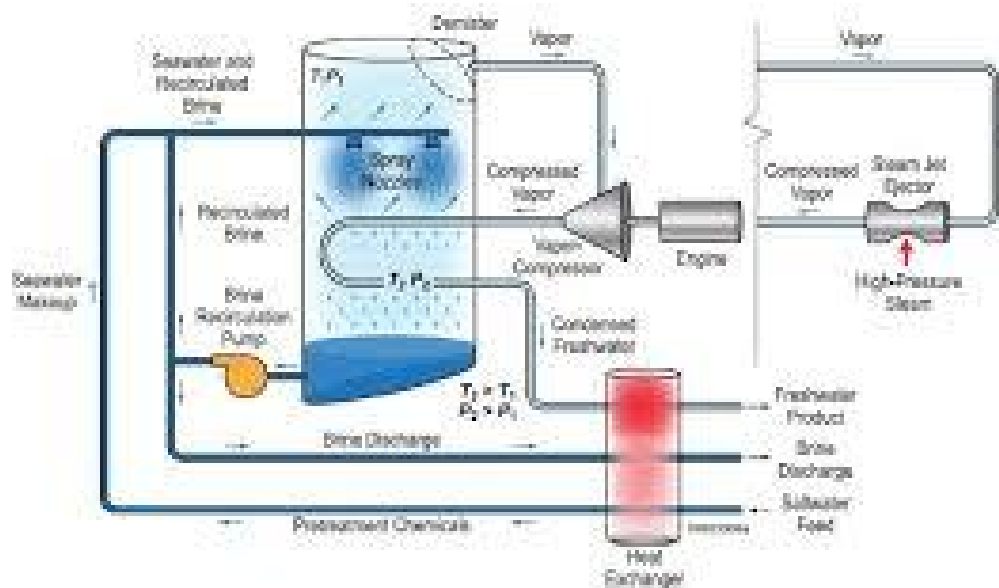


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ  
ΑΦΥΓΡΑΝΣΗΣ.



ΟΝΟΜΑ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΩΝΥΜΟ: ΜΑΝΩΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΠΟΛΥΖΑΚΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον κύριο Πολυζάκη , για όλα τη βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	3
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> Εισαγωγή .....	7
1.1. Περιορισμός των υδάτινων πόρων.....	7
1.2. Συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης.....	8
1.3. Περιορισμοί των συμβατικών τεχνολογιών αφαλάτωσης.....	10
1.4 Στόχος και περιγραφή της παρούσας εργασίας.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> Θεωρητικό Υπόβαθρο .....	12
2.1. Η ανάγκη εξαγωγής νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα.....	12
2.2. Γιατί ο ατμοσφαιρικός αέρας; .....	13
2.3 Υδρατμοί στον ατμοσφαιρικό αέρα.....	14
2.4. Συλλογή μορίων νερού .....	15
2.5. Δημιουργία υγρού νερού.....	16
2.6 Ατμοσφαιρική επεξεργασία υδρατμών (AWVP) .....	16
2.6.1 Συλλογή ομίχλης.....	18
2.6.2 Μοντέρνες τεχνικές ατμοσφαιρικής συμπύκνωσης.....	20
2.6.3 Τρόπος λειτουργίας.....	21
2.6.3.1 Εξατμιστής.....	23
2.6.3.2 Ο συμπυκνωτής.....	24
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> Προβλήματα και Λειτουργία Συσκευής .....	25
3.1. Προβλήματα λειτουργίας .....	25
3.1.1 Πρόβλημα απελευθέρωσης λανθάνουσας θερμότητας.....	25

3.1.2	Χαμηλή σχετική υγρασία .....	26
3.1.3	Επιλογή ψυκτικού .....	26
3.2	Περιγραφή λειτουργίας του συστήματος.....	27
3.2.1	Ψύξη Peltier.....	27
3.2.2	Τεχνολογία βασισμένη στην ξήρανση .....	30
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> Αξιολόγηση Και Σύγκριση Με Υπάρχοντα Συστήματα.....		31
4.1	Διαθέσιμα συστήματα .....	31
4.1.1	Επίγειοι συλλέκτες.....	31
4.1.2	Ο κύκλος απορρόφησης-αναγέννησης .....	33
4.1.4	Συστήματα ξήρανσης.....	34
4.1.5	Ψύξη Αέρα .....	42
4.1.6	Συλλογή δροσιάς .....	43
4.1.7	Εμπορικά συστήματα.....	46
4.2	Σύγκριση με άλλα συστήματα .....	51
4.2.1	Σύγκριση με συστήματα αφαλάτωσης.....	51
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup>		
5.1	Συμπεράσματα .....	53
5.2	Προσωπική εργασία.....	55
5.3	<< ΜΕΛΛΟΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ >>.....	58
Βιβλιογραφία.....		60

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

## Περίληψη

Η εργασία χωρίζεται στα κάτωθι κεφάλαια:

Στο **Δεύτερο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο για συστήματα του τύπου αυτού καθώς και ορισμένα από τα συστήματα σε λειτουργία και σχετικές εργασίες από την διεθνή βιβλιογραφία.

Στο **Τρίτο Κεφάλαιο**, παρουσιάζεται η λειτουργία και τα βασικά μέρη του συστήματος.

Στο **Τέταρτο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την λειτουργία του συστήματος και η σύγκριση με αντίστοιχα υπάρχοντα

Στο **Πέμπτο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

Η εργασία κλείνει με την παρουσίαση της σχετική βιβλιογραφίας.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή

Οι αναπτυξιακοί στόχοι της χιλιετίας που έθεσαν τα Ηνωμένα Έθνη υπογραμμίζουν την κρίσιμη ανάγκη επίτευξης αυτοσυντήρησής στον τομέα της παροχής πόσιμου νερού. Τα συστήματα αφαλάτωσης είναι απαραίτητα για τη λύση αυτού του προβλήματος. Ωστόσο, οι συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης είναι συνήθως μεγάλης κλίμακας, τεχνολογικά εντατικά συστήματα που είναι τα πλέον κατάλληλα για τις πλούσιες σε ενέργεια και οικονομικά προχωρημένες περιοχές του κόσμου. Επίσης, προκαλούν περιβαλλοντικούς κινδύνους, επειδή οδηγούν στην παραγωγή ορυκτών καυσίμων και επίσης λόγω του προβλήματος της διάθεσης της άλμης.

### Στόχος και περιγραφή της παρούσας εργασίας

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ένα σύστημα αφαίρεσης της υγρασίας από τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω συμπύκνωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού. Η εργασία παρουσιάζει την βασική θεωρία αλλά και την δομή ενός τέτοιου συστήματος που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στον Ελλαδικό χώρο για την παραγωγή πόσιμου νερού σε σημεία που παρουσιάζουν μεγάλες ελλείψεις, όπως για παράδειγμα σε πολλά από τα μικρότερα νησιά του Αιγαίου όπου οι υδροφόροι έχουν ήδη δει υπερβολική χρήση ώστε να μειωθεί ο όγκος του νερού ή το νερό είναι υφάλμυρο, και παρουσιάζουν παράλληλα χαμηλά επίπεδα βροχόπτωσης αλλά και συγκράτησης νερού επιφανειακά και στο υπέδαφος.

#### 1.1. Περιορισμός των υδάτινων πόρων

Τρία βασικά προϊόντα για την ανθρώπινη ζωή είναι η κατοικία, τα είδη ένδυσης και τα τρόφιμα. Από τα τρία βασικά προϊόντα, το τρίτο καταναλώνεται από τους ανθρώπους. Έτσι, πρωταρχική σημασία δίνεται στον καθαρό και μη μολυσματικό χαρακτήρα του. Το νερό είναι ένα από τα πολύ σημαντικά στοιχεία, στη καθημερινή ζωή, που δεν χρησιμοποιείται μόνο για το φαγητό αλλά και για πόση και καθαρισμό. Σύμφωνα με μία από τις έρευνες του Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ), το 97,5% του νερού στη γη είναι αλμυρό και το υπόλοιπο 2,5% είναι γλυκό νερό. Επίσης, το 70% του γλυκού νερού βρίσκεται στους πόλους και το άλλο 30% υφίσταται είτε ως υγρασία εδάφους είτε σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Αυτό οδηγεί σε μια εκτίμηση ότι λιγότερο από το 1% του γλυκού νερού του πλανήτη (ή περίπου το 0,007% του συνόλου του νερού στη γη) είναι εύκολα προσβάσιμο για άμεση ανθρώπινη χρήση. Φυσικά, η έλλειψη νερού δεν αποτελεί νέο πρόβλημα.

Το μολυσμένο πόσιμο νερό είναι επικίνδυνο για την υγεία. Μια πρόσφατη μελέτη της Lorna του ΠΟΥ δείχνει ότι κάθε οκτώ δευτερόλεπτα ένα παιδί πεθαίνει από ασθένεια που σχετίζεται με το νερό και ότι κάθε χρόνο περισσότερα από 5 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες που συνδέονται με το μη ασφαλές πόσιμο νερό ή την ανεπαρκή αποχέτευση. Οι οικιακοί καθαριστές νερού δεν μπορούν να απομακρύνουν όλα τα παράσιτα, τους ιούς, τα βακτήρια και τα βαρέα μέταλλα.

Αυτοί οι παράγοντες υποδηλώνουν την ανάγκη ανάπτυξης ή αναγνώρισης κατάλληλων τεχνικών κατάλληλων για περιοχές με λειψυδρία, χαμηλή βροχόπτωση ή εξαντλημένους ή υφάλμυρους υδροφόρους ορίζοντες, όπως και τα περισσότερα μικρά νησιά του αιγαίου αλλά και παγκόσμια σε απομακρυσμένα χωριά και περιοχές, με στόχο: 1) την παραγωγή καθαρού πόσιμου νερού και 2) τη διατήρηση του ύδατος και της ενέργειας [1].

## 1.2. Συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ή του υφάλμυρου νερού διεξάγεται γενικά με οποιαδήποτε από τις δύο βασικές διαδικασίες: με εξάτμιση υδρατμών ή με τη χρήση ημιδιαπερατής μεμβράνης για το διαχωρισμό του γλυκού νερού από ένα συμπύκνωμα. Στις διεργασίες αλλαγής φάσης ή θερμικές διεργασίες, η απόσταξη θαλασσινού νερού επιτυγχάνεται με τη χρήση πηγής θερμότητας. Η πηγή θερμότητας μπορεί να ληφθεί από συμβατικό ορυκτό καύσιμο, από πυρηνική ενέργεια ή από μη συμβατική πηγή όπως η ηλιακή ενέργεια ή η γεωθερμική ενέργεια. Στις διεργασίες της μεμβράνης, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται είτε για την οδήγηση αντλιών υψηλής πίεσης είτε για την εγκατάσταση ηλεκτρικών περιοχών για τον διαχωρισμό των ιόντων.

Οι πιο σημαντικές εμπορικές διεργασίες αφαλάτωσης [2,3] που βασίζονται στη θερμική ενέργεια είναι η απόσταξη πολλών σταδίων (MSF), η απόσταξη πολλαπλών αποτελεσμάτων (MED) και η συμπίεση ατμών (VC), όπου η συμπίεση μπορεί να επιτευχθεί θερμικά (TVC) ή μηχανικά (MVC). Οι διαδικασίες MSF και MED συνίστανται από πολλά σειριακά στάδια με τη σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Η διαδικασία των βασίζεται στην παραγωγή ατμών από θαλασσινό νερό λόγω μιας αιφνίδιας μείωσης της πίεσης (flshhing) όταν το θαλάσσιο νερό εισέρχεται σε ένα θάλαμο εκκένωσης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σταδιακά με σταδιακή μείωση των πιέσεων. Η συμπύκνωση ατμού επιτυγχάνεται με την αναγεννητική θέρμανση του τροφοδοτικού ύδατος. Αυτή η διαδικασία απαιτεί εξωτερική παροχή ατμού, συνήθως σε θερμοκρασία περίπου 100 ° C. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας περιορίζεται από το



σχηματισμό κλίμακας και έτσι η θερμοδυναμική απόδοση της διαδικασίας είναι επίσης περιορισμένη. Για το σύστημα MED, παράγεται υδρατμός με θέρμανση του θαλάσσιου ύδατος σε δεδομένη πίεση σε καθεμία από μια σειρά κλιμακωτών θαλάμων. Ο ατμός που παράγεται σε ένα στάδιο, χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της άλμης στο επόμενο στάδιο, το οποίο είναι σε χαμηλότερη πίεση.

Η θερμική απόδοση αυτών των συστημάτων είναι ανάλογη με τον αριθμό των σταδίων, με το κόστος κεφαλαίου να περιορίζει τον αριθμό των σταδίων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Στα συστήματα TVC και MVC, αφού παράγεται ατμός από το αλατούχο διάλυμα, συμπιέζεται θερμικά ή μηχανικά και στη συνέχεια συμπυκνώνεται για να παράγει πόσιμο νερό.

Η δεύτερη σημαντική κατηγορία βιομηχανικών διεργασιών αφαλάτωσης χρησιμοποιεί τεχνολογίες μεμβράνης. Αυτά είναι κυρίως η αντίστροφη όσμωση (RO) και η ηλεκτροδιάλυση (ED). Ο πρώτος απαιτεί ενέργεια για να οδηγήσει μια αντλία που αυξάνει την πίεση του νερού τροφοδοσίας στην επιθυμητή τιμή. Η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται από τη συγκέντρωση άλατος της τροφής. Οι αντλίες είναι συνήθως ηλεκτρικά κινούνται [3]. Η επεξεργασία ED απαιτεί επίσης ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή της μετανάστευσης ιόντων μέσω κατάλληλων μεμβρανών ανταλλαγής ιόντων. Και τα RO και ED είναι χρήσιμα για την αφαλάτωση των υφάλμυρων υδάτων. Ωστόσο, η RO είναι επίσης ανταγωνιστική στις διαδικασίες απόσταξης για αφαλάτωση θαλασσινού νερού μεγάλης κλίμακας. Η διαδικασία αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% των διεργασιών θερμικής αφαλάτωσης, ενώ η διαδικασία RO αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 80% των μεθόδων μεμβράνης για την παραγωγή νερού. Τα εργοστάσια αφαλάτωσης έχουν συνήθως χωρητικότητες που κυμαίνονται από 100.000 έως σχεδόν 1.000.000 m<sup>3</sup> / ημέρα [2,4]. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο RO που λειτουργεί σήμερα είναι το εργοστάσιο Ashkelon, στα 330.000 m<sup>3</sup> / ημέρα [2,4].

Άλλες προσεγγίσεις για αφαλάτωση περιλαμβάνουν διεργασίες όπως η διαδικασία ανταλλαγής ιόντων, η εκχύλιση υγρού-υγρού και η διαδικασία ενυδατωμένου αερίου. Οι περισσότερες από αυτές τις προσεγγίσεις δεν χρησιμοποιούνται γενικά εκτός εάν υπάρχει απαίτηση να παράγεται νερό υψηλής καθαρότητας για εξειδικευμένες εφαρμογές.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα διαδικασία που έχει συγκεντρώσει πρόσφατα μεγάλη προσοχή είναι η διαδικασία προώθησης οσμής [2]. Σε αυτή τη διαδικασία, ένα διάλυμα φορέα χρησιμοποιείται

για να δημιουργήσει μια υψηλότερη οσμωτική πίεση από αυτή του θαλασσινού νερού. Ως αποτέλεσμα, το νερό στο θαλασσινό νερό ρέει μέσω της μεμβράνης στο διάλυμα φορέα με όσμωση. Αυτό το νερό στη συνέχεια διαχωρίζεται από το αραιωμένο διάλυμα φορέα για να παράγει καθαρό νερό και ένα συμπυκνωμένο διάλυμα που αποστέλλεται πίσω στη διάταξη ώσμωσης. Αυτή η τεχνολογία δεν έχει ακόμη αποδειχθεί εμπορικά.

### 1.3. Περιορισμοί των συμβατικών τεχνολογιών αφαλάτωσης

Οι συμβατικές διαδικασίες όπως απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας με τη μορφή θερμικής ενέργειας ή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερες μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες οδηγούνται από ορυκτά καύσιμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα για την εγκατάσταση αφαλάτωσης και ευαισθησία στην τιμή και τη διαθεσιμότητα πετρελαίου. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα ζητήματα, οι τεχνολογίες αφαλάτωσης με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ιδιαίτερα επιθυμητές. Η ηλιακή ενέργεια είναι ο πιο άφθονος ενεργειακός πόρος στη γη.

Τα συστήματα αφαλάτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα άμεσα και έμμεσα συστήματα. Όπως υποδηλώνει και το όνομά τους, τα άμεσα συστήματα χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για να παράγουν άμεσα το απόσταγμα χρησιμοποιώντας τον ηλιακό συλλέκτη, ενώ σε έμμεσα συστήματα χρησιμοποιούνται δύο υποσυστήματα (ένα για παραγωγή ηλιακής ενέργειας και ένα για αφαλάτωση). Διάφορες εγκαταστάσεις ηλιακής αφαλάτωσης σε πιλοτικά και εμπορικά στάδια εξέλιξης εξετάστηκαν από πολλούς συγγραφείς [2,3]. Στην ιδέα, τα συστήματα MSF και MED που βασίζονται στην ηλιακή ενέργεια είναι παρόμοια με τα συμβατικά συστήματα θερμικής αφαλάτωσης. Η κύρια διαφορά είναι ότι στις πρώτες χρησιμοποιούνται συσκευές συλλογής ηλιακής ενέργειας. Ορισμένες προτάσεις χρησιμοποιούν συγκεντρωτική ηλιακή ενέργεια με υψηλή θερμοκρασία δέκτη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και νερού σε ένα τυπικό σχήμα συμπαραγωγής μεγάλης κλίμακας [3]. Αυτοί οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί εμπορικά.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας, οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν υψηλότερη αποτελεσματικότητα συλλογής, λόγω μειωμένων απωλειών, και επίσης, μπορούν να σχεδιαστούν για να χρησιμοποιούν λιγότερο δαπανηρά υλικά. Επιπλέον, εξαιτίας της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα, οι συμβατικές τεχνικές αφαλάτωσης είναι λιγότερο εφαρμόσιμες για την αποκεντρωμένη παραγωγή νερού.

Η αποκεντρωμένη παραγωγή ύδατος είναι σημαντική για περιφέρειες που δεν διαθέτουν ούτε την υποδομή ούτε τους οικονομικούς πόρους για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και οι οποίες είναι αρκετά απομακρυσμένες από τις εγκαταστάσεις παραγωγής μεγάλης κλίμακας και η διανομή μέσω αγωγών είναι απαγορευτική.

Η σημασία της αποκέντρωσης της ύδρευσης τονίστηκε από τους Shanmugam et.al. [1]. Για εφαρμογές μικρής κλίμακας (από 5 έως 100 m<sup>3</sup> / ημέρα παραγωγή νερού), το κόστος των συστημάτων παραγωγής νερού είναι πολύ υψηλότερο από ό, τι για τα συστήματα μεγάλης κλίμακας. Για τα συστήματα RO, τα οποία είναι σήμερα τα πιο οικονομικά συστήματα αφαλάτωσης, το κόστος της παραγωγής νερού μπορεί να φθάσει τα US \$ 3 / m<sup>3</sup> [1] για εργοστάσια μικρότερης χωρητικότητας. Επίσης, οι εγκαταστάσεις RO απαιτούν εργασία εμπειρογνομόνων για σκοπούς λειτουργίας και συντήρησης. Αυτό είναι ένα σαφές μειονέκτημα για εφαρμογές μικρής κλίμακας.

Η θερμοκρασία της δροσιάς μειώνεται στα 10 °C αν η τιμή RH είναι μόνο 25%. Στα περισσότερα υποστρώματα, η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα υπό τη μορφή σταγονιδίων, που αντιπροσωπεύουν μερική διαβροχή του υποστρώματος με υγρό νερό. Καθώς επεκτείνονται, τα σταγονίδια αγγίζουν και συγχωνεύονται και η ανάπτυξή τους γίνεται παρόμοια με την πάροδο του χρόνου. Το εκπληκτικό αποτέλεσμα είναι ότι με αυτή την ανάπτυξη, ένα σημαντικό ποσοστό του μέσου παραμένει ξηρό (ιδανικά 45%). Πώς μπορεί να ληφθεί νερό από τον αέρα; Πρώτον, υπάρχουν μέθοδοι που επιτρέπουν τη συγκομιδή των εμφανών εκδηλώσεων: ομίχλη και δροσιά.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 2.1. Η ανάγκη εξαγωγής νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα

Η έλλειψη πόσιμου νερού είναι χρόνια, σοβαρή και εκτεταμένη σε πολλές περιοχές στην υφήλιο αλλά και στον ελλαδικό χώρο, κυρίως στα νησιά του Αιγαίου. Το πρόβλημα της παροχής άγονων περιοχών με γλυκό νερό μπορεί να επιλυθεί με τις ακόλουθες μεθόδους [4]:

- μεταφορά νερού από άλλες τοποθεσίες,
- αφαλάτωση αλατούχου νερού (έδαφος και υπόγεια) ·
- εκχύλιση νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Η μεταφορά νερού μέσω αυτών των περιοχών είναι συνήθως πολύ δαπανηρή και η αφαλάτωση εξαρτάται από την ύπαρξη υδάτινων πόρων φυσιολογικού ορρού.

Το νερό είναι διαθέσιμο σε αφθονία στη γη. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη πόσιμου νερού σε πολλές χώρες του κόσμου. Σε πολλές χώρες, μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση του νερού από το θαλασσινό νερό μέσω εξάτμισης. Είναι επίσης κοινή σε ορισμένες περιπτώσεις η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία μονάδων αντίστροφης όσμωσης για αφαλάτωση νερού. Στην πρώτη μέθοδο απαιτείται μεγάλη ποσότητα θερμότητας για την εξάτμιση του νερού, ενώ η δεύτερη μέθοδος απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια για να παράγει υψηλή πίεση για να πιέσει το υδατικό συστατικό του θαλασσινού νερού μέσω μίας μεμβράνης. Και οι δύο μέθοδοι καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και απαιτούν υψηλή παραγωγή για να είναι αποτελεσματικές επενδυτικά.

Παρόλα αυτά, οι δύο αυτές μέθοδοι, μέχρι πρόσφατα, θεωρήθηκαν ως ο πιο πρακτικός τρόπος αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού, επειδή οι χώρες του Κόλπου, γνωστές για την έλλειψη πόσιμου νερού, είναι επίσης γνωστές για τη διαθεσιμότητα πετρελαίου ως φτηνής πηγής ενέργειας. Λόγω της κατανάλωσης ενέργειας με βάση τα ορυκτά καύσιμα και στις δύο μεθόδους, η εκπομπή CO θα είναι πάντοτε θέμα περιβαλλοντικής ανησυχίας. Υπάρχουν επίσης πολλά μέρη όπου η ενέργεια είναι υπερβολικά δαπανηρή για την εκτέλεση τέτοιων διαδικασιών αφαλάτωσης. Μερικές φορές απαιτείται φρέσκο νερό σε τοποθεσίες μακριά από τις ενεργειακές

γραμμές του δικτύου, που απαιτούν μια τοπική πηγή ενέργειας. Ως εκ τούτου, ακόμη και χώρες με πλούσιους πόρους ενέργειας, όπως οι χώρες του Κόλπου, έχουν δείξει έντονο ενδιαφέρον για τις διαδικασίες αφαλάτωσης που συχνά χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργεια

## 2.2. Γιατί ο ατμοσφαιρικός αέρας;

Ο ατμοσφαιρικός αέρας θεωρείται μια τεράστια και ανανεώσιμη πηγή γλυκού νερού. Η ατμόσφαιρα περιέχει περίπου  $12.900 \text{ km}^3$  γλυκού νερού, ενώ οι υδάτινοι πόροι των κατοικημένων περιοχών είναι περίπου  $12.500 \text{ km}^3$  [5].

Ο αέρας, που αποτελείται κυρίως από άζωτο (78%) και οξυγόνο (21%), περιέχει ποικίλες ποσότητες νερού σε μορφή ατμού, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την πίεση του. Η ποσότητα του νερού στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται από τη μερική πίεση του (P) μέσα στην μάζα του αέρα. Σε μια δεδομένη θερμοκρασία (και πίεση), η μερική πίεση δεν μπορεί να υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο χωρίς να συμβεί συμπύκνωση, αυτή είναι η πίεση κορεσμού. Στη συνέχεια, η σχετική υγρασία (RH) ορίζεται ως η αναλογία των μερικών πιέσεων. Το P αυξάνεται σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα (ή της πίεσης) και αυξάνεται και η χωρητικότητα μάζας νερού ανά  $\text{m}^3$  αέρα. Για τον αέρα σε δεδομένη θερμοκρασία και RH, το ψυχομετρικό διάγραμμα που αντιπροσωπεύει το κλάσμα μάζας του ύδατος στον αέρα σε διαφορετικές θερμοκρασίες και RH επιτρέπει τον προσδιορισμό του σημείου κορεσμού του αέρα του αέρα. Αυτή είναι η "θερμοκρασία δρόσου", η θερμοκρασία στην οποία συμπυκνώνουν οι ατμοί του νερού. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία δρόσου του αέρα στους  $20^\circ \text{C}$  και σχετική υγρασία 80% είναι  $18^\circ \text{C}$ .

Η θερμοκρασία δρόσου μειώνεται στους  $10^\circ \text{C}$  αν η τιμή RH είναι μόνο 25%. Στα περισσότερα υποστρώματα, η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα υπό τη μορφή σταγονιδίων, που αντιπροσωπεύουν μερική διαβροχή του υποστρώματος με υγρό νερό. Καθώς επεκτείνονται, τα σταγονίδια αγγίζουν και συγχωνεύονται και η ανάπτυξή τους γίνεται παρόμοια με την πάροδο του χρόνου. Το εκπληκτικό αποτέλεσμα είναι ότι με αυτή την ανάπτυξη, ένα σημαντικό ποσοστό του μέσου παραμένει ξηρό (ιδανικά 45%). Πώς μπορεί να ληφθεί νερό από τον αέρα; Πρώτον, υπάρχουν μέθοδοι που επιτρέπουν τη συγκομιδή των εμφανών εκδηλώσεων: ομίχλη και δροσιά.

### 2.3 Υδρατμοί στον ατμοσφαιρικό αέρα

Τα μόρια υδρατμών υπάρχουν σε κάθε κυβικό μέτρο της ατμόσφαιρας. Μη διασυνδεδεμένα, απλά μόρια νερού ή μονομερή είναι γνωστά ως υδρατμοί. Η πυκνότητα υδρατμών ή η απόλυτη υγρασία σε μια συγκεκριμένη θέση ποικίλλει ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, το υψόμετρο, την ώρα της ημέρας και την εποχή. Η πυκνότητα είναι συνήθως υψηλότερη κοντά στην επιφάνεια της Γης, κοντά σε πηγές ατμών όπως υδάτινα σώματα και βλάστηση. Κατά όγκο, ο υδρατμός είναι 4% του μείγματος ατμοσφαιρικών αερίων και κατά μάζα είναι 3% του αέρα. Η οριζόντια μεταφορά υδρατμών είναι τεράστια.

Οι ξηρές ζώνες ενδέχεται να έχουν υψηλή απόλυτη υγρασία, παρόλο που οι φυσικοί μηχανισμοί συμπύκνωσης μπορεί να μην προκαλέσουν καθίζηση. Τα συστήματα AWVP μπορούν να απομακρύνουν αυτή την αλλιώς ανυπόληπτη υγρασία [5].

Η απόλυτη υγρασία ή η πυκνότητα υδρατμών ορίζεται ως [4]:

$$d_v = M_w / V \text{ Kg} / m^3$$

όπου  $M_w$  είναι μάζα υδρατμών (kg) και  $V$  είναι ο συνολικός όγκος δείγματος υγρού αέρα ( $m^3$ ).

Παρόλο που είναι ιδανικό για την απεικόνιση της ποσότητας νερού που εξάγεται από κάθε κυβικό μέτρο αέρα που διέρχεται μέσω ενός χώρου AWVP, το  $d_v$  χρησιμοποιείται ελάχιστα στη μετεωρολογία ή στην τεχνολογία αφύγρανσης επειδή είναι ένα ογκομετρικό μέτρο του οποίου η τιμή ποικίλλει ανάλογα με την πίεση. Η σχετική υγρασία, RH, είναι μια μέτρηση που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, επειδή καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα, τα, αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης νερού του αέρα. Αυτό καθιστά το AWVP καλά προσαρμοσμένο ως μια εναλλακτική πηγή νερού σε δύσκολες περιοχές που έχουν σχετικά υψηλές μέσες θερμοκρασίες αέρα.

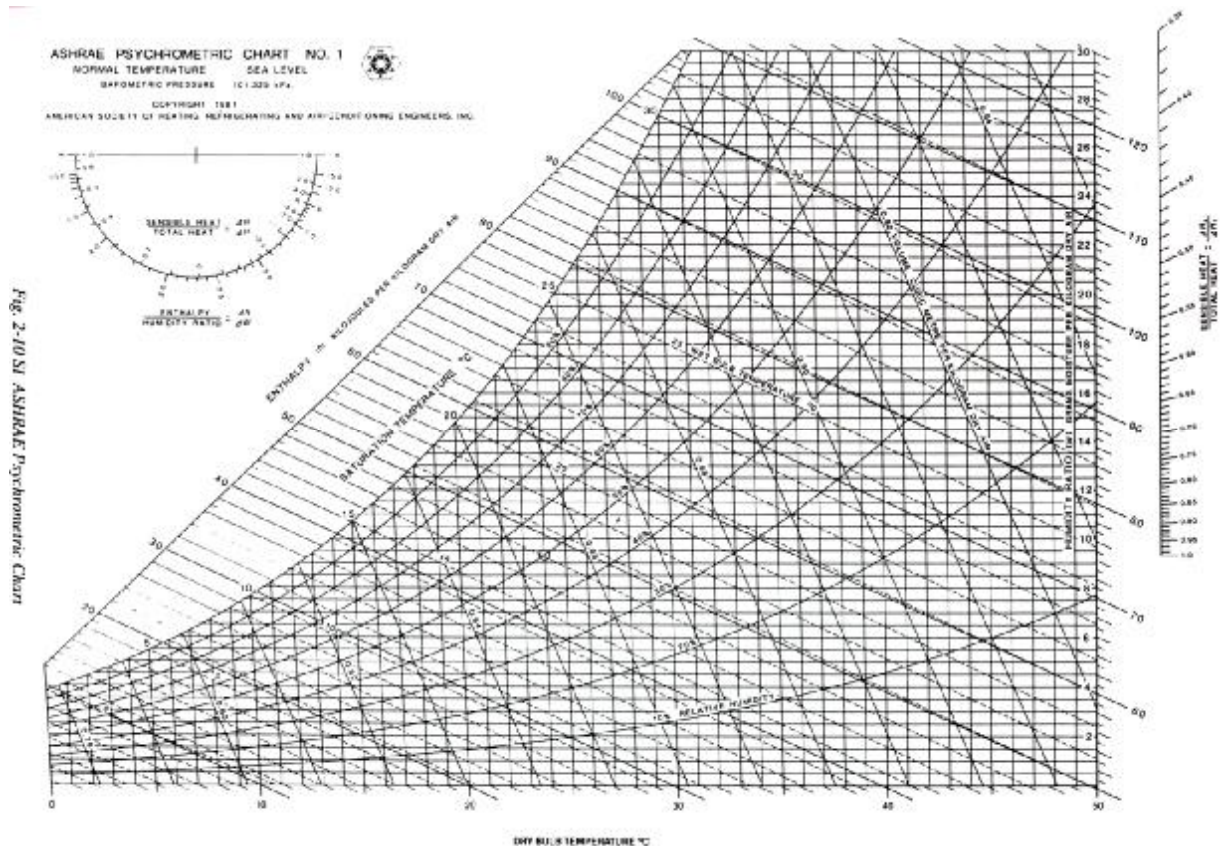


Fig. 2-10 SI ASHRAE Psychrometric Chart

Εικόνα 1 Ψυχομετρικό Διάγραμμα

Η απόλυτη υγρασία σε μια τοποθεσία προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας ένα ψυχομετρικό χάρτη της στάθμης της θάλασσας (ASHRAE 1993) εάν τα  $t_a$  και  $\rho$  είναι γνωστά. Το διάγραμμα δείχνει την αντίστοιχη αναλογία υγρασίας,  $HR$ , η οποία μπορεί να μετατραπεί σε  $d_v$  χρησιμοποιώντας:

$$d_v = RH r_a \text{ Kg} / m^3$$

#### 2.4. Συλλογή μορίων νερού

Η επεξεργασία ατμοσφαιρικού υδρατμού σε πόσιμο νερό απαιτεί δύο βήματα. Πρώτον, τα μόρια υδρατμών έλκονται από έναν περιορισμένο όγκο μέσα σε ένα δοχείο ή σε μια επιφάνεια συνδεδεμένη με μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού. Μια κλίση της τάσης ατμών καθιερώνεται έτσι ώστε να υπάρχει ροή υδρατμών από τον αέρα προς το εσωτερικό του δοχείου ή την επιφάνεια. Αυτή είναι η ροή της μάζας και ενέργειας. Μια ψυχρή επιφάνεια, τα ξηραντικά, ή η μεταφορά με αδιαβατική ψύξη μπορούν όλα να δημιουργούν κλίσεις πίεσης υδρατμών που συγκεντρώνουν μόρια υδρατμών πάνω σε μια επιφάνεια ή σε έναν κλειστό όγκο.



## 2.5. Δημιουργία υγρού νερού

Το δεύτερο βήμα συνδέει μεμονωμένα μόρια υδρατμών,  $H_2O$ , με δεσμούς υδρογόνου σε πολυμερή ή συσσωματώματα νερού ( $H_2O$ )<sub>c</sub>, όπου c είναι ο αριθμός μορίων. Ο βαθμός συσχέτισης των μορίων υδρατμών είναι αντιστρόφως ανάλογος με τη θερμοκρασία. Η ψύξη ενός όγκου υγρού αέρα μειώνει την κινητική ενέργεια των μορίων υδρατμών και αυξάνει την πιθανότητα ότι τα γειτονικά μόρια θα δεσμευτούν σε συστάδες που σχηματίζουν υγρά σταγονίδια νερού. Ο Carlon (1984) δήλωσε ότι ένα σχεδόν σφαιρικό σύμπλεγμα από περίπου 45 μόρια υδρατμών παρουσιάζει χύδην υγρές ιδιότητες.

Οι Beysens και Milimouk [5] υπογράμμισαν ότι κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης από υδρατμούς σε υγρό νερό υπάρχει ένα φράγμα ενέργειας που πρέπει να ξεπεραστεί. Το φράγμα σχετίζεται με την τάση στη διεπαφή υγρού-ατμού. Για την συμπύκνωση σε καθαρό αέρα, ο αέρας πρέπει να ψύχεται αρκετά κάτω από το συμβατικό σημείο δρόσου. Οι ιδιότητες διαβροχής ενός υποστρώματος μειώνουν σημαντικά τον ενεργειακό φραγμό, προωθώντας ετερογενή συμπύκνωση που παράγει δροσιά στο σημείο δρόσου. Με το χειρισμό των ιδιοτήτων διαβροχής, τα χαρακτηριστικά μοτίβων σταγονιδίων μπορούν να ενισχύσουν τη συλλογή νερού.

## 2.6 Ατμοσφαιρική επεξεργασία υδρατμών (AWVP)

Η ατμόσφαιρα της γης περιέχει περίπου  $13000 \text{ km}^3$  (υγρού) ύδατος με τη μορφή υδρατμών. Αυτό αντιστοιχεί στο 3,7% των συνολικών αποθεμάτων γλυκού νερού της γης [6]. Κάθε χρόνο μεταφέρεται καθαρός όγκος υδρατμών  $45500 \text{ km}^3$  από τη θάλασσα προς την ενδοχώρα [7] και καθώς η ατμοσφαιρική θερμοκρασία μειώνεται με τα αυξανόμενα ύψη, αυτό σημαίνει επίσης ότι το μεγαλύτερο μέρος του νερού είναι κοντά στην επιφάνεια. Η καταβύθιση αυτού του υδρατμού είναι η φυσική πηγή του γλυκού νερού.

Ωστόσο, ορισμένες περιοχές δεν έχουν τις κλιματολογικές και γεωγραφικές συνθήκες που οδηγούν σε βροχοπτώσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η τεχνολογία μπορεί να καλύψει αυτό το κενό για να είναι άμεσα διαθέσιμο το νερό. Η συγκομιδή υγρασίας ή η παραγωγή ατμοσφαιρικού νερού (AWG) περιγράφει αυτή τη διαδικασία απόσυρσης πόσιμου νερού από τον αέρα του περιβάλλοντος. Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μια ορισμένη ποσότητα υδρατμών, η οποία προέρχεται από την εξάτμιση των υδάτινων σωμάτων ή από την εξάτμιση των χερσαίων υδάτων. Η ποσότητα του υδρατμού εξαρτάται συνεπώς πολύ από τις περιφερειακές συνθήκες, καθώς και από τη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία είναι σημαντική



καθώς καθορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση νερού που μπορεί να υπάρχει στην αέρια φάση. Αυτή η συγκέντρωση, που εκφράζεται με τη μερική πίεση, ονομάζεται πίεση κορεσμού ατμών.

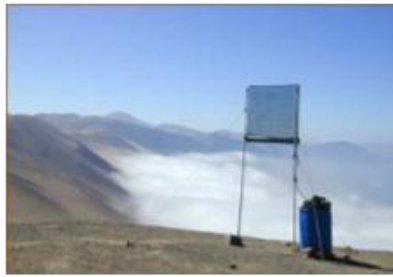
Από ερευνητική άποψη μπορεί να λεχθεί ότι όταν τα μόρια του νερού πλησιάζουν αρκετά μεταξύ τους, οι ελκτικές δυνάμεις τους μπορούν να οδηγήσουν σε συσσωμάτωση των μεμονωμένων μορίων για να σχηματίσουν μικρά υγρά υδατικά σώματα (= συμπύκνωση). Ωστόσο, με την αύξηση της θερμοκρασίας και, συνεπώς, την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του νερού, οι ελκυστικές δυνάμεις δεν είναι πλέον επαρκείς για μια καθαρή συσσωμάτωση και έτσι περισσότερα μόρια νερού μπορούν να συνυπάρχουν σε φάση ατμού. Συνεπώς προκύπτει επίσης ότι όταν ένας όγκος που περιέχει υδρατμούς ψύχεται αρκετά, θα φτάσει στο όπου το νερό αρχίζει να συμπυκνώνεται (= σημείο δρόσου). Αυτή είναι η βασική αρχή για την εμφάνιση βροχής και ομίχλης, η οποία χρησιμοποιείται επίσης για τη συγκομιδή υγρασίας.

Μερικά παραδείγματα εφαρμοζόμενων συστημάτων συγκομιδής υγρασίας παρουσιάζονται στην Εικ 2. Το παράδειγμα που η ίδια η φύση παρέχει για την άντληση νερού από την ατμόσφαιρα είναι το σκαθάρι της ερήμου Namib [8] (Εικ 2α), το οποίο μιμείται η ανθρωπότητα χρησιμοποιώντας τα δίχτυα ομίχλης [9] (Εικ. 2β). Το σκαθάρι εκτείνει το σώμα του σε μια ομίχλη και λόγω της εξειδικευμένης επιφάνειας το νερό συλλέγεται και τρέχει στο στόμα του. Ωστόσο, αυτό μπορεί να συμβεί μόνο σε περιοχές όπου ο αέρας δροσίζει ήδη αρκετά μακριά για να πάρει φυσική συμπύκνωση (ομίχλη). Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση πρέπει να παρέχεται η ψύξη. Για το σκοπό αυτό είναι δυνατή η χρήση της ψύξης με ακτινοβολία (χρησιμοποιώντας πολύ λεπτά φίλτρα συλλογής) [10] όπως φαίνεται στο (Εικόνα 2c) ή η χρήση μεγάλων μαζών μεγάλης χωρητικότητας αποθήκευσης θερμότητας που έχουν κρυώσει κατά τη διάρκεια νύχτα [11] (Εικ. 2d). Εναλλακτικά είναι επίσης δυνατή η χρήση ενεργού ψύξης, που σημαίνει οδήγηση μιας αντλίας θερμότητας από μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Μεταξύ άλλων, αυτή η πηγή μπορεί να είναι είτε η αιολική ενέργεια [12] (Εικ 2e) είτε γεννήτρια ντίζελ [13] (Εικ 2f) η οποία χρησιμοποιείται ήδη σε γεννήτριες νερού έκτακτης ανάγκης.

Επίσης υπάρχουν ηλεκτρικές μονάδες για την παραγωγή πόσιμου νερού σε εσωτερικούς χώρους [14]. Η μονάδα συγκομιδής υγρασίας από την αιολική ενέργεια του "ολλανδού βροχοποιού" [15] (Εικ. 2ε) είναι μια τέτοια.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

*Εικόνα 2 Διάφορες μέθοδοι για την παραγωγή / συλλογή νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα*

### 2.6.1 Συλλογή ομίχλης

Τα συστήματα επεξεργασίας νερού υφίστανται γοργές αλλαγές, από τις ημέρες των συμβατικών συστημάτων φιλτραρίσματος μέχρι τα κορυφαία εργοστάσια αφαλάτωσης με τα εξελιγμένα συστήματα μεμβρανών. Η συλλογή νερού από τον αέρα δεν είναι καινούργια. Έχει χρησιμοποιηθεί για τουλάχιστον 2.000 χρόνια με πηγάδια αέρα στις ερήμους της Μέσης Ανατολής και στην Ευρώπη. Τα σημεία δρόσου στη δεκαετία του 1400 συνέβαλαν στη συλλογή νερού και αργότερα στους ομίχρους.

Οι φράκτες ομίχλης χρησιμοποιούν μια τεχνική που ονομάζεται συλλογή ομίχλης ή ακόμα και απογύμνωση σύννεφων, για τη συλλογή νερού από την υγρασία στην ομίχλη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παράκτιες περιοχές όπου ο άνεμος στην ενδοχώρα μεταφέρει την ομίχλη και σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου (αν υπάρχει νερό στα σύννεφα), από 400 έως 1200 μέτρα (UNEP, 1997).

Χρησιμοποιούν ένα υλικό πλέγματος αρματωμένο σφιχτά σε πόλους, που υποστηρίζεται από υδρορροή για τη συλλογή σταγονιδίων, τα οποία κινούνται σε σωλήνες, και στη συνέχεια αποθηκεύονται σε δεξαμενές. Το μέγεθος του πλέγματος μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο ένα μέτρο μήκους ή μήκους περίπου 100 μέτρων, ανάλογα με τη θέση της γης, τον διαθέσιμο χώρο και την ποσότητα νερού που χρειάζεται.

Σύμφωνα με τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Fog Quest, οι συλλέκτες ομίχλης μπορούν να συλλέξουν μια σειρά από ποσότητες νερού, από 200 έως 1.000 λίτρα την ημέρα, εξαρτώμενα από τις καθημερινές και εποχιακές μεταβλητές. Η αποδοτικότητα της συγκομιδής αυξάνεται με μεγαλύτερα σταγονίδια ομίχλης, υψηλότερες ταχύτητες ανέμου και στενότερες ίνες συλλογής / πλάτος πλέγματος.

Ένα σύστημα συλλογής ομίχλης στο ανατολικό Νεπάλ παράγει κατά μέσο όρο 500 λίτρα νερού ημερησίως και περίπου το ήμισυ της ποσότητας κατά την περίοδο ξηρού. [16] Μια μελέτη έδειξε ότι στην Ερυθραία (Ανατολική Αφρική) 1.600 τετραγωνικά μέτρα πλέγματος παράγουν κατά μέσο όρο 12.000 λίτρα νερού την ημέρα. [17]

Οι απομακρυσμένες περιοχές στο Περού, στον Ισημερινό και στη Χιλή βασίζονται σε αυτή την τεχνική για να αντλήσουν το απαραίτητο νερό για κατανάλωση και άρδευση. Άλλοι τομείς που μπορούν να επωφεληθούν από αυτήν την τεχνική, σύμφωνα με το Διεθνές Κέντρο Έρευνας Ανάπτυξης (1995), περιλαμβάνουν τις ακτές του Ατλαντικού της Νότιας Αφρικής (Αγκόλα, Ναμίμπια), τη Νότια Αφρική, το Πράσινο Ακρωτήριο, την Κίνα, την Ανατολική Υεμένη, το Ομάν, το Μεξικό, , και τη Σρι Λάνκα. [18]

Οι επιστήμονες εξακολουθούν να δοκιμάζουν και να καινοτομούν καλύτερα πλέγματα και διαμορφώσεις που θα μεγιστοποιήσουν την παραγωγή νερού υπό διαφορετικές συνθήκες.

### 2.6.2 Μοντέρνες τεχνικές ατμοσφαιρικής συμπύκνωσης

Ωστόσο, η παραδοσιακή μέθοδος συλλογής ομίχλης δεν είναι πάντα κατάλληλη ή πρακτική, ειδικά σε ξηρές και άνυδρες περιοχές. Αυτό είναι όπου πιο σύγχρονες τεχνικές μπορούν να εξεταστούν. Μια ατμοσφαιρική θεριζοαλωνιστική μηχανή ή γεννήτρια ατμοσφαιρικού νερού (AWG) είναι μια συσκευή τροφοδοτούμενη από ηλεκτρισμό που χρησιμοποιεί την αρχή αφυγραντήσεως για να αποβάλει το πόσιμο νερό από την υγρασία στον αέρα. Με την ποσότητα ανανεώσιμου νερού στην ατμόσφαιρα της γης που εκτιμάται ότι είναι περίπου 12.504 κυβικά χιλιόμετρα [19], υπάρχει σίγουρα μια απεριόριστη πηγή νερού για τη συγκομιδή.

Ενώ το AWG μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν παντού όπου χρειάζεται πόσιμο νερό, είναι πιο εφαρμόσιμο σε χώρους με υψηλότερη υγρασία. Το ιδανικό μέρος για αυτό είναι η ζώνη γύρω από τον ισημερινό (40 ° Βόρεια έως 40 ° Νότια). Αυτό συμβαίνει να είναι και το σημείο όπου επίσης κατοικούν οι περισσότεροι άνθρωποι είναι στον κόσμο. Είναι ενδιαφέρον ότι αυτή η ζώνη είναι επίσης το σημείο όπου τα περισσότερα από τα προβλήματα έλλειψης νερού έχουν εντοπιστεί.

Οι συσκευές AWG χρησιμοποιούνται για να παράγουν νερό σε σχετικά μέτριες θερμοκρασίες αλλά υψηλή σχετική υγρασία. Τείνουν να παράγουν περισσότερο νερό σε περιοχές με υψηλότερες θερμοκρασίες και υγρά κλίματα, και λιγότερο νερό σε ψυχρότερες ή ξηρότερες περιοχές.

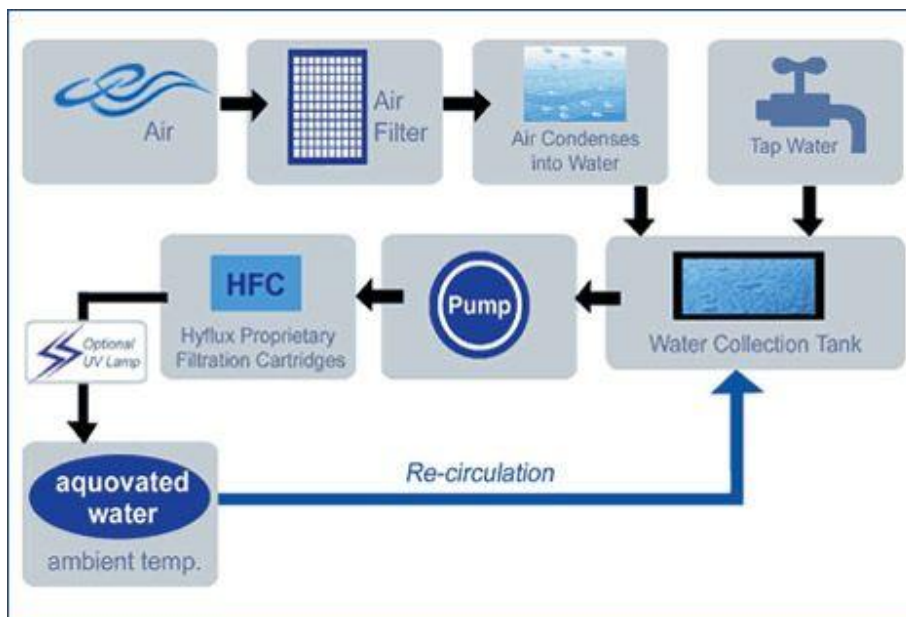
Δεν απαιτείται απολύτως καμία συμβατική ή δευτερεύουσα πηγή νερού σε ένα AWG. Ο μόνος πόρος που χρειάζεται για να λειτουργήσει το AWG είναι ο αέρας με την παγιδευμένη υγρασία του, καθώς η διαδικασία μιμείται το πώς σχηματίζεται η βροχή. Η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτεί τη συσκευή, η οποία μπορεί να ληφθεί από το κύριο ηλεκτρικό δίκτυο ή από πηγές ενέργειας όπως ηλιακοί συλλέκτες, ανεμογεννήτριες, μετατροπείς κυμάτων και πολλά άλλα.

Η τεχνολογία αποτελεί ένα αποκεντρωμένο σύστημα συγκομιδής ατμοσφαιρικού νερού το οποίο δεν έχει θεωρηθεί προηγουμένως ως παροχή πόσιμου νερού για τις μάζες. Είναι βιώσιμη, αξιόπιστη και παράγει πόσιμο νερό χωρίς τεράστια, πολύπλοκη εγκατάσταση.

### 2.6.3 Τρόπος λειτουργίας

Ο υδρατμός στον αέρα συμπυκνώνεται ψύχοντας τον αέρα κάτω από το σημείο δρόσου, εκθέτοντας τον αέρα σε ξηραντικά ή πιέζοντας τον αέρα. Οι δύο κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η ψύξη και οι ξηραντικές ουσίες.

Το AWG λειτουργεί με απόσταξη. Κατακρατεί υδρατμούς από τον αέρα και τους διοχετεύει προς ένα σύστημα εξάτμισης σε ένα υγειονομικό περιβάλλον προτού υγροποιηθούν και εκτεθούν σε ρύπανση. Η εικόνα 3 δείχνει τη διαδικασία πίσω από τα προϊόντα AirQua που κατασκευάζει η AridTec.



Εικόνα 3:Συστηματικό σύστημα καθαρισμού AirQua Το AirQua δημιουργεί ένα περιβάλλον καθαρού αέρα χωρίς χημικά και αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία για την απομάκρυνση επιβλαβών οργανικών ουσιών.

Σημαντική ποσότητα καθαρού νερού παράγεται πριν εκτεθεί σε επιφανειακούς ρύπους. Αυτό θέτει τα AWG μακριά από άλλα συστήματα ύδρευσης (δήμοι, προμηθευτές φιλτραρίσματος και εμφιαλωμένου νερού) που παρέχουν πτητικές παραλλαγές μολυσμένου νερού με την αφαίρεση ή εξουδετέρωση των εκατοντάδων χημικών, μικροοργανισμών και σωματιδίων στα υπόγεια ύδατα.

Ο κύκλος συμπίεσης ατμών είναι μια πολύ κοινή ιδέα για τη δημιουργία ενός ψυκτικού αποτελέσματος. Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνολογία είναι δυνατόν να δημιουργηθούν οι απαραίτητες συνθήκες για να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί. Αυτό συμβαίνει σε μια ψυχρή επιφάνεια η οποία έχει ως αποτέλεσμα η τεχνολογία συχνά αναφέρεται ως μέθοδος ψυχρού τοίχου. Επειδή η τεχνολογία είναι καλά γνωστή και ανεπτυγμένη, είναι επίσης αξιόπιστη. Ο κύκλος συμπίεσης ατμών αποτελείται από ένα ψυκτικό που υφίσταται μια σειρά αλλαγών σε έναν κλειστό συνεχή κύκλο. Αποτελείται κυρίως από τέσσερα βήματα:

1. Το αέριο ψυκτικού μέσου χαμηλής πίεσης εισέρχεται στον συμπιεστή και το αφήνει υπό πίεση. Κατά τη διαδικασία, η θερμοκρασία του αερίου επίσης αυξάνεται και διευκολύνει την επεξεργασία της μεταφοράς θερμότητας που θα λάβει χώρα στο επόμενο βήμα.
2. Η υψηλή θερμοκρασία, το αέριο υψηλής πίεσης εισέρχεται τότε σε πηνία ανταλλαγής θερμότητας (συμπυκνωτή) και απελευθερώνει τη θερμότητα στο περιβάλλον. Σε αυτό το βήμα, το ψυκτικό αέριο γίνεται ένα υπόψυκτο υγρό υψηλής πίεσης.
3. Το υγρό υψηλής πίεσης περνά από τη βαλβίδα εκτόνωσης που μειώνει άμεσα την πίεση και τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου.
4. Το ψυχρό ψυκτικό υγρό διέρχεται από τον εξατμιστή, απορροφώντας θερμική ενέργεια από το περιβάλλον. Η απορρόφηση θερμότητας οδηγεί σε εξάτμιση του ψυκτικού υγρού σε αέριο χαμηλής πίεσης. Το αέριο χαμηλής πίεσης ρέει στη συνέχεια στον συμπιεστή και ο κύκλος συνεχίζεται.

Στην περίπτωση των AWGs, η θερμότητα που απορροφάται από το ψυκτικό μέσο στο βήμα του εξατμιστή δροσίζει τα πηνία και επομένως ο υδρατμός στον αέρα που διέρχεται πάνω τους συμπυκνώνεται στις επιφάνειες ψυχρού σπειράματος, συχνά προστίθενται πτερύγια για επιπλέον

επιφάνεια επαφής. Αυτό το νερό συλλέγεται και φιλτράρεται για να δημιουργηθεί καθαρό πόσιμο νερό. Ένας κύκλος συμπίεσης ατμών είναι διαστασιολογημένος ώστε να παράγει νερό σε μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας και υψηλότερη σχετική υγρασία. Όταν το επίπεδο θερμοκρασίας υπερβαίνει τους 20 βαθμούς Κελσίου και 55% σχετική υγρασία, ο κύκλος συμπίεσης ατμών είναι αποτελεσματικότερος από τον Κύκλο υγρών αποξηραντών, ο οποίος είναι αποτελεσματικός για την παραγωγή περισσότερου νερού ορισμένου χρόνου. Στους 20 βαθμούς Κελσίου και 55% σχετική υγρασία ο αέρας περιέχει 0,0076 κιλά νερού ανά κιλό ξηρού αέρα. Για να ικανοποιήσει τη ζήτηση παραγωγής 20 λίτρων νερού ανά 24 ώρες, ένα σύστημα χρειάζεται να επεξεργαστεί 5460 m<sup>3</sup> αέρα κάθε μέρα, βλέπε. Κάτω από την υπόθεση ότι μπορεί να εξαχθεί το 40% του διαθέσιμου ύδατος, η σταθερά α. Στους 20 βαθμούς Κελσίου η πυκνότητα νερού είναι 1.205 kg / m.

#### *2.6.3.1 Εξατμιστής*

Το κεντρικό μέρος του κύκλου συμπίεσης ατμών για την εφαρμογή της παραγωγής νερού είναι η φάση εξάτμισης. Σε αυτή τη φάση λαμβάνει χώρα η συμπύκνωση του υδρατμού, με αποτέλεσμα την εκχύλιση του νερού. Για να μετατραπεί ο αέριος υδρατμός στην υγρή του μορφή, το αέριο πρέπει να ψυχθεί. Αυτή η ψύξη μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους. Ο κύριος τρόπος που χρησιμοποιείται στους περισσότερους αφυγραντήρες και άλλες μηχανές ελέγχου κλίματος είναι μέσω της μεταφοράς. Η μεταφορά είναι ο τρόπος μεταφοράς θερμότητας μεταξύ ενός σώματος και του περιβάλλοντος υγρού του. Σε αυτή την περίπτωση το ψυχρό σώμα είναι ο εξατμιστής (πηνία και περύγια) και το περιβάλλον υγρό είναι ο υγρός αέρας.

Προκειμένου να επιτευχθεί συμπυκνωμένο νερό στον εξατμιστή, η θερμοκρασία επιφάνειας πρέπει να φθάσει στο σημείο δρόσου, ή χαμηλότερα, που αντιστοιχεί στις τρέχουσες συνθήκες. Οι φυσικές ιδιότητες που καθορίζουν το σημείο δρόσου είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Χρησιμοποιώντας αυτές τις ιδιότητες στο Παράρτημα 1, το σημείο δρόσου μπορεί να διαβαστεί από το διάγραμμα. Στους Κελσίου και 55% σχετική υγρασία, το σημείο δρόσου είναι περίπου Κελσίου. 020 09 Η θερμοκρασία της επιφάνειας, στην οποία πρόκειται να συμπυκνωθεί το νερό, πρέπει να είναι κάτω από το Κελσίου για να επιτευχθεί συμπύκνωση νερού. Υπάρχει κάποιο υλικό απομόνωσης μεταξύ του ψυκτικού μέσου και της επιφάνειας που σημαίνει ότι το ψυκτικό μέσο χρειάζεται θερμοκρασία χαμηλότερη από το Κελσίου. Όσο χαμηλότερη είναι η

θερμοκρασία στην επιφάνεια του εξατμιστή τόσο καλύτερα, επειδή θα καταφέρει να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα που διέρχεται από τον εξατμιστή. Εκτός από την ενέργεια που απαιτείται για τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, ο εξατμιστής παρέχει επίσης την ενέργεια που απαιτείται για τη συμπύκνωση του υδρατμού σε υγρό νερό, την λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης

Ένα από τα βασικά συστατικά του κύκλου συμπίεσης ατμών είναι το ψυκτικό μέσο, λόγω των ειδικών ιδιοτήτων της ουσίας. Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν στην ουσία να μεταφέρει ενέργεια από τη μία θερμοκρασία στην άλλη και, σε αυτή την περίπτωση, μειώνει τη θερμοκρασία του εξατμιστή. Τα ψυκτικά μέσα έχουν διαφορετικές προδιαγραφές ανάλογα με τη σύνθεση της ουσίας, αλλά σε γενικές γραμμές όλα έχουν χαμηλό σημείο ζέσης, στην περιοχή περίπου -30 βαθμούς Κελσίου. Το χαμηλό σημείο βρασμού είναι η ποιότητα που απαιτείται από ένα ψυκτικό μέσο. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στην ουσία να αντλεί ενέργεια σε μορφή θερμότητας από το περιβάλλον.

#### *2.6.3.2 Ο συμπυκνωτής*

Ο συμπυκνωτής έχει ως στόχο τη μεταφορά θερμότητας από το ψυκτικό μέσο, υπό υψηλή πίεση και υψηλή θερμοκρασία, στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η λειτουργία είναι παρόμοια με τον εξατμιστή και σε πολλές περιπτώσεις ο σχεδιασμός είναι παρόμοιος. Δεδομένου ότι αυτή η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην παραγωγή νερού στον εξατμιστή του κύκλου συμπίεσης ατμών, αυτή η συνιστώσα θα συζητηθεί σύντομα.

Υπάρχουν τρία είδη συμπυκνωτή [20]. αερόψυκτοι, ψυχόμενους και εξατμιστικούς συμπυκνωτές. Αυτά κατανέμονται από το ψυκτικό μέσο. Για αυτή την εφαρμογή, ο τύπος με τον αέρα είναι ο πλέον κατάλληλος. Ο λόγος είναι ότι είναι απλός. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις για επιπλέον ψυκτικό μέσο και το γεγονός ότι υπάρχει ήδη ένας ανεμιστήρας που οδηγεί αέρα μέσω του εξατμιστή. Αυτός ο τύπος συμπυκνωτή κατασκευάζεται συχνά μαζί με τον εξατμιστή για ένα συμπαγές σχέδιο και εύκολη διέλευση για τον αέρα.



## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Προβλήματα και Λειτουργία Συσκευής

### 3.1. Προβλήματα λειτουργίας

#### 3.1.1 Πρόβλημα απελευθέρωσης λανθάνουσας θερμότητας

Τα συστήματα AWVP πρέπει να αντιμετωπίζουν την λανθάνουσα θερμότητα ή θερμότητα εξάτμισης που απελευθερώνεται κάθε φορά που το νερό αλλάζει φάση από αέριο σε υγρό. Αυτή η θερμότητα πρέπει να διασκορπιστεί για να αποτρέψει την επανεξάερωση του υγρού νερού πριν από την αποθήκευση.

Ένα μόριο ατμού νερού έχει συνολική ενέργεια χωρισμένη μεταξύ των, δονητικών, περιστροφικών, ηλεκτρονικών και πυρηνικών ενεργειών. Μόνο οι κινητικές και οι περιστροφικές ενέργειες μας απασχολούν εδώ. Η κινητική ενέργεια μεταφέρει τη μάζα μορίων υδρατμών μεταξύ δύο τοποθεσιών. Είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας. Τα μόρια αέριας φάσης βρίσκονται πάντα σε κίνηση, αλλά η μέση ταχύτητα κάθε μορίου μειώνεται καθώς η απόλυτη θερμοκρασία μειώνεται. Οι βραδύτερες μοριακές ταχύτητες επιτρέπουν στις διαμοριακές δυνάμεις να δράσουν και να προάγουν τη δέσμευση με υδρογόνο.

Η εσωτερική περιστροφή του μορίου υδρατμού αντιπροσωπεύει ενέργεια ίση με την τιμή της θερμότητας εξάτμισης. Όταν λαμβάνει χώρα ένας δεσμός υδρογόνου μεταξύ μορίων υδρατμών, η προκύπτουσα συνεταιριστική δομή (όπως ένας κλωβός, που ονομάζεται clathrate) του ομίλου μορίων δεν επιτρέπει την εσωτερική περιστροφή. Η περιστροφική ενέργεια απορρίπτεται και ως κινητική ενέργεια (λογική θερμότητα). Αυτή είναι η ίδια ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την εξάτμιση του μορίου του νερού. Με αυτόν τον τρόπο, η ενέργεια μεταφέρεται από τα μόρια νερού. Η συμπύκνωση 1 ml υγρού νερού (που ζυγίζει 1 g) από τον αέρα απελευθερώνει ενέργεια 2450 J στους 20 ° C. Μπορεί να συγκριθεί η ενέργεια με έναν λαμπτήρα 40 W που καταναλώνει 40 J σε 1 s ή 2400 J σε 1 λεπτό.

### 3.1.2 Χαμηλή σχετική υγρασία

Μία από τις κύριες ανησυχίες σχετικά με τον κύκλο συμπύεσης ατμών και την εφαρμογή της ίδιας τεχνολογίας για αυτό το προϊόν είναι η απόδοση σε συνθήκες όπου το επίπεδο RH είναι χαμηλό. Λόγω των ψυχομετρικών ιδιοτήτων του υγρού αέρα, η θερμοκρασία στην οποία θα λάβει χώρα η συμπύκνωση, το σημείο δρόσου θα κυμαίνεται ανάλογα με την στάθμη RH του ατμοσφαιρικού αέρα που περιβάλλει την ψυχρή επιφάνεια. Σε επίπεδα RH περίπου 30-35% (και χαμηλότερα), σε θερμοκρασία δωματίου (περίπου 20 ° C), το σημείο δρόσου θα εμφανιστεί κάτω από το σημείο ψύξης (0 ° C). Υπάρχει ένα μεγάλο πρόβλημα που συνοδεύεται από σημεία δροσιάς κάτω από το σημείο ψύξης, τον παγετό. Ο παγετός εμφανίζεται φυσικά στον εξατμιστή καθώς εξάγεται ψυχρός ατμός στον αέρα και έχει αρνητική επίδραση στη μεταφορά θερμότητας στον εξατμιστή. Οι αρνητικές συνέπειες του παγετού μπορούν να οδηγήσουν σε δύο φαινόμενα:

- Η μείωση της ροής του αέρα λόγω της αυξημένης αντίστασης ροής
- Η μονωτική επίδραση του παγετού.

### 3.1.3 Επιλογή ψυκτικού

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά ψυκτικά μέσα που διατίθενται σήμερα στην αγορά. ταξινομούνται σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE 34 [20]. Σε αυτό το πρότυπο τα ψυκτικά διαχωρίζονται σε 2 κατηγορίες και 3 ομάδες, οι δύο κατηγορίες αντιστοιχούν στο τοξικό επίπεδο και οι τρεις ομάδες αντιστοιχούν στην ευφλεκτότητα της ουσίας.

Όλα τα ψυκτικά στοιχεία ταξινομούνται επίσης από την επίδρασή τους στη στιβάδα στρατοσφαιρικού όζοντος, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος (ODP), το αέριο θερμοκηπίου, το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP ή HGWP, το δυναμικό θέρμανσης του αλογόνου). Υπάρχει επίσης μια ταξινόμηση που λαμβάνει υπόψη την ενέργεια που απαιτείται κατά την παραγωγή και τη χρήση του ψυκτικού μέσου, όχι μόνο την κρούση εάν διαρρέει στην ατμόσφαιρα. Οι ουσίες που έχουν το μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον είναι το προπάνιο (R290) και το κυκλοπροπάνιο (RC270), αλλά αυτές παρουσιάζουν κίνδυνο έκρηξης και γι 'αυτό δεν είναι κατάλληλη ουσία. Μια πιο κατάλληλη ουσία είναι το R134a, το οποίο δεν είναι τόσο φιλικό προς το περιβάλλον όσο το R290 και το RC270 αλλά δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. Για τη διαστασιολόγηση του κύκλου συμπύεσης ατμών R134a έχει χρησιμοποιηθεί.

## 3.2 Περιγραφή λειτουργίας του συστήματος

Η ηλιακή γεννήτρια ατμοσφαιρικού νερού έχει ως στόχο να ενσωματώσει ένα σύστημα ψύξης εκτός δικτύου για παροχή νερού σε παράκτιες και λοφώδεις περιοχές για σκοπούς νοπού πόσιμου νερού. Ένα ηλιακό σύστημα AWG αποτελείται από ηλιακά πάνελ, μπαταρίες, έναν ελεγκτή φορτίου διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM), θερμοηλεκτρικούς ψύκτες και ψύκτες θερμότητας. Υπάρχει επίσης ένα σύστημα δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας το οποίο θα ελέγχεται από το διακόπτη DoubleDoubleThrow (DPDT).

Τα φωτοβολταϊκά έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως και είναι εύκολο να αποθηκευτούν και γενικά ασφαλή για χρήση σε επιχειρηματικούς σκοπούς. Οι φωτοβολταϊκές πλακέτες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για τη δημιουργία ενέργειας. Η καινοτομία της συγκράτησης της ακτίνας του ήλιου στην ενέργεια περιλάμβανε πολλά μέρη της χρήσης του ήλιου ως βιώσιμη πηγή ενέργειας. Η κάθε μονάδα της λειτουργεί ως έξοδος DC και παρέχει συνήθως 100-365 Watts, η οποία είναι μια γιγαντιαία πηγή ενέργειας.

Οι ελεγκτές ηλιακής φόρτισης παρέχουν μια χαμηλού κόστους και εξαιρετική λύση για τη ρύθμιση της συλλεχθείσας ηλιακής ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες στις μπαταρίες και στην περιοχή που απαιτείται για το σύστημα.

Η ηλιοφάνεια δεν είναι πάντα η ίδια στη χώρα μας λόγω νέφωσης, της βροχής και της νύχτας. Για το λόγο αυτό, στο σύστημα, χρησιμοποιούνται μπαταρίες εν είδη ασφαλείας όταν δεν υπάρχει αρκετό ηλιακό φως.

### 3.2.1 Ψύξη Peltier

Αυτή η τεχνική είναι ακριβώς η ίδια με αυτή της στρατηγικής ψύξης συμπίεσης ατμών, ωστόσο χρησιμοποιείται ένα εργαλείο Peltier για να επιτευχθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία σημείου δρόσου. Το Peltier έχει λιγότερα κινούμενα μέρη, είναι πολύ αποδοτικό και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής που απαιτεί λιγότερη υποστήριξη. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια ποικιλία από τη χρήση των θερμοηλεκτρικών συσκευών, αλλά όλα εξαρτώνται από ένα παρόμοιο πρότυπο. Κατά τον σχεδιασμό μιας θερμοηλεκτρικής εφαρμογής, είναι σημαντικό να ενωθεί η

πλεονότητα των σημαντικών ηλεκτρικών και θερμικών παραμέτρων στη διαδικασία του σχεδίου. Μόλις ληφθούν υπόψη αυτά τα στοιχεία, μπορεί να επιλεγεί ένα λογικό θερμοηλεκτρικό gadget βάσει των οδηγιών. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον απλό τρόπο αντιμετώπισης της "άντλησης θερμότητας", η θερμοηλεκτρική καινοτομία συνδέεται με κάποιες ευρέως διακυμμένες εφαρμογές - λίγους ψύκτες με δίοδο λέιζερ, συμπαγή ψυγεία, ψύκτες υγρών κλπ.

Η θερμοηλεκτρική ψύξη χρησιμοποιεί την επίδραση του Peltier για να κάνει μια ροή θερμότητας μεταξύ των διασταυρώσεων δύο μοναδικών ειδών υλικών. Ένας ψύκτης Peltier είναι μια ισχυρή δυναμική αντλία θερμότητας στερεάς κατάστασης που ανταλλάσσει τη θερμότητα από τη μια πλευρά του gadget στο επόμενο, με τη χρήση της ηλεκτρικής ζωτικότητας, εξαρτώμενη από την επικεφαλίδα του ρεύματος. Ένα τέτοιο όργανο ονομάζεται επίσης ένα εργαλείο Peltier ή ένα θερμοηλεκτρικό ψύκτη (TEC) [21]. Στο σημείο όπου η τάση συνεχούς ρεύματος είναι συνδεδεμένη με τη μονάδα, οι θετικοί και αρνητικοί φέροντες φορτίο στο συγκρότημα σφαιριδίων εξομοιώνουν θερμότητα από μία επιφάνεια υποστρώματος και εκκενώνονται στο υπόστρωμα στην αντίστροφη πλευρά. Η επιφάνεια στην οποία εξομαλύνεται η θερμότητα καταλήγει να είναι παγωμένη, η αντίστροφη επιφάνεια όπου εκπέμπεται θερμότητα, στρέφεται αισθητά θερμό.

Κάθε μεμονωμένη διαμόρφωση θερμοηλεκτρικού πλαισίου έχει ένα αξιοσημείωτο όριο όσον αφορά την άντληση θερμότητας (σε Watt ή BTU / ώρα) και αυτό επηρεάζεται από πολλές μεταβλητές. Οι πιο κρίσιμοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, οι φυσικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των θερμοηλεκτρικών μονάδων που χρησιμοποιούνται και η παραγωγικότητα του πλαισίου διασποράς θερμότητας. Οι συνήθεις θερμοηλεκτρικές εφαρμογές γενικά αντλούν θερμικά φορτία που κυμαίνονται από λίγα milliwatts έως αρκετά watts.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι τα ακόλουθα:

1. Κανένα κινητό μέρος: Επομένως, απαιτείται λιγότερη η υποστήριξη
2. Ευέλικτο σχήμα: Το γενικό πλαίσιο θερμοηλεκτρικής ψύξης είναι σημαντικά μικρότερο και ελαφρύτερο από ένα πρακτικά όμοιο μηχανικό πλαίσιο. Επιπλέον, μια ποικιλία τυποποιημένων και ασυνήθιστων μεγεθών και ρυθμίσεων είναι προσβάσιμες για να πληρούν αυστηρές προϋποθέσεις εφαρμογής. Είναι ιδανικό για τα σημερινά πρότυπα καινοτομίας.

3. Φιλικό προς το περιβάλλον: Το παραδοσιακό σύστημα ψύξης δεν μπορεί να κατασκευαστεί χωρίς τη χρήση χλωροφθορανθράκων ή διαφορετικών χημικών ουσιών που μπορεί να είναι καταστροφικές για το περιβάλλον μας. Τα θερμοηλεκτρικά gadgets δεν χρησιμοποιούν ή δημιουργούν αέρια οποιουδήποτε είδους.
4. Ακριβής έλεγχος θερμοκρασίας: - Με ένα κατάλληλο κύκλωμα ελέγχου θερμοκρασίας, η θερμοηλεκτρική μονάδα μπορεί να ελέγξει τις θερμοκρασίες σε θερμοκρασίες άνω των +/- 0,1°C.
5. Χωρητικότητα για ψύξη κάτω από το περιβάλλον: - Σε αντίθεση με έναν γενικό ψύκτη της οποίας η θεμελιωδώς θερμοκρασία θα πρέπει να αυξηθεί σε σχέση με το περιβάλλον. ένα θερμοηλεκτρικό πλαίσιο που προσαρτάται στον ίδιο ψύκτη θερμότητας μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία κάτω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
6. Χρήση σε ακραίες συνθήκες: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος καταστάσεων που είναι πιο ήρεμες ή πιο ακραίες από τις συνηθισμένες ψύξεις.
7. . Μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία: Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παρουσιάζουν υψηλή αξιοπιστία εξαιτίας της ανάπτυξης στερεάς κατάστασης. Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, η MTBF ξεπερνώντας τις 100.000 ώρες περίπου.
8. Έλεγχος: Ελεγχόμενος με την αποτελεσματική αλλαγή της τάσης εισόδου / ρεύματος.
9. Χαμηλή κατανάλωση ρεύματος: Τραβήξτε το ίδιο χαμηλό ρεύμα από το πλαίσιο ψύξης που βασίζεται σε συμπίεστή. Οι θερμοηλεκτρικοί ψύκτες μπορούν να λειτουργούν απευθείας από μια πηγή ρεύματος DC.
10. Αθόρυβη λειτουργία: - Σε αντίθεση με ένα γενικό μηχανικό πλαίσιο ψύξης, οι θερμοηλεκτρικές μονάδες δεν παράγουν σκοπούς ηλεκτρικής αναταραχής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος σύνδεσης με ευαίσθητους ηλεκτρονικούς αισθητήρες. Είναι επιπλέον ακουστικά ήσυχα.
11. Λειτουργία σε οποιαδήποτε κατάσταση: - Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος οποιασδήποτε εισαγωγής και σε συνθήκες μηδενικής βαρύτητας. Κατά συνέπεια, επικρατούν σε πολλές αεροπορικές εφαρμογές.
12. Ατομική ψύξη: - Με μια θερμοηλεκτρική μονάδα είναι εύκολο να κρυώσει ένα συγκεκριμένο τμήμα ή περιοχή μόνο.

Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: Όταν χρησιμοποιείται αντίστροφα με την εφαρμογή διαφοράς θερμοκρασίας στα χαρακτηριστικά ενός θερμοηλεκτρικού πλαισίου ψύξης, είναι σκόπιμο να δημιουργηθεί ένα μικρό μέτρο ισχύος DC.

### 3.2.2 Τεχνολογία βασισμένη στην ξήρανση

Τα ξηραντικά είναι χημικές ουσίες που έχουν μοναδική ιδιότητα να απορροφούν την υγρασία από την ατμόσφαιρα. Τα ξηραντικά μπορούν να απορροφήσουν την ατμοσφαιρική υγρασία με διάφορες μεθόδους: με φυσική απορρόφηση, σχηματισμό χημικών δεσμών (χημική απορρόφηση) ή προσρόφηση (επιφανειακό φαινόμενο). Η ικανότητα εισροής ύδατος των ξηραντικών εξαρτάται από τη φυσική τους σύνθεση, τις χημικές ιδιότητες και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Υπάρχουν επίσης διάφορες άλλες ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαγάγουν μεγάλη ποσότητα υγρασίας. Αυτά περιλαμβάνουν σούπερ απορροφητικά, μοριακά κόσκινα, γλυκόλες και άλλα πολυμερή.

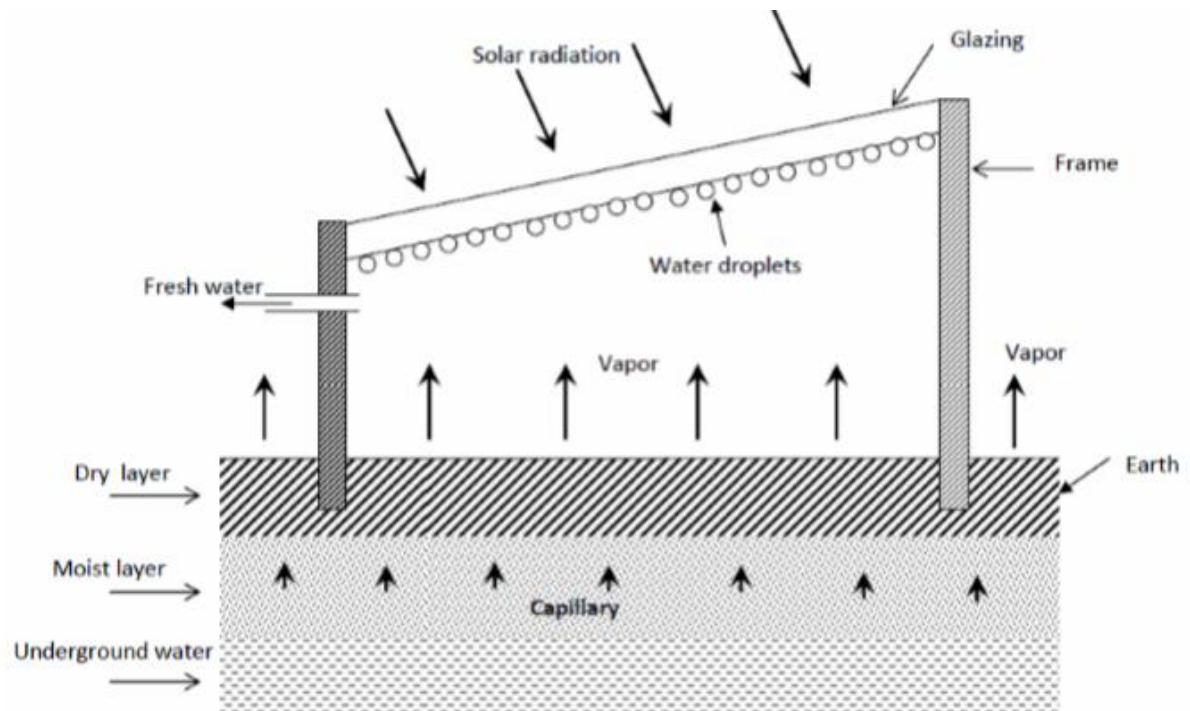
- Υπέρ-Απορροφητικά: Αυτά είναι πολυμερή πηκτής νερού που μπορούν να απορροφήσουν μέχρι και 400 φορές το δικό τους βάρος. Αυτά χρησιμοποιούνται σήμερα σε πάνες μωρών. Το απορροφούμενο νερό μπορεί εύκολα να εκχυλιστεί με προσθήκη άλατος στο πήκτωμα.
- MolecularSieves: Αυτά είναι υλικά που περιέχουν μικροσκοπικούς πόρους που χρησιμοποιούνται ως προσροφητικά για αέρια και υγρά. Μπορούν να απορροφήσουν νερό μέχρι και το 22% του ίδιου βάρους τους. Μερικοί από τους πολλούς τύπους μοριακών κόσκινων είναι: Ενεργός άνθρακας, ασβέστης και ζεόλιθος.
- Γλυκόλες: Το βασικό πλεονέκτημα των γλυκολών είναι ότι μπορούν εύκολα να αναγεννηθούν. Αυτά χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλά συστήματα αφυδάτωσης αερίων.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Αξιολόγηση Και Σύγκριση Με Υπάρχοντα Συστήματα

### 4.1 Διαθέσιμα συστήματα

#### 4.1.1 Επίγειοι συλλέκτες

Ένα από τα πρώτα έργα που ασχολούνται με την άντληση νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα δημοσιεύθηκε στη Ρωσία [26]. Η συσκευή αποτελείται από ένα σύστημα κατακόρυφων και κεκλιμένων διαύλων στη γη για τη συλλογή νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα με ψύξη υγρού αέρα σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου. Το έδαφος ουσιαστικά αποτελείται από τρία στρώματα. Όταν ο ήλιος λάμπει, η επιφάνεια της γης στεγνώνει, δημιουργώντας ένα ξηρό στρώμα. Το βάθος του ξηρού στρώματος ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, την ποσότητα της βροχόπτωσης, το βάθος του τριχοειδούς στρώματος κλπ. Κάτω από το ξηρό στρώμα υπάρχει ένα υγρό στρώμα που παραμένει υγρό μέσω της τριχοειδούς δράσης καθώς βρίσκεται σε επαφή με το υπόγειο νερό. Με τριχοειδή δράση, το νερό αυτό αναρροφάται στην επιφάνεια της γης μέσα από μικροσκοπικές ρωγμές στο έδαφος. Όταν η επιφάνεια του εδάφους θερμαίνεται από τον ήλιο, το νερό αυτό διαλύεται σε υδρατμούς. Για να συλλεχθεί αυτός ο ατμός με τη μορφή σταγονιδίων, χρησιμοποιείται ένα τετράπλευρο πλαίσιο με ένα υαλοστάσιο σε κλίση, που ονομάζεται συλλέκτης εδάφους-νερού. Όταν η επιφάνεια της γης θερμαίνεται από την ηλιακή ενέργεια, ο υδρατμός που εξατμίζεται από την επιφάνεια υψώνεται στο υαλοστάσιο μέσω μεταφοράς και συμπυκνώνεται στην κάτω πλευρά του υαλοπίνακα. Το συμπύκνωμα ρέει κατά μήκος του υαλοπίνακα.



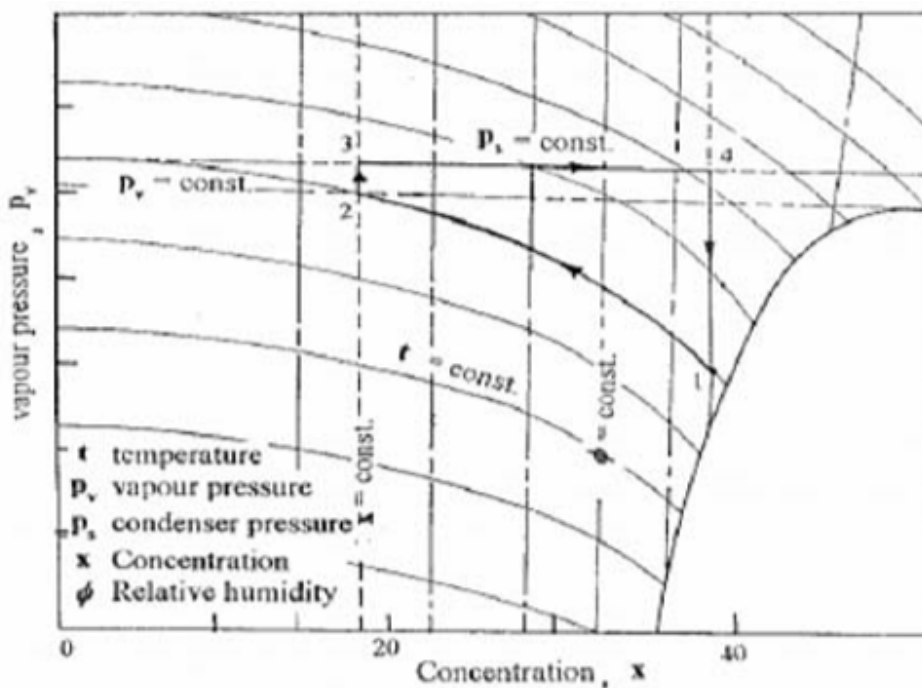
Εικόνα 4 Επίγειος συλλέκτης



#### 4.1.2 Ο κύκλος απορρόφησης-αναγέννησης

Ένα θεωρητικό όριο για τη μέγιστη δυνατή ποσότητα νερού που μπορεί να συλλεχθεί από τον αέρα χρησιμοποιώντας τον ξηραντικό μέσω του κύκλου αναγέννησης απορρόφησης σε ορισμένα λειτουργικά όρια των συνθηκών περιβάλλοντος, η θερμότητα που προστίθεται στο ξηραντικό κατά τη διάρκεια της αναγέννησης και η μέγιστη διαθέσιμη θερμοκρασία θέρμανσης θα μπορούσε να αξιολογηθεί την ανάλυση αυτού του κύκλου. Ο κύκλος αναγέννησης απορρόφησης μπορεί να εφαρμοστεί για την παραγωγή νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο θεωρητικός κύκλος αποτελείται από τέσσερις θερμικές διεργασίες οι οποίες είναι:

1. Διαδικασία 1-2: ισοθερμική απορρόφηση υδρατμών από τον αέρα.
2. Διαδικασία 2-3: σταθερή θέρμανση του απορροφητικού.
3. Διαδικασία 3-4: Αναγέννηση σταθερής πίεσης απορροφητικού.
4. Διαδικασία 4-1: συνεχής συμπίκνωση της ψύξης του απορροφητικού.



Εικόνα 5 κύκλος απορρόφησης-αναγέννησης

Αυτός ο κύκλος μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα ξηράνσεως με διαφορετικές διαμορφώσεις και διαφορετικές πηγές θερμότητας. Δεδομένου ότι ο σκοπός αυτού του κύκλου είναι η παραγωγή νερού από τον αέρα και η ενέργεια εισόδου στο σύστημα είναι η θερμότητα που προστίθεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναγέννησης, τότε η απόδοση του κύκλου μπορεί να οριστεί ως ο λόγος θερμότητας που προστίθεται στους αναγεννημένους ατμούς προς τη συνολική θερμότητα πρόσθεσε. Η θεωρητική ανάλυση έδειξε ότι τα ισχυρά και αδύνατα όρια συγκέντρωσης διαλύματος διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αξία της αποτελεσματικότητας του κύκλου. Ωστόσο, ένας τροποποιημένος κύκλος περιγράφεται και αναλύεται από τον Sultan [30].

#### 4.1.4 Συστήματα ξήρανσης

Ο Hall [7] πρότεινε ένα σύστημα για την παραγωγή νερού από τον ατμοσφαιρικό αέρα με απορρόφηση χρησιμοποιώντας αιθυλενογλυκόλη ως υγρό ξηραντικό με επακόλουθη ανάκτηση σε ηλιακή ακινησία. Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο ανακτηθέν νερό μελετήθηκαν και τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με τη μορφή ενός σύνθεσης-ψυχομετρικού διαγράμματος, αλλά το χαρτί δεν παρέχει καμία πληροφορία σχετικά με τη μάζα του ανακτηθέντος νερού.

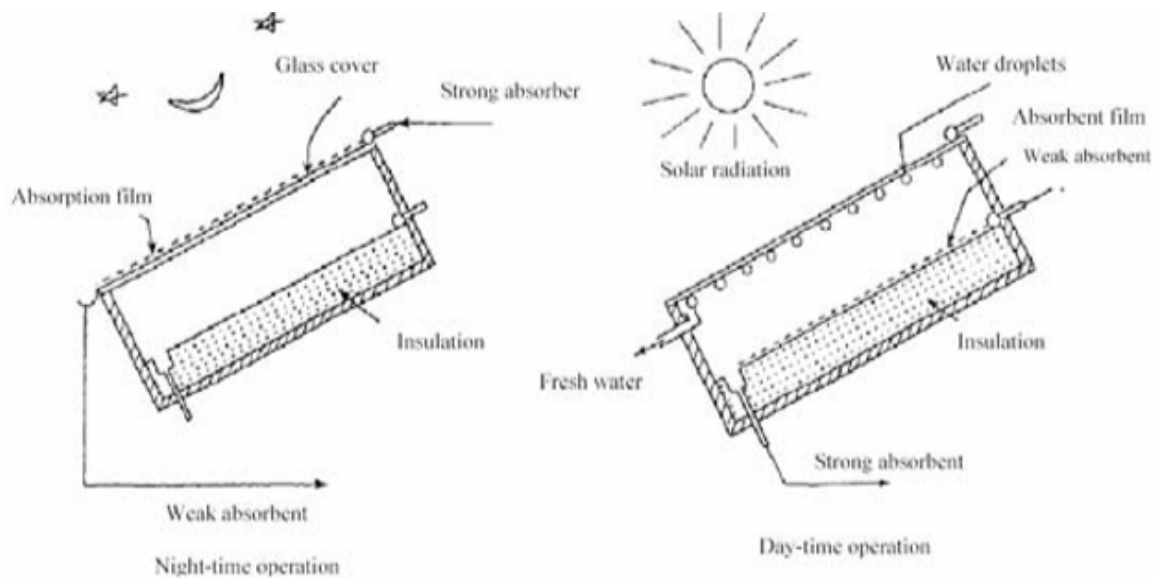
Ο Sofrata [8] δημιούργησε ένα μη συμβατικό σύστημα για τη συλλογή νερού από τον αέρα με βάση μια διαδικασία προσρόφησης-εκρόφησης χρησιμοποιώντας ένα στερεό ξηραντικό. Το έγγραφο συζήτησε επίσης τη σκοπιμότητα της εφαρμογής συστημάτων κλιματισμού για τη συλλογή νερού από τον υγρό αέρα ψύχους του σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου.

Ο Alayli [9] χρησιμοποίησε ένα συνθετικό σύνθετο υλικό σχήματος S για την απορρόφηση υγρασίας από τον ατμοσφαιρικό αέρα με επακόλουθη αναγέννηση χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια.

Ο Hamed [10] εξέτασε δύο μεθόδους για να εξαγάγει νερό από τον ατμοσφαιρικό αέρα χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια. Η πρώτη μέθοδος βασίστηκε στην ψύξη του υγρού αέρα σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο ροής του αέρα χρησιμοποιώντας ένα ηλιακό σύστημα ψύξης απορρόφησης LiBr-H<sub>2</sub>O. Η δεύτερη μέθοδος βασίστηκε στην απορρόφηση της υγρασίας από τον ατμοσφαιρικό αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας με τη χρήση διαλύματος χλωριούχου

ασβεστίου ως υγρού ξηραντικού μέσου, με επακόλουθη ανάκτηση απορροφούμενου νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ως αποτέλεσμα αυτής της μελέτης, η δεύτερη μέθοδος συνιστάται ως η πλέον κατάλληλη εφαρμογή ηλιακής ενέργειας για ανάκτηση ύδατος από τον αέρα.

Οι Abualhamayel και Gandhidasan [11] πρότειναν ένα σύστημα ανάκτησης ύδατος από τον αέρα. Αποτελείται από μια επίπεδη, μαυρισμένη, κεκλιμένη επιφάνεια και καλύπτεται από ένα μόνο τζάμι με διάκενο αέρα περίπου 45 cm. Το κάτω μέρος της μονάδας είναι καλά μονωμένο. Τη νύχτα, το ισχυρό απορροφητικό υλικό ρέει κάτω ως λεπτό φιλμ πάνω από το γυάλινο κάλυμμα σε επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος. Εάν η τάση ατμών του ισχυρού ξηραντικού είναι μικρότερη από την τάση ατμών του νερού στον ατμοσφαιρικό αέρα, η μεταφορά μάζας λαμβάνει χώρα από την ατμόσφαιρα στο απορροφητικό. Λόγω απορρόφησης της υγρασίας από τον αέρα του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της νύχτας, το απορροφητικό αραιώνεται. Το απορροφητικό πλούσιο σε νερό πρέπει να θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας για να ανακτήσει το νερό από το ασθενές απορροφητικό. Επομένως, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αδύναμος ξηραντής ρέει κάτω ως λεπτό φιλμ πάνω στην επιφάνεια απορροφητή. Το ασθενές απορροφητικό υλικό θερμαίνεται με ηλιακή ενέργεια και το νερό που εξατμίζεται από το διάλυμα ανυψώνεται στο γυάλινο κάλυμμα μέσω μεταφοράς όπου συμπυκνώνεται στην κάτω πλευρά του γυάλινου καλύμματος και το απορροφητικό υλικό που εξέρχεται από τη μονάδα γίνεται ισχυρό. Η απόδοση της μονάδας τη νύχτα εξαρτάται από τη δυνατότητα μεταφοράς μαζών, η οποία είναι η διαφορά στην πίεση υδρατμών μεταξύ του αέρα του περιβάλλοντος και του ξηραντικού.



Εικόνα 6 Το σύστημα του [11]

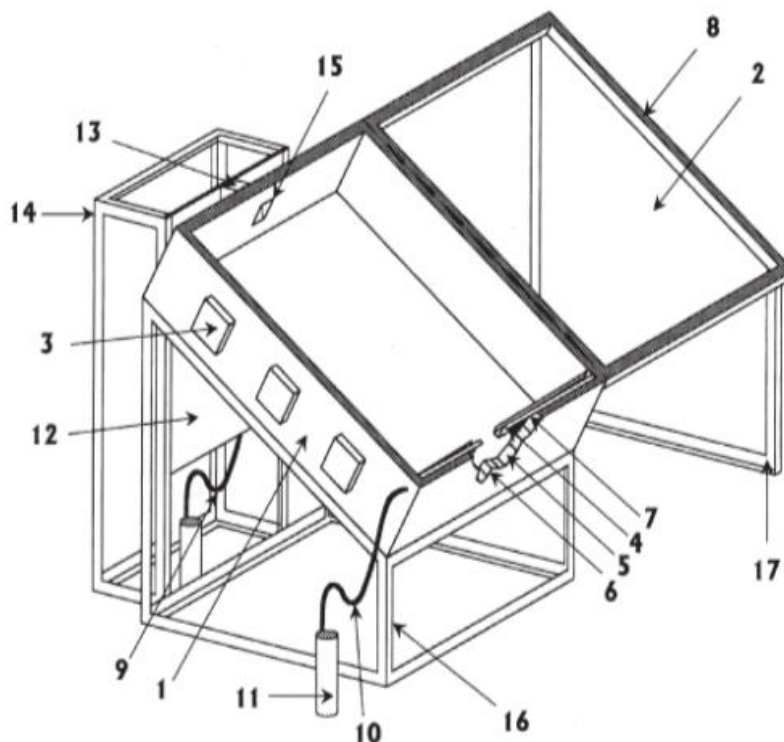
Η απόδοση ενός συστήματος ξηραντικού / συλλέκτη με ένα παχύ πτυχωτό στρώμα μαυρισμένου υφάσματος για απορρόφηση υδατμών τη νύχτα από τον ατμοσφαιρικό αέρα με επακόλουθη αναγέννηση κατά τη διάρκεια της ημέρας, χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια, αναφέρθηκε από τους Gadetal. [12]. Αποτελείται κυρίως από τρία μέρη: έναν επίπεδο συλλέκτη πλάκας με κινητό γυάλινο κάλυμμα, ένα πτυχωτό στρώμα και έναν αερόψυκτο συμπτυκνωτή αποτελούμενο από δύο παράλληλες επίπεδες πλάκες. Η εσωτερική επιφάνεια του συλλέκτη είναι ένα κιβώτιο διατομής  $m\ 0,3$   $m$ , ύψους  $42,142,1 \times$ . Τρία τετράγωνα ανοίγματα του  $m\ 0,20,2 \times$  διανέμονται στη μία πλευρά του κιβωτίου. Σε κάθε άνοιγμα υποστηρίζεται ένας ανεμιστήρας ισχύος  $10\ W$ . Το κιβώτιο είναι μονωμένο από αφρό υψηλής πυκνότητας πάχους  $0,05\ m$ , καλυμμένο με φύλλα αλουμινίου που σχηματίζουν, με την ολίσθηση, την εξωτερική θήκη της συσκευής. Ένα γυάλινο κάλυμμα που έχει μια τετράγωνη επιφάνεια διατομής πάχους  $2\ m\ 2$  και  $6\ mm$  υποστηρίζεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο για να σχηματίσει την άνω πλευρά της συσκευής.

Το πλαίσιο είναι αρθρωμένο με το κουτί από τη μια πλευρά. Για τη στήριξη των στρωμάτων υφάσματος που αποτελούν την κλίση, χρησιμοποιείται ένα μεταλλικό πλαίσιο από χαλύβδινα σύρματα. Το ύψος της κλίσης είναι  $0,2\ m$ , η οριζόντια απόσταση μεταξύ των δύο διαδοχικών χαλύβδινων συρμάτων είναι  $5\ cm$ . Η αυλάκωση αυξάνει την περιοχή απορρόφησης σε περίπου  $4,1$  φορές την περιοχή του κουτιού. Ένα χαλύβδινο πλαίσιο με γωνία κλίσης  $30^\circ$  στηρίζει τη συσκευή. Ένας αερόψυκτος επιφανειακός συμπτυκνωτής με δύο παράλληλες επίπεδες πλάκες και

συνολική επιφάνεια  $2 \text{ m}^2$  συνδέεται στον ηλιακό συλλέκτη από την πίσω (βόρεια) πλευρά μέσω ενός μικρού αγωγού από χάλυβα.

Ο συμπυκνωτής είναι κατασκευασμένος από φύλλα χάλυβα πάχους  $0,5 \text{ mm}$ . Μια φιάλη συλλογής συμπυκνωμάτων βρίσκεται κάτω από τον συμπυκνωτή. Ο συμπυκνωτής συνδέεται στο σύστημα για να αξιολογήσει την επίδρασή του στην παραγωγικότητα και λειτουργία του συστήματος. Τα πραγματικά καταγεγραμμένα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ηλιακό σύστημα μπορεί να παρέχει περίπου  $1,5$  λίτρα φρέσκου νερού ανά τετραγωνικό μέτρο την ημέρα.

- 1- Flat plate collector.
- 2- Glass cover.
- 3- Fans openings.
- 4- Collected water channel.
- 5- Foam (Insulation).
- 6- Aluminum sheets.
- 7- Steel sheets.
- 8- Metallic frame.
- 9- Collected water tube of condenser.
- 10- Collected water tube of collector.
- 11- Graduated Flask.
- 12- Flat plate condenser.
- 13- Connected channel.
- 14- Condenser support.
- 15- Condenser opening.
- 16- Collector support.
- 17- Glass cover support.



Εικόνα 7 Το σύστημα του [12]

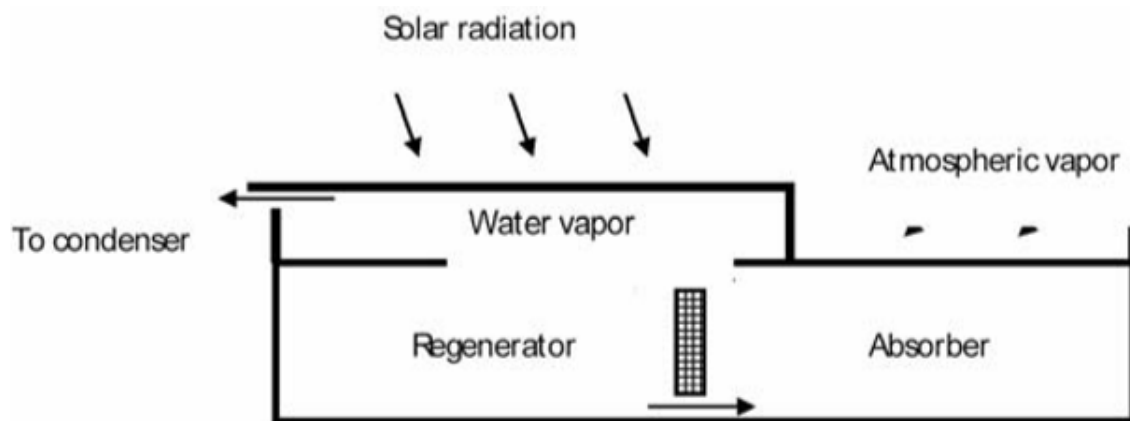
Η ανάγκη οικονομικής υλοποίησης συστημάτων ηλιακής απορρόφησης για την παραγωγή νερού σε άνυδρες περιοχές έχει μεγάλη σημασία. Επιπλέον, η ενόχληση και το σχετικά υψηλό κόστος κεφαλαίου της αποξηραντικής κλίνης περιορίζουν τη χρήση τέτοιων μονάδων σε μεγάλη κλίμακα. Στις περιοχές της ερήμου, προτάθηκε η ανάμιξη αμμώδους στρώματος της επιφάνειας

του εδάφους με αποξηραντικό ως μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την ελαχιστοποίηση του κόστους της κλίνης απορρόφησης ατμών [13].

Το αμμώδες στρώμα εμποτισμένο με αποξηραντικό υλικό υποβάλλεται σε ατμόσφαιρα περιβάλλοντος για να απορροφά υδρατμούς τη νύχτα. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ηλιοφάνειας, το στρώμα καλύπτεται από ένα θερμοκήπιο όπου το ξηραντικό αναγεννάται και ο υδρατμός συμπυκνώνεται στη διαφανή επιφάνεια του θερμοκηπίου ή σε οποιαδήποτε άλλη ψυχρή επιφάνεια. Η πρόβλεψη του κύκλου απορρόφησης απαιτεί γνώση της ποσοστιαίας προσέγγισης του κορεσμού. Λόγω των παραμέτρων σχεδιασμού της κλίνης απορρόφησης, ο λόγος μάζας αποξηραντικού προς άμμο είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον ρυθμό απορρόφησης και κατά συνέπεια τον ρυθμό παραγωγής νερού.

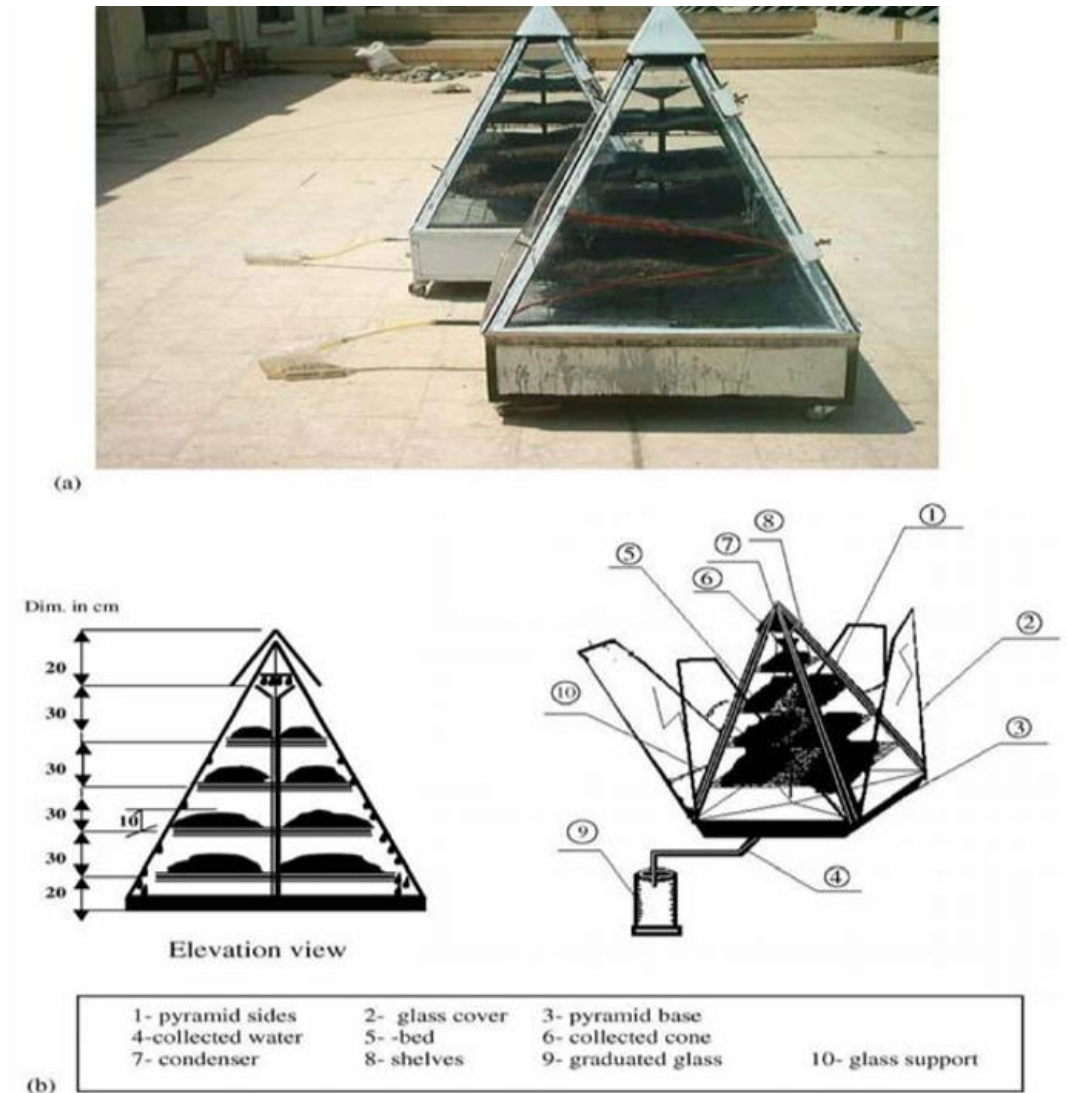
Η εκχύλιση του νερού από τον αέρα χρησιμοποιώντας το σύστημα ηλιακού συλλέκτη με αμμώδη κλίνη διερευνάται από τον Kabeel [14]. Το σύστημα μελετάται θεωρητικά και πειραματικά για να αξιολογηθεί η απόδοση της αμμώδους κλίνης εμποτισμένης με συγκέντρωση  $\text{CaCl}_2$  30% για την παραγωγή νερού από τον υγρό αέρα. Αναφέρεται ότι το σύστημα μπορεί να παρέχει έως και περίπου 1,2 λίτρα φρέσκου νερού ανά τετραγωνικό μέτρο γυάλινης κάλυψης ανά ημέρα.

Η εφαρμογή της ηλιακής συγκέντρωσης για την παραγωγή νερού από το ατμοσφαιρικό αέρα αναφέρεται στο [15]. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το έργο AQUASOLIS για την αξιολόγηση της χρήσης μονάδων συγκεντρώσεως ηλιακής ακτινοβολίας για εφαρμογές εκτός της θέρμανσης και της ψύξης, ιδίως για την παραγωγή γλυκού νερού για ανθρώπινη κατανάλωση και για τη γεωργία για τις μεσογειακές χώρες. Ο ατμοσφαιρικός ατμός απορροφάται στο τμήμα απορρόφησης και το ασθενές ξηραντικό κυκλοφορεί στη γεννήτρια για θέρμανση και συμπύκνωση υδρατμών.



*Εικόνα 8 Η αρχή του συστήματος [16]*

Η ικανότητα του σχήματος γυάλινης πυραμίδας με ένα ηλιακό σύστημα πολλαπλών ραφιών για την εκχύλιση νερού από τον υγρό αέρα διερευνάται στο [17]. Δύο πυραμίδες χρησιμοποιήθηκαν με διαφορετικούς τύπους κλινών στα ράφια. Οι κλίνες είναι κορεσμένα με 30% πυκνό διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου. Οι πλευρές της πυραμίδας ανοίχτηκαν τη νύχτα για να επιτρέψουν στη κλίνη να κορεστεί με υγρό αέρα και να κλείσει κατά τη διάρκεια της ημέρας για να εξαγάγει την υγρασία από τη κλίνη από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κλίνη στην πρώτη πυραμίδα κατασκευάστηκε από ξύλο πριονιού ενώ είναι κατασκευασμένο από ύφασμα μόνο στη δεύτερη πυραμίδα με τις ίδιες διαστάσεις. Το σύστημα ερευνήθηκε πειραματικά σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες για να μελετηθεί η επίδραση του πυραμιδικού σχήματος στις διαδικασίες απορρόφησης και αναγέννησης. Προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η κλίνη των υφασμάτων απορροφά περισσότερο διάλυμα (9 kg) σε σύγκριση με την ξυλεία (8 kg). Η υιοθέτηση αυτής της προσέγγισης παράγει  $2.5 \text{ m}^3/\text{day}$ .



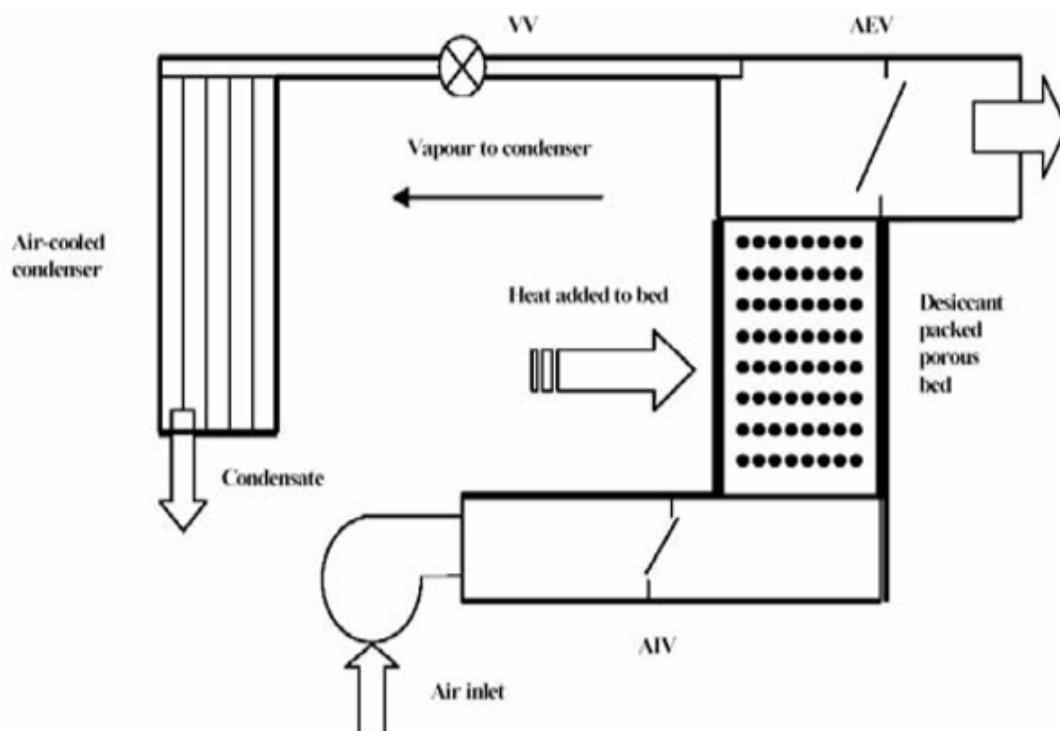
Εικόνα 9 Το σύστημα [17]

Οι εκλεκτικοί απορροφητικοί παράγοντες νερού που αναπτύχθηκαν στο Ινστιτούτο Κατάλυσης Βορσκον (Novosibirsk, Ρωσία) για παραγωγή γλυκού νερού από την ατμόσφαιρα αναφέρονται από τους Aristovetal. [18] Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών κλίμακας έδειξαν ότι είναι εφικτή η παραγωγή γλυκού νερού με απόδοση 3-5 τόνων νερού ανά 10 τόνους ξηρού ροφητή ανά ημέρα. Επίσης, το εκλεκτικό σύνθετο προσροφητικό για παραγωγή φρέσκου νερού με ηλιακή ενέργεια από τον ατμοσφαιρικό αέρα παρουσιάζεται στο [19]. Συντίθεται από ένα κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας υπερ-μεγάλο πόρο κρυσταλλικό υλικό MCM-41 ως μήτρες ξενιστή και χλωριούχο ασβέστιο ως υγροσκοπικό άλας. Η ικανότητα προσρόφησης των



νέων σύνθετων υλικών είναι τόσο υψηλή όσο το 1,75 kg / kg ξηρού προσροφητικού, το οποίο είναι υψηλότερο από τα σύνθετα που συντίθενται με πυριτική πηκτή και γλωριούχο ασβέστιο και ο ρυθμός προσρόφησης των νέων σύνθετων υλικών είναι επίσης ελκυστικός. Επίσης παρουσιάζεται και δοκιμάζεται μια μονάδα δοκιμής παραγωγής νερού με ηλιακή ενέργεια που χρησιμοποιεί το νέο προσροφητικό.

Η παραγωγή νερού από τον αέρα σε συνεχή, 24ωρη βάση, χρησιμοποιώντας πιο συμπαγείς μονάδες προσρόφησης με εφαρμογή προσρόφησης με αναγκαστική μεταφορά σε συσκευασμένη πορώδη κλίνη, προτείνεται στο [20]. Το σύστημα λειτουργεί σε δύο λειτουργίες, δηλαδή τη λειτουργία προσρόφησης και τη μέθοδο εκρόφησης. Στον τρόπο προσρόφησης, ο ατμοσφαιρικός αέρας ωθείται στην προσροφητική κλίνη όπου προσροφάται η υγρασία και η συγκέντρωση του ξηραντικού μειώνεται με το χρόνο. Στην κορυφή του απορροφητικού στρώματος, εξέρχεται αέρας έξω από το σύστημα μέσω της βαλβίδας εξαγωγής αέρα, η οποία ανοίγει κατά τη διάρκεια αυτού του τρόπου λειτουργίας. Στο τέλος αυτού του σταδίου, οι βαλβίδες εισόδου και εξαγωγής αέρα είναι κλειστές και η κλίνη απομονώνεται από τον εξωτερικό αέρα. Κατά τη διάρκεια του τρόπου εκρόφησης, η θέρμανση του απορροφητικού στρώματος και η αποξήρανση αναδημιουργούνται. Η τάση ατμών στην επιφάνεια του αφυγραντικού αέρα αυξάνεται και ως εκ τούτου ο υδρατμός ρέει σε ένα συμπυκνωτή που ψύχεται με αέρα μέσω της βαλβίδας ατμού. Ταυτόχρονη εξάτμιση από την κλίνη και συμπύκνωση στην επιφάνεια του συμπυκνωτή πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας εκρόφησης. Το συμπύκνωμα συλλέγεται μέσω του ανοίγματος του συμπυκνωτή που φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 10 Το σύστημα [20]

Η αναγέννηση λήγει όταν η συγκέντρωση του αποξηραντικού υλικού στην κλίνη φτάσει στην αρχική της τιμή κατά την έναρξη της διαδικασίας προσρόφησης. Ο νέος κύκλος αρχίζει όταν η θερμοκρασία της κλίνης μειωθεί στην αρχική θερμοκρασία απορρόφησης (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

#### 4.1.5 Ψύξη Αέρα

Μια παρόμοια μελέτη διεξήχθη αναλυτικά [21] για τις κλιματικές συνθήκες των παράκτιων περιοχών των ΗΑΕ και αναφέρθηκε ότι η ποσότητα του φρέσκου νερού που λαμβάνεται εξαρτάται από τις ιδιότητες του υγρού αέρα, της ταχύτητας του αέρα, της επιφάνειας του πηνίου ψύξης και της διάταξης εναλλαγής θερμότητας. Πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί χλωριωμένες ενώσεις φθοριοϋδρογονάνθρακα (CFCs) που αναγνωρίζονται ως παράγοντες που συμβάλλουν στην εξάντληση της στιβάδας του όζοντος.

Για τις συνήθειες ζεστές και υγρές καιρικές συνθήκες (Γζέντα, Σαουδική Αραβία, 21° 23° N και 39° E), ο Habeebullah ανέφερε ότι η ημερήσια διακύμανση της απόδοσης νερού έδειξε ότι ακολουθεί το σχετικό υγρασιακό σχήμα με ελάχιστο στις μεσημεριανές ώρες. Με βάση τα

πραγματικά κλιματικά δεδομένα, η μηνιαία εκτιμώμενη μέση απόδοση νερού κατά τους μήνες Αύγουστο και Φεβρουάριο ήταν 509 και 401, kg/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

#### 4.1.6 Συλλογή δροσιάς

Στις διαυγείς νύχτες, η υγρασία στον αέρα αρχίζει να συμπυκνώνεται σε οποιαδήποτε επιφάνεια όπου η θερμοκρασία έχει πέσει κάτω από το σημείο δρόσου λόγω της ακτινοβολίας. Η νεφελώτητα, η θερμοκρασία επιφάνειας, η υγρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζουν τον σχηματισμό δροσιάς. Αυτός ο τύπος συλλογής νερού είναι δυνατός όποτε υπάρχει υγρός αέρας και καθαρός ουρανός νυχτερινής περιόδου ταυτόχρονα. Αυτό το είδος σχηματισμού δροσιάς μπορεί να συμβεί σε μεγάλες εκτάσεις σε υγρό αλλά καθαρό περιβάλλον όπως στις παράκτιες περιοχές.

Οι Jacobsetal [23] ανέφεραν τα πειραματικά αποτελέσματα ενός ειδικά σχεδιασμένου μονωμένου επίπεδου συλλέκτη δροσιάς, τοποθετημένου σε γωνία 30 ° από οριζόντιο, καλυμμένο με λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου (0,39 mm) και στη συνέχεια αντικαταστάθηκε με πολυβινυλοχλωρίδιο 4 mm. Ένας δεύτερος συλλέκτης δροσιάς, με σχήμα ανεστραμμένης πυραμίδας, κατασκευάστηκε για να μειώσει τη γωνία θέασης μόνο στον ουρανό της νύχτας . Ένα απλό μοντέλο εξοικονόμησης ενέργειας επιφάνειας και ένα αεροδυναμικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της ροής που συλλέχθηκαν και από τους δύο συλλέκτες. Ο επίπεδος συλλέκτης συνέλεξε περίπου το 90% της δροσιάς στο κάλυμμα του γρασιδιού ενώ ο συλλέκτης πυραμίδας συγκέντρωσε περίπου το 1,20% του καλύμματος γρασιδιού. Το μοντέλο ήταν σε θέση να προβλέψει την ποσότητα των δεδομένων συλλέκτη κατά 50% για τον επίπεδο συλλέκτη και 60% για τον συλλέκτη ανεστραμμένων πυραμίδων. Ο σχεδιασμός του πυραμιδικού συλλέκτη ήταν σε θέση να συγκεντρώσει περίπου 20% περισσότερη δροσιά από τον κεκλιμένο επίπεδο συλλέκτη. Ανέφεραν επίσης ότι και οι δύο συλλέκτες δροσιάς είναι αποτελεσματικοί στη συλλογή της δροσιάς και οι συλλεγόμενες ποσότητες είναι συγκρίσιμες με τη φυσική δροσιά σε ένα κάλυμμα γρασίδι, παρά την ανάγκη οι σταγόνες δροσιάς να στραγγίσουν προς τη συσκευή καταγραφής μέτρησης.



*Εικόνα 11 Το σύστημα [23]*

Ένα έργο που ονομάζεται DewEquipment for Water (DEW) ξεκίνησε για στέγη  $15.1\text{m}^2$  στο νησί Bisevo (Κροατία), εξοπλισμένο με εμπορικό πλαστικό κάλυμμα επιλεγμένο για τις ανώτερες

ιδιότητες συλλογής δροσιάς. Μετρήσεις τόσο της βροχής όσο και του νερού δροσισμού πραγματοποιήθηκαν για πολλά χρόνια και τα δεδομένα θα συσχετιστούν με τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν επί τόπου. Οι προκαταρκτικές μετρήσεις κατά την περίοδο 21 Απριλίου - 21 Οκτωβρίου 2005 έδειξαν ότι το νερό διαβροχής συνέβαλε σημαντικά, το 26% του συνόλου των συλλεγέντων υδάτων [24].

Για να προβλέψουμε την απόδοση του συλλέκτη δροσιάς, αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο σταθερής κατάστασης από τους Gandhidasan και Abualhamayel [25]. Η απόδοση συλλέκτη δροσιάς που προβλέπεται με το μοντέλο δείχνει καλή συμφωνία με τα πειραματικά ευρήματα. Τα πειράματα διεξάγονται στο Dhahran της Σαουδικής Αραβίας, με συγκεντρωτικό πάνελ συγκέντρωσης  $1 \times 1$  m και συλλέγονται περίπου 0.22 mL νερού κατά τη διάρκεια μιας μόνο νύχτας λειτουργίας. Στη νοτιοδυτική περιοχή του Βασιλείου της Σαουδικής Αραβίας υπάρχει η δυνατότητα να παρασχεθεί μια εναλλακτική πηγή γλυκού νερού. Ένα έργο συλλογής ομίχλης πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Asir της Σαουδικής Αραβίας. Τρεις βασικοί συλλέκτες ομίχλης (SFC) σχεδιάστηκαν, κατασκευάστηκαν και εγκαταστάθηκαν. Επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικές τοποθεσίες βάσει τοπογραφίας και υψομέτρου και αποκτήθηκαν δεδομένα από τον Απρίλιο του 2006 έως τον Απρίλιο του 2007. Οι μετρήσεις με τους SFC έγιναν για περιοχές με ανύψωση 2,260 έως 3,200 m. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε υψηλότερα υψόμετρα (στην περίπτωση της Theodora), είναι εφικτό να επιτευχθεί μέση παραγωγή νερού 6.215 mL ημερησίως κατά την εξεταζόμενη περίοδο και στα χαμηλότερα υψόμετρα που βρίσκονται στην πόλη Abha, είναι δυνατή η συλλογή περισσότερων από 3.3 mL ημέρα [26].

Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση της εκχύλισης του νερού από τον αέρα χρησιμοποιώντας τους επεξεργαστές αέρα [27] αναφέρεται ότι κάθε κυβικό μέτρο αέρα σε όλη την ατμοσφαιρική οριακή επιφάνεια της γήινης ατμόσφαιρας των 100-600 m περιέχει 4-25 g υδρατμούς, επιτρέποντας πιθανώς ύδρευση σχεδόν οπουδήποτε κατοικούν οι άνθρωποι. Η απόλυτη υγρασία (μετεωρολογικοί κανονικοί) κυμαίνεται από 4,0 γραμμάρια υδρατμών ανά κυβικό μέτρο επιφανειακού αέρα στην ατμόσφαιρα (LasVegas, Nevada, ΗΠΑ) έως 21,2 mg (Τζιμπουτί, Δημοκρατία του Τζιμπουτί).

#### 4.1.7 Εμπορικά συστήματα

##### 1. Το σύστημα της Watergen

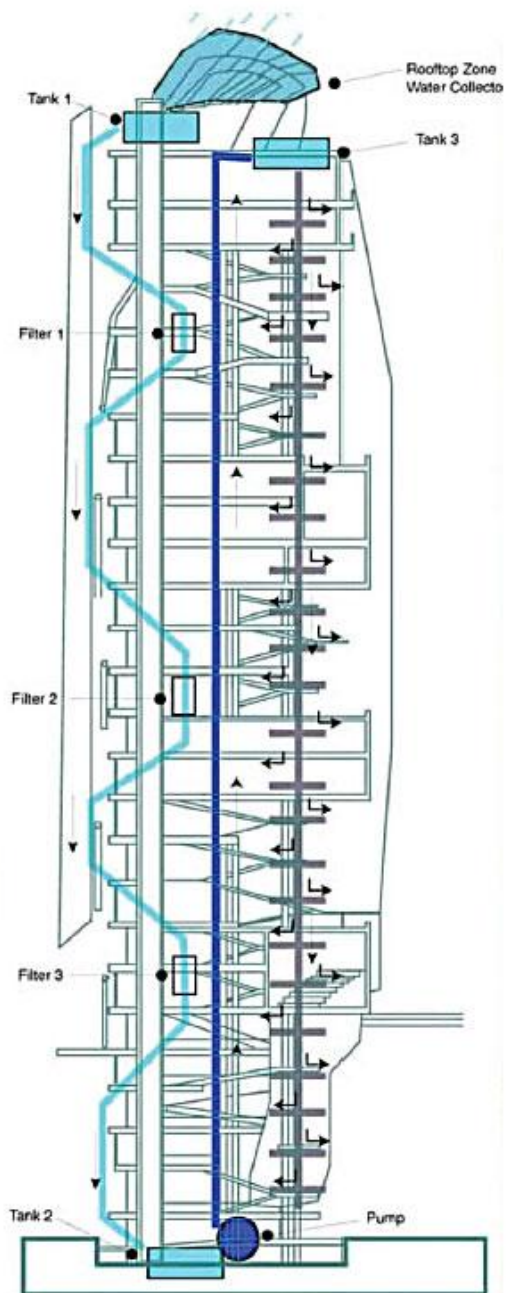
Μην απαιτώντας καμία υποδομή, εκτός απο ηλεκτρική ενέργεια, αποτελεί κυριολεκτικά μια λύση plug and drink που απευθύνεται σε σχολεία, νοσοκομεία, εμπορικά / οικιστικά κτίρια, ολόκληρα χωριά, εργοστάσια και οικισμούς εκτός δικτύου, παρέχοντας ισχυρή και ανανεώσιμη πηγή για φρέσκο καθαρό πόσιμο νερό .

Το σύστημα μεγάλης κλίμακας διαθέτει κλιμακωτή διήθηση αέρα, εξασφαλίζοντας υψηλή ποιότητα νερού ανεξάρτητα από την ποιότητα του αέρα και ενσωματωμένη δεξαμενή νερού και εγκατάσταση επεξεργασίας, κυκλοφορούν συνεχώς το νερό, διατηρώντας το φρέσκο με την πάροδο του χρόνου.



*Εικόνα 12 Το σύστημα της Watergen*





*Εικόνα 13 Τοποθέτηση σε κτίριο*

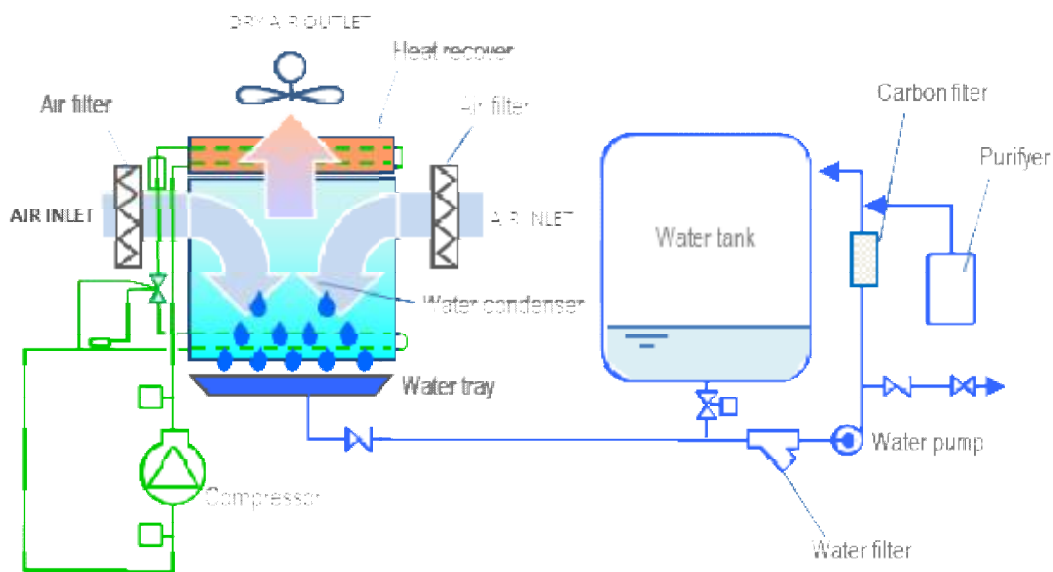
## 2. Το σύστημα της Genaq

Μια ατμοσφαιρική γεννήτρια νερού GENAQ λαμβάνει πόσιμο νερό μέσω της συμπύκνωσης υδρατμών που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Χρησιμοποιεί τον θερμοδυναμικό κύκλο με μηχανική τεχνολογία ψύξης με προηγμένο ηλεκτρονικό έλεγχο.

Έχουν αναπτυχθεί τεχνολογικές βελτιώσεις για την αύξηση της αποδοτικότητας και, ως εκ τούτου, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μεγιστοποίηση της παραγωγής νερού.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η υψηλότερη ποιότητα νερού, η διαδικασία περιλαμβάνει επεξεργασίες αέρα και νερού για την εξάλειψη των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και των υδατοδιαλυτών πτητικών οργανικών ενώσεων, την αύξηση της ανόργανης ύδρευσης για το πόσιμο νερό και την εξασφάλιση της σωστής διατήρησης του αποθηκευμένου νερού

#### Principle diagram



Εικόνα 14 Το σύστημα της Genaq

Χάρη στο σύστημα τριπλής διήθησης, μια γεννήτρια ατμοσφαιρικών υδάτων GENAQ παράγει καθαρό πόσιμο νερό με την υψηλότερη ποιότητα και καθαρότητα με χαμηλή περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία, απαλλαγμένη από βιολογική μόλυνση και με εξαιρετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες ακόμα και σε βιομηχανικές ή μολυσμένες περιοχές. Είναι ιδανικό για



κατανάλωση από τον άνθρωπο και για άλλους σκοπούς, όπως προετοιμασία τροφίμων, άρδευση, παροχή νερού σε ζώα. Το παραγόμενο νερό συμμορφώνεται με τα πρότυπα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) για το πόσιμο νερό και είναι πιστοποιημένο από τις ευρωπαϊκές υγειονομικές αρχές.

Οι ατμοσφαιρικές γεννήτριες νερού της εταιρίας παράγουν νερό όπου απαιτείται και στην απαιτούμενη ποσότητα για κατανάλωση. Επιπλέον, είναι φορητές, έτσι μπορούν εύκολα να μεταφερθούν.

Λειτουργούν επίσης σε ξηρά κλίματα με θερμοκρασίες άνω των 50°C (122F) και σχετική υγρασία κάτω του 20%, καθώς και σε βιομηχανικές ή μολυσμένες περιοχές όπου η τεχνολογία εξασφαλίζει πόσιμο νερό υψηλής ποιότητας. Απαιτούνται μόνο αέρας και πηγή ενέργειας, χωρίς να χρειάζονται εγκαταστάσεις συλλογής, αποθήκευσης ή διανομής νερού. Μπορεί να λειτουργεί σε απομακρυσμένες τοποθεσίες χωρίς να είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας ηλιακούς συλλέκτες, ανεμογεννήτριες ή μονάδα ισχύος ντίζελ.

### 3. Τα συστήματα της AKVO

Οι Ατμοσφαιρικές Γεννήτριες Νερού Akvo κατασκευάζονται στο Καλκούτα της Ινδίας και κάθε γεννήτρια νερού είναι κατασκευασμένη με βάση το καθαρό πόσιμο νερό. Από το Akvo 36K, ικανό να παράγει μέχρι και 100 λίτρα πόσιμου νερού ημερησίως, στο Akvo 365K, ικανό μέχρι 5.000 λίτρα νερού σε 24H κύκλο, αυτοί οι γεννήτριες νερού θα ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις.

Οι βιομηχανικές μονάδες της Akvo είναι κλιμακωτές και διασυνδεδεμένες ώστε να πληρούν τις πιο σημαντικές απαιτήσεις νερού. Αυτά τα μοντέλα έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε πιο αβλαβή περιβάλλοντα με επίπεδα υγρασίας μόλις 30%.



*Εικόνα 15 Το σύστημα της Akvo*

Οι ατμοσφαιρικές γεννήτριες νερού AKVO εξαρτώνται από την υγρασία και τη θερμοκρασία στη γεωγραφική θέση στην οποία είναι εγκατεστημένες. Απαιτεί μέσες θερμοκρασίες μεταξύ 25 ° C - 32 ° C και μέση σχετική υγρασία 70% - 75% για την παραγωγή νερού σύμφωνα με την χωρητικότητά τους. Η έξοδος αυξάνεται με αύξηση της υγρασίας και αντίστροφα. Οι ζεστές παράκτιες περιοχές με υψηλή υγρασία είναι ιδανικές.

Το νερό που συλλέγεται από το AWG μας αποστάζεται στο στάδιο της συλλογής του και μετά προστίθενται ορυκτά στο νερό για να φτάσει στα συνιστώμενα πρότυπα κατανάλωσης. Το νερό που συλλέγεται είναι πολύ αποτελεσματικό για την υδροπονική καλλιέργεια. Άλλες εφαρμογές για τους Ατμοσφαιρικούς Παραγωγούς Νερού είναι οι βιομηχανίες Φαρμακευτικής, Τροφίμων & Ποτών και οι Μικροβιομηχανίες.

#### 4. Το σύστημα EcoloBlue

Ο νέος Σταθμός παραγωγής Νερού 400.000 Λίτρων / Ημέρας της EcoloBlue είναι ο πρώτος που έχει σχεδιαστεί στον κόσμο. Όχι μόνο οι ατμοσφαιρικές γεννήτριες νερού της EcoloBlue μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωριστά για μικρότερες ανάγκες νερού, αλλά αυτοί οι σταθμοί νερού προορίζονται για περιοχές όπου η ανάγκη για νερό είναι μεγαλύτερη.

## 4.2 Σύγκριση με άλλα συστήματα

### 4.2.1 Σύγκριση με συστήματα αφαλάτωσης

Το νερό που παράγεται από το AWG είναι καθαρότερο από κάποια άλλα συστήματα επεξεργασίας νερού. Λόγω των αυστηρών μεθόδων διήθησης που χρησιμοποιούνται, μερικά μοντέλα AWG παράγουν νερό με ουσιαστικά κανένα ανόργανο μέταλλο (π.χ. νάτριο και χλωριούχο), ακαθαρσίες και προσμείξεις. Το νερό "δρόσου" είναι καθαρό, φυσικό και απαλλαγμένο από χημικά.

Η αφαλάτωση χρησιμοποιείται ευρέως σε ολόκληρο τον κόσμο, ειδικότερα με τη διαδικασία RO, ειδικά στις ξηρές χώρες, στα θαλάσσια σκάφη και στα μικρά νησιά.

Η διαδικασία αφαλάτωσης είναι συμβατικά δαπανηρή και ενεργειακά έντονη, με υψηλή συντήρηση και λειτουργίες. Σε τυπικούς κύκλους παραγωγής και διανομής νερού για κάθε εγκατάσταση επεξεργασίας νερού, απαιτούνται άφθονες ποσότητες ενέργειας για την εκχύλιση, άντληση, μεταφορά, επεξεργασία και διανομή νερού σε όλους τους χρήστες. Εκτιμάται ότι το 2-3% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιείται για την άντληση και επεξεργασία νερού για τους κατοίκους και τον κλάδο των αστικών περιοχών. [25]

Η αφαλάτωση παράγει επίσης συγκεντρωμένα ρεύματα αποβλήτων άλμης, τα οποία πρέπει να απορρίπτονται υπεύθυνα. Για τους λόγους αυτούς, είναι γενικά πηγή τελευταίου πόρου, που εφαρμόζεται όταν αποτύχουν όλοι οι άλλοι. Οι πιο πρακτικές και ελκυστικές επιλογές αφαλάτωσης είναι για το νερό που δεν έχει πολύ αλάτι σε αυτό για να ξεκινήσει, δηλαδή υφάλμυρο νερό ή ανακυκλωμένο νερό. Ακόμα η ποιότητα του νερού μπορεί να είναι μικρότερη από ό, τι ελπίζαμε.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι σημαντικές. Με υψηλή κατανάλωση ενέργειας υπάρχει μεγάλη παραγωγή αερίων θερμοκηπίου. Μια μελέτη της ομάδας των παράκτιων συμβουλίων του Σύδνεϋ το 2005 υποδεικνύει ότι η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης νερού του Σίδνεϋ που παράγει μέχρι 500 MI / d μέσω της αντίστροφης όσμωσης θα απαιτούσε 906 GWh ενέργειας ανά έτος. Θα παράγει επίσης 950.000 τόνους (χρησιμοποιώντας το υφιστάμενο ενεργειακό δίκτυο) αερίων θερμοκηπίου ετησίως. [25]

Υπάρχουν απειλές για τη θαλάσσια ζωή με τον υψηλό όγκο απόρριψης άλμης που μπορεί επίσης να περιέχει ρύπους που είναι τοξικοί, κυρίως λόγω επαφής με μεταλλικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των εγκαταστάσεων των εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με τη μελέτη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν αυξημένη θολότητα, μειωμένα επίπεδα οξυγόνου και αυξημένη πυκνότητα εκκενωμένων λυμάτων.

Οι ανησυχίες που ανέφερε ο όμιλος παράκτιων συμβουλίων του Σύδνεϋ περιλάμβαναν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα ευαίσθητα τοπικά οικοσυστήματα που περιείχαν αμμοθίνες, ευαίσθητους υγροτόπους και προστατευόμενους θαλάσσιους και ενδιάμεσους χώρους. Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο ενιαίο οικολογικό πρόβλημα που σχετίζεται με μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό είναι ότι οι οργανισμοί που ζουν κοντά στην μονάδα αφαλάτωσης απορροφώνται στον εξοπλισμό του.

Τα έξοδα που σχετίζονται με την αφαλάτωση περιλαμβάνουν την αρχική κατασκευή, τον εξελιγμένο εξοπλισμό και τα υλικά, τη συντήρηση και τις λειτουργίες - μπορούν να τρέξουν από εκατοντάδες χιλιάδες δολάρια σε εκατομμύρια. Καθώς οι μονάδες αφαλάτωσης έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από εκείνη των παραδοσιακών μονάδων επεξεργασίας νερού, το κόστος κεφαλαίου πρέπει να αποσβένεται για μικρότερο χρονικό διάστημα - αυτό συσσωρεύεται στο κόστος.

## Κεφάλαιο 5°

### 5.1 Συμπεράσματα

Το νερό από τον αέρα είναι μια περιβαλλοντικά, βιώσιμη και υπεύθυνα λύση παροχής νερού σε περιοχές που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία στον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά δεν έχουν σημαντικά ύψη βροχόπτωσης και κατάλληλους υδροφόρους ορίζοντες.

Οι συσκευές AWG μπορούν να τοποθετηθούν σχεδόν οπουδήποτε, ανοίγοντας την πόρτα σε άλλες αδύνατες πριν την εγκατάστασή τους ανάπτυξη της περιοχής. Μέρη που θα επωφεληθούν σε μεγάλο βαθμό από τέτοια συστήματα βρίσκονται κάτω από ανεπτυγμένες περιοχές όπου η υποδομή ύδατος δεν έχει ακόμη σταθεροποιηθεί. Τα σχολεία, τα νοσοκομεία, οι χώροι λατρείας, οι αστυνομικοί και οι πυροσβεστικοί σταθμοί αποκομίζουν τα μέγιστα από την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων.

Οι εφαρμογές μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν μεγαλύτερες εξελίξεις στον τομέα των κατοικιών - με κόστος - καθώς και άρδευση θερμοκηπίων και ελαφρά βιομηχανική χρήση. Ορισμένα μοντέλα είναι κλιμακωτά, ενώ άλλα δεν είναι. Ο όγκος του παραγόμενου καθαρού νερού μπορεί να φτάσει μέχρι και λίγες χιλιάδες λίτρα νερού την ημέρα.

Υπάρχουν ξεχωριστά οφέλη που συνδέονται με ένα τυπικό σύστημα AWG:

- Είναι οικονομικό και εύκολο στη συντήρηση
- Δεν απαιτείται δαπανηρή επένδυση σε υποδομές σωληνώσεων
- Γρήγορη ευέλικτη ανάπτυξη
- Δεν απαιτείται συμβατική πηγή νερού
- Χρειάζεται μόνο ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να ληφθεί από ΑΠΕ για να παράγει φρέσκο, καθαρό νερό
- Βολικό, αξιόπιστο και ασφαλές
- Δίνει τον απόλυτο έλεγχο των αναγκών σας σε νερό

Η τεχνολογία της ατμοσφαιρικής συγκομιδής νερού απαιτεί ελάχιστη υποδομή, καθώς ο εξοπλισμός AWG είναι αρκετά απλός. Ο εξοπλισμός μπορεί να εξυπηρετήσει μεγάλες

απαιτήσεις, ενσωματώνοντάς τις μαζί για να παράγει μεγαλύτερες εκροές. Ένα πλεονέκτημα είναι να μπορέσουμε να τα ξεπεράσουμε ανάλογα με τις αλλαγές της κατάστασης.

Καθώς δεν υπάρχει ανάγκη να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα δυνητική υποδομή ύδατος, το AWG μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο απόστασης μεταξύ των σταθμών επεξεργασίας νερού τεράστιας κλίμακας και μεγάλης κλίμακας.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της AWG είναι αμελητέες, καθώς τα υποπροϊόντα είναι αναλώσιμα θερμού αέρα και μηχανών - πολύ μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα σε σύγκριση με τα εργοστάσια αφαλάτωσης και εργοστάσια εμφιαλωμένου νερού. Η κατανάλωση ενέργειας των μηχανών AWG γενικά θεωρείται ότι είναι χαμηλότερη από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο παραγωγής νερού, ωστόσο αυτό παραμένει αβέβαιο.

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι καθαρές πηγές ενέργειας για τη μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας μακροπρόθεσμα, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια.

Όσον αφορά το κόστος, η τιμή προϊόντος ενός AWG είναι σχετικά υψηλότερη σε σύγκριση με τα δημοτικά ύδατα, καθώς το τελευταίο τείνει να απολαμβάνει κρατικές επιδοτήσεις.

Το κλίμα παίζει σημαντικό παράγοντα για την αποτελεσματική λειτουργία των μηχανών AWG. Οι καλύτερες συνθήκες θα ήταν θέσεις με σχετική υγρασία και δροσιά.

Τα AWGs αντιμετωπίζουν μια πρόκληση με αμμώδεις περιοχές όπως ερήμους - τα φίλτρα αέρα είναι ευαίσθητα σε μπλοκάρισμα από σωματίδια άμμου. Αυτό μπορεί να επιλυθεί με την αλλαγή συχνά των φίλτρων φραγής αέρα, ενώ η μηχανή συνεχίζει να παράγει άφθονη ποσότητα πόσιμου νερού. Σε ξηρές περιοχές σύμφωνα με την AridTec, η παραγωγή νερού από τα AWGs μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματική κατά 15% -20%.

Παρά την εκτεταμένη ρύπανση των υδάτων και την έλλειψη πόσιμου νερού, υπάρχει γύρω μας μια αφθονία νερού - από τον αέρα που αναπνέουμε στο νερό στη θάλασσα. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι επεξεργασίας νερού για να αξιοποιηθούν αυτές οι πηγές, από παραδοσιακές μεθόδους παραδοσιακής παραγωγής ατμοσφαιρικών υδάτων έως μη συμβατικές, σύγχρονες τεχνικές αφαλάτωσης.

Οι τεχνολογίες συγκομιδής και επεξεργασίας νερού που λειτουργούν με ηλιακή ή αιολική ενέργεια είναι ο πιο φιλικός προς το περιβάλλον τρόπος για να εξαχθεί καθαρό ποιοτικό νερό από τον αέρα ή τη θάλασσα με χαμηλό κόστος. Τα καλά νέα είναι ότι αυτές οι τεχνολογίες είναι τώρα διαθέσιμες στο εμπόριο και κατά κύριο λόγο κλιμακούμενες ανάλογα με την ανάγκη και την τοποθεσία.

## 5.2 Προσωπική εργασία

Αρχικά πήραμε την ιδέα από το ίντερνετ όταν είδαμε ένα βιντεάκι των αμερικανών της EcoBlue συγκεκριμένα που είχαν κατασκευάσει ένα παρόμοιο μηχάνημα με το δικό μου το οποίο παρήγαγε 400.000 λίτρα νερού ανά ημέρα παράγοντας ενέργεια από άνεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά. Έτσι σκεφτήκαμε ότι μπορώ να κατασκευάσω ένα πολύ μικρότερο μηχάνημα ασχέτως κόστους με σκοπό να παράγουμε και εμείς πόσιμο νερό. Με τον εργοδότη μου τον οποίο κάνω την πρακτική μου βρήκαμε ένα μεταχειρισμένο στοιχείο/εβαπορέτα το οποίο το πήραμε μεταχειρισμένο. Στο μαγαζί το οποίο κάνω την πρακτική μου υπήρχαν δύο συμπτυκνωτές μεταχειρισμένοι. Συναρμολόγησαμε τους συμπτυκνωτές με τους ανεμιστήρες και το στοιχείο και αποφασίσαμε με τον εργοδότη μου να κάνουμε μία πρόχειρη συνδεσμολογία με χαλκοσωλήνες, να βάλουμε φρέον και να δούμε αν θα δουλέψει το μηχάνημα και θα βγάλει νερό. Και έτσι έγινε καταφέραμε μέσα σε μία ώρα και βγάλαμε δύο λίτρα απιονισμένου νερού. Οπότε καταλάβαμε ότι μπορούσαμε να κατασκευάσουμε το μηχάνημα με επιτυχία για να το κάναμε ολοκληρωμένο και τελειοποιημένο. Την επόμενη κιόλας μέρα ξεκινήσαμε διαδικασίες στο να ξεκινήσουμε να βγάλουμε τα σχέδια στα σίδερα το οποίο θα ήταν τοποθετημένο το μηχάνημα καθώς θα ήταν δύο ορόφων τοποθετώντας στο κάτω μέρος τη δεξαμενή με τα φίλτρα. Χρησιμοποιήσαμε λαμαρίνα 6 x 3 cm οι οποίες ήταν μετρημένες έτσι ώστε μετά τη συγκόλληση θα είχε ύψος 113 cm, μήκος 150 cm και το πλάτος του στα 80 cm. Το καλούπι βγήκε δύο ορόφους 45 και 45 cm, στο κάτω μέρος υπήρχε λαμαρίνα ή οποία στήριζε το μηχάνημα. Στον κάτω όροφο τώρα χρησιμοποιήσαμε ανοξειδωτή λαμαρίνα η οποία είχε μήκος 110 cm πλάτος 19 cm και ύψος 48 cm εκ των οποίων χωρούσε 45 λίτρα απιονισμένου νερού. Στο μπροστινό μέρος της δεξαμενής υπήρχε μία αντλία η οποία έστελνε το απιονισμένο αυτό νερό σε πέντε κατά σειρά φίλτρα τα

οποία με τη βοήθεια ενός λαμπτήρα υπ το νερό είχε καταλήγει να είναι πόσιμο. Τώρα όσον αφορά το μηχάνημα. Πήραμε τα κατάλληλα μέτρα ώστε να καλύψουμε το στοιχείο, τους δύο συμπυκνωτές σε ένα κουτί ώστε να μη χάνει καθόλου θερμότητα από πουθενά. Έτσι πήγαμε σε ένα συνεργείο με λαμαρίνες, τους είχαμε γραμμένα σε χαρτί τις διαστάσεις και φέρνοντας τις λαμαρίνες στο μαγαζί δεν δυσκολευτήκαμε πολύ στο να φτιάξω ένα κουτί που στο μπροστινό μέρος τοποθέτησα τους δύο ανεμιστήρες. Χρειάστηκα περίπου 50 μέτρα χαλκοσωλήνες διαφόρων περιμέτρων. Το κατασκευάσαμε να λειτουργεί με δύο συμπιεστές των 1 ίππων και 1,5 ίππων(hp). Χρειάστηκε να παραγγείλουμε από το ίντερνετ μία μπουκάλα αποθήκευσης φρέον δύο πιεσοστάτες δύο βαλβίδες εκτόνωσης καθώς και έναν μετρητή υγρασίας και θερμοκρασίας και με τη βοήθεια του χάρτη ashrae βρήκα όλα τα υπόλοιπα που με ενδιέφεραν. Από την μπουκάλα φρέον χρησιμοποιήσαμε σωλήνα 7/16(in). Από το συμπιεστή που έμπαινε ζεστό το φρέον χρησιμοποιήσαμε χαλκοσωλήνα 5/16(in) και στη συνέχεια από το συμπιεστή που φεύγει κρύο το φρέον χρησιμοποιήσαμε χαλκοσωλήνα 1/2(in). Λόγο το ότι έχει δύο συμπιεστές και δύο συμπυκνωτές χρειάστηκαν για τους χαλκοσωλήνες αρκετές κολλήσεις και συνδεσμολογίες στα μεταξύ τους. Οι κολλήσεις έγιναν με καμινέτο και ειδικές βέργες κολλήσεως με ιδιαίτερη προσοχή. Οι κλίσεις στις σωλήνες έγιναν με έναν ειδικό κουρμπανιό που είναι ικανός να δίνει στροφή σε κάθε σωλήνα όσες μοίρες θέλουμε. Η μια σωλήνα με την άλλη για να συνδεθούν έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε ένα εργαλείο που λέγεται εκκληλωτής και έχει ως αποτέλεσμα να ανοίγει τη διάμετρο της σωλήνας για να χωνευτεί η άλλη μέσα της και ύστερα να κολληθεί. Στη συνέχεια με μία αντλία κενού βγάλαμε όλο ότι αέρα που είχε μέσα το μηχάνημα και περάσαμε 8,5 kg φρέον. Εκεί καταλάβαμε ότι το μηχάνημα δεν λειτουργούσε σωστά καθώς δεν είχαμε την επιθυμητή θερμοκρασία στο στοιχείο με αποτέλεσμα να μην έχουμε παραγωγή απιονισμένου νερού. Με την ίδια διαδικασία πάλι τραβήξαμε το φρέον με μία αντλία μέσα στην μπουκάλα την οποία ήταν στην αρχή, κάναμε πάλι εξαέρωση και βάλουμε λιγότερο φρέον στα 5 kg με αποτέλεσμα η εβαπορέτα μας να πέσει στους -8°C και να έχουμε τις πρώτες σταγόνες μέχρι που απέκτησε κανονική ροή το νερό. Στη συνέχεια για να αυξήσουμε τα ωριαία λίτρα σκέφτηκα να μονώσω με μονωτικό κολάρο τις παγωμένες χαλκοσωλήνες και εκεί είδαμε ότι η παραγωγή αυξήθηκε. Καταφέραμε μέσα σε 1 h και έβγαλα έξι λίτρα απιονισμένου νερού, που σημαίνει ότι σε ένα 24ωρο βγαίνουν περίπου 140 λίτρα. Το μηχάνημα αυτό έχει μεγάλη κατανάλωση ισχύος ρεύματος. Σκοπος αυτού του πειράματος δεν είναι η οικονομική λειτουργία του



μηχανήματος αλλά η έλλειψη υδάτινων πόρων και η λειψυδρία που υπάρχει στο 80% του πλανήτη μας.



### 5.3 <<ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ>>

Σύμφωνα με την έρευνα που έκανα στις ατμοσφαιρικές γεννήτριες πόσιμου νερού κατάλαβα ότι τον σπουδαιότερο ρόλο για να έχουμε το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα είναι να υπάρχει αυξημένη υγρασία και σχετικά μέτρια θερμοκρασία. Μία ιδέα που θα μπορούσα να σκεφτώ για την παραγωγή περισσότερων λίτρων νερού είναι να τοποθετούσαμε μία γεννήτρια κοντά σε παραθαλάσσια περιοχή. Αν βέβαια δεν μας ένοιαζε το οικονομικό πρόβλημα όσο αναφορά τα εξαρτήματα θα μπορούσαμε να τραβήξουμε με μία αντλία ή έναν κυκλοφορητή νερό θαλασσινό και μπροστά από το μηχανισμό μας το νερό να έπεφτε με πίεση κάτω στο έδαφος με αποτέλεσμα να δημιουργεί παραπάνω υγρασία με το νέφος του. Έτσι θα πετυχαίναμε αισθητά παραπάνω απιονισμένο νερό καθώς όλο το αλάτι, οι ακαθαρσίες, τα μέταλλα και οι οσμές έκαναν καθίζηση στα φίλτρα που είναι τοποθετημένα στο μηχανισμό μας.



## Βιβλιογραφία

- [1] A. M. Hamed, Absorption-regeneration cycle for production of water from air theoretical approach, *Renewable Energy* 19 (2000), 625-635.
- [2] V. E. Obrezkova, *Hydro-energy*, Energoatomezdat, Moscow, 1988.
- [3] V. V. Tygarinov, An equipment for collecting water from air, Patent No. 69751, Russia, 1947.
- [4] M. Kobayashi, A method of obtaining water in arid land, *Solar Energy* 7 (1963), 93-99.
- [5] I. El-Sharkawy, Production of water by extraction of atmospheric moisture using solar energy, M.Sc. Thesis, Mansoura University, 2000.
- [6] A. Sultan, Absorption/regeneration non-conventional system for water extraction from atmospheric air, *Renewable Energy* 29 (2004), 1515-1535.
- [7] R. C. Hall, Production of water from the atmosphere by absorption with subsequent recovery in a solar still, *Solar Energy* 10 (1966), 42-45.
- [8] H. Sofrata, Non-conventional system for water collection, *Proc. of Solar Desalination Workshop* (1981), 71-87.
- [9] Y. Alayli, N. E. Hadji and J. Leblond, A new process for the extraction of water from air, *Desalination* 67 (1987), 227-229.
- [10] A. M. Hamed, Non-conventional method for collecting water from air using solar energy, Ph.D. Thesis, Russian Academy of Science, 1993.
- [11] H. I. Abualhamayel and P. Gandhidasan, A method of obtaining fresh water from the humid atmosphere, *Desalination* 113 (1997), 51-63.
- [12] H. E. Gad, A. M. Hamed and I. EL-Sharkawy, Application of a solar desiccant/collector system for water recovery from atmospheric air, *Renewable Energy* 22 (2001), 451-556.

- [13] A. M. Hamed, Experimental investigation on the natural absorption on the surface of sandy layer impregnated with liquid desiccant, *Renewable Energy* 28 (2003), 1587-1596.
- [14] A. E. Kabeel, Application of sandy bed solar collector system for water extraction from air, *International Journal of Energy Research* 30 (2006), 381-394.
- [15] U. Bardi, Fresh water production by means of solar concentration: the AQUASOLIS project, *Desalination* 220 (2008), 588-591. [16] N. P. Clarke and C. Calif, Atmospheric water extractor and method, United States Patent 5,233,843, 1993.
- [17] A. E. Kabeel, Water production from air using multi-shelves solar glass pyramid system, *Renewable Energy* 32 (2007), 157-72.
- [18] Yu. I. Aristov, M. M. Tokarev, L. G. Gordeeva, V. N. Snytnikov and V. N. Parmon, New composite sorbents for solar-driven technology of fresh water production from the atmosphere, *Solar Energy* 66 (1999), 165-168.
- [19] G. Ji, R. Z. Wang and L. X. Li, New composite adsorbent for solar-driven fresh water production from the atmosphere, *Desalination* 212 (2007), 176-182.
- [20] A. M. Hamed, Parametric study of the adsorption-desorption system producing water from ambient air, *International Journal of Renewable Energy Engineering* 2 (2000), 244-252.
- [21] A. Khalil, Dehumidification of atmospheric air as a potential source of fresh water in the UAE, *Desalination* 93 (1993), 587-596.
- [22] B. A. Habeebullah, Potential use of evaporator coils for water extraction in hot and humid areas, *Desalination* 237 (2009), 330-345.
- [23] A. F. G. Jacobs, B. G. Heusinkveld and S. M. Berkowicz, Passive dew collection in a grassland area, *The Netherlands Atmospheric Research* 87 (2008), 377-385.
- [24] D. Beysensa, O. Clusc, M. Miletac, I. Milimoukc, M. Musellic and V. S. Nikolayeva, Collecting dew as a water source on small islands: the dew equipment for water project in Bis̃evo (Croatia), *Energy* 32 (2007), 1032-1037.

- [25] P. Gandhidasan and H. I. Abualhamayel, Modeling and testing of a dew collection system, *Desalination* 180 (2005), 47-51.
- [26] G. A. Al-hassan, Fog water collection evaluation in Asir region-Saudi Arabia, *Water Resources Management* 23 (2009), 2805-2813.
- [27] R. V. Wahlgren, Atmospheric water vapour processor designs for potable water production: a review, *Water Resources Management* 35 (2001), 1-22.
- [28] US Geological Survey <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleatmosphere.html>
- [29] Desalination article by Australian Water Association  
<http://www.awa.asn.au/AM/Template.cfm?Section=Desalination>
- [30] E & WR (2005) In: CSIS. Global water futures. Addressing our global water future. Center for Strategic and International Studies, Sandia National Laboratories, California
- [31] Desalination Fact Sheet by Sydney Coastal Councils Group Inc.
- [32] Asit K. Biswas and Cecilia Tortajada, 2009 “Changing Global Water Management Landscape”
- [33] HelioAquaTech website <http://www.helioaquatech.com/solarwatermaker.html>
- [34] SaltWorks website [http://www.saltworkstech.com/press\\_20100630.php](http://www.saltworkstech.com/press_20100630.php)
- [35] SaltWorks website [http://www.saltworkstech.com/news\\_20120316.php](http://www.saltworkstech.com/news_20120316.php)