ελάχιστο. Με αυτό τον τρόπο θα φτιάξουμε μια χρονοσειρά, που θα δίνει **μεγαλύτερη προσαύξηση στις ώρες με μεγάλη ζήτηση**, και μικρότερη σε εκείνες με μικρή ζήτηση. Ο λόγος που το κάνουμε αυτό είναι ότι η αιχμή της κατανάλωσης νερού κατά την τουριστική περίοδο είναι εντονότερη γενικά της αιχμής στην ηλεκτρική ζήτηση, οπότε ακολουθεί μια πιο άνιση κατανομή. Μάλιστα η κατανάλωση νερού είναι τόσο μεγάλη κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου ώστε γίνονται συχνά περικοπές σε ορισμένα νησιά. Έχουμε λοιπόν:

Προσαυξημένη ωριαία ζήτηση νερού = [(Ωριαία ζήτηση νερού) – (min Ωριαία ζήτηση νερού)] × 1,5 + (min Ωριαία ζήτηση νερού)

Τώρα έχουμε μία χρονοσειρά για όλες τις ώρες του έτους που δίνει την προβλεπόμενη ωριαία ζήτηση νερού. Από τη χρονοσειρά αυτή θα προκύψει η υδρευτική απαίτηση, όπως αυτή θα διαμορφωθεί αφού εγκατασταθεί στο νησί μονάδα αφαλάτωσης και η **μέγιστη ημερήσια ζήτηση** βάσει της οποίας θα διαστασιολογηθεί η αφαλάτωση.

Όπως είπαμε, ένας παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στη ζήτηση νερού είναι η **τουριστική κίνηση** η οποία τους καλοκαιρινούς μήνες αυξάνει κατά πολύ τις ανάγκες των νησιών για νερό οπότε παίζει σημαντικό ρόλο στη διαστασιολόγηση της Μ.Α. Στον παραπάνω υπολογισμό της ωριαίας ζήτησης νερού έμμεσα υπεισέρχεται η τουριστική κίνηση λόγω της αναγωγής που κάναμε με την ηλεκτρική ζήτηση, που στα νησιά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τουριστική κίνηση. Θα δούμε έναν τρόπο τώρα με τον οποίο μπορούμε να διερευνήσουμε κατά πόσο σχετίζεται τελικά σε ένα νησί η διακύμανση της ηλεκτρικής ζήτησης με την τουριστική κίνηση, ώστε να μπορούμε να πούμε ότι η παραπάνω παραδοχή μας οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα. Ακριβή στοιχεία για την τουριστική κίνηση για κάθε νησί καθώς και η ετήσια ποσοστιαία αύξησή της είναι δύσκολο να βρεθούν. Υπάρχουν ωστόσο κάποια χρήσιμα στοιχεία όπως ο αριθμός των κλινών και η πληρότητα αυτών. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τη διακύμανση της τουριστικής κίνησης μηνιαία την οποία θα απεικονίσουμε σε γράφημα. Στο ίδιο γράφημα θα απεικονίσουμε και τη διακύμανση της ηλεκτρικής ζήτησης για να δούμε κατά πόσον οι δύο διακυμάνσεις είναι παρόμοιες. Αν ναι τότε η διακύμανση της ηλεκτρικής ζήτησης θα είναι αποδεκτή για να χρησιμοποιηθεί ώστε να βρούμε και την ωριαία διακύμανση ζήτησης του νερού, αν όχι τότε θα χρησιμοποιούμε για την εξαγωγή χρονοσειράς ζήτησης νερού μία διαφορετική διακύμανση της ηλεκτρικής ζήτησης, π.χ. από κάποιο άλλο νησί.

Σημειώνουμε εδώ ότι η μονάδα αφαλάτωσης θα σχεδιαστεί ώστε να καλύπτει το **100% των υδρευτικών αναγκών** του νησιού. Λαμβάνοντας υπόψη τη χωρητικότητα των υφιστάμενων δεξαμενών, την ωριαία ζήτηση και ελέγχοντας κάθε ώρα το απόθεμα των δεξαμενών έτσι ώστε αυτό να μην προκύπτει αρνητικό ή οριακά θετικό θέτουμε ως περιορισμό ότι το **ελάχιστο απόθεμα** θα πρέπει να είναι το **20% της χωρητικότητας των δεξαμενών**. Έτσι στη μελέτη που θα ακολουθήσει στη συνέχεια θα έχουμε εξασφαλίσει κριτήριο διαστασιολόγησης της μονάδας αφαλάτωσης με τον ίδιο βαθμό αξιοπιστίας για όλα τα νησιά. Η Μ.Α. θα διαστασιολογηθεί ώστε να παράγει ένα ποσοστό της μέγιστης ημερήσιας ζήτησης νερού. Το υπολογιστικό εργαλείο θα υπολογίζει κατόπιν δοκιμών **το ποσοστό επί τοις εκατό της μέγιστης ημερήσιας ζήτησης νερού ώστε να προκύπτει ελάχιστο απόθεμα 20%**. Έπειτα βάσει της ελάχιστης δυναμικότητας της Μ.Α βρίσκουμε στο εμπόριο την κατάλληλη μονάδα για το προς εξέταση νησί.

Σύμφωνα με την ελάχιστη δυναμικότητα της Μ.Α επιλέγουμε να εγκατασταθούν 4 υπομονάδες αφαλάτωσης της ίδιας δυναμικότητας ώστε να προκύπτει αθροιστικά η ελάχιστη δυναμικότητα που υπολογίστηκε. Η μονάδα αφαλάτωσης θα είναι σταθερών στροφών που σημαίνει ότι θα λειτουργεί σε συγκεκριμένα σημεία. Αυτά τα σημεία είναι τα εξής:

Λειτουργία 1^{ης} υπομονάδας: $0,25 \times \text{ελάχιστη δυναμικότητα (m}^3/\text{h)}$

Λειτουργία 1^{ης} και 2^{ης} υπομονάδας: $0,5 \times$ ελάχιστη δυναμικότητα (m^3/h)

Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} υπομονάδας: $0,75 \times$ ελάχιστη δυναμικότητα (m^3/h)

Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} υπομονάδας: ελάχιστη δυναμικότητα (m^3/h)

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε ποια είναι η ελάχιστη δυναμικότητα της Μ.Α και δεν θα επιλέξουμε μονάδα από το εμπόριο. Η επιλογή θα γίνει αφού πρώτα κάνουμε μία παραμετρική ανάλυση εξετάζοντας πως αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν το σύστημα. Γι' αυτό το λόγο στη μελέτη αυτή θεωρούμε ελάχιστη δυναμικότητα Μ.Α ίση με τη δυναμικότητα της Μ.Α. που θεωρούμε ότι θα εγκατασταθεί.

Όπως είπαμε προηγουμένως, από την χρονοσειρά για την προβλεπόμενη ωριαία ζήτηση νερού προκύπτει η ημερήσια ζήτηση νερού για όλες τις ημέρες του χρόνου. Αν το απόθεμα της δεξαμενής είναι μεγαλύτερο από το 90% της χωρητικότητας της δεξαμενής, θα θεωρούμε ότι η αφαλάτωση θα είναι σε “stand by” λειτουργία, δηλαδή θα περιμένει να αδειάσει λίγο ακόμα η δεξαμενή ώστε να ξεκινήσει να λειτουργεί και να παράγει αφαλατωμένο νερό. Αν όμως το απόθεμα είναι μικρότερο του 90% της χωρητικότητας της δεξαμενής τότε θα συγκρίνεται η ημερήσια ζήτηση με τη δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης και

- αν η ημερήσια ζήτηση είναι μικρότερη από ($0,25 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 τότε θα παράγονται από τη Μ.Α ($0,25 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 ,
- αν η ημερήσια ζήτηση είναι μεγαλύτερη από ($0,25 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 και μικρότερη από ($0,5 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 τότε η μονάδα θα παράγει ($0,5 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 ,
- αν η ημερήσια ζήτηση είναι μεγαλύτερη από ($0,5 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 και μικρότερη από ($0,75 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3 τότε η μονάδα θα παράγει ($0,75 \times$ δυναμικότητα της μονάδας) m^3
- αλλιώς η μονάδα θα παράγει (δυναμικότητα της μονάδας) m^3 .

Η μονάδα αφαλάτωσης θα κλείνει είτε μία είτε καμία φορά την ημέρα. Όταν κλείνει η μονάδα καταναλώνεται μία ποσότητα νερού (μικρή αλλά σημαντική αν ανοιγοκλείνει πολλές φορές) για να ξεπλυθούν οι μεμβράνες. Για να γίνει ο υπολογισμός της ωριαίας παραγωγής θα υπολογιστεί πρώτα η ημερήσια ζήτηση και αυτή αναλόγως θα καταμεριστεί ώστε είτε όλες τις ώρες της ημέρας να έχουμε παραγωγή νερού από την μονάδα είτε να μην έχουμε καθόλου.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούμε σε δυο σημαντικούς παράγοντες που συμμετέχουν ή μπορούν να συμμετέχουν στη κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών των νησιών, τις γεωτρήσεις και τα όμβρια ύδατα. Οι **γεωτρήσεις**, όπως προαναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, παρέχουν νερό πολύ χαμηλής ποιότητας με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλατα. Επίσης, η αλόγιστη υπεράντληση των αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα κάθε νησιού οδηγεί σε

περαιτέρω επιδείνωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού (υφαλμύρωση) αφού αυξάνεται περαιτέρω η περιεκτικότητα σε άλατα, αλλά και σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος, καθώς με τον τρόπο αυτό διαταράσσεται η ισορροπία των ευαίσθητων νησιωτικών οικοσυστημάτων. Όσον αφορά τα **όμβρια ύδατα** να μεν είναι μια οικονομική λύση για την άρδευση, καθώς κάθε κάτοικος αρκεί να διαθέτει ειδικά διαμορφωμένη στέγη και μία δεξαμενή, αλλά δεν μπορεί να ικανοποιήσει την ανάγκη για νερό ύδρευσης, ενώ λόγω της στοχαστικότητας των βροχοπτώσεων δεν είναι αξιόπιστη. Γι' αυτούς λοιπόν τους λόγους οι γεωτρήσεις και τα όμβρια ύδατα δεν συμπεριλαμβάνονται στο υπολογιστικό εργαλείο που χρησιμοποιούμε για τη διαστασιολόγηση των μονάδων αφαλάτωσης. Βέβαια, οι γεωτρήσεις και τα όμβρια ύδατα θα χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να καλύψουν τις αρδευτικές απαιτήσεις των νησιών.

Όσον αφορά τη **τεχνική διαθεσιμότητα της Μ.Α.**, ο συντελεστής διαθεσιμότητας της Μ.Α. και επομένως ο τεχνικά εφικτός Συντελεστής Εκμεταλλεύσεως (ορίζεται ως το πηλίκο της διάρκειας σε ώρες που μπορεί να λειτουργήσει η μονάδα αφαλάτωσης προς τις 24 ώρες της ημέρας) για την προτεινόμενη τεχνολογία είναι υψηλός, λόγω του σχεδιασμού και των εφεδρειών που διαθέτει, και μπορεί να πάρει τιμές έως και 97% (δηλαδή λειτουργία 23,5 ώρες την ημέρα). Επειδή η Μονάδα Αφαλάτωσης προβλέπεται να λειτουργεί σε συνδυασμό με τη ζήτηση αλλά και με το απόθεμα των δεξαμενών, ο ετήσιος συντελεστής εκμεταλλεύσεως εκτιμάται ότι μπορεί να περιορισθεί στο 85%.

Όσον αφορά τώρα στην κατανάλωση ενέργειας από την αφαλάτωση, λαμβάνοντας μία τυπική σημερινή τιμή **συνολικής ειδικής κατανάλωσης ενέργειας ίση με 4 kWh/m³** παραγόμενου νερού και πολλαπλασιάζοντας με τη παραγωγή νερού από τη Μ.Α βρίσκουμε την ισχύ που απαιτείται για την λειτουργία της μονάδας. Η συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας αφορά στην ενέργεια που καταναλώνεται από τη Μ.Α, από τις αντλίες θαλασσινού νερού και τις αντλίες μεταπροώθησης .

4.2 Διαστασιολόγηση Μονάδων ΑΠΕ

Αποτελεί βασική σχεδιαστική λογική της παρούσας πρότασης, ένα μέρος της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των προτεινόμενων μονάδων αφαλάτωσης να καλύπτεται από αντίστοιχη παραγωγή μονάδων ΑΠΕ, ώστε τελικά να επιτυγχάνεται η λιγότερη δυνατή επιβάρυνση του δικτύου, η κατά το δυνατόν επίτευξη ισοζυγίου παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και η βέλτιστη από περιβαλλοντικής άποψης αντιμετώπιση του προβλήματος.

Επιπλέον, προκειμένου να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση τόσο κάθε μονάδας αφαλάτωσης, όσο και των μονάδων ΑΠΕ, επιλέχθηκε **οι μονάδες ΑΠΕ να συνδέονται απευθείας στο δίκτυο** του νησιού, δηλαδή οι μονάδες ΑΠΕ να λειτουργούν ως ανεξάρτητες μονάδες παραγωγής, διοχετεύοντας την παραγόμενη ενέργειά τους απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού.

Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ

Θα πρέπει αρχικά να έχουμε ανεμολογικά δεδομένα για το νησί που μας ενδιαφέρει (χρονοσειρά ταχύτητας ανέμου). Αφού έχουμε επιλέξει ανεμογεννήτρια και γνωρίζουμε την ονομαστική της ισχύ θα χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο πίνακα που αντιστοιχίζει ταχύτητες ανέμου σε συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας, εφαρμόζοντάς τον στη χρονοσειρά με τις ταχύτητες του ανέμου για να βρούμε πόση ενέργεια θα παράγει η ανεμογεννήτρια κάθε ώρα του έτους. Έπειτα θα υπολογίσουμε τη μέση ετήσια τιμή της παραγόμενης ενέργειας προς την ονομαστική ισχύ της ανεμογεννήτριας και θα προκύψει ο **συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας C.F.** της ανεμογεννήτριας.

Wind Speed m/s	Wind power ability/ Rated wind power (%)				
0	0,00	10,25	0,61	21,5	1,00
0,25	0,00	10,5	0,66	21,75	1,00
0,5	0,00	10,75	0,70	22	1,00
0,75	0,00	11	0,74	22,25	1,00
1	0,00	11,25	0,77	22,5	1,00
1,25	0,00	11,5	0,80	22,75	1,00
1,5	0,00	11,75	0,83	23	1,00
1,75	0,00	12	0,87	23,25	1,00
2	0,00	12,25	0,89	23,5	1,00
2,25	0,00	12,5	0,90	23,75	1,00
2,5	0,00	12,75	0,92	24	1,00
2,75	0,00	13	0,94	24,25	1,00
3	0,00	13,25	0,95	24,5	1,00
3,25	0,01	13,5	0,96	24,75	1,00
3,5	0,02	13,75	0,98	25	1,00
3,75	0,02	14	0,99	>25	0,00
4	0,03	14,25	0,99		
4,25	0,04	14,5	0,99		
4,5	0,05	14,75	1,00		
4,75	0,06	15	1,00		
5	0,07	15,25	1,00		
5,25	0,08	15,5	1,00		
5,5	0,09	15,75	1,00		
5,75	0,11	16	1,00		
6	0,12	16,25	1,00		
6,25	0,14	16,5	1,00		
6,5	0,16	16,75	1,00		
6,75	0,18	17	1,00		
7	0,20	17,25	1,00		
7,25	0,22	17,5	1,00		
7,5	0,25	17,75	1,00		
7,75	0,27	18	1,00		
8	0,29	18,25	1,00		
8,25	0,33	18,5	1,00		
8,5	0,36	18,75	1,00		
8,75	0,39	19	1,00		
9	0,42	19,25	1,00		
9,25	0,46	19,5	1,00		
9,5	0,50	19,75	1,00		
9,75	0,54	20	1,00		
10	0,57	20,25	1,00		
		20,5	1,00		
		20,75	1,00		
		21	1,00		
		21,25	1,00		

Πίνακας 4.1. Αντιστοιχία ταχυτήτων ανέμου με συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας

Θα υπολογίσουμε τώρα την παραγόμενη ενέργεια σε ωριαία βάση από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμες χρονοσειρές ηλιακής ακτινοβολίας ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β για τα νησιά, θα χρησιμοποιήσουμε την διαθέσιμη και καταγεγραμμένη στη βάση δεδομένων μας ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σύστημα στην Κεντρική Ελλάδα. Διαιρώντας την ωριαία παραγωγή του συστήματος αυτού με την ονομαστική του ισχύ καταλήγουμε σε μια νέα χρονοσειρά ωριαίας παραγόμενης ισχύος ανά εγκατεστημένο kW. Κάνοντας την παραδοχή ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στο σημείο που θα εγκατασταθεί το Φ/Β σύστημα θα είναι η ίδια με το σύστημα στην Κεντρική Ελλάδα, μπορούμε να εξάγουμε μια χρονοσειρά ωριαίας παραγόμενης ισχύος από το φωτοβολταϊκό σύστημα πολλαπλασιάζοντας τις τιμές του προηγούμενου πίνακα με την ονομαστική ισχύ του νέου συστήματος. Θα μπορούσαμε ωστόσο, για να έχουμε ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια στους υπολογισμούς μας, να θεωρήσουμε έναν συντελεστή διόρθωσης ως προς τα δεδομένα του συστήματος της Κεντρικής Ελλάδας ως εξής: (ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στο νησί)/(ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στο σύστημα της Κεντρικής Ελλάδας) ή (ετήσια παραγόμενη ενέργεια από Φ/Β 1kW στο νησί)/(ετήσια παραγόμενη ενέργεια από Φ/Β 1kW εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος της Κεντρικής Ελλάδας). Τον συντελεστή αυτόν μπορούμε να τον πολλαπλασιάσουμε στη συνέχεια με την ωριαία παραγόμενη ενέργεια από 1 kW Φ/Β του συστήματος της Κεντρικής Ελλάδας για να βρούμε την ωριαία παραγόμενη ενέργεια από 1 kW στο νησί της επιλογής μας. Αυτός ο υπολογισμός φυσικά προϋποθέτει την ύπαρξη στοιχείων για την ετήσια ακτινοβολία στα νησιά. Σε κάποια, μεγάλα κυρίως, νησιά υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί που υπολογίζουν και την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο υπάρχει και το γεωγραφικό σύστημα ηλιακού δυναμικού του JRC (Joint Research Centre) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, διαθέσιμο στο <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

Προσθέτοντας την παραγόμενη ενέργεια από την Α/Γ και από τα Φ/Β βρίσκουμε τη συνολικά παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ. Ο νόμος αναφέρει ότι η παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ πρέπει να συμψηφίζεται σε ωριαία βάση με την καταναλισκόμενη ενέργεια από την μονάδα αφαλάτωσης, ενώ **το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας** μπορεί να διατίθεται στο δίκτυο **μέχρι ποσοστού 20%** της παραγόμενης ισχύος σύμφωνα με τα ισχύοντα για τους αυτοπαραγωγούς. Οι ενεργειακές ανάγκες της μονάδας αφαλάτωσης εξαρτώνται φυσικά από τη ποσότητα νερού που παράγεται. Γνωρίζοντας λοιπόν την ωριαία παραγωγή της μονάδας αφαλάτωσης και πολλαπλασιάζοντάς την με την συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο νερού (4kWh/m³) υπολογίζουμε τις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης σε ωριαία βάση. Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε πόση ενέργεια θα δίνουν οι ΑΠΕ στην αφαλάτωση.

Όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.2, βάσει του νέου νόμου 3851/2010 για τις ΑΠΕ, αφού διαστασιολογήσουμε τη Μ.Α. και υπολογίσουμε την ισχύ της, θα προσθέσουμε σε αυτήν **ένα ποσοστό 25%**. Έτσι θα προκύψει η ονομαστική ισχύς της μονάδας ΑΠΕ και κατόπιν θα επιλέξουμε την κατάλληλη Ανεμογεννήτρια ή/και

Φωτοβολταϊκό σύστημα. Στην ίδια παράγραφο και στον σχολιασμό του νόμου παρατίθενται τρία διαφορετικά σενάρια (ερμηνείες του νόμου) που αφορούν στον τρόπο συνεισφοράς των ΑΠΕ στις ενεργειακές ανάγκες της Μ.Α.

Παρακάτω αναφέρουμε ξανά αυτά τα σενάρια και θα δούμε πως αυτά εξετάζονται με τη βοήθεια του υπολογιστικού εργαλείου.

Σενάριο 1^ο

Προτεραιότητα στην αφαλάτωση

Σε αυτό το σενάριο πρώτα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και έπειτα το πλεόνασμα από ΑΠΕ διατίθεται στο δίκτυο. Εφόσον, η παραγωγή της μονάδας ΑΠΕ είναι μεγαλύτερη από τις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης, τότε θα διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστό 20% της παραγόμενης ισχύος.

Αν έχουμε παραγωγή ενέργειας και από Ανεμογεννήτριες και από Φωτοβολταϊκά τότε ο παραγωγός θα δίνει, όταν αυτό είναι δυνατό, το πλεόνασμα της ενέργειας (ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ-ενέργεια που καταναλώνεται από αφαλάτωση) στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος από Φ/Β και 20% της παραγόμενης ισχύος από Α/Γ.

Σενάριο 2^ο

Πλεόνασμα πρώτα στο δίκτυο

Το 20% της παραγόμενης ισχύος από τη μονάδα ΑΠΕ θα διατίθεται πάντα στο δίκτυο και η υπόλοιπη ενέργεια θα διατίθεται για να καλύψει ένα μέρος των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης.

Σενάριο 3^ο

Προτεραιότητα στην αφαλάτωση και κάλυψη της επιτρεπόμενης περίσσειας κατά προτεραιότητα με Φωτοβολταϊκά

Και εδώ, όπως και στο 1^ο σενάριο, πρώτα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και έπειτα το πλεόνασμα από ΑΠΕ (αν υπάρχει) διατίθεται στο δίκτυο μέχρι ποσοστού 20% της παραγόμενης ισχύος. Ωστόσο, η διαφορά με το πρώτο σενάριο είναι ότι στην περίπτωση που έχουμε παραγωγή ενέργειας και από Ανεμογεννήτριες και από Φωτοβολταϊκά τότε ο παραγωγός θα δίνει όταν αυτό είναι δυνατό το πλεόνασμα της ενέργειας στο δίκτυο από τα Φωτοβολταϊκά αφού η τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από αυτά είναι μεγαλύτερη (0,45 €/kWh) σε σχέση με την ενέργεια από Α/Γ (0,09945 €/kWh).

Στο σημείο αυτό προσθέτουμε ένα ακόμα σενάριο σύμφωνα με το οποίο οι ΑΠΕ δεν συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας για τη Μονάδα Αφαλάτωσης.

Σενάριο 4^ο

Οι ενεργειακές ανάγκες της μονάδας αφαλάτωσης θα καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από το δίκτυο χωρίς συνεισφορά από ΑΠΕ.

Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάζουμε πως διαμορφώνεται το κόστος παραγόμενου νερού από τη μονάδα αφαλάτωσης, αν οι ενεργειακές ανάγκες της μονάδας καλύπτονται μόνο από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι θα παρατηρήσουμε αν η συμμετοχή των ΑΠΕ μεταβάλλει θετικά ή αρνητικά το κόστος παραγόμενου νερού και έπειτα θα εξηγήσουμε τη μεταβολή αυτή.

Το υπολογιστικό εργαλείο που αναπτύχθηκε δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει με εφαρμογή ποιου σεναρίου θέλει να βγάλει αποτελέσματα. Υπάρχει λοιπόν ένας επιλογέας που δίνει στο χρήστη αυτή τη δυνατότητα επιλογής:

Πίνακας 4.2: Επιλογέας στο υπολογιστικό εργαλείο



Όσον αφορά στο Κόστος της Ανεμογεννήτριας, για μικρές ανεμογεννήτριες κάτω των 330 kW θα συμβουλευτούμε τον ακόλουθο πίνακα καθώς και σχετικό πίνακα που παρέχεται από το υπολογιστικό εργαλείο για προμελέτες αιολικών πάρκων, 'RETScreen' (www.etscreen.net), ενώ για Α/Γ άνω των 330 kW προτιμότερο είναι να πάρουμε στοιχεία απευθείας από το εμπόριο.

Πίνακας 4.3: Κόστος αιολικών ανά επίπεδο ισχύος ^[22]

Κόστος αιολικών ανά επίπεδο ισχύος	
Ανεμογεννήτρια(kW)	Κόστος(€/kW)
15	3500
50	2500
100	2000
150	1800
200	1500

4.3 Επιλογή νησιών

Η Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων έδωσε τον Απρίλιο του 2010 σε δημόσια διαβούλευση το σχέδιο που αφορά στη δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης σε όλα τα νησιά που εξυπηρετούνται σήμερα (μερικώς ή αποκλειστικά) με μεταφορά νερού. Οι αφαλατώσεις πρόκειται να υλοποιηθούν με ΣΔΙΤ (συμβάσεις δημοσίου - ιδιωτικού τομέα), βάσει των οποίων ο ιδιώτης επενδυτής θα αναλαμβάνει την κατασκευή και τη λειτουργία της μονάδας, ενώ το κράτος θα επιδοτεί τους ΟΤΑ των νησιών για την αγορά του νερού που παράγεται. Το υπουργείο ζητάει, χωρίς ωστόσο να είναι απαραίτητη προϋπόθεση, οι μονάδες να καλύπτουν τις σημαντικές ενεργειακές τους ανάγκες με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών, όπου αυτό είναι εφικτό, καθώς οι αφαλατώσεις έχουν σημαντικές ενεργειακές ανάγκες που θα επιβαρύνουν τα νησιωτικά ηλεκτρικά δίκτυα.

Τα νησιά της διαβούλευσης χωρίζονται σε δύο ομάδες, τα νησιά των Κυκλάδων (8 νησιά) και τα νησιά των Δωδεκανήσων (7 νησιά). Από τα νησιά αυτά θα επιλέξουμε ενδεικτικά 3 νησιά για την μελέτη και διαστασιολόγηση των Μ.Α. Η επιλογή θα γίνει βάσει των αναγκών τους σε νερό, έτσι ώστε να διαπιστώσουμε πώς το κόστος του αφαλατωμένου νερού διαφέρει από ένα μεγάλο σε ένα μικρό νησί. Να σημειωθεί εδώ ότι η επιλογή έγινε και βάσει της διαθεσιμότητας στοιχείων για τα νησιά.

Τα νησιά της διαβούλευσης και οι αντίστοιχες ανάγκες τους σε νερό, όπως αυτές εκτιμήθηκαν στα πλαίσια της διαβούλευσης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.5: Ανάγκες σε νερό σύμφωνα με τη διαβούλευση ^[30]

Περιοχή	Ομάδα I	Κυβικά μέτρα / έτος		Περιοχή	Ομάδα II	Κυβικά μέτρα / έτος		
Αμοργός - Αιγιάλη	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	11.800		Μεγίστη	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	53.300		
Αμοργός – Κατάπολα		10.000		Χάλκη		53.500		
Δονούσα		14.900		Πάτμος		110.000		
Κουφονήσια		37.100		Λειψοί		34.500		
Ηρακλεία		13.500		Αγαθονήσι		13.300		
Θηρασιά		10.300		Αρκοί		1500		
Φολέγανδρος		45.300		Ψέριμος		1.200		
Κίμωλος		36.200						
Σίκινας		19.000						
Σύνολο			198.100			Σύνολο		267.300

Οι ποσότητες είναι ενδεικτικές και προκύπτουν από τις μεταφερόμενες ποσότητες νερού στα νησιά αυτά. Στη συνέχεια, αυτές θα συγκριθούν με τις εκτιμήσεις της παρούσας εργασίας.

Βάσει του πίνακα γίνεται η επιλογή των τριών ενδεικτικών νησιών για τα οποία θα μελετήσουμε την εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ. Αυτά είναι η Πάτμος (μεγάλο νησί), οι Λειψοί (μεσαίο νησί) και η Θηρασιά (μικρό νησί).

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με στοιχεία για τα νησιά ενδιαφέροντος συνδεδεμένης με το υπολογιστικό εργαλείο που αναπτύξαμε. Στη βάση δεδομένων εισάγουμε όλα τα δεδομένα που έχουμε αναφέρει παραπάνω ότι χρειαζόμαστε στους υπολογισμούς. Μέσω κατάλληλου επιλογέα στο υπολογιστικό εργαλείο μπορούμε ως χρήστες να επιλέξουμε το νησί που θα μελετήσουμε, οπότε το υπολογιστικό εργαλείο να κάνει χρήση της αντίστοιχης βάσης δεδομένων για την διεξαγωγή υπολογισμών και την εξαγωγή αποτελεσμάτων για τη διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης και της Μονάδας ΑΠΕ. Ο χρήστης του εργαλείου θα πρέπει να επιλέγει από το εμπόριο την κατάλληλη Μ.Α και έπειτα και την κατάλληλη μονάδα ΑΠΕ.

Πίνακας 4.6: Επιλογέας στο υπολογιστικό εργαλείο



4.4 Παραμετρική ανάλυση

Παρακάτω θα εξετάσουμε πως μεταβάλλονται από νησί σε νησί διάφορα μεγέθη όπως το κόστος παραγόμενου νερού (ΚΠΝ), το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ, το ποσοστό αναξιοποίητης ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, οι οικονομικοί δείκτες μιας επένδυσης (π.χ. IRR, περίοδος αποπληρωμής), αλλά και πως μεταβάλλονται τα παραπάνω μεγέθη στο ίδιο νησί συναρτήσει κάποιων παραμέτρων.

Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι παρακάτω:

- I. Μέγεθος νησιού: 3 διαφορετικά νησιά (μεγάλο, μεσαίο, μικρό)
- II. Σενάρια-ερμηνείες του Νόμου: 3 σενάρια διαφορετικής εφαρμογής του Νόμου, όπως αναφέρονται παραπάνω
- III. Τεχνολογία ΑΠΕ: 5 σενάρια ως εξής:

Μονάδας ΑΠΕ αποτελούμενη (βάσει ποσοστού εγκατεστημένης ισχύος) κατά:

- 100% από Α/Γ,

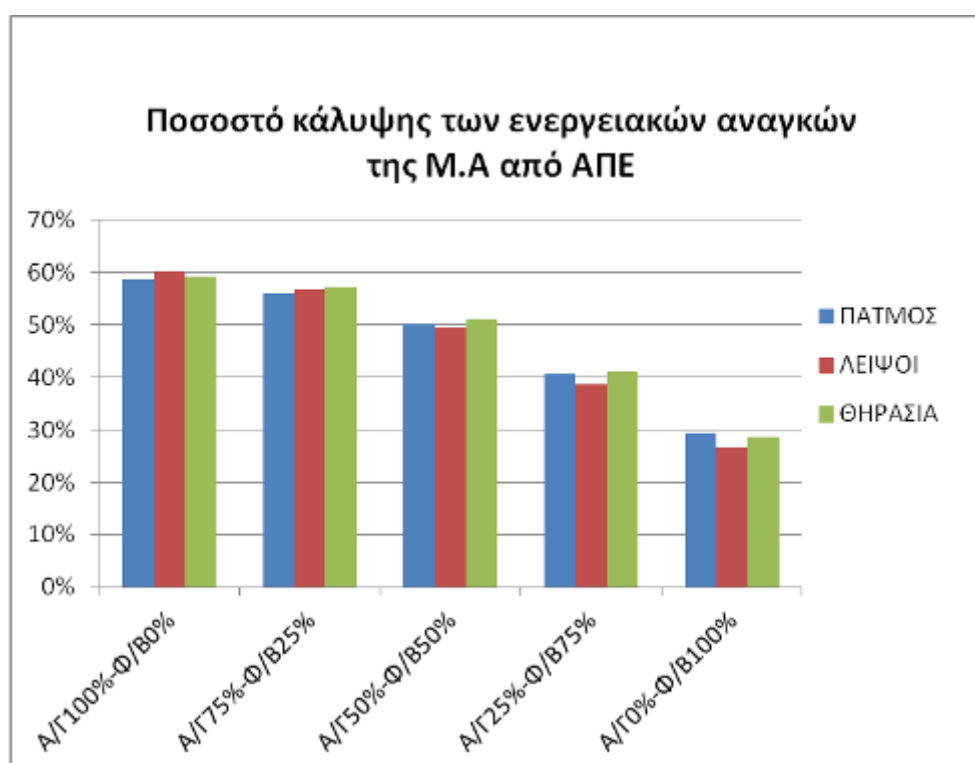
- 75%A/Γ-25% Φ/B,
- 50%A/Γ-50%Φ/B,
- 25%A/Γ-75%Φ/B και τέλος,
- 100%Φ/B.

Στη συνέχεια θα δούμε με τη σειρά για κάθε περίπτωση της παραμέτρου Π (σενάρια εφαρμογής του Νόμου), πως μεταβάλλονται

- το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α. από ΑΠΕ
- η τιμή πώλησης νερού (€/m³) για δεδομένο IRR
- το ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται

με μεταβολή των παραμέτρων Ι (μέγεθος νησιού) και ΙΙΙ (τεχνολογία ΑΠΕ), αλλά και πως μεταβάλλονται οι τιμές των NPV (καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης) και IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του νερού.

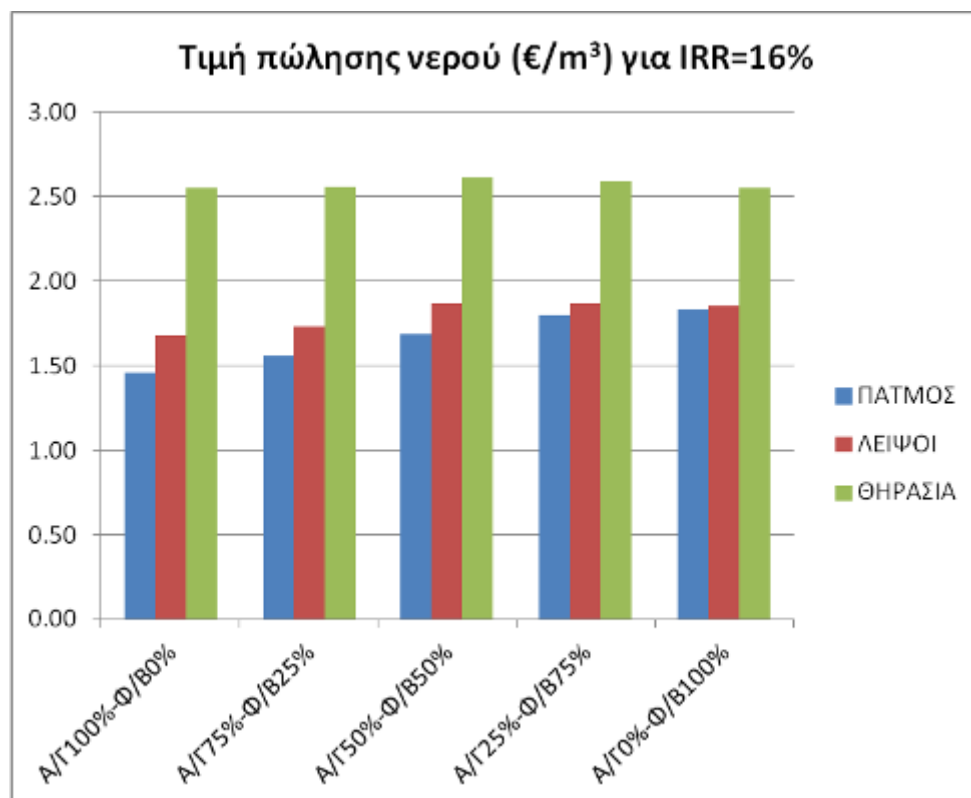
Για το **1^ο σενάριο** εφαρμογής του νόμου που δίνει προτεραιότητα στην αφαλάτωση έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα σε μορφή γραφήματος για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων Ι και ΙΙΙ:



Σχήμα 4.2: Ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α. από ΑΠΕ

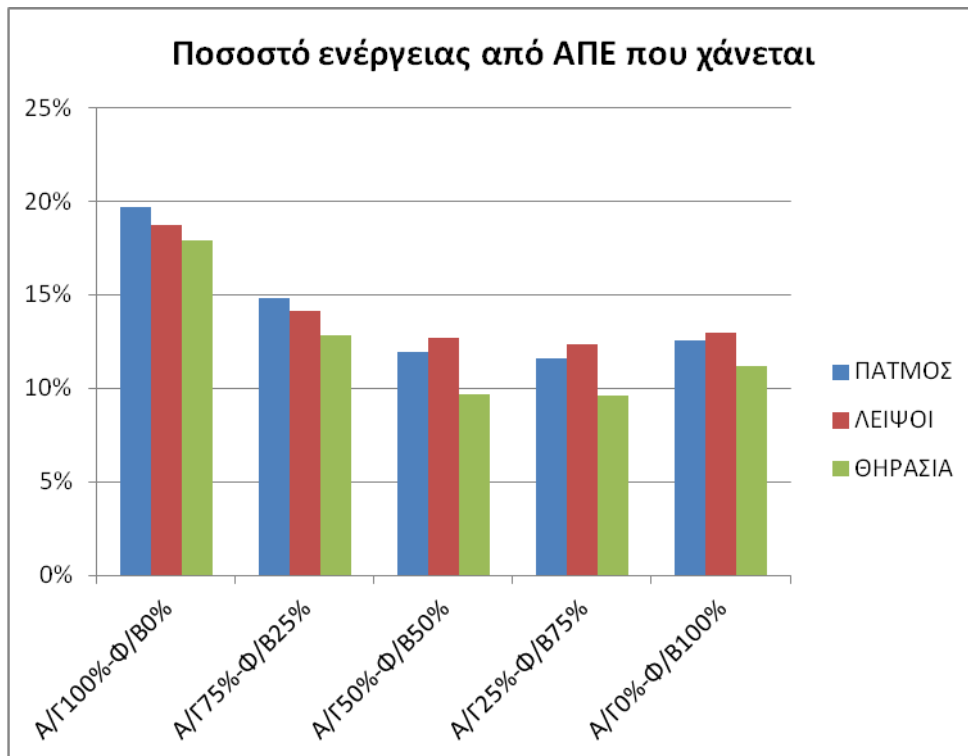
Από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι όσο πιο μεγάλη είναι η συμμετοχή των αιολικών τόσο αυξάνεται και το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της

μονάδας αφαλάτωσης. Αν η μονάδα ΑΠΕ είναι Α/Γ τότε το ποσοστό κάλυψης των αναγκών της αφαλάτωσης από την Α/Γ φτάνει στο 60% ενώ αν είναι μόνο Φ/Β, το αντίστοιχο ποσοστό δεν ξεπερνά το 30%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μεγαλύτερο συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας που έχουν οι Α/Γ σε σχέση με τα Φ/Β.



Σχήμα 4.3: Τιμή πώλησης νερού (€/m³) για IRR=16%

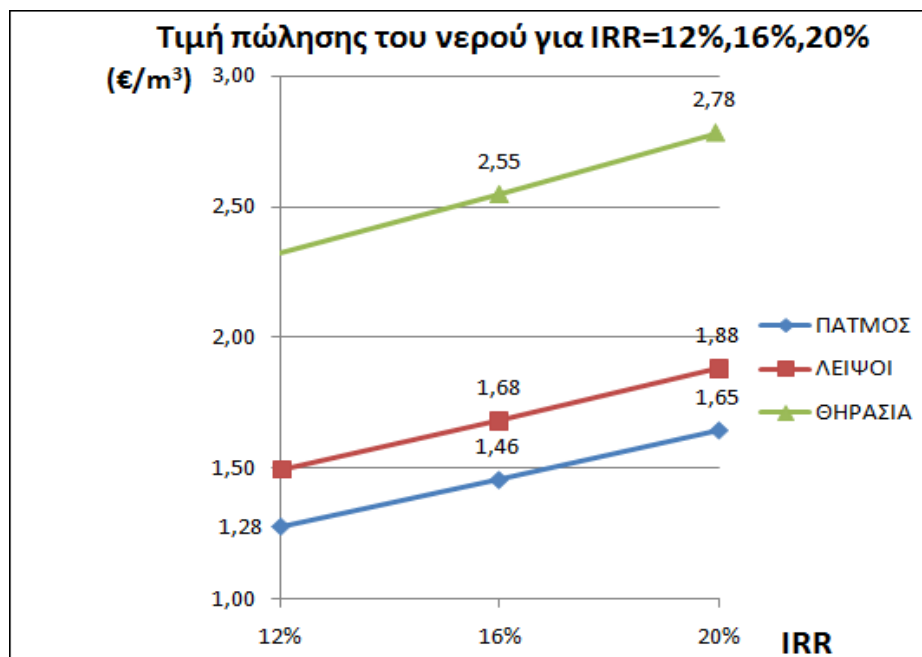
Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι αύξηση συμμετοχής των αιολικών γενικά μειώνει την τιμή πώλησης του νερού, για σταθερό IRR (εσωτερικό βαθμό απόδοσης επένδυσης), λόγω μείωσης του κόστους παραγόμενου νερού. Η τιμή πώλησης του νερού κυμαίνεται από 1,45 €/m³ για την Πάτμο (το μεγάλο νησί) και συμμετοχή μόνο Α/Γ ενώ για συμμετοχή μόνο Φ/Β η τιμή φτάνει το 1,8 €/m³. Αυτό συμβαίνει γιατί το κόστος εγκατάστασης Α/Γ είναι μικρότερο από αυτό των Φ/Β. Βέβαια επειδή οι μικρές ανεμογεννήτριες έχουν έως και τριπλάσιο ή τετραπλάσιο κόστος εγκατάστασης ανά kW από τις μεγάλες Α/Γ, παρατηρούμε ότι σε μικρότερο νησί όπως η Θηρασιά η τιμή πώλησης νερού είναι περίπου η ίδια (περίπου 2,6 €/m³) είτε έχουμε συμμετοχή 100% από Α/Γ, είτε 100% από Φ/Β.



Σχήμα 4.4: Ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται

Το ποσοστό ενέργειας που χάνεται από ΑΠΕ μειώνεται όσο αυξάνεται η συμμετοχή των Φ/Β. Αυτό συμβαίνει γιατί τα Φ/Β ίδιας ισχύος με μία Α/Γ παράγουν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με την Α/Γ.

Στη συνέχεια θα δούμε πως επηρεάζονται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (IRR) για διάφορες τιμές της τιμής πώλησης του νερού.

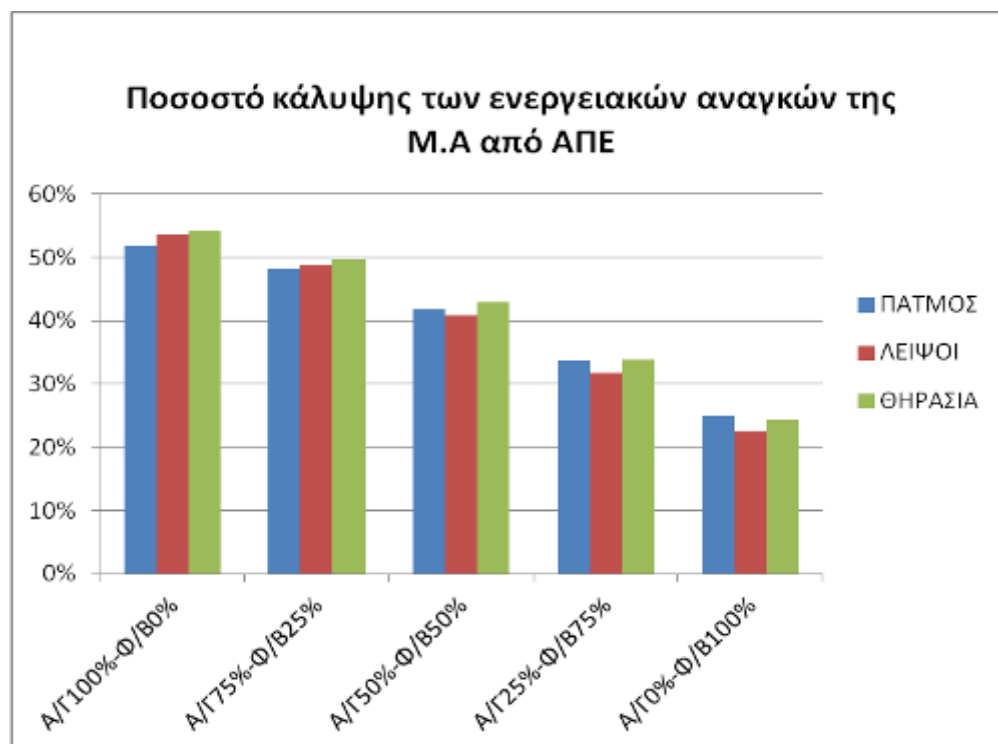


Σχήμα 4.5: IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του νερού

Στο παραπάνω γράφημα εξετάζεται πώς η τιμή πώλησης νερού επιδρά στον εσωτερικό συντελεστή απόδοσης της επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα, ψάχνουμε να βρούμε **για ποιες τιμές πώλησης ο IRR γίνεται 12%,16% και 20%**. Το 12% είναι ένας εσωτερικός συντελεστής απόδοσης ο οποίος θα ήταν ικανοποιητικός αν η εγκατάσταση και εκμετάλλευση του όλου συστήματος γινόταν από το δημόσιο, ενώ το 20% είναι ο IRR τον οποίο θα προσδοκούσε μία ιδιωτική επιχείρηση για να εξασφαλίσει ότι η επένδυση δεν θα είναι απλά βιώσιμη αλλά και εξαιρετικά κερδοφόρα. Στη συγκεκριμένη εργασία οι προτεινόμενες τιμές πώλησης του νερού στα σχετικά νησιά θα αντιστοιχούν σε IRR 16% έτσι ώστε η επένδυση να είναι και βιώσιμη και κερδοφόρα. Σε καμία περίπτωση όμως το προτεινόμενο τίμημα δεν πρέπει να ξεπερνά τιμές που δίνουν IRR=20%.

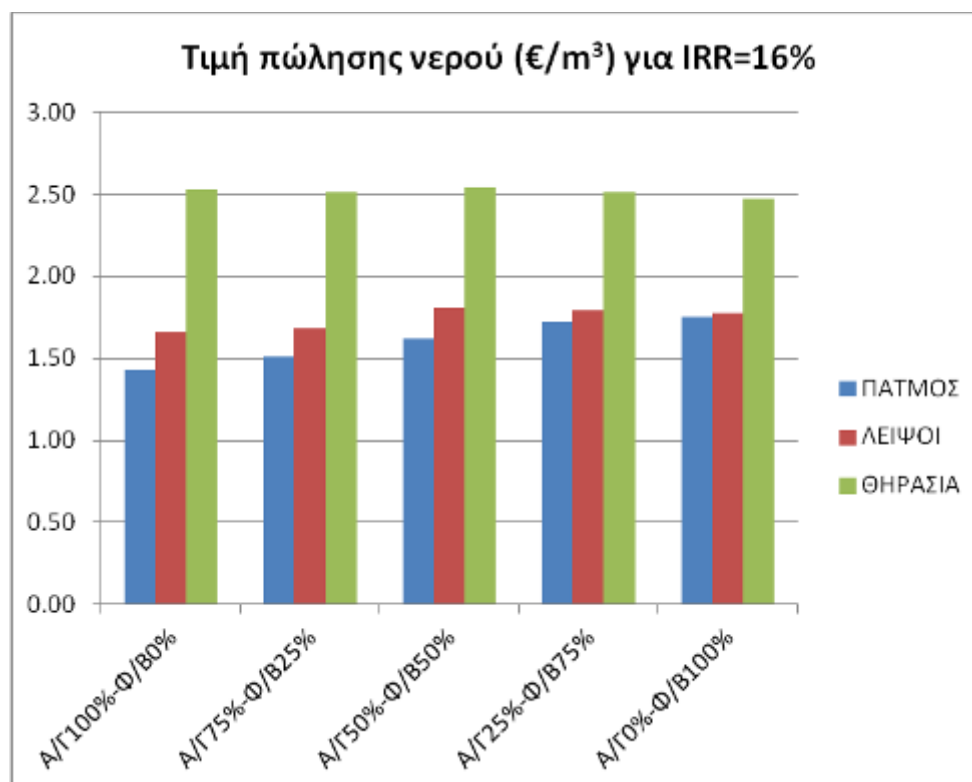
Παρατηρούμε ότι μικρή μεταβολή στην τιμή πώλησης του νερού έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης. Επίσης, όσο πιο μεγάλο είναι το νησί, τόσο πιο μικρή πρέπει να είναι η τιμή πώλησης του νερού για ένα συγκεκριμένο IRR. Το διάγραμμα απεικονίζει τιμές πώλησης εάν η μονάδα ΑΠΕ είναι ανεμογεννήτρια εγκατεστημένης ισχύος 25% μεγαλύτερη από τη συνολική ισχύ της Μ.Α. Άρα η ανώτατη προτεινόμενη τιμή πώλησης είναι 1.65, 1.88, και 2.78 €/m³ στη Πάτμο, τους Λειψούς και τη Θηρασιά αντίστοιχα.

Για το **2^ο σενάριο** εφαρμογής του νόμου που δίνει το 20% της παραγόμενης ισχύος από ΑΠΕ πάντα στο δίκτυο χωρίς προτεραιότητα στην αφαλάτωση έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



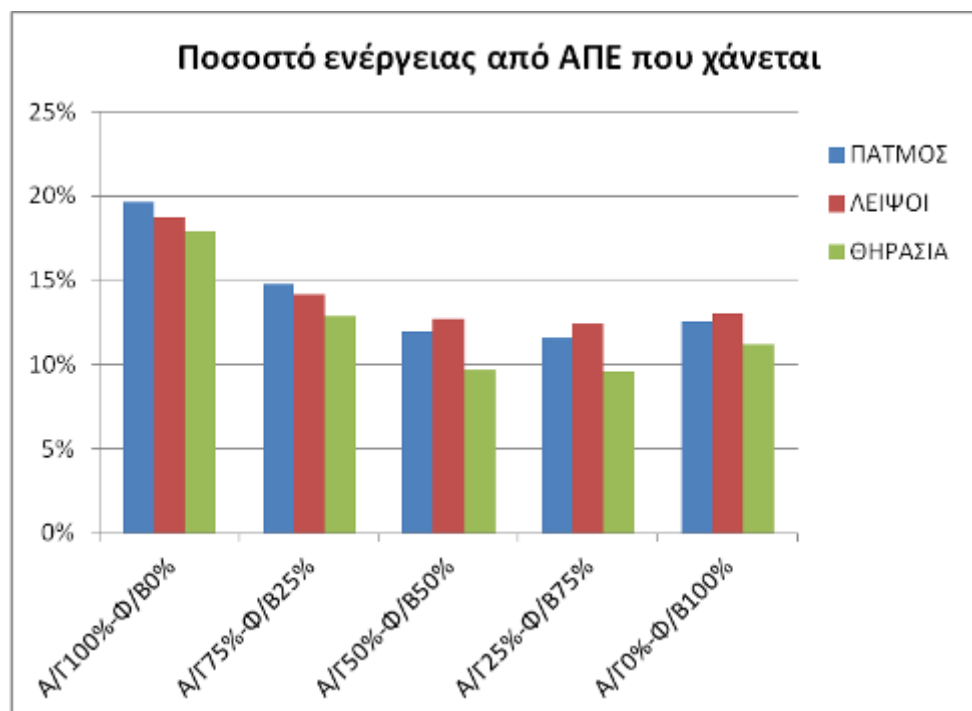
Σχήμα 4.6: Ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α. από ΑΠΕ

Βάσει αυτού του σεναρίου και συγκρίνοντας με το Σχήμα 4.3. του 1^{ου} σεναρίου (προτεραιότητα στην αφαλάτωση), το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α. από ΑΠΕ όπως ήταν αναμενόμενο μειώνεται αφού τώρα έχει δοθεί προτεραιότητα στο δίκτυο και το 20% της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ παρέχεται στο δίκτυο.



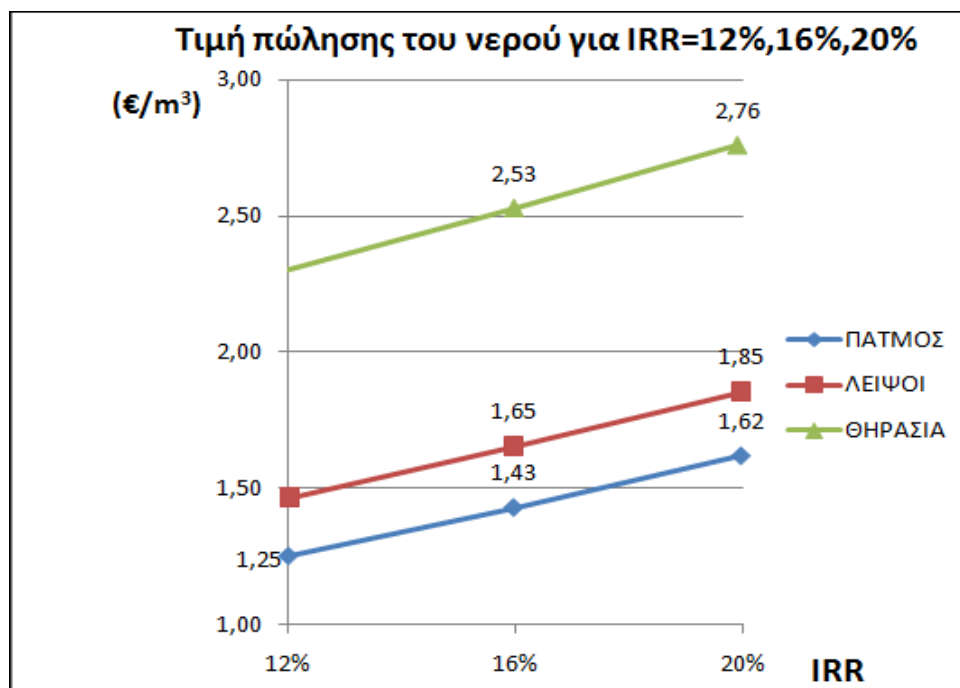
Σχήμα 4.7: Τιμή πώλησης νερού (€/m³) για IRR=16%

Η τιμή πώλησης του νερού για συντελεστή εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης IRR=16% διαμορφώνεται αισθητά χαμηλότερη από ότι στο πρώτο σενάριο. Ο λόγος που προκύπτει αυτή η διαφορά είναι ότι τώρα το 20% της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ πωλείται στο δίκτυο με αποτέλεσμα να είναι αυξημένα τα έσοδα του επενδυτή σε σχέση με το πρώτο σενάριο όταν πήγαινε μόνο το πλεόνασμα στο δίκτυο, οπότε και το κόστος παραγόμενου νερού προκύπτει χαμηλότερο.



Σχήμα 4.8: Ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται

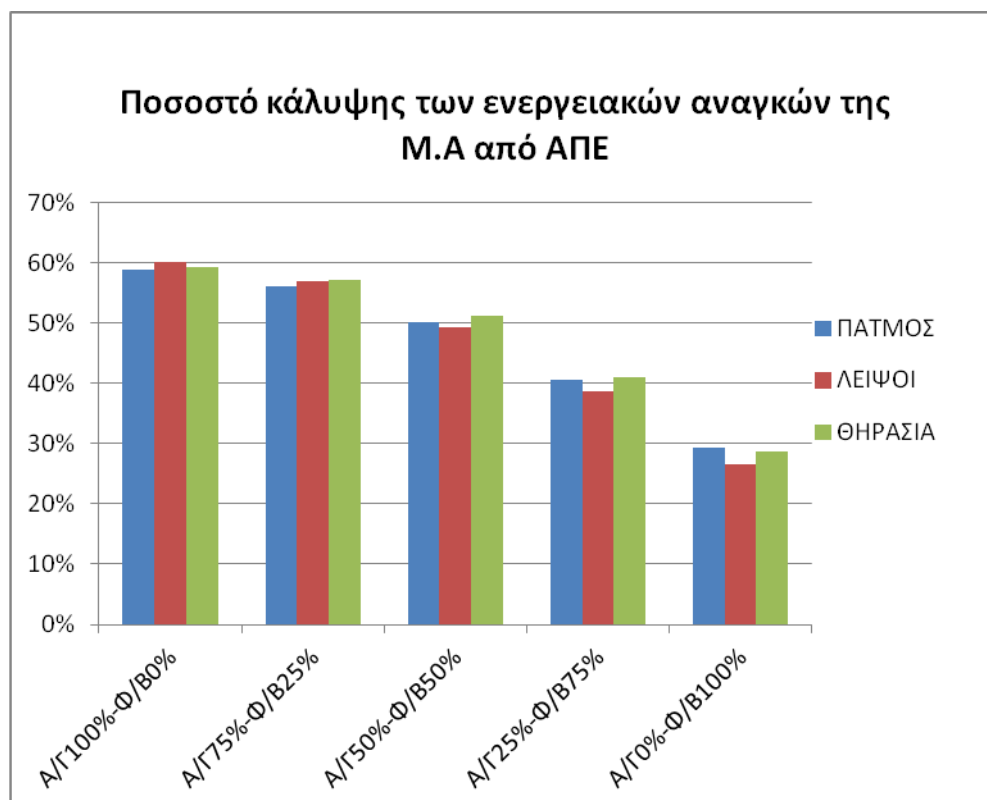
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το ποσοστό της χαμένης ενέργειας είναι το ίδιο με το 1^ο σενάριο. Αυτό συμβαίνει διότι η ενέργεια που απαιτείται από την αφαλάτωση μία δεδομένη ώρα είναι συγκεκριμένη και ίδια σε όλα τα σενάρια, οπότε και η ενέργεια που παρέχεται στην αφαλάτωση αλλά και στο δίκτυο στο σύνολο της είναι ίδια στο 1^ο αλλά και στο 3^ο σενάριο. Το ποσοστό της χαμένης ενέργειας κυμαίνεται από 10% έως 19,5%. Τα ποσοστά λοιπόν της χαμένης ενέργειας είναι χαμηλά και για τα τρία σενάρια.



Σχήμα 4.9: IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του νερού

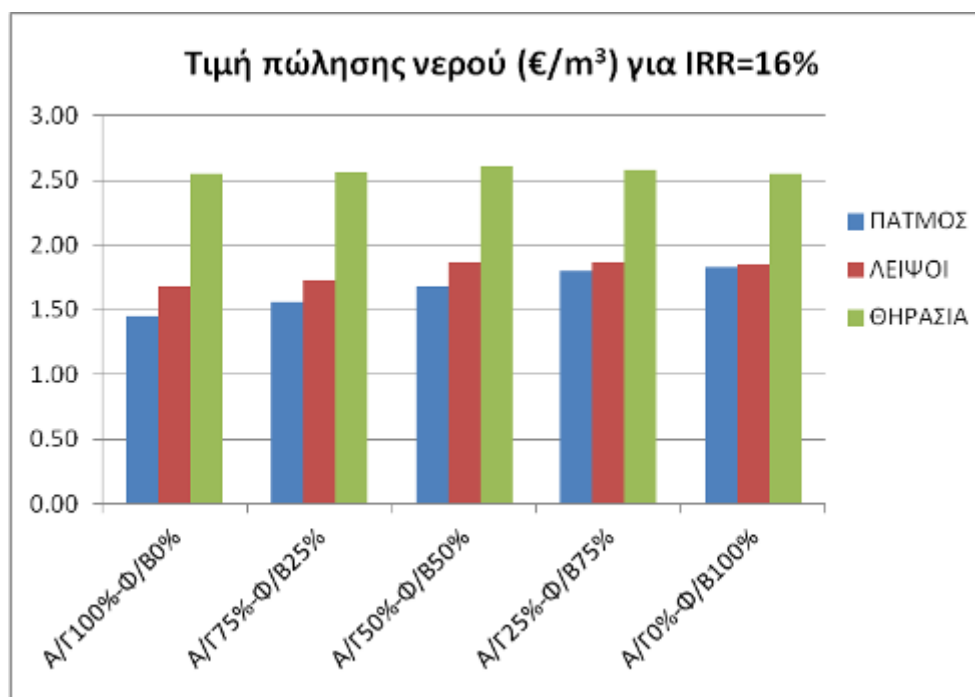
Και εδώ για μικρή αλλαγή της τιμής του νερού παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση της του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης της επένδυσης. Το διάγραμμα απεικονίζει τιμές πώλησης εάν η μονάδα ΑΠΕ είναι ανεμογεννήτρια εγκατεστημένης ισχύος 25% μεγαλύτερη από τη συνολική ισχύ της Μ.Α και οι τιμές πώλησης του νερού δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 1.62, 1.85, και 2.76 €/m³ για την Πάτμο, τους Λειψούς και τη Θηρασιά αντίστοιχα.

Το **3^ο σενάριο** να μεν δίνει προτεραιότητα στην αφαλάτωση αλλά ο νόμος δίνει το περιθώριο στον παραγωγό, σε περίπτωση που έχουμε παραγωγή ενέργειας από Α/Γ και από Φ/Β, να δίνει όταν αυτό είναι δυνατό το πλεόνασμα της ενέργειας στο δίκτυο κατά προτεραιότητα από τα Φωτοβολταϊκά, αφού η τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από αυτά είναι 0,45 €/kWh, άρα πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή πώλησης της ενέργειας από Α/Γ που είναι 0,09945 €/kWh.



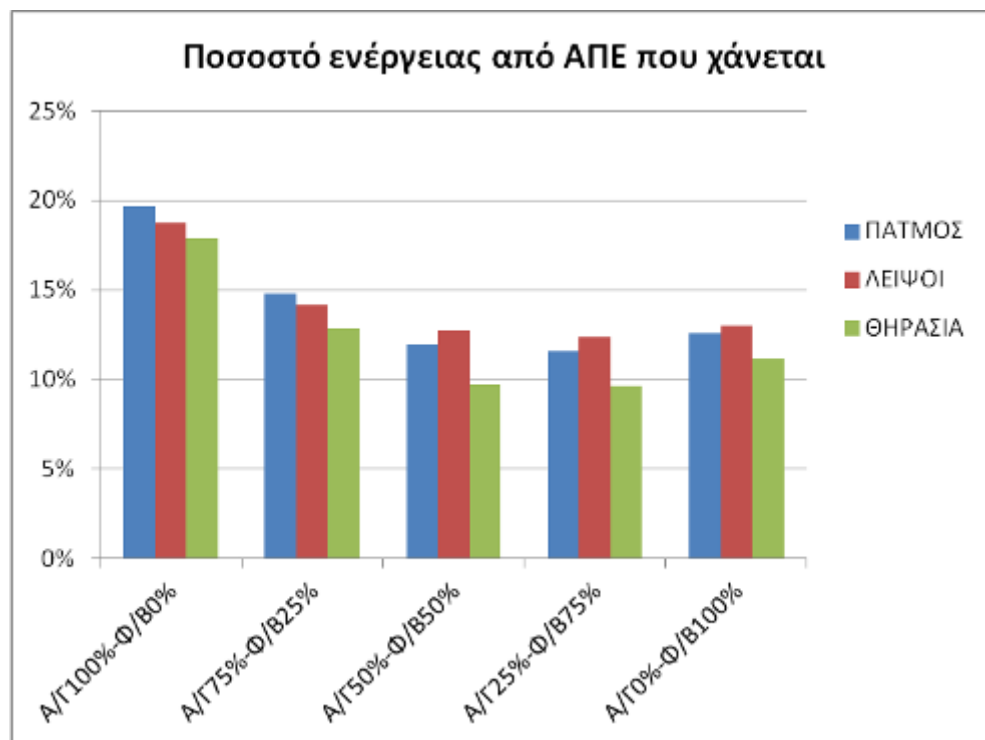
Σχήμα 4.10 : Ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α από ΑΠΕ

Επειδή και σε αυτή την περίπτωση δίνεται προτεραιότητα στις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης, το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της Μ.Α από ΑΠΕ είναι το ίδιο με αυτό του πρώτου σεναρίου.



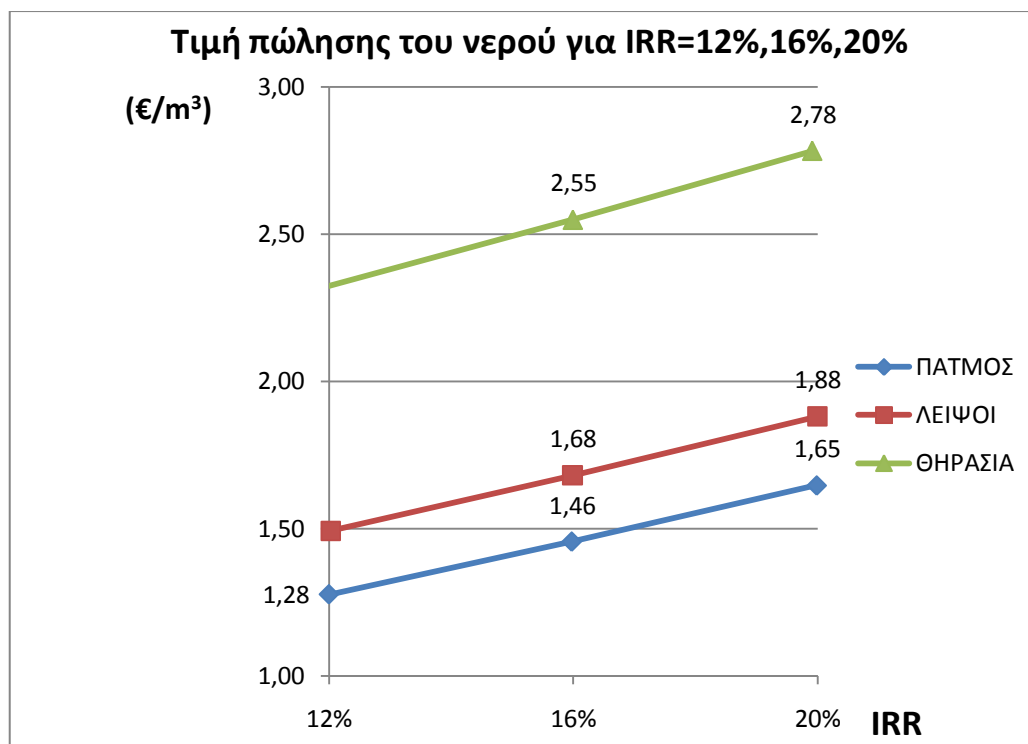
Σχήμα 4.11: Τιμή πώλησης νερού (€/m³) για IRR=16%

Σε σύγκριση με το 1^ο σενάριο η τιμή πώλησης του νερού είναι αισθητά χαμηλότερη κι αυτό γιατί πωλείται μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β στο δίκτυο, άρα προκύπτουν περισσότερα έσοδα για τον επενδυτή, επομένως μειώνεται το κόστος παραγόμενου νερού, που επηρεάζει την τιμή πώλησής του. Αυτό το ποσοστό της ενέργειας από Φ/Β που πωλείται στο δίκτυο είναι μεγαλύτερο από ότι στο 1^ο σενάριο μόνο στην περίπτωση που έχουμε συμμετοχή και των δύο τύπων ΑΠΕ (δηλαδή Α/Γ και Φ/Β), αλλιώς τα σενάρια 1 και 2 συμπίπτουν.



Σχήμα 4.12: Ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται

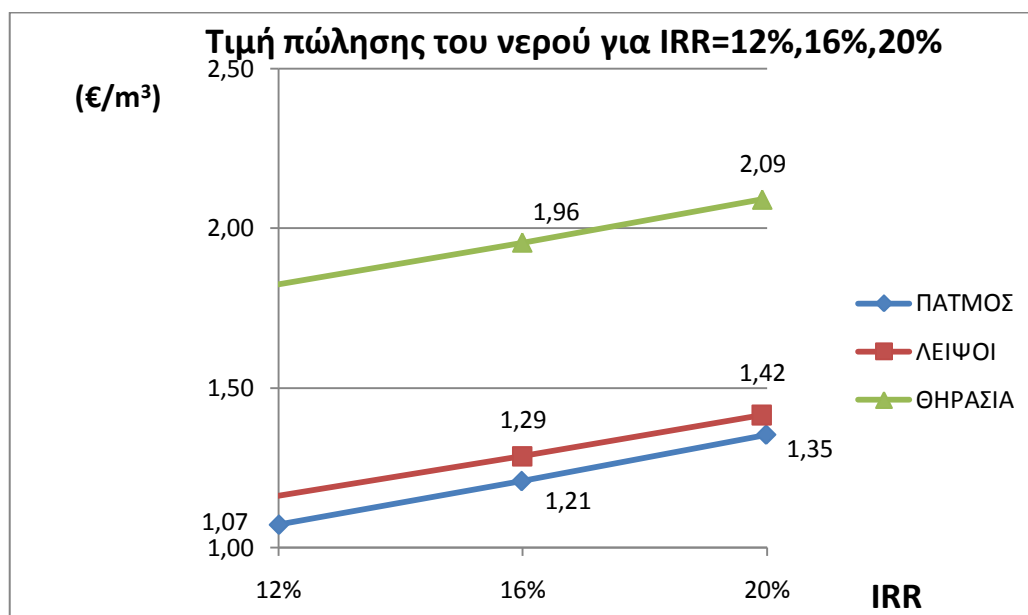
Η ενέργεια που χάνεται από ΑΠΕ είναι όση και αυτή που είχε υπολογιστεί με το 1^ο σενάριο αφού και εδώ δίνεται προτεραιότητα στις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης.



Σχήμα 4.13 : IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του νερού

Τα συμπεράσματα από το παραπάνω διάγραμμα είναι ανάλογα των 2 προηγούμενων σεναρίων.

Το **4^ο σενάριο** αφορά συμβατική αφαλάτωση χωρίς χρησιμοποίηση ΑΠΕ. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πώς διαμορφώνεται η τιμή πώλησης του νερού για διάφορους IRR.



Σχήμα 4.14 : IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του νερού (Χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ)

Παρατηρούμε ότι η τιμή πώλησης του νερού προκύπτει χαμηλότερη από ότι στα προηγούμενα σενάρια τα οποία μελετούν σύστημα με συμμετοχή ΑΠΕ στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης. Αυτό συμβαίνει για τους εξής λόγους:

- μεγάλο κόστος εγκατάστασης των Ανεμογεννητριών και των Φωτοβολταϊκών
- το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού στα νησιά είναι κατά πολύ υψηλότερο από ότι στο ηπειρωτικό σύστημα λόγω της μεταφοράς πετρελαίου. Ωστόσο η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίδια για όλη την Ελλάδα και δεν μεταβάλλεται ανάλογα με το κόστος παραγωγής αυτής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τιμή πώλησης του νερού που προέρχεται από σύστημα αφαλάτωσης χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ να είναι χαμηλότερη από ότι με συμμετοχή ΑΠΕ.

Συνολικές Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα από την παραμετρική ανάλυση

Τα σενάρια 1 και 3 συμπίπτουν όταν στο νησί πρόκειται να εγκατασταθεί ενός είδους μονάδα ΑΠΕ. Δηλαδή, αν έχουμε 100% συμμετοχή από Α/Γ ή 100% συμμετοχή από Φ/Β τα δύο σενάρια δίνουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα. Αν όμως συμμετέχουν και οι δύο τεχνολογίες ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρέχεται για την κάλυψη ενός μέρους των αναγκών της Μονάδας Αφαλάτωσης, τότε παρατηρούμε ότι **το 3^ο σενάριο δίνει καλύτερα αποτελέσματα** εξετάζοντας το από τη σκοπιά ενός επενδυτή. Δηλαδή προκύπτει χαμηλότερο κόστος παραγόμενου νερού και άρα χαμηλότερη τιμή πώλησης νερού για IRR=16%. Αυτό συμβαίνει γιατί το 3^ο σενάριο (ουσιαστικά ο νέος νόμος για τις ΑΠΕ ν.3851/10) δίνει το περιθώριο στον επενδυτή, εάν βάλει Α/Γ και Φ/Β και αφού καλύπτει μέρος ή και το σύνολο των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης, να δίνει το πλεόνασμα της συνολικά παραγόμενης από ΑΠΕ πρώτα από την παραγωγή των Φ/Β στο δίκτυο. Έτσι και θα καλύπτει κατά προτεραιότητα τις ανάγκες της αφαλάτωσης, όπως ορίζει ο νόμος, αλλά και θα πουλάει την ενέργεια στο δίκτυο βάσει της ευνοϊκής τιμολόγησης της ενέργειας που παράγεται από Φ/Β (0,45 €/kWh).

Το **σενάριο 2**, όπως ήταν αναμενόμενο, δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα από οικονομικής σκοπιάς επενδυτή και αυτό διότι η μονάδα-ες ΑΠΕ παρέχουν το 20% της παραγόμενης ενέργειας πάντα στο δίκτυο, κατά προτεραιότητα, οπότε τα έσοδα είναι περισσότερα, άρα μειώνεται το κόστος παραγόμενου νερού και η τιμή πώλησης του νερού. Αυτό το ενδεχόμενο δεν είναι απόλυτα σύμφωνο με το νόμο αφού δεν δίνει προτεραιότητα στις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και ναι μεν το νερό θα προκύπτει φθηνότερο για τον Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης του νησιού, αλλά το κράτος θα πρέπει να καταβάλλει μεγαλύτερα ποσά από ότι εάν δοθεί προτεραιότητα στην αφαλάτωση λόγω του ότι στην ουσία θα υποχρεούται να αγοράζει πάντα το 20% της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ.

Για να δοθεί λοιπόν προτεραιότητα στις ενεργειακές ανάγκες της αφαλάτωσης και όχι στις ανάγκες του δικτύου θα υποστηρίξουμε και θα συνεχίσουμε τη μελέτη μας βασιζόμενοι στο 3^ο σενάριο.

Κεφάλαιο 5

5. Αναλυτική παρουσίαση πρότασης

Βασική αρχή της παρούσας πρότασης αποτελεί η εγκατάσταση σε κάθε νησί κατάλληλης δυναμικότητας μονάδας αφαλάτωσης προηγμένης τεχνολογίας, αξιοπιστίας και αποδοτικότητας σε συνδυασμό όπου αυτό είναι εφικτό, λόγω των περιορισμών του ηλεκτρικού δικτύου, με κατάλληλου τύπου και ισχύος μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Σημειώνεται ότι το δίκτυο παροχής νερού θα λειτουργεί αμιγώς με το παραγόμενο νερό της μονάδας αφαλάτωσης που είναι πόσιμο. Η πρόταση αυτή μπορεί να στηρίξει πολύ ικανοποιητικά και την τουριστική ανάπτυξη μεγιστοποιώντας το οικονομικό και κοινωνικό όφελος αυξάνοντας τις παραγωγικές δραστηριότητες στο νησί.

5.1 Πάτμος –Μεγάλο νησί

5.1.1 Περιγραφή του νησιού

Η Πάτμος είναι το βορειότερο νησί στο συγκρότημα των Δωδεκανήσων. Βρίσκεται βορειοδυτικά της Λέρου και νοτιοδυτικά της Σάμου. Έχει έκταση 34,05 τ.χμ και μήκος ακτών 63 χιλιόμετρα. Είναι νησί ηφαιστειογενές, έντονα βραχώδες με ψηλότερη κορυφή τον Προφήτη Ηλία (269 μέτρα) στο νότιο τμήμα της. Παρακάτω αναφέρονται στοιχεία για την ηλεκτρική ενέργεια, τη διείσδυση των ΑΠΕ καθώς και τη ζήτηση- κάλυψη των υδρευτικών αναγκών.



Φωτογραφία 5.1: Το νησί της Πάτμου από δορυφόρο ^[31]

Το ηλεκτρικό σύστημα :

Κατάσταση ηλεκτρικής διασύνδεσης: Η Πάτμος είναι ένα αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα με τοπικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Στον τοπικό σταθμό της Πάτμου υπάρχουν 9 θερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (diesel), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 8,054 MW ^[23].

Ετήσιος ρυθμός αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης: 5%

Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (2008): 16,51 GWh

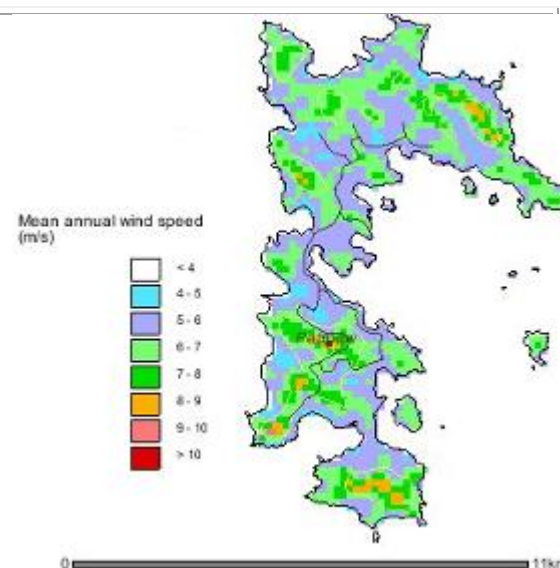
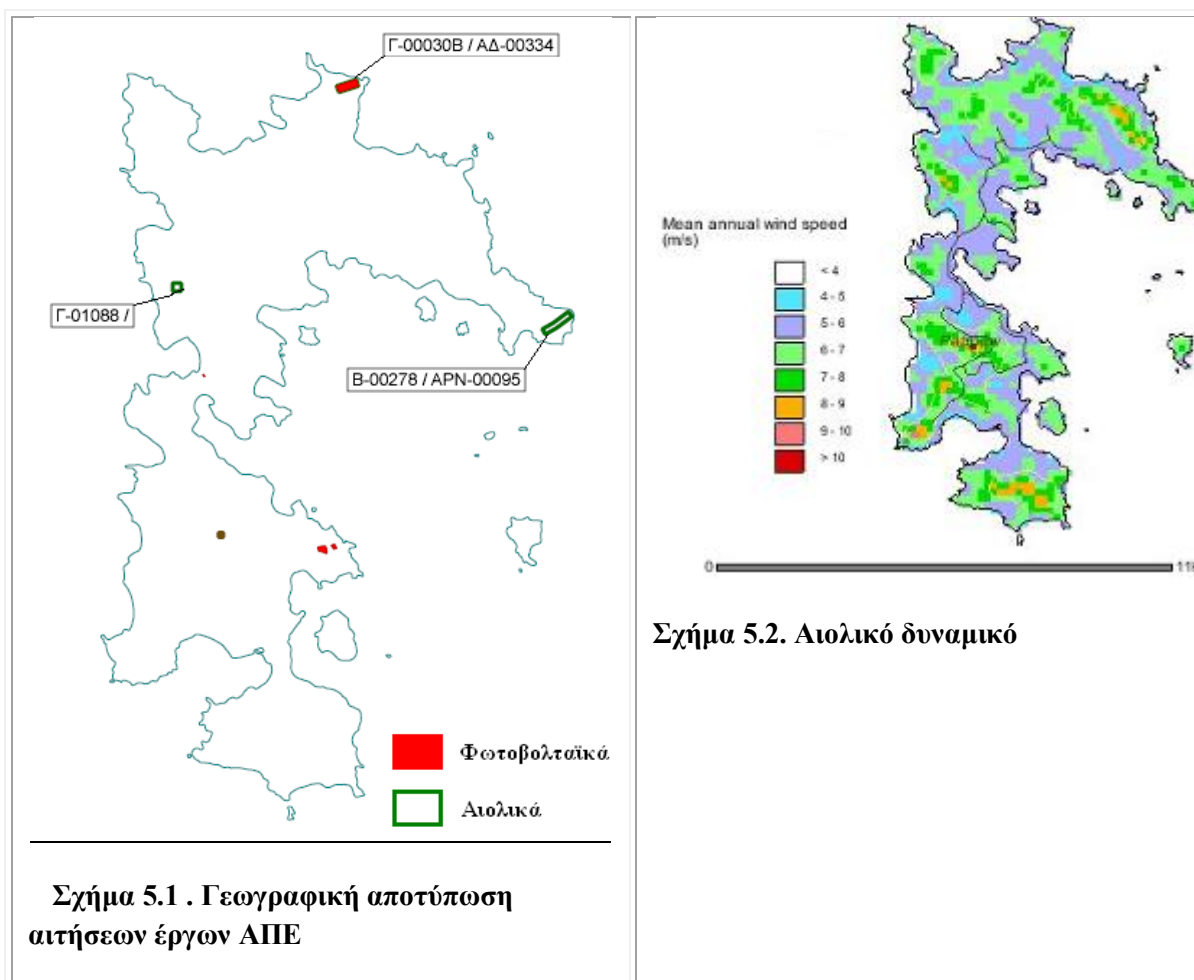
Αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (2008): 4,92 MW

Συμβατική Παραγωγή ενέργειας (2008): 13,97 GWh

Ενέργεια από ΑΠΕ (2008): 2,54 GWh

Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή (2008): 1,32 MW

Δυναμικό ΑΠΕ – Παρούσα ανάπτυξη ΑΠΕ



Το όριο διεύθυνσης αιολικής ενέργειας σύμφωνα με τον κανόνα του 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης είναι 1,38 MW. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν εγκατεστημένα 1,32 MW

αιολικών (πάρκο με 2 Α/Γ). Πλέον του υφιστάμενου Α/Π δεν υπάρχουν άλλες άδειες παραγωγής, ενώ υπάρχει μία αίτηση για 0,6 MW σε εκκρεμότητα.

Συνοπτικά, οι αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.1: Αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα

Αιτήσεις Α/Π		Άδειες Παραγωγής από Α/Π		Όριο 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης (MW)
Αριθμός	Συνολική ισχύς (MW)	Αριθμός	συνολική ισχύς (MW)	
3	2,67	1	1,32	1,38

Συνοπτικά, οι αιτήσεις για Φ/Β σταθμούς έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.2: Αιτήσεις για Φ/Β σταθμούς

Αιτήσεις Φ/Β σταθμών		Όριο διείσδυσης Φ/Β σταθμών βάσει ΡΑΕ (kW)
αριθμός	συνολική ισχύς (kW)	
4	418,72	546,92

Από αυτές τις αιτήσεις, οι 3, που είναι μεγαλύτερες των 20 kW, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 398,92 kW, έχουν πάρει θετική γνωμοδότηση.

Νερό - απαιτήσεις και κάλυψη των αναγκών

Πίνακας 5.3: (τμήμα του πίνακα 1.1 κεφάλαιο 1): Ετήσια κάλυψη Υδρευτικών Αναγκών ανά Είδος Προσφοράς (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2008)

Αφαλατώσεις (%)	Μεταφερόμενες ποσότητες (%)	Ταμιευτήρες (%)	Υπόγεια (%)	Κάλυψη ύδρευσης (%)	Υδρευτική απαίτηση(m ³)
	75,00		16,86	91,86	330.781

Πίνακας 5.4: (τμήμα του πίνακα 1.3 κεφάλαιο 1): Μεταφερόμενες ποσότητες νερού (m³) με υδροφόρα πλοία για το 2006 στην Πάτμο

ΜΗΝΑΣ	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}	6 ^{ος}	7 ^{ος}	8 ^{ος}	9 ^{ος}	10 ^{ος}	11 ^{ος}	12 ^{ος}	ΣΥΝΟΛΟ
ΠΑΤΜΟΣ	7500	5600	17500	17600	25200	33000	25700	35000	29400	27000	17600	12500	253600

Παρατηρούμε στον πίνακα 5.3 ότι η κάλυψη των αναγκών γίνεται ως επί το πλείστον με τις μεταφερόμενες ποσότητες, και όπως είπαμε, με κόστος εξαιρετικά υψηλό ανά κυβικό μέτρο νερού και ποιότητα που δεν πληρεί τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού (λόγω των μη απαιτούμενων συνθηκών στα πλοία μεταφοράς) και δευτερευόντως με τις γεωτρήσεις. Παρόλα αυτά αποτελεί έως και σήμερα τη μοναδική «λύση» του προβλήματος της λειψυδρίας, ιδιαίτερα στους καλοκαιρινούς μήνες. Οι γεωτρήσεις παρέχουν περί τις 70.000 m³ νερό ετησίως με υψηλή περιεκτικότητα αλάτων που θεωρείται χαμηλής ποιότητας για να χρησιμοποιηθεί ως

πόσιμο. Εκτός από τις Δημοτικές γεωτρήσεις υπάρχουν και ιδιωτικές γεωτρήσεις σε αδιευκρίνιστο αριθμό, των οποίων οι υπεραντλήσεις επιτείνουν και επιταχύνουν την αύξηση της περιεκτικότητας των αλάτων στο αντλούμενο νερό. Από τον πίνακα 5.4 βλέπουμε ότι μόνο το 2006 μεταφέρθηκαν με πλοία συνολικά 253.600 m³ νερού με κόστος πάνω από 4,91 €/ m³ (μέσος όρος για τα Δωδεκάνησα), που σημαίνει ότι μόνο για την Πάτμο δαπανήθηκαν από το ελληνικό δημόσιο πάνω από 1,245 εκ. € για εκείνη τη χρονιά. Βασική λοιπόν προτεραιότητα για την Πάτμο είναι η λύση στο πρόβλημα του νερού και αυτή είναι η αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ.

5.1.2 Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης

Η παραγωγή πόσιμου νερού πρέπει να ανταποκρίνεται στη ζήτηση. Για τον λόγο αυτό έχει γίνει εκτίμηση των αναγκών νερού της Πάτμου με τη χρήση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Η ικανότητα της Μονάδας Αφαλάτωσης πρέπει να ανταποκρίνεται στην κάλυψη των αναγκών με αδιάλειπτη παροχή όλο το χρόνο.

Επιλέγοντας από τη βάση δεδομένων του υπολογιστικού εργαλείου που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της μελέτης το νησί της Πάτμου, προκύπτει αυτόματα ο παρακάτω πίνακας βάσει του οποίου θα διαστασιολογηθεί η μονάδα αφαλάτωσης.

Πίνακας 5.5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου για την Πάτμο

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ (m³)	330781
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m³)	906,2
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m³)	37,8
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	50%
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	419736
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m³)	1150,0
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m³)	47,9
ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ (MW)	5,1
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (m³)	2420,7
ΕΠΙ ΤΟΙΣ ΕΚΑΤΟ ΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	77%
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Μ.Α (kWh/m³)	4
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m³ /d)	1863,9
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m³ /h)	77,7
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (kW)	310,7
ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ((m³ /d))	2000,0
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΡΟΥ (m³/h)	83,3
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	333,3
ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ Μ.Α	0,87

ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ (m³/d)	1731,5
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ (m³)	15800

Υπόμνημα πινάκων-σύμβαση χρωμάτων για το υπολογιστικό εργαλείο:

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ
ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ
ΣΥΜΠΛΗΡΩΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ
ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΑΠΟ ΕΜΠΟΡΙΟ

Σύμφωνα με την ελάχιστη δυναμικότητα της Μ.Α. επιλέγουμε να εγκατασταθεί Μ.Α. ικανότητας παραγωγής $4 \times 500 \text{ m}^3/\text{d}$ (ή $4 \times 20,8 \text{ m}^3/\text{h} = 83,3 \text{ m}^3/\text{h}$). Η μονάδα αφαλάτωσης είναι σταθερών στροφών που σημαίνει ότι θα λειτουργεί σε συγκεκριμένα σημεία, όσα και οι υπομονάδες από τις οποίες θα αποτελείται. Θεωρούμε ότι η Μ.Α. θα αποτελείται από 4 υπομονάδες ίδιας δυναμικότητας, επομένως τα σημεία λειτουργίας της είναι τα εξής:

1. Λειτουργία 1^{ης} υπομονάδας: $83,3(\text{m}^3/\text{h})/4 = 20,8 \text{ m}^3/\text{h}$,
2. Λειτουργία 1^{ης} και 2^{ης} υπομονάδας: $20,8(\text{m}^3/\text{h}) \times 2 = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$,
3. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} υπομονάδας: $20,8(\text{m}^3/\text{h}) \times 3 = 62,4 \text{ m}^3/\text{h}$.
4. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} υπομονάδας: $83,3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Σε επόμενη σελίδα αναφέρονται αναλυτικά οι δεξαμενές που ήδη υπάρχουν στην Πάτμο. Βάσει της πρόβλεψης ζήτησης, των υφιστάμενων δεξαμενών και της συνθήκης που ορίζει ως ελάχιστο απόθεμα το 20% της χωρητικότητας των δεξαμενών προκύπτει ότι οι δεξαμενές επαρκούν. Έτσι δεν χρειάζεται να σχεδιαστούν νέες δεξαμενές για τη Πάτμο γεγονός που επιδρά θετικά στο ΚΠΝ (κόστος παραγόμενου νερού).

5.1.3 Επιλογή θέσης Μονάδας Αφαλάτωσης

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα κριτήρια χωροθέτησης (βλ. κεφάλαιο 4) εξετάστηκαν 2 θέσεις στο νησί, το Αγριολιβάδι και οι Λεύκες που είναι κοντά στη Σκάλα, παραθαλάσσιο, τουριστικό οικισμό με τις μεγαλύτερες ανάγκες νερού στο νησί ^[20]. Τελικά προκρίθηκε και προτείνεται η θέση Λεύκες που βρίσκεται μακριά από κατοικίες ή ενδεχόμενες τουριστικές εκμεταλλεύσεις στην περιοχή.

Η όλη κατασκευή θα ακολουθήσει την αρχιτεκτονική μελέτη ένταξης του έργου στο περιβάλλον. Δεν υπάρχουν κοντά κατοικίες, αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία, τουριστικές ή άλλες δραστηριότητες στην περιοχή αλλά και δεν φαίνεται να προσφέρεται αυτή η περιοχή για τουριστική ανάπτυξη. Υπάρχουν περιορισμένες εκτάσεις που καλλιεργούνται. Το δίκτυο μέσης τάσης απέχει περί τα 200m από την επιλεγείσα θέση.

Η θέση αυτή έχει σχετικά ομαλό έδαφος που εύκολα διαμορφώνεται (δεν είναι βραχώδες), ενώ έχει εύκολη πρόσβαση. Θα χρειασθεί η κατασκευή ενός τμήματος δρόμου 100 m περίπου για τη σύνδεση με τον υπάρχοντα δημοτικό χωματόδρομο και το οδικό δίκτυο του νησιού. Βρίσκεται σε κατάλληλο μικρό ορμίσκο στη ΒΔ πλευρά του νησιού που προστατεύεται μερικώς από τους ΒΔ ανέμους, που είναι οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή. Πληρούνται όλα τα κριτήρια χωροθέτησης ενώ η επιτυχής ένταξη της Μονάδας Αφαλάτωσης στο φυσικό περιβάλλον θα εξασφαλισθεί με την εκπόνηση της αναγκαίας αρχιτεκτονικής μελέτης, η οποία ενδεχομένως να προτείνει κάποιες αρχιτεκτονικές κατασκευές. Όλος ο εξοπλισμός θα είναι εγκατεστημένος σε ειδικά containers τα οποία θα τοποθετηθούν σε κατάλληλες βάσεις επί του εδάφους. Η έκταση είναι εν μέρει δημόσια ή δημοτική που θα παραχωρηθεί για χρήση ώστε να εγκατασταθεί η Μονάδα Αφαλάτωσης.

Στη μελέτη θα γίνει αξιοποίηση της μορφολογίας του εδάφους για την εγκατάσταση τόσο του εξοπλισμού, όσο και των αναγκαίων δεξαμενών στα επίπεδα που απαιτούνται για τη βέλτιστη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης χωρίς πρόσθετες αντλήσεις και δαπανηρές και άσκοπες σιδηροκατασκευές.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στη Πάτμο υπάρχει η ιδιαιτερότητα ότι στην παρούσα φάση το νησί υδροδοτείται ουσιαστικά από δύο ανεξάρτητα μεταξύ τους δίκτυα, αυτό της Σκάλας - Κάμπου και αυτό της Χώρας – Γροϊκού. Για να εξασφαλιστεί η παροχή νερού στους οικισμούς του νησιού, ο Δήμος Πάτμου έχει ήδη δρομολογήσει τη σύνδεση των μεγάλων δεξαμενών στο Συνοδινό (χωρητικότητα 4.800 m³) και στο Γροϊκό (χωρητικότητα 6.000 m³) με τη δεξαμενή στα Χωριδάκια με κύριους αγωγούς και αντλιοστάσια μεταφοράς νερού και με τους αναγκαίους αυτοματισμούς για αδιάλειπτη παροχή νερού.

Υπάρχουν 8 Δημοτικές Δεξαμενές (Δ) αποθήκευσης του νερού και διανομής του στα δίκτυα των οικισμών , συνολικής χωρητικότητας 15.800 m³.

Πίνακας 5.6: Δημοτικές δεξαμενές νερού στην Πάτμο

	Δεξαμενή	Θέση	(m ³)
Κάμπος	Δ1	Χωριδάκια	4.500
	Δ2	Χωριδάκια	70
	Δ3	Φασκιανού	150
Σκάλα	Δ4	Συνοδινού	2.400
	Δ5	-	2.400
Χώρα	Δ6	Μοναστήρι	200
	Δ7	Σημαντίρι	80
	Δ8	Γροϊκος	6.000

Γι' αυτό λοιπόν η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να συνδεθεί μέσω καταθλιπτικού αγωγού με μία εκ των δεξαμενών προκειμένου να εξασφαλιστεί η διάθεση του παραγόμενου νερού σε όλους τους οικισμούς του νησιού.

5.1.4 Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ

Για να διαστασιολογήσουμε τη μονάδα ΑΠΕ θα προσθέσουμε, όπως προαναφέρθηκε βάσει του νόμου 3581/2010, στην απαιτούμενη ισχύ της Μ.Α. ένα ποσοστό 25 %. Έτσι θα προκύψει η απαιτούμενη ισχύς της μονάδας ΑΠΕ και στη συνέχεια θα γίνει η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους Ανεμογεννήτριας ή/και Φωτοβολταϊκών από το εμπόριο.

Θα κινηθούμε στο πλαίσιο του νέου νόμου για τις ΑΠΕ (Ν.3851/2010, βλ. παράγραφο 4.2.2), οπότε η εγκατάσταση σταθμών ΑΠΕ θα πάρει προτεραιότητα. Ωστόσο, δεν θα καλύπτεται από την παραγωγή της μονάδας ΑΠΕ όλη η ενέργεια που χρειάζεται η αφαλάτωση. Έτσι λοιπόν ένα μέρος της ενέργειας που θα καταναλώνεται από τη Μ.Α. θα παρέχεται από το δίκτυο.

Από την παραμετρική ανάλυση καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι στην Πάτμο συμφέρει να εγκατασταθεί Α/Γ γιατί έτσι θα προκύψει χαμηλότερο κόστος παραγόμενου νερού άρα και χαμηλότερη τιμή πώλησής του.

Πίνακας 5.7: Διαστασιολόγηση Μονάδας ΑΠΕ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	333,3
ΑΠΟ ΝΕΟ ΝΟΜΟ Α.Π.Ε	25%
ΑΠΕ(kW)	416,7
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ (kW)	330
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (kW)	86

Επειδή στο εμπόριο δεν υπάρχει αντίστοιχης δυναμικότητας Α/Γ (416,7 kW), η πρόταση για το συγκεκριμένο νησί έχει ως εξής:

- Εγκατάσταση Α/Γ Enercon E-33 ισχύος 330 kW (βλ. παράρτημα για χαρακτηριστικά)
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος 86 kW

Στο σημείο αυτό (σύμφωνα με το «σενάριο 3», παράγραφος 3.2.2) πρέπει να αναφέρουμε ότι στην περίπτωση που έχουμε παραγωγή ενέργειας και από

Ανεμογεννήτριες και από Φωτοβολταϊκά τότε ο παραγωγός θα δίνει όταν αυτό είναι δυνατό το πλεόνασμα της ενέργειας στο δίκτυο από τα Φωτοβολταϊκά αφού η τιμή πώλησης της ενέργειας που παράγεται από αυτά είναι μεγαλύτερη (0,45 €/kWh) σε σχέση με την ενέργεια από Α/Γ (0,09945 €/kWh).

Βασιζόμενοι στους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτουν τα αποτελέσματα για ένα έτος τα οποία συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.8: Ενεργειακά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου, για ένα έτος λειτουργίας

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	kWh
παραγόμενη από ΑΓ	1221782
παραγόμενη από ΦΒ	137006
καταναλώνεται από ΑΦ (Πραγματικό βάσει ζήτησης)	1674000
Από ΑΠΕ για αφαλάτωση	979498
από ΑΓ στο δίκτυο	100859
από ΦΒ στο δίκτυο	44376
από δίκτυο για ΑΦ	694502
ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται	17%
ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ	59%

Παρατηρούμε λοιπόν ότι το 59% (979.498 kWh) της ενεργειακής κατανάλωσης της Μ.Α. καλύπτεται από την Α/Γ και τα Φ/Β. Από το δίκτυο παρέχεται το υπόλοιπο 41%, δηλαδή ενέργεια ίση με 694.502 kWh, ενώ το 17% της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ παραμένει αναξιοποίητο.

5.1.5 Οικονομική ανάλυση του έργου

Το κόστος παραγόμενου νερού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που φαίνονται στον επόμενο πίνακα και κάνοντας αναγωγή στο παρόν. Μία πολύ σημαντική παράμετρος που το επηρεάζει είναι η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού που πρέπει να συμφωνηθεί από τον ΟΤΑ και τον ανάδοχο επενδυτή. Στη προκείμενη μελέτη η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα την οποία ο Δήμος είναι υποχρεωμένος να αγοράζει κάθε χρόνο ισούται με τη σημερινή υδρευτική απαίτηση του νησιού. Βέβαια, όπως είναι λογικό, όσο μεγαλύτερη είναι η εγγυημένη αυτή ποσότητα τόσο μικρότερο ανά κυβικό μέτρο θα είναι το ΚΠΝ. Η προβλεπόμενη ζήτηση νερού είναι αυτή που προέκυψε από το εργαλείο. Η οικονομική ανάλυση έχει γίνει βάσει της προβλεπόμενης ζήτησης νερού εφόσον αναμένεται να αυξηθούν οι ανάγκες του νησιού σε νερό λόγω της άνεσης που θα τους παρέχει η αφαλάτωση. Η

τιμή πώλησης του νερού θα είναι αυτή που θα έχει αρχικά συμφωνηθεί μεταξύ ΟΤΑ και ανάδοχου επενδυτή.

Πίνακας 5.9: Συνιστώσες οικονομικής ανάλυσης του έργου – Κόστος παραγόμενου νερού

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	419.736
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΟΥ (m ³)	330.781

ΚΠΝ ΜΕ Α/Γ ΚΑΙ Φ/Β για την προβλεπόμενη ζήτηση νερού	1,17
ΚΠΝ Με Α/Γ και Φ/Β για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού	1,40
Κόστος Ανεμογεννήτριας (€/kW)	1500
Κόστος μονάδας αφαλάτωσης (€/m ³ /day)	1000
ΦΒ (€/kW)	3500
R ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου	10,3%
i ονομαστικό επιτόκιο	6%
N	15
Χημικά λειτουργίας και καθαρισμού(€/m ³)	0,3
Πάγιο κόστος Σ&Λ αφαλάτωσης	30000
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης (€)	155921
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα (€/m ³)	129234,3
ΚΣΛ Α/Γ και Φ/Β	2%
τιμή πώλησης περίσσειας αιολικής (€/kWh)	0,09945
τιμή πώλησης περίσσειας ΦΒ	0,45
τιμή αγοράς ηλ.ενέργειας από δίκτυο (€/kWh)	0,08785
Αρχική Επένδυση (€)	2796000
Επιτόκιο Προεξόφλησης	0,06
Περίοδος Προεξόφλησης	15
Ίδια Κεφάλαια	60%
Δάνειο	40%
Επιχορήγηση	0%
Ρυθμός Απόσβεσης	6,50%
Φόρος	35%

Με κριτήριο τη γρήγορη ανάκτηση του ιδίου κεφαλαίου, η τιμή του αφαλατωμένου νερού πρέπει να δίνει έναν ικανοποιητικό εσωτερικό συντελεστή απόδοσης (IRR) της επένδυσης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούμε ως ικανοποιητικό IRR το 16%.

Για τιμή πώλησης του νερού 1,59 €/m³, η περίοδος αποπληρωμής προκύπτει 6,45 χρόνια και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης της επένδυσης IRR=16% (βλ. Παράρτημα Β). Βέβαια η τιμή πώλησης του νερού στο Δήμο εξαρτάται και από τη συμφωνία Δήμου και επενδυτή οι οποίοι πρέπει να καταλήξουν σε μία κοινά

αποδεκτή λύση. Πάντως το κόστος του νερού θα είναι οπωσδήποτε σημαντικά μικρότερο από το σημερινό ($\approx 5 \text{ €/m}^3$).

Ένα άλλο σενάριο θα ήταν η εγκατάσταση μόνο Α/Γ γιατί έτσι ο χρόνος αδειοδότησης θα ήταν μειωμένος αφού ο επενδυτής δεν θα έπρεπε να πάρει άδεια για την εγκατάσταση και λειτουργία Φ/Β σταθμού. Στην περίπτωση αυτή η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ είναι μικρότερη όπως επίσης και το Κόστος Παραγόμενου Νερού και αυτό επειδή το κόστος των Φ/Β ανά kW εγκατεστημένης ισχύος είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της Α/Γ των 330kW.

Πίνακας 5.10: Ενεργειακά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου, για ένα έτος λειτουργίας, στην περίπτωση εγκατάστασης μόνο Α/Γ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	kWh
παραγόμενη από ΑΓ	1221782
καταναλώνεται από ΑΦ	1674000
Από ΑΓ για αφαλάτωση	893001
από ΑΓ στο δίκτυο	125669
από δίκτυο για ΑΦ	780999
ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται	17%
ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΓ	53%

Το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ (εδώ μόνο Α/Γ) είναι 53% σε σύγκριση με το 59% στο προηγούμενο σενάριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μονάδα αφαλάτωσης να επιβαρύνει περισσότερο το δίκτυο απ'ότι στην προηγούμενη περίπτωση, αφού τώρα καταναλώνει 780.999 kWh (47%) ενέργειας προερχόμενης από αυτό.

Ωστόσο, η τιμή πώλησης νερού για να προκύψει $IRR=16\%$ διαμορφώνεται χαμηλότερα, στα $1,49 \text{ €/m}^3$ σε σύγκριση με το $1,59 \text{ €/m}^3$ αν είχαμε εγκαταστημένη μία Α/Γ και Φ/Β.

Ως ένα τελευταίο σενάριο θεωρούμε την μη εγκατάσταση ΑΠΕ. Στην περίπτωση αυτή η Μ.Α. θα παίρνει ενέργεια αποκλειστικά από το δίκτυο. Η τιμή πώλησης νερού χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ διαμορφώνονται στα $1,21 \text{ €/m}^3$. Παρατηρούμε ότι αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που υπολογίσαμε με εγκατάσταση ΑΠΕ, ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι το σενάριο αυτό είναι επιθυμητό, καθώς η μονάδα αφαλάτωσης αφενός θα επιβαρύνει τη λειτουργία του αυτόνομου συστήματος λόγω της μεγάλης κατανάλωσης και αφετέρου θα προκαλέσει την εκπομπή μεγάλης ποσότητας αερίων ρύπων.

5.1.6 Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών

Σε 20 χρόνια

Θα κάνουμε μια πρόβλεψη για τις μελλοντικές ανάγκες, κάνοντας κάποιες εκτιμήσεις για τον μελλοντικό πληθυσμό και τουρισμό στο νησί.

Θα θεωρήσουμε ότι οι μόνιμοι κάτοικοι θα αυξάνονται ετησίως κατά 1,1% (όση ήταν η μέση ετήσια μεταβολή του πληθυσμού από το 1991 έως το 2001), οπότε μετά από 20 χρόνια ο πληθυσμός εκτιμάται στους 3826 μόνιμους κατοίκους.

Πίνακας 5.11: Προβλεπόμενος μελλοντικός πληθυσμός στην Πάτμο

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ	1951	1961	1971	1981	1991	2001	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991-2001	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΧΡΟΝΙΑ
Πάτμος	2731	2686	2486	2607	2715	3044	0,0115	3826

Εκτός από τους μόνιμους κατοίκους και τους τουρίστες, υπάρχει και ο εποχιακός πληθυσμός, ο οποίος όμως δεν καταγράφεται λόγω έλλειψης στοιχείων. Αυτοί είτε είναι επαναπατριζόμενοι και πάνε στο νησί μόνο συγκεκριμένες περιόδους το χρόνο (Χριστούγεννα, Πάσχα, καλοκαίρι), είτε φιλοξενούνται σε σπίτια άλλων στο νησί. Η έλλειψη του στοιχείου αυτού καθώς και η μη ασφαλής πρόβλεψη για τη μελλοντική ζήτηση του νερού μπορούν να διορθωθούν χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή ασφαλείας της τάξης του 20% όσον αφορά τη διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης.

Τουρισμός, με ετήσια αύξηση της τάξης 2%

Βάσει του παρακάτω πίνακα και γνωρίζοντας ότι η Πάτμος διαθέτει 5860 κλίνες μπορούμε να κάνουμε μία εκτίμηση για την κίνηση του τουρισμού τη χαμηλή και την υψηλή περίοδο και έπειτα να κάνουμε μία ετήσια αύξηση της τάξης του 2 % για να είμαστε ασφαλείς στη μελλοντική πρόβλεψη.

Πίνακας 5.12: Πληρότητα και ποσοστό κλινών σε λειτουργία στην Πάτμο

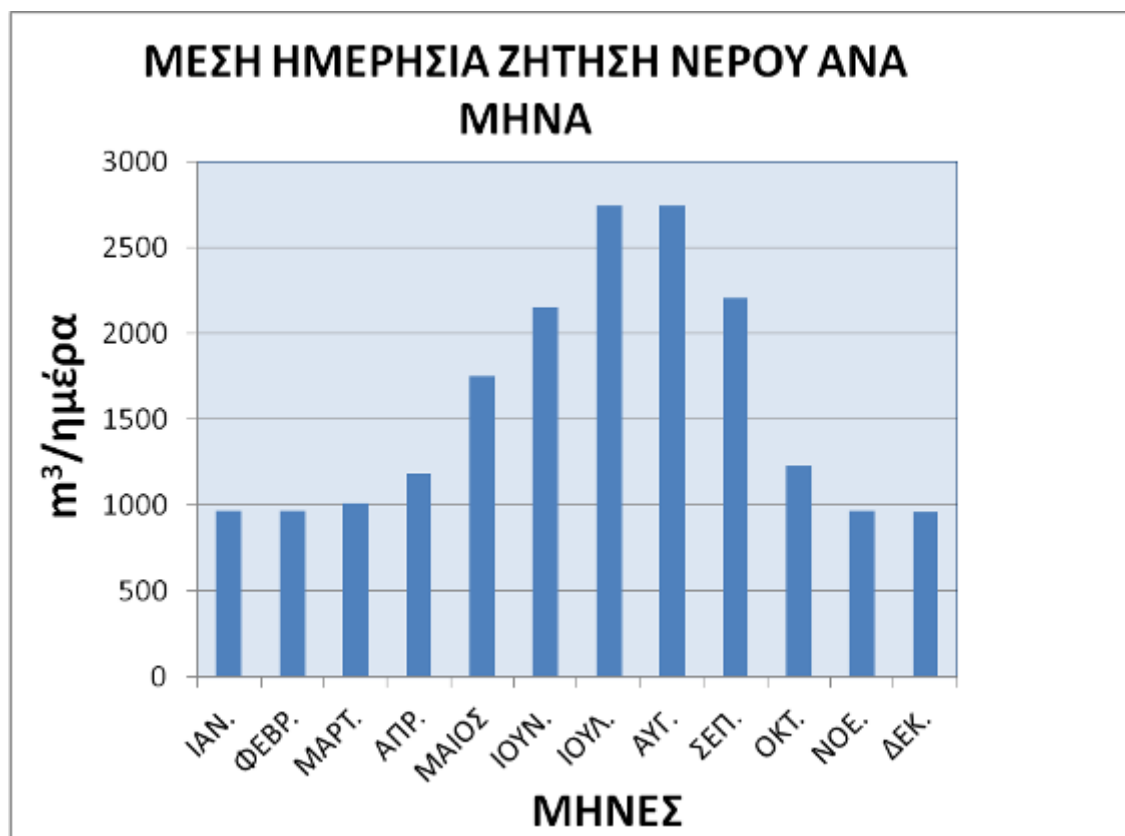
ΜΗΝΑΣ	ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΛΙΝΩΝ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	12,7%	5%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	16,0%	4%
ΜΑΡΤΙΟΣ	19,8%	15%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	24,6%	51%

ΜΑΙΟΣ	57,7%	77%
ΙΟΥΝΙΟΣ	87,0%	77%
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	100%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	100%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	89,6%	78%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	52,3%	29%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15,8%	4%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	18,9%	2%

Τουρισμός-Χαμηλή Περίοδος : Μάιος, Ιούνιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος κατά μέσο όρο: $0,7165(\text{πληρότητα}) * 0,6525(\text{ποσοστό κλινών σε λειτουργία}) * 5860(\text{συνολικός αριθμός κλινών}) \approx 2740$ άτομα ανά ημέρα (τουρίστες και επαναπατριζόμενοι για διακοπές) και προσθέτοντας 2% κάθε έτος έχουμε περί τα 4071 άτομα ανά ημέρα.

Τουρισμός-Υψηλή Περίοδος : Ιούλιος, Αύγουστος: $1,0(\text{πληρότητα}) * 1,0(\text{ποσοστό κλινών σε λειτουργία}) * 5860(\text{συνολικός αριθμός κλινών}) = 5860 + \text{ετήσια αύξηση } 2\% = 8.708$ άτομα ανά ημέρα. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ανάγκες νερού ανά μήνα στα επόμενα 20 χρόνια υπολογίζονται και παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα με ζήτηση νερού 250 λίτρα/άτομο και ημέρα.

Κάνοντας χρήση του παραπάνω πίνακα που αφορά στην πληρότητα και τις κλίνες που είναι διαθέσιμες κάθε μήνα και προσθέτοντας τον πληθυσμό του νησιού προκύπτει ο μέσος συνολικός πληθυσμός ανά μήνα και κάνοντας την υπόθεση ότι στο μέλλον θα αντιστοιχεί μία ποσότητα 250 λίτρων νερό ανά ημέρα προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 5.3: Μέση ημερήσια ζήτηση νερού ανά μήνα στην Πάτμο

Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού υπολογίσθηκαν στα 575.990 m³ για ζήτηση 250 λίτρα/άτομο και ημέρα. Δεν περιλαμβάνονται γεωργικές και βιομηχανικές χρήσεις νερού.

5.2 Λειψοί –Μεσαίο νησί

5.2.1 Περιγραφή του νησιού

Οι Λειψοί είναι συστάδα νησιών του ΝΑ Αιγαίου, που βρίσκονται βόρεια της Λέρου και ανατολικά της Πάτμου ^[33]. Ανήκει στο συγκρότημα των Δωδεκανήσων. Το όνομα δίνει στη συστάδα το νησί Λειψοί ή Λειψά, που αποτελείται από δύο όγκους ξηράς που ενώνονται με στενό λαιμό πλάτους 400 μέτρων. Είναι το μόνο νησί που κατοικείται και έχει συνολική έκταση 17,35 τ. χμ. και 36 χμ. δαντελωτής ακτής και συνολικό πληθυσμό 698 κατοίκων (απογραφή 2001).



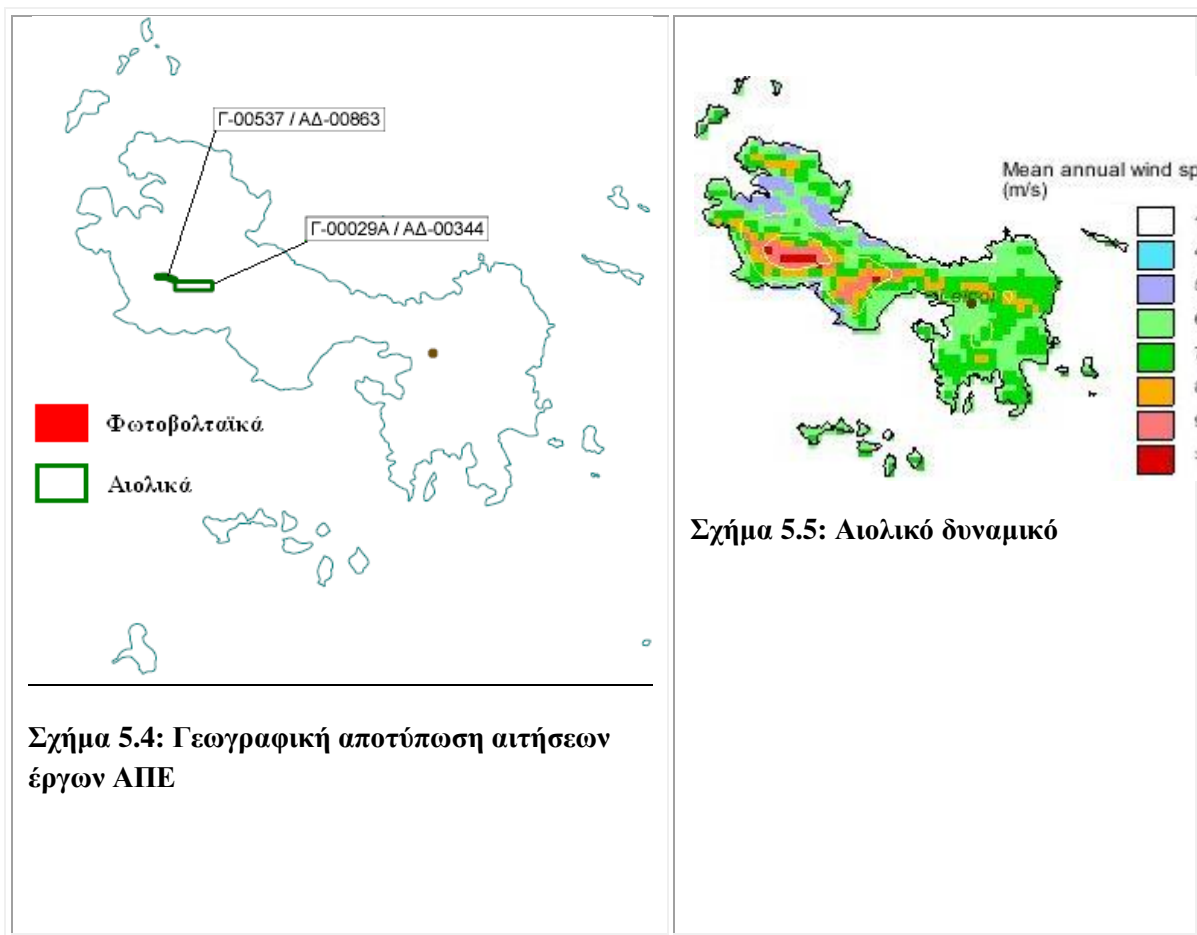
Φωτογραφία 5.2: Το νησί Λειψοί ^[42]

Το ηλεκτρικό σύστημα

Κατάσταση ηλεκτρικής διασύνδεσης: Συνδεδεμένο με άλλα νησιά. (Οι Λειψοί είναι μέρος του αυτόνομου συστήματος Κως-Κάλυμνος, που περιλαμβάνει τα νησιά Κως, Κάλυμνος, Λειψοί, Νίσυρος, Ψέριμος, Τέλενδος και Τήλος. Αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχουν στην Κω και στην Κάλυμνο).

Ετήσιος ρυθμός αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης	: 7%
Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (2008)	: 2,84 GWh
Αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (2008)	: 0,70 MW
Συμβατική Παραγωγή ενέργειας (2008)	: 0 GWh
Ενέργεια από ΑΠΕ (2008)	: 0 GWh
Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή (2008)	: 0 MW

Δυναμικό ΑΠΕ – Παρούσα ανάπτυξη ΑΠΕ



Μια πρώτη ένδειξη του ορίου διείσδυσης αιολικών, όσον αφορά κυρίως τη μεταφορική ικανότητα του καλωδίου προς το υπόλοιπο σύστημα, δίνει ο κανόνας του 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης, σύμφωνα με τον οποίο το όριο ανέρχεται σε 0,24 MW. Για τη διείσδυση επιπλέον αιολικών ενδεχομένως απαιτείται αναβάθμιση του καλωδίου.

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή. Υπάρχουν 2 αιτήσεις για αιολικά πάρκα, συνολικής ισχύος 2,3 MW.

Οι αιτήσεις αυτές έχουν λάβει αμφότερες άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που σημαίνει ότι το καλώδιο με το οποίο οι Λειψοί είναι συνδεδεμένοι στο σύστημα Κω-Καλύμνου έχει την αναλόγως απαιτούμενη μεταφορική ικανότητα.

Συνοπτικά, οι αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.13: Αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα

Αιτήσεις Α/Π		Άδειες Παραγωγής από Α/Π		Όριο 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης (MW)
αριθμός	συνολική ισχύς (MW)	αριθμός	συνολική ισχύς (MW)	
2	2,3	2	2,3	0,24

Δεν υπάρχουν αιτήσεις για φωτοβολταϊκά., ενώ το περιθώριο ανάπτυξης Φ/Β σταθμών που θέτει η ΡΑΕ είναι 97,19 kW.

Νερό - απαιτήσεις και κάλυψη των αναγκών

Πίνακας 5.14: Ετήσια κάλυψη Υδρευτικών Αναγκών ανά Είδος Προσφοράς (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2008)

Αφαλατώσεις (%)	Μεταφερόμενες ποσότητες (%)	Ταμιευτήρες (%)	Υπόγεια (%)	Κάλυψη ύδρευσης (%)	Υδρευτική απαίτηση(m ³)
	55,46		23,83	79,29	67.452

Πίνακας 5.15: (τμήμα του πίνακα 1.3 κεφάλαιο 1): Μεταφερόμενες ποσότητες νερού (m³) με υδροφόρα πλοία για το 2006 στους Λειψούς

ΜΗΝΑΣ	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}	6 ^{ος}	7 ^{ος}	8 ^{ος}	9 ^{ος}	10 ^{ος}	11 ^{ος}	12 ^{ος}	ΣΥΝΟΛΟ
ΛΕΙΨΟΙ	2200	4400		2700	3700	5500	4600	7700	6000	2200	1900		40900

Παρατηρούμε στον πίνακα 5.12 ότι η κάλυψη των αναγκών γίνεται ως επί το πλείστον με τις μεταφερόμενες ποσότητες και, όπως είπαμε, με κόστος εξαιρετικά υψηλό ανά κυβικό μέτρο νερού και ποιότητα που δεν πληρεί τις προδιαγραφές του πόσιμου νερού (λόγω των μη απαιτούμενων συνθηκών στα πλοία μεταφοράς). Παρόλα αυτά αποτελεί έως και σήμερα τη μοναδική «λύση» του προβλήματος της λειψυδρίας, ιδιαίτερα στους καλοκαιρινούς μήνες. Από τον πίνακα 1.3 (κεφάλαιο 1) βλέπουμε ότι μόνο το 2006 μεταφέρθηκαν με πλοία συνολικά 40.900 m³ νερού με κόστος περίπου 4,91 €/ m³, που σημαίνει ότι μόνο για τους Λειψούς δαπανήθηκαν από το ελληνικό δημόσιο περίπου 200.000 . € για εκείνη τη χρονιά. Η αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ προτείνεται ως η βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της διάθεσης του νερού.

5.2.2 Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης

Η παραγωγή πόσιμου νερού πρέπει να ανταποκρίνεται στη ζήτηση. Για τον λόγο αυτό έγινε λεπτομερής εκτίμηση των αναγκών νερού των Λειψών για την περίοδο της εικοσαετίας. Η ικανότητα της Μονάδας Αφαλάτωσης πρέπει να ανταποκρίνεται στην κάλυψη των αναγκών με αδιάλειπτη παροχή όλο το χρόνο.

Επιλέγοντας από τη βάση δεδομένων του υπολογιστικού εργαλείου που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της μελέτης το νησί των Λειψών, προκύπτει αυτόματα ο παρακάτω πίνακας βάσει του οποίου θα διαστασιολογηθεί η μονάδα αφαλάτωσης.

Πίνακας 5.16: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου για τους Λειψούς

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ (m³)	67.452
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	184,8
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	7,7
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	50%
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	88168
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	241,6
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	10,1
ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ (MW)	0,7
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	442,7
ΕΠΙ ΤΟΙΣ ΕΚΑΤΟ ΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	80%
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Μ.Α (kWh/m³)	4
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m ³ /d)	354,1
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m ³ /h)	14,8
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (kW)	59,0
ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ((m³ /d))	400,0
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΡΟΥ (m ³ /h)	16,7
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	66,7
ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ Μ.Α	0,81
ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ (m ³ /d)	322,2
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ (m³)	1000

Σύμφωνα με την ελάχιστη δυναμικότητα της Μ.Α επιλέγουμε να εγκατασταθεί Μ.Α ικανότητας παραγωγής $4 \times 100 \text{ m}^3/\text{d}$. (ή $4 \times 4,2 \text{ m}^3/\text{h} = 16,7 \text{ m}^3/\text{h}$). Η μονάδα αφαλάτωσης είναι σταθερών στροφών που σημαίνει ότι θα λειτουργεί σε συγκεκριμένα σημεία, όσα και οι υπομονάδες από τις οποίες θα αποτελείται. Θεωρούμε ότι η Μ.Α. θα αποτελείται από 4 υπομονάδες ίδιας δυναμικότητας, επομένως τα σημεία λειτουργίας της είναι τα εξής:

1. Λειτουργία 1^{ης} υπομονάδας: $16,7(\text{m}^3/\text{h})/4 = 4,2 \text{ m}^3/\text{h}$,
2. Λειτουργία 1^{ης} και 2^{ης} υπομονάδας: $4,2(\text{m}^3/\text{h}) \times 2 = 8,4 \text{ m}^3/\text{h}$,
3. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} υπομονάδας: $4,2(\text{m}^3/\text{h}) \times 3 = 12,6 \text{ m}^3/\text{h}$.
4. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} υπομονάδας: $16,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι δεξαμενές που υπάρχουν στο νησί, οι οποίες επαρκούν σύμφωνα με την πρόβλεψη ζήτησης που έχουμε κάνει. Έτσι δεν χρειάζεται να σχεδιαστούν νέες δεξαμενές για τους Λειψούς γεγονός που επιδρά θετικά στο ΚΠΝ (κόστος παραγόμενου νερού).

Στους Λειψούς το δίκτυο ύδρευσης συνίσταται σε δεξαμενές αποθήκευσης, πηγάδια συνδεδεμένα με το δίκτυο, γεωτρήσεις και υδρομαστευτικές στοές (οι οποίες προς το παρόν παραμένουν αναξιοποίητες), μια μικρή λιμνοδεξαμενή που αξιοποιεί τη βροχόπτωση χωρητικότητας 42000 κυβικών μέτρων, μια απλή δεξαμενή χωρητικότητας 1000 κυβικών μέτρων η οποία χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και τη διανομή της ποσότητας του νερού που μεταφέρεται στο νησί με υδροφόρα πλοία. Βάσει της πρόβλεψης ζήτησης, των υφιστάμενων δεξαμενών και της συνθήκης που ορίζει ως ελάχιστο απόθεμα το 20% της χωρητικότητας των δεξαμενών προκύπτει ότι η δεξαμενή των 1000 κυβικών επαρκεί. Έτσι δεν χρειάζεται να εγκατασταθούν νέες δεξαμενές για τους Λειψούς γεγονός που επιδρά θετικά στο ΚΠΝ (κόστος παραγόμενου νερού).

Σημειώνεται, πως η λιμνοδεξαμενή δεν έχει ακόμη σωστές αποδόσεις, εξαιτίας κακής πρόβλεψης στην απορροή των υδάτων της λεκάνης απορροής προς τα φράγματα. Πλέον, υπάρχουν και προβλήματα στη συντήρησή της, καθώς εισέρχονται μικρά ζώα, τα οποία βουλώνουν τις σωληνώσεις, και υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού. Δυστυχώς προς το παρόν η απόδοσή της δεν είναι πλήρης, λόγω κακών υπολογισμών της απορροής ^[41].



Φωτογραφία 5.3: Η λιμνοδεξαμενή χωρητικότητας 42000 κυβικών μέτρων κοντά στην περιοχή της Παναγίας του Χάρου ^[41]

5.2.3 Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ

Για να διαστασιολογήσουμε τη μονάδα ΑΠΕ θα προσθέσουμε, όπως προαναφέρθηκε βάσει του νόμου 3581/2010, στην απαιτούμενη ισχύ της Μ.Α. ένα ποσοστό 25 %. Έτσι θα προκύψει η απαιτούμενη ισχύς της μονάδας ΑΠΕ και στη συνέχεια θα γίνει η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους Ανεμογεννήτριας ή/και Φωτοβολταϊκών από το εμπόριο.

Θα κινηθούμε στο πλαίσιο του νέου νόμου για τις ΑΠΕ (Ν.3851/2010, βλ. παράγραφο 4.2.2), οπότε η εγκατάσταση σταθμών ΑΠΕ θα πάρει προτεραιότητα.

Ωστόσο, δεν θα καλύπτεται από την παραγωγή της μονάδας ΑΠΕ όλη η ενέργεια που χρειάζεται η αφαλάτωση. Έτσι λοιπόν ένα μέρος της ενέργειας που θα καταναλώνεται από τη Μ.Α. θα παρέχεται από το δίκτυο.

Πίνακας 5.17: Διαστασιολόγηση Μονάδας ΑΠΕ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	66,7
ΑΠΟ ΝΕΟ ΝΟΜΟ Α.Π.Ε	25%
ΑΠΕ(kW)	83,3
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ (kW)	50
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (kW)	33

Επειδή στο εμπόριο δεν υπάρχει αντίστοιχης δυναμικότητας Α/Γ η πρόταση για το συγκεκριμένο νησί έχει ως εξής:

- Εγκατάσταση Α/Γ Γ ΕW-15 ισχύος 50 kW της εταιρίας Entegrity Wind Systems (βλ. παράρτημα για χαρακτηριστικά)
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος 33 kW

Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς της Α/Γ, των Φ/Β και του δικτύου στις ενεργειακές καταναλώσεις της Μ.Α καθώς και για τον υπολογισμό της ενέργειας που παρέχεται από τις μονάδες ΑΠΕ στο δίκτυο ακολουθείται και στην περίπτωση των Λειψών η ίδια μεθοδολογία, όπως και για την Πάτμο. Προκύπτουν τα αποτελέσματα για ένα ολόκληρο έτος τα οποία συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.18: Ενεργειακά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου, για ένα έτος λειτουργίας

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	kWh
παραγόμενη από ΑΓ	207640
παραγόμενη από ΦΒ	52572
καταναλώνεται από ΑΦ	351600
Από ΑΠΕ για αφαλάτωση	195041
από ΑΓ στο δίκτυο	7967
από ΦΒ στο δίκτυο	12362
από δίκτυο για ΑΦ	156559
ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται	17%
ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ	55%

Παρατηρούμε λοιπόν ότι το 55% (195.041 kWh) της ενεργειακής κατανάλωσης της Μ.Α καλύπτεται από την Α/Γ Ε-33 και από τα Φ/Β. Από το δίκτυο παρέχεται το υπόλοιπο 45%, δηλαδή ενέργεια ίση με 156.559 kWh.

5.2.4 Οικονομική ανάλυση του έργου

Το κόστος παραγόμενου νερού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που φαίνονται στον επόμενο πίνακα και κάνοντας αναγωγή στο παρόν. Θεωρούμε και στην περίπτωση των Λειψών ότι η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού η οποία ο Δήμος είναι υποχρεωμένος να αγοράζει κάθε χρόνο ισούται με τη σημερινή υδρευτική απαίτηση του νησιού. Η οικονομική ανάλυση έχει γίνει βάσει της προβλεπόμενης ζήτησης νερού εφόσον αναμένεται να αυξηθούν οι ανάγκες του νησιού σε νερό λόγω της άνεσης που θα τους παρέχει η αφαλάτωση.

Πίνακας 5.19: Συνιστώσες οικονομικής ανάλυσης του έργου – Κόστος παραγόμενου νερού

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	88168
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΟΥ (m ³)	67.452
ΚΠΝ ΜΕ Α/Γ ΚΑΙ Φ/Β για την προβλεπόμενη ζήτηση νερού	1,41
ΚΠΝ ΜΕ Α/Γ και Φ/Β για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού	1,76
Κόστος Ανεμογεννήτριας (€/kW)	2500
Κόστος μονάδας αφαλάτωσης (€/m ³ /day)	1000
ΦΒ (€/kW)	3500
R ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου	10,3%
i ονομαστικό επιτόκιο	6%
N	15
Χημικά λειτουργίας και καθαρισμού(€/m ³)	0,3
Πάγιο κόστος Σ&Λ αφαλάτωσης	20000
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης (€)	46450
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα (€/m ³)	40235,6
ΚΣΛ Α/Γ και Φ/Β	2%
τιμή πώλησης περίσσειας αιολικής (€/kWh)	0,09945
τιμή πώλησης περίσσειας ΦΒ	0,45
τιμή αγοράς ηλ.ενέργειας από δίκτυο (€/kWh)	0,08785
Αρχική Επένδυση (€)	640500
Επιτόκιο Προεξόφλησης	0,06
Περίοδος Προεξόφλησης	15
Ίδια Κεφάλαια	60%
Δάνειο	40%
Επιχορήγηση	0%
Ρυθμός Απόσβεσης	6,50%
Φόρος	35%

Για τιμή πώλησης του νερού 1,88 €/m³, η περίοδος αποπληρωμής προκύπτει 6,43 χρόνια και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης της επένδυσης IRR=16%

(βλ.Πάραρτημα Β). Βέβαια η τιμή πώλησης του νερού στο Δήμο εξαρτάται και από τη συμφωνία Δήμου και επενδυτή οι οποίοι πρέπει να καταλήξουν σε μία κοινά αποδεκτή λύση. Πάντως το κόστος του νερού θα είναι οπωσδήποτε σημαντικά μικρότερο από το σημερινό ($\approx 5 \text{ €/m}^3$).

Ένα άλλο σενάριο είναι η εγκατάσταση μόνο Α/Γ εγκατεστημένης ισχύος 50kW. Η συνεισφορά της Α/Γ και του δικτύου στις ενεργειακές καταναλώσεις της αφαλάτωσης αλλά και η ενέργεια που πηγαίνει από το δίκτυο στην αφαλάτωση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.20: Ενεργειακά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου, για ένα έτος λειτουργίας, στην περίπτωση εγκατάστασης μόνο Α/Γ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	kWh
παραγόμενη από ΑΓ	207640
καταναλώνεται από ΑΦ (Λειτουργία στο max)	584000
καταναλώνεται από ΑΦ (Πραγματικό βάσει ζήτησης)	351600
Από ΑΠΕ για αφαλάτωση	161727
από ΑΓ στο δίκτυο	12219
από δίκτυο για ΑΦ	189873
ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται	16%
ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ	46%

Το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ (εδώ μόνο Α/Γ) είναι 46% σε σύγκριση με το 55% στο προηγούμενο σενάριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μονάδα αφαλάτωσης να επιβαρύνει περαιτέρω το δίκτυο, αφού τώρα καταναλώνει 189.873 kWh από αυτό.

Ωστόσο, η τιμή πώλησης νερού για να προκύψει IRR=16% προκύπτει μικρότερη, αφού διαμορφώνεται σε $1,66 \text{ €/m}^3$ σε σύγκριση με το $1,88 \text{ €/m}^3$ αν είχαμε εγκατεστημένη μία Α/Γ και Φ/Β.

Ως ένα τελευταίο σενάριο θεωρούμε την μη εγκατάσταση ΑΠΕ. Στην περίπτωση αυτή η Μ.Α. θα παίρνει ενέργεια αποκλειστικά από το δίκτυο. Η τιμή πώλησης νερού χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ διαμορφώνονται στα $1,38 \text{ €/m}^3$. Παρατηρούμε ότι αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που υπολογίσαμε με εγκατάσταση ΑΠΕ, ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι το σενάριο αυτό είναι επιθυμητό, καθώς θα προκαλέσει την εκπομπή μεγάλης ποσότητας αερίων ρύπων.

5.2.5 Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών

Σε 20 χρόνια

Θα κάνουμε μια πρόβλεψη για τις μελλοντικές ανάγκες, κάνοντας κάποιες εκτιμήσεις για τον μελλοντικό πληθυσμό και τουρισμό στο νησί.

Θα θεωρήσουμε ότι οι μόνιμοι κάτοικοι θα αυξάνονται ετησίως κατά 1,1% (όση ήταν η μέση ετήσια μεταβολή του πληθυσμού από το 1991 έως το 2001), οπότε μετά από 20 χρόνια ο πληθυσμός εκτιμάται στους 926 μόνιμους κατοίκους.

Πίνακας 5.21: Προβλεπόμενος μελλοντικός πληθυσμός στους Λειψούς

ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ ΝΗΣΙΑ/ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ	1951	1961	1971	1981	1991	2001	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991-2001	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΧΡΟΝΙΑ
Λειψοί	885	724	597	574	606	698	0,014234268	926

Τουρισμός, με ετήσια αύξηση της τάξης 2%

Βάσει του παρακάτω πίνακα και γνωρίζοντας ότι οι Λειψοί διαθέτουν 289 κλίνες μπορούμε να κάνουμε μία εκτίμηση για την κίνηση του τουρισμού τη χαμηλή και την υψηλή περίοδο και έπειτα να υποθέσουμε μια ετήσια αύξηση της τάξης του 2% για να είμαστε ασφαλείς στη πρόβλεψή μας.

Πίνακας 5.22: Πληρότητα και ποσοστό κλινών σε λειτουργία στους Λειψούς

ΜΗΝΑΣ	ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΛΙΝΩΝ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	12,7%	5%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	16,0%	4%
ΜΑΡΤΙΟΣ	19,8%	15%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	24,6%	51%
ΜΑΙΟΣ	57,7%	77%
ΙΟΥΝΙΟΣ	87,0%	77%
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	100%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	100%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	89,6%	78%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	52,3%	29%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15,8%	4%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	18,9%	2%

Τουρισμός-Χαμηλή Περίοδος : Μάιος, Ιούνιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος κατά μέσο όρο: $0,7165(\text{πληρότητα}) * 0,6525(\text{ποσοστό κλινών σε λειτουργία}) * 289(\text{συνολικός αριθμός κλινών}) \approx 135$ άτομα ανά ημέρα (τουρίστες και επαναπατριζόμενοι για διακοπές) και προσθέτοντας 2 % κάθε έτος έχουμε περί τα 201 άτομα ανά ημέρα.

Τουρισμός-Υψηλή Περίοδος : Ιούλιος, Αύγουστος: $1,0(\text{πληρότητα}) * 1,0(\text{ποσοστό κλινών σε λειτουργία}) * 289(\text{συνολικός αριθμός κλινών}) = 289$ + ετήσια αύξηση 2 % ≈ 353 άτομα ανά ημέρα. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ανάγκες νερού ανά μήνα στα

επόμενα 20 χρόνια υπολογίζονται και παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα με την μέγιστη ζήτηση νερού 250 λ/κάτοικο και ημέρα.



Σχήμα 5.6: Μέση ημερήσια ζήτηση νερού ανά μήνα στους Λειψούς

Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού υπολογίσθηκαν στα 97.734 m³ για ζήτηση 250 λ/κάτοικο και ημέρα. Δεν περιλαμβάνονται γεωργικές και βιομηχανικές χρήσεις νερού.

5.3 Θηρασιά –μικρό νησί

5.3.1 Περιγραφή του νησιού

Η Θηρασιά, με πληθυσμό 268 κατοίκων(απογραφή 2001) βρίσκεται στα δυτικά της Σαντορίνης και απέχει λιγότερο από ένα ναυτικό μίλι από αυτήν. Ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης και έχει έκταση 9 τ.χμ^{[34],[35]}.



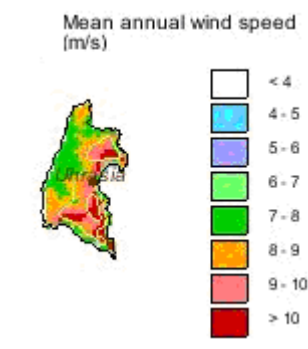
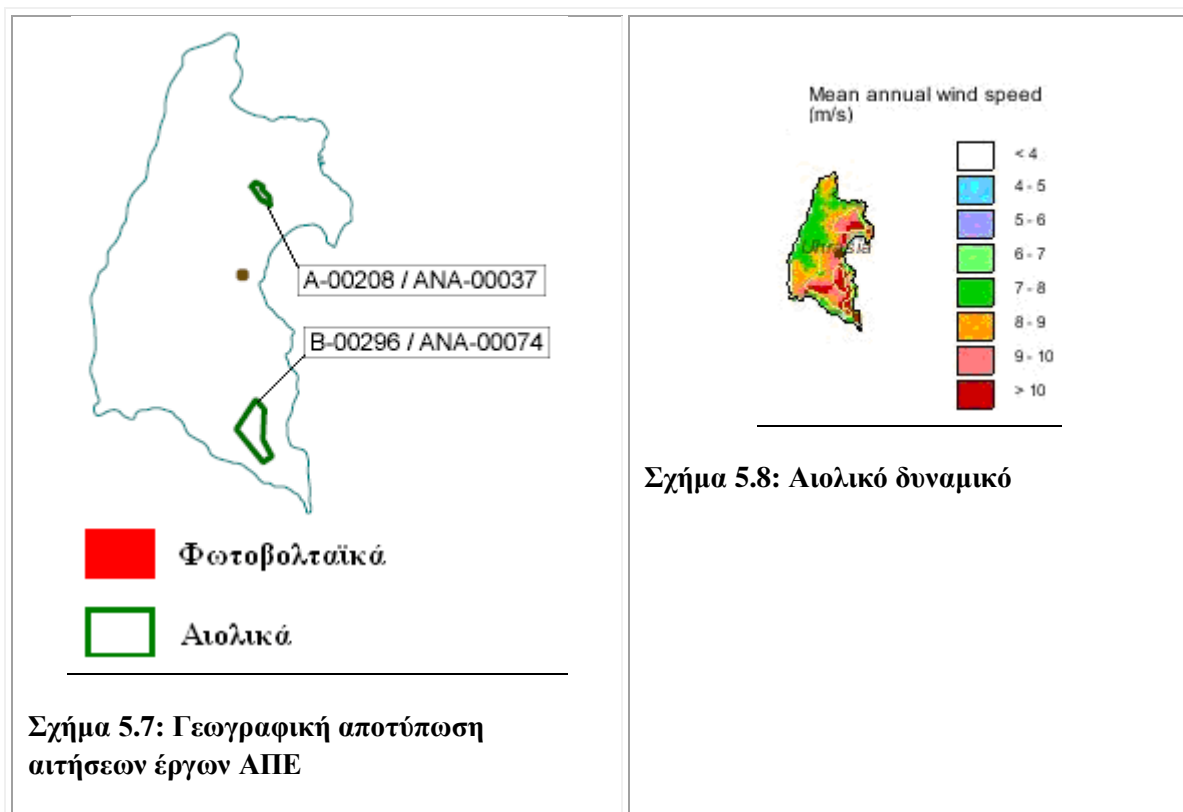
Φωτογραφία 5.4: Η νήσος Θηρασιά ^[34]

Το ηλεκτρικό σύστημα

Κατάσταση ηλεκτρικής διασύνδεσης: Η Θηρασιά είναι μέρος του αυτόνομου συστήματος της Σαντορίνης, που περιλαμβάνει τα νησιά Σαντορίνη και Θηρασιά. Ο αυτόνομος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος βρίσκεται στη Σαντορίνη).

Ετήσιος ρυθμός αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης	: 9%
Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (2008)	: 0,82 GWh
Αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (2008)	: 0,24 MW
Συμβατική Παραγωγή ενέργειας	: 0 GWh
Ενέργεια από ΑΠΕ	: 0 GWh
Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή (2008)	: 0 MW

Δυναμικό ΑΠΕ – Παρούσα ανάπτυξη ΑΠΕ



Σχήμα 5.8: Αιολικό δυναμικό

Μια πρώτη ένδειξη του ορίου διείσδυσης αιολικών, όσον αφορά κυρίως τη μεταφορική ικανότητα του καλωδίου προς το υπόλοιπο σύστημα, δίνει ο κανόνας του 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης, σύμφωνα με τον οποίο το όριο ανέρχεται σε 0,07 MW.

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή. Υπάρχουν 2 αιτήσεις για αιολικά πάρκα, συνολικής ισχύος 6,48 MW.

Οι αιτήσεις αυτές έχουν ανακληθεί αμφότερες από το ΥΠΑΝ.

Συνοπτικά, οι αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.21: Αιτήσεις και άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα

Αιτήσεις Α/Π		Άδειες Παραγωγής από Α/Π		Όριο 73% της μέσης ετήσιας ζήτησης (MW)
αριθμός	συνολική ισχύς (MW)	αριθμός	συνολική ισχύς (MW)	
2	6,48	0	0	0,07

Δεν υπάρχουν αιτήσεις για φωτοβολταϊκά.

Σύμφωνα με τον κ. Γιάννη Λαμπράκη, προϊστάμενο μηχανικό στα θέματα της ύδρευσης στη Σαντορίνη, σήμερα οι κάτοικοι του νησιού αγοράζουν το νερό με το αντίτιμο 2,6 €/m³ ενώ το Υπουργείο Μεταφορών πληρώνει για τη μεταφορά του νερού 12 €/m³. Να σημειωθεί ότι μεταφέρονται ετησίως περί τα 17.000-18.000

κυβικά που σημαίνει η μεταφορά στοιχίζει στο ελληνικό δημόσιο περισσότερο από 200.000 € ετησίως.

Στα δυτικά του νησιού υπάρχουν 3 πηγάδια τα οποία όμως παρέχουν υφάλμυρο νερό με αποτέλεσμα οι μεταφερόμενες ποσότητες να χρησιμοποιούνται όχι μόνο για την ύδρευση αλλά και για την άρδευση του νησιού. Στο νησί υπάρχουν ήδη δύο δεξαμενές χωρητικότητας 1000 m³ στον Ποταμό και 300 m³ στο Μανωλά, ενώ εξετάζεται η προσθήκη άλλης μίας χωρητικότητας γύρω στα 750 m³ στη περιοχή του Μανωλά έτσι ώστε να τροφοδοτείται ο Κόρφος, περιοχή με τουριστική κίνηση.

5.3.2 Διαστασιολόγηση της Μονάδας Αφαλάτωσης

Επιλέγοντας από τη βάση δεδομένων του υπολογιστικού εργαλείου που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της μελέτης το νησί της Θηρασίας προκύπτει αυτόματα ο παρακάτω πίνακας βάσει του οποίου θα διαστασιολογηθεί η μονάδα αφαλάτωσης.

Πίνακας 5.22: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου για την Θηρασία

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ (m³)	18.000
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	49,3
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	2,1
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	50%
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	23276
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	63,8
ΜΕΣΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	2,7
ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ (MW)	0,3
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (m ³)	139,1
ΕΠΙ ΤΟΙΣ ΕΚΑΤΟ ΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	71%
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Μ.Α (kWh/m³)	4
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m ³ /d)	98,8
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ Μ.Α (m ³ /h)	4,1
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (kW)	16,5
ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ((m³ /d))	100,0
ΜΑΧ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΡΟΥ (m ³ /h)	4,2
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	16,7
ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ Μ.Α	0,87
ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ (m ³ /d)	86,8
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ (m³)	1300

Σύμφωνα με την ελάχιστη δυναμικότητα της Μ.Α. επιλέγουμε να εγκατασταθεί Μ.Α. ικανότητας παραγωγής 4×25 m³/d (ή 4×1,05m³/h=4,2m³/h). Η μονάδα αφαλάτωσης

είναι σταθερών στροφών που σημαίνει ότι θα λειτουργεί σε συγκεκριμένα σημεία, όσα και οι υπομονάδες από τις οποίες θα αποτελείται. Θεωρούμε ότι η Μ.Α. θα αποτελείται από 4 υπομονάδες ίδιας δυναμικότητας, επομένως τα σημεία λειτουργίας της είναι τα εξής:

1. Λειτουργία 1^{ης} υπομονάδας: $4,2(\text{m}^3/\text{h})/4= 1,05 \text{ m}^3/\text{h}$,
2. Λειτουργία 1^{ης} και 2^{ης} υπομονάδας: $1,05(\text{m}^3/\text{h})\times 2= 2,1 \text{ m}^3/\text{h}$,
3. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} υπομονάδας: $1,05(\text{m}^3/\text{h})\times 3= 3,15 \text{ m}^3/\text{h}$.
4. Λειτουργία 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} υπομονάδας: $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.3.3 Επιλογή θέσης Μονάδας Αφαλάτωσης

Σύμφωνα με τα κριτήρια χωροθέτησης και κατόπιν επισκέψεως στο νησί επιλέγεται να τοποθετηθεί η μονάδα αφαλάτωσης στη θέση Ποταμός εκεί όπου βρισκόταν η προηγούμενη μονάδα αφαλάτωσης και ήδη υπάρχει η δεξαμενή χωρητικότητας 1000 m³.

5.3.4 Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ

Για να διαστασιολογήσουμε τη μονάδα ΑΠΕ θα προσθέσουμε, όπως προαναφέρθηκε βάσει του νόμου 3581/2010, στην απαιτούμενη ισχύ της Μ.Α. ένα ποσοστό 25 %. Έτσι θα προκύψει η απαιτούμενη ισχύς της μονάδας ΑΠΕ και στη συνέχεια θα γίνει η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους Ανεμογεννήτριας ή/και Φωτοβολταϊκών από το εμπόριο.

Στη Θηρασιά είναι προτιμότερο να εγκατασταθούν Φ/Β αφού προκύπτει χαμηλότερο το κόστος παραγόμενου νερού και η εύρεση ανεμογεννήτριας αντίστοιχης ισχύος είναι δυσεύρετη.

Πίνακας 5.23: Διαστασιολόγηση μονάδας ΑΠΕ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Μ.Α (kW)	16,7
ΑΠΟ ΝΕΟ ΝΟΜΟ Α.Π.Ε	25%
ΑΠΕ(kW)	20,8
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ (kW)	0
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (kW)	20,8

Ακολουθούμε την ίδια μεθοδολογία με τα δύο προηγούμενα νησιά για να υπολογίσουμε την ενεργειακή συνεισφορά της Α/Γ στο δίκτυο και στην Μ.Α.

Πίνακας 5.24: Ενεργειακά αποτελέσματα υπολογιστικού εργαλείου, για ένα έτος λειτουργίας

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	kWh
παραγόμενη από ΦΒ	33136
καταναλώνεται από ΑΦ	92400
Από ΑΠΕ για αφαλάτωση	26878
από ΦΒ στο δίκτυο	2546
από δίκτυο για ΑΦ	65522
ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ που χάνεται	11%
ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης από ΑΠΕ	29%

Παρατηρούμε λοιπόν ότι το 29% της ενεργειακής κατανάλωσης της Μ.Α καλύπτεται από τα Φ/Β. Το υπόλοιπο 71% της ενέργειας παρέχεται από το δίκτυο.

5.3.5 Οικονομική ανάλυση του έργου

Το κόστος παραγόμενου νερού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που φαίνονται στον επόμενο πίνακα και κάνοντας αναγωγή στο παρόν. Θεωρούμε και στην περίπτωση της Θηρασίας ότι η ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού η οποία ο Δήμος είναι υποχρεωμένος να αγοράζει κάθε χρόνο ισούται με τη σημερινή υδρευτική απαίτηση του νησιού. Η οικονομική ανάλυση έχει γίνει βάσει της προβλεπόμενης ζήτησης νερού εφόσον αναμένεται να αυξηθούν οι ανάγκες του νησιού σε νερό λόγω της άνεσης που θα τους παρέχει η αφαλάτωση.

Πίνακας 5.25: Συνιστώσες οικονομικής ανάλυσης του έργου – Κόστος παραγόμενου νερού

ΚΠΝ Με Α/Γ Και Φ/Β για την προβλεπόμενη ζήτηση νερού	2,18
ΚΠΝ Με Α/Γ και Φ/Β για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα νερού	2,74
Κόστος Ανεμογεννήτριας (€/kW)	0
Κόστος μονάδας αφαλάτωσης (€/m ³ /day)	1000
ΦΒ (€/kW)	3500
R ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου	10,3%
i ονομαστικό επιτόκιο	6%
N	15
Χημικά λειτουργίας και καθαρισμού(€/m ³)	0,3
Πάγιο κόστος Σ&Λ αφαλάτωσης	20000
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης (€)	26983
ΚΣΛ Μονάδας Αφαλάτωσης για ελάχιστη εγγυημένη ποσότητα (€/m ³)	25400
ΚΣΛ Α/Γ και Φ/Β	2%
Τιμή πώλησης περίσσειας αιολικής (€/kWh)	0,09945
Τιμή πώλησης περίσσειας ΦΒ	0,45
Τιμή αγοράς ηλ.ενέργειας από δίκτυο (€/kWh)	0,08785

Αρχική Επένδυση (€)	172800
Επιτόκιο Προεξόφλησης	0,06
Περίοδος Προεξόφλησης	15
Ίδια Κεφάλαια	60%
Δάνειο	40%
Επιχορήγηση	0%
Ρυθμός Απόσβεσης	6,50%
Φόρος	35%

Για τιμή πώλησης του νερού $2,57 \text{ €/m}^3$, η περίοδος αποπληρωμής προκύπτει 6,42 χρόνια και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης της επένδυσης $\text{IRR}=16\%$ (βλ.Παράρτημα Β). Λόγω μικρότερης μονάδας (μη επίτευξη οικονομίας κλίμακας) και χρήσης Φ/Β (ακριβά σε σχέση με ίδιας ισχύος Α/Γ), η τιμή προκύπτει σημαντικά μεγαλύτερη από τις προηγούμενες 2 περιπτώσεις. Ωστόσο, το κόστος του αφαλατωμένου νερού θα είναι οπωσδήποτε σημαντικά μικρότερο από το σημερινό ($\approx 12 \text{ €/m}^3$ στοιχίζει το νερό που μεταφέρουν οι υδροφόρες).

Ως ένα τελευταίο σενάριο θεωρούμε την μη εγκατάσταση ΑΠΕ. Στην περίπτωση αυτή η Μ.Α. θα παίρνει ενέργεια αποκλειστικά από το δίκτυο. Η τιμή πώλησης νερού χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ διαμορφώνονται στα $1,97 \text{ €/m}^3$. Παρατηρούμε ότι αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που υπολογίσαμε με εγκατάσταση ΑΠΕ, ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι το σενάριο αυτό είναι επιθυμητό, καθώς θα προκαλέσει την εκπομπή μεγάλης ποσότητας αερίων ρύπων.

5.4. Σύνοψη αποτελεσμάτων – παρατηρήσεις

Ακολουθεί πίνακας με τα βασικά στοιχεία των τα προτεινόμενων έργων σε κάθε ένα από τα τρία νησιά:

Πίνακας 5.26: Βασικά στοιχεία των προτεινόμενων έργων στις 3 μελέτες περίπτωσης

ΝΗΣΙ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ (m ³)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (m ³)	ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (m ³)	ΣΥΝΟΛ. ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ
ΠΑΤΜΟΣ	253.600	419.736	4×500	2.000	Α/Γ 330 kW και Φ/Β 86 kW
ΛΕΙΨΟΙ	40.900	88.168	4×100	400	1 Α/Γ ισχύος 50 kW και Φ/Β 33 kW
ΘΗΡΑΣΙΑ	18.000	23.276	4×25	100	Φ/Β ισχύος 20,8 kW

Παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα ότι η προβλεπόμενη παραγόμενη ποσότητα αφαλατωμένου νερού είναι αρκετά μεγαλύτερη αυτής που μεταφέρεται σήμερα. Αυτό όπως είπαμε οφείλεται αφενός στο ότι σήμερα γίνεται χρήση για ύδρευση υπόγειων νερών κακής ποιότητας από γεωτρήσεις, η οποία θεωρούμε ότι μετά τη λειτουργία της αφαλάτωσης θα σταματήσει. Αφετέρου, η κατανάλωση νερού θα αυξηθεί λόγω της άνεσης που θα προσφέρει η λύση του προβλήματος έλλειψης νερού, λόγω της ύπαρξης της αφαλάτωσης.

Όσον αφορά τώρα στις ποσότητες αφαλατωμένου νερού που προτείνονται στη διαβούλευση (παρ. 4.3), αυτές λαμβάνουν υπόψη τις μεταφερόμενες ποσότητες. Ωστόσο, μπορούμε να δούμε ότι δεν συμπίπτουν απόλυτα με τις μεταφερόμενες ποσότητες που έχουμε στη διάθεσή μας εμείς για το 2006, αλλά παρατηρούμε ότι είναι γενικά μικρότερα, κάτι που σημαίνει ότι μάλλον λήφθηκαν υπόψη οι μεταφερόμενες ποσότητες κάποιας χρονιάς που η ζήτηση μεταφερόμενου νερού ήταν μικρότερη. Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τις προβλεπόμενες παραγόμενες ποσότητες νερού και τις ελάχιστες εγγυημένες ποσότητες με τις ποσότητες νερού που αναφέρονται στη διαβούλευση για τα έργα αφαλάτωσης (παρ.4.3).

Πίνακας 5.27: Παραγόμενες ποσότητες νερού: 1) βάσει διαβούλευσης, 2) ελάχιστες εγγυημένες και 3) προβλεπόμενες

	ΠΑΤΜΟΣ(m ³)	ΛΕΙΨΟΙ (m ³)	ΘΗΡΑΣΙΑ (m ³)
ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗ	110.000	34.500	10.300
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	330.781	67.452	18.000
ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	419.736	88.168	23.276

Παρατηρούμε ότι και στα τρία νησιά η προβλεπόμενη ζητούμενη ποσότητα νερού που υπολογίστηκε βάσει του εργαλείου υπολογισμού της ζήτησης είναι πολύ μεγαλύτερη από την ενδεικτική ποσότητα που αναφέρεται στο κείμενο της διαβούλευσης. Η έντονη αυτή διαφορά οφείλεται ακριβώς στους ίδιους λόγους που εξηγήσαμε προηγουμένως.

Όσον αφορά τώρα στο θέμα της τιμής πώλησης του νερού που προτείνεται, θεωρήσαμε όπως είπαμε έναν IRR 16% ως ικανοποιητικό για τον επενδυτή, και υπολογίσαμε ποια θα είναι η τιμή πώλησης του νερού για το ΚΠΝ της κάθε περίπτωσης. Βάσει των παραπάνω υπολογισμών και κατόπιν της οικονομικής ανάλυσης, η τιμή πώλησης, το ΚΠΝ και η περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου για τον επενδυτή είναι ως εξής για κάθε νησί:

Πίνακας 5.28: Τιμή πώλησης νερού, ΚΠΝ και η περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου

ΝΗΣΙΑ	ΚΠΝ (€/m ³) ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ	ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ (€/m ³)	IRR ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ 40 %	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (ΧΡΟΝΙΑ)
ΠΑΤΜΟΣ	1,17	1,59	16%	6,45
ΛΕΙΨΟΙ	1,41	1,88	16%	6,43
ΘΗΡΑΣΙΑ	2,18	2,57	16%	6,42

Οι τιμές πώλησης νερού χωρίς συμμετοχή ΑΠΕ, για να έχουμε ίδιο IRR, διαμορφώνονται ως εξής: 1,21(€/m³) για Πάτμο, 1,29 (€/m³) για Λειψούς και 1,96(€/m³) για Θηρασιά. Δηλαδή όταν δεν χρησιμοποιούμε ΑΠΕ η τιμή πώλησης προκύπτει από 23% έως 27% χαμηλότερη. Ωστόσο στην περίπτωση αυτή η μονάδα αφαλάτωσης επιβαρύνει τη λειτουργία του αυτόνομου συστήματος λόγω της μεγάλης κατανάλωσης, ενώ προκαλεί την εκπομπή μεγαλύτερης ποσότητας αερίων ρύπων. Το σενάριο αυτό επομένως δεν είναι επιθυμητό.

Ανάλυση ευαισθησίας για το ΚΠΝ

Για την περίπτωση της Πάτμου έγινε μία ανάλυση ευαισθησίας του ΚΠΝ, έτσι ώστε να μελετήσουμε την επίδραση ορισμένων παραμέτρων στην τιμή του. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται πώς μεταβάλλεται το ΚΠΝ μεταβάλλοντας κάθε φορά κατά ±10% μία από τις παραμέτρους και κρατώντας τις υπόλοιπες σταθερές. Από τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι σημαντικότερες τρεις παράμετροι είναι η προβλεπόμενη ποσότητα νερού, η διάρκεια ζωής της επένδυσης, καθώς και το κόστος χημικών, καθαρισμού και συντήρησης της μονάδας (σε €/m³).

Πίνακας 5.29: ΚΠΝ - ανάλυση ευαισθησίας

	ΚΟΣΤΟΣ Α/Γ ±10%	ΚΟΣΤΟΣ Μ.Α ±10%	ΚΟΣΤΟΣ Φ/Β ±10%	ΚΟΣΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ,ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ±10%	ΠΡΟΒΛΕΠΟ ΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ±10%	ΤΙΜΗ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ±10%	N±10%
ΚΠΝ (€/m³)	1,12-1,14	1,15-1,18	1,16-1,18	1,14-1,20	1,44-1,76	1,15-1,18	1,13-1,22

Παρατήρηση

Στα νησιά παρατηρείται παλαιότητα του δικτύου ύδρευσης, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού για πόση, ακόμα κι αν αυτό προέρχεται από αφαλάτωση. Μάλιστα κάποιες φορές το νερό στις βρύσες των σπιτιών μπορεί να έχει κίτρινο χρώμα. Ειδικά στα νησιά που θα κατασκευαστούν αφαλατώσεις απαιτείται ανανέωση του δικτύου όπου αυτό είναι δυνατό έτσι ώστε προοδευτικά το νερό όχι μόνο να βγαίνει πόσιμο από τη διαδικασία της αφαλάτωσης αλλά να φτάνει και πόσιμο στη βρύση του καταναλωτή. Πρέπει επομένως η βελτίωση-επέκταση των δικτύων ύδρευσης να αποτελέσει προτεραιότητα για τις δημοτικές εταιρείες ύδρευσης, όπως και ο έλεγχος και περιορισμός των τυχόν απωλειών νερού στο δίκτυο. Επίσης, η διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου νερού με συνεχή και συνεπή έλεγχό του θα πρέπει να αποτελέσει κύριο μέλημα.

Κεφάλαιο 6

6. Συμπεράσματα-προτάσεις

Το πρόβλημα της έλλειψης νερού στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου είναι οξύ. Η μεταφορά νερού επιβαρύνει σημαντικά το κράτος, ενώ η κακή ποιότητά του και η μη διαθεσιμότητά του πολλές φορές υποβαθμίζει το επίπεδο διαβίωσης των κατοίκων των νησιών και επιδρά αρνητικά στον τουρισμό. Η αφαλάτωση είναι η πλέον κατάλληλη λύση στο πρόβλημα και πρέπει να θεωρείται ανάγκη επιτακτική. Παράλληλα, το δυναμικό των ΑΠΕ στα νησιά πρέπει να αξιοποιηθεί με εγκατάσταση μονάδων σε σύνδεση με τις αφαλατώσεις και το δίκτυο των νησιών, ώστε αφενός να καταστήσει τα έργα αυτά φιλικά προς το περιβάλλον και αφετέρου να μην επιβαρυνθούν τα ευαίσθητα αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα από πρόσθετες μεγάλες ηλεκτρικές καταναλώσεις. Πλέον υπάρχουν παραδείγματα εφαρμογών (π.χ. Μήλος) που αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των έργων αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ, ενώ οι σχετικές τεχνολογίες βρίσκονται σε αρκετά ώριμο στάδιο.

Το ελπιδοφόρο είναι ότι οι διαβουλεύσεις και οι σχεδιασμοί της πολιτείας είναι προς αυτές τις κατευθύνσεις, ωστόσο η δρομολόγηση έργων καθυστερεί. Γεγονός είναι ότι υπάρχουν ακόμα αρκετά σημαντικά ανοιχτά ζητήματα, όπως ο προσδιορισμός των υδρευτικών αναγκών, η διαστασιολόγηση του συστήματος, το θεσμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα υλοποιηθούν οι επενδύσεις, η επιλογή των κατάλληλων θέσεων για τη χωροθέτηση των έργων, η τιμολόγηση του νερού κ.α. Η μελέτη αυτή δίνει απαντήσεις σε πολλά από αυτά τα ζητήματα.

Αρχικά απαιτείται επαναπροσδιορισμός των υδρευτικών αναγκών των νησιών. Η λογική που ακολουθείται από την πολιτεία να αποφασίζει τις υδρευτικές ανάγκες που θα καλύπτουν οι αφαλατώσεις βάσει των μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού δεν είναι στη σωστή κατεύθυνση. Στον υπολογισμό πρέπει να ληφθεί υπόψη το σύνολο των υδρευτικών απαιτήσεων των νησιών και όχι ένα μέρος του. Τα υπόγεια νερά από γεωτρήσεις δεν είναι κατάλληλα για ύδρευση και θα πρέπει στο εξής να χρησιμοποιούνται μόνο για άρδευση, ενώ θα πρέπει στους υπολογισμούς να συνυπολογιστεί η μελλοντική αύξηση των αναγκών σε νερό.

Όσον αφορά στη διαστασιολόγηση των συστημάτων, αυτή σχετίζεται άμεσα προφανώς με τις υδρευτικές απαιτήσεις, αλλά και με ποικιλία άλλων παραγόντων, οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς στο υπολογιστικό εργαλείο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της μεθοδολογικής προσέγγισης της μελέτης αυτής, και εφαρμόστηκε για τα τρία νησιά της Πάμμου, των Λειψών και της Θηρασιάς.

Επιπλέον η οικονομική ανάλυση των έργων στα 3 αυτά νησιά δείχνει ότι η λύση της αφαλάτωσης παρουσιάζεται ως εξαιρετικά οικονομική σε σύγκριση με τον έως τώρα βασικό τρόπο κάλυψης των αναγκών ύδρευσης μέσω μεταφοράς νερού, καθώς το

κόστος παραγόμενου νερού προκύπτει πολύ χαμηλότερο του κόστους μεταφοράς νερού.

Ένα πολύ σημαντικό θέμα που μένει ανοιχτό και απαιτεί ενδελεχή έρευνα είναι η χωροθέτηση των μονάδων ΑΠΕ και αφαλάτωσης. Κάποια από τα κριτήρια χωροθέτησης των δύο τεχνολογιών έρχονται σε αντίθεση, ενώ η ύπαρξη αρκετών χωροταξικών περιορισμών στα νησιά δυσκολεύει τον εντοπισμό κατάλληλων θέσεων. Επιπλέον θα πρέπει να απαντηθούν κρίσιμα ερωτήματα όπως αν η χωροθέτηση των μονάδων ΑΠΕ σε σύνδεση με τις αφαλατώσεις θα γίνει αυστηρά κατά το Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ ή θα υπάρξουν κάποιες εξαιρέσεις, προς διευκόλυνση της υλοποίησης των έργων. Στην μελέτη προτάθηκαν κάποιες θέσεις ως κατάλληλες, ωστόσο είναι απλά ενδεικτικές. Η χωροθέτηση των μονάδων θα πρέπει να γίνει μετά από επιτόπια έρευνα, σε συνάρτηση με μελέτη των χωροταξικών σχεδίων των νησιών και των σχετικών περιορισμών. Η έρευνα αυτή, στο σύνολο των νησιών κάλλιστα μπορεί να αποτελέσει το επόμενο στάδιο της διαδικασίας προς την υλοποίηση έργων.

Όσον αφορά στο «φλέγον» ζήτημα της τιμολόγησης του νερού, προτείνεται να προκύπτει αυτή ώστε ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης της επένδυσης (IRR) να είναι ικανοποιητικός και να καθιστά οικονομικά βιώσιμη την επένδυση. Ένας ικανοποιητικός IRR θεωρείται της τάξης του 16%. Όπως φαίνεται από τις μελέτες περίπτωσης, το κόστος παραγόμενου νερού διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος του έργου. Έτσι για παράδειγμα στην Πάτμο είναι αρκετά μικρότερο από ότι στη Θηρασιά. Αυτό σημαίνει ότι και η τιμή πώλησης θα διαφέρει αναλόγως, ώστε να προκύπτει ο ίδιος IRR. Επομένως η τιμή πώλησης του νερού στην Πάτμο θα είναι χαμηλότερη από ότι στη Θηρασιά, τόσο όσο θα προκύπτει από την οικονομική ανάλυση του έργου. Σε κάθε περίπτωση πάντως το νερό θα στοιχίζει πολύ λιγότερο από ότι στοιχίζει σήμερα που μεταφέρεται από την ηπειρωτική Ελλάδα με υδροφόρα πλοία (από 5 έως και 12 €/m³ σε ορισμένα νησιά των Κυκλάδων).

Συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε ένα από τα τρία νησιά είναι τα ακόλουθα:

ΝΗΣΙ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ (m ³)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (m ³)	ΣΥΝΟΛ. ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕ	ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ (€/m ³)
ΠΑΤΜΟΣ	253.600	419.736	2.000	Α/Γ 330 kW και Φ/Β 86 kW	1,59
ΛΕΙΨΟΙ	40.900	88.168	400	1 Α/Γ ισχύος 50 kW και Φ/Β 33 kW	1,88
ΘΗΡΑΣΙΑ	18.000	23.276	100	Φ/Β ισχύος 20,8 kW	2,57

Προτάσεις επί της Διαβούλευσης για υλοποίηση έργων αφαλάτωσης

Η πρόταση της διαβούλευσης για τη σύσταση δύο ομάδων νησιών, μία για τις Κυκλάδες και μία για τα Δωδεκάνησα, με ένα ενιαίο τίμημα πώλησης του νερού να

μεν προωθεί μια συνολική επίλυση του προβλήματος για όλα τα νησιά αλλά έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα: Δεν λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι αν για κάποιο λόγο η εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης σταματήσει για κάποιο λόγο γραφειοκρατικό, περιβαλλοντικό κλπ τότε θα κολλήσει όλο το πακέτο έργων.

Επιπλέον το ενιαίο τίμημα πώλησης του νερού δεν αποτελεί ορθή προσέγγιση, καθώς είδαμε ότι το κόστος παραγόμενου νερού μπορεί να διαφέρει σημαντικά από νησί σε νησί, οπότε θα πρέπει να διαφέρει ανάλογα και η τιμή πώλησης.

Για τους λόγους αυτούς προτείνεται το κάθε νησί να είναι σε δυνατότητα να αναθέσει την εγκατάσταση και τη λειτουργία σε ένα ανάδοχο για προμήθεια νερού, με ελεύθερες διαπραγματεύσεις, σύμφωνα με ΠΔ 59/ΦΕΚ 63Α/16.03.07 και το Υπουργείο να είναι σε θέση να επιδοτήσει τον αντίστοιχο ΟΤΑ με ένα τίμημα που θα εξαρτάται από το μέγεθος της παραγόμενης ποσότητας από την Μονάδα Αφαλάτωσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο και ο ΟΤΑ θα εξασφαλίζει την αδιάλειπτη παροχή νερού στους δημότες και το Υπουργείο θα παρέχει ενίσχυση ίση με το συμφωνημένο τίμημα προμήθειας νερού ανά κυβικό μέτρο.

Η υλοποίηση αφαλατώσεων με χρήση ΑΠΕ στα νησιά είναι σίγουρα ένα σύνθετο έργο. Θα δώσει στα νησιά την ευκαιρία να ανεξαρτητοποιηθούν υδρευτικά απ' την ηπειρωτική Ελλάδα και μάλιστα σε μια περίοδο που το πόσιμο νερό λιγοστεύει και η ενέργεια ακριβαίνει. Προβάλλει λοιπόν ως επιτακτική η ανάγκη να προχωρήσουν τα έργα αυτά στα νησιά του Αιγαίου, με τα οποία η φύση δεν ήταν απλόχερη με το νερό αλλά -αντισταθμιστικά θα έλεγε κανείς- τα προίκισε και με το παραπάνω με αιολικό και ηλιακό δυναμικό, που οφείλουμε να εκμεταλλευτούμε και να διαχειριστούμε αειφορικά.

Παράρτημα Α'

Χρήσιμες οικονομικές έννοιες

Εδώ θα δοθούν σύντομα οι ορισμοί και οι εξισώσεις για μερικές οικονομικές έννοιες που χρησιμεύουν στην ανάλυση κόστους των αιολικών συστημάτων.

Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value – NPV)

Εκφράζει την αξία σε χρηματικές μονάδες που προκύπτει απ' την προεξόφληση στο παρόν όλων των καθαρών χρηματοροών κάθε έτους, δηλαδή τη διαφορά των μελλοντικών ταμειακών εισροών (εσόδων) και εκροών (εξόδων) για ολόκληρο το χρονικό ορίζοντα της επένδυσης. Η μαθηματική έκφρασή της είναι:

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1+i)^{-t}$$

όπου

I η αρχική επένδυση

i το επιτόκιο προεξόφλησης

t η περίοδος προεξόφλησης

C_t η διαφορά εσόδων-εξόδων σε κάθε περίοδο

n η διάρκεια ζωής του σχεδίου επένδυσης

Αν η καθαρή παρούσα αξία μιας επένδυσης είναι θετική, προφανώς αυτό σημαίνει ότι είναι κερδοφόρα σε βάθος χρόνου.

Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR)

Είναι το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει την NPV, δηλαδή

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1 + IRR)^{-t} = 0$$

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι ίσο με το IRR τότε οι μελλοντικές εισροές ισούνται με τις μελλοντικές εκροές (ανηγμένες στο παρόν) και αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν θα αποφέρει κέρδη. Όταν το επιτόκιο είναι μεγαλύτερο του IRR η επένδυση είναι ασύμφορη (ζημιογόνα), ενώ όταν το επιτόκιο είναι μικρότερο του IRR η επένδυση είναι συμφέρουσα (οικονομικά βιώσιμη).

Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των παγίων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης (λόγω φθοράς, τεχνολογικής απαξίωσης) και θεωρητικά επιτρέπει την αντικατάστασή τους μετά το τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής τους. Με τη μέθοδο των αποσβέσεων επιδιώκεται η κατανομή του κόστους πάγιων στοιχείων σε όλο το χρόνο ζωής τους με αποτέλεσμα και την αντίστοιχη φορολογική ελάφρυνση. Η κατανομή του κόστους των πάγιων στοιχείων δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή κατά τα έτη της παραγωγικής λειτουργίας, αφού η δαπάνη για την απόκτηση του περιουσιακού στοιχείου σημειώθηκε κατά τη χρονική στιγμή απόκτησής του. Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων των πάγιων περιουσιακών στοιχείων πρέπει να είναι γνωστά, για το καθένα, το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής και υπολειμματική του αξία. Στην πράξη χρησιμοποιείται ένας σταθερός συντελεστής απόσβεσης στη θέση του χρήσιμου χρόνου ζωής. Όταν μια επιχείρηση δικαιούται να αποσβέσει ένα ποσό σε κάποιο οικονομικό έτος (καθορίζεται νομοθετικά), τότε το ουσιαστικό της κέρδος δεν είναι το ποσό αυτό αλλά το γινόμενο αυτού με το φορολογικό συντελεστή που χρησιμοποιείται για την φορολόγηση των κερδών της. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τον ισολογισμό, το ποσό της απόσβεσης αφαιρείται από τα καθαρά κέρδη, και αφού αυτά φορολογηθούν, προστίθεται ξανά στο ενεργητικό της.

Περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου

Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά φόρων. Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, επενδυτικά σχέδια με περίοδο ανάκτησης μεγαλύτερη των 7 έως 8 ετών θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης.

Μέθοδος των ισοτοκοχρεολυσίων

Είναι μια συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την εξόφληση δανείων. Το χρεολύσιο είναι το ποσό που πληρώνεται σε κάθε χρονική περίοδο (συνήθως ένα έτος) για την αποπληρωμή του δανείου. Το χρεολύσιο τοκίζεται και προκύπτει το τοκοχρεολύσιο. Η μέθοδος των ισοτοκοχρεολυσίων είναι, όπως φανερώνει το όνομά της, ένας τρόπος εξόφλησης δανείων που βασίζεται στην πληρωμή ίσων τοκοχρεολυσίων σε κάθε χρονική περίοδο. Αν K είναι το κεφάλαιο του δανείου, N τα έτη αποπληρωμής και i το επιτόκιο δανεισμού, τότε το σταθερό τοκοχρεολύσιο ισούται με: $N \cdot i$

$$X = \frac{K \cdot i_{\delta}}{1 - (1 + i_{\delta})^{-N}}$$

Παράρτημα Β'

Πίνακας Π.Β.1: Οικονομική ανάλυση της επένδυσης μονάδας αφαλάτωσης σε συνδυασμό με Α/Γ 330 kW και 86 kW-Πάτμος

Για Τιμή πώλησης =1,59 €/m³

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Έσοδα	Λειτουργ.Κόστος	Τόκος	Απόσβεση	Κέρδος (προ φόρων)	Καθαρό κέρδος	Επιστροφή δανείου	Καθαρές ταμειακές ροές
Έτος								
0								-1677600
1	699153	171840,90	67104	181740	278468	181004	74560	288184
2	699153	171840,90	62630	181740	282942	183912	74560	291092
3	699153	171840,90	58157	181740	287415	186820	74560	294000
4	699153	171840,90	53683	181740	291889	189728	74560	296908
5	699153	171840,90	49210	181740	296363	192636	74560	299816
6	699153	171840,90	44736	181740	300836	195544	74560	302724
7	699153	171840,90	40262	181740	305310	198451	74560	305631
8	699153	171840,90	35789	181740	309783	201359	74560	308539
9	699153	171840,90	31315	181740	314257	204267	74560	311447
10	699153	171840,90	26842	181740	318731	207175	74560	314355
11	699153	171840,90	22368	181740	323204	210083	74560	317263
12	699153	171840,90	17894	181740	327678	212991	74560	320171
13	699153	171840,90	13421	181740	332151	215898	74560	323078
14	699153	171840,90	8947	181740	336625	218806	74560	325986
15	699153	171840,90	4474	181740	341099	221714	74560	328894
	NPV=	1215733,5				IRR=	16,0%	

Έτος	Δάνειο	Τόκος	Επιστροφή δανείου	Τοκοχρεολύσιο
0	1118400			
1	1043840	67104	74560	141664,00
2	969280	62630	74560	137190,40
3	894720	58157	74560	132716,80
4	820160	53683	74560	128243,20
5	745600	49210	74560	123769,60
6	671040	44736	74560	119296,00
7	596480	40262	74560	114822,40
8	521920	35789	74560	110348,80
9	447360	31315	74560	105875,20
10	372800	26842	74560	101401,60
11	298240	22368	74560	96928,00
12	223680	17894	74560	92454,40
13	149120	13421	74560	87980,80
14	74560	8947	74560	83507,20
15	0	4474	74560	79033,60

Πίνακας Π.Β.2: Οικονομική ανάλυση της επένδυσης μονάδας αφαλάτωσης σε συνδυασμό με Α/Γ 50 kW και Φ/Β 33 kW-Λειψοί

Για Τιμή πώλησης =1,88 €/m³

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Έσοδα	Λειπ.Κόστος	Τόκος	Απόσβεση	Κέρδος (προ φόρων)	Καθαρό κέρδος	Επιστροφή δανείου	Καθαρές ταμειακές ροές
Έτος								
0								-384300
1	171799	51260,38	15372	41633	63535	41297	17080	65850
2	171799	51260,38	14347	41633	64559	41964	17080	66516
3	171799	51260,38	13322	41633	65584	42630	17080	67182
4	171799	51260,38	12298	41633	66609	43296	17080	67848
5	171799	51260,38	11273	41633	67634	43962	17080	68514
6	171799	51260,38	10248	41633	68659	44628	17080	69181
7	171799	51260,38	9223	41633	69683	45294	17080	69847
8	171799	51260,38	8198	41633	70708	45960	17080	70513
9	171799	51260,38	7174	41633	71733	46626	17080	71179
10	171799	51260,38	6149	41633	72758	47293	17080	71845
11	171799	51260,38	5124	41633	73783	47959	17080	72511
12	171799	51260,38	4099	41633	74807	48625	17080	73177
13	171799	51260,38	3074	41633	75832	49291	17080	73843
14	171799	51260,38	2050	41633	76857	49957	17080	74510
15	171799	51260,38	1025	41633	77882	50623	17080	75176
	NPV=	276971,3				IRR=	16,0%	

Έτος	Δάνειο	Τόκος	Επιστροφή δανείου	Τοκοχρεολύσιο
0	256200			
1	239120	15372	17080	32452,00
2	222040	14347	17080	31427,20
3	204960	13322	17080	30402,40
4	187880	12298	17080	29377,60
5	170800	11273	17080	28352,80
6	153720	10248	17080	27328,00
7	136640	9223	17080	26303,20
8	119560	8198	17080	25278,40
9	102480	7174	17080	24253,60
10	85400	6149	17080	23228,80
11	68320	5124	17080	22204,00
12	51240	4099	17080	21179,20
13	34160	3074	17080	20154,40
14	17080	2050	17080	19129,60
15	0	1025	17080	18104,80

Πίνακας Π.Β.3: Οικονομική ανάλυση της επένδυσης μονάδας αφαλάτωσης σε συνδυασμό με Φ/Β 20,8 kW-Θηρασιά

Για Τιμή πώλησης του νερού =ΚΙΠΝ=2,57 €/m³

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Έσοδα	Λειτ.Κόστος	Τόκος	Απόσβεση	Κέρδος (προ φόρων)	Καθαρό κέρδος	Επιστροφή δανείου	Καθαρές ταμειακές ροές
Έτος								
0								-103680
1	60926	28438,90	4147	11232	17107	11120	4608	17744
2	60926	28438,90	3871	11232	17384	11300	4608	17924
3	60926	28438,90	3594	11232	17660	11479	4608	18103
4	60926	28438,90	3318	11232	17937	11659	4608	18283
5	60926	28438,90	3041	11232	18213	11839	4608	18463
6	60926	28438,90	2765	11232	18490	12018	4608	18642
7	60926	28438,90	2488	11232	18766	12198	4608	18822
8	60926	28438,90	2212	11232	19043	12378	4608	19002
9	60926	28438,90	1935	11232	19319	12558	4608	19182
10	60926	28438,90	1659	11232	19596	12737	4608	19361
11	60926	28438,90	1382	11232	19872	12917	4608	19541
12	60926	28438,90	1106	11232	20149	13097	4608	19721
13	60926	28438,90	829	11232	20425	13276	4608	19900
14	60926	28438,90	553	11232	20702	13456	4608	20080
15	60926	28438,90	276	11232	20978	13636	4608	20260
	NPV=	74524,2				IRR=	16%	

Έτος	Δάνειο	Τόκος	Επιστροφή δανείου	Τοκοχρεολύσιο
0	69120			
1	64512	4147	4608	8755,20
2	59904	3871	4608	8478,72
3	55296	3594	4608	8202,24
4	50688	3318	4608	7925,76
5	46080	3041	4608	7649,28
6	41472	2765	4608	7372,80
7	36864	2488	4608	7096,32
8	32256	2212	4608	6819,84
9	27648	1935	4608	6543,36
10	23040	1659	4608	6266,88
11	18432	1382	4608	5990,40
12	13824	1106	4608	5713,92
13	9216	829	4608	5437,44
14	4608	553	4608	5160,96
15	0	276	4608	4884,48

Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Essam sh. Mohamed Δρ. Γεωπόνος, Γεώργιος Παπαδάκης καθηγητής Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, «Η τεχνολογία της αφαλάτωσης ως λύση για το πρόβλημα του νερού στα νησιά του Αιγαίου», Σημειώσεις για την Ενεργειακή Ακαδημία, Αθήνα, 2009.
2. Όμιλος ΙΤΑ, «Πρόταση κάλυψης υδατικών ελλειμμάτων των άνυδρων νησιών των νομών Κυκλάδων και Δωδεκανήσων », Αθήνα, 2006.
3. Παρουσίαση Ηλία Ευθυμιόπουλου –Γενικός διευθυντής Ενεργειακού γραφείου Αιγαίου, «Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ», Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29/3/2010.
4. Υπουργείο Ανάπτυξης, «Διαχείριση υδατικών πόρων στα Ελληνικά νησιά», Αθήνα, 2006.
5. Παρουσίαση Ευτυχίας Τζέν - Μηχ. Μηχανικός ειδική στα θέματα αφαλάτωσης Τμήμα Αιολικής Ενέργειας ΚΑΠΕ, «Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ», Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29/3/2010.
6. Μουτάφης Παναγιώτης, «Κάλυψη ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π./Σχολή Μηχανολόγων Μηχ/κών, Αθήνα, 2008.
7. Παρουσίαση Ν. Υφαντή- Τεχνικός Διευθυντής, SYCHEM Α.Ε. Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π , «Συνδυασμός αιολικής ενέργειας και αντίστροφης όσμωσης : Το σύστημα της Μήλου», Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29/3/2010.
8. Ιστοσελίδα <http://www.skai.gr/news/environment/article/121783/> , 11/06/2009
9. «Τα ΝΕΑ online», <http://www.tanea.gr/default.asp?pid=2&artid=4512693&ct=3>, 17/04/2009.
10. Δίκτυο Μεσόγειος SOS, «Το εμφιαλωμένο νερό • Εξοικονόμηση νερού • Ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τα σχολεία της Νότιας Ευρώπης »
11. Γιώργος Εμμανουηλίδης, Ενεργειακό Γραφείο Αιγαίου, «Αφαλάτωση -υλικό από τη Στρατηγική Μελέτη », Αθήνα, 2010.
12. Αλέξανδρος Σ. Αλεξιάκης, «Αφαλάτωση», Εκδόσεις Μιχάλη Σιδέρη, Αθήνα, 2003.
13. James E. Miller, «Review of water resources and desalination technologies», Materials Chemistry Department, Sandia National Laboratories, 2003.
14. « www.sasakura.co.jp/e/products/water/109.html »
15. « www.idswater.com/.../925/products.html »
16. «www.gewater.com »

17. Τηλεφωνική επικοινωνία με τον Τεχνικό Διευθυντή της εταιρίας Sychem κ. Νίκο Υφαντή, Αθήνα, 2010.
18. Δημήτριος Σαμακίδης, «Αυτόνομο σύστημα Αφαλάτωσης Με χρήση ΑΠΕ – Διαστασιολόγηση & Στρατηγικές Ελέγχου», Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών, Αθήνα, 2009.
19. Ελληνικός Σύνδεσμος Αφαλάτωσης-Επεξεργασίας Νερού, «Πρόταση για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας των άνυδρων νησιών», Αθήνα, 2010.
20. Συνάντηση και συζήτηση με τον κ. Ιωάννη Μπούζα αεροναυπηγό μηχανικό του ομίλου ΙΤΑ, Γλυφάδα, 2010.
21. Παρουσίαση Γ. Παπαδάκη - Καθηγητής στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών « Αυτόνομα συστήματα αφαλάτωσης με ΑΠΕ» Ημερίδα για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29/3/2010.
22. Παρουσίαση Δ.Ασημακόπουλου -Καθηγητής στη σχολή Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π «Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ στα άνυδρα νησιά », Ημερίδα του ΚΑΠΕ για την Αφαλάτωση με χρήση ΑΠΕ, Ξενοδοχείο Classical Imperial Acropolis, Αθήνα, 9/9/2010.
23. Γ.Εμμανουηλίδης, Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Σημειώσεις-πληροφορίες για τα τρία εξεταζόμενα νησιά, Αθήνα, 2010.
24. Γ.Κάραλης -Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ειδικός σύμβουλος σε θέματα ενέργειας στο ΥΠΕΚΑ, «Εθνικό σχέδιο δράσης και ο νέος νόμος για τις Α.Π.Ε », Συνάντηση της Ενεργειακής Ακαδημίας, Σαντορίνη, 12/6/2010.
25. Sabine Lattemann, Thomas Höpner, «Environmental impact and impact assessment of seawater desalination», Institute for Chemistry and Biology of the Marine Environment (ICBM), University of Oldenburg, Germany, 2007.
26. Nicos X. Tsiourtis, «Desalination and the environment» Water Development Department, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Nicosia, Cyprus, 2001.
27. Α.Ανδρεαδάκης - Καθηγητής ΕΜΠ, Ειδικός Γραμματέας Υδάτων ΥΠΕΚΑ, «Κοστολόγηση και Τιμολόγηση Νερού στο Πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ » Συνάντηση της Ενεργειακής Ακαδημίας, Σαντορίνη, 12/6/2010.
28. : «www.aegeanews24.gr»
29. ΚΕΤΑ Αιγαίου (Κέντρο Επιχειρηματικότητας και Ανάπτυξης), «Εκθεση επιχειρηματικότητας περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου για το έτος 2005»
30. Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών και Δικτύων, «Δημόσια Διαβούλευση: Υλοποίηση μονάδων αφαλάτωσης σε νησιά των νομών Δωδεκανήσου και Κυκλάδων », Αθήνα, Απρίλιος 2010.
31. «www.patmosislandinfo.gr»

32. Γ.Κάραλης, «Σημειώσεις στο μάθημα Αιολικής ενέργειας», Μάθημα Αιολική Ενέργεια 8^ο εξαμήνου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, mycourses.ntua.gr, Αθήνα 2010.
33. « www.dodecanese-islands.com/.../lipsi/gr_lipsi.html »
34. Παρουσίαση του κοινοτάρχη της Οίας Γιώργου Χάλαρη στα πλαίσια της συνάντησης της ενεργειακής ακαδημίας στη Σαντορίνη ,12/6/2010.
35. www.thirasia.gr
36. Ε.Δεληγιάνη, Β. Μπελεσιώτης, «Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης», Αρχές Διεργασιών Αφαλάτωσης, Αθήνα, 1995.
37. Παρουσίαση Δ.Μανωλάκου - Δρ.Μηχ.Μηχανικός ΕΜΠ, «Συστήματα αφαλάτωσης στο νησιωτικό χώρο »,Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 2008.
38. Ε.Τζεν, Μηχ.Μηχανικός ειδική σε θέματα αφαλάτωσης, ΚΑΠΕ, «Μέθοδοι Αφαλάτωσης, «Συγκριτική αξιολόγηση και εφαρμογές στα νησιά του Αιγαίου», Αθήνα,2001.
39. Φωτοβολταϊκός σταθμός ισχύος 100 kW, www.solar-systems.gr
40. “Προώθηση Τεχνολογιών Αφαλάτωσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για Αειφόρο Ανάπτυξη” Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Απομακρυσμένες Περιοχές, www.photovoltaic.gr, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 29/3/2010.
41. Γεώργιος Καρακατσάνης , «Ερευνητικό έργο: Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στους Λειψούς», www.itia.ntua.gr, Αθήνα, Νοέμβριος 2006.
42. Χάρτης Λειψών, www.ell.gr/nisia.html