



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

**ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ -  
ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ (ΜΒΑ - ΤQM)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΟΥ ΤΑΣΟΥ ΤΟΥΜΑΣΗ**

**« ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ.  
ΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ  
ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ »**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2005**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΣΕΛΙΔΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>4</b>
<b>ΕΡΕΥΝΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΝΕΡΟΥ.....</b>	<b>7</b>
1.1 Η ανάγκη για αφαλάτωση νερού στην Κύπρο.....	7
1.2 Αφαλάτωση νερού: διαδικασία αφαλάτωσης και η σχετική τεχνολογία .....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>14</b>
2.1 Επιδράσεις κατασκευής.....	14
2.2 Επιδράσεις φάσης λειτουργίας.....	15
2.2.1 Εκπομπή αερίων .....	15
2.2.2 Χημικές Εκπομπές.....	17
2.2.3 Άλμη.....	19
2.2.4 Καθαρισμός των μεμβρανών στη διαδικασία RO.....	20
2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης.....	20
2.3.1 Επιπτώσεις της διάβρωσης.....	22
2.3.2 Επιπτώσεις από αντικολλητικές διεργασίες .....	23
2.3.3 Επιπτώσεις δραστηριοτήτων αντιμόλυνσης.....	23
2.3.4 Επιπτώσεις από αντιαφριστικές δραστηριότητες .....	23
2.3.5 Επιπτώσεις από τη συσσώρευση της άλμης.....	24
2.3.6 Επιπτώσεις της θερμότητας.....	25
2.3.7 Επιπτώσεις από αφαίρεση νερού.....	25
2.4 Συμπεράσματα.....	26

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.....</b>	<b>27</b>
3.1 Τρέχουσα χρησιμοποίηση της ηλιακής δύναμης στην Κύπρο.....	27
3.2 Ποια διαδικασία αφαλάτωσης είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια.....	29
3.3 Διαδικασία αφαλάτωσης MES.....	31
3.4 Οικονομική παράμετρος του συστήματος.....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>39</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>43</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>45</b>

## Πρόλογος

Το νερό στην Κύπρο είναι από τους πιο σημαντικούς πόρους και προϋποθέσεις για την ανάπτυξη του νησιού. Στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου η ανάγκη για νερό συνεχώς αυξάνεται φτάνοντας το 32% για τις νότιες και ανατολικές χώρες της Μεσογείου. Τα αποθέματα νερού που ήδη υπάρχουν στο νησί δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις υπάρχουσες ανάγκες των κατοίκων οδηγώντας στην ανάγκη της αφαλάτωσης νερού.

Στόχος αυτής της μελέτης είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έρευνας για το πώς μπορεί να εφαρμοστεί ένα σωστό πρόγραμμα αφαλάτωσης στο νησί. Ο τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών είναι ο εξής: Αρχικά θα γίνει μια παρουσίαση σε γενικές γραμμές για το πρόβλημα έλλειψης νερού που παρουσιάζεται στο νησί, μαζί με τις υπάρχουσες πηγές νερού και τους πιο συνηθισμένους τρόπους αφαλάτωσης νερού. Έπειτα θα παρουσιαστούν οι διάφοροι τρόποι ρύπανσης του νερού μαζί με τις ενάντιες επιπτώσεις της τωρινής τεχνολογίας και οι λόγοι που οδηγούν στην αφαλάτωση. Τέλος θα γίνει μια παρουσίαση του πώς μπορεί να γίνει αφαλάτωση με την χρήση νέας τεχνολογίας όπως η ηλιακή ενέργεια, και θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της έρευνας.

Η αφαλάτωση γλυκού νερού η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στην Μ. Ανατολή είναι μια νέα και αναπτυσσόμενη μέθοδος στην Κύπρο. Ξεκίνησε αρχικά για την επίλυση του μεγάλου προβλήματος έλλειψης νερού στο νησί, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και των χαμηλών βροχοπτώσεων.

Αυτές οι σχεδόν ανεξάντλητες πηγές φυσικού νερού χρησιμοποιούν μηχανικές μεθόδους οι οποίες απαιτούν τεράστιες ποσότητες από θερμική και μηχανική ενέργεια. Οι κλασσικές μέθοδοι αφαλάτωσης βασίζονται σε παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως καύσιμα και ηλεκτρισμό, τα οποία έχουν μεγάλο κόστος και καταστρέφουν το περιβάλλον. (European Commission Directorate General for Research).

Νεότερες μελέτες οι οποίες ακόμα βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο προσφέρουν λύσεις στο πρόβλημα, οι οποίες συνάμα είναι και φιλικές προς

το περιβάλλον. Πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, ο άνεμος και η γεωθερμική ενέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τροφοδότηση των μονάδων αφαλάτωσης, οι οποίες συνάμα να είναι και φιλικές προς το περιβάλλον.

## **ΕΡΕΥΝΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Οι περισσότεροι από εμάς παίρνουν σαν δεδομένο τα αγαθά τα οποία μας προσφέρει η πολιτεία και δεν υπολογίζουν το πόσο δύσκολα μπορούν να αποκτηθούν και κυρίως την συνεχή έλλειψη τους. Ο συγγραφέας αυτής της διατριβής αρχικά ενημερώθηκε για το θέμα μέσω των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης που είχαν σαν θέμα την πρώτη μονάδα αφαλάτωσης στην Κύπρο. Από ενδιαφέρον ξεκίνησε τις δικές του έρευνες για το θέμα μαζεύοντας υλικό για μελέτη, με σκοπό να μάθει περισσότερες πληροφορίες για τις μονάδες αφαλάτωσης, τον τρόπο λειτουργίας τους και τους πιθανούς τρόπους επίλυσης του μεγάλου προβλήματος από έλλειψη νερού στο νησί.

Πληροφορίες για αυτή την έρευνα πάρθηκαν από βιβλία, άρθρα, σημειώματα και από διάφορες σελίδες στο διαδύκτιο. Οι κυριότερες πηγές ήταν οι πιο κάτω:

- Buross O.K. The ABCs of desalting International Desalination Association, Topsfield, Massachusetts, USA

Αυτό το βιβλίο περιγράφει σε συντομία τους διάφορους τρόπους και διαδικασίες αφαλάτωσης, με εικονογραφήματα για καλύτερη κατανόηση τους.

- Loizides L. Seawater desalination in Mediterranean countries: Assessment of environmental impacts and proposed guidelines for the management of Brine, 28-31 May, United Nations Environment Program, Mediterranean action plan, Meeting in Venice, Italy.

Σε αυτό το βιβλίο μπορούμε να βρούμε μια αναλυτική περιγραφή για τις διάφορες ανάγκες νερού στην σημερινή εποχή, όπως επίσης και τι είδους

διαδικασίες αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται στην περιοχή της Μεσογείου. Οι διάφορες επιδράσεις τους στο περιβάλλον και κυρίως επιδράσεις από την άλμη.

- Kalogirou S. Use of parabolic trough solar energy collectors for seawater desalination. Applied Energy 1998; 60:65-88

Σε αυτή την έρευνα περιγράφεται πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ηλιακοί θερμοσυσσωρευτές στις μονάδες αφαλάτωσης. Δίνεται επίσης μια οικονομική ανάλυση για το κόστος αυτής της εγκατάστασης.

- Kalogirou S. Survey of solar desalination systems and system selection. Applied Energy 1997; 20:69-81.

Σε αυτή την έρευνα ο ίδιος συγγραφέας κάνει μια μελέτη για διαφορετικούς τρόπους αφαλάτωσης και εξετάζει κατά πόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια. Επίσης φαίνονται τα συμπεράσματα του συγγραφέα.

- Kalogirou S. Economic Analysis of a solar assisted desalination system. Applied Energy 1997; 12:351-367

Σε αυτή επίσης την έρευνα από τον ίδιο συγγραφέα γίνεται μια οικονομική ανάλυση προτείνονται τρόποι αφαλάτωσης λαμβάνοντας υπόψη τις σημερινές αξίες και την οικονομική κατάσταση στην Κύπρο. Επίσης αναφέρονται οι προβλέψεις του συγγραφέα για μελλοντική χρήση αυτών των συστημάτων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

### 1.1 Η ανάγκη για αφαλάτωση νερού στην Κύπρο

Το νερό ένας από τους ανεξάντλητους πόρους καλύπτοντας τα 3/4 της επιφάνειας της γης. Το 97% είναι αλμυρό και το υπόλοιπο 3% γλυκό. 70% από το γλυκό νερό σε ολόκληρο τον πλανήτη βρίσκεται στους πολικούς πάγους και αρκετά μεγάλο ποσοστό σε υπόγεια αποθέματα. Στην πραγματικότητα το ποσοστό το οποίο απομένει για να καλύψει τις ανθρώπινες, γεωργικές και κτηνοτροφικές ανάγκες γλυκού νερού είναι ελάχιστο, φτάνοντας περίπου το 0,007% του νερού που υπάρχει σε ολόκληρο τον πλανήτη. (3.2)

Η Κύπρος βρίσκεται νοτιοανατολικά της Μεσογείου ανάμεσα στην Τουρκία και την Αίγυπτο. Το νησί χωρίζεται σε 6 μεγάλες επαρχίες: Λευκωσία, Λάρνακα, Αμμόχωστο, Λεμεσό, Πάφο και Κερύνεια. Ένα μεγάλο ποσοστό της Λευκωσίας και της Αμμοχώστου βρίσκονται κάτω από την Τουρκική κατοχή από το 1974. Έτσι δεν υπάρχει ακριβής πληροφόρηση για αυτές τις περιοχές. Ο πληθυσμός του νησιού είναι 775.000 με την Λευκωσία να είναι η πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή της Κύπρου συγκεντρώνοντας το 39% του πληθυσμού. Οι περιοχές φαίνονται στο χάρτη 1.

Το κλίμα της Κύπρου είναι Μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και μακριά ξηρά καλοκαίρια. Το φθινόπωρο και η άνοιξη έχουν μικρή διάρκεια. Η ηλιοφάνεια υπάρχει καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου με διάρκεια 11,5 ώρες την ημέρα κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και 5,5 ώρες την ημέρα κατά την διάρκεια του χειμώνα. Λόγω της ξηρασίας του κλίματος, η εξάτμιση του νερού είναι αρκετά ψηλή, φτάνοντας το 80% της ετήσιας βροχόπτωσης. (2)

**Πίνακας 1. Ετήσιες ανάγκες κατανάλωσης νερού στο νησί.**

<b>ΤΟΜΕΑΣ</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ(εκατομ μ3)</b>
Ιδιωτικός	78,08
Γεωργία	372,162
Κτηνοτροφία	5,498

Τα αποθέματα νερού στο νησί συνεχώς μειώνονται λόγω της καθίζησης των στρωμάτων. Η προμήθεια νερού από φυσικές πηγές έχει μειωθεί στα 117,41 εκατομμύρια m<sup>3</sup> από το 2000. Η παρατεταμένη έλλειψη νερού έχει οδηγήσει στην ανάγκη άντλησης νερού με διάφορους τρόπους όπως και στην αφαλάτωση. (2).

**Πίνακας 2. Ισοζύγιο νερού σε πέντε περιοχές. (2002)**

<b>ΠΕΡΙΟΧΗ</b>	<b>ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ εκατομμυρια μ3</b>	<b>ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ εκατομμυρια μ3</b>	<b>ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ εκατομμυρια μ3</b>
Λευκωσία	119,5	30,01	89,49
Λάρνακα	31,83	12,3	19,53
Αμμόχωστος	50,1	25,12	25,78
Λεμεσός	75,318	43,38	31,94
Πάφος	82,149	20,6	61,54

Στον πιο πάνω πίνακα φαίνονται όλες οι περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν πρόβλημα έλλειψης νερού. Η αφαλάτωση νερού δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του ιδιωτικού τομέα ( ο οποίος περιλαμβάνει τον τουρισμό και την βιομηχανία). Λαμβάνοντας υπόψη πόσο σημαντικός είναι ο τουρισμός για την οικονομία της Κύπρου, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για τις ανάγκες αυτού του τομέα αφού στηρίζεται στις ανάγκες νερού για 6 μήνες κατά την διάρκεια της τουριστικής περιόδου.



Πίνακας 3. Ανάγκες για νερό του ιδιωτικού τομέα (2002).

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ εκατομμύρια μ3	ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ εκατομμύρια μ3	ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ εκατομμύρια μ3
Λευκωσία	24,772	9,35 3,7(αφαλάτ.)	11,722
Λάρνακα	7,968	0,3 7,0(αφαλάτ.)	0,65
Αμμόχωστος	7,532	0,0 3,2(αφαλάτ.)	4,332
Λεμεσός	16,407	10,6	5,8
Πάφος	7,222	4,34	2,882

Ο πίνακας 3 μας δείχνει τις ανάγκες νερού στον ιδιωτικό τομέα, όπως επίσης την προσφορά νερού και τις ελλείψεις στις διαφορές πόλεις. Το γεγονός ότι σε ορισμένες περιοχές όπως η Αμμόχωστος, Λάρνακα και Λευκωσία που δεν έχουν σχεδόν καθόλου παροχή πόσιμου νερού από φυσικές πηγές και οι ανάγκες τους πρέπει να ικανοποιούνται από τις μονάδες αφαλάτωσης, δείχνει πόσο σημαντικό είναι το πρόβλημα έλλειψης νερού. (4)

Οι κυριότερες πηγές πόσιμου νερού στο νησί είναι:

- **Υπόγεια νερά**

Τα υπόγεια νερά συνήθως είναι πόσιμα και καθαρά, κυρίως όμως είναι ο πιο φθηνός τρόπος παροχής νερού. Η στάθμη των υπογείων νερών συνεχώς φαίνεται να μειώνεται. Η συνεχής άντληση νερού από τα υπόγεια αποθέματα είναι ο κυριότερος λόγος μείωσης των υπογείων νερών όπως επίσης και η εκροή των νερών στην θάλασσα.

- **Επιφανειακά νερά**

Η συνεχής άντληση νερού με γεωτρήσεις και η αυξανόμενες ανάγκες νερού οδήγησαν στην ανάγκη εκμεταλλεύσεως των επιφανειακών νερών. Μετά την ανεξαρτησία του νησιού το 1960 η Κυπριακή κυβέρνηση αποφάσισε να ξεκινήσει πρόγραμμα αποθήκευσης των επιφανειακών νερών που μέχρι τώρα χάνονταν στην θάλασσα. Η ποσότητα αποθηκευμένου νερού αυξάνεται συνεχώς φτάνοντας τα 304,5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2002 σε σύγκριση με τα 6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 1960. Με βάση τα δεδομένα της International Commission of Large Dams (ICOLD), η Κύπρος θεωρείται ως η πρώτη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με τα πιο πολλά φράγματα αποθήκευσης νερού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Το ποσοστό αυτών των αποθεμάτων φτάνει τα 130-150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά χρόνο. Ποσοστό το οποίο τα τελευταία χρόνια μειώνεται λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων. (4)

- **Αφαλάτωση**

Η μονάδα αφαλάτωσης γλυκού νερού στην Κύπρο ξεκίνησε τον Απρίλη του 1997 στην Δεκέλεια με παραγωγή 20000 m<sup>3</sup> καθημερινά. Λόγω της αυξημένης ανάγκης νερού η μονάδα επεκτάθηκε σε παραγωγή 40000 m<sup>3</sup> ημερησίως. Η μονάδα παρέχει νερό σε Λευκωσία και Λάρνακα όπως επίσης και στις τουριστικές περιοχές Αγίας Νάπας και Παραλιμνίου. Η τιμή πώλησης του νερού προς την κυπριακή κυβέρνηση είναι ΛΚ £0,541 / m<sup>3</sup>. Μια νέα μονάδα αφαλάτωσης με παραγωγή 51660 m<sup>3</sup> ημερησίως λειτουργεί τώρα κοντά στο αεροδρόμιο Λάρνακας. Το κόστος του νερού από αυτή τη μονάδα είναι μόνο £0,43 / m<sup>3</sup>. Επίσης βρίσκονται σε μερική λειτουργία ή υπό ανέγερση μονάδες αφαλάτωσης στην περιοχή Βασιλικού, Μονής και Παραλιμνίου. Το κόστος παραγωγής αναμένεται να φτάσει τις £0,32 / m<sup>3</sup> (4)

- **Εισαγωγή νερού**

Το 1991 ήταν μια χρονιά με αρκετά χαμηλές βροχοπτώσεις. Έτσι έγινε εισαγωγή νερού από την Κρήτη χρησιμοποιώντας δεξαμενόπλοια. Το κόστος αυτού του έργου ήταν αρκετά υψηλό στοιχίζοντας £5,00 / m<sup>3</sup>. Σκέψεις για εισαγωγή νερού ξανάγιναν το 2001, το κόστος όμως ήταν 3 φορές πιο ακριβό από το κόστος αφαλάτωσης νερού. (4)

## **1.2 Αφαλάτωση νερού: διαδικασία αφαλάτωσης και η σχετική τεχνολογία**

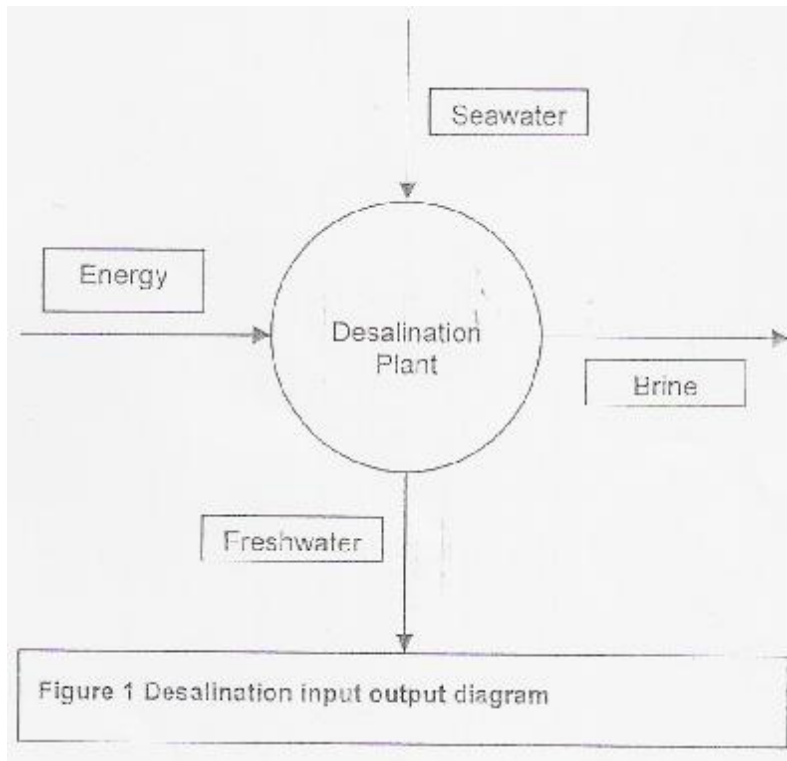
Ο πιο εύκολος τρόπος για να εξηγήσει κάποιος την διαδικασία αφαλάτωσης νερού είναι να κάνει μια ανασκόπηση του λογικού κύκλου. Είναι μια απλή διαδικασία η οποία επαναλαμβάνεται διαρκώς γύρω μας , χωρίς κανένας να το προσέχει ή να δίνει ιδιαίτερη σημασία. Η θερμοκρασία από τον ήλιο μαζί με την βαρύτητα της γης βοηθούν στη δημιουργία αυτού του κύκλου στον οποίο το νερό της γης (θάλασσας) ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα σε μορφή υδρατμού. Λόγω της θερμοκρασίας και διαφόρων άλλων συνθηκών υγροποιείται και επιστρέφει στην γη σε μορφή βροχής.

Στο πιο κάτω διάγραμμα φαίνεται πως γίνεται η αφαλάτωση γλυκού νερού αντιγράφοντας απλά την πιο πάνω διαδικασία. Στο διάγραμμα μπορούμε να δούμε ότι το νερό τοποθετείται σε δεξαμενές, μετά υφίσταται επεξεργασία και έχουμε σαν τελικό προϊόν πόσιμο νερό. Κατά την διαδικασία αυτή τα περισσότερα μεταλλικά στοιχεία και άλατα αφαιρούνται.

Οι κυριότερες κατηγορίες αφαλάτωσης είναι η θερμική και μεμβράνης.

- **Διαδικασία θερμικής αφαλάτωσης**

Αντιγράφοντας τον υδροσκοπικό κύκλο σε αυτή την διαδικασία το νερό θερμαίνεται μέχρι τον βαθμό εξάτμισης, η εξάτμιση μαζεύεται και υγροποιείται καταλήγοντας σε πόσιμο νερό. Υπάρχουν δύο μέθοδοι. Η Multi-Stage Flash distillation (MSF) και η Multi-Effect Distillation (MED).



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα εισροών-εκροών αφαλάτωσης.

## § Διαδικασίες με χρήση μεμβρανών

Και οι δυο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, η ηλεκτρόλυση και η αντίστροφη όσμωση, εκμεταλλεύονται την ικανότητα της μεμβράνης να διαχωρίζει και να επιλέγει τα άλατα και το νερό.

### 1. Ηλεκτροδιάλυση. (ED)

Είναι η ηλεκτρική τάση που οδηγεί την διαδικασία και χρησιμοποιεί ηλεκτρική ισχύ για να επιλέξει και μετακινήσει τα άλατα δια μέσου της μεμβράνης, αφήνοντας πίσω το καθαρό νερό.

Η βασική ED μονάδα απαιτεί πολλές εκατοντάδες ζεύγη κελιών που είναι δεμένα μεταξύ τους εξωτερικά με ηλεκτρόδια. Το πόσιμο νερό διέρχεται μέσω των κελιών ταυτόχρονα, για να δημιουργηθεί έτσι μια συνεχής ροή αφυδατωμένου νερού. Αυτό το νερό συγκεντρώνεται σε αποθηκευτικό χώρο. (5).

## *2. Αντίστροφη Όσμωση (RO)*

Το σύστημα της RO διαφέρει στις εγκαταστάσεις των ημιδιαπερατών μεμβρανών, οι οποίες χρησιμοποιούνται στο διαχωρισμό του νερού από τα άλατα. Επιτρέπουν στο πόσιμο νερό να περνά διαμέσου του διαμερίσματος της άλμης υπό την επίδραση της εφαρμοσμένης πίεσης. Όταν η πίεση είναι υπερβολική, παρακρατούνται τα άλατα και το καθαρό νερό περνά από την άλμη στον διαμέρισμα του καθαρού νερού. Το αλατισμένο νερό πιέζεται να διέλθει διαμέσου της επιφάνειας της μεμβράνης, οπότε ένα μέρος του περνά ως καθαρό νερό.(3.2).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ

### ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι μονάδες αφαλάτωσης, όπως και οι περισσότερες βιομηχανίες ασκούν διάφορες επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον τους. Αυτές οι επιδράσεις μπορούν να χωριστούν σε επιδράσεις κατασκευής και σε επιδράσεις λειτουργίας. Οι επιδράσεις της μονάδας ξεκινούν από την έκταση της γης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή. Επίσης υπάρχουν οπτικές και ακουστικές επιδράσεις τις οποίες συχνά δεν λαμβάνουμε υπόψη καταλήγοντας στην μόλυνση του περιβάλλοντος και της ατμόσφαιρας.

Οι πιο σημαντικές φάσεις στην κατασκευή μιας μονάδας αφαλάτωσης μπορούν να θεωρηθούν οι πιο κάτω:

- Περιοχή κατασκευής
- Λειτουργία
  - Εκπομπή αερίων
  - Χημικά απόβλητα
  - Συμπύκνωση (άλμη)

Παρόλο που η μελέτη θα επεκταθεί περισσότερο στην εκπομπή αερίων και στις χημικές απαλλαγές κατά την λειτουργία της μονάδας οι επιδράσεις στην περιοχή της κατασκευής πρέπει να εξηγηθούν.

#### **2.1 Επιδράσεις κατασκευής**

Οι κατασκευαστικές εργασίες μπορεί να έχουν διάφορες επιδράσεις στους πιο κάτω τομείς: εκπομπή αερίων, καταστροφή του θαλάσσιου οικοσυστήματος, καταστροφή αρχαιολογικών χώρων, ενόχληση στα ζώα της περιοχής και στις συνήθειες τους, ενοχλήσεις στους κατοίκους της περιοχής, θόρυβος, καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και της φυσικής θέας από μηχανήματα, σωλήνες και μπετόν.

Η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος μπορεί να συνεχιστεί και μακριά από την μονάδα αφαλάτωσης αν χρειάζονται μεγάλοι σε μήκος σωλήνες για απορρόφηση γλυκού νερού ή για την διανομή του τελικού προϊόντος. Ή ακόμα μπορεί να χρειαστεί να κατασκευαστούν ειδικές μονάδες για την μεταφορά καυσίμων και ενέργειας. Οποιαδήποτε κατασκευαστικά έργα, όπως γεωτρήσεις κοντά σε παραλιακά νερά ή στην θάλασσα πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε να μην καταστρέφεται το περιβάλλον ή να γίνονται όσο το δυνατό λιγότερες καταστροφές.(6).

Μέτρα μείωσης της καταστροφής του περιβάλλοντος τα οποία χρησιμοποιούνται στις οικοδομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εδώ, όπως μέτρα τα οποία περιορίζουν την είσοδο του κοινού στο εργοτάξιο, μείωση θορύβου, επιλογή της καταλληλότερης τοποθεσίας για το εργοτάξιο. Επίσης μπορεί να περιοριστεί ο αριθμός και το μήκος των σωλήνων έξω από το εργοτάξιο. (6).

## **2. 2 Επιδράσεις φάσης λειτουργίας**

Συνήθως, κατά την λειτουργία της μονάδας, τα κυριότερα προβλήματα επέρχονται από τις διάφορες εκπομπές αερίων και τα χημικά απόβλητα κατά την διάρκεια της αφαλάτωσης.

### **2.2.1 Εκπομπή αερίων**

Οι εκπομπές αερίων που δημιουργούνται στις μονάδες αφαλάτωσης όπως και στα περισσότερα εργοστάσια περιέχουν οξείδια αζώτου, διοξείδιο του άνθρακα και ποσότητες οξυγόνου.

Στην διαδικασία απόσταξης λόγω της διάβρωσης μειώνεται ο αερισμός. Στην διαδικασία αντίθετης όσμωσης υπάρχει μείωση degassifier και στην διαδικασία MSF μείωση στις μονάδες αέρος.(1)

Επίσης η ενέργεια που παράγεται στο εργοτάξιο αυξάνει το επίπεδο μόλυνσης του αέρα με διοξείδιο του άνθρακα. Τώρα υπάρχει μια νέα

διαδικασία που βασικά χρησιμοποιεί τον ατμό που παράγεται κατά την διαδικασία της αφαλάτωσης και τον εκμεταλλεύεται για να παραχθεί ενέργεια. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομείται ενέργεια αλλά αυξάνεται και η εκπομπή αερίων.

Ο πίνακας 4, ο οποίος υπάρχει στο βιβλίο του Loizides L (2001), μας δείχνει πόση ενέργεια χρειάζεται ανά χιλιόγραμμο παραγωγής νερού για τις πιο συνηθισμένες μεθόδους αφαλάτωσης νερού.

**Πίνακας 4. Η απαιτούμενη ενέργεια για την αφαλάτωση.**

<b>ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ</b>	<b>MSF</b>	<b>RO</b>
Μορφές ενέργειας που απαιτείται	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
Θερμική κατανάλωση ενέργειας KJ/kl	282	-
Κατανάλωση σε kWh ανά m <sup>3</sup> πόσιμου νερού	3.6	7.5
Ενέργεια από καύσιμα για παραγωγή νερού KJ/kl	149	75

Παρόλο που η κατανάλωση ενέργειας με την διαδικασία RO είναι διπλάσια από την μέθοδο MSF, η παραγωγή νερού στην MSF είναι διπλάσια από την RO. Κατανάλωση θερμικής ενέργειας γίνεται μόνο κατά την διαδικασία MSF.

**Πίνακας 5. Δείκτες εγκατάστασης MSF.**

Δείκτης καυσίμων, Kg καυσίμων/μ <sup>3</sup>	11
Περιβαλλοντικός δείκτης για CO <sub>2</sub> . Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	37
Περιβαλλοντικός δείκτης για SO <sub>2</sub> . Kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	0,09
Περιβαλλοντικός δείκτης για NO. Kg NO/m <sup>3</sup>	0,06



### Πίνακας 6. Δείκτες εγκατάστασης RO.

Δείκτης καυσίμων, Kg καυσίμων/μ3	1,8
Περιβαλλοντικός δείκτης για CO2. Kg CO2/m3	6
Περιβαλλοντικός δείκτης για SO2. Kg SO2/ m3	0,005
Περιβαλλοντικός δείκτης για NO. Kg NO/m3	0,009

Και οι 4 δείκτες για την διαδικασία MSF είναι πιο ψηλοί από την διαδικασία RO ανά m3. Δηλαδή μας δείχνουν και στατιστικά ότι η διαδικασία RO είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον.

#### **2.2.2 Χημικές Εκπομπές**

Κατά την διάρκεια διαφόρων τρόπων αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται χημικά για την προκατεργασία του αλμυρού νερού και για την μετέπειτα επεξεργασία του φυσικού νερού που παράγεται. Τα περισσότερα χημικά χρησιμοποιούνται ως βιοκτόνα, και αντιαφριστικά. (1). Τα κυριότερα από αυτά είναι: οξέα, διαλυτικά, χλώριο, διηθητικά, ενεργός άνθρακας, συσσωματικά κ.λ.π.

Για την μετακατεργασία του παραγομένου πόσιμου νερού από αφαλάτωση, χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένους σκοπούς διάφορα χημικά, καυστική σόδα, χλώριο, ενεργός άνθρακας κ.λ.π.

Χημικές ουσίες οι οποίες επηρεάζουν το θαλάσσιο περιβάλλον είναι:

- Προϊόντα διάβρωσης

Τα απόβλητα μονάδων αφαλάτωσης περιέχουν χαλκό, νικέλιο, σίδηρο, χρώμιο, ψευδάργυρο και άλλα βαριά μέταλλα. Το επίπεδο μόλυνσης μετριέται σε ppd και πρέπει να είναι στο ίδιο ή και πιο χαμηλό από αυτού του περιβάλλοντος το οποίο επιβαρύνεται, που σε αυτή την περίπτωση είναι η θάλασσα.

Τα προϊόντα διάβρωσης δεν είναι σημαντικά όσον αφορά την διαδικασία RO, η οποία χρησιμοποιείται στην Κύπρο. Όλα τα μεταλλικά μέρη της κατασκευής είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Στην μονάδα της περιοχής Δεκέλειας, η συγκέντρωση χαλκού κοντά στα παράλια βρέθηκε λιγότερη από 1 ppm. Στατιστικά, στην περιοχή της Μεσογείου τα επίπεδα χαλκού είναι: στην περιοχή ανοικτών θαλασσών 0,04-0,70 ppm, για παραλιακά νερά 0,01 – 50 ppm. Άρα με ασφάλεια μπορούμε να πούμε ότι, προς το παρόν το επίπεδα αυτά δεν είναι ανησυχητικά. (1).

- Χημικά που παρεμποδίζουν την προσκόλληση αλάτων στις συσκευές (Antiscalants).

Οι επικαθίσεις που παρουσιάζονται στις επιφάνειες του βιομηχανικού εξοπλισμού στην αφαλάτωση οδηγούν με σιγουριά στις λειτουργικές δυσκολίες και στην συνέχεια στην μείωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας απόσταξης, λόγω των απωλειών θερμότητας. Στην διαδικασία RO χρησιμοποιείται το θειικό οξύ για αποφυγή δημιουργίας επικαθίσεων. Η δοσολογία είναι 1 -3 ppm. Τυπικά η άλμη είναι 0,53 ppm. (1).

- Αντιρρυπαντικές πρόσθετες ουσίες

Εκτός από την άλλη ρύπανση συμβαίνει και ανάπτυξη βακτηριδίων, πρωτόζωων και μυκήτων που επικολλώνται στα εσωτερικές επιφάνειες του εξοπλισμού, παραδοσιακά χρησιμοποιείται το χλώριο. (1).

- Αντιαφριστικά

Ο αφρός δημιουργείται από οργανικά στοιχεία του γλυκού νερού, κυρίως προϊόντα έκκρισης και υποβάθμισης των πλαγκτονικών αλγών.

Στην διαδικασία Ro δεν χρειάζονται οι αντιαφριστικές πρόσθετες ουσίες. (1).

### 2.2.3 Άλμη

Στη μέθοδο MSF η αλμυρότητα της άλμης είναι 1,1 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του πόσιμου νερού. Ταυτόχρονα στη μέθοδο RO κυμαίνεται μεταξύ 1,3 και 1,7 φορές. Υποθέτοντας ότι η αλμυρότητα στην Ανατολική Μεσόγειο είναι κοντά στα 39 psu, αυτό σημαίνει ότι για μία μονάδα RO παράγεται αλμυρότητα μεταξύ 51 με 66 psu. (1).

Η ανάλυση του πόσιμου νερού και άλμης στην Δεκέλεια φαίνεται στον πίνακα 9. Η ποσότητα χλωρίνης στο πόσιμο νερό είναι 22,099 mg/l, σε άλμη είναι 43,661 mg/l.

**Πίνακας 8. Χημική ανάλυση άλμης σε σύγκριση με γλυκό νερό στην Δεκέλεια.**

Ανάλυση	Πόσιμο νερό Mg/l	Άλμη Mg/l	Δείκτης (άλμη/ πόσιμο νερό)
CA <sup>++</sup>	450.0	891.2	1,98
Mg <sup>++</sup>	1.4523.0	2.877.7	1,98
Na <sup>+</sup>	12.480.0	24.649.2	1,975
K <sup>+</sup>	450.0	888.0	1,973
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0	0.0	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	160.0	315.3	1,97
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.2	0.4	2
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	3.406.0	6.745.1	1,98
Ba <sup>++</sup>	0.0	0.0	-
Sr <sup>++</sup>	0.0	0.0	-
Cl <sup>-</sup>	22.099.0	43.661.5	1,976
F <sup>-</sup>	0.0	0.0	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.0	-
SiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	-
TDS	40.498,2	80.028,4	1,976
Ph	8,1	0.7.8	-

## **2.2.4 Καθαρισμός των μεμβρανών στη διαδικασία RO**

Στην μονάδα RO, ο καθαρισμός και η αποθήκευση των μεμβρανών μπορεί να προκαλέσουν κινδύνους στο νερό. Οι μεμβράνες πρέπει να καθαρίζονται σε διάστημα μεταξύ 3 και 6 μηνών, ανάλογα με την ποιότητα του πόσιμου νερού και τη λειτουργία της μονάδας. Ο καθαρισμός γίνεται συνήθως με αραίωση με συγκεκριμένα οξέα. Επιπλέον, όταν η μονάδα είναι εκτός λειτουργίας και οι μεμβράνες θα πρέπει να αποθηκευτούν, ακολουθείται η διαδικασία της χημικής αποθήκευσης. Αυτά τα χημικά, κανονικά θα πρέπει να υποστούν επεξεργασία και ακολούθως να διοχετευτούν στην θάλασσα. (1).

## **2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης**

Οι διάφοροι τύποι αφαλάτωσης παράγουν διαφορετικούς τύπους ρυπαντών. Ένας κατάλογος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργούνται από τους ρυπαντές παρατίθεται στον πίνακα 9. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, τα χημικά που ελευθερώνονται από την επεξεργασία του νερού, όπως και τα απολυμαντικά έχουν μεγαλύτερη επίπτωση στο περιβάλλον.

Η τοξικότητα, η αύξηση του PH και η ηχορύπανση είναι χαρακτηριστικές περιπτώσεις ήπιων μορφών ρύπανσης.

Ο πίνακας 9 παρουσιάζει τις γενικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά ο πίνακας 10 δείχνει τις επιπτώσεις των διαφόρων τύπων εγκαταστάσεων: RO, MSF, και ED. Οι τρεις αυτές μέθοδοι αφού χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες για την αφαλάτωση του νερού, είναι λογικό να εκπέμπουν διαφορετικούς ρυπαντές.

Ο κίνδυνος ρύπανσης βαθμολογείται ως Ψηλός=3, Μέτριος=2, Χαμηλός=1

Όπως μπορούμε να αντιληφθούμε οι μέθοδοι RO και ED έχουν τις χαμηλότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

**Πίνακας 9. Επιπτώσεις μεθόδων αφαλάτωσης στο περιβάλλον.**

<b>Πηγές επίπτωσης</b>	<b>Δυσμενείς επιπτώσεις</b>	<b>Επίπεδο επίπτωσης</b>
Θερμή άλμη	Θερμική ρύπανση	
	Μείωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό	2
	Δυσμενείς επιδράσεις στα διάφορα είδη	2
Συγκέντρωση άλμης	Αυξημένη αλατότητα – κίνδυνοι για τα διάφορα είδη	2
Απολυμαντικά	Χλώριο και ενώσεις του – αντιδράσεις του χλωρίου με οργανικές ενώσεις	3
Διάβρωση του εξοπλισμού	Βαριά μέταλλα - τοξικότητα	2
Αντιδιαβρωτικές και αντικολλητικές διεργασίες	Χημικά ευφοτισμόν στο λαμβανόμενο νερό	3
	Τοξικότητα	1
	Αύξηση του PH	1
Καύση καυσίμου και άλλες διεργασίες	Ρύπανση του αέρα	1
	Όξινη βροχή	2
	Φαινόμενο του θερμοκηπίου	2
	Σκόνη	
Αναστάτωση της άμμου από τις ανασκαφές	Ιζήματα	2
	Αναστάτωση και περιορισμός της φωτοσύνθεσης	
	Δυσκολίες στην αναπνοή των υδρόβιων ζώων	2
Κατασκευαστικές δραστηριότητες κ.λ.π. κατά τη διάρκεια της λειτουργίας	Θόρυβος	1

**Πίνακας 10. Σύγκριση των επιπτώσεων μεταξύ των μεθόδων αφαλάτωσης.**

<b>Επιπτώσεις</b>	<b>RO</b>	<b>MSF</b>	<b>ED</b>
Θόρυβος	3	2	1
Νερό υπονόμων	2	3	2
<i>Προϊόν στις ξένες ουσίες του νερού</i>			
Μικροστοιχεία	1	3	1
Τοξικά μέταλλα	2	3	2
Ρυπαντές αέρος	1	3	2
Βιομηχανικός κίνδυνος	1	3	2
Συνολικό σκορ	10	17	10

### **2.3.1 Επιπτώσεις της διάβρωσης**

Η απελευθέρωση προϊόντων που προκαλούν διάβρωση μπορεί να εξηγηθεί ευκολότερα ως απελευθέρωση μετάλλων στη θάλασσα. Αυτά τα μέταλλα – όπως ο σίδηρος, ο χαλκός και άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται από τη μονάδα – στην πραγματικότητα δεν χρησιμοποιούνται ως ελεύθερα ιόντα αλλά ως ανόργανα και οργανικά συμπλέγματα. Στην ουσία το πρόβλημα δεν είναι η πραγματική συγκέντρωση μετάλλων, αλλά η συνολική επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Οι συνέπειες μπορούν να μετριαστούν από την μείωση της επιβάρυνσης.

Γενικότερα, η συγκέντρωση των μετάλλων υπερβαίνει τα φυσικά όρια ανοχής και ουσιαστικά λαμβάνεται υπόψη ως μόλυνση περιβάλλοντος, έστω και να δεν έχουν αποδειχθεί βιολογικές συνέπειες. (1). Δεν είναι ακόμα εφικτό να οριστικοποιηθεί ποία μεταλλική μόλυνση είναι αβλαβή και ποια όχι.

### **2.3.2 Επιπτώσεις από αντικολλητικές διεργασίες**

Οι διεργασίες εξαρτώνται από τον τύπο της μεθόδου. Η χρήση πολυμερών αυξάνει την πιθανότητα για δημιουργία ευτροφισμού.

Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έγινε στην Μάλτα που λειτουργεί μονάδα αφαλάτωσης τύπου RO απέδειξε ότι το pH της άλμης εκεί είναι χαμηλότερο.(1).

### **2.3.3 Επιπτώσεις αντιρρυπαντικών διεργασιών**

Η χλωρίωση είναι αρκετά οικονομική και αποτελεσματική. Δεν μπορεί όμως να ελεγχθεί πλήρως και παράγει παράλληλα άλλα προϊόντα, που δημιουργούν καρκινογόνες επιπτώσεις.

Εκτός από το γεγονός αυτό, το χλώριο δημιουργεί και άλλα προβλήματα στο θαλάσσιο περιβάλλον μέσω της άλμης. Δημιουργεί βιολογικές επιπτώσεις αλλά και χημικές που επιβαρύνουν οργανικά το θαλάσσιο νερό. (1).

Εναλλακτικοί τρόποι αντιρύπανσης όπως τα άλατα του χαλκού έχουν σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση της άλμης με χαλκό. Ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να δημιουργήσουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συσσωρεύονται στο γενικότερο πρόβλημα.

### **2.3.4 Επιπτώσεις από αντιαφριστικές διεργασίες**

Αντιαφριστικές συνέπειες έχουν τα καθαριστικά. Τα καθαριστικά έχουν δυσμενείς συνέπειες στους οργανισμούς. Οι επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα δεν έχουν ξεκαθαριστεί αλλά μπορούν να χαρακτηριστούν ως αρνητικές.

### 2.3.5 Επιπτώσεις από τη συσσώρευση της άλμης

Χωρίς αμφιβολία η άλμη έχει σοβαρές συνέπειες στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η άλμη αναγνωρίστηκε ως βασική αιτία καταστροφής του περιβάλλοντος. Η απελευθέρωση της συγκεντρωμένης άλμης σε μεγάλες ποσότητες απαιτεί πιο προσεκτική μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την απελευθέρωση μικρότερων ποσοτήτων άλμης.

Πέραν τούτου, ο τρόπος απελευθέρωσης της άλμης, επιβαρύνει άλλοτε λιγότερο και άλλοτε περισσότερο το περιβάλλον. Το μέγεθος των αποχετευτικών αγωγών, η απόσταση από την ακτή, το επίπεδο της θάλασσας και οι καιρικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά την απελευθέρωση άλμης και τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον.

Στην μονάδα αφαλάτωσης της Δεκέλειας στην Κύπρο, η οποία έχει παραγωγικότητα 40000 m<sup>3</sup> ημερησίως, η άλμη με αλατότητα που φτάνει το ποσοστό του 72%, διοχετεύεται στη θάλασσα, διαμέσου ενός αγωγού που καταλήγει σε μια μονάδα διάχυσης. Η μονάδα αυτή βρίσκεται σε βάθος 5 μέτρων και σε απόσταση 250 μέτρων από την ακτή. Έτσι επιφέρεται μια αύξηση της αλμυρότητας σε ακτίνα 200 μέτρων. Το ψηλότερο ποσοστό αλμυρότητας παρουσιάζεται στην περιοχή αυτή (54%), όταν το υψηλότερο ποσοστό αλμυρότητας του νερού στην γύρω περιοχή και στην ίδια απόσταση από την θάλασσα φτάνει το (39%). (1).

Οι επιπτώσεις της ψηλής αλμυρότητας της περιοχής διαφέρει ανάλογα με την εποχή, με την μεγαλύτερη επίπτωση να παρουσιάζεται κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.

Η επιβάρυνση της συγκέντρωσης μέσα στην θάλασσα οδηγεί σε μία αλλαγή του οικοσυστήματος, λόγω του ότι παρατηρείται περισσότερη συγκέντρωση στο βυθό, αφού δημιουργείται μεγαλύτερη ποσότητα άλμης στην περιοχή σε σύγκριση με την ανοικτή θάλασσα. Η εισροή αυτή της άλμης στο βυθό, και η



αύξηση της αλμυρότητας του νερού, επηρεάζουν σοβαρά το θαλάσσιο περιβάλλον και κατ' επέκταση την υποθαλάσσια ζωή.

### **2.3.6 Επιπτώσεις της θερμότητας.**

Συνήθως, οι μονάδες αφαλάτωσης ελευθερώνουν την άλμη σε θερμοκρασία μεταξύ 10 – 15 βαθμών Κελσίου. Ο ένας βαθμός πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος όταν συγκεντρώνεται και διοχετεύεται στη θάλασσα, μειώνεται στο αποδεκτό πλαίσιο. Αυτός ο ένας βαθμός πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (1).

### **2.3.7 Επιπτώσεις από αφαίρεση νερού.**

Οι μονάδες αφαλάτωσης θαλάσσιου νερού έχουν μεγάλες εγκαταστάσεις, οι οποίες απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού που το αφαιρούν από τις άλλες θαλάσσιες δραστηριότητες. Κατά συνέπεια, δημιουργούνται δυσμενείς επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής.

Τα παραπέτασμα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή του νερού, τοποθετούνται συνήθως μεταξύ του συστήματος απορρόφησης νερού και των αντλιών. Έτσι οι μεγάλοι υδρόβιοι οργανισμοί μπαίνουν προστάδιο της αφαλάτωσης. Γενικά, θα μπορούσε να πει κάποιος ότι είναι καλύτερα να τοποθετηθούν δίκτυα μπροστά από το παραπέτασμα για να αποφευχθεί η είσοδος στο σύστημα ψαριών και άλλων οργανισμών. (1). Αυτό όμως έχει σαν αρνητική επίπτωση το γεγονός ότι τα ψάρια θα συγκρούονται με το δίχτυ αλλά και την είσοδο διαφόρων μικροοργανισμών στο σύστημα. Έτσι, θα δημιουργείται μια φυσική ζημία που μπορεί να οδηγήσει και στην καταστροφή του τοπικού οικοσυστήματος.

## 2.4 Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αποδειχτεί, οι μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από οποιοδήποτε μονάδα αφαλάτωσης, προέρχονται από τις δραστηριότητες που έχουν ως στόχο την μείωση της ρύπανσης και της διάβρωσης. Αυτά τα χημικά, που σε αρχικό στάδιο χρησιμοποιούνται μόνο για τη συντήρηση του εξοπλισμού, πρέπει να μειωθούν σε πιο αποδεκτά όρια για να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις. Επίσης, τονίζεται, ότι οι ρυπαντές είναι κοινοί σε όλους τους τύπους των μονάδων, και αν δεν υποστούν ορθή διαχείριση προκαλούν πολλαπλάσιες επιπτώσεις από αυτές που αρχικά έχουν εκτιμηθεί. Αυτοί οι ρυπαντές μπορούν να καταναλωθούν από την θαλάσσια ζωή και κατά συνέπεια έμμεσα από τον ίδιο τον άνθρωπο, προκαλώντας του έτσι προβλήματα υγείας.

Οι μέτριοι ρυπαντές, που προέρχονται κυρίως από την συγκέντρωση άλμης, την καύση των καυσίμων και την εκσκαφή της άμμου διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στις αρνητικές επιπτώσεις του περιβάλλοντος.

Αυτοί οι παράγοντες όταν συνδυαστούν, αποτελούν μια φοβερή απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον.

Είναι σαφές ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές δραστηριότητες, πιο φιλικές προς το περιβάλλον, είτε αυτά είναι νέα συστήματα είτε είναι τροποποίηση των υφισταμένων, με κύριο στόχο την όσο το δυνατό λιγότερη ρύπανση του περιβάλλοντος.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ

## ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

### 3.1 Τρέχουσα χρησιμοποίηση της ηλιακής δύναμης στην Κύπρο

Όπως αναφέρεται και στον πρόλογο, το κλίμα της Κύπρου είναι τυπικά Μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και μακριά ξηρά καλοκαίρια. Οι εποχές του φθινοπώρου και της άνοιξης είναι μικρής διάρκειας. Η ηλιοφάνεια κυριαρχεί σχεδόν ετησίως με διάρκεια 11,5 ώρες ημερησίως το καλοκαίρι και 5,5 ώρες, ημερησίως κατά την διάρκεια του χειμώνα. Στον πίνακα 11 ο οποίος δόθηκε από την Μετεωρολογική Υπηρεσία της Κύπρου, φαίνεται λεπτομερώς η διάρκεια ηλιοφάνειας από διάφορα σημεία ελέγχου στο νησί από το 1976 μέχρι το 1990. Από αυτό τον πίνακα μπορούμε να δούμε ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πηγή ενέργειας για οποιαδήποτε χρήση βιομηχανική ή οικιακή. 92% από τα νοικοκυριά και 50% των ξενοδοχείων χρησιμοποιούν μόνο την ηλιακή ενέργεια για παραγωγή ζεστού νερού. Στην πραγματικότητα η Κύπρος είναι μια από τις πρωτοπόρες χώρες στην εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας. Στατιστικά, οι ηλιακοί θερμοσυλλέκτες καλύπτουν 600 m<sup>2</sup> και η παραγωγή ενέργειας φτάνει τα 336,000 Mw ετησίως. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει τα 550 kwh ανά τετραγωνικό μέτρο. Με την χρήση ηλιακής ενέργειας υπάρχει εξοικονόμηση σε ποσοστό 4% σε CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, φτάνοντας τους 286 τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται και για άλλους σκοπούς εκτός από την θέρμανση. Η Αρχή Τηλεπικοινωνιών Κύπρου, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί φωτοκύτταρα για να τροφοδοτεί με ενέργεια διάφορους πομπούς και μεταδότες. Η Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου προσπαθεί, με διάφορους τρόπους, να βρει εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ηλεκτρισμού επενδύοντας σημαντικά κεφάλαια στην ανάπτυξη αυτού του τομέα. (7). Ο μέσος όρος ηλιοφάνειας ημερησίως που συλλέγεται σε ηλιακό θερμοσυλλέκτη τοποθετημένο σε γωνία 35° είναι 5,4 kwh/m<sup>2</sup>.

**Πίνακας 11. Διάρκεια ηλιοφάνειας, μετρημένης από διάφορους σταθμούς.**

Σταθμός	041 Πόλης (1981-1990)	081 Αχέλεια (1976-1990)	225 Πρόδρομος (1976-1990)	320 Σαϊτάς (1976-1990)	377 Αγρός (1981-1990)	640 Λευκωσία (1986-1990)	666 αθαλάσσα (1986-1990)	731 Λάρνακα (1976-1990)
Δεκ	6,1	5,7	3,9	5,2	5,0	5,7	5,8	6,0
Νοεμ	7,1	7,5	5,7	6,8	6,1	6,9	7,6	7,4
Οκτ	8,6	8,9	7,2	8,3	7,8	8,2	8,5	8,7
Σεμπ	10,4	10,5	8,6	10,1	9,6	10,3	10,5	10,5
Αυγ	11,8	11,9	10,2	11,3	10,6	11,7	11,7	11,9
Ιουλ	12,6	12,5	10,6	12,0	11,4	12,3	12,7	12,5
Ιουν	12,2	12,4	10,3	11,9	11,0	12,3	12,2	12,3
Μάιος	10,6	10,9	9,0	10,3	9,5	10,6	11,0	10,7
Απρ	8,9	9,1	7,6	8,6	8,0	9,0	9,3	9,0
Μαρ	7,5	7,4	5,6	6,8	6,2	7,3	7,8	7,4
Φεβ	6,6	6,6	4,6	6,1	5,6	6,3	6,8	6,6
Γεν	5,7	5,6	3,8	5,0	4,7	5,5	6,4	5,8

Στον πίνακα 11 μπορούμε να δούμε ότι η Λάρνακα και η Πόλης οι οποίες είναι παραλιακές περιοχές έχουν περισσότερη ώρα ηλιοφάνεια. Η Λάρνακα έχει ως μέσο όρο ηλιοφάνειας 8,7 ώρες ημερησίως κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, τον χειμώνα 6,13 ώρες ημερησίως , την άνοιξη 9,03 ώρες ημερησίως, το καλοκαίρι, 12,23 ώρες ημερησίως. Ο μέσος όρος ετησίως είναι

9,07 ώρες ημερησίως. Στην περιοχή της Πόλης έχει ως μέσο όρο ηλιοφάνειας 8,7 ώρες ημερησίως κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, τον χειμώνα 6,1 ώρες ημερησίως, την άνοιξη 9,0 ώρες ημερησίως, το καλοκαίρι 12,2 ώρες ημερησίως. Ο μέσος όρος ετησίως είναι 9,0 ώρες ημερησίως. Οι δύο αυτές περιοχές έχουν μεγάλη απόσταση μεταξύ τους καλύπτοντας σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια του νησιού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις πιο πάνω πληροφορίες και τα θετικά στοιχεία από τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας, φαίνεται ότι η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας.

### **3.2 Ποια διαδικασία αφαλάτωσης είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια;**

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί με δύο τρόπους: Ως θερμική ενέργεια συλλέγοντας την με ηλιακούς θερμοσυλλέκτες ή ως ηλεκτρική συλλέγοντας την με φωτοκύτταρα. Και οι δύο μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αφαλάτωση τροφοδοτώντας με φωτοκύτταρα όλα τα μηχανικά στάδια που αναφέρονται στο κεφαλαίο 1 (έμμεση χρήση ηλιακής ενέργειας) και απλά με ηλιακούς θερμοσυσσωρευτές, (άμεση χρήση ηλιακής ενέργειας). Το γεγονός ότι χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια δεν μπορούν να παραχθούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας όσο με άλλα καύσιμα, απαιτεί να υπάρχουν γύρω από την μονάδα μεγάλες εκτάσεις πεδιάδας για εγκατάσταση πολλών ηλιακών θερμοσυλλεκτών. Γεγονός που το καθιστά αδύνατο αφού είναι δύσκολο να βρεθεί μια τέτοια μεγάλη σε έκταση τοποθεσία αλλά και γιατί οι παραλιακές εκτάσεις γης στοιχίζουν ακριβά.

Αν χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια τότε η ποσότητα ενέργειας που θα χρειάζεται θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο μικρή.

Η μέθοδος RO χρειάζεται την λιγότερη ποσότητα ενέργειας.

**Πίνακας 12. Κατανάλωση ενέργειας από διάφορα συστήματα αφαλάτωσης.**

Διαδικασία	Εισαγωγή θερμότητας (KJ/kl του προϊόντος)	Εισαγωγή μηχανικής ενέργειας (KWh/m <sup>3</sup> του προϊόντος)	Πρωταρχική ενέργεια (KJ/kl του προϊόντος)
MSF	294	3,7	338,4
MED	123	2,2	149,4
VC	-	16,0	192
RO	-	12,0	144
ER-RO	-	7,9	94.8
ED	-	12,0	144
Ηλιακή απόσταξη	2330	0,3	2333,6

Στον πίνακα 13 βλέπουμε τις βασικές διαφορές

**Πίνακας 13. Σύγκριση μονάδων αφαλάτωσης**

Στοιχείο	MSF	MED	VC	RO	Ηλιακή απόσταξη
Μέγεθος μονάδας	Μέσο-μεγάλο	Μικρό- μέσο	μικρό	Μικρό-μεγάλο	Μικρό
Νερό θάλασσας-επεξεργασμένο	Χημικά αντικολλητικά και αντιαφριστικά	Αντικολλητικά χημικά	Αντικολλητικά χημικά	Αποξειδοτικά χημικά	-
Τιμή εξοπλισμού (£)	1200 -2000	1250- 1900	1800-2900	2000-2550	900 - 1000

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για ενέργεια μπορούμε να δούμε ότι η MED πληροί τις περισσότερες απαιτήσεις. Υπάρχει λιγότερη κατανάλωση

ενέργειας, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις μέτριου μεγέθους. Η τιμή, σε σύγκριση με την RO, είναι πιο χαμηλή, υπάρχει χαμηλό κόστος κατασκευής και το πιο σημαντικό, υπάρχει λιγότερη κατανάλωση γλυκού νερού καθιστώντας την πιο φιλική προς το περιβάλλον.

Επίσης, πιστεύεται, ότι η ηλιακή ενέργεια είναι καλύτερη και φθηνότερη συγκρινόμενη με τα συστήματα συλλογής θερμικής ενέργειας, π.χ MSF και MED. Μια σύγκριση μεταξύ των δύο συστημάτων είναι η ακόλουθη: (3.1)

- Ενεργειακή οικονομία στην MED διότι η άλμη δεν θερμαίνεται πέραν του σημείου βρασμού καθώς και στην MSF παρουσιάζονται λιγότερες αντιστροφές εφόσον ο ατμός χρησιμοποιείται σε κανονική θερμοκρασία.
- Στην MED το πόσιμο νερό έχει χαμηλότερη συγκέντρωση στις υψηλές θερμοκρασίες έτσι ο κίνδυνος ελαχιστοποιείται και έχει ως αποτέλεσμα την μείωση στην χρήση αντικολλητικών χημικών.
- Στην MED το πόσιμο νερό διέρχεται από την μονάδα εν σειρά και μόνο στην τελευταία φάση υπάρχει μεγιστοποίηση της συγκέντρωσης του.
- Συγκρίνοντας την MSF και VC η MSF χρειάζεται λιγότερο ηλεκτρισμό.
- Για την PR που δίνεται απαιτούνται λιγότερες φάσεις στην MED σε σύγκριση με την MSF έτσι είναι πιο απλή.

### **3.3 Διαδικασία αφαλάτωσης MES**

Το θαλάσσιο νερό ψεκάζεται στο ψηλότερο σημείο του βραστήρα και κατεβαίνει σαν μια λεπτή μεμβράνη, μέσα σε μια δέσμη από σωλήνες, που είναι τοποθετημένη οριζόντια, σε κάθε στάδιο της διαδικασίας. Στο κορυφαίο στάδιο (όπου το νερό είναι και πιο ζεστό) ο ατμός διέρχεται από το σύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας και συμπυκνώνεται μέσα στους σωλήνες. Σαν αποτέλεσμα της χαμηλής πίεσης που δημιουργείται από το μηχάνημα μέσω του σωληνώδους συστήματος εξόδου, η λεπτή μεμβράνη από θαλάσσιο νερό, η οποία θερμαίνεται από εξωτερικούς σωλήνες, δημιουργεί ατμό σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τον συμπυκνωμένο ατμό. (3.1)

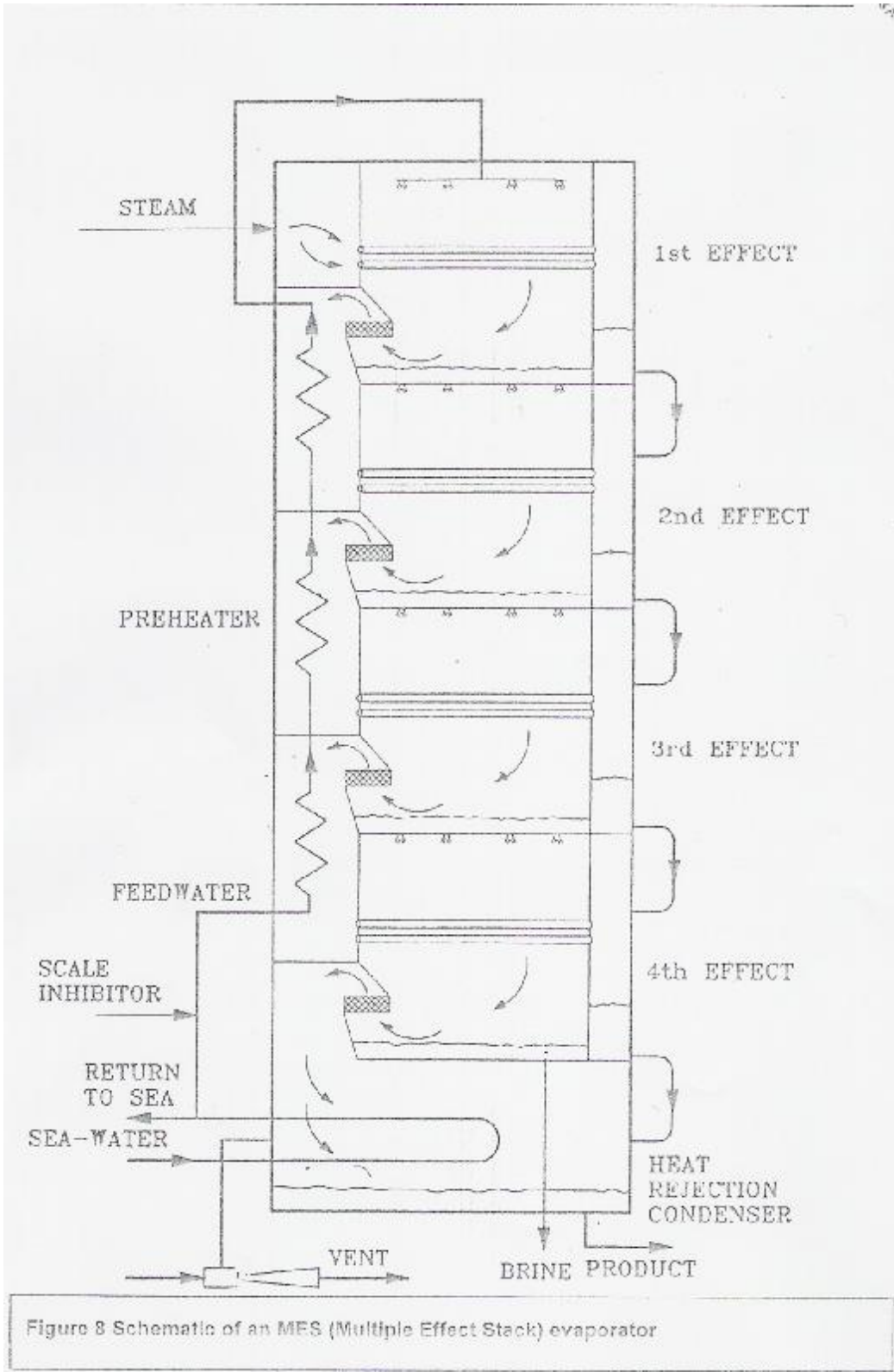
Το θαλάσσιο νερό τότε, πέφτει από το επίπεδο της πρώτης φάσης και ψύχεται καθώς πέφτει απότομα διάμεσου ενός στομίου στην δεύτερη φάση, η οποία έχει χαμηλότερη πίεση. Ο ατμός δημιουργείται στην πρώτη φάση όταν διέρχεται διάμεσου των σωλήνων προς την δεύτερη φάση. Όπως και στο προηγούμενο στάδιο, ο συμπυκνωμένος ζεστός ατμός δημιουργεί το ψυχρό εξερχόμενο θαλάσσιο νερό, για να ζεσταθεί στην πίεση η οποία μειώνεται. (3.1)

Η διαδικασία εξάτμισης-συμπύεσης επαναλαμβάνεται από στάδιο σε στάδιο στην εγκατάσταση. Έτσι δημιουργείται μια σχεδόν ίση ποσότητα προϊόντος, μέσα στους σωλήνες της κάθε φάσης. Ο ατμός που δημιουργείται στην τελευταία φάση στην εξωτερική πλευρά των σωλήνων, ψύχεται από το θαλάσσιο νερό και η περισσότερη ποσότητα του επιστέφει στην θάλασσα. Μια μικρή ποσότητα από αυτό χρησιμοποιείται ως πόσιμο νερό για την εγκατάσταση. Μετά την επεξεργασία με οξέα για την καταστροφή των ανεπιθύμητων ουσιών, το πόσιμο νερό διέρχεται μέσα από προ-θερμαντήρες, που χρησιμοποιούν μέρος του ατμού για να ανυψώσουν βαθμιαία την θερμοκρασία, προτού ψεκαστεί στο ψηλότερο σημείο του μηχανήματος. Το νερό που παράγεται από κάθε φάση συλλέγεται στον πυθμένα ώστε να μπορεί να αποσυρθεί σε κρύα μορφή. Η συγκέντρωση άλμης στο τελευταίο στάδιο γίνεται και αυτή στον πυθμένα σε διαφορετικό όμως αποθηκευτικό χώρο. (3.1)

Η διαδικασία MES είναι απολύτως σταθερή στη λειτουργία της και ρυθμίζει αυτόματα τις συνθήκες του ατμού, ακόμα και αν αυτές αλλάξουν ξαφνικά.

Η καθαρότητα του προϊόντος είναι απολύτως σταθερή αρκετά ψηλή και δεν μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Για το λόγο αυτό αυτή η διαδικασία παρουσιάζεται σαν ιδανική. (3.1)





### 3.4 Οικονομικές παράμετροι του συστήματος.

Η ανάλυση εδώ λαμβάνει υπόψη διαφορετικά συστήματα και οι περιοχές ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος. Η μικρότερη είναι 10τμ. μέχρι 21τμ. η μεγαλύτερη. Το μικρότερο σύστημα είναι ικανό να τροφοδοτεί με πόσιμο νερό συγκροτήματα των 3-4 σπιτιών και το μεγαλύτερο για οικισμούς των 400 κατοίκων περίπου. (3.1)

Η διαμόρφωση της απόδοσης του συστήματος παρουσιάζετε στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 14. Παραγωγή συστήματος αφαλάτωσης διαφόρων επιφανειών.

ΜΗΝΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
	10 T.M	60 T.M	540 T.M	2160 T.M
Ιανουάριος	31	153	2488	11197
Φεβρουάριος	56	341	4672	20010
Μάρτιος	176	1237	11452	59331
Απρίλιος	250	1788	20503	82944
Μάιος	327	2335	26510	107205
Ιούνιος	481	3514	39113	157671
Ιούλιος	517	3795	42139	169972
Αύγουστος	456	3370	37493	151165
Σεπτέμβριος	355	2635	29497	119051
Οκτώβριος	194	1429	16453	66770
Νοέμβριος	83	566	7096	29238
Δεκέμβριος	39	233	3376	15541

Μελετώντας τον πιο πάνω πίνακα μπορούμε να διακρίνουμε ότι η απόδοση του συστήματος είναι συνάρτηση του καιρού. Για παράδειγμα, κατά την διάρκεια ξηρών περιόδων η παραγωγή του συστήματος είναι στο μέγιστο της

σημείο. Αυτό αναμένεται να είναι και το βασικότερο πλεονέκτημα της ηλιακής αφαλάτωσης. Η απόδοση του συστήματος αφαλάτωσης είναι συνάρτηση της μεγιστοποίησης της απόδοσης του ατμού στο σύστημα.

Οι παράμετροι που απαιτούνται για την οικονομική βιωσιμότητα της κάθε μονάδας εξαρτώνται από τα συστήματα στα οποία αναφέρονται. Αυτό είναι εφικτό αν γίνει ανάλυση του κύκλου ζωής μαζί με τα υπόλοιπα μεγέθη όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Επιπλέον απαιτείται και η ετήσια παραγωγή νερού όπως αυτή αναφέρθηκε στον προηγούμενο πίνακα. Ενσωματώνοντας το παρακάτω κόστος στην ανάλυση σε ετήσια βάση έχουμε τα εξής. Κόστος του νερού, πληρωμή υποθήκης, κόστος επισκευών, κόστος της αντλίας, κόστος των καυσίμων, εξοικονόμηση φόρων και το ετήσιο κόστος του συστήματος. (3.1)

**Πίνακας 15. Οικονομική ανάλυση μονάδας αφαλάτωσης.**

ΕΙΔΟΣ	ΑΞΙΑ	ΜΟΝΑΔΑ
Collector area	Εξαρτάται από την περίπτωση	τ.μ
Εξαρτώμενο κόστος περιοχής		£/τ.μ
Ανεξάρτητο κόστος περιοχής		£
Περίοδος οικονομικής ανάλυσης	20,00	χρόνια
Επιτόκιο αγοράς	7,84	%
Ετήσια συντήρηση	2,00	%
Ετήσια αύξηση της συντήρησης	2,00	%
Συνολικό κόστος αντλίας		kw
Τιμή του ηλεκτρισμού	0,04	£/kWh
Ετήσια αύξηση τιμής ηλεκτρισμού	2,90	%
Ετήσιο κόστος καυσίμων	Εξαρτάται από την περίπτωση	£
Ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων	Εξαρτάται από την περίπτωση	£
Ετήσια αύξηση κόστους καυσίμων	0,60	%
Αξία μεταπώλησης	30,00	%

Το ετήσιο κόστος τόσο των ηλιακών συστημάτων όσο και των μη ηλιακών συστημάτων για να παραχθεί η απαιτούμενη ενέργεια παρουσιάζεται ως εξής:

Ετήσιο κόστος συστήματος = τόκοι επί του κεφαλαίου + κόστος συντήρησης + κόστος αντλίας + κόστος καυσίμων – κόστος νερού – εξοικονόμηση καυσίμων – εξοικονόμηση φόρου. (3.1).

Η παρούσα αξία του ετήσιου κόστους του συστήματος είναι η εξής:

$PA = \text{ετήσιο κόστος συστήματος} / (1 + d)^N$

$N = \text{αριθμός ετών}$

Η τιμή του νερού ανά κυβικό μέτρο είναι κυμαινόμενη μέχρι ο υπολογισμός που γίνεται για τον κύκλο ζωής του συστήματος να τείνει στο μηδέν. Αυτό μπορεί να γίνει αν λάβουμε υπόψη το νεκρό σημείο της τιμής του νερού που παράγεται στο σύστημα. (3.1)

Το συνολικό κόστος για μονάδα 10τ.μ είναι £1121, για 60 τ.μ. είναι £5292, για 540 τ.μ. £41560 και για 2160τ.μ. £159188.

Το οικονομικό σενάριο που έχει χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση έδωσε ότι θα πληρωθεί το 30% του κόστους άμεσα και το υπόλοιπο 70% σε ίσες δόσεις μέχρι το τέλος της χρήσιμης ζωής του συστήματος. Επίσης αναφέρεται ότι το σύστημα θα πωληθεί στο τέλος της χρήσιμης του ζωής στο 30% του αρχικού του κόστους. Αυτή θα είναι η αξία μεταπώλησης του.

Ο κυπριακός νόμος επιστρέφει ένα ποσοστό 20% της επένδυσης για τόνωση των νέων επιχειρηματιών και ένα ετήσιο ποσό που φτάνει το 10% ως μισθό του επιχειρηματία για 10 χρόνια. (3.1).

Η οικονομική ανάλυση που ακολουθεί, αναφέρεται σε τρεις τρόπους λειτουργίας της μονάδας. Με την πρώτη μέθοδο το σύστημα τροφοδοτείται αποκλειστικά με συμβατικά καύσιμα. Στη δεύτερη μέθοδο η εγκατάσταση λειτουργεί αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια και τέλος η τρίτη μέθοδος αποτελεί συνδυασμό των δυο πρώτων. (3.1). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει επιδότηση στην τιμή των καυσίμων από την κυβέρνηση. Η κανονική τιμή των καυσίμων είναι στην πραγματικότητα

διπλάσια, από την κανονική τιμή του νερού, έτσι η τιμή του νερού για την περίπτωση των μη επιδοτούμενων καυσίμων θα πρέπει να υπολογιστεί.

Τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 16. Από το πίνακα συμπεραίνουμε ότι η λειτουργία του συστήματος αποκλειστικά με χρήση ηλιακής ενέργειας δεν είναι συμφέρουσα από οικονομικής άποψης. Αυτό οφείλεται στο ψηλό κόστος των απαιτούμενου εξοπλισμού αλλά και από τα μεγάλα διαστήματα τα οποία το σύστημα δεν θα είναι σε χρήση. Το σύστημα που τροφοδοτείται αποκλειστικά με συμβατικά καύσιμα είναι οικονομικά ποιο συμφέρον στις περιπτώσεις που έχουμε να τροφοδοτήσουμε μικρές εκτάσεις και περιοχές, ενώ ταυτόχρονα, ο συνδυασμός των δύο μεθόδων είναι ο ιδανικότερος όταν αντιστοιχεί σε μεγάλες εκτάσεις.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι θα είχαμε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα στην περίπτωση που δεν υπήρχαν επιδοτήσεις στα καύσιμα.

Πίνακας 16

Τρόπος Λειτουργίας	10 τ.μ.		60 τ.μ.		540 τ.μ.		2160 τ.μ.	
	επιδο τήσεις	Όχι επιδο τήσεις	επιδο τήσεις	Όχι επιδο τήσεις	επιδο τήσεις	Όχι επιδο τήσεις	επιδο τήσεις	Όχι επιδο τήσεις
Καύσιμα	197	2.99	1.09	1.68	1.39	1.39	0.88	1.37
Ηλιακή	6.7	6.7	3.32	3.32	2.43	2.43	2.28	2.28
Συνδυασμός	2.2	3	1.13	1.6	0.89	1.29	0.87	1.28

Η πίνακας ευαισθησίας που ακολουθεί μας δίνει την δυνατότητα να μελετήσουμε και να ερευνήσουμε την ευαισθησία του οικονομικού μοντέλου και τις επιπτώσεις από την μεταβολή των διαφόρων μεταβλητών στην τιμή του νερού. Χρησιμοποιείται ως βάση του συστήματος τα 540τ.μ. και η χρήση συνδυασμού καυσίμων, και όπως φαίνεται στον πίνακα 16, αυτό έχει άξια £0.89/Μl.

Οι διαφορές της ανεξάρτητης επιφάνειας και της εξαρτημένης παρουσιάζονται στον Πίνακα 17.

**Πίνακας 17. Διαφορές εξαρτημένης και ανεξάρτητης επιφάνειας.**

Στοιχείο	Ποσοστιαία διαφορά %			
	+20	+10	-10	-20
Εξαρτημένη επιφάνεια (€/τ.μ.)	0,91	0,90	0,88	0,87
Διαφορά	+2,2%	+1,1%	-1,10%	-2,20%
Ανεξάρτητη επιφάνεια (€/τ.μ.)	0,96	0,93	0,86	0,83
Διαφορά	+7,9%	+4,5%	-3,40%	-6,70%

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο βασικός σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να τεκμηριώσει την ανάγκη για μια πιο βιώσιμη μέθοδο αφαλάτωσης στην Κύπρο. Για να γίνει αυτό, αρχικά εντοπίστηκε η ανάγκη για αφαλάτωση παρουσιάζοντας την κατάσταση της αποθήκευσης του νερού. Οι πίνακες στο Κεφαλαίο 1 δείχνουν, πέραν πάσης αμφιβολίας, ότι η Κύπρος πάσχει στον τομέα της αποθήκευσης του νερού και ότι δεν μπορεί να καλυφτεί με τις υφιστάμενες μεθόδους, αφήνοντας ως μοναδική πρακτική λύση στην αντιμετώπιση του προβλήματος την αφαλάτωση. Επιπλέον παρουσιάζονται οι υφιστάμενες τεχνολογίες, για την επιλογή της καλύτερης και ιδανικότερης μεθόδου.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται όλες οι επιβλαβείς συνέπειες και η ρύπανση που παράγεται από τις υφιστάμενες τεχνολογίες. Πρέπει να τονιστεί ότι οι περισσότερες ρυπάνσεις που παράγονται, κυρίως χημικές, απορρίπτονται με την άλμη, που επιβαρύνει την θάλασσα. Οι πίνακες του Κεφαλαίου 2 δείχνουν ότι όλες οι διαφορετικές μέθοδοι (MSF, RO, and VC) έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, και ειδικά στο θαλάσσιο περιβάλλον όπου διοχετεύεται η άλμη. Πρέπει να επισημανθεί ότι στους *πίνακες 7 και 8* η ρύπανση διαχωρίζεται πριν την λειτουργία και μετά τη λειτουργία. Η λειτουργική φάση συνδέεται άμεσα με τον τύπο των μηχανημάτων. Όσο λιγότερα χημικά χρησιμοποιούνται τόσο λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρατηρούνται. Ένας άλλος κοινός ρύπος είναι η άλμη που συγκεντρώνεται και η οποία αυξάνει την αλμυρότητα του νερού. Η ζεστή άλμη δημιουργεί θερμική ρύπανση, αφού μειώνει το οξυγόνο στο νερό και δημιουργεί βλαβερές επιπτώσεις. Φυσικά, όλα αυτά εξαρτώνται από τον τύπο των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται καθώς και από τις εξειδικευμένες διαδικασίες τις οποίες υφίσταται το θαλάσσιο νερό.

Σύμφωνα με τον *Πίνακα 10*, οι ψηλοί ρυπαντές επηρεάζουν και προκαλούν αντίδραση του χλωρίου με οργανικές ενώσεις οι πιο συχνές των οποίων είναι οι υδρογονάνθρακες, χημικά, αντιδιαβρωτικά και άλλα. Αυτά τα χημικά

προσθέτονται στην προλειτουργική και στην μεταλειτουργική φάση της διαδικασίας.

Η εγκατάσταση στη μέθοδο MES χρειάζεται λιγότερη προλειτουργική διαδικασία, και για το λόγο αυτό μειώνονται τα χημικά και οι αρνητικές τους επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον η τροφοδότηση γίνεται με χαμηλότερη συγκέντρωση στις ψηλές θερμοκρασίες. Έτσι μειώνεται ο κίνδυνος ρύπανσης και ελαχιστοποιούνται οι βλαβερές συνέπειες στο περιβάλλον. Το PH προσαρμόζεται στο 7 και προκαλεί αύξηση στο επίπεδο του νατρίου και στο νερό αλλά και στην άλμη, απολυμαίνει, ρυθμίζει το επίπεδο της χλωρίνης. Στα μηχανήματα της μεθόδου MES, η άλμη δεν ζεσταίνεται στο σημείο βρασμού και μειώνεται έτσι η θερμική ρύπανση. Σαν αποτέλεσμα είναι η μείωση του οξυγόνου στο θαλάσσιο νερό και αυτό οδηγεί σε αναπνευστικά προβλήματα της θαλάσσιας ζωής αλλά και δυσμενείς επιπτώσεις στα θερμικά ανεκτά όρια των κλειστών θαλασσών. Από την άλλη πλευρά δεν έχουμε κάποια στοιχεία που να δείχνουν μείωση της αλμυρότητας της άλμης, και αυτό δεν είναι εφικτό μέχρι να μετρηθεί η μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας αυτού του τύπου των μηχανών. Με την κατάλληλη διαδικασία το μαγειρικό άλας μπορεί να αφαιρείται από την άλμη, δίνοντας έτσι μια επιπλέον πηγή εισοδήματος. Φυσικά η άλμη πρέπει να απαλλάσσεται από τα οποιαδήποτε χημικά που μπορεί να παρουσιάζονται προτού αρχίσει αυτή η διαδικασία.

Η διάβρωση των μηχανημάτων είναι αναπόφευκτη. Κάτω από τον κατάλληλο σχεδιασμό των μηχανημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανοξείδωτος χάλυβας ή κάποιο άλλο υλικό ώστε να αντιμετωπισθεί η διάβρωση.

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τροφοδότηση του μηχανήματος ως εναλλακτική λύση, είναι πιο φιλική στο περιβάλλον. Το γεγονός ότι η ηλιακή ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη 24 ώρες το εικοσιτετράωρο και λαμβάνοντας υπ όψιν ότι η εκπομπή ηλιακής ακτινοβολίας διαφέρει κατά την διάρκεια του έτους, σημαίνει ότι τα μηχανήματα δεν θα τροφοδοτούνται με ενέργεια συνεχώς κατά την απαιτούμενη περίοδο. Το μηχανήμα συνδυάζει τα συνηθισμένα ορυκτά καύσιμα με την ηλιακή ενέργεια και αυτό σημαίνει ότι οι ρυπαντές συνδέονται με την πηγή ενέργειας που παρουσιάζεται. Άλλη πρόταση είναι να αποθηκεύεται επιπρόσθετη ενέργεια για να χρησιμοποιείται στις αδρανείς περιόδους. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται περισσότερος χώρος



αλλά και περισσότερο αρχικό κεφάλαιο για τον εξειδικευμένο αυτό εξοπλισμό. Αυτό αυξάνει το κόστος της επένδυσης και κατά συνέπεια το κόστος του παραγόμενου νερού. Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3, η Κυπριακή κυβέρνηση δίνει κίνητρα για αυτό τον τύπο της επένδυσης και αυτό αποτελεί μια πολύ καλή λύση.

Η παραγωγή του πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό είναι το πιο σημαντικό και θετικό σημείο αυτής της έρευνας. Η αύξηση των πηγών του πόσιμου νερού στην Κύπρο είναι αναγκαία για να δημιουργήσει αλλά και να αναβαθμίσει το επίπεδο της ποιότητας ζωής των πολιτών.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι αυτός ο τύπος της ανάπτυξης μπορεί να προκαλέσει μείωση του αλιευτικού χώρου. Αυτή όμως η μείωση από τις εγκαταστάσεις είναι ασήμαντη αν το συγκρίνουμε με τα οφέλη. Επιπρόσθετα, η γη η οποία χρησιμοποιείται για αυτές τις αναπτυξιακές ενέργειες βρίσκεται κοντά στη θάλασσα. Και δεν χρησιμοποιείται ως καλλιεργήσιμη γη. Αυτό μπορεί να προκαλέσει αντιδράσεις από αγρότες εφόσον ουσιαστικά μειώνεται η εκμεταλλεύσιμη γη. Ακόμα κάποιες άλλες αναπτυξιακές ενέργειες και μονάδες μπορεί να επηρεαστούν από αυτή την ανάπτυξη, εάν οι εγκαταστάσεις για παράδειγμα βρίσκονται κοντά σε κάποια τουριστικά καταλύματα. Αν όμως γίνει σωστός προγραμματισμός και σωστή σχεδίαση μπορεί να ελαχιστοποιηθεί αυτό.

Η κυβερνητικές αρχές μπορούν να παρακολουθούν τις εκπομπές χημικών από τις εγκαταστάσεις ή να εκδώσουν νόμους οι οποίοι να ρυθμίζουν την χρήση τους ώστε να ελαχιστοποιήσει την παραγόμενη ρύπανση από αυτά. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται στην προ διαχειριστική φάση για την ασφάλεια της εγκατάστασης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως στην μετά διαχειριστική φάση. Μπορούν να γίνουν κάποιοι ειδικοί σχεδιασμοί από τους μηχανολόγους, σε διαφορετικούς τύπους χημικών που είναι πιο φιλικό για το περιβάλλον, και τα οποία προτείνονται από ειδικούς χημικούς. Αν αυτό μπορεί να γίνει εφικτό τότε θα είναι ένα σημαντικό βήμα για να δημιουργηθούν εγκαταστάσεις φιλικές προς το περιβάλλον. Η πιθανότητα χρήσης νέας τεχνολογίας για αφαλάτωση με σκοπό τη μείωση της προλειτουργικής φάσης

έχει ήδη αρχίσει να συζητείται. Όμως θα πρέπει να δίνεται περισσότερη προσοχή στην μεταλειτουργική φάση και τα χημικά, αφού τα χημικά αποδείχτηκαν ότι είναι οι ρυπαντές με το ψηλότερο επίπεδο αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Στο κεφαλαίο 3 δίνονται όλες οι λεπτομέρειες αναφορικά με την εγκατάσταση MES. Παρουσιάζεται το πώς λειτουργεί η εγκατάσταση αυτή και ποια χημικά χρησιμοποιούνται στην προλειτουργική φάση. Δεν έχουμε όμως αρκετές πληροφορίες αναφορικά με τα χημικά που χρησιμοποιούνται στη μεταλειτουργική φάση όσο και για τον εξοπλισμό και για τις δύο φάσεις. Η απλότητα της εγκατάστασης αλλά και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί δείχνουν ότι χρειάζεται μόνο βασική συντήρηση για τη διάβρωση. Κατ' επέκταση αυτό σημαίνει λιγότερα έξοδα συντήρησης. Η εγκατάσταση θα πρέπει να χρησιμοποιεί γυάλινα παράθυρα σε κάθε στάδιο της διαδικασίας για καλύτερη επιθεώρηση και έλεγχο. Δεν υπάρχουν όμως περισσότερες πληροφορίες διαθέσιμες σχετικά με τον εξοπλισμό και κατά συνέπεια για το σύστημα συντήρησης για όλες της φάσεις.

Επιπρόσθετα, στο κεφαλαίο 3, παρουσιάζονται οι οικονομικές παράμετροι της εγκατάστασης. Αυτές δείχνουν ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα για προώθηση νερού σε οικισμούς άνω των 400 σπιτιών, βασιζόμενοι στην παρούσα τεχνολογία και τις τρέχουσες τιμές. Αυξάνοντας την απόδοση της συγκεκριμένης εγκατάστασης με ταυτόχρονη μείωση των τρεχουσών τιμών θα βρεθούμε σε μια εγκατάσταση η οποία θα είναι το ίδιο αποδοτική με την υφιστάμενη τεχνολογία.

Αυτός ο τύπος της εγκατάστασης είναι σίγουρα ο πιο φιλικός προς το περιβάλλον συγκρινόμενος με τις υφιστάμενες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. Το γεγονός ότι είναι μια καινούργια ιδέα, δεν έχει ελεγχθεί πλήρως και δεν ερευνήθηκε για να βρεθούν ποιο αποδοτικές λύσεις για την κάλυψη των αδυναμιών που δείχνει. Εξακολουθεί όμως να παραμένει μια πολύ καλή προσδοκία για το μέλλον και μπορεί να αποδειχτεί ως η καταλληλότερη ανάπτυξη και η πιο βιώσιμη λύση για το υδατικό πρόβλημα της Κύπρου.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- (1) Loizides L. Seawater desalination in Mediterranean countries. United Nations Environment Programme, Mediterranean action plan, Meeting in Venice, Italy
- (2) European Commission, directorate General for Research. Powered Desalination Systems in the Mediterranean Region. Seminar Proceedings, Lemesos 2000
- (3.1) Kalogirou S. Use of parabolic trough solar energy collectors for seawater desalination. Applied Energy 1998
- (3.2) Kalogirou S. Survey of solar desalination systems and system selection. Applied Energy 1997
- (3.3) Kalogirou S. Economic analysis of solar assisted desalination system. Applied Energy 1997
- (4) Σωκράτους Γ. Water resources management efficiency, equity and policy. Πανεπιστήμιο Κύπρου 2000. Weather department, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία.
- (5) Buros O.K. the ABCs of desalting second edition. International Desalination Association, Massachusetts, USA
- (6) Susan E. Pantell, 1993. Seawater desalination in California. California Coastal Commission.
- (7) Χρύσης Ι. Large scale Utilisation of solar energy in Cyprus. Υπουργείο Εμπορίου, βιομηχανίας και Τουρισμού.

Επιπρόσθετη βιβλιογραφία:

Weather department, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία.

Δεληγιάννη και Μπελισιώτη. Μεθόδοι και συστήματα αφαλάτωσης – Διαδικασίες αφαλάτωσης.

Larnaka desalination plant technical specification. June 1998 Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία.

Διαδύκτιο:

<http://www.edsoc.com>

<http://www.ida.bm>

<http://www.pio.gov.cy>

<http://www.medrc.org.om>

<http://www.desaline.com>

<http://www.waterdesalination.com>

<http://www.cosmosnet.net>