



ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ:

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ &

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ - ΩΦΕΛΕΙΑΣ

ΤΟΥ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ

ΦΩΣΤΗΡΑ Χ. ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021



ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ:

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ &

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ - ΩΦΕΛΕΙΑΣ

ΤΟΥ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ

**Διατριβή η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση
εξ αποστάσεως μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη
Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA) στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις**

ΦΩΣΤΗΡΑ Χ. ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός

Ιανουάριος 2021

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Φωστήρα Νικολαΐδου, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διατριβής από το Πανεπιστημίου Νεάπολις δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Πανεπιστημίου.

Ονοματεπώνυμο φοιτήτριας: **ΦΩΣΤΗΡΑ ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ**

Τίτλος μεταπτυχιακής διατριβής:

ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ:

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ &

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ

«Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για απόκτηση εξ αποστάσεως μεταπτυχιακού τίτλου στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις και εγκρίθηκε στις από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής.»

Εξεταστική Επιτροπή (Examination Committee):

Πρώτος Επιβλέπων ,Πανεπιστήμιο Νεάπολις

ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΚΑΡΑΤΖΗΜΑΣ

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής

.....

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής

.....

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Η Φωστήρα Νικολαΐδου , γνωρίζοντας στις συνέπειες στις λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο:

**«ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ:
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ
ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ»**

αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και στις οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα στις βιβλιογραφικές παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Η Δηλούσα

Φωστήρα Νικολαΐδου

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται στην πρόσφατα εγκατεστημένη μονάδα αφαλάτωσης στην Κεφαλλονιάς, που τροφοδοτείται από υφάλμυρο νερό των πηγών της περιοχής Κουτάβου Αργοστολίου, για την κάλυψη των αναγκών σε πόσιμο νερό της Δημοτικής Ενότητας Αργοστολίου. Η προμήθεια και η εγκατάσταση του εξοπλισμού, χρηματοδοτήθηκε από Ευρωπαϊκούς πόρους, ενώ η λειτουργία της μονάδας από πόρους της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) Κεφαλλονιάς.

Η αφαλάτωση υφάλμυρου νερού από τη μονάδα συνοδεύεται από ένα σημαντικό κόστος λειτουργίας. Βάσει της εκτιμώμενης ζήτησης σε νερό, των δεδομένων του προϋπολογισμού της έργου, της σχετικής έρευνας αγοράς και των στοιχείων της βιβλιογραφίας, έγινε ο αναλυτικός προσδιορισμός του κόστους αφαλάτωσης του νερού.

Καθώς τα έργα υδροδότησης συνδέονται με τη παραγωγή εσόδων (εισροές), και έχοντας προσδιορίσει το κόστος αφαλάτωσης του νερού (εκροές), προσδιορίζεται η ελάχιστη αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού, για την χρηματοοικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.

Στα πλαίσια της τεχνικοοικονομικής αξιολόγησης της μονάδας εκτός των άλλων τεχνικών ζητημάτων, διερευνήθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία της μονάδας, και από την άντληση υπόγειων υδάτων. Εκτός από τις επιπτώσεις που σχετίζονται με την απόρριψη της άλμης, η λειτουργία της αφαλάτωσης είναι μια εξαιρετικά ενεργοβόρα διαδικασία. Γι' αυτό έγινε η αναλυτική εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂, καθώς αποτελεί τον σημαντικότερο φορέα περιβαλλοντικού κόστους της λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης.

Εξετάζονται και αξιολογούνται δύο σενάρια λειτουργίας της μονάδας. Το ένα σενάριο αναφέρεται μεμονωμένα στη λειτουργία της μονάδας, ενώ το άλλο στη λειτουργία της με ενεργειακό συμπηφισμό από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων συνολικής ισχύος 60 KWp. Για τα δύο αυτά σενάρια λειτουργίας υπολογίζονται οι χρηματοοικονομικοί και οικονομικοί δείκτες απόδοσης, και συγκρίνεται η σχέση κόστους ωφέλειας μεταξύ των δύο επενδυτικών σχεδίων.

Abstract

This work refers to newly installed desalination plant in Kefalonia island which is supplied by brackish water from Koutavos (Argostoli area) springs. It is intended to meet the drinking water needs of Argostoli Municipality. The acquisition and installation of needed equipment was financed by the European Cohesion Fund , while the unit operation was funded by the Municipal Water and Sewerage Company (DEYA) of Kefalonia.

The desalination of brackish water by the unit has a significant operating cost. The cost of water desalination is determined in detail based on the estimated water demands, the data of the project budget, the relevant market research and the bibliographic data.

Taking under consideration the cost of water desalination the minimum increase of water's financial cost was determined, for the financial viability of the investment, (outflow).

In context of unit's feasibility study, apart from other technical issues, investigation of environmental effects from the operation of the unit, as well as from the groundwater pumping, took place. Apart from effects associated with brine disposal, desalination is an energy-consuming process.

According to the literature, the most important carrier of environmental costs of the desalination plants operation is the energy consumption . For this reason, a detailed assessment of the environmental cost of CO₂ emissions was made

Two operating scenarios of the unit are examined and evaluated. The first one refers to the operation of the unit individually, and the second one examines unit's operation with energy offset from photovoltaic systems with a total power of 60 KWp. For both scenarios, the financial and economic performance indicators are calculated and the cost-benefit ratio between the two investment projects is compared.

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση αυτής της εργασίας έγινε με την καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή κ. Σωτήριου Καρατζήμα τον οποίο ευχαριστώ θερμά για τις χρήσιμες οδηγίες που με βοήθησαν στην παραγωγή της έρευνας καθώς και για τις επισημάνσεις του, που σταδιακά βελτίωναν το αποτέλεσμα της δουλειάς μου.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου για την στήριξη και την κατανόηση που έδειξαν όλο αυτό το διάστημα που ήμουν κοντά τους πολύ λιγότερο απ' όσο θα ήθελα. Ακόμα περισσότερο τον Γιάννη μου γιατί παρά τις δυσκολίες που έφερε η πανδημία, προσπαθούσε να είναι επιμελής με τα μαθήματά του.

Τέλος τους εξ αποστάσεως συμφοιτητές μου Χαρά, Στέφανο, Ανδρέα και τον αδερφό μου Γιάννη για την ωραία παρέα που είχαμε από την αρχή των σπουδών μας.

Για ακόμα μία φορά,
πορεύτηκα με τη συμπαράσταση,
την εμπιστοσύνη,
και την ενθάρρυνσή σου.

Κι ας μην ήσουν εδώ....
Σ' ευχαριστώ.

Grateful to my economist father
Charalambos Nicolaides.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	13
2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	16
3. Μεθοδολογία Έρευνας	23
4. Προϋπολογισμός -Χρονοδιάγραμμα της Πράξης	26
5. Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος του νερού αφαλάτωσης	28
5.1. Η μέθοδος αφαλάτωσης	28
5.2. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης σε κ.μ./ημέρα (m ³ /d)	36
5.3. Η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας.....	37
5.4. Η ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh/m ³)	37
5.5. Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX)	38
5.6. Οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX)	39
5.7. Τιμολόγηση της KWh	40
5.8. Η συμμετοχή συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)	43
6. Υπολογισμός της ζήτησης	45
7. Κόστος αφαλάτωσης νερού	49
7.1. Κόστος αφαλάτωσης νερού χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά	49
7.1.1. Κόστος αρχικής επένδυσης C _{inv} (χωρίς φωτοβολταϊκά)	49
7.1.2. Υπολογισμός δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια C _e (χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά)	52
7.1.3. Κόστος εργατικών	56
7.1.4. Κόστος χημικών – αναλώσιμων	56
7.1.5. Κόστος μεμβρανών	57
7.1.6. Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης ανά κυβικό μέτρο νερού	59
7.2. Κόστος αφαλάτωσης νερού και ενεργειακός συμψηφισμός από φωτοβολταϊκά.....	60
7.2.1. Κόστος αρχικής επένδυσης C _{inv} (με φωτοβολταϊκά)	61
7.2.2. Υπολογισμός της εγγεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh που παράγεται από εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος 60 KWp	61
7.2.3. Υπολογισμός της δαπάνης /μήνα και της δαπάνης /έτος σε ηλεκτρική ενέργεια C _e με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) από φωτοβολταϊκά	64
7.2.4. Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης ανά κυβικό μέτρο νερού με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά	67
8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	68

8.1. Εκμετάλλευση υπόγειων υδάτων	68
8.2. Απόρριψη άλμης.....	72
8.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και αερομεταφερόμενες εκπομπές CO2.....	76
9. Περιβαλλοντικό Κόστος & Κόστος Πόρου.....	80
10. Ανάλυση κόστους ωφέλειας του δημόσιου επενδυτικού σχεδίου	81
10.1. Καθορισμός στόχων	81
10.2. Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών δυνατοτήτων	82
10.3. Χρηματοοικονομική Ανάλυση.....	82
10.3.1. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας χωρίς φωτοβολταϊκά (σενάριο1)	83
10.3.2. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας με ενεργειακό συμψηφισμό φωτοβολταϊκά (σενάριο2).....	86
10.3.3. Πίνακας χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 1)	89
10.3.4. Πίνακας χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)	92
10.4. Οικονομική ανάλυση	95
10.4.1. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 1)	96
10.4.2. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας επενδυτικού σχεδίου με φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)	100
10.5. Σχέση ωφέλειας – κόστους	104
10.5.1. Σχέση ωφέλειας – κόστους για το σενάριο 1	104
10.5.2. Σχέση ωφέλειας – κόστους για το σενάριο 2	104
11. Ανάλυση Ευρήματα - Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	105
1. Βιβλιογραφία	109

1. Εισαγωγή

Το νερό ως φυσικός πόρος , περιβαλλοντικό στοιχείο και οικονομικό αγαθό, είναι αναντικατάστατο και απαραίτητο για την ίδια τη ζωή. Αν και ο πλανήτης μας είναι ένας «γαλάζιος» πλανήτης με το 72% της επιφάνειας της γης να καλύπτεται από νερό, μόνο το 2,48% είναι γλυκό και κατάλληλο για χρήση. Η παγκόσμια ζήτηση νερού για οικιακή , βιομηχανική και αγροτική χρήση ολοένα αυξάνεται, προκαλώντας το ερευνητικό ενδιαφέρον για την εξεύρεση των βέλτιστων τεχνικοοικονομικών λύσεων της αξιοποίησης των διαθέσιμων υδάτινων πόρων.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Αφαλάτωσης, η επεξεργασία του θαλάσσιου και υφάλμυρου νερού με την τεχνολογία των διαφορετικών μεθόδων αφαλάτωσης έχει μια ισχυρή θέση στο χαρτοφυλάκιο της διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Η παγκόσμια παραγωγή αφαλατωμένου νερού την τελευταία δεκαετία διπλασιάστηκε, φτάνοντας στις μέρες μας τα 120 εκατομμύρια κυβικά μέτρα / ημέρα.

Στη χώρα μας σήμερα λειτουργούν 157 μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες εποπτεύονται είτε από δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης αποχέτευσης, είτε από ιδιόκτητες ξενοδοχειακές μονάδες. Το 60 % αυτών χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό τροφοδοσίας, ενώ το 40% υφάλμυρο. Πρόβλημα επάρκειας σε πόσιμο νερό δεν υπάρχει μόνο στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου, αλλά σε άλλες νησιωτικές και παράκτιες περιοχές της χώρας εξαιτίας την υφαλμύρυνσης των υπόγειων υδροφορέων.

Η συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται στην εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης της Κεφαλλονιάς, , που τροφοδοτείται με υφάλμυρο νερό των πηγών της περιοχής Κουτάβου Αργοστολίου, για την κάλυψη των αναγκών σε πόσιμο νερό της Δημοτικής Ενότητας Αργοστολίου Κεφαλλονιάς. Με την αφαλάτωση βελτιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υφάλμυρου νερού, και γίνεται κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Πρόκειται για τη

μεγαλύτερη μονάδα αφαλάτωσης στην Ελλάδα με ονομαστική δυναμικότητα 10.000 m³ υφάλμυρου νερού υφάλμυρου ανά ημέρα, και ποσοστό ανάκτησης περίπου 80%

Η συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης παρουσιάζει ενδιαφέρον και επιλέχθηκε ως περίπτωση μελέτης καθώς :

- η πλειονότητα των ερευνητικών δημοσιεύσεων σχετικά με μονάδες αφαλάτωσης αναφέρονται σε μονάδες επεξεργασίας θαλασσινού και όχι υφάλμυρου νερού. Η διαφορά στην αλατότητα του νερού συνοδεύεται και από διαφορές τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής φύσεως, οι οποίες αναδεικνύονται μέσα από την καταγραφή και την ανάλυση των στοιχείων της περίπτωσης μελέτης.
- πρόκειται για μια σύγχρονη μονάδα αφαλάτωσης η εγκατάσταση της οποίας ολοκληρώθηκε πολύ πρόσφατα (2019) με σχετικά σημαντικό προϋπολογισμό που ανέρχεται στα 6.015.190 € πλέον Φ.Π.Α.
- Η προμήθεια και εγκατάσταση του εξοπλισμού συνολικού προϋπολογισμού 3.647.800 πλέον Φ.Π.Α. χρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής (Τ.Σ.). Το υπόλοιπο ποσόν 2.367.390 πλέον Φ.Π.Α του προϋπολογισμού αφορά το κόστος συντήρησης και παρακολούθησης από την ανάδοχο εταιρεία και χρηματοδοτείται από ιδίους πόρους της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) Κεφαλλονιάς .
- Με την απόφαση ένταξης της Πράξης διευκρινίζεται ότι για την ολοκλήρωση της Πράξης ο κύριος του πράξης (ΚτΠ) που είναι η ΔΕΥΑ Κεφαλλονιάς υποχρεούται να προσκομίσει απόφαση με νέα τιμολογιακή πολιτική που να αποδεικνύει ότι η λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης είναι χρηματοοικονομικά βιώσιμη.
- Η αφαλάτωση του νερού από τη μονάδα συνοδεύεται από ένα σημαντικό κόστος λειτουργίας, που επιφέρει μια αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος και επομένως στην τιμολόγηση του νερού. Ο προσδιορισμός της αύξησης στην τιμολόγηση του νερού έχει πρακτικό ενδιαφέρον για την κάθε δημοτική επιχείρηση ύδρευσης που αποφασίζει να επενδύσει σε μια μονάδα αφαλάτωσης.

Παρά την εξέλιξη που έχει σημειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι υψηλό και συμπαράσχει το χρηματοοικονομικό κόστος του νερού. Επιπρόσθετα η λειτουργία τους συνοδεύεται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, πρωτίστως εξαιτίας των υψηλών ενεργειακών καταναλώσεων, αλλά και της απόρριψης του αλμολοιπού στο περιβάλλον.

Με την παρούσα εργασία αναζητήθηκαν στοιχεία και ερευνητικά δεδομένα χρήσιμα για την οικονομοτεχνική αξιολόγηση της μονάδας αφαλάτωσης με τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Έχοντας ολοκληρώσει την σχετική έρευνα και έχοντας κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς, έγινε η ανάλυση κόστους ωφέλειας του χρηματοδοτούμενου επενδυτικού σχεδίου της εγκατάστασης και λειτουργίας της μονάδας. Η ανάλυση έγινε βάσει των οδηγιών ανάλυσης κόστους ωφέλειας των χρηματοδοτούμενων επενδυτικών σχεδίων από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται ο αναλυτικός υπολογισμός της δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια βάσει των εκτιμώμενων καταναλώσεων της μονάδας και του ισχύοντος τιμολογίου χρέωσης της ΔΕΗ. Στο ίδιο κεφάλαιο έγινε και ο υπολογισμός όλων των υπόλοιπων επιμέρους δαπανών (break down cost analysis). Το κόστος παραγωγής του νερού σε ευρώ ανά κυβικό μέτρο νερού (€/m³), συγκρίθηκε με τις αντίστοιχες προβλεπόμενες τιμές της βιβλιογραφίας από Ελληνικά και διεθνή παραδείγματα εγκαταστάσεων αφαλάτωσης. Για να γίνουν οι όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί χρειάστηκε να γίνει η εκτίμηση της ζήτησης (κατανάλωσης) σε νερό για την περίοδο εξέτασης (κεφάλαιο 6).

Στο κεφάλαιο 8 αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειτουργίας των μονάδων αφαλάτωσης. Γίνεται μια εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της μελέτης περίπτωσης και ο ποσοτικός προσδιορισμός του ενεργειακού αποτυπώματος αξιοποιώντας τα στοιχεία των υπολογισμών και τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας.

Στο 10ο κεφάλαιο η εγκατεστημένη μονάδα εξετάζεται ως μελέτη περίπτωσης ενός Δημόσιου χρηματοδοτούμενου επενδυτικού σχεδίου, με έσοδα από την πώληση του νερού. Η προμήθεια και η εγκατάσταση της μονάδας αποτελεί την πρώτη φάση του έργου η οποία χρηματοδοτήθηκε από πόρους του Ευρωπαϊκού Ταμείου Συνοχής. Η δεύτερη φάση του

έργου αφορά στην λειτουργία και συντήρηση της εγκατάστασης από την ανάδοχο εταιρεία για διάστημα έξι ετών και χρηματοδοτείται από ιδίους πόρους (ΔΕΥΑ Κεφαλλονιάς)

Στα πλαίσια της ανάλυσης κόστους ωφέλειας γίνεται η χρηματοοικονομική ανάλυση του συγκεκριμένου επενδυτικού σχεδίου ακολουθώντας τα βήματα του Οδηγού Ανάλυσης Επενδυτικών σχεδίων για χρηματοδοτούμενα έργα από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής.

Εξετάζονται δύο σενάρια λειτουργίας της εγκατάστασης με και χωρίς την συμπαραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 60 KWp, καθώς παρουσιάζει ενδιαφέρον η σύγκριση κόστους – ωφέλειας σε εγκαταστάσεις αφαλάτωσης όταν ανταγωνίζεται το χρηματοοικονομικό κόστος με την περιβαλλοντική ωφέλεια από τη συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Για τα δύο αυτά σενάρια εξετάζεται η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης ανεξάρτητα από της πηγές χρηματοδότησης. Προκειμένου να υπάρχει χρηματοοικονομική βιωσιμότητα εφόσον αυξάνονται τα λειτουργικά κόστη θα πρέπει να αυξηθούν τα έσοδα με αύξηση στην τιμή της χρέωσης στο κυβικό του νερού. Υπολογίζεται η οριακή αύξηση που θα επιφέρει η λειτουργία της μονάδας στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού, για οριακά θετική χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης.

2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας F.A.O, στην Ελλάδα η ετήσια κατανάλωση νερού ανά άτομο ανέρχεται στα 702 κ.μ. , ενώ η ετήσια κατά κεφαλή παροχή νερού ανέρχεται περίπου στα 6.600 κ.μ. Με μια πρώτη ανάγνωση θα έλεγε κανείς

ότι το νερό είναι αγαθό εν αφθονία στην πατρίδα μας. Στην πραγματικότητα υπάρχει ένα ιδιότυπο υδρολογικό καθεστώς , με περιοχές ηπειρωτικές και ορεινές που εμφανίζουν μεγάλα αποθέματα νερού, και με περιοχές νησιωτικές και παράκτιες με έντονο πρόβλημα λειψυδρίας όπως τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου . Η έλλειψη σε πόσιμο νερό κορυφώνεται κατά την καλοκαιρινή περίοδο με την αύξηση της ζήτησης λόγω του τουρισμού.

Ακόμα όμως και σε νησιωτικές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις και τα αποθέματα σε νερό είναι αυξημένα, το φαινόμενο της υφαλμύρυνσης των υδάτων, δημιουργεί προβλήματα επάρκειας σε πόσιμο νερό.(*N. Μυλόπουλος ,2001*).Το θέμα απασχόλησε στα πλαίσια της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης της μονάδας αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος η οποία πρόσφατα εγκαταστάθηκε στο Αργοστόλι του Ν. Κεφαλληνίας. Οι χημικές αναλύσεις που έγιναν στο αντλούμενο νερό από τις πηγές του Κουτάβου, έδειξαν ότι πρόκειται για νερό υφάλμυρο υψηλής συγκέντρωσης χλωριόντων (Cl^-), και χρειάζεται να υποστεί την επεξεργασία της αφαλάτωσης, ώστε να γίνει κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Από τη σχετική βιβλιογραφία εντοπίστηκαν τα σημαντικότερα στοιχεία που σχετίζονται με την οικονομοτεχνική αξιολόγηση της μονάδας και αφορούν στην τεχνική, στην οικονομική, στην περιβαλλοντική και στην κοινωνικοπολιτική διάσταση των εφαρμογών της αφαλάτωσης.

Στο σύγγραμμα των (*E. Delyianni et al ,1995*) αναλύονται εκτενώς οι επικρατέστεροι μέθοδοι συστημάτων αφαλάτωσης, καθώς και η καταλληλότητα τους σε σχέση με το νερό τροφοδοσίας. Για την αφαλάτωση υφάλμυρου ύδατος εφαρμόζονται κυρίως οι μέθοδοι της αντίστροφης ώσμωσης (BWRO), καθώς και της ηλεκτροδιάλυσης (EDI), η οποία χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού. Επίσης εφαρμόζεται και η λιγότερο διαδεδομένη μέθοδος του χωρητικού απιονισμού (capacitive deionization, CDI), για την αφαλάτωση υφάλμυρων διαλυμάτων πολύ χαμηλής αλατότητας (*Shu-Yuan Pan et al, 2020 ;Bales et al, 2019.*)

Η αλατότητα του υφάλμυρου νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης. Δοκιμάστηκε η αφαλάτωση υφάλμυρου νερού τροφοδοσίας διαφορετικής

αλατότητας δύο πηγών στην Τυνησία με διαφορετικές μεθόδους αφαλάτωσης. Αποδείχθηκε ότι για νερό χαμηλότερης αλατότητας της πηγής Gabes η μέθοδος ηλεκτροδιάλυσης ήταν σχετικά οικονομικότερη. Αντίθετα για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού υψηλότερης συγκέντρωσης σε οργανικά άλατα της πηγής Zarzis αποτελεσματικότερη ήταν η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. *(Khaled Walha et al, 2007)*

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης επεξεργασίας υφάλμυρου ύδατος παρουσιάζουν διαφορετικές δυνατότητες ως προς τη μέγιστη δυναμικότητα παραγωγής (σε m³/day), την ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh/m³), το αρχικό κόστος εγκατάστασης, την απόδοση όταν η ενεργειακή τροφοδοσία γίνεται από Α.Π.Ε. Η συγκέντρωση στοιχείων από πολλές περιπτώσεις μονάδων αφαλάτωσης ανά τον κόσμο, διαμορφώνει ένα εύρος τιμών για τα βασικά τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά το οποίο διαφέρει ανάλογα με τη μέθοδο αφαλάτωσης. *(Ε. Τζεν, 2010; Karaghoulis A. et al, 2009).*

Επικρατέστερη των μεθόδων είναι η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης (RO) ανεξάρτητα από το νερό τροφοδοσίας και εφαρμόζεται στο 62% της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης *(Schallenberg R. et al, 2014)*. Αυτό οφείλεται κυρίως στις χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους *(Eltawil et al, 2009)*. Επιπλέον το κόστος των μεμβρανών που αποτελεί βασικό εξοπλισμό των μονάδων αντίστροφης ώσμωσης και σημαντικό φορέα κόστους συντήρησης συνεχώς μειώνεται *(Καραγιάννης Ι., 2010)*.

Παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας των συστημάτων αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης, η λειτουργία τους απαιτεί μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας *(Al-Karaghoulis et al, 2013)* ακριβώς ανταλλακτικά στοιχεία του εξοπλισμού (μεμβράνες), χημικά καθαρισμού και εξειδικευμένο προσωπικό για την συντήρηση των εγκαταστάσεων. Όταν η τροφοδοσία των μονάδων αφαλάτωσης γίνεται με τη συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), δηλαδή από αιολική ενέργεια (ανεμογεννήτριες), από ηλιακή (φωτοβολταϊκά), από γεωθερμία αναφερόμαστε σε υβριδικά συστήματα τα οποία είναι εξαιρετικά φιλικά προς το περιβάλλον, και βέβαια μειώνουν τη δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια.

Από την άλλη αν και το κόστος εγκατάστασης των Α.Π.Ε. συνεχώς μειώνεται, παραμένει υψηλό, καθιστώντας σε πολλές περιπτώσεις την επένδυση σε Α.Π.Ε. μη βιώσιμη. (World Bank Group, 2019). Η απόδοση της επένδυσης σε Α.Π.Ε. είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων που δε σχετίζονται μόνο με λόγους τεχνικής φύσεως δηλαδή με την ενεργειακή τους απόδοσή, αλλά και με την ακολουθούμενη πολιτική των επιδοτήσεων, καθώς και με την μεταβολή του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας στο μέλλον (Ahmed Alkaisi, Ruth Mossad, Ahmad Sharifian- Barforoush, 2016).

Σε μια επένδυση αφαλάτωσης, το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού είναι το βασικότερο στοιχείο (K. Kaldellis et al, 2004). Σε διάφορες ερευνητικές εργασίες υπολογίζεται το κόστους παραγωγής νερού από μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης του Ελλαδικού χώρου όπως της Θηρασιάς και της Μύλου (Καραγιάννης Ι., 2010), της Κιμώλου (Ευαγγελοπούλου Σ., 2013) της Κρήτης (Δαπόντα Χ., 2015) κ.α. Σε μια σχετικά πρόσφατη ερευνητική εργασία συγκεντρώθηκαν στοιχεία και αναφέρονται τα κεφαλαιουχικά (CAPEX) και λειτουργικά (OPEX) κόστη και των τριάντα δύο συνολικά εγκατεστημένων Δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα (K.Zotalis et al, 2016). Από αυτές μόνο οι τέσσερις λειτουργούν με υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας.

Η αφαλάτωση του νερού είναι μια ιδιαίτερα ενεργοβόρα διαδικασία, και γι' αυτό επιφέρει και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εκτός από τις αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις, το περιβάλλον επιβαρύνεται επιπλέον από την απόρριψη του αλμόλοιπου (brine) είτε στο θαλάσσιο ,είτε στο χερσαίο περιβάλλον (Munoz and Fernandez-Alba, 2008) . Το διάλυμα άλμης θεωρείται επιβλαβές εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων και ρυπογόνων χημικών ουσιών (αντικαθαλωτικό, θειικό οξύ κ.α.) που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία του νερού και του καθαρισμού των μεμβρανών (Younos Tamin, 2005). Έρευνες δείχνουν ότι η απόρριψη της άλμης στο θαλάσσιο περιβάλλον επηρεάζει τους έμβιους οργανισμούς του βυθού (Roberts et al, 2010) και τη βιοποικιλότητα (Münk, , 2008).

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με τη δημιουργία λεκανών αποθήκευσης ή λεκανών εξάτμισης του διαλύματος άλμης σε ξηρές κλιματολογικές συνθήκες (Mushtaque Ahmed et al, 2004). Ο τρόπος απόρριψης της άλμης

παίζει σημαντικό ρόλο και θεωρείται ότι με τον κατάλληλο σχεδιασμό του αγωγού η διάθεση της άλμης στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να είναι περιβαλλοντικά ασφαλής (*Water Reuse Association*).

Σχετικά με την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων της αφαλάτωσης χρησιμοποιείται διεθνώς η μέθοδος LCA (Life Cycle Assessment), με την καταγραφή όλων των «ρευμάτων» υλικού και ενέργειας που συνδέονται με τη διαδικασία (*Azapagic A, 1999 ;Al-Barwani et al, 2007*) . Η ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας μειώνεται σημαντικά, σε σύγκριση με τις μονάδες που αφαλατώνουν θαλασσινό νερό. Η διαφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει το 50% (*Rodriguez A. et al, 2007*), και αυτό αποτυπώνεται και στις μετρήσεις του ενεργειακού αποτυπώματος με την μέθοδο LCA. Όταν συγκρίνονται με LCA μέθοδο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού (BWRO) με τις επιπτώσεις της ίδιας μονάδας με θαλασσινό (SWRO) ,αυτές είναι κατά 50% μειωμένες, δηλαδή κατά το ίδιο ποσοστό που είναι μειωμένο το ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης.

Ο υπολογισμός της περιβαλλοντικού αποτυπώματος με την μέθοδο LCA (Life Cycle Assessment) για εγκατάσταση αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού σε παράκτια περιοχή της Νότιας Ισπανίας (Αλμερία) δείχνει ότι η περιβαλλοντική επίπτωση από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στο 95% της συνολική περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από τη λειτουργία της μονάδας (*Ivan Munoz et al, 2007*). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και άλλες ερευνητικές εργασίες που καταδεικνύουν την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας ως το βασικό φορέα ρύπανσης (*Shu-Yuan Pan et al, 2020*).

Το ενεργειακό αποτύπωμα των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος διαφέρει ανάλογα με την δυναμικότητα, καθώς και με την ενεργειακή απόδοση των μονάδων. Αυτό καταγράφεται σε δημοσιεύσεις που υπολογίζουν το ενεργειακό αποτύπωμα μονάδων αφαλάτωσης ανά τον κόσμο., όπως για τη μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος στην Νότια Καλιφόρνια (*Jennifer Stokes & Arpad Horvath, 2009*), στην Σιγκαπούρη (*Zhou, J., Chang, V.W.C., 2011*), στην Ισπανία (*Ivan Munoz et al, 2007*), αλλά και για διάφορες υβριδικές μονάδες (*Raluy et al 2005.*)

Στον αντίποδα αυτής της ωφέλειας υπάρχει το κόστος από την άντληση υπόγειων υδάτων, που συντείνει στο φαινόμενο της υφαλμύρωσης. Η περίπτωση της υφαλμύρωσης παραλιακών υδροφόρων σε περιοχές της Κεφαλλονιάς, αναφέρεται σε ερευνητικές εργασίες που διερευνούν τους υπόγειους υδροφορείς του νησιού (Π. Τουμάση, 2017), καθώς και σε άλλες που διερευνούν το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στον Ελλαδικό χώρο (Ε. Αβραμίδου, 2007).

Σε ημερίδα του ΤΕΕ με θέμα «Υφαλμύρωση Υπογείων Υδάτων» (1998), ο καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας του Ε.Μ.Π., Ι. Κουμαντάκης, αναφέρει: « για την Υφαλμύρωση των παραλιακών υδροφόρων της Κεφαλλονιάς ευθύνεται η χαμηλή πιεζομετρία, ,αλλά και το φαινόμενο της διάχυσης θαλασσινού-γλυκού νερού, εξαιτίας της μεγάλης υδαταγωγιμότητας των καρστικών πετρωμάτων του υπεδάφους του νησιού ».Κύρια τεχνητή δράση που εντείνει το πρόβλημα είναι η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, ενώ επισημαίνει ότι η υφαλμύρωση σε καρστικούς υδροφορείς μπορεί να υφίσταται ακόμη και σε καθεστώς με περιορισμένη ή και με μηδενική άντληση.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60 είναι ότι εισάγει την έννοια της ανάκτησης του πλήρους κόστους των υπηρεσιών του νερού. Σε αυτό συνυπολογίζεται μεταξύ άλλων και το κόστος των φυσικών πόρων δηλαδή το κόστος που οφείλεται στον περιορισμό των διαθεσίμων υδάτινων πόρων (Βοϊβόντας Δ. κ.α.,2002), ισοσκελίζοντας το χρηματοοικονομικό, περιβαλλοντικό και κόστος φυσικών πόρων , με τα έσοδα από την πώληση του νερού. Η πολιτική τιμολόγησης διαμορφώνεται ώστε να παρέχει κίνητρο για ορθολογική χρήση και να καλύπτει όχι μόνο τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης αλλά και της χρηματοδότησης, του εκσυγχρονισμού και των νέων επενδύσεων , δηλαδή του χρηματοοικονομικού κόστους (Μαντής Μ, 2010) Στην Ελλάδα μόνο ένα 5% των ΔΕΥΑ (Δημοτικές Εταιρείες) έχουν προβλέψει κονδύλια για την κάλυψη του περιβαλλοντικού κόστους και το κόστος πόρου , ενώ η τιμολόγηση για οικιακή και βιομηχανική χρήση γίνεται ώστε να καλύπτει μόνο το λειτουργικό κόστος και το κόστος κάποιων υποδομών (Μηλαίου Α. , Αθήνα 2018)

Η εγκατάσταση και λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης του Αργοστολίου αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης ενός Δημόσιου Επενδυτικού Έργου χρηματοδοτούμενο από το

Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής και δύναται να αξιολογηθεί βάσει των οδηγιών ανάλυσης κόστους-ωφέλειας χρηματοδοτούμενων επενδυτικών σχεδίων. *(Οδηγός ανάλυσης κόστους – ωφέλειας των επενδυτικών σχεδίων, 2003)*

3. Μεθοδολογία Έρευνας

Με την παρούσα εργασία αξιολογείται με τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια η πρόσφατα εγκατεστημένη μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού στο Αργοστόλι του Ν. Κεφαλληνίας. Οι χημικές αναλύσεις που έγιναν από διάφορα σημεία υδροληψίας, έδειξαν ότι πρόκειται για υφάλμυρο νερό υψηλής ολικής σκληρότητας, με υψηλή συγκέντρωση χλωριώντων (Cl⁻) μιάμιση με δύο φορές υψηλότερη του ορίου της Εθνικής και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας (*ΦΕΚ 3282/ Β' / 19-9-2017 Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις Κοινοτικές Οδηγίες*). Με την επεξεργασία της αφαλάτωσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού διορθώνονται, και το νερό γίνεται κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Η προμήθεια και εγκατάσταση του εξοπλισμού συνολικού προϋπολογισμού 3.647.800 πλέον Φ.Π.Α. χρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής (Τ.Σ.). Το ποσόν των 2.367.390 πλέον Φ.Π.Α του προϋπολογισμού, αντιστοιχεί στο κόστος συντήρησης και παρακολούθησης από την ανάδοχο εταιρεία για έξι έτη και χρηματοδοτείται από ιδίους πόρους της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) Κεφαλλονιάς.

Τα παραπάνω ποσά ταυτίζονται με τα ποσά του προϋπολογισμού που δημοσιεύτηκε με τη διακήρυξη της προμήθειας και όχι στα ποσά της σύμβασης, ούτε στα ποσά της Συνολικής Δημόσιας Δαπάνης (Τεχνικά Δελτία του έργου). Για λόγους απλούστευσης αλλά κυρίως λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων και παραστατικών (λογαριασμών), για την ανάλυση που θα ακολουθήσει, ελήφθησαν τα χρηματικά ποσά του προϋπολογισμού και όχι τα πόσα από επιπρόσθετες (απρόβλεπτες) δαπάνες πέραν του προϋπολογισμού, που ενδέχεται να είναι σημαντικές.

Αν και το κόστος επένδυσης (CAPEX) θεωρήθηκε δεδομένο όπως προϋπολογίστηκε και αναφέρεται στην διακήρυξη της προμήθειας, τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης (OPEX), υπολογίστηκαν αναλυτικά (break down cost analysis) με σκοπό την εκτίμηση του κόστους παραγωγής του νερού σε €/ m³ από τη μονάδα. Έγινε αναλυτικός υπολογισμός του κόστους της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι και ο βασικότερος φορέας λειτουργικού κόστους, ενώ για τα υπόλοιπα λειτουργικά κόστη αξιοποιήθηκαν πληροφορίες από έρευνα αγοράς, και από στοιχεία της βιβλιογραφίας.

Τα ίδια οικονομικά μεγέθη υπολογίστηκαν όταν η μονάδα λειτουργεί με την παράλληλη διασύνδεση ενός πλήρως εγκατεστημένου συστήματος φωτοβολταϊκών με ενεργειακό συμψηφισμό (Net Metering). Για αυτό έγινε μια εκτίμηση της ετήσιας και μηνιαίας απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό έγινε μέσω της εφαρμογής PVGIS. Με την εισαγωγή των συντεταγμένων της θέσης των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών στο χάρτη, γίνεται ο υπολογισμός της παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα, και ανά έτος. Διευκρινίζεται ότι ο συγκεκριμένος τρόπος οδηγεί σε μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων και δεν υποκαθιστά την μελέτη που λαμβάνει υπόψιν κι άλλες σημαντικές παραμέτρους όπως η σκίαση από το περιβάλλον .

Με αυτόν το τρόπο υπολογίστηκε αναλυτικά η δαπάνη της ενεργειακής κατανάλωσης ανά μήνα, η οποία μεταβάλλεται με τη μηνιαία ζήτηση σε νερό, και αυξάνεται σημαντικά την τουριστική περίοδο (Μάιο - Οκτώβριο). Ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης έγινε λαμβάνοντας ως δεδομένο την ειδική κατανάλωση της μονάδας (Specific Energy Consumption) σε Kwh/m³ για τα επικρατέστερα σενάρια λειτουργίας της μονάδας παραγωγής νερού, με συγκεκριμένη θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας.

Με δεδομένο το αρχικό κόστος της επένδυσης και το αναλυτικά υπολογισμένο κόστος λειτουργίας , υπολογίστηκαν το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού σε ευρώ, ανά κυβικό μέτρο νερού (€/m³) και έγινε σύγκριση του κόστους νερού της μονάδας με τα άλλες μονάδες αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος στην Ελλάδα που καταγράφονται σε σχετικές δημοσιεύσεις.

Το λειτουργικό κόστος χρειάστηκε και στην ανάλυση κόστους ωφέλειας (Α.Κ.Ω.) που έγινε σύμφωνα με τον οδηγό κόστους – ωφέλειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για επιδοτούμενα έργα από το Ταμείο Συνοχής και το ΜΠΔΠ (ISPA).

Η αξιολόγηση γίνεται βάση μιας μεθοδολογίας που περιγράφει συγκεκριμένα βήματα: καθορισμός των σκοπών , προσδιορισμός των εναλλακτικών λύσεων, εκτίμηση οικονομικών ωφελειών και κόστους, χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης, ανάλυση ευαισθησίας και κινδύνου σε μεταβολές κρίσιμων μεγεθών.

Για την χρηματοοικονομική ανάλυση του έργου και την εκτίμηση των συνολικών ταμειακών ροών προηγήθηκε η πρόβλεψη της ζήτησης κατά τη χρονική διάρκεια ζωής του έργου. Για την πρόβλεψη της δημογραφικής αύξησης της πόλης του Αργοστολίου χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ . Για την πρόβλεψη της τουριστικής κίνησης αντλήθηκαν στατιστικά στοιχεία από το διαθέσιμο marketing plan του Ινστιτούτου Ένωσης Τουριστριών Επιχειρήσεων (ΙΝΣΕΤΕ) (*Marketing Plan του Τουριστικού Προϊόντος Ιονίων Νήσων / Οδικός Χάρτης 2015–2020* ,ΙΝΣΕΤΕ), και της αεροπορικής κίνησης του αεροδρομίου της Κεφαλλονιάς.

Για την χρηματοοικονομική ανάλυση κόστους ωφέλειας εξετάζονται δύο βασικά σενάρια λειτουργίας της εγκατάστασης με και χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 60 KWp. Για τα δύο αυτά σενάρια εξετάζεται η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης ανεξάρτητα από της πηγές χρηματοδότησης και με χρονικό ορίζοντα τα είκοσι έτη. Επίσης για κάθε σενάριο υπολογίζεται η οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος , που επιβαρύνει την τιμή χρέωσης του νερού. Η αύξηση αυτή υπολογίστηκε θέτοντας ως συνθήκη οριακά θετικούς δείκτες χρηματοοικονομική απόδοσης

Βάσει των δεδομένων της χρηματοοικονομικής ανάλυσης γίνεται η οικονομική ανάλυση της επένδυσης για να συμπεριλάβει την ωφέλεια από την εξοικονόμηση αγοράς εμφιαλωμένου νερού , αλλά και την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους από την λειτουργία της μονάδας , δηλαδή τις διορθώσεις από εξωτερικές επιδράσεις. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του κόστους στο περιβάλλον από τη λειτουργία της μονάδας , υπολογίστηκε μόνο η επιβάρυνση που οφείλεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας , καθώς σύμφωνα με ερευνητικά δεδομένα αντιστοιχεί περίπου στο 95% της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Τέλος υπολογίζεται η σχέση (ωφέλειας /κόστους) από το λόγο (Παρούσα αξία ωφέλειας/ Παρούσα αξία Κόστους). Αν αυτός ο λόγος είναι μεγαλύτερος της μονάδας το έργο κρίνεται επιθυμητό διότι η οικονομική ωφέλεια είναι μεγαλύτερη από το οικονομικό κόστος.

4. Προϋπολογισμός -Χρονοδιάγραμμα της Πράξης

Η προμήθεια της μονάδας αφαλάτωσης του Αργοστολίου, έγινε κατόπιν ανοιχτού διαγωνισμού του Δήμου Κεφαλληνίας για την οποία είχε προηγηθεί έγκριση χρηματοδότησης 3.647.800 € πλέον Φ.Π.Α. από το Ταμείο Συνοχής στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη». Ο συνολικός προϋπολογισμός, σύμφωνα με τη διακήρυξη της της προμήθειας ανέρχεται στα 6.015.190,00 € πλέον Φ.Π.Α., όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ			
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
1	Προμήθεια και εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης πλήρης. Συμπεριλαμβάνεται η ηλεκτρολογική διάταξη μέσης τάσης, οι αυτοματισμοί, το σύστηματος τηλεμετάδοσης δεδομένων	3.265.000	
2	Προμήθεια και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων	120.000	
3	Δοκιμαστική λειτουργία για ένα (1)έτος	262.800	
ΣΥΝΟΛΟ Ι		3.647.800	ΥΜΕΠΕΡΑΑ
4	Κανονική λειτουργία για έξι (6)έτη	2.367.390	
ΣΥΝΟΛΟ ΙΙ		2.367.390	ΙΔΙΟΙ ΠΟΡΟΙ (ΔΕΥΑΚ)
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		6.015.190	

Οι κύριες φάσεις ολοκλήρωσης της προμήθειας , εγκατάστασης και λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης σύμφωνα με τους όρους της διακήρυξης είναι:

1^η ΦΑΣΗ : Η εγκατάσταση του εξοπλισμού ολοκληρώνεται μέσα σε ένα χρόνο.

2^η ΦΑΣΗ : Ο ανάδοχος για ακόμη ένα έτος είναι υπεύθυνος για την δοκιμαστική λειτουργία της μονάδας, την παρακολούθηση και την συντήρησή της, και παρέχει με δικές του δαπάνες όλα τα απαραίτητα χημικά και αναλώσιμα.

3^η ΦΑΣΗ : Για τα επόμενα έξι (6) έτη ο ανάδοχος αναλαμβάνει το κόστος για τη λειτουργία, την συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού της εγκατάστασης, πλην του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που βαρύνει τον κύριο της Πράξης δηλαδή την ΔΕΥΑ Κεφαλλονιάς. Ταυτόχρονα αναλαμβάνει και την εκπαίδευση προσωπικού για την παρακολούθηση και τη λειτουργία της μονάδας.

5. Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος του νερού αφαλάτωσης

Το κόστος ανά κυβικό μέτρο νερού (€/ m^3) που παράγεται από μια εγκατάσταση αφαλάτωσης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, που επηρεάζουν είτε άμεσα είτε έμμεσα το ύψος των κεφαλαιουχικών (CAPEX) και λειτουργικών (OPEX) δαπανών της εγκατάστασης. Οι βασικότεροι από αυτούς αναφέρονται παρακάτω :

5.1. Η μέθοδος αφαλάτωσης

Η μέθοδος αφαλάτωσης παίζει καθοριστικό ρόλο όχι μόνο στην απόδοση του συστήματος, αλλά και στο ύψος των κεφαλαιουχικών και λειτουργικών δαπανών. Επομένως αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την επιλογή ενός επενδυτικού σχεδίου. Παρακάτω ακολουθεί μια περιληπτική τεχνική παρουσίαση των επικρατέστερων μεθόδων αφαλάτωσης

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες βάση της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας τις θερμικές και τις μεθόδους με χρήση μεμβρανών.

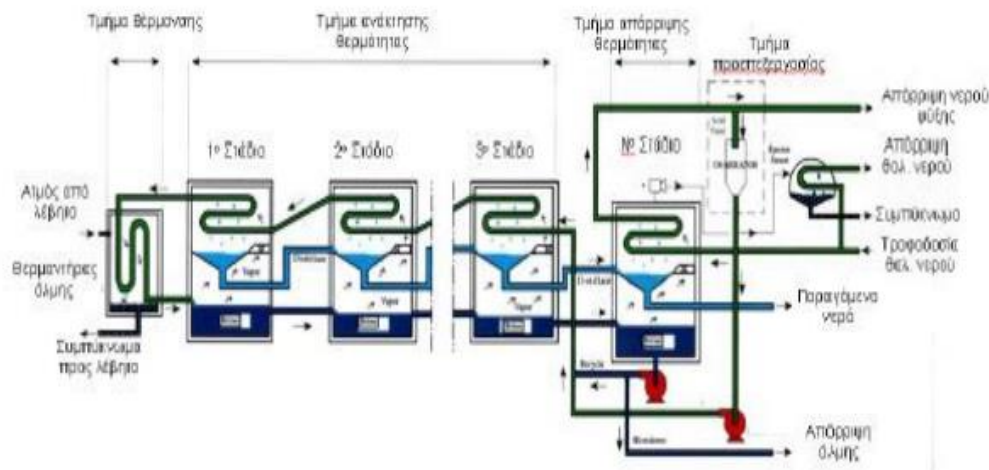
Στις θερμικές μεθόδους απαιτείται μεταφορά θερμότητας και προκαλείται αλλαγή φάσης του νερού με απόσταξη ή κρυστάλλωση . Οι πιο διαδεδομένες είναι οι μέθοδοι με απόσταξη και διαχωρίζονται σε:

- Πολυβάθμια εκτόνωση (MSF – Multiple Stage Flashing)

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο το νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη του σημείου ζέσεως και εισέρχεται σε θάλαμο με πίεση χαμηλότερη της πίεσης κορεσμού, και ατμοποιείται. Ο ατμός που έρχεται σε επαφή με κρύους σωλήνες που μεταφέρουν κρύο θαλασσινό νερό, υγροποιείται και συλλέγεται ως καθαρό νερό απαλλαγμένο από την άλμη. Η άλμη προωθείται σε επόμενους θαλάμους, το φαινόμενο επαναλαμβάνεται έως ότου η άλμη απορριφθεί και μαζευτεί το καθαρό νερό. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε περιοχές της Μέσης Ανατολής

- Πολυβάθμια εξάτμιση (MED – Multiple Effect Distillation)

Βασίζεται στην ίδια βασική αρχή λειτουργίας με την MSF μέθοδο, δηλαδή στην εξάτμιση του νερού, έχει όμως μια διαφορετική διάταξη λειτουργίας. Το θαλασσινό νερό, ψεκάζεται πάνω σε θερμούς σωλήνες που διαπερνά ατμός και επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη εξάτμιση. Μέρος του νερού που εξατμίζεται συμπυκνώνεται και συλλέγεται ως καθαρό νερό. Το θαλασσινό νερό που απομένει σε αέρια φάση, οδηγείται σε επόμενους θαλάμους χαμηλότερης πίεσης σε σχέση με τους προηγούμενους, βοηθώντας την εξάτμιση σε χαμηλότερη θερμοκρασία.



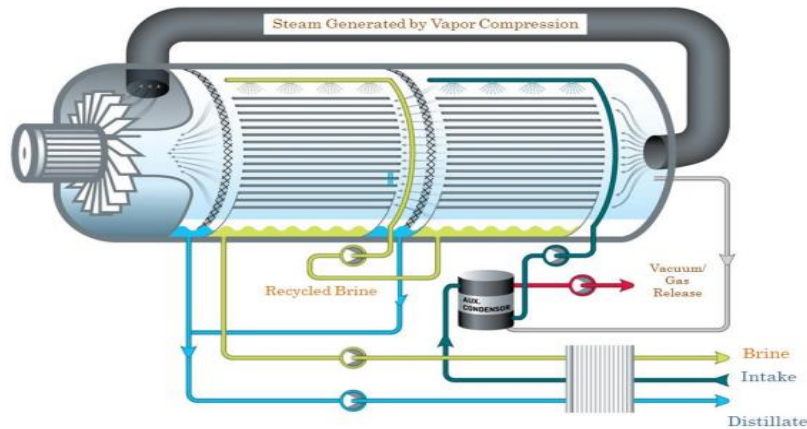
Εικόνα 5.1: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης

Πηγή:(Eltawil Zhengming & Yuan , 2009)

- Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (VC – Vapor Compression)

Και σε αυτή τη μέθοδο το νερό ψεκάζεται πάνω σε διάταξη από θερμούς σωλήνες που διαπερνά ατμός, με τη διαδικασία εξάτμισης-συμπύκνωσης να ολοκληρώνεται σε έναν θάλαμο χαμηλής πίεσης. Συγκριτικά με τις προηγούμενες μεθόδους πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) και πολυβάθμιας εξάτμισης (MED), ο εξοπλισμός δεν είναι τόσο ογκώδης αλλά είναι πιο ακριβός, εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας παραγωγικής ικανότητας

έως 3.000 m³/d, και έχει υψηλότερο κόστος συντήρησης, και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

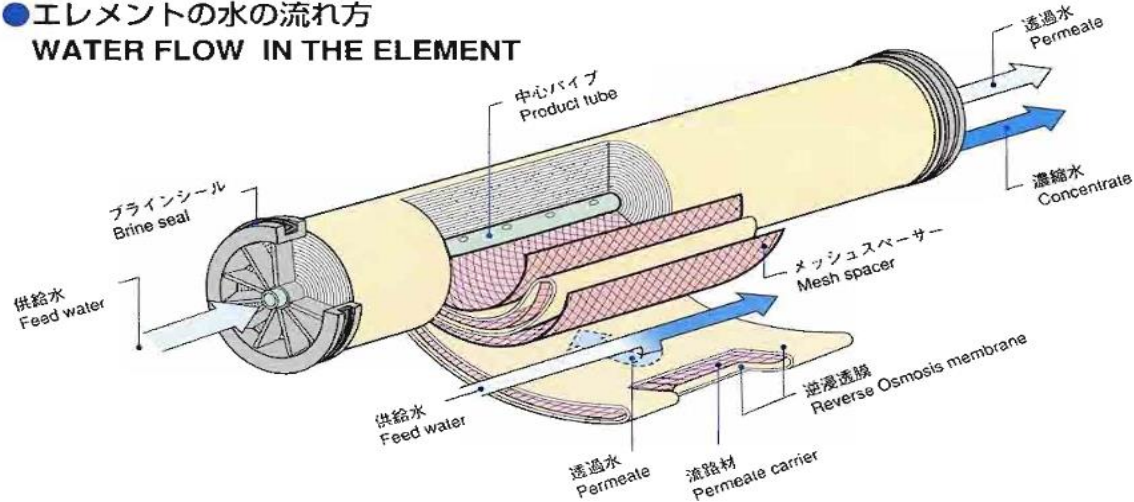


Εικόνα 5.2.: Σχηματική απεικόνιση μεθόδου εξάτμισης με συμπίεση ατμών

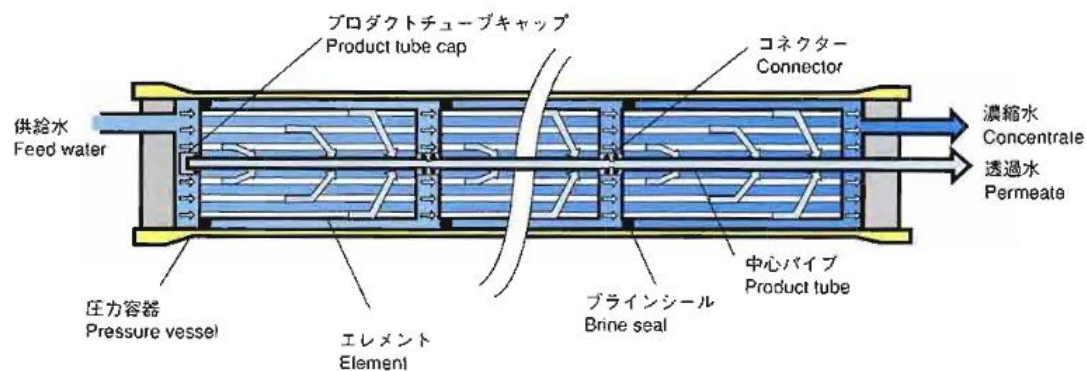
- Μέθοδος αντίστροφης ώσμωσης – Reverse Osmosis (RO)

Στις μεθόδους με μεμβράνες γίνεται διαχωρισμός (φιλτράρισμα) του φρέσκου νερού από την άλμη με τη χρήση ειδικών μεμβρανών. Με κριτήριο το νερό τροφοδοσίας οι θερμικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για θαλασσινό νερό, ενώ η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης (RO) χρησιμοποιείται για θαλασσινό (SWRO) και υφάλμυρο νερό (BWRO).

●エレメントの水の流れ方
WATER FLOW IN THE ELEMENT



STRUCTURE OF MODULE (SU Series)



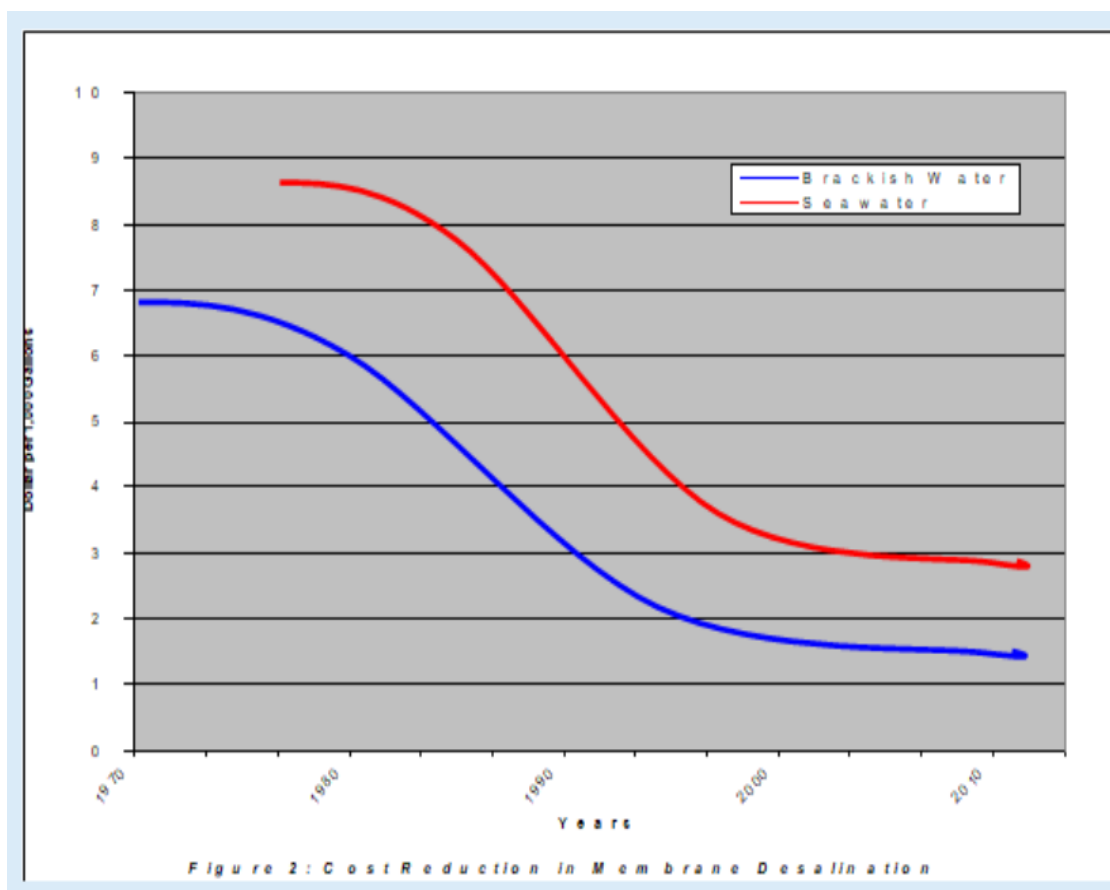
Εικόνα 5.3.: Σχηματική απεικόνιση στοιχείου μεμβράνης σε εγκαταστάσεις αντίστροφης ώσμωσης

Πηγή: www.deltaco.gr (Εταιρεία προϊόντα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και νερού)

Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης είναι η επικρατέστερη , καθώς έχει χαμηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις (ηλεκτρική ενέργεια), και το κόστος των μεμβρανών που αποτελεί έναν πολύ σημαντικό φορέα κόστους συνεχώς μειώνεται. (Καραγιάννης Ι., 2010).

Στο διάγραμμα 5.1. φαίνεται η μεταβολή του κόστους αφαλατωμένου νερού από μονάδες παραγωγής με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης στη διάρκεια του χρόνου για θαλασσινό (κόκκινη καμπύλη) και υφάλμυρο νερό (μπλε καμπύλη), αντίστοιχα. (AMTA, 2015).

Η διαδικασία χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια επεξεργασίας του νερού. Το πρώτο είναι το στάδιο της προεργασίας, με την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, και της διαλυμένης οργανικής ύλης .Αυτό το στάδιο είναι σημαντικό για την μικρότερη ρύπανση των μεμβρανών. Σύμφωνα με μελέτες αυτό το στάδιο είναι σημαντικό για την συνολική απόδοση της μονάδας (Jamaly, 2014) Το δεύτερο στάδιο είναι της διέλευσης υπό πίεση δια μέσω ενός στοιχείου - μεμβράνης που βρίσκεται σε κλειστό δοχείο. Το καθαρό νερό διαπερνά από τις μεμβράνες , ενώ το διάλυμα της άλμης απορρίπτεται. Η απορριπτόμενη άλμη βρίσκεται σε υψηλή πίεση, ενώ το καθαρό νερό σε χαμηλή. Για λόγους ανάκτησης ενέργειας, η ενέργεια της απορριπτόμενης άλμης τροφοδοτείται πίσω στο νερό τροφοδοσίας μέσω εναλλακτών ενέργειας (Mezher et al, 2011) Το τρίτο στάδιο τελικής επεξεργασίας είναι η φάση της απανθράκωσης, της ρύθμισης του PH, και της χλωρίωσης του νερού για την βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού. Η λειτουργία των εγκαταστάσεων θα πρέπει να επιβλέπεται από εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό (Zhengming et al, 2009)



Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή κόστους παραγωγής νερού με τη μέθοδο αντίστροφης ώσμωσης (RO) κατά τις από το 1970 έως το 2010. Η κόκκινη καμπύλη αντιστοιχεί σε θαλασσινό νερό και η μπλε σε υφάλμυρο νερό

Πηγή: AMTA American Membrane Technology Association

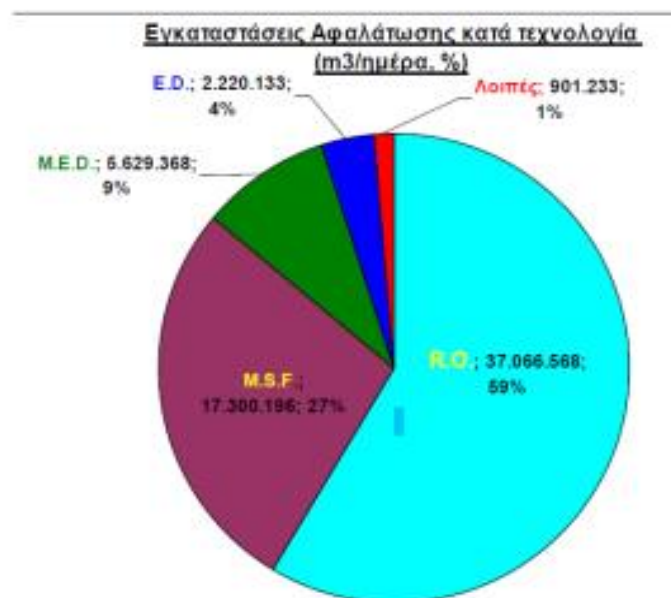
- Μέθοδοι ηλεκτροδιάλυσης (ED) και αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης (EDR)

Η λειτουργία αυτών των μεθόδων βασίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου στο νερό τροφοδοσίας από αντίθετα ηλεκτρικά φορτισμένες μεμβράνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το διαχωρισμό των ιόντων των διαλυμένων αλάτων (σε αρνητικά και θετικά), τα οποία διαπερνούν τις συστοιχίες των μεμβρανών και την παραγωγή καθαρού νερού.

Ένα βασικό πρόβλημα της τεχνολογίας της ηλεκτροδιάλυσης είναι η υδρόλυση και η δημιουργία αποθέσεων $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$ και $CaSO_4$. Αυτή η τάση δημιουργίας αποθέσεων μειώνεται όταν αλλάζει η φορά λειτουργίας του ρεύματος, με εναλλαγή πολικότητας στα ηλεκτρόδια 2 με 4 φορές την ώρα. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως αντίστροφη ηλεκτρόλυση (ERD). *(Ημερίδα TEE, 1999)*

Η μέθοδος της ηλεκτροδιάλυσης (ED) βρίσκει εφαρμογή μόνο σε υφάλμυρο χαμηλής αλατότητας νερό, με περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά κάτω από 5000 mg/l. Πέραν αυτού του ορίου η μέθοδος κρίνεται ασύμφορη καθώς η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ανάλογη της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά. Επίσης για την κάλυψη μεγαλύτερων αναγκών σε νερό, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης περισσότερων μονάδων σε παράλληλη λειτουργία για *(Ημερίδα TEE, 1999)*

Σε ερευνητική εργασία με δείγματα υφάλμυρου νερού διαφορετικής αλατότητας από πηγές της Τυνησίας, αποδείχθηκε πειραματικά ότι για το νερό χαμηλότερης αλατότητας (πηγή Gabes) η μέθοδος ηλεκτροδιάλυσης ήταν σχετικά οικονομικότερη. Αντίθετα για την αφαλάτωση του νερού υψηλότερης αλατότητας (πηγή Zarzis) αποτελεσματικότερη ήταν η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. *(Khaled Walha et al, 2007)*



Εικόνα 5.4.:Κατανομή όγκου νερού παραγόμενου από τις διαφορετικές τεχνολογίες αφαλάτωσης σε παγκόσμια κλίμακα

Πηγή: WATER GLOBAL PRACTICE - TECHNICAL PAPER, World Bank Group , 2019

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι η χρησιμοποιούμενη μέθοδος αφαλάτωσης είναι προφανώς καθοριστική και επηρεάζει το κόστος του επεξεργασμένου νερού. Οι θερμικές μέθοδοι απόσταξης έχουν υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις. Εφαρμόζονται ευρέως στις χώρες της Μέσης Ανατολής λόγω του χαμηλού ενεργειακού κόστους. Δεν συνοδεύονται από τα κόστη αντικατάστασης των μεμβρανών και απαιτούν λιγότερη παρακολούθηση και λιγότερο εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης με μεμβράνες υπερέχουν έναντι των θερμικών λόγω των χαμηλότερων ενεργειακών καταναλώσεων (*Eltawil et al, 2009*). Ανάμεσα στις μεθόδους αφαλάτωσης επικρατέστερη είναι η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης η οποία είναι κατάλληλη τόσο για την αφαλάτωση θαλασσινού (SWRO)και υφάλμυρου νερού (BWRO). Η συγκεκριμένη τεχνολογία εφαρμόζεται στο 62% της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης (*Rodríguez et al, 2014*).

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται και παρουσιάζονται χρήσιμα τεχνικό- οικονομικά στοιχεία που αφορούν σε κάθε μέθοδο παραγωγής αφαλάτωσης . Αν και υπάρχουν χρήσιμα στοιχεία για τη σύγκριση μεταξύ των επικρατέστερων μεθόδων αφαλάτωσης η τελική επιλογή της μεθόδου είναι αποτέλεσμα διεξοδικής μελέτης των ιδιαίτερων τεχνικών και οικονομικών συνθηκών κάθε μελέτης περίπτωσης.

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ					
Μέθοδος	Νερό τροφοδοσίας	Είδος ενέργειας	Παραγωγική ικανότητα (m ³ /d)	Κατανάλωση ενέργειας	Κόστος εγκατάστασης €/ m ³
M S F	Θαλασσινό	Θερμική & Ηλεκτρική	1.000 – 60.000	250 KJ/ Kg, 4-6KWh/m ³	1000 – 2000
M E D	Θαλασσινό	Θερμική & Ηλεκτρική	500 – 20.000	270 KJ/ Kg, 2,5-3KWh/m ³	650-1750
V C	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25 - 2500	8-15KWh/m ³	1000-2350
S W R O	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0.4 – 70.000	<5KWh/ m ³	650-1750
B W R O	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2.5 – 50.000	0.5 - 3 KWh/ m ³	300 - 2000
E D	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15 – 50.000	1,5-4 KWh/ m ³	100 - 5000

(Ε. Τζεν, 2010)

5.2. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης σε κ.μ./ημέρα (m³/d)

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει το κόστος του παραγόμενου νερού από εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, είναι η παραγωγική δυναμικότητα της εγκατάστασης δηλαδή ο όγκος του αφαλατωμένου νερού που παράγεται στη μονάδα του χρόνου . Στη βιβλιογραφία ως μονάδα μέτρησης χρησιμοποιείται το κυβικό μέτρο ανά ημέρα (m³/d). Στη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης υπάρχουν επιμέρους κόστη, όπως για

παράδειγμα τα εργατικά, που μένουν σταθερά ανεξάρτητα από τη δυναμικότητα της εγκατάστασης.

Το κόστος παραγωγής ανά κυβικό μέτρο νερού μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη δυναμικότητα της μονάδας, καθώς η παραγωγή του αφαλατωμένου νερού ακολουθεί οικονομίες κλίμακας. (I.C.Karagiannis et al, 2007). Οι οικονομίες κλίμακας αφορούν όλες τις μεθόδους αφαλάτωσης, αλλά τις επηρεάζουν σε διαφορετικό βαθμό. Στην μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης οι οικονομίες κλίμακας επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό το κόστος του αφαλατωμένου νερού και το περιθώριο κέρδους, ενώ επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις μεθόδους αφαλάτωσης με απόσταξη. (Winter et al, 2002)

5.3. Η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας

Το κόστος του αφαλατωμένου νερού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκέντρωση του εισερχόμενου νερού σε άλατα (περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά). Αυτό συμβαίνει γιατί όσο αυξάνεται η αλατότητα του νερού, τόσο αυξάνεται και η πίεση λειτουργίας στις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης, απορροφώντας μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται αύξηση στο κόστος συντήρησης καθώς απαιτείται αλλαγή των μεμβρανών σε συντομότερο χρονικό διάστημα.

Όταν υπολογίστηκε το κόστος παραγωγή νερού από την ίδια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης αλλά με υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας διαφορετικής αλατότητας, βρέθηκε ότι για νερό τροφοδοσίας με αλατότητα 3.000 ppm το κόστος ήταν 0,32 \$, ενώ για αλατότητα 10.000 ppm το κόστος για κάθε κυβικό μέτρο νερού έφτανε τα 0,54 \$. (Chaudhry, 2003). Υπολογίζεται ότι το λειτουργικό κόστος αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού (BWRO) είναι περίπου το μισό σε σχέση με το λειτουργικό κόστος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού (SWRO).

5.4. Η ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh/m³)

Οι μονάδες αφαλάτωσης απαιτούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή πόσιμου νερού. Έτσι η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας πόσιμου νερού (m³) σε μια εγκατάσταση

αφαλάτωση αποτελεί τον βασικότερο φορέα κόστους των λειτουργικών δαπανών της εγκατάστασης και της απόδοσης της επένδυσης (*Shu Yuan Pan et al , 2019*). Η ειδική κατανάλωση ενέργειας SEC (Specific energy Consumption) μετρούμενη σε KWh/m³ χαρακτηρίζει την απόδοση της εγκατάστασης, και αποτελεί ένα ανεξάρτητο μέτρο αξιολόγησης και σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών μονάδων αφαλάτωσης.

Όσο μεγαλύτερης δυναμικότητας (σε m³/d) είναι τα συστήματα αφαλάτωσης τόσο μικρότερη είναι η ειδική ενεργειακή κατανάλωσή τους, και άρα τόσο πιο οικονομικά είναι στη λειτουργία τους και στην περιβαλλοντική επιβάρυνση που επιφέρουν ανά κυβικό μέτρο νερού που παράγουν (Καραγιάννης Ι., 2010).

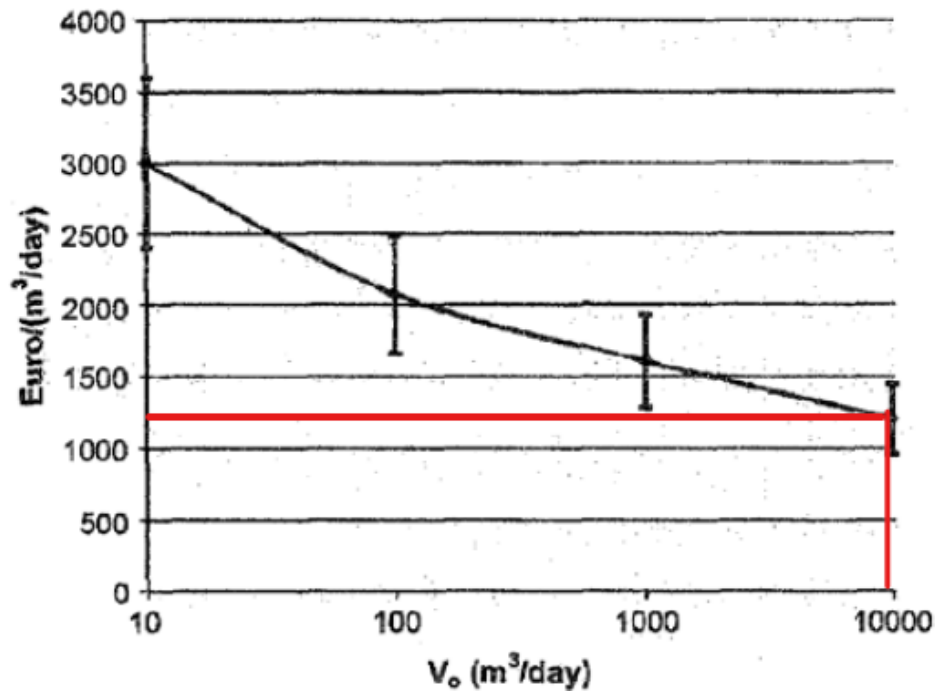
5.5. Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX)

Στο κόστος μιας αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης περιλαμβάνονται :

- το κόστος γης,
- το κόστος της γεώτρησης (για άντληση υφάλμυρου ύδατος),
- το κόστος των έργων υποδομής,
- το κόστος της μονάδας & ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
- κόστη μελετών & αδειοδοτήσεων

Είναι προφανές ότι οι δαπάνες της αρχικής επένδυσης για εγκαταστάσεις ίδιας δυναμικότητας σε διαφορετικά μέρη του πλανήτη μπορεί να εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως το διαφορετικό κόστος των εργατικών, των μεταφορικών κ.α. Επίσης παίζουν ρόλο και μεταβάλλουν το τελικό κόστος οι ιδιαίτερες τεχνικές συνθήκες κάθε έργου.

Από μελέτη που έχει γίνει μετά από συγκέντρωση οικονομικών στοιχείων αποκλειστικά για μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης εγκατεστημένες σε νησιά στην Ελλάδα (*J.K. Kaldellis et al, 2004*) , φαίνεται να υπάρχει μια συγκεκριμένη σχέση ανάμεσα στην δυναμικότητα της εγκατάστασης και του κόστους της μονάδας αφαλάτωσης , η οποία αποτυπώνεται στο διάγραμμα 5.5.1



Διάγραμμα 5.5.1. Μεταβολή κόστους μονάδας εγκατάστασης με τη δυναμικότητα της εγκατάστασης.

Πηγή: J.K. Kaldellis, K.A. Kavadias, E. Kondili, 2004

5.6. Οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX)

Στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης περιλαμβάνεται η δαπάνη των ενεργειακών καταναλώσεων (ηλεκτρική ενέργεια) για τη λειτουργία της εγκατάστασης, τα κόστη των μεμβρανών και των χημικών, το κόστος των εργατικών για παρακολούθηση και συντήρηση της εγκατάστασης. Η δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί το 40% του συνολικού λειτουργικού κόστους των εγκαταστάσεων αντίστροφης ώσμωσης (Karagiannis & Soldatos, 2008)

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της κάθε μονάδας αφαλάτωσης επιβαρύνει τον κάθε φορέα διαχείρισης του νερού, και σε κάθε περίπτωση αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου και την τιμολόγηση του νερού. Το κόστος αυτό είναι δυνατόν να μειωθεί με τεχνολογίες αυτοματισμού της παρακολούθησης και

συντήρησης της μονάδας, ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής και η ασφαλής λειτουργία της μονάδας.



Figure 1 – RO membranes – the “work horse” of today’s desalination plants

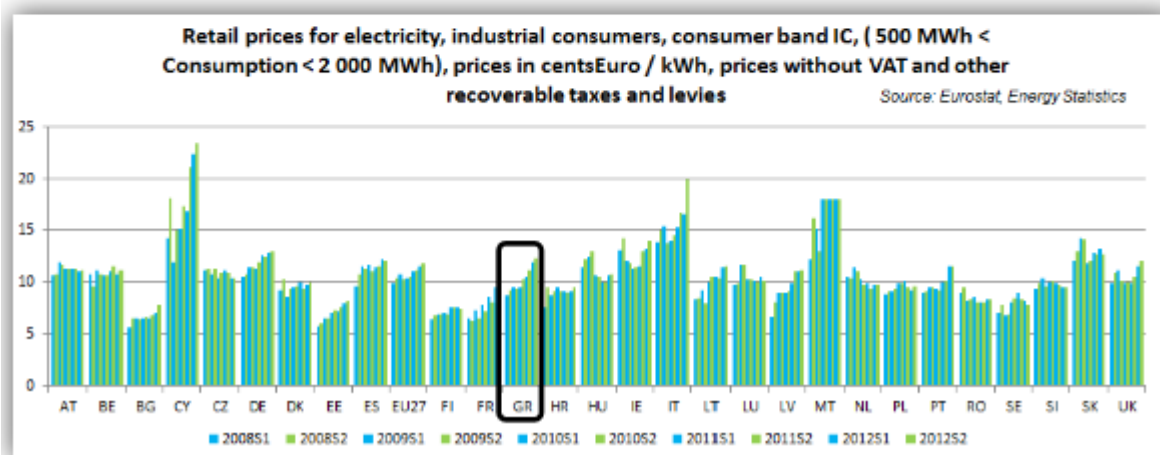
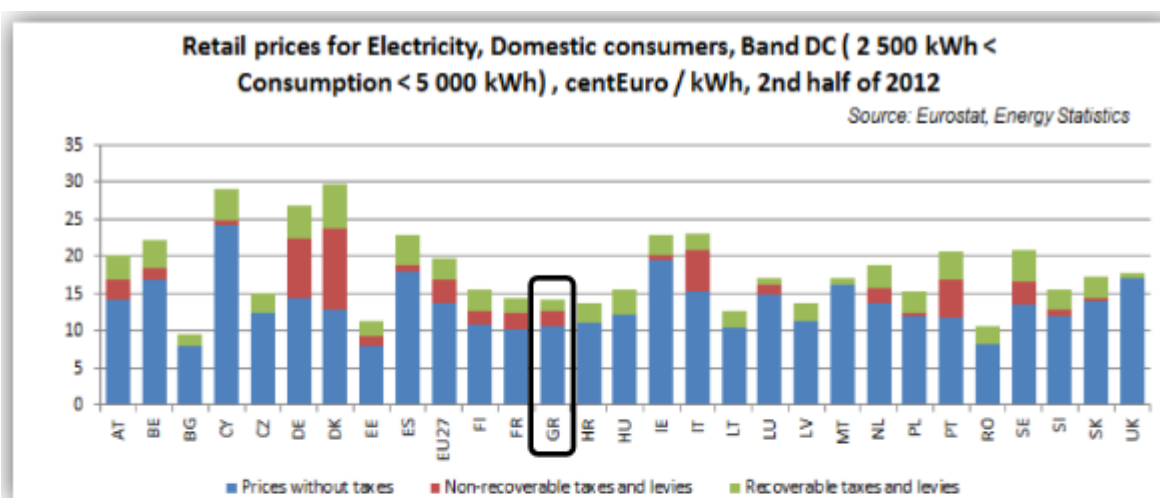
Εικόνα 5.6.1 : Αντικατάσταση μεμβρανών σε μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης

Πηγή: International Water Association, 2016

5.7. Τιμολόγηση της KWh

Η τιμή χρέωσης της KWh επηρεάζει το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων, και είναι καθοριστική για τη διαμόρφωση του κόστους των ιδιαίτερα ενεργοβόρων διαδικασιών, όπως η λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης, επηρεάζοντας το κόστος αφαλάτωσης του νερού.

Στους πίνακες 5.7.1 αποτυπώνονται οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος στις χώρες της Ευρώπης (στοιχεία της Eurostat), όπου φαίνεται ότι στην Ελλάδα η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος για την οικιακή κατανάλωση είναι από τις χαμηλότερες στην Ευρώπη, ενώ για τη μέση τάση (που αφορά περισσότερο τις βιομηχανίες) βρίσκεται σε υψηλά σχετικά επίπεδα.



Πίνακας 5.7.1. Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας σε χώρες της Ευρώπης για οικιακή και μέση τάση.
(Δούκας Χ. :Χρήσεις και εξοικονόμηση Ενέργειας στη Βιομηχανία, ΕΜΠ)

Οι διαφορετικές τιμές χρέωσης του ηλεκτρικού ρεύματος διαμορφώνουν ανάλογα το κόστος επεξεργασίας του νερού, ενώ επίσης φαίνεται μια γενική αυξητική τάση στην τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία συμπαρασύρει ανάλογα και το κόστος αφαλάτωσης του νερού .

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 5.7.2) αναγράφονται τα κόστη εγκατάστασης (CAPEX) και λειτουργίας (OPEX) των εγκατεστημένων Δημοτικών μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα (Κ. Zotalis et al, 2016)

RO desalination plants in Hellenic islands Municipalities (Data from Sychem S.A.)

Project	Year	Type	Capacity (m ³ /d)	Initial Cost (M €)	Oper. Cost (€)	Contractor	Acceptance
Almyros	2013	RO & UF	2,400	0.850	N/A	Sychem S.A., GR	Under Construction
Iraklion							
Syros 1 st Ermoupoli	1992	RO	800	0.589	2.70	Christ, CH	Good
Syros 2 nd Ermoupoli	1997	RO	800	1.482	2.70	Christ, CH	Good
Syros 3 rd Ermoupoli	2001	RO (SW)	40	0.346	2.00	Culligan Hellas	Good
Syros 4 th (Ano Syros)	2000	RO	250	0.215	0.50	Temak, GR	Good
Syros 5 th (Ano Syros)	2002	RO	500	0.400	0.50	Temak, GR	Good
Syros 6 th (Ermoupolis)	2002	RO (SW)	2,000	0.313	0.40	Temak, GR	Good
Syros 7 th (Ano Syros)	2005	RO	1,000	1.000	0.40	Temak, GR	Under Construction
Shinousa	2004	RO	100	0.120	0.70	Temak, GR	Under Construction
Mykonos (Korfou) old	1981	RO	500	N/A	2.00	Metek, IT	Good
Mykonos (Korfou) new	2001	RO	2,000	1.276	0.50	Culligan Hellas	Good
Paros (Naousa)	2001	RO	1,200	0.415	0.50	Ionics Itaba	Good
Tinos (old)	2001	RO	500	0.434	0.62	Culligan Hellas	Good
Tinos (new)	2005	RO	500	0.376	0.62	Culligan Hellas	Good
Ia, Santorini 1 st	1994	RO	220	N/A	2.00	Matrix, USA	Good

Ia, Santorini 2 nd	2000	RO	320	0.210	2.00	Culligan Hellas	Good
Ia, Santorini 3 rd	2002	RO	160	N/A	2.00	Matrix, USA	Good
Sifnos	2002	RO (BW)	500	0.224	3.50	Hoh, DM	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 1 st	2000	RO (BW)	600	0.205	0.30	Culligan Hellas	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 2 nd	2005	RO	3,000	0.710	0.26	Culligan Hellas	Under construction
Omiroupolis, Chios, Municipality, 3 rd	2005	RO	500	0.200	0.26	Culligan Hellas	Under construction
Nisiros (old)	1991	RO	300	0.572	N/A	Metek, IT	Out of operation
Nisiros (new)	2002	RO	350	0.295	0.66	Temak, GR	Good
Ithaki, Kefalonia 1 st	1981	RO	620	0.264	2.88	Christ, CH	Good
Ithaki, Kefalonia 2 nd	2003	RO	520	0.587	0.58	Judo, DE	Good
Lerou (Municipal Enterpr.)	2001	RO	200	0.074	0.13	Culligan Hellas	Good
Kassopeon (Municipality)	2001	RO	500	0.170	0.13	Culligan Hellas	Good
Posseidonias (Municipality), 1 st	2002	RO	500	0.464	0.56	Culligan Hellas	Good
Posseidonias (Municipality), 2 nd	2005	RO	1,000	0.574	0.45	Culligan Hellas	Under construction
Agios Georgios (Municipality)	2002	RO	500	0.102	0.30	Culligan Hellas	Good
Paksoi (Municipality) 1 st	2005	RO	330	0.260	0.51	Culligan Hellas	Good
Paksoi (Municipality) 2 nd	2005	RO	150	0.162	0.59	Culligan Hellas	Good
Total: 32	-	-	22,860	-	-	-	-

Πίνακας 5.7.2 :Δημοτικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στην Ελλάδα, με τα αντίστοιχα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας. (Πηγή: K. Zotalis et al, 2016)

5.8. Η συμμετοχή συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Η ηλεκτρική ενέργεια που προσφέρεται από το δίκτυο μπορεί να αντικατασταθεί εξ ολοκλήρου ή σε ένα ποσοστό από ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ,δηλαδή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ηλιακή (φωτοβολταϊκά συστήματα), ή από αιολική (ανεμογεννήτριες) η και άλλες μορφές ενέργειας. Η προμήθεια και εγκατάσταση του εξοπλισμού έχουν σημαντικό κόστος, σχετικά μικρό κόστος συντήρησης, και είναι ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον.

Η λειτουργία των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης απαιτεί μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, επιφέροντας τον ανάλογο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, όταν η βασική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα στερεά καύσιμα (ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο).

Οι τεχνολογίες των Ανανεώσιμων Πηγών αν και ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον, με ιδιαίτερα δυναμική παρουσία εξέλιξη τα τελευταία 20 χρόνια, με συνεχή τεχνολογική βελτίωση, εξακολουθούν να διατηρούν ένα υψηλό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, καθιστώντας την επένδυση σε αρκετές περιπτώσεις μη συμφέρουσα.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, όπως η αδυναμία βέλτιστου σχεδιασμού, η έλλειψη επαρκούς συντήρησης και τεχνικής υποστήριξης των εγκαταστάσεων που βρίσκονται σε άγονες νησιωτικές περιοχές, έχει περιορίζει πολύ το ποσοστό της συμμετοχής των Α.Π.Ε. σε εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Σύμφωνα με μελέτες, το ποσοστό αυτό πριν από μία δεκαετία άγγιζε μόλις το 0,02% της παγκόσμιας παραγωγής αφαλατωμένου νερού (*Mohamed A. et al, 2009*).

Παρόλα αυτά επειδή τις τελευταίες δεκαετίες το κόστος εγκατάστασης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνεται σε αντίθεση με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που συνεχώς αυξάνεται, επειδή η πολιτική των επιδοτήσεων βελτιώνει την απόδοση των επενδύσεων σε Α.Π.Ε., τα συστήματα αφαλάτωσης με τη συμμετοχή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική επιλογή. Η αυτονομία των συστημάτων αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος (BWRO) με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ακόμα ανταγωνιστικότερη καθώς λόγω της χαμηλής αλατότητας του νερού, συνεπάγονται χαμηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις.

6. Υπολογισμός της ζήτησης

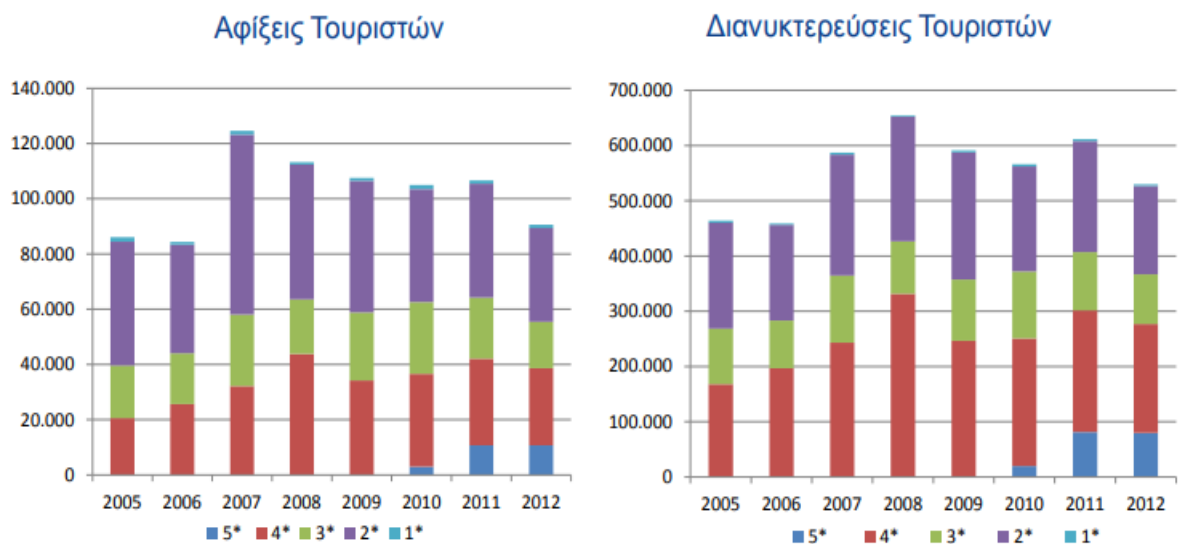
Για να υπολογιστεί η ετήσια δαπάνη της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και του ετήσιου κόστους του νερού θα πρέπει να υπάρχουν στοιχεία για την μηνιαία και ετήσια κατανάλωση σε νερό της Δημοτικής Κοινότητας Αργοστολίου. Καθώς η πρόσβαση σε πραγματικά στοιχεία μηνιαίας κατανάλωσης σε νερό προηγούμενων ετών δεν κατέστη εφικτή, έγινε μια προσπάθεια για πρόβλεψη της ζήτησης σε νερό, λαμβάνοντας υπόψιν τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων, τον αριθμό των τουριστών που επισκέπτονται το νησί κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Είναι αυτονόητο ότι η σημαντική τουριστική κίνηση από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο επιφέρει μια ανάλογη ανισοκατανομή σε ζήτηση νερού κατά τη διάρκεια του έτους.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση της ζήτησης νερού από τον Τουρισμό είναι παρόμοια με αυτή της μελέτης που εκπόνησε το Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για το ΥΠΕΧΩΔΕ για την εφαρμογή του άρθρου 5 της Κοινοτικής Οδηγίας περί Υδάτων 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα» (Φοίβη Κουντούρη, 2008). Διαφοροποιήθηκε ως προς το ότι οι διανυκτερεύσεις δεν ισομοιράζονται στο εξάμηνο Μαΐου – Οκτωβρίου, αλλά ακολουθούν σε αναλογία των αριθμό των αεροπορικών αφίξεων εξωτερικού/μήνα. Αυτό έγινε γιατί στην περίπτωση μας ενδιαφέρει εκτός από την ετήσια και η αναλυτική μηνιαία κατανάλωση για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Για την εκτίμηση της ζήτησης ελήφθησαν υπόψιν τα στοιχεία, που αναφέρονται παρακάτω:

- Την ΚΥΑ Δ11/Φ16/8500/1991 «Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτερων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην ύδρευση». Οι υδρευτικές ανάγκες του μόνιμου πληθυσμού του νησιού υπολογίστηκαν με κατανάλωση:
0,22 m³/ κάτοικο / ημέρα, και των τουριστών 0,33m³/ άτομο/ διανυκτέρευση.
- Την τελευταία απογραφή (2011) η οποία καταγράφει 9.748 αριθμό μόνιμων κατοίκων Δημοτικής Κοινότητας Αργοστολίου. Στους υπολογισμούς μας δεχτήκαμε:
για το έτος έναρξης μόνιμο πληθυσμό 10.000 και 5/1000 ετήσια αύξηση πληθυσμού

- Το Marketing Plan του Τουριστικού Προϊόντος Ιονίων Νήσων / Οδικός Χάρτης 2015–2020 που εκπονήθηκε για λογαριασμό του Ινστιτούτου Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων (ΙΝΣΕΤΕ), βάσει του οποίου ο ετήσιος συνολικά αριθμός διανυκτερεύσεων σ' όλη το νησί για το έτος 2008 ανήλθε περίπου στις 670.000, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (6.1 & 6.2.).
- Στους υπολογισμούς μας δεχτήκαμε:
συνολικές ετήσιες διανυκτερεύσεις τουριστών στο νησί για το έτος έναρξης 720.000 και 2% ετήσια αύξηση.



Marketing Plan Τουριστικού Προϊόντος
Ιονίων Νήσων / Οδικός Χάρτης 2015-2020

Διάγραμμα 6.1. Πηγή: ΙΝΣΕΤΕ (Ινστιτούτο Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων)

- Τα στατιστικά στοιχεία αεροδρομίου Κεφαλλονιάς για τα έτη 2017 – 2018.

Ο συνολικός ετήσιος αριθμός των διανυκτερεύσεων θεωρήθηκε ότι κατανέμεται ανά μήνα όπως και ο ετήσιος αριθμός αφίξεων εξωτερικού/ μήνα

KEFALLINIA AIRPORT "ANNA POLLATOU" - 2018 vs 2017

Passengers	Domestic			International			Total		
Month	2018	2017	%Δ	2018	2017	%Δ	2018	2017	%Δ
JANUARY	1.893	1.777	6,5%	0	5	-100,0%	1.893	1.782	6,2%
FEBRUARY	2.035	1.681	21,1%	0	0		2.035	1.681	21,1%
MARCH	2.668	2.058	29,6%	2.183	212	929,7%	4.851	2.270	113,7%
APRIL	3.853	3.545	8,7%	13.284	5.790	129,4%	17.137	9.335	83,6%
MAY	7.374	5.326	38,5%	73.657	54.448	35,3%	81.031	59.774	35,6%
JUNE	10.966	9.875	11,0%	122.711	98.256	24,9%	133.677	108.131	23,6%
JULY	21.469	18.326	17,2%	144.338	122.820	17,5%	165.807	141.146	17,5%
AUGUST	21.852	19.671	11,1%	152.963	137.349	11,4%	174.815	157.020	11,3%
SEPTEMBER	12.711	10.728	18,5%	122.559	103.022	19,0%	135.270	113.750	18,9%
OCTOBER	5.998	4.629	29,6%	32.206	25.313	27,2%	38.204	29.942	27,6%
NOVEMBER	3.406	2.200	54,8%	136	398	-65,8%	3.542	2.598	36,3%
DECEMBER	3.399	2.242	51,2%	5	0		3.394	2.242	51,4%
TOTAL EFL	97.614	82.058	19,0%	664.042	547.613	21,3%	761.656	629.671	21,0%

Διάγραμμα 6.2.Πηγή: Στατιστικά στοιχεία αεροπορικής κίνησης αεροδρομίου Κεφαλλονιάς

Πτήσεων Εσωτερικού-Εξωτερικού <https://www.efl-airport.gr/el>

Με τα ανωτέρω δεδομένα ,έγινε ο υπολογισμός της μηνιαίας και συνολικής ετήσιας ζήτησης σε m3 νερό στην πόλη του Αργοστολίου, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 6.1. :

Υπολογισμός μηνιαίας και ετήσιας ζήτησης σε νερό στο Αργοστόλι σε κ. μ. (m3)							
ΜΗΝΑΣ	Επιβάτες	Ποσοστό επιβατών	Διανυκτερεύσεις Κεφαλλονιά	Διανυκτερεύσεις Αργοστόλι	Ζήτηση από Τουρισμό m3	Ζήτηση Μόνιμου πληθυσμού m3 (πληθυσμός= 10.000)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ m3
	Στοιχεία πτήσεων 2018	%	Συνολικές ετήσιες διανυκτερεύσεις 720.000	40% των συνολικών διανυκτερεύσεων	0,33 m3/άτομο	0,22 m3/άτομο	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.893	0,25	1.789	716	236	68.200	68.436
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2.035	0,27	1.923	769	254	61.600	61.854
ΜΑΡΤΙΟΣ	4.851	0,64	4.585	1.834	605	68.200	68.805
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	17.137	2,25	16.198	6.479	2.138	66.000	68.138
ΜΑΙΟΣ	81.031	10,64	76.590	30.636	10.110	68.200	78.310
ΙΟΥΝΙΟΣ	133.766	17,56	126.435	50.574	16.689	66.000	82.689
ΙΟΥΛΙΟΣ	165.807	21,77	156.720	62.688	20.687	68.200	88.887
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	174.815	22,95	165.235	66.094	21.811	68.200	90.011
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	135.270	17,76	127.857	51.143	16.877	66.000	82.877
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	38.204	5,02	36.110	14.444	4.767	68.200	72.967
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3.542	0,46	3.348	1.339	442	66.000	66.442
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3.394	0,45	3.208	1.283	423	68.200	68.623
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΑ	761.745	100,00	720.000	288.000	95.040	803.000	898.040

Πίνακας 6.1. Μηνιαία ζήτηση σε κυβικά μέτρα νερού από μόνιμο πληθυσμό και τουρισμό

7. Κόστος αφαλάτωσης νερού

Στη συνέχεια θα γίνει ο υπολογισμός του ετήσιου χρηματοοικονομικού κόστους/ m³ νερού που αντιστοιχεί στις δαπάνες προμήθειας, λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας αφαλάτωσης. Διευκρινίζεται ότι στο κόστος αυτό δεν συνυπολογίστηκαν επιπλέον κόστη διαχείρισης, και μελλοντικών επενδύσεων που συναντάται στη βιβλιογραφία ως λοιπά έξοδα (*miscellaneous*), και αντιστοιχεί σε ένα 2-5% του συνολικού κόστους. Έτσι στους παρακάτω υπολογισμούς όταν θα αναφερόμαστε σε κόστος θα εννοούμε στο χρηματοοικονομικό κόστος παραγωγής νερού από την μονάδα με τις εξαιρέσεις που αναφέρθηκαν.

Ο υπολογισμός θα γίνει για δύο σενάρια λειτουργίας, το ένα σενάριο με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά, και το άλλο χωρίς. Σε κάθε περίπτωση οι συνιστώσες του συνολικού κόστους ενός κυβικού μέτρου παραγόμενου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης, είναι οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX) και οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX) (*Loupassis St., 2002*)

7.1. Κόστος αφαλάτωσης νερού χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά.

Το κόστος παραγωγής του νερού από μια μονάδα αφαλάτωσης, θα υπολογιστεί από το άθροισμα του ετήσιου ισοδύναμου κόστους της αρχικής επένδυσης (αρχικό κεφάλαιο) και του ετήσιου λειτουργικού κόστους ανοιγμένο στη μονάδα μέτρησης όγκου νερού, δηλαδή σε ευρώ ανά κυβικό μέτρο (€/ m³) αφαλατωμένου νερού που αποδίδει η μονάδα.

7.1.1. Κόστος αρχικής επένδυσης C_{inv} (χωρίς φωτοβολταϊκά)

Για την περίπτωση της μελέτης, η άντληση του νερού γίνεται από τις πηγές της περιοχής Κουτάβου, μέσω υφιστάμενου συστήματος αντλιών (αντλιοστάσιο) που βρίσκεται εγκατεστημένο σε οικόπεδο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. Στο ίδιο οικόπεδο με την υφιστάμενη δεξαμενή νερού, εγκαθίσταται η μονάδας αφαλάτωσης, και, επομένως στο κόστος αρχικής επένδυσης δεν υπήρχαν δαπάνες για αγορά γης, διάνοιξη γεωτρήσεων, και λοιπά έργα υποδομής.

Έτσι η δαπάνη της αρχικής επένδυσης αφορούσε μόνον στην αγορά των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων που αντιστοιχεί σύμφωνα με τον αρχικό προϋπολογισμό του έργου στο ποσόν των 3.265.000 € πλέον Φ.Π.Α.

Κόστος αρχικής επένδυσης $C_{inv} = 3.265.000$ €

Λαμβάνοντας ως ωφέλιμο χρόνος ζωής μιας εγκατάστασης αφαλάτωσης τα είκοσι χρόνια ($n=20$), και ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο $k=5\%$, βρίσκουμε από τον πίνακα 7.1.1 τον αντίστοιχο συντελεστή προεξόφλησης : 12,4622 και υπολογίζεται το ετήσιο ισοδύναμο κόστος AEC (Annual Equivelant Cost) του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης σύμφωνα με τον τύπο:

$$C_{inv} = AEC * PVIFAN(20, 5\%),$$

$$AEC = 3.265.000 / 12,4622 = 261.992 \text{ €}$$

Ετήσιο ισοδύναμο κόστος της αρχικής επένδυσης $AEC = 261.992$ €

Παρούσα Αξία ν Ταμειακών Ροών 1 Ευρώ για κάθε περίοδο, λαμβανομένων στο τέλος κάθε περιόδου $ΠΑ=1-(1/(1+r)^n)/r$										
Περίοδος, ν	Επιτόκιο, r%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,9901	0,9804	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091
2	1,9704	1,9416	1,9135	1,8861	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591	1,7355
3	2,9410	2,8839	2,8286	2,7751	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313	2,4869
4	3,9020	3,8077	3,7171	3,6299	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397	3,1699
5	4,8534	4,7135	4,5797	4,4518	4,3295	4,2124	4,1002	3,9927	3,8897	3,7908
6	5,7955	5,6014	5,4172	5,2421	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859	4,3553
7	6,7282	6,4720	6,2303	6,0021	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330	4,8684
8	7,6517	7,3255	7,0197	6,7327	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348	5,3349
9	8,5660	8,1622	7,7861	7,4353	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952	5,7590
10	9,4713	8,9826	8,5302	8,1109	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177	6,1446
11	10,3676	9,7968	9,2526	8,7605	8,3064	7,8869	7,4987	7,1390	6,8052	6,4951
12	11,2551	10,5753	9,9540	9,3851	8,8633	8,3838	7,9427	7,5361	7,1607	6,8137
13	12,1337	11,3484	10,6350	9,9856	9,3936	8,8527	8,3577	7,9038	7,4869	7,1034
14	13,0037	12,1062	11,2961	10,5631	9,8986	9,2950	8,7455	8,2442	7,7862	7,3667
15	13,8651	12,8493	11,9379	11,1184	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607	7,6051
16	14,7179	13,5777	12,5611	11,6523	10,8378	10,1059	9,4466	8,8514	8,3126	7,8237
17	15,5623	14,2919	13,1661	12,1657	11,2741	10,4773	9,7632	9,1216	8,5436	8,0216
18	16,3983	14,9920	13,7535	12,6593	11,6896	10,8276	10,0591	9,3719	8,7556	8,2014
19	17,2260	15,6785	14,3238	13,1339	12,0853	11,1581	10,3356	9,6036	8,9501	8,3649
20	18,0456	16,3514	14,8775	13,5903	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285	8,5136
21	18,8570	17,0112	15,4150	14,0292	12,8212	11,7641	10,8355	10,0168	9,2922	8,6487
22	19,6604	17,6580	15,9369	14,4511	13,1630	12,0416	11,0612	10,2007	9,4424	8,7715
23	20,4558	18,2922	16,4436	14,8568	13,4886	12,3034	11,2722	10,3711	9,5802	8,8832
24	21,2434	18,9139	16,9355	15,2470	13,7986	12,5504	11,4693	10,5288	9,7066	8,9847
25	22,0232	19,5235	17,4131	15,6221	14,0939	12,7834	11,6536	10,6748	9,8226	9,0770

Πίνακας 7.1.1: Παρούσα αξία μοναδιαίας ληξιπρόθεσμης ράντας

Πηγή: Στέφανος Παπαδάμου – Κωνσταντίνος Συριόπουλος, Βασικές αρχές αξιολόγησης επενδύσεων

7.1.2. Υπολογισμός δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια C_e (χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά)

Η συγκεκριμένη μονάδα ηλεκτροδοτείται από παροχή Μέσης Τάσης με εγκατεστημένη ισχύ 200KW . Ελήφθησαν υπόψιν τα εκτιμώμενα ως επικρατέστερα σενάρια λειτουργίας με τις αντίστοιχες ειδικές ενεργειακές καταναλώσεις που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Παραγωγή (m ³ /d)	Θερμοκρασία °C	Ειδική ενεργειακή κατανάλωση KWh/ m ³
4.700	16	0,51
4.700	26	0,44
8.000	16	0,44
8.000	26	0,37

Πίνακας 7.1.2. Ειδική ενεργειακή κατανάλωση για διαφορετικά σενάρια παραγωγής και θερμοκρασίας νερού
Πηγή: Από αναλυτικούς ενεργειακούς υπολογισμούς που υπεβλήθησαν με την τεχνική προσφορά της αναδόχου εταιρείας

Βάσει των τιμολογίων Μέσης Τάσης της ΔΕΗ (τιμολόγιο ΒΥ -Υψηλού συντελεστή
 χρησιμοποίησης & νυχτερινό τιμολόγιο) και λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των ειδικών
 ενεργειακών καταναλώσεων,

$$=(200*8,88)+(E23*(16/24)*0,0647)+(E23*(8/24)*0,05057)+(0,00285*E23)$$

Η αντίστοιχη μηνιαία χρέωση υπολογίστηκε βάσει του τιμολογίου της ΔΕΗ:

1.Χρέωση Προμήθειας ρεύματος ανά μήνα προκύπτει από τις επιμέρους χρεώσεις:

ΙΣΧΥΣ: $200\text{KW} * 8,88 \text{ €/ KW} = 1.776 \text{ €}$

ΕΝΕΡΓΕΙΑ:

μηνιαία καταμέτρηση σε KWh $*(16/24)*0,0647 \quad +$

μηνιαία καταμέτρηση σε KWh $*(8/24)*0,05057$ (νυχτερινό)

ΧΡΕΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂:

$0,00285*$ μηνιαία καταμέτρηση σε KWh

2. Ρυθμιζόμενες χρεώσεις ανά μήνα ,από τις επιμέρους χρεώσεις:

ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ : $200 \text{ KW} * 1,197 \text{ €/ KW} = 239,4 \text{ €}$

ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ : μηνιαία καταμέτρηση σε KWh $* 0,00007$

ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΙΣΧΥΣ :

$200 \text{ KW} * 1,097 = 219,4 \text{ €} ,$

ΕΝΕΡΓΕΙΑ: μηνιαία καταμέτρηση σε KWh $*0,0028$

ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ: $0,0179*$ μηνιαία καταμέτρηση σε KWh

ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ: $0,00878*115.200$

(ΕΤΜΕΑΡ = $0,00878 \text{ €/ kWh}$)

Τα αποτελέσματα φαίνονται συγκεντρωτικά στον *πίνακα (7.1.2.1)*

Από τον πίνακα υπολογισμών προκύπτει:

Ετήσιο κόστος για ηλεκτρική ενέργεια $C_e = 65.485 \text{ €}$

Ετήσιο κόστος καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας/ $\text{m}^3 = 65.485 / 898.040 = 0,073 \text{ €}$

Εν συνεχεία γίνεται ο υπολογισμός της ετήσιας δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την ετήσια κατανάλωση σε νερό. Για τους υπολογισμούς ελήφθη:

Μέση ειδική κατανάλωση ενέργειας = $0,47 \text{ KWh/m}^3$

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον *πίνακα (7.1.2.2.)*

Δαπάνη/μήνα σε ηλεκτρική ενέργεια (χωρίς φωτοβολταϊκά)						
ΜΗΝΑΣ	m3	kwh/m3	Kwh	Χρέωση προμήθειας ρευματος	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Μηνιαία χρέωση ΔΕΗ (€)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	68.436	0,51	34902	3969	1.490	5.459
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	61.854	0,51	31545	3758	1391	5149
ΜΑΡΤΙΟΣ	68.805	0,51	35091	3981	1.496	5.477
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	68.138	0,44	29981	3660	1345	5005
ΜΑΙΟΣ	78.310	0,44	34456	3941	1.477	5.418
ΙΟΥΝΙΟΣ	82.689	0,44	36383	4062	1534	5596
ΙΟΥΛΙΟΣ	88.887	0,44	39110	4234	1.615	5.848
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	90.011	0,44	39605	4265	1629	5894
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	82.877	0,44	36466	4068	1.536	5.604
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	72.967	0,44	32105	3793	1408	5201
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	66.442	0,51	33885	3905	1.460	5.365
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	68.623	0,51	34998	3975	1493	5468
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΑ	898.040	0,47	418.529	47.612	17.873	65.485
Δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια/ m3						0,073

Πίνακας 7.1.2.1: Προϋπολογισμός μηνιαίας και ετήσιας Δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια

Δαπάνη/έτος σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς φωτοβολταϊκά						
ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΑ m3	Μέση κατανάλωση kWh/m3	Kwh	Χρέωση προμήθειας ρευματος	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Ετήσια Χρέωση ΔΕΗ (€)
1	898.040	0,47	418.487	47.610	17.872	65.482
2	903.956	0,47	421.243	47.783	17.953	65.736
3	909.930	0,47	424.027	47.958	18.036	65.993
4	915.963	0,47	426.839	48.135	18.119	66.253
5	922.055	0,47	429.678	48.313	18.203	66.516
6	928.209	0,47	432.545	48.493	18.287	66.780
7	934.424	0,47	435.441	48.675	18.373	67.048
8	940.701	0,47	438.367	48.859	18.459	67.318
9	947.042	0,47	441.322	49.045	18.547	67.591
10	953.448	0,47	444.307	49.232	18.635	67.867
11	959.919	0,47	447.322	49.422	18.724	68.146
12	966.456	0,47	450.369	49.613	18.814	68.427
13	973.061	0,47	453.446	49.807	18.905	68.712
14	979.734	0,47	456.556	50.002	18.997	68.999
15	986.477	0,47	459.698	50.199	19.090	69.289
16	993.291	0,47	462.873	50.399	19.184	69.582
17	1.000.176	0,47	466.082	50.601	19.278	69.879
18	1.007.134	0,47	469.324	50.804	19.374	70.178
19	1.014.165	0,47	472.601	51.010	19.471	70.481
20	1.021.272	0,47	475.913	51.218	19.569	70.787

Πίνακας 7.1.2.2.: Προϋπολογισμός Δαπάνης/Έτος σε ηλεκτρική ενέργεια

7.1.3. Κόστος εργατικών

Οι σύγχρονες μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης είναι πλήρως αυτοματοποιημένες και απαιτούν ελάχιστες παρεμβάσεις από το υπεύθυνο προσωπικό για τη λειτουργία της μονάδας, ελαχιστοποιώντας και το αντίστοιχο κόστος του απασχολούμενου προσωπικού.

Η εκτίμηση του κόστους των εργατικών έγινε από εσωτερική πληροφόρηση από εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της εμπορίας και συντήρησης μονάδων αφαλάτωσης εγκατάστασης. Για τους υπολογισμούς ελήφθη:

- κόστος εργατικών για την λειτουργία και συντήρηση των μονάδων **0,02 €/m³ νερού**

7.1.4. Κόστος χημικών – αναλώσιμων

Μία άλλη παράμετρος κόστους είναι τα χημικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στα παρακάτω στάδια RO αφαλάτωσης:

- Προχλωρίωση: Χρησιμοποιείται η χημική ένωση NaOCl
- Μεταχλωρίωση: Χρησιμοποιείται η χημική ένωση NaOCl σε πολύ μικρότερη ποσότητα από αυτή της προχλωρίωσης
- Αποχλωρίωση: Χρησιμοποιείται η χημική ένωση θειοθειικό νάτριο (αντικαθαλωτικό)
Επίσης χρησιμοποιείται ανθρακικό ασβέστιο και θειικό οξύ.

Επίσης χρησιμοποιούνται αναλώσιμα υλικά για τον καθαρισμό για τον καθαρισμό και την συντήρηση της μονάδας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν χημικές ουσίες όπως το καυστικό νάτριο.

Από σχετική έρευνα αγοράς και μετά από επαλήθευση από τη σχετική βιβλιογραφία (*Greenlee et al , 2009*), ελήφθη :

- κόστος χημικών και αναλωσίμων/ κυβικό μέτρο νερού : **0,025 €/m³ νερού.**

7.1.5. Κόστος μεμβρανών

Η τεχνολογία των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στα συστήματα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης έχουν βελτιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της συνεχούς εξέλιξης των υλικών κατασκευής, ενώ ταυτόχρονα έχει μειωθεί σημαντικά το κόστος διάθεσής τους, επιφέροντας μείωση και στο τελικό κόστος του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στις μονάδες αφαλάτωσης διαφοροποιούνται ανάλογα και με την αλατότητα του νερού. (Greenlee Lauren et al, 2009). Στον πίνακα 1 που ακολουθεί καταγράφονται οικονομικά στοιχεία, όπως το κόστος αντικατάστασής των μεμβρανών καθώς και ο χρόνος ζωής τους για διάφορες περιπτώσεις μονάδων αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού τροφοδοσίας που έχουν αναφερθεί σε διάφορες σχετικές δημοσιεύσεις.

Membrane lifespan and replacement costs of RO for brackish water desalination.

Membrane materials ^a	Water recovery (%)	Lifespan of membrane (year)	Replacement rate (% per year)	Cost of membrane replacement (USD/m ³)	Reference
n/a (Polymer)	–	5–10	10	–	Landaburu-Aguirre et al. (2016)
Polyamide TFC	75	7	–	0.012–0.015	Drewes et al. (2009)
Polyamide TFC	75–90	5–7	5	0.01	Greenlee et al. (2009)
Polyamide TFC	>80	3	–	–	McCool et al. (2013)
Polyamide TFC	74–82	5	–	0.027–0.043	Vince et al. (2008)

^a n/a: not specified; TFC: Thin-Film Composite.

Διάρκεια ζωής και κόστος αντικατάστασης μεμβρανών

Πηγή: (Shu- Yuan Pan et al, 2020)

Έτσι για την περίπτωση της μελέτης ελήφθη :

κόστος μεμβρανών/ κυβικό μέτρο νερού : **0,015 €/m³ νερού.**

Ο πίνακας (1) αποτυπώνει τα συμπεράσματα μελετών και επιστημονικών δημοσιεύσεων για τα επιμέρους κόστη ανά κυβικό μέτρο αφαλατωμένου νερού, καθώς και του συνολικού κόστους /κυβικό μέτρο νερού ανάλογα με την μέθοδο αφαλάτωσης.

Στον πίνακα (2) γίνεται break down cost analysis ειδικά για εγκαταστάσεις αφαλάτωσης RO υφάλμυρου ύδατος

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς για την περίπτωση της μονάδας αφαλάτωσης στην Κεφαλλονιάς βρίσκουμε ότι τα αποτελέσματα μας είναι εντός των αναμενόμενων ορίων.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ						
Μέθοδος αφαλάτωσης	Επένδυση €/m ³ day	Ενέργεια €/m ³ day	Αναλώσιμα €/m ³ day	Προσωπικό €/m ³ day	Συντήρηση €/m ³ day	Συνολικό Κόστος €/m ³ day
MSF	1000 - 2000	0,6 - 1,8	0,03 - 0,09	0,03 - 0,2	0,02 - 0,06	0,68 - 2,15
MED	900 - 1800	0,38 - 1,12	0,02 - 0,15	0,03 - 0,2	0,02 - 0,06	0,45 - 1,53
VC	900 - 2500	0,56 - 2,4	0,02 - 0,15	0,03 - 0,2	0,02 - 0,08	0,63 - 2,83
SWRO	800 - 1600	0,32 - 1,28	0,09 - 0,25	0,03 - 0,2	0,02 - 0,05	0,46 - 1,78
BWRO	200 - 500	0,04 - 0,4	0,05 - 0,13	0,03 - 0,2	0,004 - 0,02	0,12 - 0,75
ED	266 - 328	0,06 - 0,4	0,05 - 0,13	0,03 - 0,2	0,006 - 0,009	0,15 - 0,74

Πίνακας 1: Στοιχεία κόστους για διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης (Al- Karaghoulis A. et al, 2009)

Comparison of total costs for a brackish water RO plant.

Categories	Critical factors	Costs (per m ³ of produced water) ^b	Reference
Capital	Daily production capacity	150–165 USD 240–400 USD 400–455 USD	Drewes et al. (2009) (Greenlee et al., 2009; Karagiannis and Soldatos, 2008) Vince et al. (2008)
Energy	Operation configuration, etc.	• 0.26–1.33 USD (small units) for CS • ~2.48 USD (small units) for GT • 5.57–12.78 USD (small units) for PV 0.13–0.14 USD (medium units) for CS	Karagiannis and Soldatos (2008) Vince et al. (2008)
Chemicals for CIP ^a	Fouling and scaling due to raw water quality, cleaning frequency, membrane type, regulations, etc.	0.008–0.050 USD 0.04 USD 0.113–0.200 USD	Greenlee et al. (2009) Vince et al. (2008) Drewes et al. (2009)
Membrane replacement	End-of-life replacement	0.050–0.430 USD (0.04–0.34 € ^c) 0.008–0.050 USD 0.027–0.043 USD	Avlonitis et al. (2003) Greenlee et al. (2009) Vince et al. (2008)
Maintenance	Instrumentation, electricity, equipment, pumps, accessories, etc.	0.01 USD ~8% of total costs	Vince et al. (2008) Wilf (2004)
Labor	Plant capacity, etc.	0.013 USD (in France) 0.028 USD (in USA) 1–5% of total costs	Vince et al. (2008) Drewes et al. (2009) Wilf (2004)
Miscellaneous	Insurance, etc.	0.5% of the total capital cost	Vince et al. (2008)

^a CIP: Clean-in-place.

^b CS: conventional source of energy such as gas, oil, and coal. GT: geothermal energy. PV: electricity from photovoltaics.

^c Assumed 1.000 € equals 1.258 USD.

Πίνακας 2: Ανάλυση κόστους (break down cost analysis) για εγκαταστάσεις αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης υφάλμυρου ύδατος (Shu- Yuan Pan et al, 2020)

7.1.6. Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης ανά κυβικό μέτρο νερού

Με τα δεδομένα και τους υπολογισμούς των παραγράφων 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4 και 7.1.5 υπολογίζεται το κόστος αφαλάτωσης νερού της μονάδας , χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά. Τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος (break down cost analysis), αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΟΣΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ (χωρίς φωτοβολταϊκά)		
ΚΟΣΤΟΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		
Είδος	Ετήσιο Ισοδύναμο Κόστος Αρχικής Επένδυσης ΕΑC μονάδας αφαλάτωσης (€)	Κόστος αρχικής επένδυσης (€)
Μονάδα αφαλάτωσης	261.992	3.265.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	65.485	
Κόστος εργατικών	17.961	
Κόστος χημικών - αναλώσιμων	22.451	Αλλαγή μεμβρανών / πενταετία
Κόστος μεμβρανών	8.980	44.902
Σύνολο λειτουργικών εξόδων	114.877	
Συνολικό ετήσιο κόστος αφαλάτωσης	376.869	
Συνολική ζήτηση νερού (m ³ / έτος)	898.040	
κόστος αφαλάτωσης (€/ m ³)	0,4197	

Πίνακας (7.1.6.1): Break down cost analysis & Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού της μονάδας (€/m³)

7.2. Κόστος αφαλάτωσης νερού και ενεργειακός συμψηφισμός από φωτοβολταϊκά

Εξετάζεται η λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης με τη συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), και διασύνδεσης ενός πλήρως εγκατεστημένου συστήματος φωτοβολταϊκών με ενεργειακό συμψηφισμό (Net Metering). Με αυτόν τον τρόπο η εξοικονόμηση στην ηλεκτρική ενέργεια, προκύπτει από συμψηφισμό της καταναλισκόμενης με την παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργεια. Έτσι στο λογαριασμό της ΔΕΗ, τιμολογείται ως χρεωστέα ενέργεια, η διαφορά της απορροφόμενης από τη μονάδα αφαλάτωσης ενέργειας από την εγχεόμενη ενέργεια η οποία παράγεται από το εγκατεστημένο και συνδεδεμένο με τη μονάδα σύστημα φωτοβολταϊκών

Συγκρινόμενα με τα αυτόνομα συστήματα φωτοβολταϊκών στα οποία η ενέργεια που παράγεται, αν δε καταναλώνεται την ίδια χρονική στιγμή χάνεται, στα συστήματα με net metering δεν χάνεται, αλλά μεταφέρεται στο δίκτυο του παρόχου, και μπορεί να συμψηφιστεί με μέρες που η παραγωγή από Α.Π.Ε. είναι μικρότερη από την κατανάλωση. Ο συμψηφισμός είναι ενεργειακός και όχι λογιστικός, και σε κάθε μετρητική περίοδο του λογαριασμού της ΔΕΗ, χρεώνονται οι κιλοβατώρες που αντιστοιχούν στη διαφορά απορροφόμενης ενέργειας μείον της εγχεόμενης ενέργειας, και το κέρδος είναι ανεξάρτητο από την τιμή χρέωσης της κιλοβατώρας.

Ο αυτοπαραγωγός net-metering χρεώνεται τη διαφορά καταναλισκόμενης ενέργειας μείον τη εγχεόμενη ενέργεια εφόσον είναι θετική. Στην περίπτωση μας αυτή η διαφορά θα είναι υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας θα είναι πάντα θετική και αυτό θεωρείται στους υπολογισμούς.

Επομένως το συνολικό κόστος νερού σε αυτή την περίπτωση επιβαρύνεται από το αρχικό κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων, και μειώνεται από τη χαμηλότερη δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια. Η δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μειωμένη κατά το ποσόν την εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών. Τα υπόλοιπα λειτουργικά κόστη, εργατικά, χημικά-αναλώσιμα, μεμβράνες παραμένουν τα ίδια.

7.2.1. Κόστος αρχικής επένδυσης C_{inv} (με φωτοβολταϊκά)

Στο κόστος της αρχικής επένδυσης συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια και εγκατάσταση της μονάδας αφαλάτωσης η ηλεκτρομηχανολογική διάταξη μέσης τάσης, οι αυτοματισμοί, το σύστημα τηλεμετάδοσης δεδομένων, καθώς και η προμήθεια και η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών ισχύος 60 KWp . Η αξία της προμήθειας και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών ανήλθε στα 120.000 ευρώ.

$$\text{Κόστος αρχικής επένδυσης C}_{\text{inv}} = 3.265.000 + 120.000 = 3.385.800 \text{ €}$$

Λαμβάνοντας ωφέλιμο ως χρόνος ζωής μιας εγκατάστασης αφαλάτωσης τα είκοσι χρόνια (n=20), και ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο k =5%, βρίσκουμε από τον πίνακα 1 τον αντίστοιχο συντελεστή προεξόφλησης : 12,4622 , και υπολογίζεται το ετήσιο ισοδύναμο κόστος AEC (Annual Equivalent Cost) του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης σύμφωνα με τον τύπο:

$$C_{\text{inv}} = \text{AEC} * \text{PVIFAN} (20, 5\%),$$

$$\text{AEC} = 3.385.000 / 12,4622 = 271.621 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσιο ισοδύναμο κόστος της αρχικής επένδυσης AEC} = 271.621 \text{ €}$$

7.2.2. Υπολογισμός της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh που παράγεται από εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος 60 KWp

Για τον υπολογισμό της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο που παράγεται από την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος , χρειάστηκε να γίνει η εκτίμηση της ετήσιας και μηνιαίας απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό έγινε μέσω της εφαρμογής PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Πρόκειται για μια εφαρμογή υπολογισμού της απόδοσης ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα και τα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας ,η οποία που καλύπτει γεωγραφικά όλες τις περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο συγκεκριμένος

τρόπος οδηγεί σε μια εκτίμηση καθώς δεν συνυπολογίστηκαν άλλες σημαντικές παράμετροι όπως η σκίαση από το περιβάλλον, κτήρια, βλάστηση κ.λπ.

Στο μπλε ιστόγραμμα που εξάγεται από την εφαρμογή αποτυπώνεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε KWh ανά μήνα και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρατηρούμε όπως είναι αναμενόμενο ότι κορυφώνεται κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, ακολουθώντας την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επίσης στα αποτελέσματα αναγράφεται η συνολική ηλεκτρική ενέργεια / έτος που είναι : Yearly PV energy production = 88.195, 69¹ KWh.

¹ Στον πίνακα υπολογισμού της δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν οι ακέραιες τιμές και γι' αυτό στο σύνολο της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι 88.190KWh αντί για 88.195, 69KWh

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:

Latitude/Longitude: 38.166, 20.510

Horizon: Calculated

Database used: PVGIS-SARAH

PV technology: Crystalline silicon

PV installed: 60 kWp

System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle:

Azimuth angle:

Yearly PV energy production:

Yearly in-plane irradiation:

Year-to-year variability:

Changes in output due to:

Angle of incidence:

Spectral effects:

Temperature and low irradiance:

Total loss:

PV electricity cost [per kWh]:

31 (opt) °

5 (opt) °

88195.69 kWh

1951.86 kWh/m²

1916.99 kWh

-2.63 %

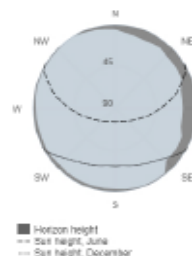
0.66 %

-10.65 %

-24.89 %

0.136 per kWh

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	4796.9	99.2	636.4
February	4801.0	100.0	581.6
March	6849.4	146.3	699.3
April	8256.6	180.7	547.5
May	9443.6	210.9	470.3
June	9502.7	216.6	354.4
July	10285.6	237.6	179.2
August	10016.4	231.3	301.6
September	8124.3	183.9	453.5
October	6577.6	144.5	425.1
November	5024.6	107.0	701.3
December	4517.0	93.9	909.5

E_m: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and findings. It is not intended to be a source of information for the general public. It is not intended to be a source of information for the general public. It is not intended to be a source of information for the general public.

However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

(i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;

(ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;

(iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission accepts no responsibility.

Joint
Research
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2020.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2020/12/25

Εικόνα 1: Αποτελέσματα απόδοσης εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης της ΔΕΥΑ Κεφαλλονιάς

7.2.3. Υπολογισμός της δαπάνης /μήνα και της δαπάνης /έτος σε ηλεκτρική ενέργεια Ce με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) από φωτοβολταϊκά

Για τον υπολογισμό της δαπάνης/μήνα (του πρώτου έτους) σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο που παράγεται από την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος ,δηλαδή της μηνιαίας απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος σε ηλεκτρική ενέργεια, που προέκυψε μέσω της εφαρμογής PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της απορροφόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh/μήνα, που είχαν υπολογιστεί για λειτουργία της μονάδας χωρίς ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά καθώς αυτά παραμένουν ίδια. Για τον υπολογισμό χρέωσης προμήθειας ρεύματος χρησιμοποιήθηκαν οι αναλυτικοί τύποι υπολογισμού για καταναλωτές μέσης τάσης και νυχτερινό τιμολόγιο, αντικαθιστώντας όπου προβλέπεται την απορροφόμενη από την εγχεόμενη ενέργεια σε KWh.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τον υπολογισμό της δαπάνης / έτος σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της της συνολικής ετήσιας εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο που παράγεται από την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της ετησίας απορροφόμενης ενέργειας, όπως μεταβάλλονται με την ετήσια κατανάλωση σε νερό .

Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στους πίνακες δαπάνης/ μήνα και δαπάνης/ έτος σε ηλεκτρική ενέργεια που ακολουθούν (πίνακες 7.2.3.1 & 7.2.3.2).

Δαπάνη/μήνα σε ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά						
ΜΗΝΑΣ	Απορροφώμενη ενέργεια Kwh	Εγχεόμενη ενέργεια Kwh	Συμψηφιζόμενη Kwh	Χρέωση προμήθειας ρευματος	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Μηνιαία χρέωση ΔΕΗ (€)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	34.902	4.796	30.106	3.762	1.476	5.239
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	31.545	4.801	26.744	3.551	1.377	4.928
ΜΑΡΤΙΟΣ	35.091	6.849	28.242	3.686	1.476	5.162
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	29.981	8.256	21.725	3.304	1.321	4.625
ΜΑΙΟΣ	34.456	9.443	25.013	3.534	1.450	4.984
ΙΟΥΝΙΟΣ	36.383	9.502	26.881	3.652	1.507	5.159
ΙΟΥΛΙΟΣ	39.110	10.285	28.825	3.790	1.585	5.375
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	39.605	10.016	29.589	3.833	1.600	5.433
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	36.466	8.124	28.342	3.717	1.513	5.230
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	32.105	6.577	25.528	3.510	1.389	4.898
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	33.885	5.024	28.861	3.689	1.446	5.134
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	34.998	4.517	30.481	3.780	1.480	5.260
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΑ	418.529	88.190	330.339	43.808	17.620	61.428
Δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά / m3						0,068

Πίνακας 7.2.3.1. Μηνιαία δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια με net metering

Δαπάνη/έτος σε ηλεκτρική ενέργεια (με φωτοβολταϊκά)						
ΕΤΟΣ	Απορροφώμενη ενέργεια Kwh	Εγχεόμενη ενέργεια Kwh	Συμψηφιζόμενη Kwh	Χρέωση προμήθειας ρευματος	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Ετήσια χρέωση ΔΕΗ (€)
1	418.487	88.190	330.297	43.806	17.619	61.425
2	421.243	88.190	333.053	43.979	17.700	61.679
3	424.027	88.190	335.837	44.154	17.782	61.936
4	426.839	88.190	338.649	44.439	17.866	62.305
5	429.678	88.190	341.488	44.631	17.949	62.580
6	432.545	88.190	344.355	44.825	18.034	62.859
7	435.441	88.190	347.251	45.020	18.120	63.140
8	438.367	88.190	350.177	45.218	18.206	63.424
9	441.322	88.190	353.132	45.417	18.294	63.711
10	444.307	88.190	356.117	45.619	18.382	64.001
11	447.322	88.190	359.132	45.823	18.471	64.294
12	450.369	88.190	362.179	46.029	18.561	64.589
13	453.446	88.190	365.256	46.236	18.652	64.888
14	456.556	88.190	368.366	46.446	18.744	65.190
15	459.698	88.190	371.508	46.659	18.837	65.495
16	462.873	88.190	374.683	46.873	18.930	65.804
17	466.082	88.190	377.892	47.090	19.025	66.115
18	469.324	88.190	381.134	47.309	19.121	66.430
19	472.601	88.190	384.411	47.530	19.218	66.748
20	475.913	88.190	387.723	47.754	19.316	67.070

Πίνακας 7.2.3.2. Ετήσια δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια με net metering

7.2.4. Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης ανά κυβικό μέτρο νερού με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά το κόστος της αρχικής επένδυσης, τα επιμέρους λειτουργικά κόστη, το συνολικό ετήσιο κόστος αφαλάτωσης, καθώς και το κόστος αφαλάτωσης / ανά κυβικό μέτρο νερού με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ (με net metering -φωτοβολταϊκά)		
ΚΟΣΤΟΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		
Είδος	Ετήσιο Ισοδύναμο Κόστος Αρχικής Επένδυσης EAC (€)	Κόστος αρχικής επένδυσης (€)
Μονάδα αφαλάτωσης	261.992	3.265.000
Φωτοβολταϊκά	9.629	120.000
Σύνολο αρχικής επένδυσης	271.621	3.385.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	61.428	
Κόστος εργατικών	17.961	
Κόστος χημικών - αναλώσιμων	22.451	Αλλαγή μεμβρανών / πενταετία
Κόστος μεμβρανών	8.980	44.902
Σύνολο λειτουργικών εξόδων	110.820	
Συνολικό ετήσιο κόστος αφαλάτωσης	382.442	
Συνολική ζήτηση νερού (m ³ / έτος)	898.040	
κόστος (€ / m ³)	0,426	

Πίνακας (7.1.6.1): Break down cost analysis & Υπολογισμός κόστους αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού της μονάδας (€/m³)

8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

8.1. Εκμετάλλευση υπόγειων υδάτων

Η Δημοτική Ενότητα του Αργοστολίου Κεφαλλονιάς υδροδοτείται κυρίως από τις πηγές Παπαδάτου και Νερομάνας της περιοχής του Κουτάβου . Επιπρόσθετα αντλείται νερό από δύο επιπλέον γεωτρήσεις μία στην περιοχή του Χαράβοντα ,και μία άλλης στην περιοχή «Παλιές Λαϊκές Κατοικίες». Η υδροδότηση του μεγαλύτερου μέρους της πόλης εξασφαλίζεται από το νερό των δύο πηγών της περιοχής του Κουτάβου , το οποίο με άντληση οδηγείται στην περιοχή Φαραώ (δυτικά της πόλης του Αργοστολίου), όπου και αποθηκεύεται σε εγκατεστημένη δεξαμενή συνολικού ωφέλιμου όγκου 16.000 m³ . Από τη δεξαμενή το νερό οδηγείται με βαρύτητα στο δίκτυο της πόλης.

Χημικές αναλύσεις που έχουν γίνει στο αντλούμενο νερό, από διάφορα σημεία δειγματοληψίας των πηγών του Κουτάβου έχουν δείξει ότι πρόκειται για υφάλμυρο νερό. Έχει καταγραφεί υψηλή ολική σκληρότητα, υψηλή συγκέντρωση σε άλατα ασβεστίου Ca +2 και μαγνησίου Mg +2 , αλλά το κυριότερο υψηλή συγκέντρωση σε χλωρίοντα (Cl -) , με διπλάσια τιμή (480 mg/ lt) από το επιτρεπόμενο όριο (<250 mg/ lt). Στον πίνακα 8.1.1. φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του νερού.

<i>Παράμετρος</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>Όρια Νομοθεσίας</i>	<i>Κούταβος</i>	<i>Παλαιές Λαϊκές κατοικίες</i>
Φυσικοχημικοί παράμετροι				
PH		6,50 -9,50	7,83	7,79
Αγωγιμότητα	μS/cm	<2.500 (στους 20ο C)	1.865	1.889
Ολικά διαλυμένα Στερεά	mg/lit	<1.500	892	887
Ολική σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lit		488	490
Παροδική σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lit		361	365
Μόνιμη σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lit		127	125
Χημικές Παράμετροι				
Ασβέστιο (Ca ⁺²)	mg/lit		118	121
Μαγνήσιο (Mg ⁺²)	mg/lit		10	10
Αμμωνιακά (NH ₄ ⁺)	mg/lit		0	0
Χλωριούχα	mg/lit	<250	485	478
Όξινα ανθρακικά (HCO ₃ ⁻)	mg/lit		544	535
Ανθρακικά (CO ₃ ²⁻)	mg/lit		0	0
Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	mg/lit	<50	10	10
Νιτρώδη (NO ₂ ⁻)	mg/lit	<0,50	0	0

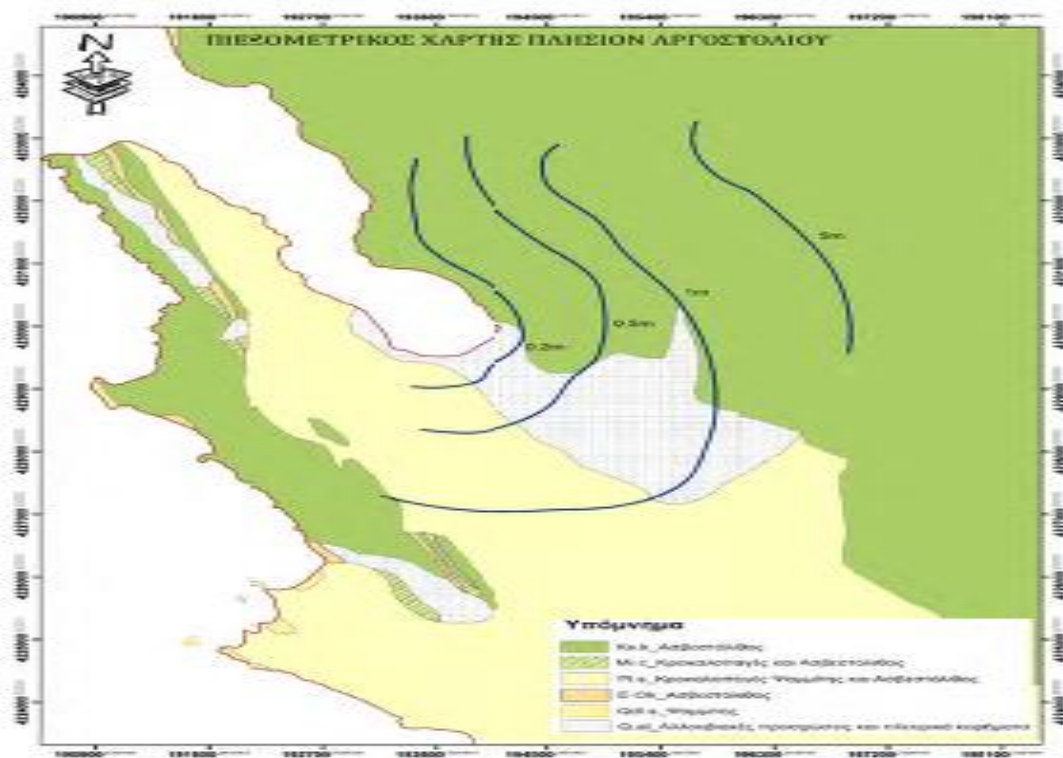
Πίνακας 8.1.1. Στοιχεία από χημική ανάλυση νερού πηγών Κουτάβου

Πηγή: Δήμος Κεφαλλονιάς

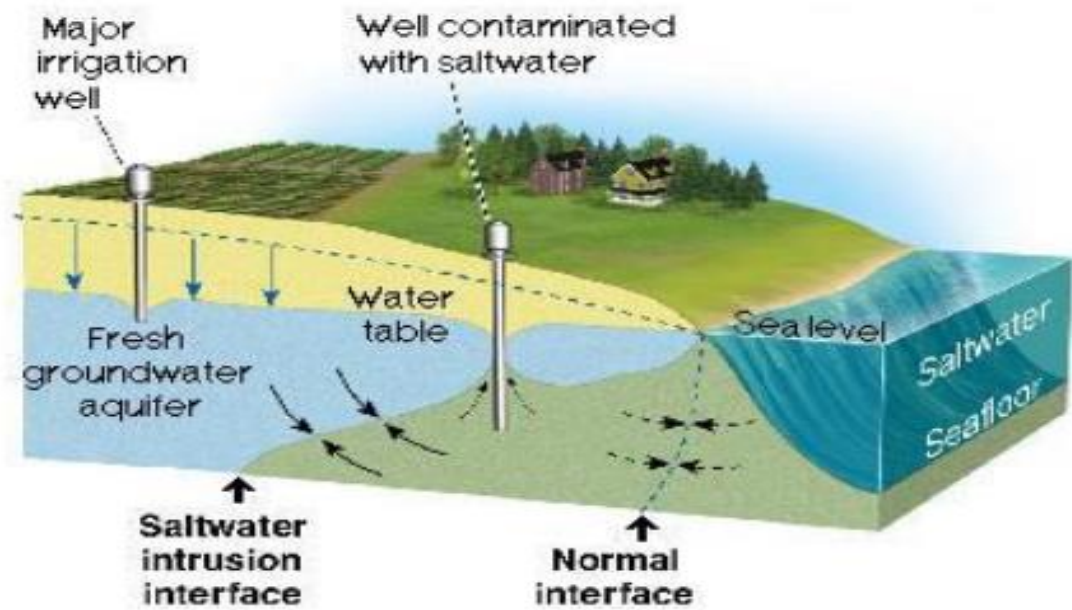
Ο υδροφόρος του νησιού της Κεφαλλονιάς τροφοδοτείται από τα διευσδύοντα νερά των κατακρημνίσεων. Από μετρήσεις που έχουν γίνει ο υδροφόρος ορίζοντας πλησίον της περιοχής του Αργοστολίου στην μεγαλύτερη έκτασή του δεν ξεπερνά τα δύο μέτρα (Τουμάση Π., 2017). Η χαμηλή πιεζομετρία του υδροφόρου της περιοχής, όπως αποτυπώνεται στον πιεζομετρικό χάρτη της περιοχής (εικόνα1), αλλά και το φαινόμενο της διάχυσης θαλασσινού-γλυκού νερού, εξαιτίας της μεγάλης υδαταγωγιμότητας των *καρστικών πετρωμάτων* του υπεδάφους του νησιού , προκαλούν την υφαλμύρυνση των υπόγειων υδάτων. Κύρια τεχνητή δράση που εντείνει το πρόβλημα είναι η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων αν και η υφαλμύρυνση σε καρστικούς υδροφορείς μπορεί να υφίσταται ακόμη και σε καθεστώς με περιορισμένη ή και με μηδενική άντληση (Ιωάννης Κουμαντάκης , 1998)

Με την διείσδυση του αλμυρού νερού στους παράκτιους υδροφόρους, προκαλείται η υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού όπως φαίνεται στην εικόνα 8.1.1. Η ιδιαίτερα αυξημένη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου του νερού (πίνακας 1) επιβεβαιώνουν τα φαινόμενα υφαλμύρυνσης του υδροφόρου.

Επιπλέον οι υγρές και αέριες μάζες που συγκεντρώνονται πάνω από τη θάλασσα, μεταφέρουν άλατα με τη μορφή σταγονιδίων- (seaspray), που μαζί με τη βροχή διεισδύουν , επηρεάζουν τη σύσταση και αυξάνουν την αλατότητα των υπογείων υδάτων των νησιωτικών και παράκτιων περιοχών (J. Dazy et al 1997).



Εικόνα 1 : Χάρτης υδροφόρου περιοχής Αργοστολίου



Εικόνα 8.1.1: Υφαλμύρυνση παράκτιων περιοχών

πηγή: <http://holytrinity.faithweb.com/p-on-Ecology/w03-water-B.htm>

8.2. Απόρριψη άλμης

Το παραπροϊόν σε όλες τις διαδικασίες αφαλάτωσης είναι το διάλυμα άλμης (brine). Θεωρείται επιβλαβές εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων καθώς και ρυπογόνων χημικών (αντικαθαλωτικό, θειικό οξύ κ.α.) τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία του νερού και του καθαρισμού των μεμβρανών (Younos Tamin, 2005). Έρευνες δείχνουν ότι η απόρριψη της άλμης επηρεάζει σημαντικά τους έμβιους οργανισμούς του βυθού και επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα (Roberts et al., 2010; Münk, 2008).

Ο τρόπος απόρριψης της άλμης παίζει σημαντικό ρόλο αν και θεωρείται ότι με τον κατάλληλο σχεδιασμό του αγωγού απόρριψης δηλαδή με συγκεκριμένη κλίση, σε κατάλληλο βάθος, και σε απόσταση από την ακτή, η διάθεση της άλμης στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να είναι περιβαλλοντικά ασφαλής (Water Reuse Association). Άλλοι κρίσιμοι παράμετροι που σχετίζονται με το περιβάλλον απόρριψης και επηρεάζουν είναι τα μετεωρολογικά στοιχεία (κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμου) της περιοχής, οι κύριες διευθύνσεις και η δύναμη των κυμάτων, τα θαλάσσια ρεύματα και η ευαισθησία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη για την επιλογή της μεθόδου απόρριψης σχετίζονται με τον παραγόμενο όγκο του συμπυκνώματός, τον βαθμό προεπεξεργασίας του διαλύματος άλμης πριν την απόρριψή του, τη χημική σύσταση του διαλύματος άλμης, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος απόρριψης, το επενδυτικό κόστος, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Πιτσάρη Σ., 2011)

Υπάρχουν διάφορες επιλογές για την απόρριψη της άλμης όπως απόρριψη σε επιφανειακά ύδατα, σε συστήματα αποχέτευσης, σε υπόγειους βαθείς σχηματισμούς (πηγάδια γεωτρήσεις), σε ελεύθερες εκτάσεις, σε αλυκές και λίμνες εξάτμισης, σε βιολογικούς σταθμούς.

Πληθώρα δημοσιευμένων μελετών αναφέρονται σε τεχνικές περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με τη δημιουργία λεκανών αποθήκευσης ή λεκανών εξάτμισης του διαλύματος άλμης (Mushtaque Ahmed et al, 2004). Για κάθε επιλογή απόρριψης υπάρχει

το αντίστοιχο κόστος. Ακολουθεί ένας πολύ χρήσιμος πίνακας με όλους τους τρόπους διάθεσης της άλμης, με τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα τους αντίστοιχα (Σπυριδούλα Ευαγγελοπούλου, 2013) .

Μέθοδοι διάθεσης - επεξεργασίας άλμης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Επιφανειακά χωρικά ύδατα	Χαμηλό κόστος	Διατάραξη φυσικού κύκλου
	Μεγάλοι όγκοι άλμης	Εξάρτηση από τις φυσικές συνθήκες, υδρογραφικά στοιχεία της περιοχής
Συστήματα αποχέτευσης	Μείωση οργανικού φορτίου άλμης	Εμποδίζει την ανάπτυξη βακτηρίων - οργανισμών
	Αραίωση συμπυκνώματος	Δυσχεραίνει την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, αύξηση TDS, υψηλή αλατότητα
		Υπερφόρτωση - επιβάρυνση δυναμικότητας συστήματος επεξεργασίας των αποβλήτων, μείωση υδραυλικής δυναμικότητας συστήματος
Υπόγειοι σχηματισμοί μεγάλου βάθους μέσω πηγαδιών - γεωτρήσεις	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	Υψηλό κόστος
	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και μικρούς όγκους άλμης	Επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα
		Αύξηση αλατότητας σε υπόγεια ύδατα

		Αβεβαιότητα του χρόνου ζωής - επίδοσης (χρήση υπολογιστικού μοντέλου προσομοίωσης)
Εδαφική διάθεση	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	Μεγάλη έκταση γης
	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και μικρούς όγκους άλμης	Υποβάθμιση φυσικής βλάστησης
	Άρδευση σε φυτά - καλλιέργειες ανθεκτικές σε αλατότητα	Πιθανότητα αύξησης αλατότητας υπογείων υδάτων, υποκείμενου εδάφους
Αλυκές - λίμνες εξάτμισης	Βιώσιμη μέθοδος για μονάδες στην ενδοχώρα και άγονες και απομακρυσμένες περιοχές	Υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης
	Εμπορική εκμετάλλευση του παραγόμενου άλατος (προϊόν με υψηλή καθαρότητα και μεγάλο όγκο)	Πιθανότητα αύξησης αλατότητας υπογείων υδάτων, υποκείμενου εδάφους
	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	
Συμπυκνωτής άλμης	Μηδενική επίδραση αποβλήτων	Υψηλό κόστος
	εμπορική εκμετάλλευση του παραγόμενου	Υψηλή κατανάλωση ενέργειας

	άλατος, παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού	
	Μηδενική επίδραση στο θαλάσσιο οικοσύστημα	
Ανάμειξη με νερό ψύξης θερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας	Αραίωση - διάλυση των ρευμάτων εξόδου πριν την απόρριψη	Εξάρτηση από την ύπαρξη θερμικού σταθμού παραγωγής ενέργειας
	Κοινή εκροή, μείωση κόστους	
	Μείωση αλατότητας (αποδέκτες - επιφανειακά ύδατα)	
Ανάμειξη με επεξεργασμένα λύματα	Αραίωση - διάλυση των ρευμάτων εξόδου	Συσσώρευση, καθίζηση σωματιδίων των λυμάτων, επίδραση βενθικών οργανισμών, παρεμπόδιση διάχυσης φωτός
	Μη επιβάρυνση της δυναμικότητας συστήματος επεξεργασίας των αποβλήτων	Προϋποθέσεις: ξηρά κλίματα, υψηλός βαθμός εξάτμισης, μεγάλη έκταση γης, επίπεδο εδάφους
	Μείωση αλατότητας	Συχνός έλεγχος

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων διάθεσης και επεξεργασίας της άλμης (Δήμος Τήνου, ΕΜΠ, Culligan Hellas A.E.B.E. ; Σπυριδούλα Ευαγγελοπούλου, 2013)

Για την μελέτη περίπτωσης η άλμη που αποβάλλεται από την μονάδα αφαλάτωσης καταλήγει στην λιμνοθάλασσα του Κουτάβου, διαμέσου του υφιστάμενου αποστραγγιστικό καναλιού, απ' όπου καταλήγει στην λιμνοθάλασσα του Κουτάβου χωρίς κατασκευή υποθαλάσσιου αγωγού διάθεσης άλμης. Αυτός ο τρόπος απόρριψης δεν είναι περιβαλλοντικά φιλικός, αν και παίζουν ρόλο κι άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την ποσότητα και σύσταση της άλμης.

Δεν θα μπορούσε να μην επισημανθεί ότι το περιβάλλον όλων των νησιωτικών περιοχών στην Ελλάδα , θαλάσσιο και χερσαίο, είναι σπάνιου κάλους, και για κάθε ανθρώπινη παρέμβαση θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η αισθητική και οικολογική ρύπανση που προκαλείται. Οι λιμνοθάλασσες είναι περιοχές οικολογικά ευαίσθητες και αποτελούν υγροβιότοπο για πολλά είδη πτηνών που βρίσκουν σε αυτές καταφύγιο, όπως συμβαίνει και με τη λιμνοθάλασσα του Κουτάβου.

Η τοποθέτηση της μονάδας αφαλάτωσης έχει γίνει σε περιοχή με υφιστάμενες εγκαταστάσεις της ΕΥΔΑ Κεφαλλονιάς, σε περιοχή δηλαδή που είχαν ήδη γίνει παρεμβάσεις και έχει πάρει απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

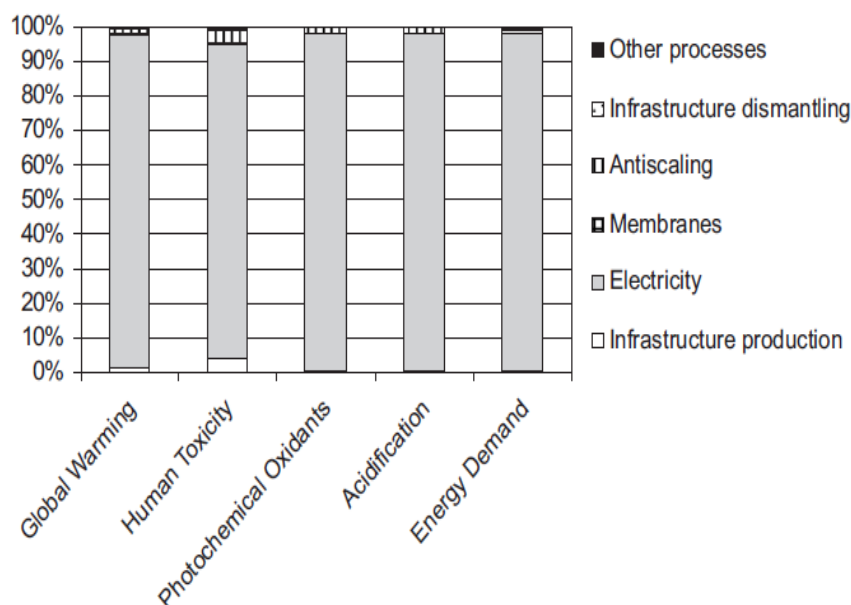
Θα ήταν ιδανικό το διάλυμα της άλμης να διοχετευόταν στο αποχετευτικό δίκτυο και στον βιολογικό υποσταθμό της πόλης, αλλά αυτό εξαρτάται από διάφορους άλλους τεχνικούς παράγοντες που μπορεί να καθιστούν αδύνατη αυτή τη λύση.

8.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και αερομεταφερόμενες εκπομπές CO₂

Η λειτουργία μιας εγκατάστασης αφαλάτωσης είναι μια ιδιαίτερα ενεργοβόρα διαδικασία. Η ολοκληρωμένη εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης γίνεται με την μέθοδο LCA (life Cycle Assessment), με την οποία εκτιμάται όχι το ενεργειακό αποτύπωμα της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, από την εγκατάσταση και λειτουργία της μονάδας.

Πρόκειται για μια τυποποιημένη μέθοδο καταγραφής , ποσοτικοποίησης και αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας . Σε αυτήν συμπεριλαμβάνονται όλες οι ροές ενέργειας και υλικών για την επίτευξη της διαδικασίας που εξετάζεται. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εξετάζονται είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη η καταστροφή του όζοντος (σχετίζονται με τις εκπομπές ρύπων CO₂), η όξινηση, ο ευτροφισμός, η τοξικότητα η οικοτοξικότητα και η χρήση γης.

Μελέτες σε συστήματα αφαλάτωσης υφάλμυρου ύδατος (BWRO), αναφέρουν ότι η περιβαλλοντική επιβάρυνση από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στο 95% της συνολική περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (Munoz and Fernadez – Alba, 2008 ; Tarnaki et al, 2012) καθιστώντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον κυριότερο φορέα περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από τη διαδικασία της αφαλάτωσης (Διάγραμμα 8.3.).



Relative contribution of several subsystems to the overall life-cycle impacts of brackish groundwater desalination

Διάγραμμα 8.3.: Η σχετική συμβολή της ηλεκτρικής ενέργειας στην συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση από αφαλάτωση υφάλμυρων νερών (BWRO) ανέρχεται τουλάχιστον στο 95%

Πηγή: (Munoz and Fernadez – Alba, 2008)

Για αυτό το λόγο η λειτουργία των μονάδων με τη συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα υβριδικά συστήματα , ή αποκλειστικά με Α.Π.Ε. στα αυτόνομα είναι καθοριστικής σημασίας για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας των μονάδων. Για κάθε κυβικό μέτρο αφαλατωμένου νερού που παράγεται από μονάδα η οποία τροφοδοτείται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποβάλλονται κατά 2 kg λιγότεροι ρύποι CO₂. (Karagiannis I., 2010). Σύμφωνα με μελέτες η λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης με

τη συμμετοχή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση των αερομεταφερόμενων εκπομπών CO₂, κατά 80%. Το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη από τη λειτουργία μια μονάδας αφαλάτωσης (BWRO), θα μπορούσε να μειωθεί κατά 98%, αν η λειτουργία της γινόταν εξ ολοκλήρου με αιολική αντί ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο (Tarnaki et al, 2012).

Ένα πλεονέκτημα των μονάδων αφαλάτωσης που λειτουργούν με υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας είναι ότι απαιτούν πολύ χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με το θαλασσινό νερό. Η ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με υφάλμυρο νερό τροφοδοσίας μειώνεται σημαντικά, σε σύγκριση με τις μονάδες που αφαλατώνουν θαλασσινό νερό. Η χαμηλότερη συγκέντρωση διαλυτών στερεών (TDS) του υφάλμυρου ύδατος σε σχέση με το θαλασσινό συνοδεύεται από χαμηλότερη ωσμωτική πίεση. Η διαφορά σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ υφάλμυρου και θαλασσινού νερού αγγίζει το 50% (Amadeo Rodriguez Fernandez- Alba et al, 2007). και έχει μεγάλο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθώς οι διαδικασίες αφαλάτωσης είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρες. Για αυτό το λόγο και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού (BWRO) συγκρινόμενες με τις επιπτώσεις από τη λειτουργία με θαλασσινό (SWRO), είναι κατά 50% μειωμένες σε κάθε επί μέρους κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εξετάζονται στην της LCA μέθοδο (Ivan Munoz et al, 2007).

Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες μεθόδους αφαλάτωσης είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον εξαιτίας των σχετικά χαμηλότερων ενεργειακών απαιτήσεων.

Η εκτίμηση του ποσοτικού προσδιορισμού της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ανά έτος από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης που εξετάζεται, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την συνολική ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος σε KWh, καθώς και της εκπομπής ρύπων CO₂/KWh στην χώρα μας.

Όσον αφορά την ενεργειακή υποδομή, τα Ιόνια νησιά στο σύνολό τους εξαρτώνται πλήρως από την Ηπειρωτική Ελλάδα, ενώ σε ότι αφορά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας,

υπάρχει το Αιολικό Πάρκο Κεφαλλονιάς με 5 ανεμογεννήτριες εν λειτουργία συνολικής ισχύς 93 MW *(Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Ιονίων Νήσων 2014 - 2019)*

Σε ότι αφορά τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας στηρίζεται κυρίως στον εγχώριο λιγνίτη, (ο οποίος χαρακτηρίζεται από χαμηλή θερμογόνο δύναμη) και συνοδεύεται από αυξημένες εκπομπές ρύπων CO₂ σε σχέση με τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα. Ο μέσος συντελεστής CO₂ για τα ελληνικά δεδομένα ανέρχεται περίπου σε 0,913 kg /KW.

Η εκτίμηση του κόστους παγίδευσης και αποθήκευσης για κάθε τόνο CO₂ που παράγεται από ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας κυμαίνεται σε ένα μεγάλο εύρος τιμών από 13 -100 \$/τόνο CO₂, ανάλογα την πρώτη ύλη (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακα) το εργοστάσιο παραγωγής, την τεχνολογία παγίδευσης και αποθήκευσης του CO₂. Για την περίπτωση της μελέτης θεωρήθηκε το κόστος παγίδευσης ενός τόνου CO₂ ίσο με 50 € *(D. Singh et al, 2003)*.

Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι η εξέλιξη στις τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης του CO₂ μειώνει το κόστος αποθήκευσης του CO₂. *(McKinsey, 2008; D. Singh et al, 2003)*, και το περιβαλλοντικό κόστος από ρύπους CO₂. Παράλληλα στα πλαίσια της περιβαλλοντικής πολιτικής που ακολουθείται , υπάρχει η τάση αύξησης τιμής χρέωσης της κλοβατώρας και επομένως αυξάνεται το κόστος λειτουργίας.

9. Περιβαλλοντικό Κόστος & Κόστος Πόρου

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1751/Β/22-5-2017 στο συνολικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται πέραν του χρηματοοικονομικού κόστους, το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος πόρου.

Αναλυτικότερα:

- το χρηματοοικονομικό κόστος περιλαμβάνει το κόστος κεφαλαίου, τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας, τα κόστος διοίκησης και επενδύσεων.
- το κόστος πόρου ισούται με το κόστος των εναλλακτικών χρήσεων του ύδατος, οι οποίες είναι αναγκαίες σε περίπτωση που το Υδατικό Σύστημα (ΥΣ) χρησιμοποιείται πέραν του ρυθμού της φυσικής του αναπλήρωσης.

Κόστος πόρου υφίσταται σε μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

α) υπόγεια Υδατικά Συστήματα με περιορισμένη ποσότητα νερού

β) ελλιπής κάλυψη των αναγκών νερού των κύριων ανθρωπογενών χρήσεων, ειδικά όταν αυτή δεν οφείλεται σε σπατάλη των υδατικών πόρων, αλλά σε κακή διαχείρισή τους.

Το κόστος πόρου προκύπτει από το κόστος των συμπληρωματικών μέτρων που στοχεύουν στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων και στην ορθολογική διαχείρισή τους.

- το περιβαλλοντικό κόστος Όσον αφορά τα υπόγεια υδατικά συστήματα υφίσταται περιβαλλοντικό κόστος όταν έχουν κακή χημική κατάσταση η οποία όμως δεν οφείλεται σε φυσικά αίτια.

- Είναι αντικείμενο ειδικής μελέτης να προσδιοριστεί σε τι βαθμό η υφαλμύρυνση των υδάτων οφείλεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες, και εν προκειμένω στην άντληση υπόγειων υδάτων. ώστε να προσδιοριστεί το περιβαλλοντικό κόστος. Ο προσδιορισμός του κόστους πόρου προσδιορίζεται από τον βαθμό που η αντλούμενη ποσότητα ξεπερνά τον ρυθμό της φυσικής αναπλήρωσης του νερού. Ο προσδιορισμός του κόστους πόρου και του περιβαλλοντικού κόστους εφόσον όταν απαιτεί μελέτη από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό.

10. Ανάλυση κόστους ωφέλειας του δημόσιου επενδυτικού σχεδίου

Στα πλαίσια της εργασίας εξετάστηκε η περίπτωση εγκατάστασης μιας Δημοτικής εγκατάστασης αφαλάτωσης για επεξεργασία του υφάλμυρου νερού, ώστε να γίνει κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Ταυτόχρονα για τη λειτουργία της μονάδας υπάρχουν έξοδα και από τη διάθεση του αφαλατωμένου νερού παράγονται έσοδα .

Σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Οδηγούς για τα χρηματοδοτούμενα επενδυτικά σχέδια ζητείται η τεκμηρίωση της αναγκαιότητας τους , που γίνεται με την ανάλυση κόστους ωφέλειας δηλαδή με την οικονομική και χρηματοοικονομική ανάλυση τους(Οδηγός ανάλυσης Κόστους- ωφέλειας των επενδυτικών σχεδίων *(Διαρθρωτικά Ταμεία ΕΤΠΑ, Τ.Σ.& ΜΠΔΠ, 2003;Guide to Cost – Benefit Analysis of Investment Projects, 2014-2020).*

10.1. Καθορισμός στόχων

Επιπλέον στόχοι του έργου, πέραν της βελτίωσης της ποιότητας του νερού, είναι η επάρκεια και η αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας υδροδότησης με πόσιμο νερό.

- Επάρκεια της παραγόμενης ποσότητας αφαλατωμένου νερού:

Η δυναμικότητα της εγκατάστασης θα πρέπει να καλύπτει την προβλεπόμενη ζήτηση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

- Αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας υδροδότησης με αφαλατωμένο νερό

Η αποτελεσματικότητα της μονάδας αφαλάτωσης κρίνεται από τη συνέχεια της υπηρεσίας, τη σχετική μείωση των λειτουργικών δαπανών , καθώς και από τη μείωση του όγκο του ρυπογόνου φορτίου.

10.2. Ανάλυση σκοπιμότητας και εναλλακτικών δυνατοτήτων

Παρακάτω θα αξιολογηθεί η οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα των δυο διαφορετικών περιπτώσεων (σενάρια), για την εγκατάσταση αφαλάτωσης της μελέτης μας, με ανάλυση κόστους- ωφέλειας (cost-benefit analysis) .Και για τις δύο περιπτώσεις πρόκειται για την ίδια μονάδα αφαλάτωσης , με τη διαφορά ότι στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει συνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 60 KWp με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering) με τη μονάδα. Και για τα δύο σενάρια έχει γίνει η παραδοχή ότι έχουν διάρκεια ζωής 20 χρόνια.

10.3. Χρηματοοικονομική Ανάλυση

Η χρηματοοικονομική ανάλυση καταλήγει σε δύο πίνακες που συνοψίζουν τις ταμειακές ροές. Στον πίνακα χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας και χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου. Οι πίνακες αυτοί συμπληρώθηκαν εισάγοντας τα δεδομένα που υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 7, δηλαδή:

- Αρχικό κόστος της επένδυσης
- Ετήσια δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια
- Ετήσια δαπάνη συντήρησης, χημικών και λοιπών αναλώσιμων
- Δαπάνη αντικατάστασης μεμβρανών ανά πενταετία

Επίσης ελήφθησαν τα δεδομένα της ζήτησης σε νερό για το έτος έναρξης όπως υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 6:

- μόνιμος πληθυσμός 10.000 και ετήσια αύξηση πληθυσμού 5/1000

- εκτίμηση για τον τουρισμό 288.000 συνολικές διανυκτερεύσεις /έτος και 2% ετήσια αύξηση.

Άλλες παραδοχές:

- Πληθωρισμός = 1%
- Κοινωνικό Προεξοφλητικό επιτόκιο= 5%
- Υπολειμματική αξία στο τελευταίο έτος: μηδενική

10.3.1. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας χωρίς φωτοβολταϊκά (σενάριο1)

Στον πίνακα χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας καταγράφονται οι ταμειακές ροές, όπως κατανέμονται στη συνολική διάρκεια του ωφέλιμου βίου της επένδυσης. Χρηματοοικονομική βιωσιμότητα του επενδυτικού σχεδίου υφίσταται αν το αθροιστικό σύνολο των ταμειακών ροών είναι μεγαλύτερο ή ίσο του μηδενός για κάθε εξεταζόμενο έτος. Στον πίνακα 10.3.1. που ακολουθεί υπολογίστηκε η οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού (αύξηση στη χρέωση), ώστε να καλύπτονται τα λειτουργικά έξοδα της αφαλάτωσης, και να μπορεί ο φορέας κατασκευής του έργου να στηρίξει την επένδυση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (1)									
Έτη	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
		1	2	3	4	5	6	7	8
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση		10.000	10.050	10.100	10.151	10.202	10.253	10.304	10.355
Ετήσια κατανάλωση νερού από μόνιμους κατοίκους (m3)		803.000	807.015	811.050	815.105	819.181	823.277	827.393	831.530
Ετήσια κατανάλωση νερού από τουρίστες (m3) με πρόβλεψη αύξησης		95.040	96.941	98.880	100.857	102.874	104.932	107.030	109.171
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού (εκατομ. κυβικά μέτρα)		898.040	903.956	909.930	915.963	922.055	928.209	934.424	940.701
Αύξηση στη χρέωση κυβικού νερού		0,00	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34
Χρηματοδότηση ΥΜΕΠΕΡΑΑ	3.265.000	262.800							
Πωλήσεις	0	0	289.266	294.089	298.999	303.998	309.087	314.268	319.543
Συνολικά έσοδα	3.265.000	262.800	289.266	294.089	298.999	303.998	309.087	314.268	319.543
Ηλεκτρική ενέργεια			65.736	65.993	66.253	66.516	66.780	67.048	67.318
Εργατικά 0,02									18.814
Χημικά αναλώσιμα 0,025									23.518
Μεμβράνες						44.902			
Συνολικό λειτουργικό κόστος									109.650
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.265.000	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073	213.488	214.917	
Συνολικές Δαπάνες	3.265.000	262.800	274.303	276.604	278.932	326.191	283.675	286.090	117.559
Καθαρές Ταμειακές ροές	0	0	14.962	17.486	20.067	-22.193	25.412	28.178	201.984
Αθροιστικό Σύνολο ταμειακών ροών	0	0	14.962	32.448	52.515	30.322	55.735	83.913	285.897

Πίνακας 10.3.1. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας -σενάριο 1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (1)											
2027 9	2028 10	2029 11	2030 12	2031 13	2032 14	2033 15	2034 16	2035 17	2036 18	2037 19	2038 20
10.407	10.459	10.511	10.564	10.617	10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
835.688	839.866	844.066	848.286	852.527	856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
111.355	113.582	115.853	118.170	120.534	122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
947.042	953.448	959.919	966.456	973.061	979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38
324.914	330.383	335.952	341.622	347.396	353.277	359.265	365.364	371.575	377.902	384.346	390.910
324.914	330.383	335.952	341.622	347.396	353.277	359.265	365.364	371.575	377.902	384.346	390.910
67.591	67.867	68.146	68.427	68.712	68.999	69.289	69.582	69.879	70.178	70.481	70.787
18.941	19.069	19.198	19.329	19.461	19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
23.676	23.836	23.998	24.161	24.327	24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					44.902					
110.208	155.674	111.342	111.918	112.499	113.087	158.583	114.281	114.887	115.499	116.119	116.744
119.340	166.052	122.991	124.863	126.767	128.703	175.575	132.676	134.714	136.787	138.895	141.040
205.575	164.331	212.961	216.759	220.629	224.573	183.690	232.688	236.862	241.115	245.451	249.870
491.471	655.803	868.763	1.085.522	1.306.152	1.530.725	1.714.415	1.947.103	2.183.964	2.425.079	2.670.530	2.920.400

Πίνακας 10.3.1. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας -σενάριο 1 (συνέχεια)

10.3.2. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας με ενεργειακό συμψηφισμό φωτοβολταϊκά (σενάριο2)

Στον πίνακα χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας (πίνακας 10.3.2.) που ακολουθεί καταγράφονται οι νέες δαπάνες σε ηλεκτρική ενέργεια που προέκυψαν από τον ενεργειακό συμψηφισμό της εγχεόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης στο αρχικό κόστος της επένδυσης προστίθεται επιπλέον το αρχικό κόστος της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών. Υπολογίστηκε η νέα οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού.

Σε σχέση με το σενάριο (1) είναι μειωμένη κατά $((0,31-0,32)/0,31)*100= \mathbf{3,2\%}$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (2)									
Έτη	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση	10.000	10.050	10.100	10.151	10.202	10.253	10.304	10.355	
Ετήσια κατανάλωση νερού από μόνιμους κατοίκους (m3)	803.000	807.015	811.050	815.105	819.181	823.277	827.393	831.530	
Ετήσια κατανάλωση νερού από τουρίστες (m3) με πρόβλεψη αύξησης	95.040	96.941	98.880	100.857	102.874	104.932	107.030	109.171	
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού (εκατομ. κυβικά μέτρα)	898.040	903.956	909.930	915.963	922.055	928.209	934.424	940.701	
Αύξηση στο χρηματ/κό κόστος κυβικού νερού	0,00	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33
Χρηματοδότηση ΥΜΕΠΕΡΑΑ	3.385.800	262.800							
Πωλήσεις	0	0	280.226	284.899	289.656	294.498	299.428	304.447	309.558
Συνολικά έσοδα	3.385.800	262.800	280.226	284.899	289.656	294.498	299.428	304.447	309.558
Ηλεκτρική ενέργεια		61.425	61.679	61.936	62.305	62.580	62.859	63.140	63.424
Εργατικά 0,02									18.814
Χημικά αναλώσιμα 0,025									23.518
Μεμβράνες						44.902			
Συνολικό λειτουργικό κόστος									105.756
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.385.800	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073	213.488	214.917	
Συνολικές Δαπάνες	3.385.800	262.800	270.206	272.465	274.864	322.096	279.553	281.942	113.384
Καθαρές Ταμειακές ροές	0	0	10.020	12.434	14.792	-27.598	19.875	22.506	196.173
Αθροιστικό σύνολο ταμειακών ροών	0	0	10.020	22.454	37.246	9.648	29.523	52.029	248.203

Πίνακας 10.3.2. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά -σενάριο 2

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (2)											
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10.407	10.459	10.511	10.564	10.617	10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
835.688	839.866	844.066	848.286	852.527	856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
111.355	113.582	115.853	118.170	120.534	122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
947.042	953.448	959.919	966.456	973.061	979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37
314.761	320.059	325.453	330.946	336.540	342.237	348.038	353.946	359.964	366.092	372.335	378.694
314.761	320.059	325.453	330.946	336.540	342.237	348.038	353.946	359.964	366.092	372.335	378.694
63.711	64.001	64.294	64.589	64.888	65.190	65.495	65.804	66.115	66.430	66.748	67.070
18.941	19.069	19.198	19.329	19.461	19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
23.676	23.836	23.998	24.161	24.327	24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					44.902					
106.328	151.808	107.490	108.080	108.676	109.278	154.789	110.502	111.123	111.751	112.386	113.027
115.138	161.823	118.736	120.581	122.459	124.369	171.214	128.289	130.301	132.347	134.430	136.549
199.623	158.235	206.717	210.365	214.081	217.868	176.824	225.657	229.663	233.745	237.905	242.145
447.826	606.061	812.778	1.023.143	1.237.225	1.455.092	1.631.916	1.857.573	2.087.236	2.320.982	2.558.887	2.801.032

Πίνακας 10.3.2. Πίνακας χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά -σενάριο 2

10.3.3. Πίνακας χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 1)

Στον πίνακα χρηματοοικονομικής απόδοσης που ακολουθεί (πίνακας 10.3.3) φαίνεται ο υπολογισμός της οριακής αύξησης στο χρηματοοικονομικό κόστος του κυβικού νερού για να υπάρχει μια οριακή αποδεκτή τιμή των χρηματοοικονομικών δεικτών επίδοσης του επενδυτικού σχεδίου, δηλαδή για Χρηματοοικονομική Καθαρά Παρούσα Αξία (Χ.Κ.Π.Α > = 0). Υπολογίστηκε η οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού (αύξηση στη χρέωση), ώστε να καλύπτονται έκτος από τα λειτουργικά έξοδα της αφαλάτωσης, και το κόστος της αρχικής επένδυσης. Στον πίνακα φαίνονται οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου, που είναι:

$$\text{ΧΚΠΑ} = 1.125, \quad \text{ΕΣΧΑ} = 5\%$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ (1)									
Έτη	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
		1	2	3	4	5	6	7	8
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση		10.000	10.050	10.100	10.151	10.202	10.253	10.304	10.355
Κατανάλωση νερού μόνιμων κατοίκων (m3)		803.000	807.015	811.050	815.105	819.181	823.277	827.393	831.530
Κατανάλωση νερού από τουρισμό με πρόβλεψη αύξησης (m3)		95.040	96.941	98.880	100.857	102.874	104.932	107.030	109.171
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού (m3)		898.040	903.956	909.930	915.963	922.055	928.209	934.424	940.701
Αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος/ κυβικό νερού		0,00	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52
Πωλήσεις	0	0	442.938	450.324	457.843	465.497	473.290	481.223	489.301
Συνολικά έσοδα	0	0	442.938	450.324	457.843	465.497	473.290	481.223	489.301
Ηλεκτρική ενέργεια			65.736	65.993	66.253	66.516	66.780	67.048	67.318
Εργατικά 0,01									18.814
Χημικά αναλώσιμα 0,025									23.518
Μεμβράνες						44.902			
Συνολικό λειτουργικό κόστος									109.650
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.265.000	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073	213.488	214.917	
Συνολικές Δαπάνες	3.265.000	262.800	274.303	276.604	278.932	326.191	283.675	286.090	117.559
Καθαρές Ταμειακές ροές	-3.265.000	-262.800	168.635	173.720	178.911	139.306	189.615	195.133	371.741
Εσωτερικός Συντελεστής Χρηματ/κής Απόδοσης					5,00%				
Χρηματ/κή Καθαρή Παρούσα Αξία					1.125				

Πίνακας 10.3.3. Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης κόστους – ωφέλειας (σενάριο 1)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ (1)											
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10.407	10.459	10.511	10.564	10.617	10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
835.688	839.866	844.066	848.286	852.527	856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
111.355	113.582	115.853	118.170	120.534	122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
947.042	953.448	959.919	966.456	973.061	979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59
497.525	505.899	514.426	523.109	531.951	540.955	550.124	559.463	568.975	578.662	588.530	598.580
497.525	505.899	514.426	523.109	531.951	540.955	550.124	559.463	568.975	578.662	588.530	598.580
67.591	67.867	68.146	68.427	68.712	68.999	69.289	69.582	69.879	70.178	70.481	70.787
18.941	19.069	19.198	19.329	19.461	19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
23.676	23.836	23.998	24.161	24.327	24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					44.902					
110.208	155.674	111.342	111.918	112.499	113.087	158.583	114.281	114.887	115.499	116.119	116.744
119.340	166.052	122.991	124.863	126.767	128.703	175.575	132.676	134.714	136.787	138.895	141.040
378.185	339.847	391.435	398.246	405.184	412.251	374.550	426.787	434.261	441.876	449.634	457.540
5,00%											
1.125											

Πίνακας 10.3.3. Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης κόστους – ωφέλειας (σενάριο 1- συνέχεια)

10.3.4. Πίνακας χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)

Για την οριακή αύξηση στο κόστος του νερού του σεναρίου (1) υπολογίστηκαν οι νέοι συντελεστές χρηματοοικονομικής απόδοσης ,με τις νέες ετήσιες δαπάνες σε ηλεκτρική ενέργεια, και με το κόστος επένδυσης που περιλαμβάνει και το κόστος των φωτοβολταϊκών. Τα αποτελέσματα τότε ήταν: ΧΚΠΑ = - 84.842 , ΕΣΧΑ = 4,78%.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η νέα οριακή τιμή της αύξησης του κόστους ώστε να προκύψουν οριακά αποδεκτές τιμές των συντελεστών χρηματοοικονομικής απόδοσης. Για οριακή αύξηση της τιμής στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού ίση με **0,50 €/ m³** τα αποτελέσματα των δεικτών γίνονται:

$$\text{ΧΚΠΑ} = 33.634 , \text{ΕΣΧΑ} = 5,09\%$$

Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚ/ΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΟΦΕΛΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)									
Έτη	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
		1	2	3	4	5	6	7	8
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση		10.000	10.050	10.100	10.151	10.202	10.253	10.304	10.355
Κατανάλωση νερού μόνιμων κατοίκων (m3)		803.000	807.015	811.050	815.105	819.181	823.277	827.393	831.530
Κατανάλωση νερού από τουρισμό με πρόβλεψη αύξησης (m3)		95.040	96.941	98.880	100.857	102.874	104.932	107.030	109.171
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού (m3)		898.040	903.956	909.930	915.963	922.055	928.209	934.424	940.701
Αύξηση στο χρηματ/κό κόστος/ m3		0,00	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53
Πωλήσεις	0	0	451.978	459.514	467.187	474.997	482.949	491.044	499.287
Συνολικά έσοδα	0	0	451.978	459.514	467.187	474.997	482.949	491.044	499.287
Ηλεκτρική ενέργεια			61.679	61.936	62.305	62.580	62.859	63.140	63.424
Εργατικά									18.814
Χημικά αναλώσιμα									23.518
Μεμβράνες						62.580			
Συνολικό λειτουργικό κόστος									105.756
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.385.800	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073	213.488	214.917	
Συνολικές Δαπάνες	3.385.800	262.800	270.206	272.465	274.864	339.774	279.553	281.942	113.384
Καθαρές Ταμειακές ροές	3.385.800	-262.800	181.772	187.049	192.323	135.223	203.396	209.103	385.902
Εσωτερικός Συντελεστής Χρηματ/κής Απόδοσης					5,09%				
Χρηματ/κή Καθαρή Παρούσα Αξία					33.634				

Πίνακας 10.3.4. Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης κόστους – ωφέλειας με ενεργειακό συμφηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (2)											
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10.407	10.459	10.511	10.564	10.617	10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
835.688	839.866	844.066	848.286	852.527	856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
111.355	113.582	115.853	118.170	120.534	122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
947.042	953.448	959.919	966.456	973.061	979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60
507.679	516.224	524.925	533.784	542.807	551.995	561.351	570.881	580.586	590.472	600.540	610.796
507.679	516.224	524.925	533.784	542.807	551.995	561.351	570.881	580.586	590.472	600.540	610.796
63.711	64.001	64.294	64.589	64.888	65.190	65.495	65.804	66.115	66.430	66.748	67.070
18.941	19.069	19.198	19.329	19.461	19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
23.676	23.836	23.998	24.161	24.327	24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					44.902					
106.328	151.808	107.490	108.080	108.676	109.278	154.789	110.502	111.123	111.751	112.386	113.027
115.138	161.823	118.736	120.581	122.459	124.369	171.214	128.289	130.301	132.347	134.430	136.549
392.541	354.400	406.189	413.203	420.348	427.626	390.137	442.592	450.286	458.124	466.111	474.247
5,09%											
33.634											

Πίνακας 10.3.4. Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης κόστους – ωφέλειας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2- συνέχεια)

10.4. Οικονομική ανάλυση

Με δεδομένη την χρηματοοικονομική ανάλυση που προηγήθηκε, ακολουθεί η οικονομική ανάλυση του επενδυτικού σχεδίου προκειμένου να συμπεριληφθούν οι εξωτερικές επιδράσεις της οικονομικής ωφέλειας από την εξοικονόμηση αγοράς εμφιαλωμένου νερού, και του περιβαλλοντικού κόστους που επιφέρει η λειτουργία της μονάδας. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 8, για τον ποσοτικό προσδιορισμό του περιβαλλοντικού κόστους από τη λειτουργία της μονάδας, υπολογίζεται η επιβάρυνση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την λειτουργία της μονάδας,

Για τον υπολογισμό της οικονομικής ωφέλειας του μόνιμου πληθυσμού από την εξοικονόμηση εμφιαλωμένου νερού, ελήφθησαν τα δεδομένα:

- Ημερήσια κατανάλωση σε εμφιαλωμένο νερό/ άτομο/ ημέρα = 1,5 λίτρο/ημέρα
- Κόστος ενάμισι λίτρου εμφιαλωμένου νερού = 0,18 € (χωρίς Φ.Π.Α.)

Για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού κόστους ελήφθησαν τα δεδομένα:

- Μέσος συντελεστής παραγόμενου CO₂.....0,913 kg /KW.
- Κόστος παγίδευσης ενός τόνου CO₂50 €/ tn

Με δεδομένη την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια/έτος υπολογίζονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι, και το κόστος παγίδευσης των ρύπων.

Τα αριθμητικά αποτελέσματα εισάγονται στον πίνακα οικονομικής ανάλυσης που ακολουθεί,(πίνακας 10.4.) για τον υπολογισμό της Οικονομικής Παρούσας Αξίας (Ο.Π.Α.) και του Εσωτερικού Συντελεστή Οικονομικής Απόδοσης (Ε.Σ.Ο.Α.), για τα δύο σενάρια λειτουργίας.

10.4.1. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 1)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ (1)						
Έτη	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		1	2	3	4	5
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση		10.000	10.050	10.100	10.151	10.202
Κατανάλωση νερού μόνιμων κατοίκων m3		803.000	807.015	811.050	815.105	819.181
Κατανάλωση νερού από τουρισμό με πρόβλεψη αύξησης (m3)		95.040	96.941	98.880	100.857	102.874
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού (m3)		898.040	903.956	909.930	915.963	922.055
Αύξηση στη χρέωση κυβικού νερού		0,00	0,49	0,49	0,50	0,50
Πωλήσεις - Έσοδα	0	0	442.938	450.324	457.843	465.497
Εξωτερικά οφέλη (εξοικονόμηση εμφιαλωμένου νερού)	0	0	660.285	663.586	666.904	670.239
Συνολικό οικονομικό όφελος	0	0	1.103.223	1.113.911	1.124.747	1.135.736
Ηλεκτρική ενέργεια			65.736	65.993	66.253	66.516
Εργατικά						
Χημικά αναλώσιμα						
Μεμβράνες						44.902
Συνολικό λειτουργικό κόστος						
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.265.000	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073
KWh		0	421.243	424.027	426.839	429.678
Εξωτερικό κόστος (ρύπανση εκπομπών CO2)		0	19.230	19.357	19.485	19.615
Συνολικό οικονομικό κόστος	3.265.000	262.800	293.533	295.961	298.417	345.806
Καθαρές Ταμειακές ροές	-3.265.000	-262.800	809.690	817.950	826.330	789.930

Εσωτερικός Συντελεστής Οικονομικής Απόδοσης (ΕΣΟΑ)	20,65%
Οικονομική Καθαρά Παρούσα Αξία (ΟΚΠΑ)	7.662.644

Πίνακας 10.4.1. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας (σενάριο 1)

Στον πίνακα οικονομικής ανάλυσης εξετάστηκε η οικονομική απόδοση του επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 1), με τα δεδομένα που προαναφέρθηκαν,

και με αύξηση στην τιμή πώλησης του νερού = 0,49 €.

Και προέκυψαν οι τιμές των δεικτών οικονομικής απόδοσης :

$$\text{ΕΣΟΑ} = 20,65\% \quad \& \quad \text{ΟΚΠΑ} = 7.662.644$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ & ΩΦΕΛΕΙΑΣ (1)							
2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
6	7	8	9	10	11	12	13
10.253	10.304	10.355	10.407	10.459	10.511	10.564	10.617
823.277	827.393	831.530	835.688	839.866	844.066	848.286	852.527
104.932	107.030	109.171	111.355	113.582	115.853	118.170	120.534
928.209	934.424	940.701	947.042	953.448	959.919	966.456	973.061
0,51	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55
473.290	481.223	489.301	497.525	505.899	514.426	523.109	531.951
673.590	676.958	680.343	683.745	687.163	690.599	694.052	697.522
1.146.880	1.158.181	1.169.644	1.181.270	1.193.062	1.205.025	1.217.161	1.229.473
66.780	67.048	67.318	67.591	67.867	68.146	68.427	68.712
		18.814	18.941	19.069	19.198	19.329	19.461
		23.518	23.676	23.836	23.998	24.161	24.327
				44.902			
		109.650	110.208	155.674	111.342	111.918	112.499
213.488	214.917						
432.545	435.441	438.367	441.322	444.307	447.322	450.369	453.446
19.746	19.878	20.011	20.146	20.283	20.420	20.559	20.700
303.421	305.968	137.571	139.486	186.335	143.411	145.422	147.467
843.459	852.213	1.032.073	1.041.784	1.006.728	1.061.614	1.071.738	1.082.006
20,65%							
7.662.644							

Πίνακας 10.4.1. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας - σενάριο 1 (συνέχεια)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ & ΩΦΕΛΕΙΑΣ (1)						
2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
14	15	16	17	18	19	20
10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59
540.955	550.124	559.463	568.975	578.662	588.530	598.580
701.010	704.515	708.038	711.578	715.136	718.711	722.305
1.241.965	1.254.639	1.267.501	1.280.552	1.293.798	1.307.241	1.320.885
68.999	69.289	69.582	69.879	70.178	70.481	70.787
19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					
113.087	158.583	114.281	114.887	115.499	116.119	116.744
456.556	459.698	462.873	466.082	469.324	472.601	475.913
20.842	20.985	21.130	21.277	21.425	21.574	21.725
149.545	196.560	153.806	155.990	158.211	160.469	162.765
1.092.419	1.058.079	1.113.695	1.124.562	1.135.587	1.146.772	1.158.120
20,65%						
7.662.644						

Πίνακας 10.4.1. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας - σενάριο 1 (συνέχεια)

10.4.2. Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας επενδυτικού σχεδίου με φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Έτη		1	2	3	4	5
Μόνιμοι κάτοικοι με Δημογραφική αύξηση		10.000	10.050	10.100	10.151	10.202
Κατανάλωση νερού μόνιμων κατοίκων (m3)		803.000	807.015	811.050	815.105	819.181
Κατανάλωση νερού από τουρισμό με πρόβλεψη αύξησης (m3)		95.040	96.941	98.880	100.857	102.874
Συνολική ετήσια ποσότητα νερού(m3)		898.040	903.956	909.930	915.963	922.055
Αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος/ κυβικό νερού		0,00	0,50	0,51	0,51	0,52
Πωλήσεις	0	0	451.978	459.514	467.187	474.997
Εξωτερικά οφέλη (εξοικονομηση εμφιαλωμένου νερού)	0	0	660.285	663.586	666.904	670.239
Συνολικό οικονομικό όφελος	0	0	1.112.263	1.123.101	1.134.091	1.145.236
Ηλεκτρική ενέργεια			61.679	61.936	62.305	62.580
Εργατικά						
Χημικά αναλώσιμα						
Μεμβράνες						44.902
Συνολικό λειτουργικό κόστος						
Συνολικό κόστος επένδυσης	3.385.800	262.800	207.910	209.284	210.671	212.073
KWh		0	333.053	335.837	338.649	341.488
Εξωτερικό κόστος (ρύπανση εκπομπών CO2)		0	15.204	15.331	15.459	15.589

Συνολικό οικονομικό κόστος	3.385.800	262.800	285.410	287.796	290.323	355.363
Καθαρές Ταμειακές ροές	-3.385.800	-262.800	826.853	835.305	843.768	789.873
Εσωτερικός Συντελεστής Οικονομικής Απόδοσης (ΕΣΟΑ)	20,36%					
Οικονομική Καθαρά Παρούσα Αξία (ΟΚΠΑ)	7.741.490					

Πίνακας 10.4.2.: Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)

Στον πίνακα οικονομικής ανάλυσης εξετάστηκε η οικονομική απόδοση του επενδυτικού σχεδίου (σενάριο 2), με τα δεδομένα που προαναφέρθηκαν,

και με αύξηση στην τιμή πώλησης του νερού = **0,50 €.**, για αποδεκτούς δείκτες χρηματοοικονομικής απόδοσης

Και προέκυψαν οι τιμές των δεικτών οικονομικής απόδοσης :

$$\text{ΕΣΟΑ} = 20,36\% \quad \& \quad \text{ΟΚΠΑ} = 7.741.490$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)							
2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
6	7	8	9	10	11	12	13
10.253	10.304	10.355	10.407	10.459	10.511	10.564	10.617
823.277	827.393	831.530	835.688	839.866	844.066	848.286	852.527
104.932	107.030	109.171	111.355	113.582	115.853	118.170	120.534
928.209	934.424	940.701	947.042	953.448	959.919	966.456	973.061
0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56
482.949	491.044	499.287	507.679	516.224	524.925	533.784	542.807
673.590	676.958	680.343	683.745	687.163	690.599	694.052	697.522
1.156.539	1.168.002	1.179.629	1.191.423	1.203.387	1.215.524	1.227.836	1.240.329
62.859	63.140	63.424	63.711	64.001	64.294	64.589	64.888
		18.814	18.941	19.069	19.198	19.329	19.461
		23.518	23.676	23.836	23.998	24.161	24.327
				44.902			
		105.756	106.328	151.808	107.490	108.080	108.676
213.488	214.917						
344.355	347.251	350.177	353.132	356.117	359.132	362.179	365.256
15.720	15.852	15.986	16.120	16.257	16.394	16.533	16.674
295.273	297.794	129.370	131.258	178.080	135.130	137.115	139.133
861.266	870.209	1.050.260	1.060.165	1.025.307	1.080.393	1.090.722	1.101.196
20,36%							
7.741.490							

Πίνακας 10.4.2.: Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)						
2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
14	15	16	17	18	19	20
10.670	10.723	10.777	10.831	10.885	10.939	10.994
856.790	861.074	865.379	869.706	874.055	878.425	882.817
122.944	125.403	127.911	130.470	133.079	135.741	138.455
979.734	986.477	993.291	1.000.176	1.007.134	1.014.165	1.021.272
0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60
551.995	561.351	570.881	580.586	590.472	600.540	610.796
701.010	704.515	708.038	711.578	715.136	718.711	722.305
1.253.004	1.265.866	1.278.919	1.292.164	1.305.607	1.319.252	1.333.101
65.190	65.495	65.804	66.115	66.430	66.748	67.070
19.595	19.730	19.866	20.004	20.143	20.283	20.425
24.493	24.662	24.832	25.004	25.178	25.354	25.532
	44.902					
109.278	154.789	110.502	111.123	111.751	112.386	113.027
368.366	371.508	374.683	377.892	381.134	384.411	387.723
16.816	16.959	17.104	17.251	17.399	17.548	17.700
141.185	188.173	145.393	147.551	149.746	151.978	154.248
1.111.820	1.077.693	1.133.525	1.144.613	1.155.861	1.167.274	1.178.853
20,36%						
7.741.490						

Πίνακας 10.4.2.: Πίνακας οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά - σενάριο 2 (συνέχεια)

10.5. Σχέση ωφέλειας – κόστους

Η σχέση (ωφέλειας /κόστους) ισούται με το λόγο:

$I = (\text{Παρούσα αξία ωφέλειας} / \text{Παρούσα αξία Κόστους}).$

Αν αυτός ο λόγος είναι μεγαλύτερος της μονάδας το έργο κρίνεται επιθυμητό καθώς η οικονομική ωφέλεια είναι μεγαλύτερη από το οικονομικό κόστος.

Ο λόγος αυτός έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα ,ειδικά σε περιπτώσεις που τα αποτελέσματα των δεικτών απόδοσης δείχνουν αντιφατικά αποτελέσματα , όπως σε περιπτώσεις που η ΚΠΑ 1> ΚΠΑ2, αλλά ΕΣΑ1<ΕΣΑ2.

10.5.1. Σχέση ωφέλειας – κόστους για το σενάριο 1

Από τον πίνακα της οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας προκύπτει ο λόγος :

$I_1 = \text{NPV}(\text{οικονομικά οφέλη}) / \text{NPV}(\text{οικονομικά κόστη}) = 13.699.791 / 6.037.148 = \mathbf{2,2692}$

10.5.2. Σχέση ωφέλειας – κόστους για το σενάριο 2

Από τον πίνακα της οικονομικής ανάλυσης κόστους ωφέλειας προκύπτει ο λόγος :

$I_2 = \text{NPV}(\text{οικονομικά οφέλη}) / \text{NPV}(\text{οικονομικά κόστη}) = 13.818.266 / 6.076.777 = \mathbf{2,2739}$

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 10.5.

	ΑΥΞΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ /m3	ΧΚΠΑ	ΕΣΧΑ	ΕΣΟΑ	ΟΚΠΑ	I
Σενάριο 1	0,49	1.125	5%	20,65	7.662.644	2,269
Σενάριο 2	0,50	33.634	5,09%	20,36	7.741.490	2,273

Πίνακας 10.5 Αύξηση κόστους νερού και Δείκτες απόδοσης για τα δύο σενάρια λειτουργίας

11. Ανάλυση Ευρήματα - Συμπεράσματα – Προτάσεις

Για την περίπτωση της μελέτης θα μπορούσε να εφαρμοστεί εκτός της μεθόδου αντίστροφης ώσμωσης και η μέθοδος της ηλεκτροδιάλυσης αν και είναι λιγότερο διαδεδομένη και ενδείκνυται αποκλειστικά για νερό τροφοδοσίας πολύ χαμηλής αλατότητας. Καθώς η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας μπορεί να μεταβάλλεται με το χρόνο, η μέθοδος της ηλεκτροδιάλυσης μπορεί να γίνει ακατάλληλη, σε αντίθεση με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης που είναι μια μέθοδος διαδεδομένη, και δεν επηρεάζεται από την αλατότητα του νερού.

Ο τρόπος απόρριψης της άλμης δια μέσου αποστραγγιστικού καναλιού που καταλήγει στη λιμνοθάλασσα του Κουτάβου δεν είναι περιβαλλοντικά φιλικός. Θα ήταν ιδανικό το διάλυμα της άλμης να διοχετευόταν στο αποχετευτικό δίκτυο και στον βιολογικό υποσταθμό της πόλης, αλλά αυτό για τεχνικούς λόγους, όπως η υδραυλική ικανότητα του δικτύου, μπορεί να είναι τεχνικά αδύνατο.

Το φαινόμενο της υφαλμύρυνσης των υπόγειων υδάτων του νησιού είναι δυναμικό και απαιτεί παρακολούθηση, καθώς επιδεινώνεται με την τεχνητή άντληση των υπόγειων υδάτων, όταν ο ρυθμός αναπλήρωσης δεν είναι ικανοποιητικός. Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού κόστους από την άντληση υδάτων είναι αντικείμενο ειδικής μελέτης. Ο προσδιορισμός του κόστους πόρου και του περιβαλλοντικού κόστους εφόσον υπάρχει, απαιτεί μελέτη από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό.

Τα επιμέρους λειτουργικά κόστη όπως υπολογίστηκαν, αλλά και το αρχικό κόστος επένδυσης βρίσκονται εντός των προβλεπόμενων ορίων που αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία για την αφαλάτωση υφάλμυρου ύδατος.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του κόστους αφαλάτωσης μεταξύ των δύο σεναρίων (376.869 € < 382.442 €) το συνολικό ετήσιο κόστους αφαλάτωσης για το σενάριο 1 είναι μικρότερο του σεναρίου 2 (ενεργειακός συμψηφισμός με φωτοβολταϊκά). Αυτή η διαφορά πρακτικά σημαίνει ότι η εξοικονόμηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μικρότερη του κόστους της αρχικής επένδυσης. Η διαφορά αυτή ενδεχομένως να είναι ακόμα μεγαλύτερη αν ληφθούν υπόψιν κάποιοι επιβαρυντικοί παράγοντες όπως η σκίαση των φωτοβολταϊκών

(από δέντρα) ,που μειώνουν την απόδοσή τους. Η μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συνεπάγεται αύξηση της δαπάνης σε ηλεκτρική ενέργεια.

Από την άλλη η γενική αυξητική τάση στην τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων, και συμπαρασύρει ανάλογα και το κόστος αφαλάτωσης του νερού . Επειδή τις τελευταίες δεκαετίες το κόστος εγκατάστασης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τείνει να μειώνεται σε αντίθεση με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που συνεχώς αυξάνεται, και επιπλέον επειδή οι Α.Π.Ε. όπως και στη περίπτωση της μελέτης συχνά επιδοτούνται, η λειτουργία των συστημάτων αφαλάτωσης με τη συμμετοχή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική επιλογή.

Σχετικά με τους στόχους του επενδυτικού σχεδίου μπορούμε να πούμε ότι εκπληρώθηκαν καθώς:

1. Επάρκεια της παραγόμενης ποσότητας αφαλατωμένου νερού.

Από τον πίνακα του υπολογισμού της μηνιαίας και ετήσιας ζήτησης σε νερό, η μέγιστη ζήτηση καταγράφεται τον μηνά Αύγουστο, ίση σε 90.011 m³ , δηλαδή 3000 m³/ημέρα, και αυξάνεται κατά 14% μέχρι το τέλος της εικοσαετίας. Η ζήτηση φαίνεται να είναι κατά πολύ μικρότερη από την συνολική δυναμικότητα της εγκατάστασης 8.000 m³/d. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε πρόβλεψη για ένταξη κι άλλων περιοχών που θα υδροδοτηθούν από το νερό της μονάδας. Ακόμη μπορεί να έγινε διαφορετική εκτίμηση της τουριστικής κίνησης ή και του συντελεστή αύξησης της τουριστικής κίνησης από αυτόν που ελήφθη στους υπολογισμούς

2. Η αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας υδροδότησης με αφαλατωμένο νερό σχετίζεται με :

- “τη συνέχεια της υπηρεσίας” που εξασφαλίζεται με την τακτική και σωστή συντήρηση της μονάδας, την παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού , το σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης, από το κατάλληλο προσωπικό. Επίσης η συνεχής ηλεκτρική τροφοδοσία από το δίκτυο εξασφαλίζει τη συνεχή παροχή ενέργειας για την αδιάκοπη λειτουργία της μονάδας.

- τη σχετική “μείωση των λειτουργικών δαπανών” που προκύπτει από τον ενεργειακό συμψηφισμό , όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα των λειτουργικών εξόδων μεταξύ των δύο σεναρίων . Η αύξηση στο κόστος του νερού χωρίς τον ενεργειακό συμψηφισμό υπολογίστηκε σε 0,32 €/m³ ενώ με ενεργειακό συμψηφισμό από τα φωτοβολταϊκά 0,31 €/m³ (πίνακες χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας 10.3.1 και 10.3.2), δηλαδή μια σχετική μείωση 3,2%
- τη “μείωση του όγκο του ρυπογόνου φορτίου”, που προκύπτει από την καλή ειδική ενεργειακή κατανάλωση της μονάδας KWh/m³. Από την έρευνα προέκυψε ότι όσο μεγαλύτερη δυναμικότητας είναι η μονάδα, τόσο καλύτερη είναι και η ειδική ενεργειακή της κατανάλωση, δηλαδή τόσο οικονομικότερη είναι η λειτουργία της και τόσο μικρότερο το ρυπογόνο φορτίο/ m³ νερού. Επιπλέον με τον συμψηφισμό “ανταποδίδεται” η ρυπογόνος ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από την εγχεόμενη ηλεκτρική που παράγεται από την ηλιακή ενέργεια.

Από τους πίνακες χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας υπολογίστηκε η *οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού*, ώστε να καλύπτονται τα λειτουργικά έξοδα της αφαλάτωσης, και να μπορεί ο φορέας κατασκευής του έργου να στηρίξει την επένδυση. Έτσι υπολογίστηκε σε 0,32€/m³ (σενάριο1) και 0,31€/m³ (σενάριο 2).

Επιπλέον υπολογίστηκε η οριακή αύξηση στο χρηματοοικονομικό κόστος του νερού 0,49€ για το σενάριο1, και σε 0,50€ για το σενάριο2, ώστε να καλύπτονται έκτος από τα λειτουργικά έξοδα της αφαλάτωσης, και το κόστος της αρχικής επένδυσης, για οριακά θετικούς δείκτες της οικονομικής απόδοσης της επένδυσης.

Από την οικονομική ανάλυση προέκυψαν πολύ καλοί δείκτες οικονομικής απόδοσης, καθώς η οικονομική ωφέλεια της εξοικονόμησης που έχουν οι κάτοικοι από την αγορά εμφιαλωμένου νερού, είναι πολλή μεγαλύτερη από το οικονομικό κόστος της δέσμευσης και αποθήκευσης ρύπων CO₂.

Οι δείκτες αυτοί (ΕΣΟΑ & ΟΚΠΑ) για το σενάριο λειτουργίας της μονάδας με ενεργειακό συμψηφισμό από φωτοβολταϊκά (σενάριο 2) είναι ακόμα καλύτεροι σε σχέση με

τους δείκτες του σεναρίου 1 της ανεξάρτητης λειτουργίας της μονάδας (ΟΚΠΑ2), καθώς η προσφορά “καθαρής ενέργειας” στο δίκτυο συμβάλλει στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, και επομένως στη μείωση του κόστους δέσμευσης και αποθήκευσής τους.

1. Βιβλιογραφία

- Al-Karaghoul, A., Kazmerski, L.L. (2013). "Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes" *Renew. Sustain. Energy Rev.* 24, σελ. 343- 356
- Alkaisi Ahmed, Ruth Mossad, Ahmad Sharifian-Barforoush. (2016) "A Review of the Water Desalination Systems Integrated with Renewably Energy"
- Azapagic A. (1999), "Life Cycle Assessment and its application to process selection, design and optimisation", *Chemical Engineering Journal*
- Bales C., Kovalsky P., Fletcher J. Waite. (2019). "Low cost desalination of brackish groundwaters by Capacitive Deionization (CDI) Desalination"
- Chaudhry, S. (2003). "Unit cost of desalination, CA Desalination Task Force Sausalito, CA"
- Dazy, J. DrogueC., Ph. Charmanidis, Ch. Darlet. (1997). "The influence of marine inflows on the chemical composition of groundwater in small islands: the example of the Cyclades (Greece) – Environmental Geology"
- Delyianni E. and Belessiotis, B. (1995). "Methods and Desalination Systems- Principles of the Desalination Process, NCSR "Demokritos"
- Danu Ariono et al, (2016) "Brine Effluents: Characteristics, Environmental Impacts and their handling"
- Eltawil Mohamed A., Zhengming Zhao, Yuan Liqiang. (2009). "A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems, Renewable and sustainable Energy Reviews Elsevier"
- Greenlee L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., Moulin, P., (2009). *Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges.*
- Jamaly, S., Darwish, N. N., Ahmed, I., & Hasan, S. W. (2014). "A short review on reverse osmosis pretreatment technologies. Desalination"
- Jennifer Stokes & Arpad Horvath, (2009) "Energy and Air Emission Effects of water Supply"
- Kaldellis J.K., K.A. Kavadias, E. Kondili, (2004) "Water desalination cost literature: Review and assessment. Desalination
- Karagiannis I.C. ; Soldatos P.G. (2007). *Status of water desalination in the Aegean Islands, Desalination, (2007) p. 56–61.*
- Karagiannis, I.C.; Soldatos, P.G. (2008). "Water desalination cost literature: Review and assessment. Desalination"
- Kaldellis J.K, Kavadias K.A., Kondili E., (2004) "Renewable energy desalination plants for the Greek islands – Technical and Economic considerations"

- Loupasis, S. (2002). "Technical analysis of existing RES desalination schemes. Renewable Energy Driven Desalination Systems". REDDES, Commission of the European Communities Directorate-General for Energy and Transport
- Mezher T., Fath H., Abbas Z., & Khaled A., (2011). "Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. Desalination"
- Mushtaque Ahmed, David Hoey, Walid Shayya, and Mattheus F.A. Goosen (2004) Brine Disposal from Inland Desalination Plants: Current Status, Problems, and Opportunities,
- Münk W.-I. F. (2008) "Ecological and economic analysis of desalination plants"
- Munoz I., Fernandez - Alba, A.R. (2008). "Reducing the environmental impacts of reverse osmosis desalination by using brackish groundwater resources"
- Roberts D. A., Johnston, E. L., & Knott, N. A. (2010) "Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies"
- Raluy R.G., Serra, L., Uche, J., (2005). "Life cycle assessment of desalination technologies integrated with renewable energies"
- Shu-Yuan Pan, Andrew Z. Haddad, Arkadeep Kumar, Sheng-Wei Wang, (2020) "Brackish water desalination using reverse osmosis and capacitive deionization at the water-energy nexus"
- Schallenberg-Rodríguez, J., Veza, J. M., & Blanco-Marigorta, A. (2014). "Energy efficiency and desalination in the Canary Islands. Renewable and Sustainable Energy Reviews"
- Singh D., et al, (2003). "Techno-economic study of CO₂ capture from an existing coal-fired power plant: MEA scrubbing vs. O₂/CO₂ recycle combustion. Energy Conversion & Management"
- Tennille Winter, David J Pannell and Laura McCann, (2002). "The Economics of Desalination and It's potential Application to Australia"
- Tzen E., (2010). "Water Desalination Using Renewable Energy Sources. In Proceedings of the Promotion of Renewable Energies for Water Production through Desalination"
- Walha K., Amar R.B., Firdaous L., Qu_ém_eneur F., Jaouen P., (2007). Brackish groundwater treatment by nanofiltration, reverse osmosis and electrodialysis in Tunisia: performance and cost comparison. Desalination p. 95-106.
- World Bank Group, (2019), The role of Desalination in an Increasingly Water- Scare World, WATER GLOBAL PRACTICE - TECHNICAL PAPER
- World Bank Group, The Role of desalination in an Increasingly Water-Scare World, 2019, p.56-5
- Younos, T. (2005). "Environmental Issues of Desalination"
- Zotalis K., Dialynas E. G, N. Mamassis, and A. N. Angelakis (2016) Desalination Technologies: Hellenic Experiences

Zhou, J., Chang, V.W.C., Fane, A.G., (2011). *Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: the influence of different life cycle impact assessment methods on the characterization results.*

Αβραμίδου, Ε.(2007). "Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στον Ελλαδικό χώρο"

Βοϊβόντας, Δ., Ασημακόπουλος, Δ.(2002). Ανάκτηση κόστους και τιμολόγηση νερού στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60, παρουσίαση στην Ημερίδα «2000/60 Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά- Εναρμόνιση με την Ελληνική Πραγματικότητα»

Ευαγγελοπούλου, Σ.(2013). "Οικονομοτεχνική ανάλυση και αξιολόγηση συστήματος αφαλάτωσης από Α.Π.Ε."

Καραγιάννης, Ι. (2010). "Οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση συστημάτων αφαλάτωσης νερού με χρήση ανανεώσιμων και μη πηγών ενέργειας. Εναλλακτικές στρατηγικές στον ελληνικό νησιωτικό χώρο"

Καραχάλιου, (2010). "Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο"

Κατωπόδης, Μ., Αργυριάδης, Σ.(1999). Ημερίδα ΤΕΕ, "Εφαρμογή διεργασιών Διαχωρισμού με μεμβράνες στην επεξεργασία νερού, υγρών αποβλήτων και βιομηχανικών προϊόντων», Θέμα: «Τεchnοοικονομική σύγκριση αντίστροφης ώσμωσης με άλλες τεχνολογίες αφαλάτωσης"

Κουμαντάκης, Ι. (1998). "Υφαλμύρωση Υπόγειων Υδάτων"

Κοντούρη, Φ.(2008). "Εφαρμογή των οικονομικών πτυχών του άρθρου 5 της κοινοτικής οδηγίας περί υδάτων 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα"

Μαντής, Α. (2010). "Το περιβαλλοντικό κόστος Νερού», Μεταπτυχιακή εργασία Δ.Π.Μ.Σ Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος"

Μηλαίου, Α.(2018). "Διερεύνηση εφαρμογής και επιτυχίας στην Ελλάδα της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60/ΕΚ"

Μυλόπουλος, Ν. (2001) . "Διαχείριση Υδατικών πόρων"

Πιτσάρη, Σ.(2011). "Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο"

Συριόπουλος, Κ., Παπαδάμου, Σ.(2015) "Βασικές Αρχές Αξιολόγησης Επενδύσεων: Χρηματοοικονομική και κοινωνιολογική προσέγγιση"

Τουμάση, Π.(2017). "Νέα δεδομένα για την υδραυλική σύνδεση των καταβοθρών του Αργοστολίου με τις πηγές της Σάμης"

Διαδικτυακές πηγές

www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html

https://www.amtaorg.com/wp-content/uploads/06_Membrane_Desalination_Costs.pdf

<https://www.dei.gr>

http://regional-tourism-plans.insete.gr/packages/pin/pdf/marketing_plan_ionian_islands.pdf

