



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

*Διπλωματική εργασία*

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ  
ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ»**



**ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΗ Δ. ΦΙΛΙΝΑ**

Επιβλέπουσα: Ε. ΚΟΡΩΝΑΚΗ, Επίκουρος καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Φεβρουάριος 2013  
ΑΘΗΝΑ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

«Κάθε καινούργια αρχή προέρχεται από το τέλος κάποιας άλλης αρχής» είχε πει κάποτε ο ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας. Σ' αυτό το τέλος κι αρχή, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που με βοήθησαν να φτάσω ως εδώ.

Στην κ. Ειρήνη Κορωνάκη, που με χαρά δέχθηκε να αναλάβει την επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η παρουσία της, η αμέριστη βοήθειά της και η συμπαράστασή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας υπήρξαν πολύτιμες.

Στην οικογένειά μου, που η καθοδήγησή τους, η πίστη τους σε μένα και προπάντων η αγάπη τους, αποτέλεσαν και αποτελούν ανεξάντλητη πηγή δύναμης και αισιοδοξίας.

Και τέλος, στους συνοδοιπόρους και φίλους μου, που μοιράστηκα χαρές, λύπες, άγχη και ξέγνοιαστες στιγμές...

Ευχαριστώ

Παπασταμάτη Δ. Φ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	1
Περίληψη.....	8
Εισαγωγή.....	9
<b>Ενότητα 1. ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. Γενικά στοιχεία.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Σχεδιασμός κτιρίου.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Διακριτοποίηση των μεταβλητών σχεδιασμού.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....</b>	<b>18</b>
<b>Ενότητα 2. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΨΥΚΤΕΣ. ΓΕΩΘΕΡΜΑΛΛΑΚΤΕΣ     ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΨΥΞΗΣ.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Αντλίες Θερμότητας.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1. Γενικά στοιχεία.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2. Στοιχεία διάταξης.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.3. Αρχή λειτουργίας.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.4. Είδη αντλιών θερμότητας.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5. Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.5.1. Πολυφασικοί κύκλοι.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.5.2. Βελτίωση απόδοσης συμπιεστή.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.5.3. Μηχανισμός αποβολής.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.5.4. Νέα ψυκτικά.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2. Ψύκτες.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.1. Γενικά στοιχεία.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2. Είδη ψυκτών.....</b>	<b>30</b>

2.2.2.1.	Ψύκτες με μηχανικό συμπιεστή.....	31
2.2.2.2.	Ψύκτες απορροφήσεως.....	32
2.2.2.3.	Ψύκτες προσροφήσεως.....	33
2.2.2.4.	Ψύκτες DEC.....	34
2.2.2.4.1.	Ψύξη στερεού μέσου ανοιχτού κύκλου (desiccant) με περιστρεφόμενους τροχούς.....	34
2.2.2.4.2.	Ψύξη υγρού μέσου ανοιχτού κύκλου (desiccant).....	35
2.2.3.	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	36
2.2.4.	Σχεδιασμός ενεργειακά αποδοτικότερων μονάδων ψύξης.....	37
2.3.	Γεωεναλλάκτες πρόψυξης και προθέρμανσης.....	38
2.3.1.	Γενικά στοιχεία.....	38
2.3.2.	Στοιχεία διάταξης.....	39
2.3.3.	Τρόπος λειτουργίας.....	39
2.3.4.	Είδη γεωεναλλακτών.....	40
2.3.5.	Βήματα σχεδίασης.....	42
2.3.5.1.	Ζητήματα εφαρμογής.....	44
2.3.5.2.	Εφαρμογές.....	45
2.3.6.	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	45
<b>Ενότητα 3.</b>	<b>ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....</b>	<b>47</b>
3.1.	Γενικά στοιχεία.....	47
3.2.	Αρχή λειτουργίας.....	47
3.3.	Είδη ηλιακών συλλεκτών.....	47
3.3.1.	Ηλιακός συλλέκτης χωρίς κάλυμμα.....	47
3.3.1.1.	Στοιχεία διάταξης.....	47
3.3.1.2.	Ιδιότητες.....	48
3.3.1.3.	Τρόπος λειτουργίας.....	48

3.3.1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	48
3.3.2. Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης.....	49
3.3.2.1. Στοιχεία διάταξης.....	49
3.3.2.2. Ιδιότητες.....	50
3.3.2.3. Τρόπος λειτουργίας.....	50
3.3.2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	51
3.3.3. Ηλιακός συλλέκτης κενού.....	51
3.3.3.1. Στοιχεία διάταξης.....	51
3.3.3.2. Ιδιότητες.....	52
3.3.3.3. Τρόπος λειτουργίας.....	52
3.3.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	53
3.4. Τοποθέτηση συλλεκτών.....	54
3.5. Κριτήρια σχεδιασμού.....	54
3.6. Υλικά.....	55
<b>Ενότητα 4. ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ.....</b>	<b>57</b>
4.1. Γενικά στοιχεία.....	57
4.1.1. Ψύξη με εξάτμιση.....	58
4.1.2. Ηλιακή ψύξη.....	58
4.2. Διατάξεις συστήματος ηλιακού κλιματισμού.....	58
4.3. Ταξινόμηση συστημάτων ηλιακού κλιματισμού.....	60
4.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	62
4.5. Νέες σχεδιαστικές επιλογές ηλιακού συστήματος ψύξης με απλού σταδίου κύκλο απορρόφησης.....	63
<b>Ενότητα 5. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..</b>	<b>65</b>
5.1. Γενικά στοιχεία.....	65

5.2. Στοιχεία διάταξης.....	65
5.3. Αρχή λειτουργίας.....	66
5.4. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	66
5.5. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	68
5.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	69
5.7. Τεχνολογικές εξελίξεις.....	69
5.7.1. Οπτικά μεταϋλικά.....	70
5.7.2. Πολυεπαφικές διατάξεις.....	70
5.7.3. Φασματική μετατροπή.....	71
5.7.4. Τεχνολογία 3D.....	72
<b>Ενότητα 6. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ – ΜΙΚΡΟΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>74</b>
6.1. Ηλεκτροπαραγωγή με ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας.....	74
6.1.1. Γενικά στοιχεία.....	74
6.1.2. Στοιχεία διάταξης.....	74
6.1.3. Τρόπος λειτουργίας.....	75
6.1.4. Είδη ανεμογεννητριών.....	76
6.1.5. Τύποι συστημάτων με ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας.....	77
6.1.6. Χαρακτηριστικά μεγέθη ανεμογεννητριών οικιακής χρήσης.....	78
6.1.7. Τοποθέτηση μικρών ανεμογεννητριών.....	78
6.1.8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	79
6.1.9. Νέες τεχνολογίες.....	81
6.1.9.1. Σφαιρική ανεμογεννήτρια μικρής κλίμακας.....	81
6.1.9.2. Ανεμογεννήτρια χωρίς λεπίδες – The Saphonian.....	81
6.1.9.3. Ανεμογεννήτρια Ηρακλής.....	82
6.1.9.4. Ανεμογεννήτρια Quietrevolution.....	82

<b>6.1.9.5.</b> Ανεμογεννήτρια δέντρο.....	82
<b>6.2.</b> Μικροσυμπαγωγή.....	83
<b>6.2.1.</b> Γενικά στοιχεία.....	83
<b>6.2.2.</b> Στοιχεία διάταξης.....	84
<b>6.2.3.</b> Τρόπος λειτουργίας.....	85
<b>6.2.4.</b> Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	87
<b>6.2.5.</b> Νέες τεχνολογίες.....	88
<b>6.2.5.1.</b> Αποθήκευση ενέργειας.....	88
<b>6.2.5.2.</b> Ψύξη.....	88
<b>6.2.5.3.</b> Χειριστήρια.....	89
<b>6.2.5.4.</b> Ενσωμάτωση.....	89
<b>6.2.6.</b> Συμπαγωγή με βιομάζα.....	90
<b>Ενότητα 7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>92</b>
<b>7.1.</b> Γενικά στοιχεία.....	92
<b>7.2.</b> Οικιακά υβριδικά συστήματα.....	92
<b>7.2.1.</b> Φωτοβολταϊκά – αιολικά υβριδικά συστήματα.....	93
<b>7.2.2.</b> Φωτοβολταϊκά – βιομάζα.....	93
<b>7.2.3.</b> Φωτοβολταϊκά – Συμβατικά.....	93
<b>7.2.4.</b> Φωτοβολταϊκά – Συλλέκτες.....	93
<b>7.2.4.1.</b> Ανάλυση απόδοσης του υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών με ηλιακούς συλλέκτες.....	94
<b>7.2.5.</b> Συλλέκτες – γεωθερμία.....	96
<b>7.3.</b> Ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας.....	96
<b>7.4.</b> Ηλιακά υποβοηθούμενες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	97
<b>Ενότητα 8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΠΕ.....</b>	<b>99</b>

<b>8.1.</b> Γενικά στοιχεία.....	99
<b>8.2.</b> Λογισμικό RETScreen.....	99
<b>8.3.</b> Κλιματολογικά Δεδομένα.....	100
<b>8.4.</b> Συνθήκες σχεδιασμού για διαστασιολόγηση.....	101
<b>8.5.</b> Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής ηλεκτρισμού.....	102
<b>8.6.</b> Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής θερμότητας.....	105
<b>8.7.</b> Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής ψύξης.....	109
<b>8.8.</b> Σενάρια παραγωγής ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης.....	113
<b>8.8.1.</b> Κλιματική ζώνη Α- Νομός Ηρακλείου.....	113
<b>8.8.2.</b> Κλιματική ζώνη Β – Νομός Κέρκυρας.....	123
<b>8.8.3.</b> Κλιματική ζώνη Γ – Νομός Θεσσαλονίκης.....	132
<b>8.8.4.</b> Κλιματική ζώνη Δ – Νομός Κοζάνης.....	142
<b>8.9.</b> Συμπεράσματα.....	151
Επίλογος.....	153
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	154



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται λόγος για τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και οικονομική ανάλυση της εφαρμογής ορισμένων από αυτές σε κτίριο – κατοικία σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας. Ειδικότερα:

Στην πρώτη ενότητα γίνεται αναφορά στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και στις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη για το σχεδιασμό τους.

Η δεύτερη ενότητα μελετά τις αντλίες θερμότητας, τους ψύκτες και τους γεωεναλλάκτες πρόψυξης και προθέρμανσης. Αναφέρονται οι δυνατότητες βελτίωσής τους και οι πρόοδοι των τελευταίων ετών.

Στην τρίτη ενότητα γίνεται μια πλήρης ανάλυση της τεχνολογίας των ηλιακών συλλεκτών. Γίνεται αναφορά στον τρόπο σχεδιασμού τους, στον τρόπο τοποθέτησής τους και στα υλικά από τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν.

Η τέταρτη ενότητα ασχολείται με την ηλιακή και εξατμιστική ψύξη. Ποια είναι τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού και πώς μπορούν να γίνουν νέες σχεδιαστικές επιλογές με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσής τους.

Στην πέμπτη ενότητα γίνεται λόγος για τα φωτοβολταϊκά. Τι είναι, πώς λειτουργούν, σε ποιες κατηγορίες κατατάσσονται αλλά και ποιες είναι οι τεχνολογικές εξελίξεις που έχουν συμβεί στον τομέα τους.

Η έκτη ενότητα μελετά τις ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας ή αλλιώς οικιακές ανεμογεννήτριες και τη μικροσυμπαγωγή. Γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση του τρόπου λειτουργίας των συστημάτων με ανεμογεννήτριες και των συστημάτων μικροσυμπαγωγής αλλά και των πολλά υποσχόμενων τεχνολογικών εξελίξεων αυτών.

Στην έβδομη ενότητα αναλύονται τα υβριδικά συστήματα και δίνεται έμφαση σ' αυτά που συνεργάζονται με τον ήλιο.

Τέλος, η όγδοη ενότητα είναι αφιερωμένη στην οικονομική ανάλυση της εφαρμογής τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης σε κτίριο – κατοικία ανά κλιματική ζώνη της Ελλάδας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πλήρης επεξήγηση και κατανόηση από τον αναγνώστη διαφόρων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Με την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τους αλλά και με την οικονομική ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί σε επόμενες ενότητες, θα καταστεί σαφές ότι η εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ή αλλιώς ΑΠΕ, αποτελεί μια σίγουρη επένδυση. Η αξιοπιστία τους, η σχετική ευκολία στην εγκατάστασή τους αλλά και η αρμονική τους συνύπαρξη με άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ ή και συμβατικές, κάνει την εφαρμογή τους μια κερδοφόρα επένδυση που έχει όχι μόνο προσωπικά οφέλη, αλλά και συλλογικά.

## 1. ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

### 1.1. Γενικά στοιχεία<sup>[2,3,4,5,9,10,31,32]</sup>

Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης πρωτοκατασκευάστηκαν πριν 30 περίπου χρόνια σε χώρες της βόρειας Ευρώπης, ωστόσο σταδιακά εξαπλώθηκαν και στον υπόλοιπο κόσμο και πλέον άρχισαν να κατασκευάζονται και στην Ελλάδα. Τα κτίρια αυτά είναι ουσιαστικά κατασκευαστικά δεμένα με το περιβάλλον και είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρουν μία ευχάριστη διαβίωση με ελάχιστα έξοδα.

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μηδενική ενεργειακή κατανάλωση και οι μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Κτίρια που καταναλώνουν ελάχιστα περισσότερη ενέργεια απ' ό τι παράγουν λέγονται κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Τα παραδοσιακά κτίρια καταναλώνουν 40% του συνόλου των ορυκτών καυσίμων στις ΗΠΑ και Ευρώπη και γι αυτό και συμβάλλουν σημαντικά στην εκπομπή αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επομένως η μηδενική ενεργειακή κατανάλωση στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



Εικόνα 1 (Πηγή: [naturalsystems.wordpress.com](http://naturalsystems.wordpress.com))

αντιμετωπίζεται ως μέσο για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτός είναι και ο λόγος που κερδίζουν έδαφος όλο και περισσότερο.

Ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ή σχεδόν μηδενικής έχει τη δυνατότητα να εξασφαλίζει την ενέργεια που χρειάζεται να καταναλώσει κατά τη διάρκεια ενός ολόκληρου έτους, μέσα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εξακολουθεί να είναι ένα κτίριο συνδεδεμένο στο δίκτυο, παρέχοντας ενέργεια σε αυτό όταν έχει αποθέματα και αντλώντας ενέργεια από αυτό όταν οι ανάγκες του για κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερες από αυτές που τα συστήματά του μπορούν να παράξουν. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η επάρκεια ενός κτιρίου σε ενέργεια εξαρτάται από τη χρήση την οποία θα φιλοξενεί (κατοικία, γραφεία, βιομηχανία), από το κόστος των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν, το κλίμα της περιοχής καθώς επίσης και τις προθέσεις των ιδιοκτητών.

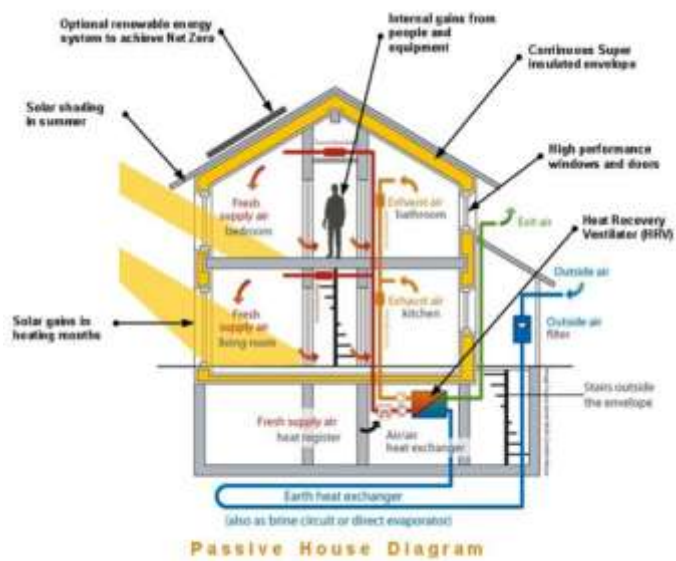
## 1.2. Σχεδιασμός κτιρίου<sup>[1,3,8]</sup>

Κύριος σκοπός του σχεδιασμού ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι:

- Για τη χειμερινή περίοδο:
  - η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου και των θερμικών απωλειών από την είσοδο του ψυχρού εξωτερικού αέρα, επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό,
  - η αύξηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία,
  - η διάθεση επαρκούς ποσοτικά και ποιοτικά φυσικού φωτισμού, έτσι ώστε να μειωθεί έως και να μηδενιστεί η παρεχόμενη από συμβατικό σύστημα θέρμανση και να ελαττωθεί η χρήση του τεχνητού φωτισμού.
- Για τη θερινή περίοδο:
  - η μείωση της θερμικής επιβάρυνσης από την ηλιακή ακτινοβολία
  - η αποφυγή της οπτικής θάμβωσης,
  - η βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή ακόμη και να αποτραπεί η με το μηχανολογικό εξοπλισμό παρεχόμενη ψύξη.

Επομένως κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, θα πρέπει να εφαρμόζονται με ακρίβεια οι τεχνικές οδηγίες κατασκευής του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τα εξής:

- τον προσανατολισμό του κτιρίου,
- το σχήμα του,
- το μέγεθος των ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού,
- τη διάρθρωση των εσωτερικών χώρων
- ην σκίαση, την αεροστεγανότητα, την ανάκτηση του εξερχόμενου αέρα, το φυσικό δροσισμό και αερισμό, το φυσικό φωτισμό κλπ.



Εικόνα 2 (Πηγή: [www.richardpedranti.com](http://www.richardpedranti.com))

Όλα τα κτίρια αυτού του είδους απαιτούν υψηλό πάχος θερμομόνωσης. Η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετηθεί στο σύνολο του κτιριακού περιβλήματος χωρίς ασυνέχειες και θερμογέφυρες, ακόμη και κάτω από τα θεμέλια του κτιρίου με την κατασκευή μιας πλάκας θεμελίωσης. Η αντικατάσταση κουφωμάτων, η καλή αεροστεγάνωση των αρμών και των κουφωμάτων, η σκίαση, ο φυσικός δροσισμός,

αερισμός και φωτισμός, το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών καθώς επίσης και τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των αναγκών της κατασκευής για ενέργεια.

Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι εφοδιασμένα συνήθως με αποδοτικές κτιριακές τεχνολογίες και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τις περισσότερες φορές αυτό σημαίνει εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ για τις ανάγκες ηλεκτροδότησης, θέρμανσης των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ακόμα και εγκατάσταση μικρής ανεμογεννήτριας μπορεί να καλύψει τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντλίες θερμότητας είτε γεωθερμικές είτε ηλιοβοηθούμενες, ηλιακοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης κυρίως αλλά και για θέρμανση του κτιρίου, λέβητες βιομάζας και μονάδες συμπαραγωγής.

Τέλος, μια σχετικά νέα μέθοδος, που βασίζεται στην επιβράδυνση της χρήσης της θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιεί για τη θέρμανση του κτιρίου εγκαταστάσεις θερμικής μάζας, οι οποίες είναι τοποθετημένες στο έδαφος και μπορούν να διαθέσουν τη θερμότητα που θα λάβουν από τον ήλιο κατά την καλοκαιρινή περίοδο, έως και εννέα μήνες αργότερα, δηλαδή το χειμώνα.

### 1.3. Διακριτοποίηση των μεταβλητών σχεδιασμού<sup>[11]</sup>

Πολλές από τις μεταβλητές σχεδιασμού του κτιρίου μπορούν να ποικίλουν με ένα συνεχή τρόπο (όπως η θερμομόνωση τοίχου θερμοπερατότητας  $U$ ) και άλλες να είναι πεπερασμένες αλλά και πάλι με πολύ μεγάλο αριθμό επιλογών (όπως ο εξοπλισμός θέρμανσης). Για να λυθεί το πρόβλημα είναι απαραίτητο να έρθει σε λογικές και περιορισμένες διαστάσεις. Αυτό



Εικόνα 3 (Πηγή: [www.earthtechling.com](http://www.earthtechling.com))

επιτυγχάνεται με τη διακριτοποίηση του χώρου της διακύμανσης της κάθε μεταβλητής σχεδιασμού και κατά συνέπεια του χώρου των εναλλακτικών σχεδιασμών του κτιρίου. Η διακριτοποίηση της κάθε μεταβλητής έγινε με κριτήρια που εξισορροπούν την καλή κάλυψη του χώρου της διακύμανσης και το χαμηλό αριθμό επιλογών, δεδομένου ότι στον συνδυαστικό υπολογισμό ο συνολικός αριθμός των εναλλακτικών επιλογών μεγαλώνει εκθετικά με τον αριθμό των επιλογών για τις μεταβλητές σχεδιασμού.

- *Επίπεδα θερμομόνωσης*

Η θερμομόνωση χαρακτηρίζεται από 4 διαφορετικά επίπεδα. Αυτά τα επίπεδα αντιπροσωπεύονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας U, που κυμαίνεται από 0,2 W/m<sup>2</sup>K έως και 3 W/m<sup>2</sup>K (αντιπροσωπεύει έναν μη θερμομονωμένο τοίχο), με 2 ενδιάμεσα επίπεδα των 0,8 W/m<sup>2</sup>K και 0,35 W/m<sup>2</sup>K. Πέρα από το συντελεστή θερμοπερατότητας U αυτόν καθαυτό, κάθε επίπεδο χαρακτηρίζεται και από έναν διορθωμένο συντελεστή U, ο οποίος είναι το άθροισμα συντελεστή U συν μια προσαύξηση U που υπάρχει λόγω της επίδρασης των θερμικών φραγμάτων σύμφωνα με το πρότυπο ISO 13790:2008. Αυτό οδηγεί στα διορθωμένα επίπεδα του συντελεστή θερμοπερατότητας U, 0,30, 0,45, 0,80 και 3 W/m<sup>2</sup>K.

- *Επίπεδο διαρροής και τύπος αερισμού*

Τα επίπεδα διείσδυσης που έχουν επιλεγεί για να χαρακτηρίσουν την αεροστεγανότητα του οικήματος, εκφραζόμενα σε εναλλαγές αέρα ανά ώρα (ach-1) κατά μέσο όρο, είναι 0,1, 0,6 και 1,1 ach-1. Τρεις τύποι αερισμού θεωρούνται ως πιθανές εναλλακτικές: ο φυσικός, ο μηχανικός και ο μηχανικός με ανάκτηση θερμότητας. Ο βαθμός αερισμού ανά κάτοικο θεωρείται στην περίπτωση του μηχανικού αερισμού ότι είναι ίσος με 35 m<sup>3</sup>/h και η αποδοτικότητα της ανάκτησης θερμότητας 75%. Ο Πίνακας 1 δείχνει όλους του συνδυασμούς της διείσδυσης και του αερισμού μαζί με τις τιμές των εναλλαγών αέρα για κάθε έναν. Στην περίπτωση της ανάκτησης θερμότητας, αναφέρεται μόνο στον αερισμό μέσω του μηχανικού συστήματος και όχι στην διείσδυση αέρα από την ατμόσφαιρα.

Διείσδυση (ach <sup>-1</sup> )	Αερισμός		
	Φυσικός	Μηχανικός	Μηχανικός με ανάκτηση θερμότητας
<b>Χαμηλή</b>	(0,1)	0,1 + (35 × ένοικοι)/V	0,1 + 0,25 × (35 × ένοικοι)/V
<b>Μέτρια</b>	0,6	0,6 + (35 × ένοικοι)/V	0,6 + 0,25 × (35 × ένοικοι)/V
<b>Υψηλή</b>	1,1	1,1 + (35 × ένοικοι)/V	1,1 + 0,25 × (35 × ένοικοι)/V

Πίνακας 1. Εναλλαγές αέρα ανά ώρα, προκαθορισμένες τιμές<sup>[11]</sup>

- *Παράθυρα και τύποι σκίασης*

Μια σειρά από διαφορετικού είδους παράθυρα έχουν επιλεγεί για να αντικατοπτριστεί η ποικιλία που βρέθηκε στην αγορά, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Οι επιλογές που εξετάζονται είναι μονά, διπλά και

τριπλά τζάμια, πλαισιωμένα με ή χωρίς θερμικά φράγματα και τζάμια με ή χωρίς φιλμ χαμηλής θερμικής εκπομπής. Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι συνδυασμοί. Το φάσμα των επιλογών σκίασης συγκεντρώθηκε σε 3 τύπους: καθόλου, εντός κτιρίου και εκτός κτιρίου. Οι ηλιακοί συντελεστές (συντελεστής G) για την περίοδο ψύξης υπολογίστηκαν με πρόσθεση του 30% του συντελεστή G των τζαμιών συν το 70% του συντελεστή G των τζαμιών με τις περσίδες κλειστές. Κατά την περίοδο του χειμώνα οι περσίδες θεωρούνται ανοιχτές (Πίνακας 2).

Τύπος παραθύρου	Σκίαση								
	Εσωτερική			Εξωτερική			Καμία		
	$U(W/m^2 \text{ } ^\circ C)$	$gh$	$gc$	$U(W/m^2 \text{ } ^\circ C)$	$gh$	$gc$	$U(W/m^2 \text{ } ^\circ C)$	$gh$	$gc$
<b>Μονά τζάμια αλουμινίου (Al)</b>	5.68	0.70	0.65	5.68	0.70	0.30	5.68	0.70	0.70
<b>Διπλά τζάμια Al</b>	4.83	0.63	0.62	4.83	0.63	0.27	4.83	0.63	0.63
<b>Διπλά τζάμια Al με θερμικό φράγμα (Al + TB)</b>	3.58	0.63	0.62	3.58	0.63	0.27	3.58	0.63	0.63
<b>Διπλά τζάμια με φιλμ χαμηλής θερμικής εκπομπής AL + TB</b>	2.73	0.63	0.60	2.73	0.63	0.25	2.73	0.63	0.63
<b>Τριπλά τζάμια Al</b>	2.85	0.50	0.61	2.85	0.50	0.26	2.85	0.50	0.50
<b>Τριπλά τζάμια με θερμικό φράγμα, Al + TB</b>	2.49	0.50	0.61	2.49	0.50	0.26	2.49	0.50	0.50
<b>Τριπλά τζάμια με φιλμ χαμηλής θερμικής εκπομπής</b>	2.23	0.50	0.55	2.23	0.50	0.20	2.23	0.50	0.50
<b>Τριπλά τζάμια με θερμικό φράγμα και φιλμ χαμηλής θερμικής εκπομπής, Al + TB</b>	1.86	0.50	0.55	1.86	0.50	0.20	1.86	0.50	0.50

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστών U,G για κάθε τύπο παραθύρου και σκίασης<sup>[11]</sup>

- *Περιοχές ανοιγμάτων*

Η μεταβλητή σχεδίασης των περιοχών στις οποίες θα γίνουν ανοίγματα για παράθυρα/μπαλκονόπορτες, αντιπροσωπεύεται αναλογικά με την ωφέλιμη επιφάνεια προς θέρμανση και διακριτοποιείται σε 3 επίπεδα: 10%, 20% ή 40%.

- *Προσανατολισμός*

Μελετώνται δύο επιλογές για τον προσανατολισμό της πρόσοψης:

A) Μια που να δίνει προτεραιότητα στο νότιο προσανατολισμό για την τοποθέτηση των παραθύρων/τζαμιών, εκπροσωπώντας τον παθητικό ηλιακό σχεδιασμό. Σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ότι το 70% των ανοιγμάτων είναι στραμμένα νότια, ενώ βόρεια, ανατολικά και δυτικά ανοίγματα μοιράζονται 10% το καθένα επί του συνολικού.

B) Μια που δεν υπάρχει προτίμηση ως προς τον προσανατολισμό και τα ανοίγματα κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλους τους προσανατολισμούς.

- *Θερμική μάζα*

Η θερμική μάζα/αδράνεια διακριτοποιείται σε 3 επίπεδα. Αυτά είναι:

-χαμηλή (ωφέλιμη θερμική μάζα της περιοχής του δαπέδου μικρότερη από 150 kg/m<sup>2</sup>),

-μέτρια (ωφέλιμη θερμική μάζα της περιοχής του δαπέδου μεταξύ 150 kg/m<sup>2</sup> και 400 kg/m<sup>2</sup>) και

-υψηλή (ωφέλιμη θερμική μάζα της περιοχής του δαπέδου μεγαλύτερη από 400 kg/m<sup>2</sup>).

- *Σύστημα θέρμανσης και ψύξης*

Οι επιλογές για το σύστημα θέρμανσης θεωρείται ότι αποτελούνται από λέβητα αερίου, αεριολέβητα συμπύκνωσης, ηλεκτρικά σώματα καλοριφέρ, συμβατική αντλία θερμότητας με αναστρέψιμο κύκλο (RCHP) και συμβατική αντλία θερμότητας με αναστρέψιμο κύκλο κλάσης A. Για το σύστημα ψύξης οι επιλογές θεωρείται ότι αποτελούνται από τη συμβατική αντλία θερμότητας με αναστρέψιμο κύκλο κλάσης A. Η αντλία θερμότητας με αναστρέψιμο κύκλο κλάσης A μπορεί να είναι και γεωθερμική. Κάθε επιλογή χαρακτηρίζεται από την ετήσια απόδοση αξιοποίησης καυσίμων (AFUE), η οποία είναι ο λόγος της αποδιδόμενης θερμότητας προς τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από το λέβητα, ή από το συντελεστή απόδοσης



για τα συστήματα αντλιών θερμότητας και τους τυπικούς χρόνους ζωής τους. Για την περίπτωση των αναστρέψιμου κύκλου αντλιών θερμότητας και των αντλιών θερμότητας αναστρέψιμου κύκλου κλάσης A, δύο τιμές για το συντελεστή απόδοσης διακριτοποιήθηκαν, για τη περίοδο θέρμανσης και για την περίοδο ψύξης. Ο Πίνακας 3 δείχνει τις τιμές για κάθε ένα από τα συστήματα.

	AFUE ή COP		Διάρκεια (χρόνος)
Λέβητας	0.85		25
Λέβητας συμπύκνωσης	0.94		25
Ηλεκτρικά σώματα καλοριφέρ	0.99		8
RCHP	3.4 (καλοκαίρι)	2 (χειμώνας)	16
RCHP κλάσης A	5,5 (καλοκαίρι)	2,6 (χειμώνας)	16

Πίνακας 3. AFUE ή COP και διάρκεια ζωής συστημάτων θέρμανσης που μελετήθηκαν.<sup>[11]</sup>

- Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Οι επιλογές που εξετάζονται για την παροχή ζεστού νερού χρήσης στο κτίριο είναι μια αντλία θερμότητας θέρμανσης νερού, ένας συμβατικός ηλεκτρικός λέβητας θέρμανσης νερού και αποθήκευσής του, ένας συμβατικός λέβητας αερίου για θέρμανση νερού και αποθήκευσή του, ένας συμβατικός αεριολέβητας συμπύκνωσης για θέρμανση νερού και αποθήκευσή του και ένας στιγμιαίος θερμοαντήρας νερού. Αυτά τα συστήματα ζεστού νερού μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως βοηθητικά συστήματα στη συνύπαρξη με ηλιακό συλλέκτη. Οι ποσοτικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν κάθε σύστημα περιλαμβάνουν: τον ενεργειακό παράγοντα (EF) του συστήματος ζεστού νερού χρήσης (αναλογία της χρήσιμης ενέργειας εξόδου από τον θερμοαντήρα, με τη συνολική ποσότητα ενέργειας που παρέχεται στο θερμοαντήρα νερού), την αναμενόμενη διάρκεια ζωής και την ετήσια ενέργεια που παράγεται από τον ηλιακό συλλέκτη. Ο Πίνακας 4 δείχνει τον EF του κάθε συστήματος ζεστού νερού χρήσης και ο Πίνακας 6 τα δεδομένα που χρειάζονται για τον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής ενέργειας του ηλιακού συλλέκτη.

	EF	Διάρκεια ζωής (χρόνος)
Αντλία θερμότητας	2.1	10
Συμβατικός ηλεκτρικός λέβητας	0.95	13
Συμβατικός λέβητας αερίου	0.67	13
Συμβατικός αεριολέβητας συμπύκνωσης	0.94	13
Στιγμιαίος θερμοαντήρας νερού	0.82	20
Ηλιακός συλλέκτης	0.12	19

Πίνακας 4. Ενεργειακοί παράγοντες - DHW συστήματα<sup>[11]</sup>

Απαιτούμενα δεδομένα	Τιμές
Απόδοση ηλιακού συστήματος $n_{SC}$	0.86
Οπτική απόδοση (χωρίς θερμικές απώλειες) $n_0$	0.7
Συντελεστής πρώτης τάξης θερμικών απωλειών	5
Συντελεστής δεύτερης τάξης θερμικών απωλειών	0.05
Μέση θερμοκρασία υγρού στο συλλέκτη $T_m$	60°C

Πίνακας 6. Δεδομένα για υπολογισμό της ετήσιας ενέργειας παραγόμενης από ηλιακό συλλέκτη<sup>[11]</sup>

- Φωτισμός και συσκευές

Δύο εναλλακτικές λύσεις εξετάστηκαν για το φωτισμό και τις συσκευές: υψηλή απόδοση ή μέτρια απόδοση. Οι ηλεκτρικές συσκευές που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν ένα ψυγείο και καταψύκτη, στεγνωτήριο ρούχων, πλυντήριο πιάτων, ένα φούρνο/κουζίνα, μια τηλεόραση και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η ετήσια αναφορά για την κατανάλωση των συσκευών αυτών για κάθε εναλλακτική απόδοση που έχει επιλεγεί παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Συσκευές και φωτισμός (ανά κατοικία)	Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (KWh/χρόνο)	
	Μέτρια απόδοση	Υψηλή απόδοση
Ψυγείο και καταψύκτης	451	219
Πλυντήριο ρούχων	184	136
Στεγνωτήριο	347	174
Πλυντήριο πιάτων	234	163
Φούρνος	301	226
Τηλεόραση	400	337
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	276	100
Φωτισμός	487	184

Πίνακας 5. Καταναλώσεις ανά συσκευή (kWh/χρόνο)<sup>[11]</sup>

- *Σύστημα μικρής κλίμακας*

Το εύρος των διαθέσιμων τεχνολογιών μικρής κλίμακας θεωρείται το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο για οικιακή παραγωγή ηλεκτρισμού: φωτοβολταϊκά πάνελ και μικρές ανεμογεννήτριες. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες χαρακτηρίστηκαν από την αποδοτικότητά τους, σε 2 επίπεδα: 12% μέτρια απόδοση και 18% υψηλή απόδοση. Όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες, 3 τύποι εξετάστηκαν: 400W, 1,8 KW και 2,4 KW. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καμπύλες ισχύος είναι αρκετά διαφορετικές σε σχέση με την ονομαστική ισχύ. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας για κάθε ένα από τα συστήματα υπολογίστηκε με βάση τα κλιματικά δεδομένα κάθε τοποθεσίας (ηλιακή ακτινοβολία και ταχύτητα αέρα) καθώς επίσης και με την περιγραφή της τοποθεσίας, η οποία ορίζεται από το χρήστη και περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές: αγροτική, αγροτική με εμπόδια και αστική. Αυτό χρησιμεύει στη διόρθωση της ταχύτητας του ανέμου για διαφορετικά ύψη και διαφορετικά εμπόδια στο έδαφος.

- *Ενοικιοί*

Ο αριθμός των ενοίκων πρέπει να καθορίζεται ούτως ώστε να προσδιοριστεί η ανάγκη σε ζεστό νερό όπως επίσης και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη.

- *Κλίμα*

Μια βάση δεδομένων με εννιά κλίματα είναι έτοιμη να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο σχεδιασμού, αλλά μπορούν να προστεθούν και άλλα κλίματα. Κάθε κλίμα χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους: τις βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) για μια τυπική θερμοκρασία 18<sup>0</sup>C, τη μέση μηνιαία ηλιακή ενέργεια προσπίπτουσα σε επιφάνεια κάθετη με προσανατολισμό νότιο κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, τη μέση εξωτερική θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, τις τεχνητές εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα θέρμανσης και ψύξης και τη μέση ωριαία ταχύτητα αέρα για κάθε ώρα του έτους.

#### 1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[2,7]</sup>

Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα.

- Περιβαλλοντική αειφορία. Κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εξοικονομούν ενέργεια και μηδενίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- Βελτιωμένη άνεση. Αφού ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο μειώνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.
- Αξιοπιστία. Οι διακοπές ρεύματος δεν επηρεάζουν τη λειτουργία του κτιρίου.

- Μείωση λειτουργικού κόστους και ενεργειακή ασφάλεια. Ένα σπίτι που παράγει την ενέργεια που καταναλώνει προστατεύει τον ιδιοκτήτη του από έξοδα για ενέργεια και άρα και από τις διακυμάνσεις στις τιμές της ενέργειας.

Η κατασκευή κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αντιμετωπίζει κάποιες δυσκολίες. Μία από αυτές είναι το υψηλό κόστος της κατασκευής. Παρόλα αυτά, αν η ενεργειακή απόδοση βελτιωθεί με απλά οικονομικά μέτρα κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή του κτιρίου, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντικά οφέλη, να μειωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ηλεκτρισμό, εναλλάκτες θερμότητας και εξοπλισμό θέρμανσης και έτσι να έχουν σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους στον εξοπλισμό. Στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης η εξοικονόμηση κόστους από τη συντήρηση των συστημάτων αυτών μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος από τα επιπλέον έξοδα του κτιρίου.

Μια άλλη δυσκολία που παρουσιάζεται είναι το υψηλό κόστος για την διερεύνηση των διακυμάνσεων του κτιριακού σχεδιασμού και των πιθανών επιλογών βελτίωσης της συμπεριφοράς του κτιρίου με ανακαίνιση. Γι αυτό και ο αριθμός των ανακαινισμένων κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι μικρός.

## 2. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΨΥΚΤΕΣ. ΓΕΩΘΕΛΛΑΚΤΕΣ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΨΥΞΗΣ.

### 2.1. Αντλίες θερμότητας

#### 2.1.1. Γενικά στοιχεία<sup>[8,12]</sup>

Η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή η οποία απορροφά θερμότητα από μια πηγή θεωρητικά ανεξάντλητη και τη μεταφέρει και απελευθερώνει για θέρμανση χώρου, για ψύξη χώρου ή για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Οι πηγές από τις οποίες μπορεί να αντλήσει θερμότητα είναι ο αέρας, το έδαφος και το νερό. Ως γνωστό η θερμότητα έχει φυσική ροή από



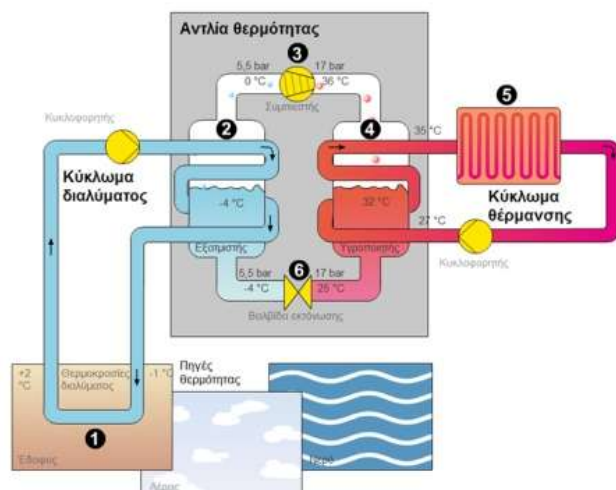
Εικόνα 4 (Πηγή: [www.adgreen.gr](http://www.adgreen.gr))

καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή "αντλεί" θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και στις πιο κρύες μέρες μπορεί να απορροφηθεί επαρκής θερμότητα για τις ανάγκες ενός χώρου.

#### 2.1.2. Στοιχεία διάταξης<sup>[12,19,20]</sup>

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι:

- ο συμπιεστής,
- δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένας ατμοποιητής και ένας συμπυκνωτής),
- μια βαλβίδα εκτόνωσης
- μια τετράοδη βαλβίδα στην οποία οφείλεται και η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου γι αυτό και μπορεί να παρέχεται θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης.



Εικόνα 5 (Πηγή: [www.hottowel.gr](http://www.hottowel.gr))

### 2.1.3. Αρχή λειτουργίας<sup>[12,13,18,19,21]</sup>

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο. Αναλυτικά η θερμότητα αντλείται από την πηγή μέσω του ατμοποιητή και του ψυκτικού υγρού. Το ψυκτικό υγρό αρχίζει και εξατμίζεται (ακόμα και σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός), περνάει από το συμπιεστή όπου αυξάνεται η θερμοκρασία του και η πίεσή του και καταλήγει στον συμπυκνωτή όπου μεταφέροντας τη θερμότητά του στο εργαζόμενο μέσο (αέρα ή νερό) μετατρέπεται και πάλι σε υγρό. Τέλος, μέσω της εκτονωτικής βαλβίδας μειώνεται η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού το οποίο μπορεί πλέον εκ νέου να απορροφήσει θερμότητα από την πηγή.

Με την τετράοδη βαλβίδα επιτυγχάνεται η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου οπότε και η αντλία θερμότητας μπορεί να λειτουργεί για τη ψύξη του χώρου. Η θερμότητα τώρα αντλείται από το χώρο που θέλουμε ψύξουμε και απελευθερώνεται στο περιβάλλον.

### 2.1.4. Είδη αντλιών θερμότητας<sup>[12,13,14,19]</sup>

Η αρχή λειτουργίας όλων των αντλιών θερμότητας είναι η ίδια. Μπορούμε όμως να κατηγοριοποιήσουμε τις αντλίες με την επιλογή διαφόρων κριτηρίων.

Με κριτήριο την πηγή από την οποία αντλούν θερμότητα και το μέσον στο οποίο την αποδίδουν διακρίνουμε τις αντλίες θερμότητας σε:

- αέρα-αέρα
- αέρα-νερού,

οι οποίες εκμεταλλεύονται για την άντληση θερμότητας τον περιβάλλοντα αέρα. Είναι ιδανικές για κάθε είδους κατοικία και λειτουργούν τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες όσο και θερμοκρασίες μέχρι  $-20^{\circ}\text{C}$ ,

- νερού-νερού
- νερού-αέρα,

οι οποίες εκμεταλλεύονται την θερμότητα ή των υπόγειων υδάτων με κατάλληλες γεωτρήσεις ή άλλης πηγής νερού (π.χ. λίμνης),

- εδάφους-αέρα
- εδάφους-νερού

οι οποίες εκμεταλλεύονται για την άντληση θερμότητας το έδαφος με οριζόντιους ή κάθετους εναλλάκτες οι οποίοι μεταφέρουν την (θερμική) ενέργεια του υπεδάφους στην αντλία.

Με κριτήριο το είδος της κινητήριας μηχανής διακρίνουμε τις αντλίες θερμότητας σε:

- αντλίες θερμότητας με ηλεκτροκίνητους συμπιεστές
- αντλίες θερμότητας με συμπιεστές κινούμενους από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο, κ.λπ.)
- αντλίες θερμότητας με συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

Με κριτήριο τη θέση των διάφορων μηχανισμών της διακρίνουμε τις αντλίες θερμότητας σε:

- Ενιαίες ή αυτόνομες (Monoblock και Compact). Όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος. Είναι κατασκευασμένες για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο, υπάρχουν βέβαια και κάποια μοντέλα τα οποία έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν με αεραγωγούς, ώστε να είναι εφικτό να εγκατασταθούν και σε εσωτερικό χώρο.
- Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units), οι οποίες αποτελούνται από δύο συσκευές, το εσωτερικό και το εξωτερικό μηχάνημα. Ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπολοίπου συστήματος και βρίσκεται στο εξωτερικό μηχάνημα, ενώ το υδραυλικό συγκρότημα, βρίσκεται στο εσωτερικό μηχάνημα.

Μια άλλη διάκριση είναι:

- Αντλίες θερμότητας με τεχνολογία DC inverter, οι οποίες αυτοπροσαρμόζονται στις απαιτήσεις του χώρου θέρμανσης ή ψύξης κάθε στιγμή, με αποτέλεσμα την ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση κατά τη λειτουργία τους.
- Αντλίες θερμότητας on/off, οι οποίες αποδίδουν το μέγιστο δυνατό χωρίς να αυτοπροσαρμόζονται στις απαιτήσεις του θερμαινόμενου χώρου ανά πάσα στιγμή, όπως στον προηγούμενο τύπο αντλίας θερμότητας.

## 2.1.5. Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης<sup>[22]</sup>

### 2.1.5.1. Πολυφασικοί κύκλοι

Ένα πολυφασικό σύστημα χρησιμοποιεί περισσότερα από ένα στάδια συμπίεσης. Πολυφασικά συστήματα εξάτμισης συμπίεσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως σύνθετα συστήματα ή κλιμακωτά συστήματα.

Ένα σύνθετο σύστημα αποτελείται από 2 ή περισσότερα στάδια συμπίεσης συνδεδεμένα κατά σειρά. Πιθανότατα να αποτελείται από έναν υψηλής πίεσης συμπιεστή και από έναν χαμηλής πίεσης συμπιεστή. Συγκρίνοντας το πολυφασικό σύστημα με το μονοφασικό, διαπιστώνεται ότι το πολυφασικό σύστημα έχει μικρότερο λόγο συμπίεσης και υψηλότερη απόδοση συμπίεσης για κάθε ένα στάδιο

συμπίεσης, μεγαλύτερη παραγωγή ψύξης, μικρότερη θερμοκρασία κατάθλιψης στον συμπιεστή υψηλής πίεσης και μεγαλύτερη ευελιξία. Κατόπιν έρευνας που διεξήχθη στην Ιαπωνία διαπιστώθηκε ότι η σύνθετη πολυφασική αντλία θερμότητας αποτελεί μια ευνοϊκή επιλογή για τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της όταν αυτή λειτουργεί σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Ένα κλιμακωτό σύστημα (cascade system) αποτελείται από δύο μονοφασικά συστήματα ψύξης που λειτουργούν ανεξάρτητα, ένα σύστημα που διατηρεί χαμηλή θερμοκρασία εξάτμισης και παράγει ψύξη και ένα σύστημα που λειτουργεί σε υψηλότερη θερμοκρασία εξάτμισης. Αυτά τα 2 ξεχωριστά συστήματα ενώνονται σε ένα κλιμακωτό συμπυκνωτή στον οποίο η θερμότητα που εκλύεται από τον συμπυκνωτή του συστήματος της χαμηλής θερμοκρασίας εξάτμισης απορροφάται από τον εξατμιστή του συστήματος υψηλότερης θερμοκρασίας εξάτμισης. Κατόπιν έρευνας βρέθηκε ότι ο βαθμός απόδοσης μιας τέτοιας αντλίας αυξάνεται κατά 20%. Πολλά εμπορικά συστήματα αντλιών θερμότητας λειτουργούν με μονοφασικό κύκλο εξάτμισης συμπίεσης. Σε τέτοια συστήματα μόνο ένας εξατμιστής χρησιμοποιείται για ψύξη, αφύγρανση και ανάκτηση θερμότητας από μια πηγή. Γι αυτό και υπάρχει ανάγκη από μηχανική ενέργεια. Τεστ που διεξήχθησαν σε πρωτότυπη διβάθμιου συμπιεστή μηχανικά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας κατέληξαν στο ότι πάνω από 35% περισσότερη θερμότητα μπορεί να ανακτηθεί μέσω ενός διβάθμιου εξατμιστή σε μια αντλία θερμότητας σε σύγκριση με μια αντλία μονοβάθμιου εξατμιστή.

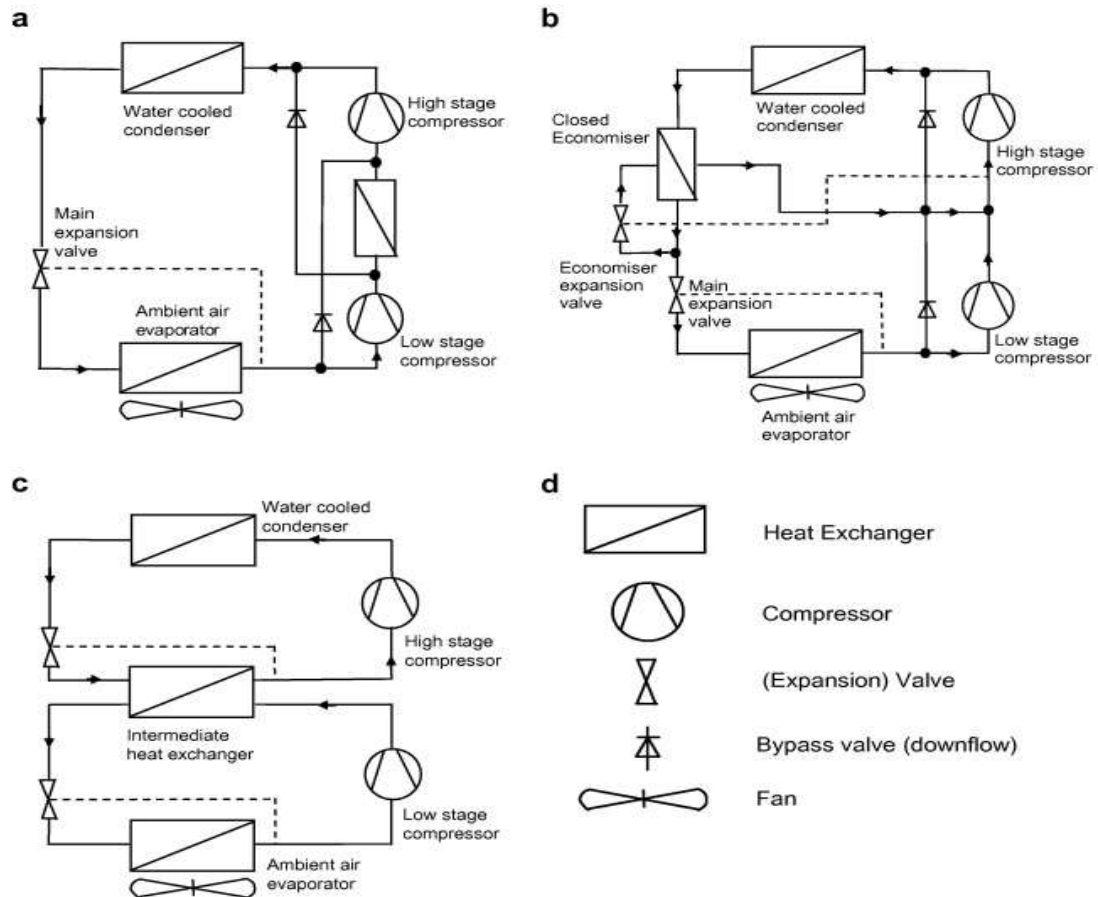
#### **2.1.5.2. Βελτίωση απόδοσης συμπιεστή**

Για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας του κύκλου εξάτμισης συμπίεσης, μια προσέγγιση είναι να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του συμπιεστή για τον απαιτούμενο λόγο συμπίεσης. Με άλλα λόγια βελτιώνεται η απόδοση του συμπιεστή.

Κάποιος θα μπορούσε να θεωρήσει ότι η εφεύρεση του σπειροειδούς συμπιεστή (scroll compressor) αποτελεί σημαντικό τεχνολογικό επίτευγμα αφού είναι περίπου 10% πιο αποδοτικός απ' ότι ο κλασικός εμβολοφόρος συμπιεστής. Όμως πρόσφατα ένας νέος τύπος συμπιεστή ψύξεως που ονομάζεται 'Revolving Vane (RV) compressor' αναπτύσσεται από ερευνητές. Σύμφωνα με αυτούς το εξέχον χαρακτηριστικό της καινοτομικής σχεδίασης του συμπιεστή είναι η χρήση ενός περιστρεφόμενου κυλίνδρου που κινείται μαζί με τον μηχανισμό συμπίεσης ούτως ώστε να περιορίσει την απώλεια ενέργειας. Ως εκ τούτου, απώλειες τριβής και διαρροής έχουν μειωθεί αποτελεσματικά. Συγκρινόμενος με τον εμβολοφόρο συμπιεστή οι απώλειες διαρροής στο ακτινικό διάκενο στον RV συμπιεστή είναι 40% λιγότερες, με αναμενόμενες ογκομετρικές αποδόσεις που φτάνουν έως 95%. Τα δεδομένα από τα πειράματα δείχνουν μείωση κατανάλωσης ενέργειας έως και 80% συγκρινόμενα με τα συστήματα που πωλούνται τώρα στην αγορά.



Μια λιγότερο ενεργός προσέγγιση για την ενίσχυση της αποδοτικότητας του συμπιεστή είναι η εξασφάλιση χαμηλής θερμοκρασίας στον συμπιεστή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Έχουν μελετηθεί 2 μέθοδοι για να επιτευχθεί αυτό. Η πρώτη επιλογή περιλαμβάνει την ψύξη του κινητήρα του συμπιεστή με εξωτερικές μεθόδους διαφορετικές από αυτή του αναρροφώμενου αερίου. Η δεύτερη επιλογή υπόκειται στο συμπιεστή, ο οποίος υποβάλλεται σε ισοθερμική διαδικασία



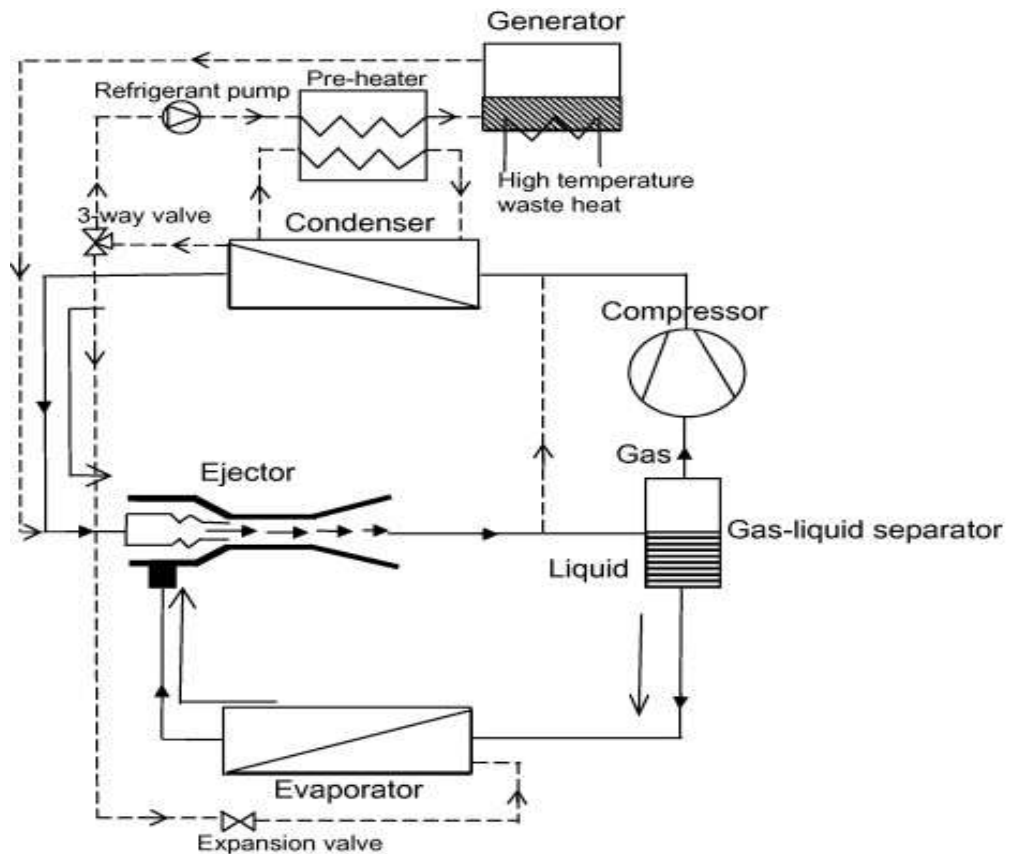
Σχήμα 2.1.5.1. a) 2 σταδίων κύκλος με ενδιάμεσο εναλλάκτη θερμότητας b) 2 σταδίων κύκλος με κλειστό οικονομητήρα c) κλιμακωτό σύστημα<sup>[22]</sup>

μεταφέροντας θερμότητα από το θάλαμο συμπίεσης. Αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτή η στρατηγική ενδεχομένως να μειώσει το έργο της συμπίεσης για ένα P22 σύστημα ψύξης. Ο συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων μπορεί να αποδώσει εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 16% ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και το επιλεγόμενο ψυκτικό υγρό.

### 2.1.5.3. Μηχανισμός αποβολής

Ο αποβολέας αποτελεί σημαντικό μέρος της ψύξης και κλιματισμού, της αφαλάτωσης, της δύλισης πετρελαίου και της χημικής βιομηχανίας. Αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των σωλήνων απόσταξης, των συμπυκνωτών και άλλων μεθόδων μεταφοράς θερμότητας. Μια πρόσφατη αξιοσημείωτη ανάπτυξη όσον αφορά τον αποβολέα του

συστήματος της αντλίας θερμότητας είναι η εξής. Μια αντλία θερμότητας με αποβολή-συμπίεση χρησιμοποιεί χαμηλής θερμοκρασίας θερμική ενέργεια για να παρέχει ψύξη και θέρμανση ενός χώρου. Ένα πολυδύναμο επαυξημένο σύστημα συμπίεστη-αποβολέα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2.1.5.3.1. Χρησιμοποιεί τον αποβολέα για να πραγματοποιήσει τους διάφορους βαθμούς συμπίεσης του ψυκτικού, ανάλογα με την ποιότητα του και την πίεση της εξόδου του ψυκτικού από τον συμπυκνωτή καθώς επίσης και τη διαθεσιμότητα της υψηλής θερμοκρασίας απορριπτόμενης θερμότητας. Ένας διαχωριστής αερίου-υγρού ξεχωρίζει το διεσταλμένο ψυκτικό σε αέριο και υγρό έτσι ώστε το αέριο ψυκτικό να κατευθυνθεί απευθείας στο συμπίεστη σε υψηλότερη πίεση καθώς το υγρό ψυκτικό ρέει στον εξατμιστή για να προχωρήσει στη συναλλαγή θερμότητας με τον ψυχόμενο χώρο. Ο αποβολέας αναλαμβάνει μέρος του φόρτου της διαδικασίας συμπίεσης αφήνοντας έτσι την απαίτηση σε ισχύ για τον συμπίεστη να μειωθεί σημαντικά. Όταν η υψηλής θερμοκρασίας απορριπτόμενη θερμότητα είναι διαθέσιμη, ο αποβολέας μπορεί να αναλάβει ολόκληρη τη διαδικασία της συμπίεσης όπως φαίνεται από τη διακεκομμένη



Σχήμα 2.1.5.3. 1 <sup>[22]</sup>

γραμμή στο σχήμα. Ανάλογα με τον γεωμετρικό, αεροδυναμικό και μηχανικό σχεδιασμό του αποβολέα, θεωρητικές μελέτες έχουν δείξει ότι ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος αντλίας θερμότητας με αποβολέα-συμπιεστή μπορεί να βελτιωθεί μέχρι και 21% επιπλέον, σε σχέση με αυτόν του καθιερωμένου κύκλου εξάτμισης συμπίεσης. Κατόπιν μετρήσεων σε πειραματική διάταξη πράγματι διαπιστώθηκε η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μιας τέτοιου είδους αντλίας.

#### 2.1.5.4. Νέα ψυκτικά

Το HCFC-22 είναι ίσως το ψυκτικό που χρησιμοποιείται πιο διαδεδομένα σε αντλίες θερμότητας και σε εφαρμογές κλιματισμού. Έχει σχετικά χαμηλό δυναμικό εξασθένισης του όζοντος, αλλά αφού περιέχει χλώριο αναζητείται ένα άλλο ψυκτικό υγρό για την αντικατάστασή του. Καθώς ερευνάται μια ενδεχόμενη αντικατάσταση του ψυκτικού, είναι σημαντικό να επιλεγεί κάποιο που να έχει θερμοδυναμικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές που πρόκειται να αντικατασταθούν.

Θα πρέπει επίσης να έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για την αντιστοίχιση με την ενθαλπία εξάτμισης. Μόνο όταν αυτοί οι παράμετροι μπορούν να συνδυαστούν αρκετά, η ανάγκη για ανασχεδιασμό ή αναδιαμόρφωση μπορεί να είναι ελάχιστη. Οι προσπάθειες που έχουν γίνει για την εύρεση ενός ψυκτικού με παρόμοιες θερμοδυναμικές ιδιότητες όπως αυτές του HCFC-22 δεν είναι ιδιαίτερα επιτυχείς. Αυτό έχει οδηγήσει του ερευνητές να διερευνήσουν την πιθανότητα να ετοιμάσουν ένα μίγμα υδροφθοραναθράκων για να αντικαταστήσουν το HCFC-22. Η χρήση ψυκτικών μιγμάτων σε αντλίες



Εικόνα 6 (Πηγή: [www.climatologic.gr](http://www.climatologic.gr))

θερμότητας και συστήματα κλιματισμού γεννούν νέες προκλήσεις για τους μηχανικούς. Ένα καθαρό ψυκτικό με ένα συστατικό θα συμπυκνωθεί ή βράσει σε σταθερή θερμοκρασία. Όμως, το μίγμα ψυκτικού θα αλλάξει θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μιας σταθερής πίεσης συμπύκνωση ή μιας διαδικασίας βρασμού, οδηγώντας σε αυτό που συχνά αναφέρεται ως θερμοκρασιακή ολίσθηση. Η εμφάνιση της θερμοκρασιακής ολίσθησης προκαλεί προβλήματα μεταξύ των οποίων η ατελής συμπύκνωση που αποτελεί και το πιο σημαντικό. Η έρευνα συνεχίζεται στα στοιχεία του συστήματος ψύξεως πλέον για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που προκαλούνται από τα μίγματα ψυκτικών. Πέρα από τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που έχει η χρήση ψυκτικών, οι εκτενείς έρευνες σε δοκιμές νέων ψυκτικών μιγμάτων συνεχίζονται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και λειτουργίας των αντλιών θερμότητας. Πρόσφατα, έχουν διεξαχθεί τεστ απόδοσης σε διάφορα μίγματα ψυκτικών, ονομαστικά R404A, R407C, R410A, R433A, R32/R134a and R170/R290. Για το R410A έδειξαν ότι η απόδοση της μονάδας του κλιματιστικού που χρησιμοποιεί αυτό το ψυκτικό ήταν 12% περισσότερη σε σχέση με τη μονάδα που χρησιμοποιούσε R22 ψυκτικό. Οι αντλίες που χρησιμοποιούν το καινούργιο χημικό είναι πιο αποδοτικές γιατί οι συμπιεστές που χρησιμοποιούν το R410A λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια και είναι λιγότερο πιθανό να υπερθερμανθούν και να καταστραφούν. Επιπροσθέτως το R410A απορροφά και απελευθερώνει θερμότητα πιο αποτελεσματικά κάτι το οποίο σημαίνει

ότι τα συστήματα που θα το χρησιμοποιήσουν θα χρησιμοποιήσουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια και θα λειτουργήσουν αποδοτικότερα. Πέρα από τα θετικά ενεργειακά πλεονεκτήματα το R410A έχει την δυνατότητα να μειώσει τα συναλλασσόμενα ποσά θερμότητας, ειδικότερα στον εξατμιστή και συμπυκνωτή, αφού αιχμαλωτίζει και απελευθερώνει θερμότητα καλύτερα από το R22.

Ένα άλλο νέο ψυκτικό είναι το R433A το οποίο έχει δείξει ότι έχει εξαιρετικές δυνατότητες να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση των αντλιών θερμότητας. Συγκριτικά τεστ αποδόσεων που διεξήχθησαν μεταξύ του R433A και R22 ψυκτικού δείχνουν ότι ο συντελεστής απόδοσης του R433A είναι 4,9–7,6% υψηλότερος από αυτόν του HCFC-22 με σημαντικά χαμηλότερη θερμοκρασία κατάθλιψης. Επίσης μελετήθηκε η θερμοδυναμική απόδοση του μίγματος R170/R290 σαν πιθανός αντικαταστάτης του R22. Από άποψη ενεργειακής απόδοσης αποδείχθηκε ότι ο συντελεστής απόδοσης του μίγματος R170/R290 ήταν υψηλότερος από αυτόν του R22 γύρω στο 6% κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας της αντλίας θερμότητας. Άλλοι ερευνητές μελέτησαν την απόδοση των υβριδικών αντλιών θερμότητας που χρησιμοποιούν μίγμα ψυκτικού. Με τη σωστή μάζα του μίγματος ψυκτικών είχαν την καλύτερη απόδοση του συστήματος.

Το μέλλον θέτει έναν αριθμό από προκλήσεις και ευκαιρίες για τους κατασκευαστές των αντλιών θερμότητας. Αξιοσημείωτη είναι η εκτεταμένη προσπάθεια για εύρεση νέων ψυκτικών. Ταυτόχρονα υπάρχει η πίεση για βελτίωση της απόδοσης ούτως ώστε να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα όσον αφορά τις καινούργιες τεχνολογίες όπως αντλίες θερμότητας αερίου, και η πίεση για την ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων απόδοσης που επιβάλλονται από τη νομοθεσία.

Τα νέα απόδοσης ενισχυμένα ψυκτικά πρέπει να εναρμονίζονται με τους βελτιωμένους κύκλους ελέγχου, με τους υψηλής απόδοσης κινητήρες και συμπιεστές, με τους νέους κύκλους, για τον συγκερασμό του βέλτιστης απόδοσης κύκλου και των ποικίλων ιδιοτήτων των ψυκτικών.

### 2.1.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[8,14,15,16,17,19]</sup>

Η αντλία θερμότητας παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού για αυτό άλλωστε και η χρήση τους έχει επεκταθεί τα τελευταία χρόνια.

- Η αντλία θερμότητας, είναι η καθαρότερη μορφή ενέργειας με την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο περιβάλλον μας στην εποχή μας.



Εικόνα 7 (Πηγή: [www.anadrasi.com](http://www.anadrasi.com))

- Οι αντλίες θερμότητας, έχουν την δυνατότητα, να είναι έως και 6 φορές πιο αποτελεσματικές από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης. Ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης (COP) του συστήματος στην χώρα μας, κάτω από ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες μπορεί να είναι πάνω από το 4 για αντλίες αέρος – νερού και πάνω από 5,5 για αντλίες με γεωθερμία. Εξασφαλίζοντας υψηλό βαθμό απόδοσης με ελάχιστο λειτουργικό κόστος χρήσης.
- Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα εξωτερικά ή εσωτερικά του σπιτιού. Μπορούν να θερμάνουν και να δροσίσουν ιδανικά ολόκληρο το σπίτι, χωρίς την ανάγκη λεβητοστάσιου, καμινάδων, εξαερισμών και δεξαμενών καυσίμων. Η εγκατάσταση γίνεται μετά από μία σχετική μελέτη για τον εξωτερικό ή των εσωτερικό χώρο που είναι διαθέσιμος ανάλογα με την περίπτωση.
- Οι αντλίες θερμότητας δεν χρειάζονται κάθε χρόνο συντήρηση όπως συμβαίνει με τους λέβητες πετρελαίου, αερίου και πέλλετ (λέβητας βιομάζας). Η λειτουργία τους έχει μηδαμινά έξοδα συντήρησης.
- Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν σε νέα ή παλιά κτίρια και μπορούν να συνδεθούν με τα υπάρχοντα θερμαντικά σώματα, με ενδοδαπέδια θέρμανση καθώς και με σώματα Fan Coils . Επίσης δεν χρειάζεται η αφαίρεση του καυστήρα πετρελαίου αφού μπορούν να συνδυαστούν. Επίσης μπορούν να συνδεθούν για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενεργείας αλλά και κόστους, με ηλιακά panels αλλά και να χρησιμοποιούν το οικιακό παραγόμενο ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά.
- Οι αντλίες θερμότητας έχουν τριπλή λειτουργία αφού με την ίδια εγκατάσταση μπορεί να επιτευχθεί ψύξη το καλοκαίρι, θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης το χειμώνα.
- Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό με άλλα τεχνολογικά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας είναι:

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης. Ανάλογα με τη χρήση, η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου γίνεται σε 5-7 χρόνια. Σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες δίνονται κίνητρα για την απόκτησή τους.
- Οι αντλίες θερμότητας που έχουν ως πηγή άντλησης θερμότητας τον αέρα γίνονται λιγότερο αποδοτικές σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- Οι αντλίες θερμότητας που έχουν ως πηγή άντλησης θερμότητας το έδαφος ή το νερό χρειάζονται χώρο για την εγκατάστασή τους.
- Οι αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα μπορεί αν είναι θορυβώδεις λόγω του ανεμιστήρα που υπάρχει στην εγκατάστασή τους.

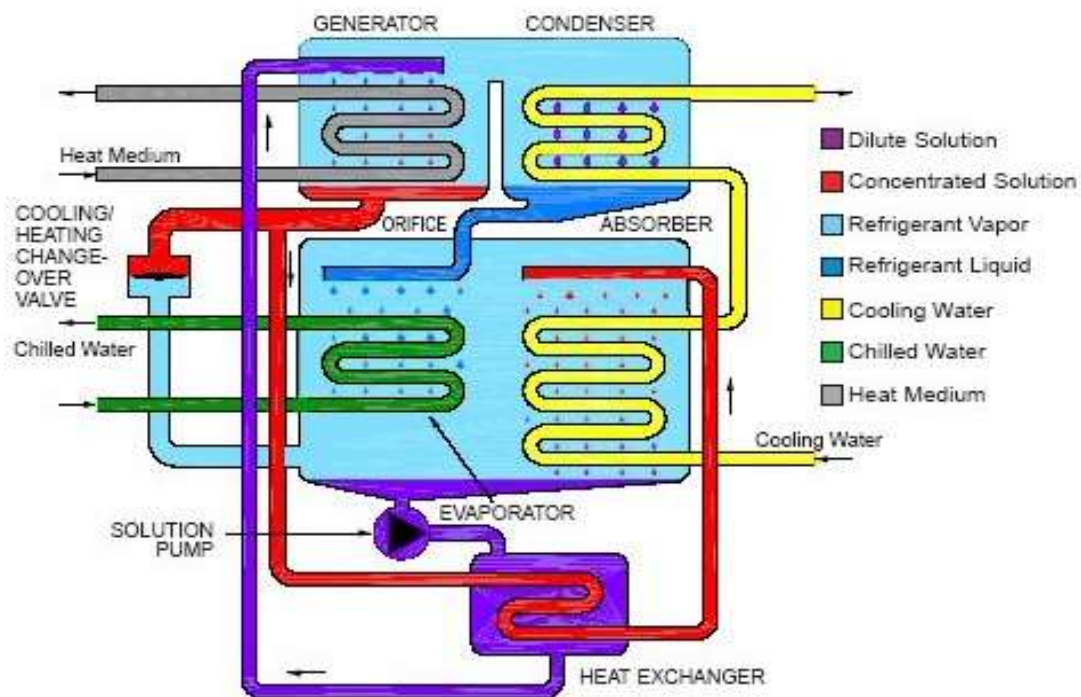
Γενικά η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας είναι οικονομική όταν υπάρχουν:

- ευνοϊκά τιμολόγια ρεύματος
- υψηλό κόστος καυσίμου για λέβητες-καυστήρες
- υψηλός ετήσιος αριθμός ωρών λειτουργίας και
- ανάγκη θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι

## 2.2. Ψύκτες

### 2.2.1. Γενικά στοιχεία<sup>[25,28]</sup>

Ο ψύκτης είναι μια μονάδα παραγωγής κρύου νερού το οποίο χρησιμοποιείται για ψύξη χώρων ή εξοπλισμού. Χρησιμοποιεί την απλούστερη και πλέον διαδεδομένη μέθοδο παραγωγής ψύξης η οποία βασίζεται στο φαινόμενο της αλλαγής φάσης ενός σώματος, συνήθως πτητικού, και των θερμικών συναλλαγών που συνοδεύουν τη μεταβολή αυτή. Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις χωρίζονται σε αυτές που για παραγωγή ψυκτικής ισχύος χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και σε αυτές που χρησιμοποιούν θερμότητα. Οι ψύκτες λοιπόν ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργούν χωρίζονται σε κατηγορίες.



Εικόνα 8 (Πηγή: media.treehugger.com)

### 2.2.2. Είδη ψυκτών<sup>[24,27,50]</sup>

Η κατηγοριοποίηση των ψυκτών μπορεί να γίνει βάση διαφόρων χαρακτηριστικών τους. Αρχικά έχουμε τους αερόψυκτους και τους υδρόψυκτους ψύκτες.

- Οι *αερόψυκτοι* ψύκτες απορροφούν θερμότητα από το εργαζόμενο μέσο η οποία έπειτα μεταφέρεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Χρησιμοποιούνται περισσότερο σε εφαρμογές όπου η θερμότητα που αποβάλλεται στο περιβάλλον δεν αποτελεί πρόβλημα αλλά στην πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση το χειμώνα. Επειδή δε χρειάζονται πύργο ψύξης και αντλία συμπύκνωσης δεν απαιτούν



Εικόνα 9

(Πηγή: [www.controlpix.com](http://www.controlpix.com))

την ίδια συντήρηση όπως οι υδρόψυκτοι ψύκτες.

Όμως καταναλώνουν περίπου 10% περισσότερη

ενέργεια από τους υδρόψυκτους ψύκτες αφού μια υγρή επιφάνεια μεταφέρει θερμότητα πολύ καλύτερα σε σχέση με μια στεγνή.

- Στους *υδρόψυκτους* ψύκτες, η θερμότητα απορροφάται από το εργαζόμενο νερό και μεταφέρεται σε μια ξεχωριστή πηγή νερού όπως ένα ποτάμι, λίμνη, πύργο ψύξης κ.λπ. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν η θερμότητα που αποβάλλεται από τους αερόψυκτους ψύκτες δημιουργεί προβλήματα. Οι υδρόψυκτοι ψύκτες προτιμούνται περισσότερο αφού έχουν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τους αερόψυκτους. Χρειάζονται όμως συντήρηση αφού η συσσώρευση αλάτων και άλλων σωματιδίων οδηγούν στη μείωση της απόδοσης της μονάδας. Οι υδρόψυκτοι ψύκτες χωρίζονται σε ανοιχτού τύπου συστήματα και σε κλειστού τύπου συστήματα.



Εικόνα 10 (Πηγή: [www.ahi-carrier.com](http://www.ahi-carrier.com))

-Τα *ανοιχτού τύπου* συστήματα είναι αυτά στα οποία το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα μετά από την ψυκτική του δράση και αντικαθίσταται από νέο ψυκτικό μέσο κατά μια συνεχή ανοιχτή διαδικασία.

-Τα *κλειστού τύπου* συστήματα είναι συστήματα που χρησιμοποιούν εναλλάκτες θερμότητας και το εργαζόμενο μέσο που παράγει τη θερμότητα από το σύστημα κυκλοφορεί σε ένα κλειστό βρόχο. Η θερμότητα μεταφέρεται στο κλειστό κύκλωμα με το εργαζόμενο μέσο με εναλλάκτη θερμότητας και έπειτα με έναν άλλο εναλλάκτη αφαιρείται από το εργαζόμενο μέσο.

Ανάλογα με το είδος της ενέργειας που κάνουν χρήση, οι ψύκτες χωρίζονται σε:

1. Ψύκτες με μηχανικό συμπιεστή
2. Ψύκτες απορρόφησης (κλειστού τύπου)
3. Ψύκτες προσρόφησης (κλειστού τύπου)
4. Ψύκτες DEC

Οι θερμοκίνητοι ψύκτες λοιπόν είναι αυτοί που για να παράγουν ψύξη οδηγούνται από θερμότητα και όχι από ηλεκτρική ενέργεια όπως συμβαίνει στους ψύκτες συμπίεσης. Η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται από τρία θερμοκρασιακά επίπεδα:

-επίπεδο υψηλής θερμοκρασία στο οποίο παρέχεται η θερμοκρασία αναγέννησης της διεργασίας ρόφησης (sorption),

-επίπεδο χαμηλής θερμοκρασίας στο οποίο λειτουργεί η διαδικασία ψύξης,

-μέσο επίπεδο θερμοκρασίας στο οποίο και η θερμότητα που απορρίπτεται από τον κύκλο ψυχρού νερού και η θερμότητα αναγέννησης πρέπει να απομακρυνθούν. Για την απομάκρυνση αυτής της θερμότητας, στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται πύργος ψύξης υγρού τύπου.

#### **2.2.2.1. Ψύκτες με μηχανικό συμπιεστή<sup>[23,29]</sup>**

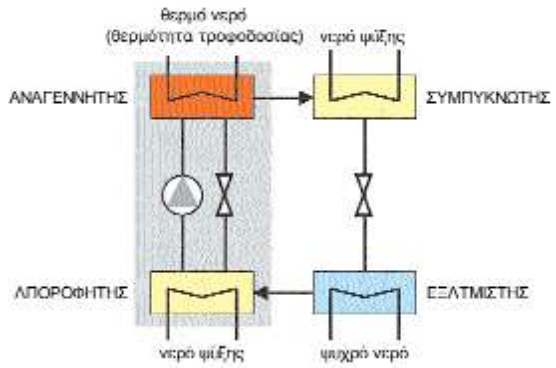
Οι ψύκτες με μηχανικό συμπιεστή μπορεί να είναι είτε αερόψυκτοι είτε υδρόψυκτοι. Αυτού του είδους οι ψύκτες χρησιμοποιούν μηχανικό συμπιεστή. Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος προσφέρεται στο συμπιεστή υπό μορφή μηχανικού έργου, δηλαδή καταναλώνεται ενέργεια ευγενούς μορφής. Οι συνήθειες διατάξεις αποτελούνται από το στοιχείο ατμοποίησης, το μηχανικό συμπιεστή, το στοιχείο συμπυκνώσεως και την στραγγαλιστική βαλβίδα. Σε μία τέτοια διάταξη, από το στοιχείο ατμοποίησης εξέρχεται ξηρός κορεσμένος (ή ελαφρώς υπέρθερμος) ατμός ψυκτικού μέσου, ο οποίος αναρροφάται από το συμπιεστή. Το αποτέλεσμα της συμπίεσης είναι να οδηγηθεί ο ατμός σε υψηλή πίεση ίση με την πίεση συμπυκνώσεως. Το ψυκτικό μέσο εξέρχεται από το συμπιεστή σε υπέρθερμη κατάσταση και εισέρχεται στο συμπυκνωτή, όπου ψύχεται και συμπυκνώνεται κατά προσέγγιση ισόθλιπτα, με συνεχή αποβολή θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Το συμπύκνωμα ρέει προς τη στραγγαλιστική διάταξη και εξέρχεται από αυτήν σε χαμηλή πίεση ίση με την πίεση ατμοποίησης. Η ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου λαμβάνει χώρα στο στοιχείο ατμοποίησης στο οποίο εισέρχεται μίγμα υγρού ψυκτικού μέσου και διφασικού μίγματος υγρού και ατμού ψυκτικού μέσου.



### 2.2.2.2. Ψύκτες απορροφήσεως<sup>[8,26,28]</sup>

Οι ψύκτες απορρόφησης είναι οι πιο διαδεδομένοι ψύκτες παγκοσμίως. Οι ψυκτικές διατάξεις διά' απορροφήσεως χρησιμοποιούν και αυτές για την παραγωγή της ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης με τη διαφορά ότι για τη μεταφορά του ψυκτικού μέσου από τη χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση

συμπύκνωσης γίνεται χρήση του φαινομένου της απορρόφησης και όχι συμπίεση. Έτσι η θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται με τη χρήση υγρού διαλύματος ψυκτικού μέσου/ροφητικού υλικού και πηγής θερμότητας, αντικαθιστώντας μ' αυτό τον τρόπο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός μηχανικού συμπιεστή. Για ψυχρό νερό άνω των 0°C, όπως απαιτείται στον κλιματισμό, τυπικά χρησιμοποιείται ένα υγρό διάλυμα νερού/βρωμιούχου λιθίου, με το νερό ως ψυκτικό μέσο. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν εσωτερική αντλία για το διάλυμα, καταναλώνοντας όμως μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Σε σύγκριση όμως προς την αντίστοιχη των ψυκτικών εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπιεστή είναι μηδαμινή. Στη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης H<sub>2</sub>O/LiBr, η κρυστάλλωση του διαλύματος πρέπει να αποφευχθεί με εσωτερικό έλεγχο της θερμοκρασίας απόρριψης θερμότητας στη μηχανή. Τα κύρια σημεία ενός ψύκτη απορρόφησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 2.2.2.2.1. Διάγραμμα ψύκτη απορρόφησης<sup>[28]</sup>

Η ψύξη βασίζεται στην εξάτμιση του ψυκτικού μέσου (νερό) στον εξατμιστή σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο απορροφάται στον απορροφητή, αραιώνοντας το διάλυμα H<sub>2</sub>O/LiBr (για να καταστεί η διαδικασία απορρόφησης αποδοτική, απαιτείται ψύξη σε αυτό το στάδιο της διεργασίας). Το διάλυμα αντλείται συνεχώς στον αναγεννητή (γεννήτρια ατμού), όπου επιτυγχάνεται η αναγέννηση του διαλύματος χρησιμοποιώντας θερμότητα (θερμότητα αναγέννησης/τροφοδοσίας) (π.χ. ζεστό νερό από ηλιακούς συλλέκτες). Το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και κυκλοφορεί με τη βοήθεια μιας στραγγαλιστικής/εκτονωτικής βαλβίδας πάλι στον εξατμιστή. Η ονομαστική ψυκτική ικανότητα των ψυκτών απορρόφησης είναι της τάξης αρκετών εκατοντάδων kW. Τροφοδοτούνται κυρίως μέσω κεντρικής θέρμανσης, απορριπτόμενης θερμότητας ή θερμότητας από συμπαραγωγή. Η απαιτούμενη θερμοκρασία θερμικής πηγής είναι συνήθως πάνω από 80°C για τις μηχανές μονής βαθμίδας ενώ ο COP είναι της τάξης του 0,6 έως 0,8. Μηχανές διπλής βαθμίδας με δύο στάδια συμπίεσης, απαιτούν θερμοκρασία άνω των 140°C, αλλά ο COP μπορεί να επιτύχει τιμές μέχρι 1,2.

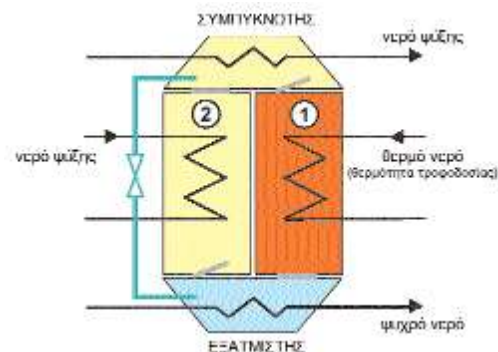
Η μέθοδος απορρόφησης χρησιμοποιεί δύο εργαζόμενα μέσα, το καθ' αυτό ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης, όπως ήδη αναφέρθηκε. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά αυτών των δύο ουσιών είναι τα εξής:

- Η απουσία απορροφητή στερεού τύπου
- Ένα ψυκτικό που θα είναι περισσότερο πτητικό από τον απορροφητή, ώστε να διαχωρίζεται εύκολα από το απορροφητικό μέσο.
- Ένα απορροφητικό μέσο που δεν θα έχει συγγένεια με το ψυκτικό.
- Ένα ψυκτικό που θα έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα.
- Μικρό βαθμό διάβρωσης και καθόλου τοξικότητα, για λόγους ασφαλείας.

Δύο κλασικά ζεύγη τέτοιων μέσων είναι: Αμμωνία – Νερό και Νερό – Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου. Στην πρώτη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό. Στη δεύτερη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι το νερό και το μέσο απορρόφησης το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

### 2.2.2.3. Ψύκτες προσρόφησης<sup>[8,26,28]</sup>

Πλην της απορρόφησης, δηλαδή της χημικής δέσμευσης του ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης είναι δυνατό να γίνει χρήση και άλλου φαινομένου, όπως είναι η προσρόφηση. Λίαν πορώδη υλικά όπως π.χ. ξυλάνθρακας, χαλαζιακή άμμος κ.α. έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν επί της επιφάνειάς τους μεγάλους όγκους αερίων. Η δέσμευση αυτή παλαιότερα εθεωρείτο ως καθαρά φυσικό φαινόμενο. Δεδομένου όμως ότι συχνά εμφανίζεται επίσης και έκλυση θερμότητας κατά τη δέσμευση, είναι προφανές ότι λαμβάνει χώρα και χημική δέσμευση.



Σχήμα 2.2.2.3. 1. Διάγραμμα ψύκτη προσρόφησης<sup>[28]</sup>

Οι διαθέσιμοι στην αγορά ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούν το νερό σαν ψυκτικό μέσο και το διοξείδιο του πυριτίου (silica gel) σαν απορροφητικό μέσο. Προσφάτως, μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν και το ζεολίθιο αντί του διοξειδίου του πυριτίου. Έτσι, οι δύο τεχνολογίες που είναι σήμερα διαθέσιμες είναι: Silica gel/H<sub>2</sub>O και Ζεολίθιο/H<sub>2</sub>O. Οι ψύκτες αποτελούνται από δύο χώρους ροφητικού υλικού (που αναφέρονται στο Σχήμα 2 ως 1 και 2), έναν εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή. Ενώ το ροφητικό υλικό στο πρώτο διαμέρισμα αναγεννάται χρησιμοποιώντας ζεστό νερό από εξωτερική πηγή θερμότητας, π.χ. ηλιακό συλλέκτη, το ροφητικό υλικό στο διαμέρισμα 2 (προσροφητικό υλικό) προσροφά όλους τους υδρατμούς που εισάγονται από τον εξατμιστή. Αυτός ο χώρος πρέπει να ψυχθεί προκειμένου να επιτραπεί συνεχής προσρόφηση. Το νερό στον εξατμιστή περνά σε αέρια φάση, θερμαινόμενο

από το εξωτερικό κύκλωμα νερού. Στην πραγματικότητα, εδώ παράγεται η χρήσιμη ψυκτική ισχύς. Εάν, η ψυκτική ικανότητα μειωθεί σε μια ορισμένη τιμή λόγω της πλήρωσης του ροφητικού υλικού στον προσροφητή, οι θάλαμοι αντιστρέφουν τη λειτουργία τους.

Υπό τυπικές συνθήκες λειτουργίας σε θερμοκρασία αναγέννησης περίπου 80°C, τα συστήματα επιτυγχάνουν COP περίπου 0,6, αλλά είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ακόμη και σε θερμοκρασίες αναγέννησης της τάξης των 60°C. Η ψυκτική τους ικανότητα κυμαίνεται από 50-500 kW. Η απλότητα κατασκευής των ψυκτών προσρόφησης και η αναμενόμενη μηχανική αντοχή τους είναι σημαντικά πλεονεκτήματα.

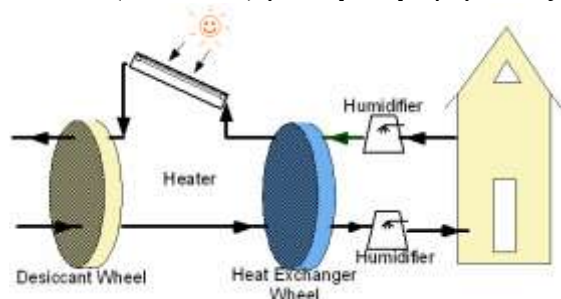
Η περιοδική λειτουργία του κύκλου προκαλεί διακυμάνσεις σε όλα τα επίπεδα θερμοκρασιών και, επομένως, στην αποδιδόμενη ψυκτική ισχύ. Για να σταθεροποιηθεί η λειτουργία, χρησιμοποιούνται αποθήκες θερμότητας ζεστού και κρύου νερού. Οι εμπορικά διαθέσιμες μηχανές έχουν ένα κύκλο λειτουργίας 3 – 5 λεπτά. Επεκτείνοντας την περίοδο του κύκλου μπορεί να αυξηθεί το COP (εκμεταλλευόμενοι την προσροφητικότητα των υλικών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα), μολονότι αυτό έχει σαν επακόλουθο τη μείωση της αποδιδόμενης ψυκτικής ισχύος του ψύκτη. Επομένως, ο έλεγχος αυτής της παραμέτρου μπορεί χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της απόδοσης της μηχανής, όταν εργάζεται υπό μερικό φορτίο. Με τη χρήση περισσοτέρων ατμογεννητριών και προσροφητών για το ίδιο στοιχείο ατμοποίησης και με περιοδική χρήση αυτών εναλλάξ ως ατμογεννητριών και προσροφητών είναι δυνατόν να επιτευχθεί συνεχής παραγωγή ψυκτικής ισχύος.

#### 2.2.2.4. Ψύκτες DEC<sup>[26,27,28]</sup>

Τα συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου (desiccant) χρησιμοποιούν το νερό ως ψυκτικό μέσο αφού έρχεται σε άμεση επαφή με τον αέρα και την ατμόσφαιρα. Ο θερμοκίνητος ψυκτικός κύκλος είναι συνδυασμός ψύξης με αφύγρανση αέρα μέσω ξηραντικού/αφυγραντικού υλικού, δηλαδή υγροσκοπικού υλικού. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά ή στερεά υλικά. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται σήμερα χρησιμοποιεί περιστρεφόμενους τροχούς αφυγραντικού υλικού, εφοδιασμένους με silica gel, είτε με χλωριούχο λίθιο ως ροφητικό υλικό.

##### 2.2.2.4.1. Ψύξη στερεού μέσου ανοικτού κύκλου (desiccant) με περιστρεφόμενους τροχούς.

Ο θερμός και υγρός νωπός αέρας από την ατμόσφαιρα εισάγεται στον αργά περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης και αφυδατώνεται με την προσρόφηση της



Εικόνα 11. Σύστημα ψύξης ανοικτού κύκλου με στερεό πορώδες υλικό<sup>[28]</sup>

υγρασίας. Δεδομένου ότι ο αέρας θερμαίνεται από τη θερμότητα προσρόφησης, οδηγείται στον τροχό ανάκτησης θερμότητας, με συνέπεια να επιτυγχάνεται σημαντική πρόψυξη του ρεύματος νεπού αέρα. Στη συνέχεια, ο αέρας υγραίνεται και ψύχεται περαιτέρω από έναν ελεγχόμενο υγραντή, σύμφωνα με την επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία του αέρα παροχής. Το ρεύμα αέρα απόρριψης υγραίνεται κοντά στο σημείο κορεσμού του για να εκμεταλλευτεί τη μέγιστη δυνατότητα ψύξης, προκειμένου να επιτευχθεί μια αποδοτική ανάκτηση θερμότητας. τέλος, το ροφητικό υλικό του τροχού πρέπει να αναγεννηθεί με τη χρήση θερμότητας σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (της τάξης των 50-70<sup>0</sup>C), επιτρέποντας έτσι τη συνεχή λειτουργία αφύγρανσης.

Επίπεδοι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες ή συλλέκτες κενού μπορούν να εφαρμοστούν ως πηγή θέρμανσης στα συστήματα ηλιακής ψύξης DEC. Σε περιπτώσεις ακραίων συνθηκών, όπως για παράδειγμα σε παράκτιες ακτές της Μεσογείου, απαιτείται ειδικός σχεδιασμός του τροχού αφύγρανσης. Εδώ, λόγω της υψηλής υγρασίας του περιβαλλοντικού αέρα, μια τυποποιημένη διάταξη του ψυκτικού κύκλου αφύγρανσης δεν είναι ικανή να μειώσει την υγρασία σε επίπεδο αρκετά χαμηλό, ώστε να επιτρέψει τη χρήση άμεσης εξατμιστικής ψύξης. Πιο σύνθετες διατάξεις κεντρικών κλιματιστικών μονάδων DEC, που χρησιμοποιούν για παράδειγμα διαφορετικό τροχό ενθαλπίας ή πρόσθετους ψύκτες αέρος τροφοδοτούμενους με ψυχρό νερό, μπορούν να δώσουν λύση σε τέτοιου είδους προβλήματα.

#### 2.2.2.4.2. Ψύξη υγρού μέσου ανοιχτού κύκλου (desiccant)

Μια νέα καινοτομική προσέγγιση είναι τα συστήματα ψύξης DEC που χρησιμοποιούν υγρό διάλυμα νερού/χλωριούχου λιθίου ως υλικό ρόφησης. Αυτός ο τύπος συστημάτων παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα όπως υψηλότερα ποσοστά αφύγρανσης αέρα στις ίδιες θερμοκρασίες αναγέννησης σε σχέση με τα συστήματα ψύξης DEC στερεού μέσου, και δυνατότητα υψηλής ενεργειακής αποθήκευσης με αποθήκευση μάζας συμπυκνωμένου διαλύματος. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για περαιτέρω αύξηση της εκμετάλλευσης των θερμικών ηλιακών συστημάτων κλιματισμού.



Εικόνα 12 (Πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr))

### 2.2.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[26,27,28,29]</sup>

-Οι μονοβάθμιες διατάξεις των ψυκτών απορρόφησης έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 0,6 – 0,8, γι' αυτό είναι οικονομικά ανταγωνιστικές μόνο όταν υπάρχει φθηνή ενέργεια (θερμότητα). Οι διβάθμιες διατάξεις έχουν βαθμό απόδοσης κοντά στο 1. Μολαταύτα, λόγω του ότι έχουν υψηλότερες θερμοκρασιακές απαιτήσεις πιθανότατα δεν θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή στις περιπτώσεις χαμηλής ποιότητας θερμότητας. Είναι γεγονός ότι οι μηχανές που σχεδιάζονται για χαμηλές θερμοκρασίες τροφοδοσίας εισόδου δεν είναι διαθέσιμες για μεγάλες ψυκτικές ισχύες που απαιτούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές. Μολονότι, το COP και η ισχύς επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες, όπως οι θερμοκρασίες του συμπυκνωτή και του ατμοποιητή καθώς και οι παροχές μάζας, οι συνθήκες της τροφοδοτούμενης θερμότητας έχουν τη μεγαλύτερη σημασία για την απόδοση. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για το βαθμό απόδοσης και το απορριπτόμενο ποσό θερμότητας στο περιβάλλον, ο ψύκτης απορρόφησης έχει σημαντικά μεγαλύτερο μέγεθος σε σχέση με τις κλασσικές ψυκτικές διατάξεις. Ένας ψύκτης απορρόφησης καταλαμβάνει έως και 50% μεγαλύτερη επιφάνεια από ότι ένας ηλεκτρικός ψύκτης της ίδιας ισχύος. Όμως οι ψύκτες απορρόφησης έχουν μια μεγάλη σειρά από πλεονεκτήματα. Έχουν ελάχιστη ηλεκτρική κατανάλωση γι αυτό και παρουσιάζουν σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα κυρίως όταν τροφοδοτούνται από απορριπτόμενη ενέργεια. Οι ψυκτικές μονάδες που τροφοδοτούνται με ατμό ή θερμό νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδες τριπαραγωγής προσφέροντας αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής, εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους λειτουργίας. Επίσης είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον σε σχέση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες και είναι ψύκτες άμεσης θέρμανσης οπότε έχουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων καυσίμων και διαφόρων ειδών θερμότητας χαμηλής ποιότητας. Τέλος, επειδή οι ψύκτες απορρόφησης έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη έχουν μεγάλο μηχανικό βαθμό απόδοσης, μικρές απαιτήσεις εποπτείας και συντήρησης, υψηλή αξιοπιστία και χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών.

-Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις *προσρόφησης* έχουν υψηλότερη απόδοση από τα συστήματα απορρόφησης σε χαμηλές θερμοκρασίες προσαγόμενης θερμότητας (μέχρι και 50°C). Έχουν πολύ λιγότερα κινούμενα μέρη από τους ψύκτες απορρόφησης και δεν απαιτούν συντήρηση και προσοχή και δεν υφίστανται κανέναν κίνδυνο κρυστάλλωσης γι αυτό και δεν υπάρχει περιορισμός στη θερμοκρασία απόρριψης. Δεν υπάρχει εσωτερική αντλία διαλύματος και ως εκ τούτου η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται είναι ελάχιστη. Μειονεκτήματα αυτού του τύπου των ψυκτών είναι η λειτουργία τους που είναι περιοδικά διακοπτόμενη (ημισυνεχής κύκλος) γι' αυτό υπάρχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σχεδιασμού συστήματος και ελέγχου λειτουργίας, είναι μηχανές συγκριτικά ογκώδεις και βαριές και λειτουργούν με υψηλότερο κόστος ανά kW ψυκτικής ισχύος. Σημειώνεται ότι λόγω του μικρού αριθμού κατασκευαστών και επομένως παραγόμενων μονάδων, η τιμή τους παραμένει σχετικά υψηλή. Υπάρχει όμως μεγάλη δυνατότητα στις επόμενες γενεές ψυκτών προσρόφησης για βελτίωση

των εναλλακτών θερμότητας στα διαμερίσματα των προσροφητών και κατά συνέπεια αναμένεται αξιοσημείωτη μείωση του όγκου και του βάρους τους.

#### 2.2.4. Σχεδιασμός ενεργειακά αποδοτικότερων μονάδων ψύξης<sup>[30]</sup>

Ο συντελεστής απόδοσης χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αποτελεσματικότητα στη λειτουργία ενός ψύκτη. Έχει καθοριστεί ως ικανότητα ψύξης σε KW, η ισχύς ψύξης σε KW. Μια πιο υψηλή τιμή του συντελεστή απόδοσης σημαίνει πιο υψηλή αποδοτικότητα του ψύκτη. Για μικρής με μεσαίας κλίμακας κτίρια απαιτείται ικανότητα ψύξης 1050-7032 KW, τέσσερις έως οχτώ αερόψυκτοι ψύκτες με ικανότητα ψύξης 350-1050 KW οι οποίοι είναι συνήθως τοποθετημένοι παράλληλα και σταδιακά βήμα προς βήμα, για την αντιμετώπιση των διαφόρων βαθμών ψυκτικού φορτίου του κτιρίου. Η πολλαπλή κατανομή των ψυκτών θεωρείται σαν μια απευθείας προσέγγιση για τη βελτίωση της απόδοσης του ψύκτη. Μερικοί από τους ψύκτες έχουν τη δυνατότητα να απενεργοποιηθούν ενώ καθένας από τους υπόλοιπους ψύκτες έχει να διαχειριστεί υψηλότερο φορτίο όταν το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου πέφτει κάτω από τη σχεδιαστική του τιμή.

Οι μηχανικοί αναγνωρίζουν ότι το να χρησιμοποιούνται υψηλής απόδοσης ψύκτες είναι η πιο προφανής προσέγγιση για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας ανώτερης αποδοτικά εγκατάστασης ψυκτών. Υπάρχουν πολλές τεχνικές για βελτίωση της απόδοσης του ψύκτη υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Κάποιες ερευνητικές μελέτες επικεντρώνονται στη χρήση μεταβλητών ταχυτήτων ψυκτών και αντλιών για την ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε συνθήκες μερικού φορτίου. Είναι εφικτό να αυξηθεί το σημείο ρύθμισης κρύου νερού για να αυξηθεί ο συντελεστής απόδοσης των ψυκτών που λειτουργούν υπό μερικό φορτίο με μειωμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Σε ορισμένες μελέτες φαίνεται να θεωρείται ότι η απόδοση μιας εγκατάστασης ψυκτών μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση υβριδικών ψυκτών με διαφορετικά είδη συμπιεστών, με τη χρήση διαφόρων πηγών ενέργειας και με την κατανομή των ψυκτών για να λειτουργούν στο βέλτιστο φορτίο. Ωστόσο, οι προαναφερθείσες τεχνικές δε λαμβάνονται συχνά υπόψη κατά το σχεδιασμό της εγκατάστασης ψύξης.

Το κύριο θέμα του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων ψύξης είναι να αποφασιστεί ο αριθμός και το μέγεθος των ψυκτών, βασιζόμενοι σε όλο το χρόνο ζήτησης ψυκτικού φορτίου ενός κτιρίου. Για την απλούστευση της λειτουργίας και συντήρησης καθώς και για την ευκολία εγκατάστασης των ψυκτών και των αντλιών, οι περισσότερες εγκαταστάσεις ψυκτών έχουν σχεδιαστεί με ίσου μεγέθους ψύκτες. Στην πραγματικότητα, η εγκατάσταση ψυκτών διαφορετικού μεγέθους αποτελεί ένα πιθανό μέσο ενίσχυσης της ευελιξίας των ψυκτών για το χειρισμό των διάφορων μερικών φορτίων ενώ παράλληλα αντιμετωπίζουν την εναλλαγή στο ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία που να υποστηρίζουν τη θεωρία αυτή και οι δυνατότητες εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχουν

διαπιστωθεί. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη εφαρμοσμένων δεδομένων για την αξιολόγηση του συντελεστή απόδοσης του ψύκτη υπό μερικό φορτίο και στην απουσία μιας καθαρής εικόνας του πώς το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου ποικίλει ανάλογα την ώρα και σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία σε διάφορες περιόδους του έτους λόγω της σύμβασης του υπολογισμού του φορτίου αιχμής. Επιπροσθέτως, πολύ λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί σχετικά με την αλληλεπίδραση του ψυκτικού φορτίου και του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου που να αφορούν τους διάφορους σχεδιασμούς εγκατάστασης ψυκτών.

## 2.3. Γεωεναλλάκτες πρόψυξης και προθέρμανσης

### 2.3.1. Γενικά στοιχεία<sup>[8,33,36,37]</sup>

Γεωθερμία ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια  $12 \times 10^6$  kWh/yr.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

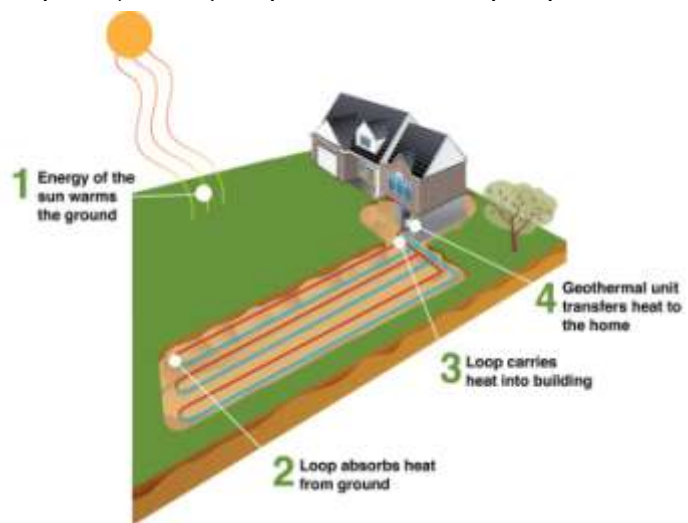
Το σύστημα με το οποίο μπορεί να εκμεταλλευθεί η θερμική αυτή ενέργεια είναι ο γεωεναλλάκτης. Ο γεωεναλλάκτης είναι ένα δίκτυο σωληνώσεων το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα σε μια πηγή όπως το υπέδαφος, υπόγεια ή ακόμη και επιφανειακά νερά. Η αποβολή ή απορρόφηση πραγματοποιείται με την κυκλοφορία νερού ή κάποιου άλλου υγρού, δια μέσου σωληνώσεων που ξεκινούν από την πηγή και καταλήγουν στο χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε ή να ψύξουμε αντίστοιχα.

### 2.3.2. Στοιχεία διάταξης<sup>[34]</sup>

Ο γεωεναλλάκτης αποτελείται από ένα υπόγειο ή υποθαλάσσιο δίκτυο πλαστικών σωλήνων υψηλής αντοχής, το οποίο λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Στους κλειστού τύπου γεωεναλλάκτες μέσα στις σωληνώσεις κυκλοφορεί διάλυμα νερού με φιλικό στο περιβάλλον αντιψυκτικό.

### 2.3.3. Τρόπος λειτουργίας<sup>[35,38,40,41]</sup>

Ενώ η θερμοκρασία του εδάφους στην επιφάνεια μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους, μερικά μέτρα πιο κάτω η θερμοκρασία του, παραμένει σχεδόν σταθερή. Για παράδειγμα, στα 15 μέτρα κάτω από την επιφάνεια η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή 18°C καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η θερμοκρασία αυτή, είναι πολύ υψηλότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος το χειμώνα, πολύ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος το καλοκαίρι και κοντά στην ιδανική θερμοκρασία για εσωτερικούς χώρους. Έτσι οι γεωεναλλάκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση το χειμώνα και για ψύξη το καλοκαίρι.



Εικόνα 13 (Πηγή: mercuryrefrigeration.ca)

Όσον αφορά τη θέρμανση, θερμότητα απορροφάται από το υπέδαφος ή τα υπόγεια νερά και διανέμεται στο χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε. Το μέσο που χρησιμοποιείται για αυτή την απορρόφηση της θερμότητας είναι το διάλυμα νερού που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Αρχικά το διάλυμα αυτό έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από το περιβάλλον των σωληνώσεων, έτσι, ξεκινά και απορροφά θερμότητα από το υπέδαφος ή τα υπόγεια νερά, ανάλογα με το σύστημα που έχει τοποθετηθεί, η οποία μεταφέρεται στο σύστημα θέρμανσης που έχει επιλεγεί. Έπειτα αφού το διάλυμα νερού έχει αποδώσει τη θερμότητα που απορρόφησε σε χαμηλή πίεση θερμοκρασία επανακυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων ούτως ώστε να επαναληφθεί η διαδικασία.

Όσον αφορά την ψύξη, θερμότητα απορροφάται από το χώρο που θέλουμε να ψύξουμε και απελευθερώνεται στο υπέδαφος ή στα υπόγεια νερά, ανάλογα πάντα με το σύστημα που έχει επιλεγεί. Αρχικά το διάλυμα του νερού που βρίσκεται εντός των σωληνώσεων έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία απ' αυτή του περιβάλλοντος των

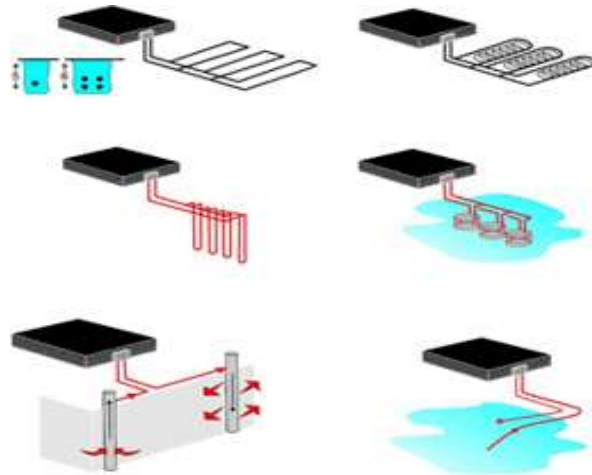


σωληνώσεων. Έτσι, το διάλυμα απελευθερώνει τη θερμότητα καθώς κυκλοφορεί στους σωλήνες και φτάνει πια στο σύστημα ψύξης με χαμηλή θερμοκρασία όπου και θα απορροφήσει εκ νέου θερμότητα, θα αυξηθεί η θερμοκρασία και θα επανακυκλοφορήσει στους σωλήνες για να επαναληφθεί η διαδικασία.

### 2.3.4. Είδη γεωεναλλακτών<sup>[34,42]</sup>

Υπάρχουν δύο ειδών γεωθερμικοί εναλλάκτες:

- Γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού τύπου
- Γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοικτού τύπου



Εικόνα 14 (Πηγή: [www.energyhomes.gr](http://www.energyhomes.gr))

Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού τύπου αποτελούνται από ένα υπόγειο ή υποθαλάσσιο σύστημα πλαστικών σωληνώσεων υψηλής αντοχής, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Οι κλειστού τύπου γεωεναλλάκτες χωρίζονται σε 4 κατηγορίες ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων:

#### 1. Οριζόντιοι γεωεναλλάκτες

Οι σωλήνες τοποθετούνται σε χαντάκια σε βάθος από 1,2 έως 3 μέτρα και σε κάθε χαντάκι εγκαθίστανται από 1 έως 6 σωλήνες. Το μήκος τους εξαρτάται από παράγοντες όπως το θερμικό φορτίο, το υλικό κατασκευής, το έδαφος, κ.ά. Έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης αλλά απαιτείται μεγαλύτερη έκταση γης. Τα οριζόντια συστήματα μπορεί να είναι σε διάταξη σειρών ή παράλληλη διάταξη.

-σε διάταξη σειρών έχουμε ένα μέγεθος σωλήνας, υψηλότερη θερμική απόδοση ανά μέτρο σωλήνωσης εξαιτίας της μεγαλύτερης διαμέτρου σωλήνας που απαιτείται, και μια δίοδο παροχής. Όμως μεγαλύτερος όγκος νερού και αντιψυκτικού είναι αναγκαίος και εξαιτίας του υλικού σωλήνωσης η τιμή ανά μέτρο είναι υψηλότερη.

-σε παράλληλη διάταξη τα πλεονεκτήματα είναι χαμηλότερο κόστος σωληνώσεως και μικρότερη απαίτηση σε αντιψυκτικό. Τα μειονεκτήματα δε είναι η εξασφάλιση της απομάκρυνσης όλου του αέρα.

## 2. Κάθετοι γεωεναλλάκτες.

Τοποθετούνται κυρίως όταν υπάρχει περιορισμένη έκταση γης, σε φρεάτια που ανοίγονται σε βάθος από 50 έως 130 μέτρα μέσα στα οποία τοποθετούνται οι σωλήνες. Τα πλεονεκτήματα είναι μικρότερο συνολικό μήκος σωλήνωσης, απαιτείται μικρότερη έκταση γης και η αξιοποιήσιμη θερμότητα του εδάφους επηρεάζεται λιγότερο από την εξωτερική θερμοκρασία (μεγάλο βάθος). Τα μειονεκτήματα είναι η αύξηση του κόστους της κατασκευής λόγω της απαίτησης εξοπλισμού γεωτρήσεων. Οι κάθετοι γεωεναλλάκτες μπορεί να είναι σε διάταξη σειρών ή παράλληλη διάταξη με τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως και στο οριζόντιο σύστημα.

## 3. Σπειροειδείς γεωεναλλάκτες.

Αποτελούνται από σωλήνες που τυλίγονται σε σπείρες (σπιράλ) και τοποθετούνται σε χαντάκια μέσα στο έδαφος. Το τυπικό σπειροειδές σύστημα τοποθετείται με βήμα 0,254 μέτρα το οποίο ισοδυναμεί με 12 μέτρα σωλήνωσης ανά μέτρο χαντακιού. Το εκτεταμένο σπειροειδές σύστημα



Εικόνα 15 (Πηγή: [www.neoaed.org](http://www.neoaed.org))

τοποθετείται με βήμα 1,42 μέτρα που ισοδυναμεί με 4 μέτρα σωλήνα ανά μέτρο χαντακιού. Ένα από τα πλεονεκτήματα είναι η απαίτηση μικρότερης σε έκταση γης και λιγότερου σκαψίματος για την δημιουργία χαντακιών. Το μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται μεγαλύτερο μήκος σωλήνα. Να σημειωθεί ότι το σπειροειδές σύστημα μπορεί να έχει οριζόντια ή κάθετη διάταξη με μόνη διαφορά ότι στην οριζόντια διάταξη είναι ευκολότερη η επανατοποθέτηση των χωμάτων

## 4. Κωνικοί γεωεναλλάκτες.

Οι κωνικοί γεωεναλλάκτες αποτελούνται από σύστημα σωλήνων σε σχήμα κώνου. Το ελάχιστο βάθος του εκάστοτε κώνου είναι 3,5 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους. Δημιουργήθηκαν για να αντικαταστήσουν το υψηλό κόστος των κάθετων συστημάτων και για να μειώσουν την κάλυψη του περιβάλλοντα



Εικόνα 16 (Πηγή: [www.aidengineering.gr](http://www.aidengineering.gr))

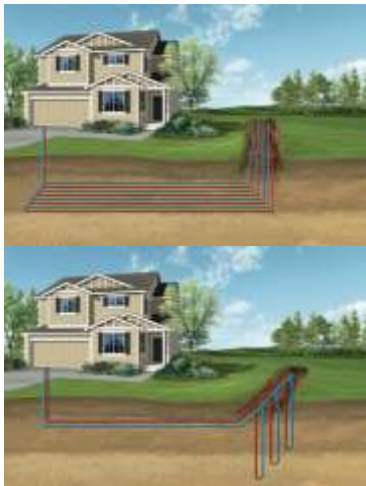
χώρου που απαιτούν τα οριζόντια συστήματα και αυτό αποτελεί και ένα από τα πλεονεκτήματά τους. Καταναλώνουν παρόμοια ηλεκτρική ενέργεια με τα οριζόντια ή τα κάθετα γεωθερμικά συστήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σχήμα τους προσδιορίστηκε σύμφωνα με την διάχυση της θερμότητας στο υπέδαφος εφόσον αξιολογήθηκε από CFD. Και οι κωνικοί γεωεναλλάκτες μπορούν να τοποθετηθούν σε διάταξη σειρών ή παράλληλη διάταξη.

Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοικτού τύπου χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα ως πηγή θερμότητας - ψύξης και χώρους απόθεσης του νερού που επιστρέφει υποβαθμισμένο. Τέτοιες πηγές είναι λίμνες, πηγάδια, ποτάμια, γεωτρήσεις ή ακόμη και θάλασσα. Ενδεικτικά ένα σπίτι 280 τετραγωνικών



Εικόνα 17 (Πηγή: [2.bp.blogspot.com](http://2.bp.blogspot.com))

μέτρων απαιτεί περίπου 30 με 57 λίτρα ανά λεπτό παροχής νερού. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι ότι είναι οικονομικότερο από του κλειστού τύπου όταν υπάρχει λίμνη ή ήδη ανοιγμένο πηγάδι ή γεώτρηση που να μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις σε νερό. Είναι ευκολότερη η εγκατάστασή του, καθώς εκλείπουν παράγοντες όπως το αντιψυκτικό, κρυμμένες διαρροές, σωληνώσεις που πρέπει να



Εικόνα 18 (Πηγή: [2.bp.blogspot.com](http://2.bp.blogspot.com))

απαλλαγθούν από τον αέρα κ.ά. Τα μειονεκτήματα είναι ότι η ποιότητα του νερού μπορεί να αλλάξει με το χρόνο, καθώς και η ποσότητα του νερού μπορεί να μεταβάλλεται ακανόνιστα ειδικά κατά περιόδους ξηρασίας. Γενικά απαιτείται μεγάλη παροχή νερού. Το νερό μπορεί να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο, να έχει οξύτητα ή να έχει μεγάλη σκληρότητα για αυτό και πρέπει πρώτα να ελεγχθεί. Αν ανοιχθεί πηγάδι ή γεώτρηση υπάρχει η αβεβαιότητα για την ύπαρξη νερού και για το αν η ποσότητα θα είναι αρκετή για την κάλυψη των αναγκών.

### 2.3.5. Βήματα σχεδίασης<sup>[43]</sup>

Πολλοί είναι οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη σχεδίαση των γεωεναλλακτών. Η χρήση τους για μεγάλης κλίμακας συστήματα δεν συνιστάται. Στο πλαίσιο της παροχής μιας εναλλακτικής πηγής ενέργειας, μια γενική σχεδιαστική διαδικασία μπορεί να αναπτυχθεί. Κάθε ένα από τα παρακάτω βήματα απαιτεί προσεκτική μελέτη των σχετικών πτυχών που θα καλυφθούν. Το πιο σημαντικό βήμα για το σχεδιασμό είναι η γνώση των απαιτούμενων χαρακτηριστικών θέρμανσης και κλιματισμού του κτιρίου. Ο βαθμός κατάληψης είναι άλλη μια σημαντική πτυχή σ' αυτό το στάδιο σχεδίασης. Αυτές οι λεπτομέρειες είναι που καθορίζουν, αν



Εικόνα 19 (Πηγή: [www.agry.purdue.edu](http://www.agry.purdue.edu))

χρειάζεται μονοκατευθυντικό σύστημα (ένας τρόπος λειτουργίας μόνο) ή δικατευθυντικό σύστημα (2 τρόποι λειτουργίας), ποιες είναι οι προτιμώμενες ιδιότητες εδάφους για την καλύτερη απόδοση, και αν κάποιο σχέδιο είναι ικανό να παρέχει τις αναγκαίες ενεργειακές απαιτήσεις χωρίς επιπρόσθετη βοήθεια. Όπως και με τη συμβατική σχεδίαση του γεωεναλλάκτη, η αξιολόγηση των απαιτήσεων του συστήματος θα πρέπει έπειτα να ακολουθείται από μια εκτεταμένη γεωτεχνική έρευνα περιλαμβάνοντας (αλλά όχι να περιορίζονται μόνο σε αυτά) τα παρακάτω στοιχεία:

- Γεωλογικά στρώματα (π.χ. ρηγά προφίλ καθώς επίσης και εντοπισμός και βάθος του βράχου θεμελίωσης).
- Γεωτεχνικές ιδιότητες (π.χ. περιεκτικότητα σε νερό, πυκνότητα, δείκτης κενών, υδραυλικές ιδιότητες, παράμετροι αντοχής, κλπ).
- Γεωθερμικές ιδιότητες (π.χ. θερμική αγωγιμότητα, ειδική θερμότητα σε διάφορες θερμοκρασίες, επιτόπιες θερμοκρασίες εδάφους, ύπαρξη θερμικών βαθμίδων, κλπ).
- Υδρογεωλογικές ιδιότητες (π.χ. βάθος υπογείων υδάτων, διακυμάνσεις των επιπέδων του νερού, κατεύθυνση ροής και ταχύτητες, κλπ).
- Ορυκτολογικές και γεωχημικές ιδιότητες του εδάφους.

Όσο περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες, τόσο πιο αποδοτική μπορεί να είναι η σχεδίαση επιτυγχάνοντας την όσο το δυνατόν βέλτιστη απόδοση και παραγωγή του συστήματος. Κάποιες από τις παραπάνω έρευνες μπορεί ήδη να έχουν πραγματοποιηθεί για να έχουν οι γεωεναλλάκτες δομική σταθερότητα. Οι διαστάσεις και οι αποστάσεις των γεωεναλλακτών υπαγορεύουν τις απαιτήσεις σε έδαφος και εκσκαφή καθώς και την απόδοση του συστήματος. Αλλά και αυτές με τη σειρά τους επηρεάζονται έντονα από διάφορους παράγοντες όπως: ποσότητα γεωεναλλακτών που απαιτούνται για την ικανοποίηση τόσο των δομικών όσο και των θερμικών φορτίων, προϋπολογισμό του έργου και βάθη των γεωεναλλακτών αν υπάρχει περιορισμός από τη γεωλογία της περιοχής.

Το απορροφητικό υλικό των σωληνώσεων θα πρέπει να είναι HDPE που συντήκεται θερμικά, κάτι το οποίο παρέχει αντοχή και αξιοπιστία. Σήμερα, ειδικά εξαρτήματα είναι διαθέσιμα για αντλίες θερμότητας εδάφους. Το μέγεθος και ο αριθμός των σωλήνων καθώς επίσης και το σχήμα του ενσωματωμένου βρόχου θα επηρεάσει τα κόστη εγκατάστασης και άντλησης, την επιρροή της τριβής σωλήνα στις απώλειες και τους ρυθμούς ροής. Η επιλογή του υγρού που θα μεταφέρει τη θερμότητα είναι επίσης σημαντική. Προτείνεται η χρήση λιγότερο αντιψυκτικού υγρού (εκτός αν το απαιτεί η κατάσταση). Η επιλογή του υγρού θα πρέπει να βασίζεται στη διαθεσιμότητα, στην οικονομία και στις μη διαβρωτικές ιδιότητές του. Ένας επαρκής ρυθμός ροής του υγρού μέσα στο σύστημα θα πρέπει επίσης να επιλεγεί. Έχει θεσπιστεί ότι χαμηλοί ρυθμοί ροής προτιμώνται για καλύτερη διανομή θερμαντικών και ψυκτικών απαιτήσεων. Επιπροσθέτως, επισημαίνεται ότι η λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να είναι φιλική προς το χρήστη, για να επιτρέπεται η εύκολη λειτουργία του

συστήματος από τους ένοικους του κτιρίου. Μετά την ολοκλήρωση του αρχικού σχεδίου, η υλοποίηση είναι το επόμενο θέμα. Μηχανικοί θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι όλες οι λεπτομέρειες έχουν ληφθεί υπόψη με στόχο να παρουσιάσουν το πιο αποτελεσματικό σχέδιο. Το να υιοθετηθεί ένα σύστημα για πολλές εφαρμογές δεν είναι επαρκές αφού δεν έχει δοθεί η απαραίτητη προσοχή στο περιβάλλον για να αντιμετωπιστεί. Παρ' όλα αυτά έχει βρεθεί ότι ιδιοκτήτες τέτοιων συστημάτων μένουν ικανοποιημένοι λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρονται, αλλά μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μερών είναι κυρίαρχη η τάση για την ορθή εφαρμογή της τεχνολογίας.

### 2.3.5.1. Ζητήματα εφαρμογής

Στη θεωρία, οι γεωεναλλάκτες μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά αν είναι σωστά σχεδιασμένοι. Πρακτικά, η επίδοση τέτοιων συστημάτων εξαρτάται από πολλά παραπάνω ζητήματα όπως εγκατάσταση, ελαττώματα εξαρτημάτων και ορθή χρήση. Όντας σχετικά νέα



Εικόνα 20 (Πηγή: [ecofriend.com](http://ecofriend.com))

τεχνολογία, δεν υπάρχουν οριστικές διαδικασίες και μέθοδοι για την

κατασκευή τέτοιων συστημάτων και αυτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να αντιμετωπιστεί αφού έχουν υπάρξει πολλά προβλήματα σε εγκαταστάσεις όπως πλημμύρες των κατασκευών στο υπέδαφος, αποτυχημένες γεωτρήσεις και φτωχής επίδοσης συστήματα. Μεταξύ των προτάσεων για σχεδιασμό που αναφέρονται είναι σημαντικό το γεγονός ότι έμπειροι εργολάβοι πρέπει να συμβουλεύουν την κατασκευή τέτοιων συστημάτων για να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα. Το ζήτημα λοιπόν των εμφανών ελλείψεων δεξιοτήτων θα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα.

### 2.3.5.2. Εφαρμογές

Παρ' όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται, οι γεωεναλλάκτες φαίνεται να έχουν μια πληθώρα εφαρμογών στην παροχή γεωθερμικής ενέργειας. Κάποιες απ' αυτές είναι:

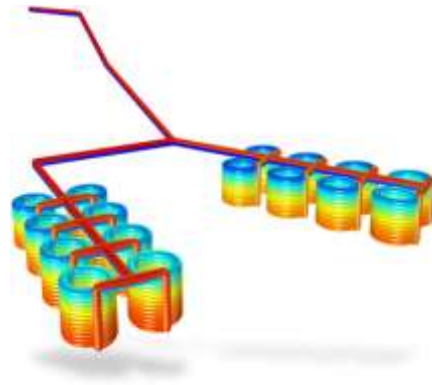
- Διαφορετικές εφαρμογές με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η πιο διαδεδομένη χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι στον οικιακό τομέα. Παραγωγή θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης.

- Βελτίωση της θερμικής ανισορροπίας σε κρύες περιοχές. Έχει βρεθεί ότι οι ηλιακοί συλλέκτες βοηθούν στην βελτίωση της έλλειψης θερμικής ενέργειας, όταν η θέρμανση είναι η κύρια λειτουργία του συστήματος. Η όλη ιδέα είναι να χρησιμοποιηθούν ηλιακοί συλλέκτες για να βοηθήσουν στην επαναφόρτιση του εδάφους με θερμική ενέργεια το καλοκαίρι και να διεκπεραιώσουν μέρος της απαιτούμενης θέρμανσης το χειμώνα.
- Βελτίωση της θερμικής ανισορροπίας σε ζεστές περιοχές. Εφαρμόζεται ένα νέο σύστημα. Το σύστημα αυτό αποθηκεύει το κρύο στο έδαφος κατά τη διάρκεια της νύχτας ούτως ώστε να βοηθήσει το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας να παρέχει τις απαιτήσεις σε κλιματισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Πρωτοποριακές μελέτες στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση του υγρού CO<sub>2</sub>, σα μέσο μεταφοράς θερμότητας που είναι υποσχόμενη αφού από μελέτες βρέθηκε ότι επιτυγχάνονται μικρότερος χώρος για εγκατάσταση, μικρότερα κόστη λειτουργίας, μεγαλύτερη απόδοση στην παραγωγή της θερμότητας από το έδαφος παραμένοντας φιλικό προς το περιβάλλον.

### 2.3.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[34,35,44]</sup>

Οι γεωεναλλάκτες παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα.

- Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να μειώσουν το κόστος θέρμανσης ως και 70% και το κόστος ψύξης έως και 50% και να παρέχουν ζεστό νερό χρήσης για της ανάγκες της κατοικίας. Κατά τη



Εικόνα 21 (Πηγή: [www.comsol.com](http://www.comsol.com))

- διάρκεια του καλοκαιριού η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης γίνεται χωρίς καμία επιπλέον δαπάνη αφού η θερμότητα που απορροφάται από το εσωτερικό του χώρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ζεστού νερού αντί να αποβληθεί απευθείας στο περιβάλλον.
- Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να εκμεταλλευτούν στο έπακρο και να πολλαπλασιάσουν την αποτελεσματικότητα άλλων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αλλά και από μόνα τους είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά συστήματα, καθώς μειώνουν τις εκπομπές αέριων ρύπων.
- Τα γεωθερμικά συστήματα διαρκούν περισσότερο από τα συμβατικά, καθώς αποτελούν «κλειστά» συστήματα.
- Τα γεωθερμικά συστήματα δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες είναι

κατασκευασμένοι από πιστοποιημένους πλαστικούς σωλήνες και μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά πενήντα χρόνια μετά την εγκατάστασή τους.

- Οι γεωεναλλάκτες δεν είναι θορυβώδεις.
- Σε μεγάλες εγκαταστάσεις μπορούν να εξοικονομηθούν χρήματα, καθώς είναι εφικτή η μεταφορά θερμότητας από ζώνες του κτιρίου που είναι πιο ζεστές προς άλλες ψυχρότερες για τις ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα και το αντίστροφο το καλοκαίρι για τις ανάγκες ψύξης.
- Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το 24ωρο, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και σε οποιοδήποτε καιρικές συνθήκες.
- Οι γεωεναλλάκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό με άλλα τεχνολογικά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα της εγκατάστασης γεωεναλλακτών είναι:

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης. Ανάλογα με το είδος των γεωεναλλακτών άλλοτε αυξάνει και άλλοτε μειώνεται.
- Απαιτείται εξειδικευμένη μελέτη και σχεδιασμός της εγκατάστασης. Ανάλογα με το είδος των γεωεναλλακτών μπορεί να απαιτούνται και επιπλέον μελέτες ή ακόμη και εξοπλισμός, όπως για παράδειγμα στην τοποθέτηση των κάθετων γεωεναλλακτών.
- Η εγκατάστασή τους προϋποθέτει συγκεκριμένο διαθέσιμο χώρο.

### 3. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

#### 3.1. Γενικά στοιχεία<sup>[44]</sup>

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι μηχανήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, η οποία μεταφέρεται σε ένα μέσο (νερό, πτητικό υγρό ή αέρα). Στη συνέχεια η θερμότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση νερού, για να υποβοηθήσει το ήδη υπάρχον σύστημα θέρμανσης, για να τροφοδοτεί με θερμότητα μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού ώστε αυτό να χρησιμοποιηθεί αργότερα (νύχτα ή συννεφιασμένες μέρες), ή για θέρμανση πισίνας.

#### 3.2. Αρχή λειτουργίας<sup>[46]</sup>

Η καρδιά ενός ηλιακού συλλέκτη είναι ο απορροφητής, ο οποίος αποτελείται συνήθως από αρκετές στενές λωρίδες μετάλλου. Το εργαζόμενο μέσο (νερό, πτητικό υγρό ή αέρας), που μεταφέρει τη θερμότητα ρέει διαμέσου ενός θερμομεταφορικού σωλήνα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τις λωρίδες του απορροφητή.



Εικόνα 22 (Πηγή: [www.sunraysolar.com](http://www.sunraysolar.com))

#### 3.3. Είδη ηλιακών συλλεκτών

##### 3.3.1. Ηλιακός συλλέκτης χωρίς κάλυμμα

##### 3.3.1.1. Στοιχεία διάταξης<sup>[45,49]</sup>

Ο ηλιακός συλλέκτης χωρίς κάλυμμα αποτελείται από:

- Χιτώνιο ελαστικού σωλήνα
- Σωλήνα διανομής
- Αισθητήρα θερμοκρασίας
- Αποστάτη
- Σπειροειδή σωλήνα
- Πώμα



Εικόνα 23 <sup>[49]</sup>



### 3.3.1.2. Ιδιότητες<sup>[47,48]</sup>

- Οι εφαρμογές τους είναι κυρίως σε πισίνες όπου η επιθυμητή θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή (25<sup>0</sup>C).
- Η απαιτούμενη επιφάνεια για την εγκατάστασή τους είναι 0,8\*m<sup>2</sup> πισίνας (Ελλάδα), δηλαδή περίπου ίση με την επιφάνεια της πισίνας.
- Οι απορροφητές είναι κατασκευασμένοι από πλαστικό (κυρίως EPDM, αλλά και από πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο), καθώς οι χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται δε χρειάζονται μεγάλη θερμοχωρητικότητα.



Εικόνα 24 (Πηγή: [forbest2006.en.alibaba.com](http://forbest2006.en.alibaba.com))

### 3.3.1.3. Τρόπος λειτουργίας<sup>[47]</sup>

Το νερό της πισίνας κυκλοφορεί μέσα στον ηλιακό συλλέκτη, θερμαίνεται από τον ήλιο και διοχετεύεται απευθείας στην πισίνα. Ενδείκνυται η χρήση πλαστικού καλύμματος για μείωση απωλειών θερμότητας.

### 3.3.1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[45,47,48]</sup>

- Δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός (π.χ. μονάδα αποθήκευσης, εναλλάκτες θερμότητας) που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό.
- Έχουν χαμηλό κόστος γι αυτό και ο χρόνος απόσβεσης είναι 1 έως 5 έτη.
- Η αισθητική ένταξη των συλλεκτών του συστήματος είναι εξαιρετικά ομαλή.
- Στα ψυχρά κλίματα παρέχεται νερό σε ιδανική θερμοκρασία για κολύμβηση το καλοκαίρι.
- Στα θερμά κλίματα η κολυμβητική περίοδος επεκτείνεται από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο.
- Η απόδοσή τους είναι χαμηλότερη σε σχέση με τους άλλους τύπους συλλεκτών.



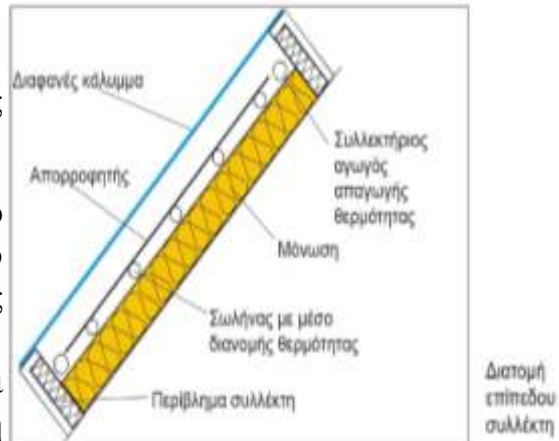
Εικόνα 25 (Πηγή: [www.sunbelt-solar.com](http://www.sunbelt-solar.com))

### 3.3.2. Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης<sup>[44,45,46,47,49,50]</sup>

#### 3.3.2.1. Στοιχεία διάταξης

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από:

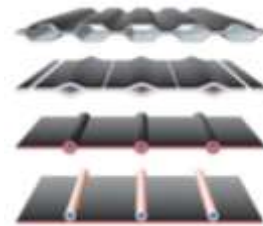
1. Διαφανές κάλυμμα που προστατεύει τη στρώση του απορροφητή και περιορίζει τις απώλειες θερμότητας.
2. Απορροφητή, που συνήθως φέρει επικάλυψη με μαύρο χρώμα για τη μεγιστοποίηση τη συλλογή της θερμικής ισχύος. Οι απορροφητές είναι συνήθως κατασκευασμένοι από χαλκό ή αλουμίνιο.
3. Σωλήνες με μέσο διανομής θερμότητας
4. Μόνωση στη βάση και στα πλευρικά τοιχώματα του συλλέκτη για περιορισμό των απωλειών της θερμότητας.
5. Συλλεκτήριο αγωγό απαγωγής θερμότητας από τον οποίο γίνεται η εισαγωγή και εξαγωγή του εργαζόμενου μέσου.
6. Πλαίσιο συλλέκτη, το οποίο κατασκευάζεται από κράμα αλουμινίου ή γαλβανισμένο χάλυβα και συγκρατεί και προστατεύει το κύριο μέρος του συλλέκτη.



Εικόνα 26<sup>[49]</sup>

Να σημειωθεί ότι η απορροφητική στρώση του απορροφητή μπορεί να αποτελείται από:

- i. Απλό απορροφητή αλουμινίου
- ii. Απορροφητή αλουμινίου με πρεσαριστούς χάλκινους σωλήνες
- iii. Σύστημα πρεσαριστών σωληνώσεων μεταξύ δύο φύλλων
- iv. Σύστημα συγκολλημένων σωληνώσεων με μεταλλικό φύλλο



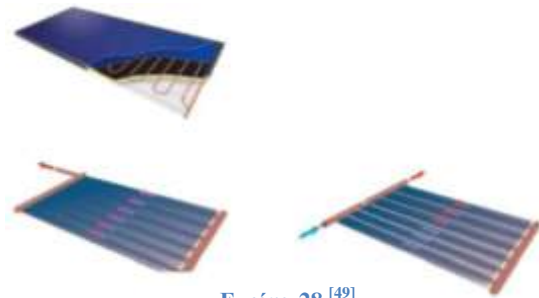
Εικόνα 27<sup>[49]</sup>

Ακόμα, η απορροφητική επιφάνεια διατίθεται σε διάφορους τύπους. Αυτοί είναι:

- i. Μαύρης μπογιάς
- ii. Ημιεπιλεκτικής επιφάνειας
- iii. Επιλεκτικής επιφάνειας, η οποία διακρίνεται από μεγάλη απορροφητικότητα στα μικρά μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας και από ελάχιστη ανάκλαση στα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια του ήλιου απορροφάται χωρίς να ανακλάται.

Τέλος, οι σωληνώσεις μέσα στις οποίες ρέει το εργαζόμενο μέσο μπορεί να είναι:

- i. Σωλήνες τύπου σερπατίνας
- ii. Ευθύγραμμοι σωλήνες μιας ροής
- iii. Ευθύγραμμοι σωλήνες διπλής ροής.



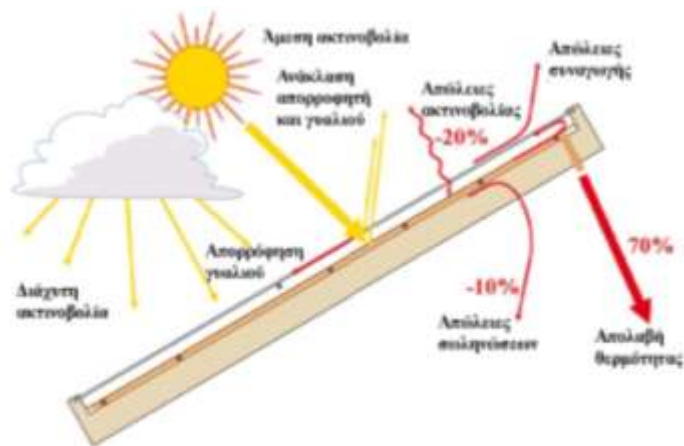
Εικόνα 28 <sup>[49]</sup>

### 3.3.2.2. Ιδιότητες

- Οι εφαρμογές τους είναι για ζεστό νερό χρήσης, για θέρμανση χώρου αλλά και για ηλιακό κλιματισμό (επιλεκτική επιφάνεια).
- Έχουν υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας (150-200<sup>0</sup>C).
- Συντελεστής απώλειας θερμότητας  $U < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Είναι κατά κύριο λόγο στάσιμοι, δηλαδή δεν απαιτούν σύστημα ανίχνευσης του ήλιου
- Το κάλυμμα τους είναι από γυαλί ή πλαστικό, πάχους 3-4mm και με συντελεστή διαπερατότητας 91%

### 3.3.2.3. Τρόπος λειτουργίας

Η λειτουργία του ηλιακού συλλέκτη βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα απορρόφησης και τη γυάλινη επικάλυψη. Καταρχήν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στον απορροφητή, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του. Ο απορροφητής με τη σειρά του εκπέμπει μεγάλους μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) για την οποία το τζάμι που καλύπτει την πλάκα είναι σχεδόν αδιαφανές. Έτσι η μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία (η ζέστη) παγιδεύεται ανάμεσα στον απορροφητή και το τζάμι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του εργαζόμενου μέσου που ρέει στις σωληνώσεις. Στους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, το εργαζόμενο μέσο ρέει ανάμεσα σε 2 φύλλα μετάλλου.



Εικόνα 29 <sup>[45]</sup>

### 3.3.2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

- Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης μετατρέπει τα 2/3 της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια γι αυτό και έχει αρκετά καλή απόδοση.
- Είναι μεσαίου κόστους
- Είναι βαρύς και εύθραυστος γι αυτό χρειάζεται προσοχή κατά την τοποθέτησή του.
- Η θέρμανση και η αποθήκευση γίνεται στη δεξαμενή του συλλέκτη.
- Οι συστοιχίες των δεξαμενών συλλεκτών δε χρειάζονται αντλίες κυκλοφορίας ή ρυθμίσεις μηχανισμών αφού το πόσιμο νερό θερμαίνεται και αποθηκεύεται κατευθείαν μέσα στο συλλέκτη

### 3.3.3. Ηλιακός συλλέκτης κενού<sup>[44,45,46,47]</sup>

#### 3.3.3.1. Στοιχεία διάταξης

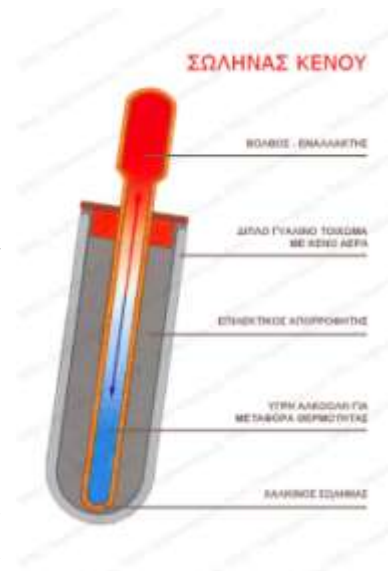
Ο ηλιακός συλλέκτης κενού αποτελείται από:

1. Παράλληλοι διπλοί γυάλινοι σωλήνες
2. Κεντρικός σωλήνας πάνω στον οποίο είναι συγκολλημένοι οι γυάλινοι σωλήνες
3. Εναλλάκτης

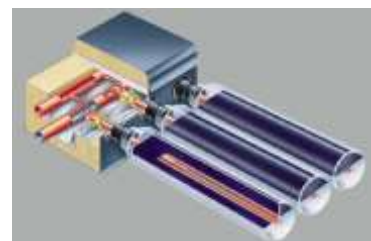
Μεταξύ των διπλών γυάλινων σωλήνων υπάρχει κενό αέρος ( $10^{-5}$ bar). Η εξωτερική σωλήνα είναι φτιαγμένη από βιοπυριτικό γυαλί μεγάλης σκληρότητας και αντοχής (αντέχει κρούση από χαλάζι διαμέτρου 25mm που κινείται με ταχύτητα 100Km/h). Η εσωτερική σωλήνα είναι βαμμένη με ιδιαίτερα θερμοαπορροφητικό υλικό, χαμηλής αντανάκλασης, με αποτέλεσμα να μετατρέπει πάνω από 92% της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ισχύ.

Να σημειωθεί ότι ανάλογα με τον τύπο σωλήνωσης έχουμε:

- i. Τον συλλέκτη κενού άμεσης ροής, όπου έχουμε εσωτερικό σωλήνα τύπου U.
- ii. Τον συλλέκτη κενού παραβολικό συγκεντρωτικό, όπου έχουμε διπλό σωλήνα (σωλήνα με απορροφητική επιφάνεια και εσωτερικά ένας σωλήνας U), 2 εξωτερικές ανακλαστικές επιφάνειες
- iii. Συλλέκτη κενού με σωλήνα θερμότητας, όπου έχουμε επίπεδη απορροφητική λωρίδα μέσα σε σωλήνα κενού, ο οποίος συνδέεται με σωλήνα



Εικόνα 30 (Πηγή: kapouranis.eu)



Εικόνα 31<sup>[47]</sup>

θερμότητας που περιέχει διάλυμα σε κενό. Το διάλυμα εξατμίζεται ( $T_{\text{εξατμησης}}=25^{\circ}\text{C}$ ) και η θερμότητά του μεταφέρεται μέσω εναλλάκτη στο μέσο.

- Αν ο εναλλάκτης συνδέεται με το συλλέκτη τότε έχουμε ξηρής σύνδεσης σωλήνα θερμότητας. Οπότε η αλλαγή του χαλασμένου σωλήνα γίνεται χωρίς άδειασμα του κυκλώματος.
- Αν ο εναλλάκτης βρίσκεται μέσα στο μέσο μεταφοράς της θερμότητας τότε έχουμε υγρής σύνδεσης σωλήνα θερμότητας.



Εικόνα 32<sup>[47]</sup>

### 3.3.3.2. Ιδιότητες

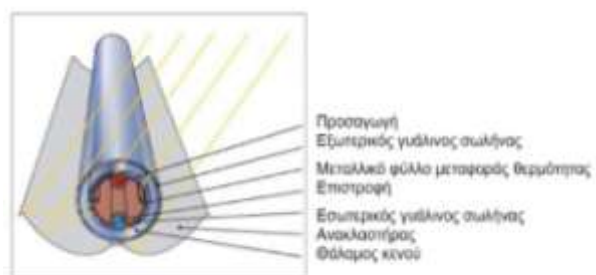
- Οι ηλιακοί συλλέκτες κενού εφαρμόζονται κυρίως όπου απαιτούνται θερμοκρασίες νερού μεγαλύτερες των  $80^{\circ}\text{C}$  (ηλιακός κλιματισμός, βιομηχανικές εφαρμογές, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας).
- Δε συνιστώνται σε κατοικίες, αφού το καλοκαίρι η θερμοκρασία στο εσωτερικό τους ξεπερνάει τους  $300^{\circ}\text{C}$ .
- Έχουν υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας
- Ο διανομέας θερμότητας του συλλέκτη έχει πολύ καλή μόνωση αφού έχει τοποθετηθεί περίβλημα 2 ιντσών από προσχηματισμένο πετροβάμβακα.
- Οι σωλήνες είναι τόσο καλά μονωμένα που δεν απαιτείται αντιψυκτικό σε κανονική λειτουργία.



Εικόνα 33<sup>[45]</sup>

### 3.3.3.3. Τρόπος λειτουργίας

Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, η οποία μεταφέρεται με τη βοήθεια φύλλων αλουμινίου (μέσω αγωγής) σε ένα χάλκινο σωλήνα, που περιέχει ένα ανόργανο μη τοξικό πτητικό ρευστό το οποίο εξατμίζεται



Εικόνα 34<sup>[45]</sup>

στους  $25^{\circ}\text{C}$ . Το ρευστό αυτό μετατρέπεται σε υπέρθερμο ατμό και μέσω του χαλκοσωλήνα, η θερμότητα μεταφέρεται στον βολβό - εναλλάκτη και από εκεί στο εσωτερικό κυάθιο του θερμοδοχείου (boiler) για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το ρευστό μεταφέροντας τη θερμότητα στο νερό συμπυκνώνεται και κατεβαίνει στην κάτω πλευρά του αυλού όπου επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

### 3.3.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

- Έχουν πολύ υψηλό κόστος
- Δεν έχουν απώλειες θερμότητας λόγω μεταφοράς παρά μόνο λόγω ακτινοβολίας
- Ιδανικοί για ψυχρά κλίματα αφού έχουν υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας
- Εξαιρετικά ευαίσθητοι
- Έχουν πολύπλοκη εγκατάσταση

Είδος συλλέκτη	Χρήση	Ετήσια παραγωγή (kWh/m <sup>2</sup> )
Συλλέκτης χωρίς κάλυμμα	Θέρμανση πισίνας	300
Επίπεδος συλλέκτης (μαύρη μπογιά)	Θέρμανση πισίνας, ζεστό νερό χρήσης	650
Επίπεδος συλλέκτης (επιλεκτικός απορροφητής)	Ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση χώρου, ηλιακός κλιματισμός	700
Συλλέκτης κενού	Ηλιακός κλιματισμός, βιομηχανικές εφαρμογές	850

Πίνακας 7<sup>[51]</sup>

Είδος συλλέκτη	Χρήση	Ειδική απαιτούμενη επιφάνεια (Ελλάδα)
Συλλέκτης χωρίς κάλυμμα	Θέρμανση πισίνας	m <sup>2</sup> συλλεκτών = 0,8 * (m <sup>2</sup> πισίνας)
Επίπεδος συλλέκτης (μαύρη μπογιά)	Θέρμανση πισίνας	m <sup>2</sup> συλλεκτών= 0,6 *(m <sup>2</sup> πισίνας)
Επίπεδος συλλέκτης (επιλεκτικός)	Ζεστό νερό χρήσης	0,5 m <sup>2</sup> συλλεκτών ανά 50lt κατανάλωσης
Επίπεδος συλλέκτης (επιλεκτικός)	Ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση χώρου	m <sup>2</sup> συλλεκτών= 0,2* m <sup>2</sup> χώρου (40-50% κάλυψη)
Συλλέκτης κενού	Ηλιακός κλιματισμός, βιομηχανικές εφαρμογές	10 m <sup>2</sup> συλλεκτών m <sup>3</sup> /h ροή αέρα

Πίνακας 8<sup>[47]</sup>

### 3.4. Τοποθέτηση συλλεκτών<sup>[45,47]</sup>

Η τοποθέτηση συλλεκτών μπορεί να είναι είτε οριζόντια είτε επικλινή. Για την οριζόντια τοποθέτηση εξαιρούνται οι συλλέκτες κενού με σωλήνα θερμότητας υγρής ή ξηρής σύνδεσης.

- Οριζόντια τοποθέτηση

Εφαρμόζεται σε οροφές ή στο έδαφος.

- Επικλινή τοποθέτηση

Εφαρμόζεται σε στέγες (είτε ενσωματωμένοι με τη στέγη είτε επάνω στη στέγη), σε έδαφος και σε προσόψεις κτιρίων (τοίχο ή προβόλους). Να σημειωθεί ότι η τοποθέτηση σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό μπορεί να αποφέρει μεγαλύτερη απολαβή ενέργειας.



Εικόνα 35 (Πηγή: [www.fireengineering.com](http://www.fireengineering.com), [www.mofga.net](http://www.mofga.net), [www.icax.co.uk](http://www.icax.co.uk), [www.pe.com](http://www.pe.com),[45])

### 3.5. Κριτήρια σχεδιασμού<sup>[52]</sup>

Υπάρχουν τρεις κύριες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος με ηλιακό συλλέκτη: τεχνικά χαρακτηριστικά, αποδοτικότητα κεφαλαίου, περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα εξαιρετικά τεχνικά χαρακτηριστικά αποτελούν

βασικό παράγοντα για την εξασφάλιση της δυνατότητας τεχνικής εφαρμογής ενός τέτοιου

συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης θερμότητας. Αρχικά, μια υψηλή θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης (αισθητή θερμότητα, λανθάνουσα θερμότητα ή χημική ενέργεια) είναι απαραίτητη για τη μείωση του όγκου του συστήματος και την αύξηση της αποδοτικότητάς του. Έπειτα, ένας καλός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας πρέπει να διατηρείται μεταξύ του υλικού αποθήκευσης της θερμότητας (υλικό απορροφητή) και του εργαζόμενου μέσου, για να διασφαλιστεί ότι η θερμική ενέργεια θα απελευθερωθεί/απορροφηθεί με την απαιτούμενη ταχύτητα. Τέλος, το υλικό αποθήκευσης πρέπει να έχει καλή σταθερότητα για να αποφευχθεί η χημική και μηχανική φθορά μετά από ένα ορισμένο αριθμό θερμικών κύκλων. Τα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως η συμβατότητα και η απώλεια θερμότητας καταγράφονται στον Πίνακα 8.



Εικόνα 36 (Πηγή: [www.globalmarket.com](http://www.globalmarket.com))

Η αποδοτικότητα του κεφαλαίου είναι αυτή που καθορίζει την διάρκεια της εξόφλησης της επένδυσης και γι αυτό και είναι πολύ σημαντική. Το κόστος ενός ηλιακού θερμικού συστήματος αποθήκευσης αποτελείται κυρίως από τρία μέρη. Τα υλικά αποθήκευσης, τον εναλλάκτη και το κόστος του χώρου. Η αποδοτικότητα του κεφαλαίου συνήθως συνδέεται με τα προαναφερθέντα τεχνικά χαρακτηριστικά και αυτό γιατί η υψηλή θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης και ο εξαιρετικός ρυθμός μεταφοράς μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον όγκο του συστήματος.

Πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την αποδοτικότητα του κεφαλαίου, υπάρχουν και άλλα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως η στρατηγική λειτουργίας και η ενσωμάτωση σε μονάδα παραγωγής ενέργειας. Τα κριτήρια αυτά παρατίθενται στον Πίνακα 8.

### 3.6. Υλικά<sup>[52]</sup>

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλιακής θερμικής ενέργειας κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τους διαφορετικούς τρόπους αποθήκευσης: αποθήκευση αισθητής θερμότητας, αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας και αποθήκευση χημικής ενέργειας (με τη θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης σε αύξουσα σειρά).

Η αποθήκευση αισθητής θερμότητας είναι η πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία και υπάρχει μεγάλος αριθμός από χαμηλού κόστους υλικά διαθέσιμα. Όμως, έχει τη χαμηλότερη θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης κάτι το οποίο αυξάνει σημαντικά το μέγεθος του συστήματος. Η αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας έχει πολύ μεγαλύτερη θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης αλλά αν δεν χρησιμοποιείται ενίσχυση στη μεταφορά, η μεταφορά είναι χαμηλής ποιότητας.

Η αποθήκευση χημικής ενέργειας έχει την υψηλότερη θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης αλλά η εφαρμογή της περιορίζεται από τα παρακάτω προβλήματα: πολύπλοκοι αντιδραστήρες απαιτούνται για συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις και έχει αδύναμη μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα (αναστρεψιμότητα) και χημική σταθερότητα.



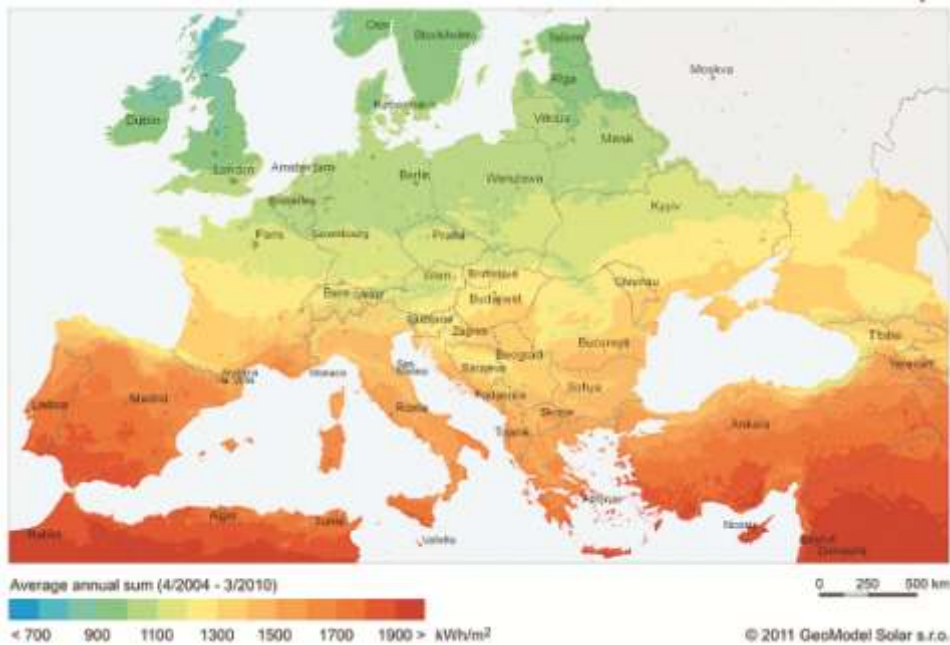
Κριτήρια	Επιδρών παράγων
<b>Τεχνικά κριτήρια</b>	1. Υψηλή θερμική χωρητικότητα αποθήκευσης (το πιο σημαντικό)
	2. Αποδοτικός ρυθμός μεταφοράς μεταξύ εργαζόμενου μέσου και υλικού αποθήκευσης
	3. Καλή χημική και μηχανική σταθερότητα του υλικού αποθήκευσης
	4. Συμβατότητα μεταξύ του εργαζόμενου μέσου και/ή του υλικού αποθήκευσης
	5. Πλήρης αναστρεψιμότητα μεγάλου αριθμού κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης
	6. Χαμηλές θερμικές απώλειες και ευκολία ελέγχου
<b>Κριτήρια αποδοτικότητας κεφαλαίου</b>	1. Κόστος των υλικών της αποθήκευσης θερμικής ενέργειας
	2. Κόστος του εναλλάκτη θερμότητας
	3. Κόστος του χώρου ή/και του κελύφους της μονάδας αποθήκευσης
<b>Περιβαλλοντικά κριτήρια</b>	1. Στρατηγική λειτουργίας
	2. Μέγιστο φορτίο
	3. Ονομαστική θερμοκρασία και ειδική ενθαλπία πτώσης φορτίου
	4. Ένταξη στο σταθμό παραγωγής ενέργειας

Πίνακας 8 <sup>[52]</sup>

## 4. ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ

### 4.1. Γενικά στοιχεία<sup>[28,53]</sup>

Ο κλιματισμός με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα η τεχνολογία του ηλιακού κλιματισμού, αποτελεί σημαντική συνιστώσα της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Οι υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται στη νότια Ευρώπη, οι οποίες αποδίδονται σε μεγάλο βαθμό στις κλιματικές αλλαγές, έχουν ως αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση στη ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό, κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού για κλιματισμό μπορεί να περιορίσει σημαντικά την αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους θερινούς μήνες, ενώ παράλληλα θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 37 (Πηγή: physicsgg.me)

Σήμερα, ο ηλιακός κλιματισμός αποτελεί μια τεχνικά εφικτή και αξιόπιστη πρόταση. Η αξιοποίηση της ηλιακής θερμικής ενέργειας για δροσισμό είναι μια αποτελεσματική, βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για την κάλυψη των αναγκών σε κλιματισμό γι αυτό και ο ηλιακός κλιματισμός μπορεί να συμβάλει θετικά στην ενεργειακή ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος, παρέχοντας σημαντικά οικονομικά οφέλη.

#### 4.1.1. Ψύξη με εξάτμιση<sup>[26]</sup>

Η ψύξη με εξάτμιση βασίζεται σε μια απλή αρχή. Καθώς το νερό εξατμίζεται, η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης απορροφάται από το νερό και από τον περιβάλλοντα αέρα. Αποτέλεσμα της διεργασίας είναι το νερό και ο αέρας να ψύχονται. Σε μια θερμή και ψυχρή ημέρα ο αέρας μοιάζει αρκετά ψυχρότερος, όταν το έδαφος βραχεί. Το νερό καθώς εξατμίζεται απορροφά θερμότητα.

#### 4.1.2. Ηλιακή ψύξη<sup>[26]</sup>

Η ηλιακή ψύξη δεν είναι τίποτα άλλο από τη χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού. Δεδομένου ότι το ψυκτικό φορτίο συμπίπτει με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας και επομένως οι απαιτήσεις σε ψύξη ενός κτιρίου συμπίπτουν με την ηλιακή ακτινοβολία, η λειτουργία τέτοιων συστημάτων κλιματισμού είναι ελκυστική.

### 4.2. Διατάξεις συστήματος ηλιακού κλιματισμού<sup>[53]</sup>

Στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, η διαδικασία ψύξης τροφοδοτείται από την ηλιακή ακτινοβολία όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ένα τυπικό σύστημα ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από ένα απλό ηλιοθερμικό σύστημα, το οποίο απαρτίζεται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες, εφεδρική πηγή θερμότητας και ένα θερμοκινούμενο ψύκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.1.



Σχήμα 4.2.1. (Πηγή: [www.4green.gr](http://www.4green.gr))

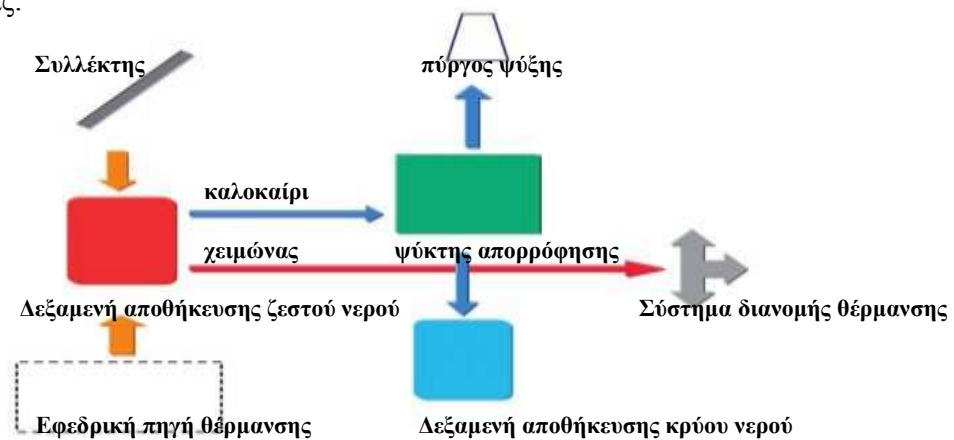
Η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται από ηλιακούς συλλέκτες με σκοπό την παραγωγή υγρού υψηλής θερμοκρασίας (συνήθως νερού), το οποίο είναι αποθηκευμένο σε δεξαμενή. Ο ψύκτης, ο οποίος αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας, χρησιμοποιεί το θερμό υγρό της δεξαμενής για παραγωγή ψυχρού υγρού. Το υγρό αυτό μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε τυπική εγκατάσταση κλιματισμού, η οποία έχει λειτουργία παρεμφερή με αυτή ενός

ηλεκτρικού ψυγείου. Κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης ημέρας, η θερμική δεξαμενή αποθήκευσης λειτουργεί ως ρυθμιστής, ο οποίος βοηθά στη βελτιστοποίηση της ασύγχρονης θερμικής απορρόφησης κατά τις ώρες της ηλιακής ακτινοβολίας και του δροσισμού, που πιθανόν να απαιτείται σε διαφορετική χρονική περίοδο, γεγονός που κάνει την ύπαρξή της απολύτως αναγκαία. Μια τυπική διάταξη ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού φαίνεται στο Σχήμα 4.2.2.



Σχήμα 4.2.2. [53]

Μια άλλη διάταξη, η οποία συνήθως χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα για θέρμανση, όσο και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για δροσισμό, παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2.3. Στη διάταξη αυτή είναι απαραίτητη η ύπαρξη δύο δεξαμενών. Η πρώτη είναι για την αποθήκευση του θερμού νερού που παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και η δεύτερη για το ψυχρό νερό που παράγεται από τον ψύκτη. Επιπλέον απαιτείται συμβατική πηγή θέρμανσης (π.χ. λέβητας φυσικού αερίου), η οποία καθιστά τη λειτουργία εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού ανεξάρτητη από τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 4.2.3. [53]

### 4.3. Ταξινόμηση συστημάτων ηλιακού κλιματισμού<sup>[26,28,50,53]</sup>

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομηθούν σε κλειστά η ανοιχτά συστήματα.

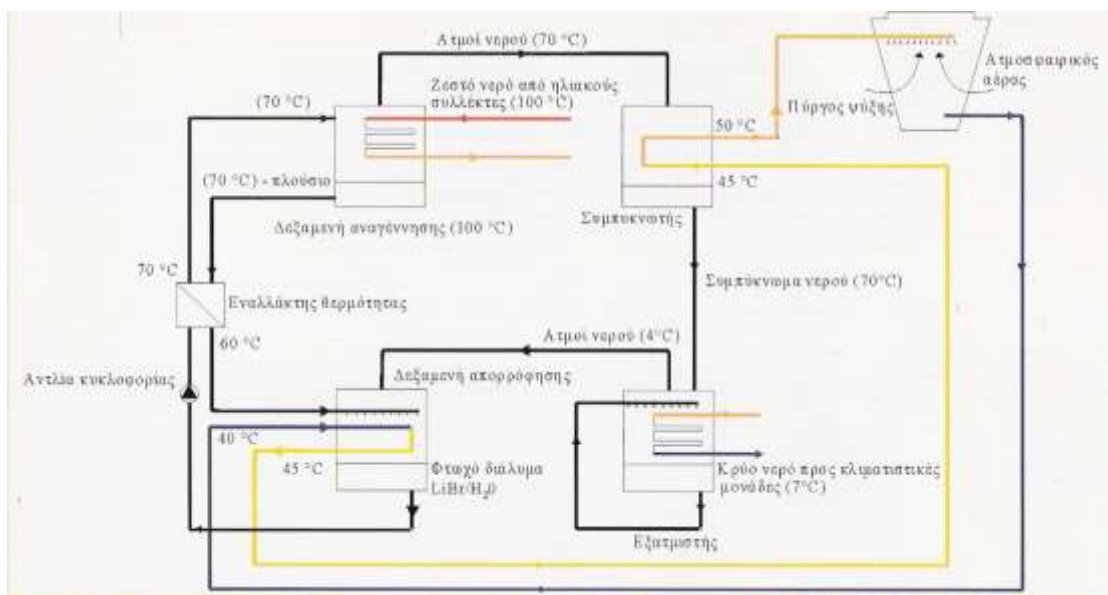
- Κλειστά συστήματα

Τα κλειστά συστήματα αποτελούνται από θερμοκίνητους ψύκτες που παρέχουν ψυχρό νερό, το οποίο χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για να παρέχει πλήρως κλιματισμένο αέρα (ψυχρό, ξηρό), είτε διανέμεται μέσω ενός δικτύου ψυχρού νερού σε καθορισμένους χώρους για να ενεργοποιήσει τις τοπικές μονάδες των δωματίων (π.χ. fan coils). Ο εξοπλισμός που είναι σήμερα διαθέσιμος στην αγορά διακρίνεται σε ψύκτες απορρόφησης και ψύκτες προσρόφησης.

- Ανοιχτά συστήματα





Τα πιο διαδεδομένα ανοιχτά συστήματα είναι τα αναφερόμενα ως desiccant (DEC), τα οποία χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο το νερό αφού έρχεται σε άμεση επαφή με τον αέρα. Ο θερμοκινούμενος ψυκτικός κύκλος συνδυάζει δροσισμό μέσω εξάτμισης και αφύγρανσης αέρα με τη βοήθεια αφυγραντικού υλικού (υγρά ή στερεά αφυγραντικά υλικά). Τα πλέον κοινά συστήματα ψύξης ανοιχτού κύκλου χρησιμοποιούν περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης με silica gel ή με χλωριούχο λίθιο (LiCl) ως ροφητικό υλικό.

Στο Σχήμα 4.3.1. φαίνεται η αρχή λειτουργίας ενός ηλιακού ψύκτη απορρόφησης (LiBr/H<sub>2</sub>O)



Σχήμα 4.3.1. (Πηγή: [www.bonair.gr](http://www.bonair.gr))

Στον Πίνακα 9 γίνεται επισκόπηση των πιο κοινών τεχνολογιών ηλιακού κλιματισμού.

Μέθοδος	Κλειστού κύκλου		Ανοιχτού κύκλου	
Ψυκτικός κύκλος	Κλειστός ψυκτικός κύκλος		Ψυκτικό μέσο (νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα	
Αρχή	Ψυχρό νερό υπό εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	Νερό - silica gel	Νερό - βρωμιούχο λίθιο, αμμωνία - νερό	Νερό - silica gel, Νερό - χλωριούχο ασβέστιο	Νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτης προσρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή αέρα
Τυπική ψυκτική ικανότητα (kW)	50 kW - 430 kW	15 kW - 5MW	20 kW - 350 kW	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	60 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95°C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

Πίνακας 9 <sup>[28]</sup>

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η κύρια εφαρμογή ηλιακών συλλεκτών στον ηλιακό κλιματισμό.

Τύπος συλλεκτών	Ηλιακός συλλέκτης αέρα	Επίπεδος συλλέκτης	Συλλέκτης κενού σωλήνων
<b>Αρχή λειτουργίας</b>	Άμεση θέρμανση του αέρα	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη), συγκέντρωση ακτινοβολίας χωρίς παρακολούθηση	Γυάλινος κενός σωλήνας για μείωση θερμικών απωλειών.
			
<b>Κύρια εφαρμογή στον ηλιακό κλιματισμό</b>	Ανοιχτά συστήματα ψύξης, π.χ. συστήματα DEC	Συστήματα ψύξης DEC, θερμοκίνητοι ψύκτες βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας, θερμοκίνητοι ψύκτες διπλής βαθμίδας

Πίνακας 10<sup>[28]</sup>

#### 4.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[53,54]</sup>

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως το νερό ή διαλύματα αλάτων για την λειτουργία τους. Χρησιμοποιούν μηδενική έως ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια και ηλεκτρική ενέργεια αιχμής. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα, είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό, για να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας του εσωτερικού όλων των τύπων κτιρίων.

Γενικά, για τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας μπορούμε να διακρίνουμε ότι:

- i. το κόστος τους μειώνεται καθώς εισάγονται στη μαζική παραγωγή
- ii. είναι ήδη τεχνικά ώριμες για να ικανοποιήσουν τις καταναλωτικές ανάγκες
- iii. είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού

Αν και υπάρχει μια μεγάλη δυνητική αγορά, τα διαθέσιμα συστήματα ηλιακού κλιματισμού δεν είναι άμεσα ανταγωνιστικά, σε οικονομικό επίπεδο, με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού, κυρίως λόγω του υψηλού πάγιου κόστους τους. Ο αριθμός των μονάδων που προσφέρονται για επίδειξη είναι περιορισμένος. Πολύ λίγες από αυτές παρακολουθούνται συστηματικά, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελάχιστες

πληροφορίες για την απόδοσή τους. Τέλος, η ενημέρωση και η τεχνογνωσία για τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού είναι ανεπαρκής.

Στον Πίνακα 11 γίνεται σύγκριση των βασικών τεχνολογιών για ψύκτες

Σύστημα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Απορρόφησης</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>υπάρχει μόνο ένα κινητό μέρος (αντλία), ενδεχομένως χωρίς κανένα κινητό μέρος στα μικρά συστήματα</li> <li>είναι εφικτή η παροχή θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>χαμηλός θερμικός συντελεστής απόδοσης (COP)</li> <li>δεν μπορεί να επιτευχθεί πολύ χαμηλή θερμοκρασία εξάτμισης</li> <li>το σύστημα είναι αρκετά πολύπλοκο</li> </ul>
<b>Προσρόφησης</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>δεν υπάρχει κινητό τμήμα (εκτός της βαλβίδας)</li> <li>είναι δυνατόν να επιτευχθεί χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας</li> <li>ο θερμικός συντελεστής απόδοσης (COP) είναι υψηλότερος σε σύγκριση με άλλα συστήματα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>μεγάλο βάρος και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα του προσροφητή</li> <li>η απαίτηση για χαμηλή λειτουργική πίεση καθιστά δύσκολη της αεροστεγανότητα</li> <li>είναι πολύ ευαίσθητο σε χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα στην πτώση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας</li> <li>αποτελεί σύστημα διαλείποντος έργου</li> </ul>
<b>Ψύξης ανοιχτού κύκλου</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>είναι σύστημα φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς χρησιμοποιεί νερό για τη λειτουργία του</li> <li>μπορεί να ενσωματωθεί σε σύστημα εξαερισμού και θέρμανσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>δε μπορεί να λειτουργήσει σωστά σε περιοχές με υψηλή υγρασία</li> <li>δεν είναι κατάλληλο για περιοχές με έλλειψη νερού</li> <li>απαιτεί συντήρηση εξαιτίας του περιστρεφόμενου τροχού</li> </ul>

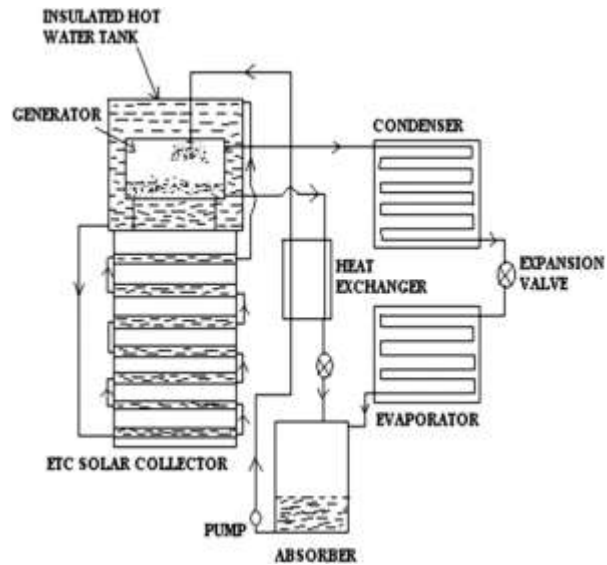
Πίνακας 11<sup>[53]</sup>

#### 4.5. Νέες σχεδιαστικές επιλογές ηλιακού συστήματος ψύξης με απλού σταδίου κύκλο απορρόφησης<sup>[55]</sup>

Το σχηματικό διάγραμμα του προτεινόμενου νέου σχεδίου φαίνεται στο Σχήμα 4.5.1. Σύμφωνα με τη νέα σχεδίαση, τρία κύρια ηλεκτρικά μέρη απαιτούνται για να λειτουργήσει το σύστημα. Ένας ανεμιστήρας στον αερόψυκτο συμπυκνωτή, ένας φυσητήρας στον εξατμιστή και μια αντλία που θα αντλεί το διάλυμα από τον



απορροφητή και θα το στέλνει στη γεννήτρια. Σε αυτό το νέο σχέδιο, η γεννήτρια είναι τοποθετημένη μέσα στην μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Αυτό εμποδίζει την απώλεια θερμότητας από τη γεννήτρια προς το περιβάλλοντα χώρο. Με αυτόν τον τρόπο το κόστος μόνωσης της γεννήτριας ελαχιστοποιείται. Εάν η γεννήτρια και η δεξαμενή αποθήκευσης αποτελούν ξεχωριστές μονάδες, τότε το ζεστό νερό θα πρέπει να κυκλοφορεί από τη δεξαμενή.



Σχήμα 4.5.1.<sup>[55]</sup>

Στο νέο αυτό σχέδιο οι απώλειες

μεταφοράς θερμότητας από τη δεξαμενή στη γεννήτρια ελαχιστοποιούνται. Η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού τοποθετείται στην κορυφή του συλλέκτη ούτως ώστε να αποφεύγεται η χρήση αντλίας για την κυκλοφορία του θερμού νερού από το συλλέκτη στη δεξαμενή και με αυτό τον τρόπο τα αρχικά και λειτουργικά κόστη μειώνονται. Τα δύο κύρια κυκλώματα είναι:

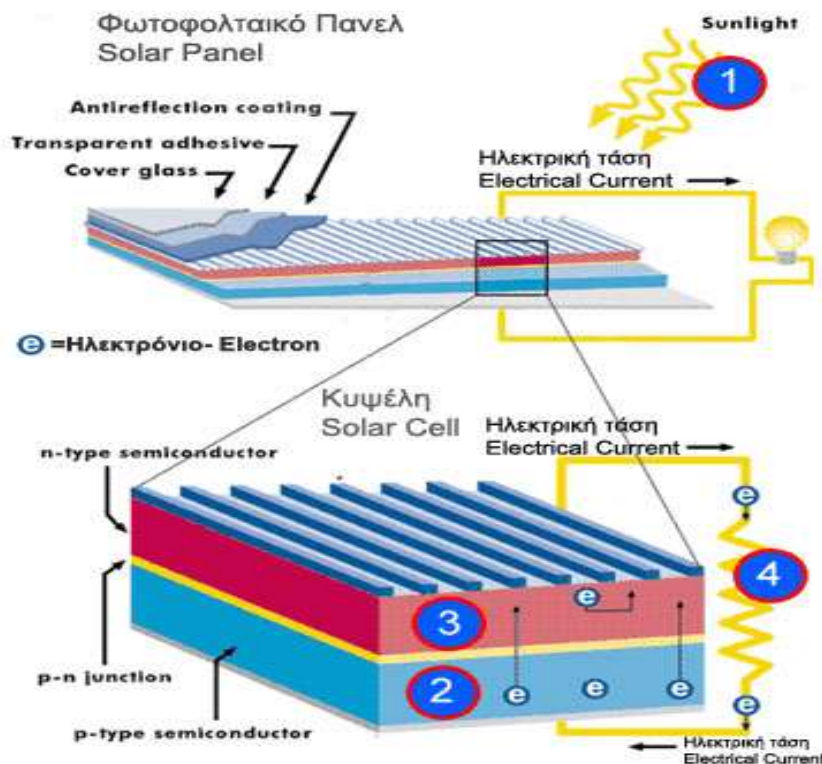
1. κύκλωμα ζεστού νερού (ηλιακός συλλέκτης-δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού-ηλιακός συλλέκτης)
2. κύκλωμα ψυκτικού (γεννήτρια-συμπυκνωτής-εξατμιστής-απορροφητής-αντλία-γεννήτρια) εκκενώνεται και η πίεση του μπορεί να αυξηθεί ώστε να μειωθεί το σημείο βρασμού του νερού. Αυτό βοηθά στο να τεθεί σε εφαρμογή το σύστημα ψύξης με απορρόφηση ακόμα και σε χαμηλές ηλιακές θερμικές εντάσεις. Ο ατμός του ψυκτικού και το διάλυμα από τη γεννήτρια περνάνε στον απορροφητή με σιφόνια και τα μέρη του ψυκτικού συστήματος τοποθετούνται σε κατάλληλο υψόμετρο ώστε και τα δύο υγρά να ρέουν στην απαιτούμενη πίεση.

Ο Zhaolin Gu εφάρμοσε μια μεμβράνη μέσω διαδικασίας απόσταξης στο απορροφητικό σύστημα του βρωμιούχου λιθίου. Για τη μεμβράνη χρησιμοποιήθηκε κοίλη ίνα πολυβινυλιδενίου φθορίου. Αυτή η διεργασία έχει το πλεονέκτημα της χαμηλότερης θερμοκρασίας οδηγούμενης θερμότητας και την τεράστια περιοχή επαφής ανά μονάδα όγκου. Αυτή η μεμβράνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσα στη γεννήτρια για να λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες απ' ότι η λειτουργεί παραδοσιακά. Το σύστημα ψύξης εξάτμισης-απορρόφησης μπορεί να ενσωματωθεί με άλλα συμβατικά συστήματα ψύξης για καλύτερη απόδοση και μείωση κόστους.

## 5. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 5.1. Γενικά στοιχεία<sup>[43]</sup>

Μια άλλη διάταξη που χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για παραγωγή ενέργειας είναι τα φωτοβολταϊκά. Οι φωτοβολταϊκές διατάξεις αποτελούν μια μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφούν, σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιώντας ημιαγωγούς που παρουσιάζουν το φωτοβολταϊκό φαινόμενο



Εικόνα 38 (Πηγή: [www.exelgroup.gr](http://www.exelgroup.gr))

### 5.2. Στοιχεία διάταξης<sup>[43]</sup>

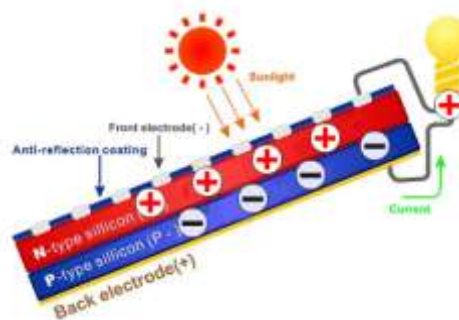
Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

1. το φωτοβολταϊκό πλαίσιο ή αλλιώς φωτοβολταϊκή γεννήτρια (module), με τη βάση στήριξης και ίσως σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς (tracker).
2. Μπαταρίες – συσσωρευτές φωτοβολταϊκών (αν πρόκειται για αυτόνομο σύστημα).
3. Ρυθμιστή φόρτισης για τον έλεγχο και την προστασία των μπαταριών
4. Αντιστροφέας συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter).

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) το οποίο δεν είναι τίποτα άλλο από έναν κατάλληλα επεξεργασμένο ημιαγωγό μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο ουσιαστικά είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατάλληλα ομαδοποιημένα, συνδεδεμένα είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Η τυπική τους ισχύς είναι από 20W έως 300W. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο ηλιακό στοιχείο δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

### 5.3. Αρχή λειτουργίας<sup>[56]</sup>

Η αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φως από τον ήλιο είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Κάθε φωτόνιο περιέχει διαφορετικό ποσό ενέργειας. Όταν λοιπόν το ηλιακό φως, δηλαδή τα φωτόνια, πέσουν σ' ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (ημιαγωγός), άλλα ανακλώνται, άλλα διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από τον ημιαγωγό. Τα φωτόνια που απορροφώνται από τον ημιαγωγό αποτελούν την αιτία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και αυτό γιατί τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων.



Εικόνα 39 (Πηγή: [www.exelgroup.gr](http://www.exelgroup.gr))

Για να αποφευχθεί οποιοδήποτε είδους σύγχυση θα πρέπει να γίνει σαφές ότι η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με φωτοβολταϊκά χρειάζεται το φως της ηλιακής ακτινοβολίας και όχι τη θερμότητά της.

### 5.4. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών στοιχείων<sup>[56,57,58,59,60]</sup>

Τα κυριότερα ημιαγωγικά στοιχεία του περιοδικού πίνακα είναι το Γερμάνιο (Ge), το Πυρίτιο (Si) και το Σελήνιο (Se). Από αυτά, το πυρίτιο είναι αυτό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στη φύση (25%) μετά το Οξυγόνο (50%) γι αυτό και αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Σε καθεμία από αυτές τις κατηγορίες ποικίλει η απόδοση και το κόστος, ενώ η επιλογή τους καθορίζεται



Εικόνα 40 (Πηγή: [www.eurocharity.gr](http://www.eurocharity.gr))

συναρτήσει των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Οι κατηγορίες είναι:

#### 1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους τα στοιχεία έχουν το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης που κυμαίνεται ανάμεσα σε 15-18%. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτείται η κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, συνεπώς το κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο.

#### 2. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου επανακρυσταλλωμένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Επειδή η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από αυτή των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών, έχουν φθηνότερο κόστος κατασκευής. Αυτού του είδους τα στοιχεία έχουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση της τάξεως από 11% έως 15,5% και αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης.

#### 3. Άμορφου πυριτίου (τεχνολογία λεπτών μεμβρανών)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλη βάση. Ως βάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλία υλικών, από δύσκαμπτα έως ελαστικά, με αποτέλεσμα αυτού του είδους τα στοιχεία να βρίσκουν μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, όμως η απόδοσή του είναι μικρή, περίπου 4,5% έως 6%, παρόλα αυτά είναι ιδανικά σε εφαρμογές που δεν απαιτείται υψηλή απόδοση γιατί έχουν φθινό κόστος κατασκευής.

#### 4. Χαλκοπυριτίου (τεχνολογία λεπτών μεμβρανών)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από χαλκοπυρίτες CIS/CIGS αποτελούνται από χαλκό, ίνδιο, γάλλιο και σελήνιο και εκεί οφείλεται και το όνομά τους (CIGS). Η λεπτή μεμβράνη από χαλκοπυρίτες που τοποθετείται ομοιόμορφα σε κατάλληλη βάση είναι πρασινωπή λόγω του λουτρού που έγινε στη διαδικασία κατασκευής της. Τα λεπτά και εύκαμπτα φωτοβολταϊκά στοιχεία CIGS έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών, χαμηλό κόστος και



Εικόνα 41 (Πηγή: [www.sunnynews.gr](http://www.sunnynews.gr))

τείνουν να φτάσουν την απόδοση των πολυκρυσταλλικών αφού φτάνουν από 6% έως και 12%.

Τα λεπτά λοιπόν υλικά είναι ένας τρόπος να μειωθεί το κόστος κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων και να αυξηθεί η απόδοσή τους. Γι αυτό το λόγο και η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών (thin film) βρίσκεται σε αναπτυσσόμενο στάδιο.

### 5.5. Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων<sup>[8,43,59]</sup>

Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τρεις, τα διασυνδεδεμένα, τα αυτόνομα και τα υβριδικά συστήματα. Ειδικότερα:

#### 1. Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο. Σ' αυτά τα συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Όταν όμως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για την κάλυψη των φορτίων τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι σ' αυτού του είδους τα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται η χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το κόστος της εγκατάστασης και συντήρησης.



Εικόνα 42 (Πηγή: [www.solar-calculator.org](http://www.solar-calculator.org))

#### 2. Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι τα συστήματα όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται μόνο για να τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία. Συνήθως διαθέτουν σύστημα αποθήκευσης (συσσωρευτής) ή συστοιχία αυτών. Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων (χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάροι κλπ).



Εικόνα 43 (Πηγή: [solarenergy.gr](http://solarenergy.gr))

#### 3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυαστούν με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ανεμογεννήτρια, γεννήτρια πετρελαίου), τότε χαρακτηρίζονται ως υβριδικά.

## 5.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[8,43,59]</sup>

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν πλειάδα πλεονεκτημάτων με το μεγαλύτερο από αυτά να είναι η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη. Εξίσου σημαντική είναι η φιλικότητα προς το περιβάλλον αφού έχουν μηδενικούς ρύπους και λειτουργούν αθόρυβα. Τα οικονομικά οφέλη είναι πολλά αφού ο ήλιος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Μπορούν να εγκατασταθούν και σε πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια χωρίς να προσβάλλουν την αισθητική αφού διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών και σχημάτων. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες αφού είναι εύχρηστα. Ένα επίσης σημαντικό πλεονέκτημα είναι η απευθείας



Εικόνα 44 (Πηγή: [www.solarserver.com](http://www.solarserver.com))

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. μερικών δεκάδων W ή mW. Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές οπότε τα κόστη συντήρησης σχεδόν μηδενίζονται. Τα φωτοβολταϊκά έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία, οι εγγυήσεις που δίνονται είναι περισσότερο από 25 χρόνια ζωής με καλή λειτουργία. Τέλος, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδυαστούν με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ακόμα και με συμβατικά συστήματα γεγονός που τα κάνει ευέλικτα.

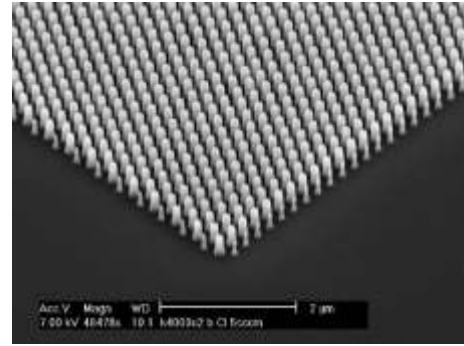
Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να θεωρηθεί το αρχικό κόστος τους, που παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει αρκετά υψηλό. Ωστόσο τα πλεονεκτήματα είναι τόσα πολλά που το κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ προς αυτά.

## 5.7. Τεχνολογικές εξελίξεις<sup>[61]</sup>

Οι έρευνες γύρω από τα φωτοβολταϊκά αυξάνουν ολοένα και περισσότερο με αποτέλεσμα όλο και περισσότερες τεχνολογίες να αναπτύσσονται με στόχο την αύξηση του βαθμού απόδοσης των φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με την οικονομικότητα και την απλότητά τους. Πολλές από αυτές είναι συναρπαστικές ιδέες που έχουν διεγείρει τη φαντασία και έχουν πυροδοτήσει συζητήσεις, όμως έχει αποδειχτεί ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη και αυτό που κατάφεραν είναι να μειώσουν τη συνολική απόδοση των συσκευών αντί να τη βελτιώσουν. Παρακάτω είναι μερικές εξελίξεις που πιστεύεται ότι έχουν σημαντικό αντίκτυπο όσον αφορά την πρακτικότητά τους.

### 5.7.1. Οπτικά μεταύλικά

Οι συστοιχίες φωτοβολταϊκών μπορούν είτε να παρακολουθούν τον ήλιο καθώς κινείται στον ουρανό (έως ένα σημείο) ή να παραμείνουν σταθερές χάνοντας έτσι ένα μέρος της απόδοσής τους καθώς οι οξείες γωνίες πρόσπτωσης, προσπίπτουν σε μικρό μέρος της συσκευής και αυξάνεται σημαντικά η αντανάκλαση. Περίπου το 20% των διαθέσιμων φωτονίων χάνεται καθημερινά σαν αποτέλεσμα της αντανάκλασης.



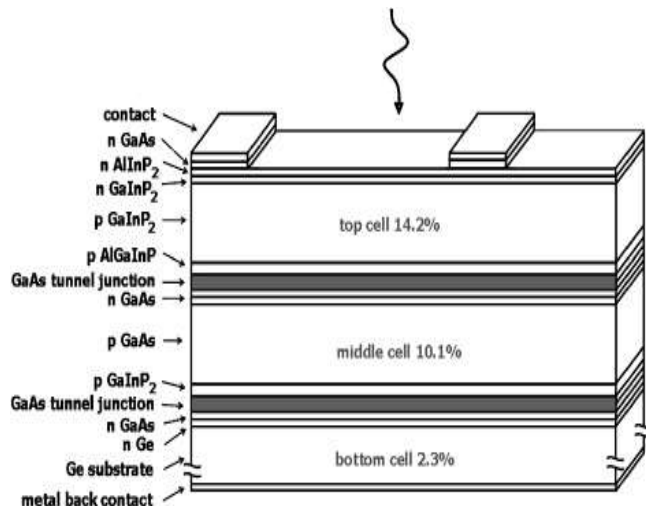
Εικόνα 45 <sup>[61]</sup>

Η εμφάνιση των νανοτεχνολογιών και των οπτικών μεταύλικών αρχίζουν να προσφέρουν λύσεις σ' αυτό το ζήτημα. Σήμερα, ορισμένες κατασκευαστικές χρησιμοποιούν νανοδομημένες γυάλινες επιφάνειες που έχουν αυτό οργάνωση, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των συστημάτων κατά περίπου 10%. Περισσότερο προσεκτικά κατασκευασμένο πυρίτιο νανοδομών, που μιμείται το μάτι της πεταλούδας, υπόσχεται περισσότερες βελτιώσεις αλλά ακόμη είναι πολύ ακριβό για την εφαρμογή του. Παρόλα αυτά, οι νανοτεχνολογίες αποτύπωσης και οι νανοανάλυφες τεχνολογίες αναπτύσσονται γρήγορα και σήμερα είναι δυνατό να υπάρξει τακτική εμπορική χρήση των νανοδομημένων αντανάκλαστικών επιφανειών στο εγγύς μέλλον, ενισχύοντας έτσι τις αποδόσεις του συστήματος περισσότερο από 10%.

Πρόσφατα προέκυψε μια πιθανή προοπτική για ενίσχυση της συλλογής φωτός, αφού αναδείχθηκαν τα πλασμαονικά υλικά ως μια σημαντική τεχνολογία. Τα πλασμαονικά υλικά μπορούν να ενισχύσουν την απορρόφηση ως αποτέλεσμα της παρατεταμένης αλληλεπίδρασης φωτονίων σε μια επιφάνεια της συσκευής ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενδυνάμωση και κατεύθυνση των σκεδασμένων και άμεσων φωτονίων σε λεπτά στρώματα απορρόφησης. Τα πλασμαονικά υλικά μπορούν να προσφέρουν μια βελτίωση της απόδοσης της τάξεως του 5 με 10%.

### 5.7.2. Πολυεπαφικές διατάξεις

Οι πολυεπαφικές διατάξεις συσσωρεύουν διαφορετικά ηλιακά κύτταρα με πολλαπλά ενεργειακά διάκενα συντονισμένα έτσι ώστε να αξιοποιήσουν όλο το φάσμα. Το φως είναι το πρώτο προσπίπτων σε ένα ευρύ ενεργειακό διάκενο της συσκευής, που μπορεί να παράγει μια σχετικά υψηλή τάση και ως εκ τούτου να



Εικόνα 46 <sup>[61]</sup>

κάνει καλύτερη χρήση της υψηλής ενέργειας φωτόνια, έπειτα τα χαμηλής ενέργειας φωτόνια περνούν μέσα από στενό ενεργειακό διάκενο υποσυσκευών τα οποία απορροφούν τα μεταδιδόμενα φωτόνια IR. Οι μέγιστες αποδόσεις 55,9%, 63,8% και 68,8% είναι αυτές που προβλέφθηκαν για δύο, τρεις και τέσσερις επαφικές διατάξεις. Όμως το κόστος κλιμακώνεται καθώς η κατασκευή γίνεται όλο και πιο πολύπλοκη λόγω των αυξανόμενων επαφών και κυττάρων.

Οι παράλληλες συσκευές είναι οι περισσότερο προηγμένες πολυεπαφικές διατάξεις και υπάρχουν πολλά παραδείγματα συνδυασμού 1G και 2G συσκευών για παραγωγή 3G συσκευών. Είναι η υψηλότερης απόδοσης συσκευές αλλά είναι τόσο ακριβές που μπορούν να εφαρμοστούν σε διαστημικές εφαρμογές ή σε συγκεντρωτές. Η περισσότερο οικονομικά αποδοτική πολυεπαφική διάταξη είναι συσκευές που συνδυάζουν το πολυπυρίτιο και τις λεπτές μεμβράνες άμορφου πυριτίου. Αυτές οι συσκευές είναι σχετικά φθηνές για την αποδοτικότητά τους αλλά δεν αντικατοπτρίζουν όλες τις δυνατότητες μιας πολυεπαφικής διάταξης.

### 5.7.3. Φασματική μετατροπή

Ένας μεγάλος αριθμός από 3G συσκευές κάνουν χρήση των επιφανειακών στρωμάτων και δομών για τη μετατροπή του ηλιακού φάσματος σε φασματική κατανομή που είναι περισσότερο χρήσιμα για την υποκείμενη συσκευή. Προφανώς κάποιος θα ήθελε να χρησιμοποιήσει μη γραμμική οπτική (NLO) για να παράγει ενεργειακού διακένου φωτόνια από χαμηλής ενέργειας φωτόνια (άνω μετατροπή). Η αντιστροφή αυτού του τύπου της διαδικασίας μπορεί να παράγει ενεργειακού διάκενου φωτόνια μικρού μήκους κύματος σε υψηλού (κάτω μετατροπή). Αυτά τα συστήματα έχουν ερευνηθεί θεωρητικά και έχει προβλεφθεί ότι η αποδοτικότητα τέτοιων συσκευών φτάνει μέχρι και 63% για άνω μετατροπή και 40% για κάτω μετατροπή.

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα για φασματική μετατροπή είναι αυτά που βασίζονται σε κβαντικές τελείες, σε νοθευμένες σπάνιες γαίες και σε χρωστικές φωταύγειας. Σε κάθε περίπτωση ένα οπτικό στρώμα επάνω από τη συσκευή σχεδιάζεται για να απορροφήσει ένα σετ φωτονίων και έπειτα να εκπέμψει ένα σετ πιο κατάλληλων φωτονίων. Οι γενικές δυσκολίες που σχετίζονται με αυτές τις διαδικασίες είναι η ανάγκη για απορρόφηση ευρείας ζώνης μηκών κύματος και 100% αποδοτικότητα στις φασματικές περιοχές κοντά στο όριο ζώνης.

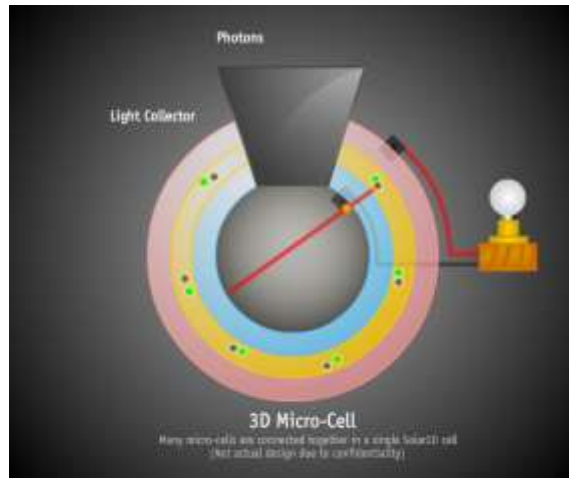
Η φασματική μετατροπή θα είναι πάντοτε ένα δύσκολο ζήτημα και φαίνεται απίθανο να δημιουργηθούν υψηλής αποδοτικότητας συσκευές.



#### 5.7.4. Τεχνολογία 3D<sup>[62,63,64]</sup>

Η εταιρία Solar3D, Inc.. αναπτύσσει μια σημαντική ανακάλυψη για τη μεγιστοποίηση της μετατροπής του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, τα τριών διαστάσεων ηλιακά κύτταρα.

Πάνω από το 30% του κατευθυνόμενου ηλιακού φωτός αντανακλάται από την επιφάνεια των συμβατικών ηλιακών κυττάρων και αρκετό χάνεται στο εσωτερικό των υλικών των ηλιακών κυψελών. Εμπνευσμένοι από τις τεχνικές διαχείρισης φωτός που χρησιμοποιούνται σε συσκευές οπτικών ινών, το πρωτοποριακό ηλιακό αυτό κύτταρο χρησιμοποιεί ένα τριών διαστάσεων σχέδιο για να εγκλωβίσει το φως του ήλιου μέσα στη δομή του φωτοβολταϊκού, όπου τα φωτόνια αναπηδούν μέχρι να μετατραπούν σε ηλεκτρόνια. Ένα καινοτόμο ευρείας γωνίας συλλογής φωτός χαρακτηριστικό στην επιφάνεια του κυττάρου επιτρέπει τη συλλογή του φωτός του ήλιου με ένα εύρος γωνιών κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό το ηλιακό κύτταρο νέας γενιάς είναι 200% πιο αποδοτικό από τα συμβατικά και γίνονται προσπάθειες για μείωση του κόστους ούτως ώστε να γίνει η τελική κατασκευή του και η διάθεση στο κοινό.



Εικόνα 47 (Πηγή: [thinkprogress.org](http://thinkprogress.org))

Μέχρι τώρα πολύ λίγη προσοχή έχει δοθεί στον καλύτερο τρόπο τακτοποίησης των ηλιακών κυττάρων στις επιφάνειες. Μια ομάδα ερευνητών του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης (MIT), δοκίμασαν μια νέα προσέγγιση: να χτίσουν κύβους ή πύργους που επεκτείνουν τα ηλιακά κύτταρα προς τα πάνω σε τρισδιάστατες διαμορφώσεις. Τα αποτελέσματα από τις δομές έδειξαν ότι η ισχύς εξόδου κυμαίνεται από διπλάσια μέχρι είκοσι φορές

μεγαλύτερη από αυτή των σταθερών επιπέδων φωτοβολταϊκών με την ίδια βασική έκταση. Ο βασικός λόγος βελτίωσης της ισχύς εξόδου είναι ότι κάθετες επιφάνειες των τρισδιάστατων διαμορφώσεων μπορούν να συλλέξουν περισσότερο φως τα



Εικόνα 48 (Πηγή: [www.engadget.com](http://www.engadget.com))

πρωϊνά, τα απογεύματα και το χειμώνα, όταν δηλαδή ο ήλιος

είναι πιο κοντά στον ορίζοντα. Οι μεγαλύτερες ωθήσεις σε ισχύ φάνηκαν σε καταστάσεις όπου χρειάζονται περισσότερο οι βελτιώσεις όπως σε τοποθεσίες μακριά από τον ισημερινό, σε χειμερινούς μήνες και σε συνεφιασμένες μέρες.

Μπορεί πολλές από αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις να είναι ακόμη μακριά από τον καταναλωτή, όμως με συνεχείς βελτιώσεις στις διαδικασίες κατασκευής θα μπορούν να προσβλέπουν σε ένα μέλλον.

## 6. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ - ΜΙΚΡΟΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ

### 6.1. Ηλεκτροπαραγωγή με ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας

#### 6.1.1. Γενικά στοιχεία<sup>[65,71]</sup>

Η εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα (ανεμόμυλοι, ιστιοφόρα) και σήμερα η αξιοποίησή της γίνεται μέσω των ανεμογεννητριών.

Οι ανεμογεννήτριες εκμεταλλεύόμενες την αιολική ενέργεια παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Ο τρόπος που πραγματοποιείται αυτή τη μετατροπή είναι μέσω δύο σταδίων, από κινητική ενέργεια του ανέμου σε κινητική ενέργεια της περωτής και από κινητική ενέργεια της περωτής σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 49 (Πηγή: [www.4myhouse.gr](http://www.4myhouse.gr))

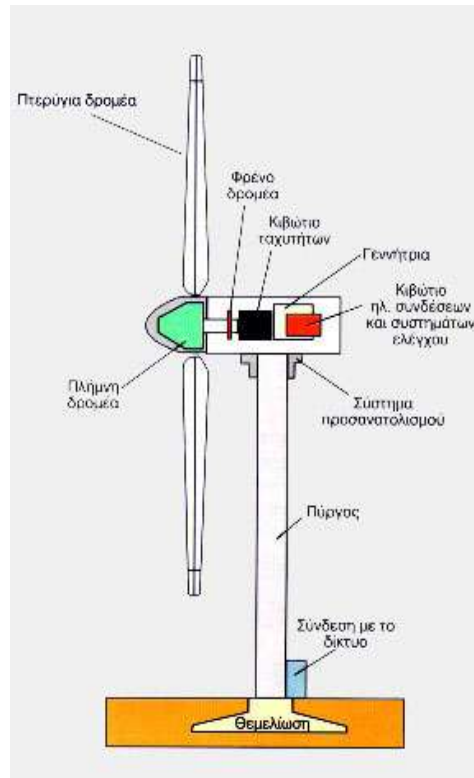
Εκτός από τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαθίστανται και οι μικρές ανεμογεννήτριες για εφαρμογές μικρής κλίμακας, κυρίως για την ικανοποίηση των οικιακών καταναλώσεων.

#### 6.1.2. Στοιχεία διάταξης<sup>[8]</sup>

Οι μικρές ανεμογεννήτριες αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη:

1. Δρομέας, ο οποίος αποτελείται από δύο ή τρία περύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα περύγια προσδένονται πάνω σε μία πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονά τους, μεταβάλλοντας το βήμα.
2. Σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανά του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

3. Ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία μπορεί να είναι σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους και η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Η γεννήτρια μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.
4. Σύστημα προσανατολισμού, το οποίο αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
5. Πύργος, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.
6. Ηλεκτρολογικός πίνακας και πίνακας ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.
7. Πόρτα, για να γίνεται η πρόσβαση των χειριστών οι οποίοι ανεβαίνουν από σκάλες μέσα στον πυλώνα.

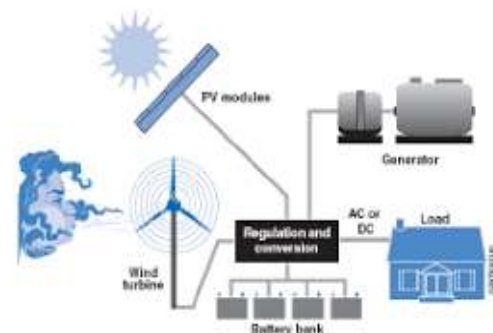


Σχήμα 6.1.2. 1 [8]

Είναι απαραίτητη η ύπαρξη θεμελίου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

### 6.1.3. Τρόπος λειτουργίας<sup>[66,67]</sup>

Η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών βασίζεται στην αεροδυναμική. Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και κατασκευασμένα ώστε να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο την αιολική ενέργεια. Τα πτερύγια είναι έτσι λοιπόν σχεδιασμένα για να «αποφεύγουν» τα ρεύματα του αέρα και η αποφυγή αυτή είναι και ο λόγος που κινούνται τα πτερύγια διαγράφοντας κυκλική τροχιά.



Εικόνα 50 (Πηγή: [www.windipedia.info](http://www.windipedia.info))

Μέσω μιας γεννήτριας η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αυτή καταλήγει στο δίκτυο. Η γεννήτρια διακρίνεται σε 2 κατηγορίες:

- Ασύγχρονη, όπου απαιτείται μετατροπείας της συχνότητας της παραγόμενης ισχύος σε αυτή του δικτύου. Είναι απλούστερη κατασκευή αλλά απαιτείται μετατροπείας.
- Σύγχρονη, όπου η συχνότητα παραγόμενης ισχύος είναι ίδια με αυτή του δικτύου. Είναι πιο πολύπλοκη κατασκευή αλλά δεν απαιτείται μετατροπείας.

Άλλοι παράμετροι σχεδιασμού των πτερυγίων εκτός από τη μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι να έχουν αθόρυβη λειτουργία, να έχουν αντοχή στο χρόνο αλλά και στους δυνατούς ανέμους και τέλος να έχουν καλό αισθητικό αποτέλεσμα.

Να σημειωθεί ότι το φρενάρισμα της ανεμογεννήτριας γίνεται μέσω των πτερυγίων. Αρκετοί κατασκευαστές έχουν στις ανεμογεννήτριές τους πτερύγια που έχουν κάποια κινητά μέρη. Σε περίπτωση λοιπόν πολύ ισχυρών ανέμων, τα πτερύγια αλλάζουν κλίση «κόντρα» στον άνεμο ή τα ακροπτερύγια καθετοποιούνται έναντι των ρευμάτων αέρα με αποτέλεσμα να μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής. Από τα αισθητήρια της ατράκτου δίνεται η εντολή στην άτρακτο να περιστραφεί σταδιακά, ούτως ώστε να αποφυγει την άμεση καταπόνηση από τον άνεμο.

#### 6.1.4. Είδη μικρών ανεμογεννητριών<sup>[66]</sup>

Αρχικά οι μικρές ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτές που βρίσκονται σε ιστό, δηλαδή αυτές που τοποθετούνται κοντά στο κτίριο που θα χρησιμοποιηθεί η παραγόμενη ενέργεια και σε αυτές που βρίσκονται στη στέγη του κτιρίου που θα χρησιμοποιηθεί η παραγόμενη ενέργεια ή ακόμη και σε στέγες άλλων κτιρίων. Να σημειωθεί ότι τα μεγαλύτερα συστήματα ανεμογεννητριών των 2,5 kW έως 6 kW συνήθως τοποθετούνται σε ιστό.

Γενικά οι ανεμογεννήτριες, άρα και οι ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Κάθετου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα χαρακτηρίζονται ως ανεμογεννήτριες για αστικό περιβάλλον. Δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις αυξημένες διαταραχές του ανέμου (τύρβη) και είναι λιγότερο θορυβώδεις σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα. Έχουν χαμηλότερη απόδοση



Εικόνα 51 (Πηγή: [www.tovima.gr](http://www.tovima.gr))

σε σύγκριση με τις οριζοντίου άξονα και η διαθεσιμότητά τους με ισχύ άνω των 10 kW είναι περιορισμένη.

- Οριζοντίου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν μεγάλο μερίδιο στην αγορά των μικρών γεννητριών. Προτείνονται για εγκαταστάσεις εκτός



αλλά και εντός αστικών περιοχών. Είναι πιο θορυβώδεις σε σχέση με τις κάθετου άξονα αλλά έχουν μεγάλο εύρος επιλογής ισχύος ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Εικόνα 52 (πηγή: [www.renewablepowernews.com](http://www.renewablepowernews.com))

### 6.1.5. Τύποι συστημάτων με ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας<sup>[68]</sup>

Οι τύποι των συστημάτων μικρών ανεμογεννητριών είναι δύο: οι αυτόνομες μονάδες και οι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο.

- Αυτόνομα συστήματα. Οι μικρές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν μόνο τα ηλεκτρικά φορτία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της φόρτισης μπαταριών, οι οποίες με τη σειρά τους τροφοδοτούν μικρές ηλεκτρικές εφαρμογές. Τέτοιες ανάγκες υπάρχουν σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά εφικτή η



Εικόνα 53 (Πηγή: [www.allwindenergy.com](http://www.allwindenergy.com))

σύνδεση με το δίκτυο. Οι ηλεκτρικοί φράχτες, μικρές αντλίας, φωτισμός, συστήματα ασφαλείας, είναι τυπικές εφαρμογές.

- Διασυνδεδεμένα συστήματα. Οι μικρές ανεμογεννήτριες συνδέονται με το υπάρχον δίκτυο. Η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια οικιακής χρήσης μπορεί να μειώσει την ανάγκη για αγορά ηλεκτρισμού από το τοπικό δίκτυο. Η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας, της οποίας η αγορά αποφεύγεται, είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να αποκτηθεί μέσω της πωλήσεως της ενέργειας στο δίκτυο. Η διασύνδεση με το δίκτυο πρέπει να πληροί υψηλές τεχνικές προδιαγραφές και γι αυτό το κόστος ενσωμάτωσης είναι υψηλό.

### 6.1.6. Χαρακτηριστικά μεγέθη ανεμογεννητριών οικιακής χρήσης<sup>[67]</sup>

Η ισχύς μιας οικιακής ανεμογεννήτριας τυπικά κυμαίνεται από 500W μέχρι 10kW. Κάποιες ενδεικτικές τιμές για μερικά από τα χαρακτηριστικά μεγέθη ανεμογεννητριών δίδονται παρακάτω:

- Ενδεικτική μέση διάμετρος πτερωτής για ανεμογεννήτρια ισχύος 10 kW, 8 μέτρα
- Ενδεικτικό μέσο ύψος πύργου για ανεμογεννήτρια 10 kW, 10 μέτρα
- Ενδεικτική μέση ετήσια παραγωγή για μέση ταχύτητα ανέμου 7m/s, 30000kWh.

Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι για την κατηγοριοποίηση των μικρών ανεμογεννητριών είναι:

- η επιφάνεια σάρωσης του στροφείου (rotor swept area)
- η διάμετρος του στροφείου (rotor diameter)
- η ονομαστική ισχύς λειτουργίας

Η κατηγοριοποίηση των μικρών ανεμογεννητριών με τη βοήθεια των παραπάνω παραμέτρων σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61400-2 δίνεται στον Πίνακα 6.1.6.1.

	Micro	Πολύ Μικρές	Μικρές
Επιφάνεια σάρωσης	$A \leq 3,5m^2$	$3,5m^2 < A \leq 40m^2$	$40m^2 < A \leq 200m^2$
Διάμετρος Στροφείου	$D \leq 2,1m$	$2,1m < D \leq 7m$	$7m < D \leq 16m$
Ονομαστική Ισχύς	$P \leq 1kW$	$1kW < P \leq 10kW$	$10kW < P \leq 75kW$

Πίνακας 6.1.6.1. (Πηγή: [www.tovima.gr](http://www.tovima.gr))

### 6.1.7. Τοποθέτηση μικρών ανεμογεννητριών<sup>[68]</sup>

Για την τοποθέτηση μιας μικρής ανεμογεννήτριας πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω θέματα:

- Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος, οπότε είναι καλύτερο η ανεμογεννήτρια να τοποθετείται ψηλά στον ιστό ή στη στέγη του κτιρίου.



Εικόνα 54 (Πηγή: [www.cypriotblogs.com](http://www.cypriotblogs.com))

- Η ιδανική τοποθεσία για εγκατάσταση ανεμογεννήτριας είναι επίπεδο έδαφος, σε μικρό υψόμετρο (π.χ. λόφος), με καθαρό προσανατολισμό, χωρίς υπερβολικούς στροβιλισμούς, χωρίς εμπόδια όπως μεγάλα δέντρα και κτίρια.

Είναι πλέον κατανοητό ότι η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια εξαρτάται από την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Έτσι πριν την τοποθέτησή της πρέπει να ληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψη. Ιδανικό θα ήταν να ζητηθούν ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής πριν την εγκατάστασή της, κάτι όμως που είναι δύσκολο, ακριβό και χρονοβόρο. Γι αυτό, πριν κάποιος προχωρήσει στην εγκατάσταση μιας οικιακής ανεμογεννήτριας συνίσταται να προχωρήσει αν υπάρχουν οι παρακάτω συνθήκες:

1. Ο τοπικός ετήσιος μέσος όρος ταχύτητας του ανέμου να είναι 6m/s ή και περισσότερο
2. Να μην υπάρχουν σημαντικά γειτονικά εμπόδια όπως κτίρια, δέντρα ή λόφοι, τα οποία είναι πιθανό να μειώσουν την ταχύτητα του ανέμου ή να δημιουργήσουν στροβιλισμούς.

Θα πρέπει τέλος, να εξετασθούν θέματα οπτικής όχλησης, θορύβου και συντήρησης.

Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί άδεια από τις τοπικές αρχές, άρα είναι φρόνιμο τα παραπάνω θέματα να έχουν λυθεί πριν την αίτηση για άδεια.

#### 6.1.8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[69,70,71]</sup>

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις καθαρές μορφές ενέργειας και σήμερα είναι μια τεχνολογικά ώριμη και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης μικρών ανεμογεννητριών είναι:



Εικόνα 55 (Πηγή: [www.buildnet.gr](http://www.buildnet.gr))

- Η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Οι ανεμογεννήτριες όχι μόνο δε ρυπαίνουν το περιβάλλον αλλά και συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αυτό γιατί με τη λειτουργία τους αποφεύγεται η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Ο άνεμος είναι μια πηγή ανεξάντλητη, αποκεντρωμένη και δωρεάν.
- Η αξιοπιστία τους και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και την συντήρηση
- Ενισχύεται η ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης μπορούν να συνεχίσουν να εξασκούνται χωρίς εμπόδια.



- Οικονομικά ωφέλιμες αφού σχεδόν εκμηδενίζεται η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα οι ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας έχουν κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης. Η έρευνα που πρέπει να πραγματοποιηθεί, καθώς και η αγορά του εξοπλισμού έχουν υψηλό κόστος.
- Υψηλό κόστος συντήρησης, αφού οι ανεμογεννήτριες έχουν πολλά κινούμενα μέρη.
- Μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών γι αυτό και απαιτείται μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων πριν την εγκατάστασή της (Μ.Π.Ε).
- Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να προκαλέσει άσχημη οπτική εντύπωση.
- Παρουσιάζει διακυμάνσεις ως προς την απόδοση ισχύος αφού η ένταση του ανέμου μεταβάλλεται συνεχώς.
- Σε περιπτώσεις διασυνδεδεμένου συστήματος συνήθως απαιτείται η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Αντίστοιχα σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας.

Τέλος, υπάρχει ένας προβληματισμός όσον αφορά το θόρυβο που μπορεί να παράγουν οι ανεμογεννήτριες. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αισθητά αθόρυβες. Το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 4 μέτρων από μια ανεμογεννήτρια είναι 50-60db, που είναι αντίστοιχο με την ένταση μιας συζήτησης.



Εικόνα 56 (Πηγή: [www.windpowerninja.com](http://www.windpowerninja.com))

### 6.1.9. Νέες τεχνολογίες

Συνεχείς έρευνες πραγματοποιούνται για τη βελτίωση της απόδοσης των ανεμογεννητριών καθώς και για την αποφυγή παραγωγής θορύβου και τραυματισμού πουλιών. Παρακάτω θα αναφερθούν μερικές από αυτές.

#### 6.1.9.1. Σφαιρική ανεμογεννήτρια μικρής κλίμακας<sup>[72]</sup>

Η σουηδική εταιρία Home Energy αποκάλυψε έναν πρωτοποριακό σχεδιασμό ανεμογεννήτριας, η οποία περιστρέφεται με σφαιρικό τρόπο. Αυτή η όμορφη επανεξέταση του σχεδιασμού της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιεί την αρχή του Venturi, η οποία συγκεντρώνει τον άνεμο εντός των πτερυγίων. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες σήμερα χρησιμοποιούν τρία επίπεδα πτερύγια. Η «ενεργειακή μπάλα», όπως την καλούν, έχει 6 πτερύγια.



Εικόνα 57 (Πηγή: inhabitat.com)

Το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερη απόδοση και χαμηλότερα επίπεδα θορύβου κάνοντας τη σφαιρική αυτή ανεμογεννήτρια ιδανική για μικρής κλίμακας ενεργειακές ανάγκες όπως αυτές μιας κατοικίας. Τέλος, να αναφερθεί ότι η σφαιρική ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται ανέμους ακόμα και πολύ μικρών ταχυτήτων.

#### 6.1.9.2. Ανεμογεννήτρια χωρίς λεπίδες – The Saphonian<sup>[73]</sup>

Μερικά προβλήματα όπως αυτό του θορύβου και του θανάτου πουλιών σχετίζονται με την περιστροφή των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας. Η εταιρία Saphon Energy ισχυρίζεται ότι έχει λύσει όλα τα παραπάνω προβλήματα αφού στον καινοτομικό σχεδιασμό της ανεμογεννήτριάς τους δεν υπάρχουν πτερύγια. Η ανεμογεννήτρια στηρίζεται σε μια μη περιστροφική παλινδρομική κίνηση ακολουθώντας διαδρομή κόμβου και έτσι μετατρέπει την προσπίπτουσα κινητική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Εμπνευσμένη από τα πανιά των ιστιοφόρων, αφού τα πτερύγια αντικαθίστανται από ένα πανί σαν αυτό των ιστιοφόρων ενώ πλήμνη και κιβώτιο ταχυτήτων αφαιρούνται, η Saphonian φαίνεται να είναι 2,3 φορές πιο αποδοτική και κοστίζει 45% λιγότερο για να κατασκευαστεί. Η εταιρία αναζητά συνεταιίρους για να κατασκευάσει την Saphonian και να είναι διαθέσιμη στην αγορά.



Εικόνα 58 (Πηγή: media.treehugger.com)

### 6.1.9.3. Ανεμογεννήτρια Ηρακλής<sup>[73]</sup>

Μια όμορφη αισθητικά ανεμογεννήτρια είναι η ανεμογεννήτρια Ηρακλής. Η ιταλική εταιρία Enessere, κατασκεύασε μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα η οποία εκμεταλλεύεται τον άνεμο που έρχεται από οποιαδήποτε κατεύθυνση, ούτως ώστε να μη χρειάζεται αναπροσανατολισμό για να προσαρμοστεί στις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες. Καθένα από τα τρία ξύλινα πτερύγια που έχει η ανεμογεννήτρια έχει τρία μέτρα ύψος και ζυγίζει 7 κιλά. Ο Ηρακλής δημιουργεί 3kW, μόλις ένα κλάσμα της παραγωγής στην έξοδα μια μεγάλης ανεμογεννήτριας. Όμως, η σχεδίαση της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας εστιάζεται στην αισθητική και γι αυτό δεν κατασκευάστηκε για εμπορικές εφαρμογές, αλλά γι αυτούς που θέλουν να χρησιμοποιήσουν αιολική ενέργεια μη χάνοντας το αισθητικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 59 (Πηγή: [www.treehugger.com](http://www.treehugger.com))

### 6.1.9.4. Ανεμογεννήτρια Quietrevolution<sup>[74]</sup>

Η Quietrevolution είναι μια μάρκα κάθετου άξονα ανεμογεννήτριας. Τα πτερύγια είναι κάθετα και σχεδιασμένα αεροδυναμικά, έχοντας καθένα από αυτά μια συστροφή 120°. Αυτό το χαρακτηριστικό διαδίδει τη ροπή ομοιόμορφα σε όλη την κατασκευή, αποτρέποντας έτσι τους καταστροφικούς παλμούς που θα είχε μια συμβατική ανεμογεννήτρια με ευθεία πτερύγια. Ο άνεμος σπρώχνει κάθε πτερύγιο γύρω από την προσήνεμη αλλά και την υπήνεμη πλευρά. Η ανεμογεννήτρια που παράγει 6 kW έχει ύψος 5 μέτρων και διάμετρο 3 μέτρων. Υπό ανάπτυξη είναι αντίστοιχο μοντέλο ανεμογεννήτριας με παραγωγή 2,5 kW. Αυτού του τύπου οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν σε χαμηλής ταχύτητας ανέμους και σε μεταβαλλόμενες διευθύνσεις του ανέμου. Έτσι η απόδοσή τους είναι υψηλή. Έχουν ένα κινούμενο μέλος άρα το κόστος συντήρησης είναι μικρότερο (περίπου κάθε χρόνο). Τέλος, μειώνεται αισθητά ο θόρυβος και είναι εύκολη στην εγκατάσταση.



Εικόνα 60 (Πηγή: [www.wind-energy-market.com](http://www.wind-energy-market.com))

### 6.1.9.5. Ανεμογεννήτρια δέντρο<sup>[75,76]</sup>

Πρόκειται για μια μικρή ανεμογεννήτρια με τη μορφή δέντρου η οποία αξιοποιεί κάθε είδους άνεμο, ακόμη και το ωστικό κύμα που παράγεται από την κίνηση των αυτοκινήτων. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δε δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα αφού ο θόρυβος είναι σχεδόν μηδενικός και δεν υπάρχει κίνδυνος για τα πουλιά λόγω του μικρού όγκου πτερυγίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο σε σχέση με αυτό των συμβατικών ανεμογεννητριών αφού για

ένα αιολικό πάρκο δέντρων απαιτείται 20% της επιφάνειας που χρειάζεται ένα αιολικό πάρκο ίδιας ισχύος συμβατικών ανεμογεννητριών. Με ύψος που ξεκινά από τα τρία μέτρα και όψη που μοιάζει με δέντρο, η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια περιστρέφεται σε άξονα κάθετο προς το έδαφος. Αυτός είναι και ο λόγος που μπορεί να χρησιμοποιεί ανέμους οποιασδήποτε κατεύθυνσης, στροβιλισμούς, ανερχόμενα και κατερχόμενα ρεύματα ακόμα και αυτά που δημιουργούνται από την κυκλοφορία των οχημάτων.



Εικόνα 61 (Πηγή: [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr))

Αποτελεί ευρεσιτεχνία του Έλληνα επιχειρηματία και ηλεκτρολόγου μηχανικού Λ.Κόντου και υπόσχεται κατάργηση της ΔΕΗ σε κατοικίες, επιχειρήσεις και δημόσια κτίρια, απόσβεση του κόστους αγοράς σε τρία χρόνια και κέρδη από την πώληση του επιπλέον ρεύματος στην συνέχεια. Αιολικά δέντρα έχουν ήδη ‘φυτευτεί’ σε σπίτια, ξενοδοχεία, βιομηχανικές μονάδες, οικόπεδα. Σύμφωνα με τα λεγόμενα του κ. Κόντου, η παραγωγή ενέργειας από την ανεμογεννήτρια δέντρο μπορεί να είναι έως και πέντε φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά.

## 6.2. Μικροσυμπαγωγή

### 6.2.1. Γενικά στοιχεία<sup>[77,78]</sup>

Η συμπαγωγή είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ή/και μηχανικής ενέργειας και οικονομικά αξιοποιήσιμης θερμικής/ψυκτικής ενέργειας από την ίδια αρχική ενεργειακή πηγή.



Εικόνα 62 (Πηγή: [www.enforce-eeen.eu](http://www.enforce-eeen.eu))

Σε ένα συμβατικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού η παραγόμενη θερμότητα (καυσαέρια) αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα, ενώ σε ένα σύστημα συμπαγωγής μετατρέπεται σε μεγάλο βαθμό σε χρήσιμη ενέργεια (π.χ. ατμός) ανεβάζοντας έτσι τον συνολικό συντελεστή απόδοσης του συστήματος. Για να μπορέσει μια μονάδα συμπαγωγής να συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας, είναι απαραίτητη η πλήρης απορρόφηση της παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας είτε άμεσα από τους χρήστες του συστήματος, είτε μέσω της διάθεσης του όποιου πλεονάσματος σε δίκτυα κοινής ωφέλειας. Για μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους κτίρια κατοικιών υπάρχουν συστήματα συμπαγωγής μικρής ισχύος (**μικρο-συμπαγωγή**) που

λειτουργούν με φυσικό αέριο ή πετρέλαιο. Με τον όρο μικρο-συμπαγωγή εννοούμε τη συμπαγωγή μικρής και πολύ μικρής κλίμακας (50kW<sub>el</sub>-1MW<sub>el</sub>).

### 6.2.2. Στοιχεία διάταξης<sup>[79,80,81]</sup>

Ένα σύστημα συμπαγωγής αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Τον κινητήρα, ο οποίος μπορεί να είναι αμοστρόβιλος, αεριοστρόβιλος, παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης, συνδυασμένος κύκλος, κυψέλες καυσίμου, μηχανή Stirling ή micro-turbine. Ο κινητήρας κινεί τη γεννήτρια.
2. Τη γεννήτρια, η οποία μπορεί να είναι σύγχρονη, ασύγχρονη ή αυτοδιεγειρόμενη ασύγχρονη. Αυτή είναι που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.
3. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας, το οποίο ανακτά την απορριπτόμενη θερμότητα από τα ρευστά που έχουν σχέση με τη λειτουργία της μηχανής (με εναλλάκτες ανάκτησης θερμότητας) και από τα καυσαέρια (με λέβητας ανάκτησης θερμότητας που αποκαλείται λέβητας καυσαερίων).
4. Το σύστημα ελέγχου, το οποίο διασφαλίζει την ασφαλή και ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος.

Τα σημερινά συστήματα μικρο-συμπαγωγής περιλαμβάνουν έναν κινητήρα για την οδήγηση της γεννήτριας που είναι στις περισσότερες περιπτώσεις Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) με καύσιμο φυσικό αέριο. Φυσικά και είναι δυνατή η χρήση μηχανών diesel όπου δε φτάνουν τα δίκτυα φυσικού αερίου και ταυτόχρονα είναι εξασφαλισμένη η οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής μηχανικής ισχύος περιλαμβάνουν και μηχανές Stirling, μικροστρόβιλους και τον οργανικό κύκλο Rankine. Στην περίπτωση των ΜΕΚ και των μικροστρόβιλων, ο δρομέας της στρεφόμενης γεννήτριας βρίσκεται στην προέκταση του άξονα της μηχανής, ενώ για την εξυπηρέτηση των θερμικών ή/και ψυκτικών φορτίων αξιοποιούνται το υγρό του συστήματος ψύξης και η θερμότητα των καυσαερίων. Σ' αυτά πρέπει να προστεθεί και η εναλλακτική των κυψελών καυσίμου, τα οποία μετατρέπουν χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική χωρίς να μεσολαβήσει καύση και ταυτόχρονα εκλύουν θερμότητα ως παραπροϊόν.



Σχήμα 6.2.2.1.<sup>[81]</sup>

### 6.2.3. Τρόπος λειτουργίας<sup>[68,81,82,83]</sup>

Οι κυριότεροι τρόποι λειτουργίας ενός συστήματος συμπαραγωγής βασίζονται στον τρόπο ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος σε κάθε χρονική στιγμή. Αυτοί είναι:

- *Παραγωγή θερμότητας ίσης με το θερμικό φορτίο.* Εάν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια περισσότερη από το φορτίο, η περίσσεια πωλείται στο εθνικό δίκτυο. Εάν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μικρότερη από το φορτίο, το έλλειμμα συμπληρώνεται από το δίκτυο.
- *Παραγωγή ηλεκτρισμού ίσου με το ηλεκτρικό φορτίο.* Τοποθετείται λέβητας για τις πρόσθετες ανάγκες σε θερμότητα. Επίσης, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ψυγείων ικανών να αποβάλλουν την περίσσεια θερμότητα αν προκύψει ανάγκη.
- *Μικτός τρόπος.* Παρακολουθείται άλλοτε το θερμικό φορτίο (τρόπος α΄) και άλλοτε το ηλεκτρικό (β΄ τρόπος)
- *Πλήρης κάλυψη του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου κάθε στιγμή χωρίς τη σύνδεση με το δίκτυο.* Αυτός ο τρόπος λειτουργίας απαιτεί επαρκή εφεδρεία ισχύος και επομένως περίπλοκο σύστημα συμπαραγωγής. Αποτελεί μια από τις πιο ακριβές λύσεις, τουλάχιστον από πλευράς αρχικού κόστους.

Τα μικρής κλίμακας συστήματα συμπαραγωγής εγκαθίστανται όπως ακριβώς και ένας σύγχρονος λέβητας. Τοποθετούνται σε κουζίνες ή σε υπόγεια μέσα σε δοχεία που μοιάζουν με καταψύκτη, με το ίδιο επίπεδο θορύβου και τον ίδιο όγκο. Η συντήρησή τους είναι απλή (π.χ. ένα σύστημα μικροσυμπαραγωγής γνωστής εταιρίας χρειάζεται συντήρηση κάθε 3500 ώρες λειτουργίας).

Και τα συστήματα μικρο-συμπαραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες που πρέπει να καλύψουν λειτουργούν με διαφορετικούς τρόπους οι οποίοι είναι:

- *Κύρια λειτουργία η παραγωγή θερμότητας.* Η ελεγχόμενη μεταβλητή για τη λειτουργία του συστήματος, σε αυτή την περίπτωση είναι οι απαιτήσεις σε θέρμανση. Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός θεωρείται παραπροϊόν της διαδικασίας και προορίζεται είτε κάλυψη των φορτίων είτε για τροφοδότηση του δικτύου. Τα μικρής κλίμακας συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να ενισχύονται από επιπρόσθετους λέβητες με σκοπό την κάλυψη της απαιτούμενης θερμότητας.
- *Κύρια λειτουργία η παραγωγή ηλεκτρισμού.* Η ελεγχόμενη μεταβλητή σε αυτή την περίπτωση είναι οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια. Η λειτουργία τους μπορεί να γίνεται:
  - i. *Παράλληλα με το ηλεκτρικό δίκτυο.* Τα συστήματα μικροσυμπαραγωγής προμηθεύουν τους καταναλωτές ενέργεια μέχρι να φτάσουν στη μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενώ οι υπόλοιπες ανάγκες καλύπτονται από το δίκτυο.

- ii. *Ανεξάρτητα.* Η κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών γίνεται πολύ συχνά σε συνδυασμό με συστοιχία μπαταριών.
- iii. *Εφεδρικά.* Η θερμική ενέργεια η οποία παράγεται ταυτόχρονα από συστήματα μικροσυμπαγωγής θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν καλύτερα σε κατάλληλες δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας ή άλλες μονάδες αποθήκευσης.
- *Κύρια λειτουργία η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.* Είναι πιθανή η εφαρμογή συνδυασμένων τρόπων λειτουργίας, όπως για παράδειγμα:
  - i. Κίνηση με θερμότητα, λαμβάνοντας υπόψη την αιχμή του φορτίου.
  - ii. Μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια και/ή ζήτηση σε θερμότητα.
  - iii. Ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια και/ή ζήτηση σε θερμότητα.

Ο διαφορετικός τρόπος λειτουργίας τους επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας, το οποίο επιλέγει τη βέλτιστη λειτουργία για τις συγκεκριμένες ανάγκες.

Τα μικρά συστήματα συμπαραγωγής τα οποία λειτουργούν σε σπίτια ή μικρές εμπορικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών κατά κύριο λόγο, έχοντας τον ηλεκτρισμό ως δεύτερο προϊόν. Εξ' αιτίας αυτού του μοντέλου λειτουργίας παράγεται περισσότερη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας από αυτή που στιγμιαία είναι απαραίτητη και γι αυτό το λόγο όπως προαναφέρθηκε, το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να πωλείται στο δίκτυο.



Εικόνα 63 (Πηγή: [www.microchp.be](http://www.microchp.be))

Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτού του τρόπου λειτουργίας είναι η ευκολία του στη χρήση. Ο ηλεκτρικός μετρητής του χρήστη μπορεί να καταγράφει την εξερχόμενη ενέργεια αλλά και την εισερχόμενη. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η καθαρή ενέργεια που εισέρχεται στο κτίριο.

Η πλειοψηφία των συστημάτων συμπαραγωγής χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο σαν καύσιμο, το οποίο καίγεται εύκολα και καθαρά, είναι διαθέσιμο στις περισσότερες περιοχές και μεταφέρεται εύκολα με αγωγούς. Σαφώς και τα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να χρησιμοποιούν πετρέλαιο αλλά το είδος του καυσίμου καθώς και γενικότερα το μέλλον της συμπαραγωγής επηρεάζεται από την τιμή του καυσίμου. Μερικά ακόμη από τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μικρή συμπαραγωγή είναι η βιομάζα και συστήματα περισσοτέρων του ενός καυσίμων.

Η επιλογή του είδους του συστήματος, η διαστασιολόγησή του και ο τρόπος λειτουργίας του σε κάθε χρονική στιγμή είναι θέματα που πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσεκτική μελέτη και βελτιστοποίηση αφού είναι κρίσιμα για την οικονομική

βιωσιμότητα του συστήματος. Η μικρής κλίμακας λοιπόν συμπαραγωγή για να είναι βιώσιμη σε οικιακές εφαρμογές, είναι απαραίτητο να είναι συμβατή με τις άλλες λειτουργικές παραμέτρους της κεντρικής θέρμανσης όπως τα επίπεδα ροής του νερού και τις θερμοκρασίες ώστε να μην απαιτείται η τοποθέτηση, για παράδειγμα μεγάλων δεξαμενών αποθήκευσης για θερμική απορρόφηση. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η μικρή συμπαραγωγή δεν ανταποκρίνεται καλά σε γρήγορους κύκλους ανοίγματος-κλεισίματος και ότι οι μηχανές είναι σχεδιασμένες να καλύπτουν το 60% του φορτίου αιχμής. Αυτό μεγιστοποιεί τις χρήσιμες ώρες λειτουργίας κάτω από κατά μέσο όρο χειμερινές συνθήκες και κανονικά οδηγεί σε αύξηση των ετήσιων αναγκών που καλύπτονται από το βασικό σύστημα. Παρόλα αυτά, κάποιας μορφής πρόσθετη πηγή θερμότητας μπορεί να απαιτηθεί σε πολύ κρύες μέρες του χειμώνα ή για γρήγορη θέρμανση.

#### 6.2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα<sup>[16,77,79,84,80]</sup>

Τα βασικότερα οφέλη της χρήσης συμπαραγωγής είναι:

- Η αυξημένη απόδοση κατά τη μετατροπή και χρήση ενέργειας. Η συμπαραγωγή είναι η πλέον αποτελεσματική και αποδοτική μορφή ηλεκτροπαραγωγής αλλά και παραγωγής θερμότητας. Η ίδια ποσότητα καυσίμου παράγει περισσότερη ενέργεια.
- Η καλύτερη αξιοποίηση των καυσίμων κατά τη συμπαραγωγή συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα. Αφού η περίσσεια θερμότητας από την παραγωγή ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται απευθείας και γίνεται λιγότερη χρήση πρωτογενούς ενέργειας.
- Η παραγωγή ηλεκτρισμού γίνεται δίπλα στην κατανάλωση και άρα μειώνονται οι απώλειες λόγω των καλωδίων μεταφοράς.
- Το σύστημα είναι αξιόπιστο και καθιστά το χρήστη, ως ένα βαθμό, ενεργειακά ανεξάρτητο.
- Η μειωμένη ανάγκη σε καύσιμα και σε ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο κάνει τα συστήματα συμπαραγωγής να έχουν πολλά οικονομικά οφέλη.



Εικόνα 64 (Πηγή: [www.nrg-consultants.com](http://www.nrg-consultants.com))

Παρόλα τα πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία είναι:

- Μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος κάτι το οποίο αυξάνει και το χρόνο απόσβεσης.
- Δύσκολη ένταξη σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Δεν αποτελούν ακριβώς ανανεώσιμη πηγή ενέργειας αφού βασίζονται στη χρήση φυσικού αερίου. Υπάρχουν βέβαια όπως προαναφέρθηκε λέβητες στην αγορά που χρησιμοποιούν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όπως βιομάζα.



### 6.2.5. Νέες τεχνολογίες<sup>[85]</sup>

Η μικροσυμπαγωγή μπορεί να συνίσταται από διαφορετικής τεχνολογίας κύρια κινητήρια συστήματα: οργανικός κύκλος Rankine, μηχανή stirling, κυψέλες καυσίμου, κλπ. Υπάρχουν όμως τεχνολογίες που θα βελτιώσουν την αποδοτικότητα της εφαρμογής μικροσυμπαγωγής, ανεξάρτητα από τα κύρια κινητήρια συστήματα. Η αποθήκευση της ενέργειας, η ψύξη, χειριστήρια και τεχνολογίες ενσωμάτωσης θα προάγουν τις εφαρμογές μικροσυμπαγωγής και θα τις βοηθήσουν να επιτύχουν το όραμα του μέλλοντος.

#### 6.2.5.1. Αποθήκευση ενέργειας

Η αποθήκευση της ενέργειας θα αυξήσει την ελκυστικότητα και την αξία των εφαρμογών μικροσυμπαγωγής. Οι δυνατότητες αποθήκευσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας παρέχουν ευελιξία και αξιοπιστία στον τελικό χρήστη. Κατά τις διακοπές ρεύματος, η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας παρέχει τη δύναμη εκείνη που χρειάζεται το σύστημα για να ξεκινήσει. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένη με ηλεκτρονική ισχύ μπορούν να μετριάσουν τις κάμψεις της τάσης με σκοπό την παράδοση υψηλής ποιότητας ισχύος από τις συσκευές της μικροσυμπαγωγής. Τόσο η θερμική, όσο και η ηλεκτρική αποθήκευση θα αυξήσει την όλη απόδοση της συσκευής. Το μέγεθος, το φορτίο και άλλες καταναλωτικές απαιτήσεις, είναι αυτές που θα καθορίσουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αποθηκευτικής τεχνολογίας. Υπάρχει η ανάγκη για αξιολόγηση της τρέχουσας τεχνολογίας για ενεργειακή αποθήκευση για να ελεγχθεί η καταλληλότητά τους για εφαρμογές μικροσυμπαγωγής. Οι κατασκευαστές, οι μηχανικοί και οι τελικοί χρήστες μπορούν να εργαστούν μαζί για να αναπτύξουν συσκευές ενεργειακής αποθήκευσης συμβατές με συστήματα μικροσυμπαγωγής.

#### 6.2.5.2. Ψύξη

Τα κλιματιστικά αποτελούν τους μεγαλύτερους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας στα σπίτια. Οι συσκευές μικροσυμπαγωγής μπορούν να συμπληρώσουν τα ψυκτικά φορτία των κατοικιών. Οι δυνατότητες ψύξεως θα διευρύνουν την τρέχουσα αγορά των συσκευών μικροσυμπαγωγής και θα φέρουν επανάσταση στη βιομηχανία οικιακής ψύξης. Η θερμότητα, παραγόμενη ή ανακυκλωμένη, είναι αυτή που κινεί τη διαδικασία ψύξης. Ο προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών (ψυκτικό φορτίο, διαμόρφωση και απόδοση κύριου κινητήριου συστήματος, συμπεριλαμβανομένου και της ηλεκτρικής, παρασιτικής και θερμικής διαθεσιμότητας) καθορίζει ποια τεχνολογία ψύξης ταιριάζει με τις εφαρμογές. Απορρόφηση, προσρόφηση, αποξήρανση

(desiccant) και ανάκτηση ενέργειας με ανεμιστήρες (ERV τεχνολογίες), μπορούν να παρέχουν απευθείας ψύξη στην οικία.

Η ανάπτυξη πρωτοτύπων σε εργαστήρια θα διαμορφώσουν τα κόστη και την απόδοση των εξαρτημάτων ψύξης. Οι μονάδες ψύξης μικρής κλίμακας-κατοικιών έχουν τη δυνατότητα να ενσωματωθούν σε εφαρμογές μικροσυμπαγωγής. Η προσπάθεια αυτή, θα απαιτήσει τη συνεργασία ομάδων ανάπτυξης εξαρτημάτων ψύξης, σχεδιασμού ενσωμάτωσης, σχεδιασμού κατασκευής, ειδικούς για την οικονομικότητα και συνεταίρους για της εμπορευματοποίηση των προϊόντων.

### **6.2.5.3. Χειριστήρια**

Η ενσωμάτωση των χειριστηρίων και των αισθητήρων με τις συσκευές μικροσυμπαγωγής θα βελτιστοποιήσει την απόδοση του συστήματος. Η κατοικία θα έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με τη μικροσυμπαγωγή και σε αντάλλαγμα η μικροσυμπαγωγή θα παράγει το βέλτιστο συνδυασμό θερμότητας και ισχύος. Η συσκευή μικροσυμπαγωγής θα είναι ουσιαστικά η καρδιά μιας έξυπνης κατοικίας και τα χειριστήρια θα είναι ο εγκέφαλος. Τα συστήματα ελέγχου δίνουν προτεραιότητα σε φορτία, αναβάλουν άλλα και επικοινωνούν με το δίκτυο για να αποφασίσουν αν θα αγοράσουν ή θα πουλήσουν ηλεκτρισμό σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Το ιδεατό «χειριστήριο ολόκληρης της κατοικίας» απαιτεί τη συμμετοχή ενός ευρέος φάσματος από οργανισμούς για την επιτυχία του.

### **6.2.5.4. Ενσωμάτωση**

Η ενσωμάτωση διαφορετικών στοιχείων και υποσυστημάτων σε ένα σύστημα αξίζει πολύ προσοχή. Η επιτυχημένη ενσωμάτωση επιτρέπει στη μικροσυμπαγωγή για επιτύχει οφέλη μεγαλύτερα από το άθροισμα των επιμέρους μερών της. Κάθε μονάδα συμπαγωγής για οικιακή χρήση θα πρέπει να στοχεύει σε κάθε τμήμα της αγοράς. Οι δοκιμές και οι επιδείξεις των πρωτοτύπων ολόκληρου συστήματος συμπαγωγής είναι απαραίτητες για να αναλυθεί σε πραγματικές συνθήκες η αποδοτικότητα της συσκευής μικροσυμπαγωγής. Το αποτέλεσμα της επίδοσης θα πρέπει να επεκταθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι δοκιμές θα προσδιορίσουν περαιτέρω αναπτυξιακές ανάγκες και θα επαναξιολογήσουν τις δυνατότητες και τους στόχους επιδόσεων της σημερινής αγοράς. Η ενσωμάτωση θα πρέπει επίσης να καθορίσει το πιο αποδοτικό σχεδιασμό με βάση την οικονομικότητα. Η βιομηχανία θα πρέπει να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένη ανάπτυξη προϊόντων και θα πρέπει να αναπτυχθούν πρωτόκολλα δοκιμών.

### 6.2.6. Συμπαγωγή με βιομάζα<sup>[86,87,88,89,90]</sup>

Μια σημαντική πηγή ενέργειας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συμπαγωγή είναι η βιομάζα που μπορεί να προέρχεται από αστικά λύματα και απόβλητα, από υπολείμματα γεωργικής και δασικής προέλευσης (π.χ. μεγάλα κομμάτια ξύλο, πριονίδι, συμπιεσμένα τεμάχια, τσιπς, άχυρα, σκύβαλα, φλούδες, ζωικά απορρίμματα, κοπριά) και από ενεργειακές καλλιέργειες (υβριδικές λεύκες, σόργο, ιτιές). Ο μεγάλος όγκος της πρώτης ύλης που απαιτείται είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό στην παραγωγή ενέργειας από βιομάζα.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πρώτη ύλη είναι η θερμογόνος ικανότητα και η περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας, η αξιοπιστία, η ασφάλεια παροχής και η σταθερότητα της τιμής καθώς και η μεταφορά της και οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης.



Εικόνα 65 (Πηγή: energyin.gr)

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μικρές μονάδες (< 5 MW<sub>e</sub>) γίνεται με:

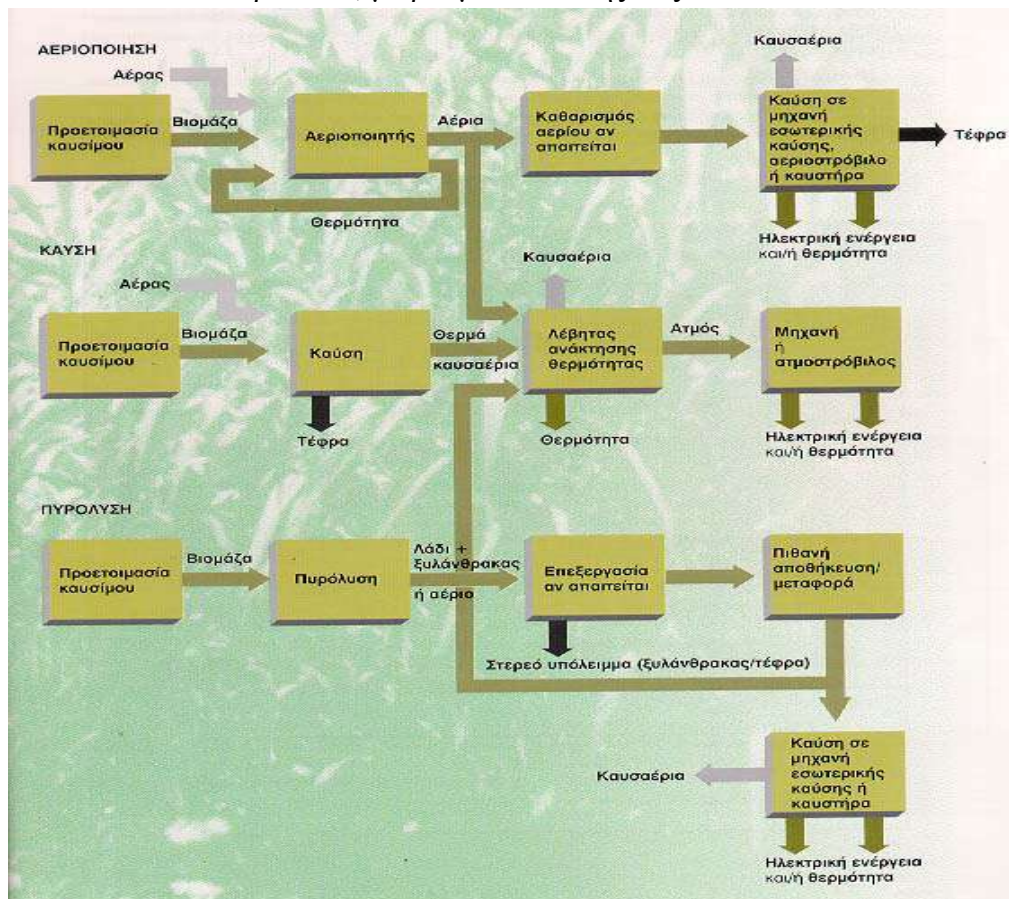
- *Παραγωγή θερμότητας με καύση (λέβητες ζεστού νερού/ατμού).* Αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τρόπο αξιοποίησης της βιομάζας. Η άμεση καύση αντιστοιχεί στην οξείδωση της βιομάζας με περίσσεια αέρα, η οποία παρέχει θερμά καυσαέρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού στους τομείς

εναλλαγής θερμότητας. Όλα τα είδη βιομάζας μπορούν να καούν, αλλά η καύση δεν είναι πρακτική όταν η υγρασία είναι πάνω από 50%.



Σχήμα 6.2.6.1.<sup>[88]</sup>

- *Αεριοποίηση.* Η αεριοποίηση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε μίγμα εύφλεκτων υλικών από τη μερική οξείδωση της οργανικής ύλης παρουσία αέρα, οξυγόνο ή ατμό, σε υψηλές θερμοκρασίες  $>900^{\circ}\text{C}$ . Η βιομάζα προσφέρεται για αεριοποίηση λόγω του υψηλού περιεχομένου σε πτητικά συστατικά. Τα στάδια τα οποία ακολουθεί η αεριοποίηση είναι: η ξήρανση, η πυρόλυση, η οξείδωση και η αεριοποίηση. Τα παραγόμενα αέρια αξιοποιούνται από ΜΕΚ, μικροστρόβιλο.
- *Αναερόβια χώνευση.* Στην αναερόβια χώνευση τα οργανικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Η διεργασία βασίζεται στην αποδόμηση των οργανικών μακρο-μορίων της βιομάζας από φυσικά υφιστάμενους πληθυσμούς βακτηρίων. Η βιομετατροπή λαμβάνει χώρα απουσία αέρα σε χωνευτήρες, δηλαδή στεγανά δοχεία που παρέχουν ιδανικές συνθήκες ώστε τα βακτήρια να ζυμώσουν την οργανική ύλη σε βιοαέριο. Το 30-60% της βιομάζας μετατρέπεται σε βιοαέριο. Το βιοαέριο είτε αυτούσιο είτε μετά από εμπλουτισμό με μεθάνιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού μέσω μηχανών αερίου, diesel ή διπλού καυσίμου.
- *Πυρόλυση.* Εφαρμόζεται έμμεση θέρμανση για τη μετατροπή της βιομάζας σε ένα μίγμα αερίων και οργανικών ατμών. Ως πυρόλυση ορίζεται η θερμική καταστροφή των οργανικών υλικών εν απουσία οξυγόνου. Η πυρόλυση μπορεί να παράγει αποκλειστικά βιοέλαιο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο πετρελαίου, με βαθμό απόδοσης έως 80%.



Σχήμα 6.2.6.2. (Πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr))

## 7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ <sup>[43,91]</sup>

### 7.1. Γενικά στοιχεία

Ένα υβριδικό σύστημα είναι ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιεί παραπάνω από μία μεθόδους παραγωγής για να καλύψει την απαιτούμενη ενέργεια. Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις διάφορες μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς, με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Τα συγκεκριμένα συστήματα συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται από τοπικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά, οι ανεμογεννήτριες, η βιομάζα κλπ., αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής. Συχνό φαινόμενο είναι ο συνδυασμός μια ανανεώσιμης πηγής ενέργειας με μια συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή γεννήτριες μετατροπής ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού, κλπ., και να επιτυγχάνουν οικονομικότερη λειτουργία των συμβατικών μονάδων, καθώς είτε δε λειτουργούν καθόλου είτε λειτουργούν με σταθερό φορτίο. Να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα χαρακτηρίζεται το σύστημα που χρησιμοποιεί τουλάχιστον μία μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.

Η ταξινόμηση των υβριδικών συστημάτων μπορεί να γίνει με γνώμονα δύο παράγοντες. Ο πρώτος αναφέρεται στο αν το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ή αν το σύστημα είναι αυτόνομο. Ο δεύτερος αναφέρεται στο μέγεθος του έργου και στο αν αυτό αφορά σε μεμονωμένες κατοικίες ή σε ολόκληρες περιοχές. Εδώ θα δούμε συστήματα που αφορούν σε μεμονωμένες κατοικίες.

### 7.2. Οικιακά υβριδικά συστήματα

Τα συνήθη υβριδικά οικιακά συστήματα, είτε στην περίπτωση που σκοπός τους είναι η αυτονομία της κατοικίας, είτε όταν προορίζονται για να είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο, αποτελούνται από συνδυασμού κάποιου φωτοβολταϊκού πλαισίου, με αιολική ενέργεια, βιομάζα ή και με συμβατικές πηγές ενέργειας.



Εικόνα 66 (Πηγή: [windturbineshome.net](http://windturbineshome.net))

### 7.2.1. Φωτοβολταϊκά- αιολικά υβριδικά συστήματα

Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος που συνδυάζει φωτοβολταϊκά πλαίσια με ανεμογεννήτρια, εξαρτάται άμεσα από το ηλιακό και το αιολικό δυναμικό κάθε περιοχής, τα οποία ποικίλουν τοπικά και χρονικά. Η δυναμική της μιας πηγής μπορεί να υπερκαλύψει την αδυναμία της άλλης. Αυτό είναι σαφές, αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι στις περισσότερες περιοχές η διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας είναι περισσότερη σε σχέση με τη διαθεσιμότητα της αιολικής κατά τους θερινούς μήνες, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει κατά τους χειμερινούς μήνες. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος μπορεί η ζήτηση ενέργειας να είναι μικρότερη από την παραγόμενη οπότε σε αυτή την περίπτωση η ενέργεια αποθηκεύεται ή πωλείται στο δίκτυο. Αντίθετα, αν η ζήτηση ξεπερνά την παραγωγή ενέργεια από την ανεμογεννήτρια, τότε το πλεόνασμα καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά και αν παρόλα αυτά δεν καλυφθεί το επιθυμητό φορτίο τότε ή χρησιμοποιείται η αποθηκευμένη ενέργεια ή καλύπτεται από το δίκτυο.

### 7.2.2. Φωτοβολταϊκά – Βιομάζα

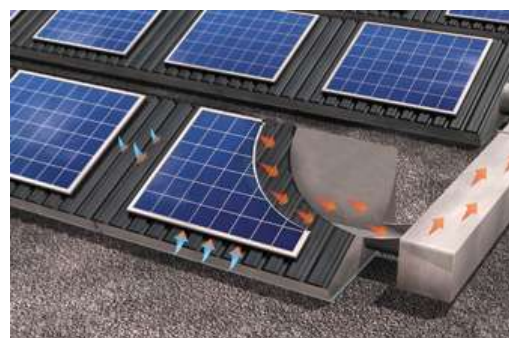
Η βιομάζα μπορεί να συνδυαστεί με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας σε ηλεκτρισμό αλλά και για θέρμανση χώρων.

### 7.2.3. Φωτοβολταϊκά – Συμβατικά

Όπως προαναφέρθηκε, για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα υβριδικό δεν είναι απαραίτητο οι μορφές που χρησιμοποιούνται να είναι όλες ανανεώσιμες, αλλά τουλάχιστον μία από αυτές. Ένα σύστημα που χρησιμοποιείται εκτενώς είναι ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών πλαισίων με συμβατικές γεννήτριες. Έτσι κατά την κανονική λειτουργία του υβριδικού συστήματος, τα φωτοβολταϊκά παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ στο φορτίο μέσω του μετατροπέα ισχύος. Η πρόσθετη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά φορτίζει τις μπαταρίες, μέχρι οι μπαταρίες να φτάσουν στο μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο φόρτισης. Η γεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία μόνο αν η ζήτηση του φορτίου δεν μπορεί να καλυφθεί ούτε από τα φωτοβολταϊκά αλλά ούτε και από τις μπαταρίες.

### 7.2.4. Φωτοβολταϊκά – Συλλέκτες

Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών με θερμικά πλαίσια είναι μια σχετικά πρόσφατη τεχνολογία στην οποία ενσωματώνονται σε ένα σώμα η παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Στα τυπικά



Εικόνα 67 (Πηγή: ontariopv.com)

φωτοβολταϊκά πάνελ, ο συντελεστής απόδοσης πέφτει με την άνοδο της θερμοκρασίας. Αντίθετα, τα υβριδικά πάνελ (PV/T) επωφελούνται απορροφώντας την περιττή θερμότητα του φωτοβολταϊκού τμήματος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Αυτή η λειτουργία δρα ευεργετικά στο φωτοβολταϊκό τμήμα, αφού λειτουργεί σε ιδανικές θερμοκρασίες και επομένως παράγει έως και 50% περισσότερη ενέργεια από ένα αντίστοιχο απλό φωτοβολταϊκό πάνελ. Με αυτό τον τρόπο, συνδυάζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την παραγωγή και αποθήκευση ζεστού νερού/αέρα. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ζεστό νερό χρήσης αλλά και για θέρμανση.

#### **7.2.4.1. Ανάλυση απόδοσης του υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών με ηλιακούς συλλέκτες**

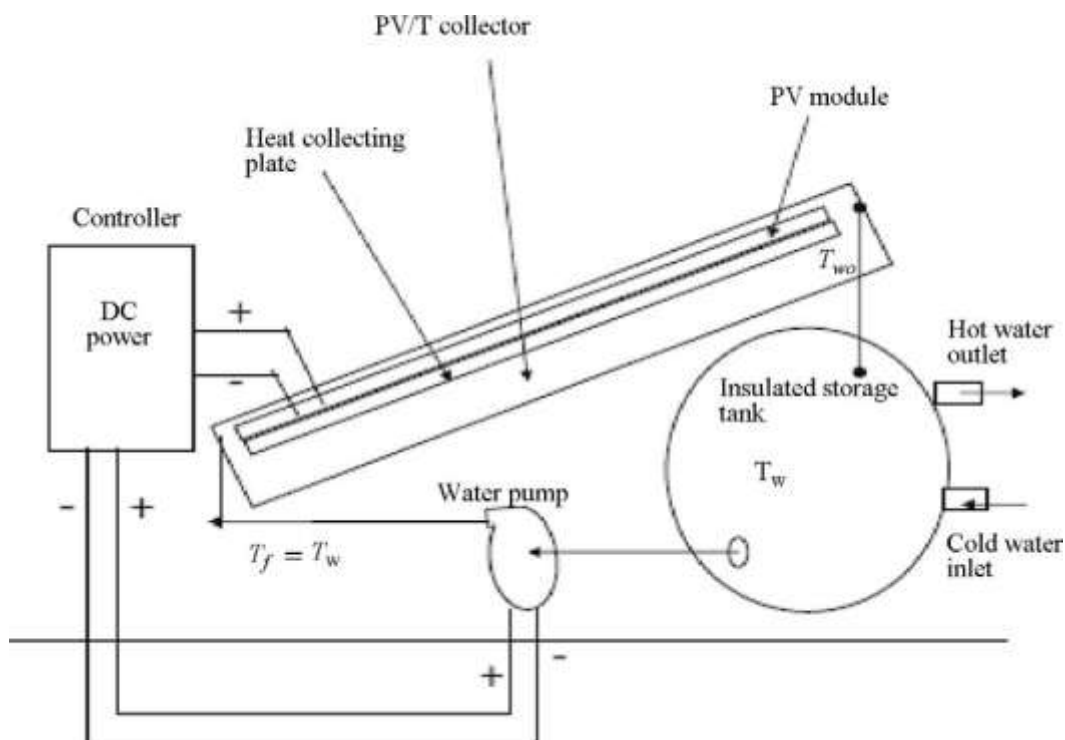
Ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από επίπεδο θερμικό συλλέκτη με εργαζόμενο μέσο υγρό και ηλιακά κύτταρα από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο στο υπόστρωμα της μη επιλεκτικής επιφάνειας αλουμινίου, έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί. Η ετήσια πειραματική αξιολόγηση βασισμένη στην εξέργεια (η οποία αντιπροσωπεύει το διαθέσιμο προς εκμετάλλευση ποσό ενέργειας ενός συστήματος από το περιβάλλον) κατέληξε στο ότι:

- Ο PV/T συλλέκτης μπορεί να παράγει υψηλότερη πυκνότητα εξόδου απ' ότι ξεχωριστά το φωτοβολταϊκό ή ο συλλέκτης.
- Η υψηλότερη ενέργεια που μπορεί να κερδηθεί επιτυγχάνεται με τον PV/T συλλέκτη με μονό κάλυμμα και η χαμηλότερη με το φωτοβολταϊκό.
- Χρησιμοποιώντας την αξιολόγηση βάσει της εξέργειας, η καλύτερη απόδοση βρέθηκε να είναι αυτή του PV/T συλλέκτη χωρίς κάλυμμα, έπειτα αυτή του απλού φωτοβολταϊκού, τρίτη σε σειρά αυτή του PV/T συλλέκτη με μονό κάλυμμα και τελευταία αυτή του απλού επίπεδου συλλέκτη.
- Ο PV/T συλλέκτης χωρίς κάλυμμα παρήγαγε 8% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτή που παρήγαγε το απλό φωτοβολταϊκό, και ένα μόνο πάνελ από τον PV/T συλλέκτη με μονό κάλυμμα παρήγαγε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε τόσο μεγάλα ποσά όσο η απλή φωτοβολταϊκή μονάδα μαζί και ο απλός ηλιακός συλλέκτης.

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες εν μέρει και πλήρως καλυμμένοι από φωτοβολταϊκά εξετάζονται. Μια λεπτομερής ανάλυση της ενέργειας, της εξέργειας και της ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάστηκε και παρατηρήθηκε έδειξε ότι οι συλλέκτες που εν μέρει ήταν καλυμμένοι από φωτοβολταϊκά συνδύασαν της παραγωγή ζεστού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας και ήταν επωφελείς για τους χρήστες των οποίων η πρωταρχική απαίτηση ήταν η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Οι συλλέκτες που ήταν πλήρως καλυμμένοι από φωτοβολταϊκά ήταν επωφελείς για τους χρήστες των οποίων η πρωταρχική ανάγκη ήταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ετήσια θερμική και ηλεκτρική απόδοση εκτιμήθηκε για τέσσερις διαφορετικούς, σε σειρά και παράλληλους, συνδυασμούς συλλεκτών με σκοπό τη σύγκριση. (Συνθήκες Νέου Δελχί)

Μια αναλυτική έκφραση για τη θερμοκρασία του νερού ενός συστήματος ενσωματωμένου φωτοβολταϊκού θερμικού ηλιακού (IPVTS) θερμαντήρα νερού υπό συνεχή ροή ζεστού νερού (Σχήμα 7.2.4.1.1.) με ανάκληση μελετήθηκε. Παρατηρήθηκε ότι η συνολική ημερήσια θερμική απόδοση ενός τέτοιου συστήματος αυξάνεται με σταθερό ρυθμό αύξησης της ροής και μειώνεται με αύξηση της σταθερής θερμοκρασίας συλλογής. Η ανάλυση εξέργειας του συστήματος έδειξε ότι η συνολική εξέργεια και θερμική απόδοση ενός IPVTS συστήματος ήταν μέγιστη όταν ο ρυθμός ανάκλησης του ζεστού νερού ήταν 0,006 kg/s.



Σχήμα 7.2.4.1.1. Σχηματικό διάγραμμα του IPVTS<sup>[91]</sup>

Βασιζόμενοι σε πειραματικά δεδομένα και σε αριθμητικά μοντέλα, μια μελέτη της καταλληλότητας ενός γυάλινου καλύμματος επάνω σε έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη με φωτοβολταϊκά πραγματοποιήθηκε. Η απόδοση της εξέργειας του μη επικαλυπτόμενου με γυαλί συλλέκτη βρέθηκε καλύτερη από αυτή του επικαλυμμένου, σε συγκεκριμένες περιοχές των έξι παραμέτρων λειτουργίας, δηλαδή της απόδοσης των κυττάρων, του παράγοντα πλήρωσης, της αναλογίας της μάζας του νερού με την επιφάνεια του συλλέκτη, της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της ταχύτητας του ανέμου.



### 7.2.5. Συλλέκτες – Γεωθερμία

Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιεί το θερμό νερό που προέρχεται από τους συλλέκτες για την τροφοδότηση του συστήματος γεωθερμίας με θερμό νερό και κατά συνέπεια για τη θέρμανση του χώρου. Μια νέα τεχνολογία είναι ο συνδυασμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τη γεωθερμία. Σε αυτή την περίπτωση η πλεονάζουσα θερμότητα από την ηλιακή ενέργεια που παράγεται το καλοκαίρι μπορεί να αποθηκευτεί με τη χρήση γεωθερμικής αντλίας στο έδαφος και να επαναχρησιμοποιηθεί τους κρύους μήνες μέσω μιας θερμικής αντλίας. Με αυτό τον τρόπο όχι μόνο αυξάνεται ο συντελεστής απόδοσης των φωτοβολταϊκών αλλά και διασφαλίζεται η βέλτιστη χρήση της θερμότητας.

### 7.3. Ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να ενσωματωθεί σε συστήματα αντλιών θερμότητας σε μια ποικιλία διατάξεων. Αυτές οι διατάξεις μπορεί να είναι σε σειρά ή παράλληλες. Σε ένα παράλληλο σύστημα, η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του φορτίου απευθείας. Όταν το ποσό αυτής της ενέργειας είναι ανεπαρκές για την κάλυψη των αναγκών τότε μια αντλία θερμότητας η οποία είναι συνδεδεμένη παράλληλα με το φορτίο μπαίνει σε λειτουργία για να παράγει την



Εικόνα 68 (Πηγή: [www.prestigesolar.net](http://www.prestigesolar.net))

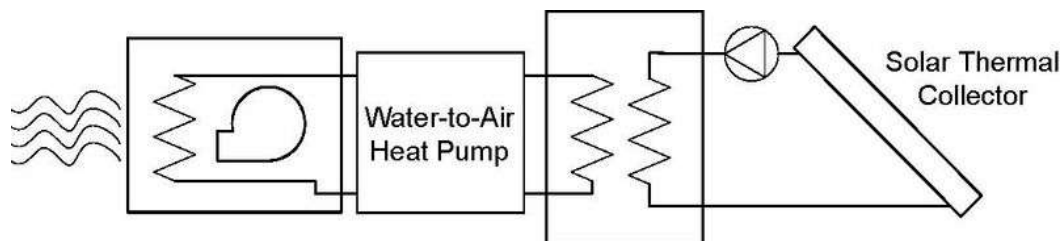
επιπλέον ενέργεια που απαιτείται. Αν η διάταξη είναι σε σειρά τότε η είσοδος της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ενός βρόχου μεταφοράς θερμότητας στον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας για να γίνει άμεση χρήση της. Επιπροσθέτως, κατά τις περιόδους με ήπιο καιρό και ηλιοφάνεια, μπορεί να παρακαμφθεί η χρήση της αντλίας θερμότητας και να χρησιμοποιείται απευθείας η ηλιακή ενέργεια (γνωστό και ως ηλιακά επαυξημένο σύστημα αντλίας θερμότητας).

Σε αυτού του είδους τη διάταξη, μιας διπλής πηγής αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει μια εναλλακτική πηγή ενέργειας όταν η ηλιακή ενέργεια είναι χαμηλή ή μη διαθέσιμη. Με τη χρήση συστημάτων ελέγχου, οι διπλής πηγής αντλίες θερμότητας μπορούν να διαλέξουν την πηγή με τη βοήθεια της οποίας θα επιτύχουν την μεγαλύτερη απόδοση.

Ένα σύστημα αποθήκευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας με σκοπό τη βελτίωση του συντελεστή απόδοσης. Όταν δε χρησιμοποιείται η αντλία θερμότητας, η ηλιακή ενέργεια ‘φορτίζει’ την μονάδα αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας, η μονάδα αποθήκευσης της θερμότητας μειώνει την κατανάλωση ενέργεια της αντλίας.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα για εποχιακή αποθήκευση, αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας του καλοκαιριού που θα χρησιμοποιηθεί το χειμώνα.

Τυπικά, αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν μια δεξαμενή νερού ως μονάδα αποθήκευσης, η οποία συνδέεται σε σειρά μεταξύ του ηλιακού βρόχου και του εξατμιστή της αντλίας θερμότητας. (Σχήμα 7.4.1.). Σε αυτή τη διαμόρφωση, η θερμότητα μπορεί επίσης να αποθηκευτεί στη δεξαμενή όταν η αντλία θερμότητας λειτουργεί σαν μονάδα ψύξης. Η απορριπτόμενη θερμότητα αποθηκεύεται στη δεξαμενή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για θέρμανση. Όμως τέτοιες στρατηγικές αποθήκευσης για κατοικίες, υπονομεύονται από σημαντικές απώλειες θερμότητας στη δεξαμενή αποθήκευσης. Αν το σύστημα αποθήκευσης αφορά σε μια κοινότητα, τότε οι απώλειες θερμότητας είναι σημαντικά χαμηλότερες.

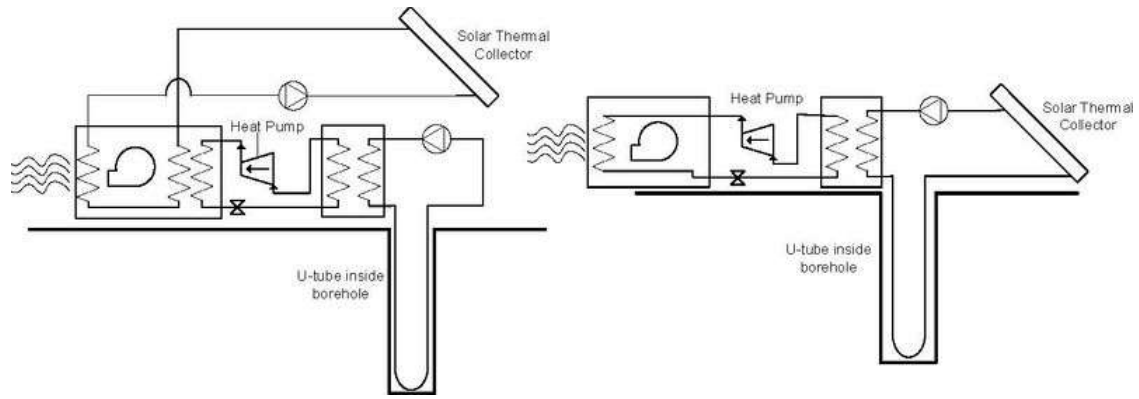


Σχήμα 7.4.1. <sup>[91]</sup>

#### 7.4. Ηλιακά υποβοηθούμενες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

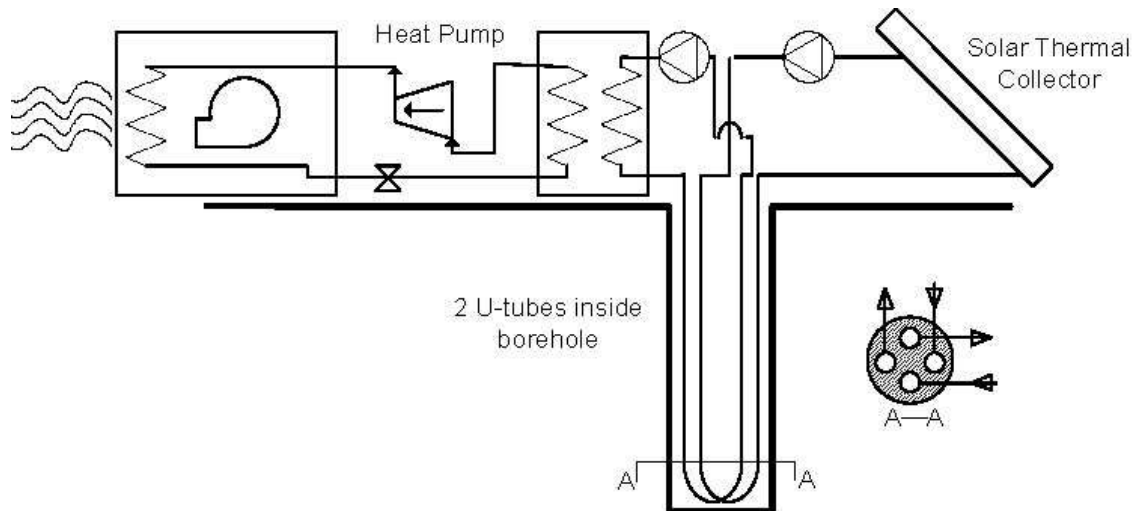
Οι ηλιακά υποβοηθούμενες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για να μειώσουν το φορτίο που υπό άλλες συνθήκες θα παρεχόταν από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Αυτά τα συστήματα μπορούν επίσης να διαταχθούν παράλληλα ή σε σειρά. Όπως, και στις ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας, στην παράλληλη διάταξη, η ηλιακή ενέργεια τροφοδοτεί άμεσα το φορτίο, στηριζόμενη στο ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας θα λειτουργήσει όταν η είσοδος της ηλιακής ενέργειας δεν επαρκεί για την κάλυψη των απαιτήσεων. Τα συστήματα με διάταξη σε σειρά, χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια μέσω ενός βρόχου μεταφοράς θερμότητας για να παρέχουν ενέργεια στον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η γεωθερμία χρησιμοποιείται με χρήση ηλιακής ενέργειας γιατί το έδαφος λόγω εποχής έχει χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας, το έδαφος θα ενεργεί ως κύρια πηγή θερμότητας. Διατηρώντας μια υψηλότερη θερμοκρασία εδάφους η αντλία θερμότητας λειτουργεί με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης. Το καλοκαίρι, με την αφθονία της ηλιακής ενέργειας, τα χαμηλά φορτία θέρμανσης και την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία επιτρέπεται η αποθήκευση της επιπρόσθετης ενέργειας στο έδαφος. Τέτοια συστήματα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για εποχιακή αποθήκευση.



Σχήμα 7.5.1.<sup>[91]</sup>

Ο Bernier και Shirazi (2007) παρουσίασαν μια νέα 4 σωλήνων γεώτρησης διάταξη όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.5.2. Αυτή η διάταξη αποτελεί μια τροποποίηση της ηλιακά υποβοηθούμενης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας διαταγμένη σε σειρά. Χρησιμοποιώντας δύο ανεξάρτητους βρόχους για την ηλιακή θερμότητα και τα στοιχεία της αντλίας θερμότητας, το σύστημα αυτό μπορεί πιθανώς να εξαλείψει την ανάγκη για πολύπλοκες στρατηγικές ελέγχου. Η επίδραση στην απόδοση του συστήματος και η μεταφορά θερμότητας στο έδαφος λόγω της επιπλέον εισαγωγής σωλήνα στο έδαφος είναι υπό διερεύνηση.



Σχήμα 7.5.2.<sup>[91]</sup>

## 8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΠΕ

### 8.1. Γενικά στοιχεία

Σ' αυτή την ενότητα θα πραγματοποιηθεί μια οικονομική και περιβαλλοντική ανάλυση της εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε κατοικία με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης. Σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι να βρεθεί σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδος, για μια κατοικία 100 τ.μ., η περισσότερο συμφέρουσα εφαρμογή ΑΠΕ. Η ανάλυση αυτή θα γίνει με τη βοήθεια του λογισμικού RETScreen 4.

### 8.2. Λογισμικό RETScreen<sup>[92]</sup>

Το λογισμικό ανάλυσης έργων καθαρής ενέργειας RETScreen είναι το πρωτότυπο παγκοσμίως λογισμικό υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την καθαρή ενέργεια. Παρέχεται εντελώς δωρεάν από την κυβέρνηση του Καναδά στα πλαίσια της αναγνώρισης της ανάγκης να υιοθετηθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και για τη μείωση της ρύπανσης. Το RETScreen είναι αποδεδειγμένα ένα εργαλείο ενδυνάμωσης σε έργα καθαρής ενέργειας παγκοσμίως.

Το λογισμικό αυτό μειώνει σημαντικά τα κόστη (τόσο τα οικονομικά όσο και τα χρονικά) που σχετίζονται με τον εντοπισμό και την αξιολόγηση πιθανών ενεργειακών έργων. Αυτά τα κόστη, τα οποία ανακύπτουν στα στάδια προ-σκοπιμότητας, σκοπιμότητα, ανάπτυξης και σχεδιασμού, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά εμπόδια για την ανάπτυξη των Ενεργειακά Αποδοτικών Τεχνολογιών και Τεχνολογιών ΑΠΕ. Βοηθώντας στην άρση αυτών των εμποδίων, το λογισμικό αυτό μειώνει το κόστος της υλοποίησης έργων και της επιχειρηματικότητας στον τομέα της καθαρής ενέργειας.

Το RETScreen επιτρέπει στους φορείς λήψης αποφάσεων και τους επαγγελματίες να προσδιορίσουν εάν ή όχι ένα προτεινόμενο έργο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενεργειακής απόδοσης ή συμπαραγωγής ενέργειας, είναι οικονομικά σκόπιμο. Αν ένα έργο είναι βιώσιμο ή αν δεν είναι, το RETScreen θα βοηθήσει το φορέα λήψης αποφάσεων να το αντιληφθεί: γρήγορα, αδιαμφισβήτητα, σε φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον και με σχετικά ελάχιστο κόστος.

Τέλος το RETScreen είναι ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιείται από περισσότερους από 315000 ανθρώπους, σε 222 χώρες και περιοχές. Είναι διαθέσιμο σε πάνω από 35 γλώσσες και αποτελεί μέρος του προγράμματος σπουδών σε περισσότερα από 400 πανεπιστήμια και κολλέγια ανά τον κόσμο.

Εδώ χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό RETScreen 4, το οποίο είναι ένα βασισμένο στο Excel εργαλείο λογισμικού ανάλυσης έργων καθαρής ενέργειας που βοηθά τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να προσδιορίζουν γρήγορα και ανέξοδα την τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα πιθανών έργων ανανεώσιμης ενέργειας, ενεργειακής αποδοτικότητας και συμπαραγωγής.

### 8.3. Κλιματολογικά δεδομένα<sup>[94]</sup>

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.<sup>[93]</sup>, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοήμερες θέρμανσης. Στον Πίνακα 8.3.1. προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη).<sup>[94]</sup>

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Πίνακας 8.3.1.

Στην παρούσα ανάλυση επιλέγουμε τυχαία ένα νομό από κάθε ζώνη. Από τη ζώνη Α επιλέγουμε το Νομό Ηρακλείου, από τη ζώνη Β επιλέγουμε το Νομό Κέρκυρας, από τη ζώνη Γ επιλέγουμε το Νομό Θεσσαλονίκης και από τη ζώνη Δ επιλέγουμε το νομό Κοζάνης.

#### 8.4. Συνθήκες σχεδιασμού για διαστασιολόγηση<sup>[94]</sup>

Τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού πρέπει να διαστασιολογούνται έτσι ώστε να καλύπτουν τις ακραίες εποχιακές συνθήκες θερμοκρασίας (ελάχιστες, μέγιστες) της κάθε περιοχής. Ως μέγιστες (θερινή περίοδος) και ελάχιστες (χειμερινή περίοδος) συνθήκες σχεδιασμού θεωρούνται αυτές που η υπέρβασή τους (εμφάνιση υψηλότερων ή χαμηλότερων τιμών αντίστοιχα για θέρος / χειμώνα) δεν ξεπερνά σε ποσοστό το 1%, 2% ή 5% του συνόλου των μετρήσεων όπως ορίζεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 15927.2:2005.

Οι συνθήκες σχεδιασμού υπολογίστηκαν με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα της ΕΜΥ και αφορούν στην περίοδο 1993 – 2003. Οι υπολογισμοί αφορούν τους σταθμούς εκείνους για τους οποίους υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα τουλάχιστον δέκα ετών, χρονική περίοδο η οποία σύμφωνα με το πιο πάνω πρότυπο, ορίζεται ως η ελάχιστη απαιτούμενη περίοδος μετρήσεων για τον υπολογισμό των συνθηκών σχεδιασμού για μια περιοχή.

Οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα και θέρους δίνονται στους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 και περιέχουν ένα μεγάλο σύνολο περιοχών. Οι συνθήκες αυτές εφαρμόζονται για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και συνήθως επιλέγονται για ποσοστό 1%. Για περιοχές που δεν αναφέρονται στους πίνακες με τις συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα (°C) και τις συνθήκες σχεδιασμού θέρους (°C) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, ο καθορισμός των συνθηκών σχεδιασμού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση των δεδομένων της πλησιέστερης πόλης με την οποία η περιοχή ενδιαφέροντος δεν παρουσιάζει μεγάλη υψομετρική διαφορά, δηλαδή μέχρι 200 μέτρα. Αυτό ισχύει για το σύνολο κλιματικών δεδομένων.

Στην παρούσα περίπτωση ο νομός Κοζάνης είναι η μόνη περιοχή από αυτές που έχουν επιλεγεί η οποία δεν ανήκει στους πίνακες της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010. Βάσει των παραπάνω η πλησιέστερη πόλη στην Κοζάνη είναι η Καστοριά, για την οποία υπάρχουν δεδομένα στους πίνακες της τεχνικής οδηγίας. Η πόλη της Καστοριάς έχει υψόμετρο 703 μέτρα<sup>[95]</sup> και η πόλη της Κοζάνης έχει 625 μέτρα<sup>[95]</sup>, συνεπώς η υψομετρική τους διαφορά είναι λιγότερο από 200 μέτρα γι αυτό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κλιματολογικά δεδομένα της Καστοριάς. Στον Πίνακα 8.4.1. συνοψίζονται οι συνθήκες σχεδιασμού των νομών που έχουν επιλεγεί. Για τις συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα επιλέγονται οι θερμοκρασίες υγρού θερμομέτρου και συνθήκες σχεδιασμού 1% και για τις συνθήκες σχεδιασμού θέρους επιλέγονται οι θερμοκρασίες ξηρού θερμομέτρου και συνθήκες σχεδιασμού 1%.

Νομός	Συνθήκες σχεδιασμού (°C)	
	Χειμώνα	Θέρους
Ηράκλειο	+5,0	+32,5
Κέρκυρα	+0,5	+34,5
Θεσσαλονίκη	-3,0	+34,5
Κοζάνη	-8,0	+33,5

Πίνακας 8.4.1.

### 8.5. Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής ηλεκτρισμού

Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της εφαρμογής ΑΠΕ για παραγωγή ηλεκτρισμού σε κατοικία πρέπει να εισαχθούν συγκεκριμένα δεδομένα στο λογισμικό RETScreen 4. Αυτά είναι:

- Ο τύπος έργου. Εδώ επιλέγεται η παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Η τεχνολογία ΑΠΕ. Εδώ επιλέγεται το φωτοβολταϊκό.
- Τύπος δικτύου. Επιλέγεται ότι η κατοικία είναι συνδεδεμένη με το κεντρικό δίκτυο.
- Ο τύπος της ανάλυσης που επιθυμούμε. Εδώ επιλέγεται η μέθοδος 1.
- Η θερμογόνος ικανότητα. Επιλέγεται η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα βάσει της βοήθειας που προσφέρεται από το ίδιο το λογισμικό, αφού αναφέρει ότι σε όλες τις άλλες περιοχές εκτός των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και του Καναδά επιλέγεται η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα.
- Ως νόμισμα επιλέγεται το ευρώ.
- Ως μονάδες, οι μονάδες του μετρικού συστήματος.
- Η τοποθεσία των κλιματικών δεδομένων. Όπως προαναφέρθηκε οι τοποθεσίες θα είναι ένας νομός από κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδος (Ηράκλειο, Κέρκυρα, Θεσσαλονίκη και Κοζάνη). Άρα και θα έχουμε τέσσερα διαφορετικά σενάρια παραγωγής ηλεκτρισμού.

Για να συνεχίσουμε την εισαγωγή των υπόλοιπων απαραίτητων δεδομένων απαιτείται ο υπολογισμός της ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου από την κατοικία μας. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια των εργαλείων στο λογισμικό. Εκεί επιλέγεται ο συνήθης εξοπλισμός και οι συσκευές σε μια κατοικία 100 τ.μ., αυτόματα εισάγονται από το λογισμικό τα τυπικά ηλεκτρικά φορτία της κάθε συσκευής και έτσι επιλέγουμε το ηλεκτρικό φορτίο της κάθε συσκευής. Η ποσότητα, δηλαδή το πλήθος των μονάδων της συσκευής ή του εξοπλισμού, οι ώρες λειτουργίας ανά εβδομάδα καθώς και ο κύκλος χρήσης τους (καθορισμένη τιμή από T.O.T.E.E. 20701-1), εισάγονται από εμάς. Στην Εικόνα 8.5.1. φαίνεται αναλυτικά πώς πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου.

Συνεχίζουμε με τη εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων για το σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης:

- Η ηλεκτρική ισχύς των φωτοβολταϊκών. Επιλέγουμε περίπου το 50% της απαίτησης σε φορτίο για να παράγουν τα φωτοβολταϊκά. Υπολογίστηκε όπως αναφέρθηκε παραπάνω ότι η απαίτηση σε φορτίο είναι 19.165 W, άρα η ισχύς των φωτοβολταϊκών επιλέγουμε να είναι περίπου 10 kW. Να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η συνήθης ισχύς των φωτοβολταϊκών που εγκαθίστανται σε κατοικίες δεν ξεπερνά τα 10 kW.
- Ο κατασκευαστής και το μοντέλο. Επιλέγουμε με τη βοήθεια της βάσης δεδομένων των προϊόντων τον κατασκευαστή και το μοντέλο των

φωτοβολταϊκών. Σ' αυτή τη βάση υπάρχουν δεδομένα όπως ο βαθμός απόδοσης, η επιφάνεια καθώς και η χωρητικότητα σε W του πλαισίου. Σε όλα τα σενάρια για παραγωγή ηλεκτρισμού επιλέχθηκε το ίδιο μοντέλο. Η επιλογή αυτή έγινε με βάση το βαθμό απόδοσης του πλαισίου ο οποίος επιθυμούμε να είναι γύρω στο 12%. Το μοντέλο είναι: Mitsubishi Electric, Πολύ-Si – PV-UJ210GA6.

- Η αύξηση αρχικού κόστους. Εδώ εισάγουμε το κόστος της εγκατάστασης που επιθυμούμε να γίνει. Μια εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε κατοικία συνδεδεμένη με το δίκτυο για παραγωγή 10kW με φωτοβολταϊκά Mitsubishi κοστίζει περίπου 25.000-30.000€<sup>[59]</sup>. Επιλέγεται μια μέση τιμή της τάξεως των 28.000€.
- Ο συντελεστής ισχύος. Επιλέγεται 12%
- Η τιμή του πωλούμενου ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με το πρόγραμμα Ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων (ΦΕΚ Β1079/4.6.2009) του Υπ. Ανάπτυξης, οι ιδιώτες που εγκαθιστούν διασυνδεδεμένα ΦΒ συστήματα με ισχύ έως 10kW στη στέγη του σπιτιού τους έχουν τη δυνατότητα να πωλούν την παραγόμενη ενέργεια στη ΔΕΗ προς 0,55€ ανά κιλοβατώρα (KWh). Άρα εισάγουμε 550 €/MWh.

Έπειτα γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων για την ανάλυση των εκπομπών:

- Απώλειες μεταφοράς και δικτύου. Βάσει της βοήθειας που προσφέρεται από το ίδιο το λογισμικό για τη χώρα της Ελλάδας επιλέγεται το ποσοστό 10% σε απώλειες.
- Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΤΘ). Επιλέγεται το ποσοστό του 0%.
- Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ. Επιλέγεται 0/tn CO<sub>2</sub>.

Τέλος επιλέγονται τα δεδομένα για την οικονομική ανάλυση:

- Η τιμή πληθωρισμού. Επιλέγεται βάσει στοιχείων από τη Eurostat<sup>[96]</sup> όπου ο πληθωρισμός της Ελλάδας για τον μήνα Δεκέμβριο είναι 0,3%.
- Η διάρκεια ζωής του έργου. Επιλέγεται να είναι τα 25 έτη.
- Το επιτόκιο δανεισμού. Το επιτόκιο δανεισμού για ΑΠΕ στις περισσότερες τράπεζες κυμαίνεται στο 8,5% με 9%. Στην περίπτωσή μας επιλέχθηκε από την ALPHA τράπεζα το δάνειο 'Πράσινες λύσεις' με επιτόκιο δανεισμού 8,65%.<sup>[97]</sup>
- Η περίοδος χρέους. Επιλέγεται ότι η περίοδος χρέους είναι 2 έτη.
- Το τοκοχρεολύσιο. Το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται από το ποσό που δανείζει η τράπεζα, το επιτόκιο με το οποίο δανείζει και ανάλογα με την περίοδο χρέους που έχουμε επιλέξει. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει το 50% του κόστους της αγοράς και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών να δανειστεί από την τράπεζα. Άρα 14.000€/24 μήνες=583,33€ ανά μήνα. 583,33\*8,65%=50,45€ ανά μήνα. 583,33+50,45=633,78€ η δόση που θα



δίνεται στην τράπεζα κάθε μήνα.  $633,78 \cdot 24$  μήνες = 15.211€ θα δοθούν στην τράπεζα κατά τη διάρκεια των 2 ετών χρέους.  $15.211\text{€} / 28.000\text{€}$  (σύνολο του κόστους της εγκατάστασης) = 0,54325€. Άρα το τοκοχρεολύσιο είναι 54%.

- Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Συνήθως κατά το συμβόλαιο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γίνεται ταυτόχρονα και συμβόλαιο για τη συντήρησή τους. Το κόστος συντήρησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι σχετικά χαμηλό. Μπορεί να κυμαίνεται, για τα μικρά συστήματα έως 10 kW, γύρω στα 100 – 300€ ετησίως<sup>[98]</sup>. Εδώ εφόσον η εγκατάσταση είναι 10kW επιλέγουμε το μέγιστο κόστος συντήρησης, δηλαδή 300€. Όλα τα υπόλοιπα κόστη και έσοδα που ζητούνται ως δεδομένα επιλέγονται μηδέν.

Τα παραπάνω δεδομένα εισάγονται σε όλα τα σενάρια για παραγωγή ηλεκτρισμού που θα κάνουμε παρακάτω χωρίς να αλλάξει καμία τιμή παρά μόνο η επιλογή τοποθεσίας όπως προαναφέρθηκε.

**Συσκευές και εξοπλισμός**

Περιγραφή	Ηλεκτρικό φορτίο - τυπικό W	Ποσότητα	Ωρες	Ηλεκτρικό φορτίο W	Κύκλος χρήσης %	Ζήτηση ηλεκτρισμού kWh
			λειτουργίας ώρες/εβδ			
Απορροφητική σκούπα	800 - 1440	1	1	1.400	75%	55
Βραστήρας	1.500	1	1	1.500	75%	59
Καφετιέρα	900 - 1200	1	1	1.100	75%	43
Κλιματιστικό - Μονάδα παραθύρου	750 - 1100	2	10	1.100	75%	860
Κουζίνα	5.000	1	7	5.000	75%	1.369
Πλυντήριο πιάτων	1200 - 2400	1	2	2.000	75%	156
Πλυντήριο ρούχων	350 - 500	1	3	500	75%	59
Ραδιόφωνο	20 - 400	1	2	300	75%	23
Σίδερο ρούχων	1000 - 1800	1	1	1.500	75%	59
Φορητός υπολογιστής	50	2	21	50	75%	82
Ψυγείο	300 - 725	1	168	600	75%	3.942
Στεγνωτήρι μαλλιών	1000- 1875	1	2	1.400	75%	110
Τηλεόραση	80 - 300	1	21	200	75%	164
Υπολογιστής	200 - 300	1	18	300	75%	211
Φούρνος μικροκυμάτων	750 - 1200	1	2	1.200	75%	94
Φωτισμός με λάμπες οικονομίας		10	42	15	75%	246
Τοστιέρα		1	1	1.000	75%	39
Σύνολο			28	19.165		7.571

Εικόνα 8.5.1.

## 8.6. Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής θερμότητας

Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της εφαρμογής ΑΠΕ για παραγωγή θερμότητας σε κατοικία εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα. Αυτά είναι:

- Ο τύπος έργου. Εδώ επιλέγεται η παραγωγή θερμότητας,
- Η τεχνολογία. Επιλέγεται σύστημα βιομάζας.
- Ο τύπος ανάλυσης. Επιλέγεται η μέθοδος 1.
- Η θερμογόνος ικανότητα. Επιλέγεται η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα για τους λόγους που προαναφέρθηκαν στην ενότητα 8.5.
- Το νόμισμα. Επιλέγεται το ευρώ.
- Οι μονάδες. Επιλέγονται οι μονάδες μετρικού συστήματος.
- Η τοποθεσία των κλιματικών δεδομένων. Όπως προαναφέρθηκε οι τοποθεσίες θα είναι ένας νομός από κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδος (Ηράκλειο, Κέρκυρα, Θεσσαλονίκη και Κοζάνη). Άρα και θα έχουμε τέσσερα διαφορετικά σενάρια παραγωγής θερμότητας.

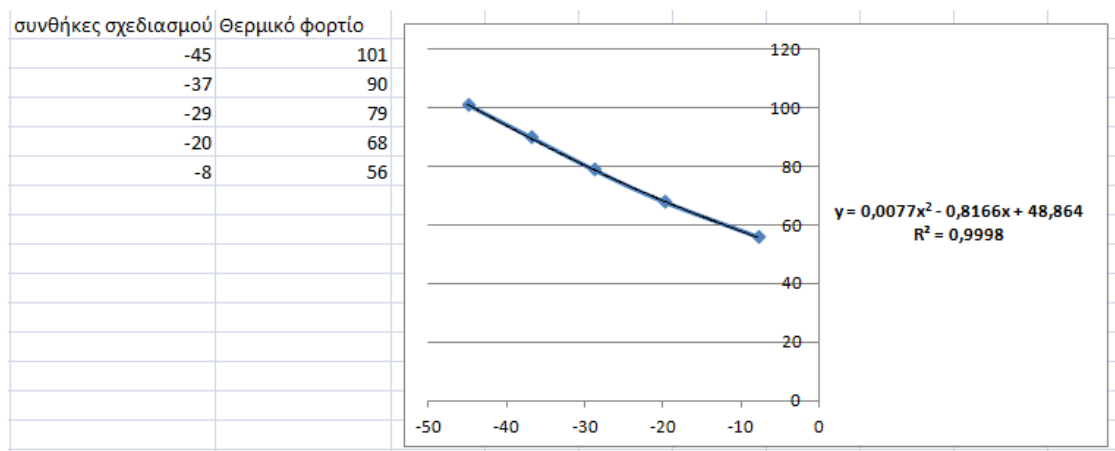
Για το έργο παραγωγής θερμότητας λοιπόν εισάγονται τα ακόλουθα δεδομένα:

- Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου βασικής περίπτωσης: 100 τ.μ.
- Μέτρα ενεργειακής απόδοσης, προτεινόμενη περίπτωση. Εδώ εισάγουμε 20% αφού επιθυμούμε το 80% της παραγωγής θερμότητας να γίνεται από το σύστημα της προτεινόμενης περίπτωσης.
- Το φορτίο θέρμανσης για το κτίριο. Το λογισμικό προσφέρει βοήθεια για εύρεση του θερμικού φορτίου με διάγραμμα βάσει της θερμοκρασίας σχεδιασμού και της μόνωσης. Η μόνωση που επιλέγουμε είναι η μέτρια μόνωση. Οι θερμοκρασίες σχεδιασμού έχουν βρεθεί για τις περιοχές που έχουμε επιλέξει και έχουν δοθεί στον Πίνακα 8.4.1. Όμως με μια πρώτη ματιά, οι θερμοκρασίες σχεδιασμού για τις περιοχές που έχουμε επιλέξει είναι εκτός των αξόνων του διαγράμματος που δίνεται οπότε και ακολουθείται μια επιπλέον διαδικασία.
  - Με τη βοήθεια του προγράμματος του excel δημιουργούμε ένα πίνακα τιμών. Εισάγουμε τις διακεκριμένες τιμές των θερμοκρασιών σχεδιασμού για μέτρια θερμομόνωση και έπειτα τις τιμές των θερμικών φορτίων στα οποία αντιστοιχούν.
  - Δημιουργούμε διάγραμμα και επιλέγουμε να κάνουμε προσθήκη γραμμής τάσης με σκοπό να βρούμε την πλησιέστερη – ακριβέστερη συνάρτηση που δίνει αυτό το διάγραμμα.
  - Αφού βρεθεί η συνάρτηση τοποθετούμε τους αγνώστους (τις θερμοκρασίες σχεδιασμού χειμώνα) και καταλήγουμε στα φορτία θέρμανσης για το κτίριο.

Στον Πίνακα 8.6.1. δίνονται τα φορτία θέρμανσης για το κτίριο-κατοικία των 100 τ.μ. ανά περιοχή όπως επίσης και στην Εικόνα 8.6.1. φαίνεται η γραμμή τάσης και η συνάρτηση. Στην Εικόνα 8.6.2. δίνεται το διάγραμμα που προσφέρει το λογισμικό για την εύρεση του φορτίου θέρμανσης.

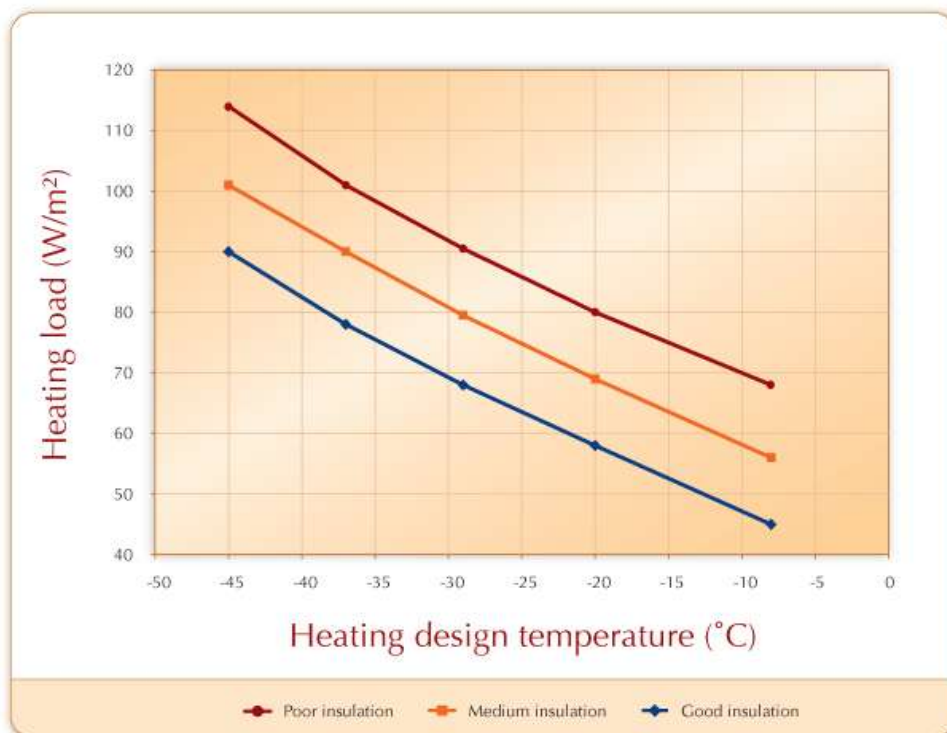
Νομός	Φορτία θέρμανσης σε W/m <sup>2</sup>
Ηράκλειο	44,99
Κέρκυρα	48,45
Θεσσαλονίκη	51,38
Κοζάνη	55,89

Πίνακας 8.6.1.



Εικόνα 8.6.1.

RETScreen



Εικόνα 8.6.2.

- Η ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης. Εδώ εισάγουμε σε ποσοστό επί του φορτίου θέρμανσης το απαιτούμενο ζεστό νερό χρήσης. Βάσει της τεχνικής οδηγίας του ΤΕΕ 20701-1/2010<sup>[99]</sup>, το ημερήσιο απαιτούμενο φορτίο για ζεστό νερό χρήσης δίνεται από τον τύπο:

$$Q_d = V_d \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T, \text{ [kJ/ημέρα, m}^2\text{]},$$

όπου  $V_d = 2,50 \text{ [l/m}^2\text{/ημέρα]}$ ,

$c$  η ειδική θερμότητα,  $c=4,18\text{kJ/(kg.K)}$ ,

$\rho$  η πυκνότητα του νερού,  $\rho=1 \text{ kg/l}$  και

$\Delta T$  η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης ( $50^\circ\text{C}$ ). Μετά από πράξεις και από τις απαραίτητες μετατροπές μονάδων για να έχουμε το αποτέλεσμα σε  $\text{W/m}^2$  καταλήγουμε στη ζήτηση του ζεστού νερού χρήσης. Τέλος το μετατρέπουμε σε ποσοστό επί του φορτίου θέρμανσης και εισάγουμε τα δεδομένα σε κάθε σενάριο θέρμανσης για κάθε περιοχή.

Οι θερμοκρασίες του νερού του δικτύου δίνονται ανά κλιματική ζώνη στην τεχνική οδηγία ΤΕΕ 20701-1/2010. Άρα οι θερμοκρασιακές διαφορές ανά επιλεγόμενη περιοχή δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 8.6.2. Στον ίδιο πίνακα δίδονται η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης καθώς και το ποσοστό αυτής επί του θερμικού φορτίου.

Κλιματική ζώνη- Νομός	A - Ηράκλειο	B - Κέρκυρα	Γ - Θεσσαλονίκη	Δ - Κοζάνη
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου T ( $^\circ\text{C}$ )	19,7	18,1	16,4	14,5
Θερμοκρασιακή διαφορά νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης ( $\Delta T$ )	30,3	31,9	33,6	35,5
Ζήτηση ζεστού νερού χρήσης ( $\text{W/m}^2$ )	3,67	3,86	4,06	4,29
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης (%)	8,15	7,97	7,9	7,68

Πίνακας 8.6.2.

- Αύξηση αρχικού κόστους. Κατόπιν έρευνας αγοράς επιλέχθηκε μια τιμή των 4000€ για ένα λέβητα πέλλετ μαζί με το κόστος εγκατάστασης.
- Η τεχνολογία του συστήματος θέρμανσης της βασικής περίπτωσης. Επιλέχθηκε η αντλία θερμότητας.
- Η ισχύς του προτεινόμενου συστήματος θα είναι το 80% της ισχύς του βασικού συστήματος, αφού επιθυμούμε η παραγωγή του 80% της θέρμανσης να γίνεται από το προτεινόμενο σύστημα. Να σημειωθεί ότι η ισχύς του

βασικού συστήματος βρίσκεται και εισάγεται σαν δεδομένο από το ίδιο το λογισμικό.

- Τύπος καυσίμου βασικής περίπτωσης. Αφού έχουμε επιλέξει ως τεχνολογία συστήματος θέρμανσης την αντλία θερμότητας, ο τύπος καυσίμου είναι η ηλεκτρική ενέργεια.
- Τύπος καυσίμου προτεινόμενης περίπτωσης. Επιλέγουμε τη βιομάζα.
- Εποχιακή απόδοση. Επιλέγουμε 85% απόδοση και για το βασικό και για το προτεινόμενο σύστημα θέρμανσης.
- Τιμή καυσίμου. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας όπως πωλείται από τη ΔΕΗ για οικιακό τιμολόγιο είναι 0,10252 €/KWh<sup>[100]</sup>. Η τιμή του πέλλετ είναι 300€/t<sup>[101]</sup>.
- Η τεχνολογία του συστήματος θέρμανσης φορτίου αιχμής είναι η ίδια με αυτή του βασικού, δηλαδή η αντλία θερμότητας. Εισάγουμε τα δεδομένα του συστήματος θέρμανσης φορτίου αιχμής που είναι ακριβώς ίδια με αυτά του βασικού μας συστήματος.

Άλλη αύξηση αρχικού κόστους πέρα από την αγορά και εγκατάσταση του λέβητα πέλλετ δεν υπάρχει. Συνεχίζουμε με την εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων για την ανάλυση των εκπομπών.

- Απώλειες μεταφοράς και διανομής. Επιλέγεται το ποσοστό 10% με τον ίδιο τρόπο που επιλέχθηκαν οι απώλειες μεταφοράς και διανομής στο σενάριο για παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΤΘ). Επιλέγεται το ποσοστό του 0%.
- Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ. Επιλέγεται 0/tn CO<sub>2</sub>.

Για την οικονομική ανάλυση εισάγουμε τα τελευταία απαιτούμενα δεδομένα:

- Η τιμή πληθωρισμού. Επιλέγεται βάσει στοιχείων από τη Eurostat<sup>[96]</sup> όπου ο πληθωρισμός της Ελλάδας για τον μήνα Δεκέμβριο είναι 0,3%.
- Η διάρκεια ζωής του έργου. Επιλέγεται να είναι τα 25 έτη.
- Το επιτόκιο δανεισμού. Το επιτόκιο δανεισμού για ΑΠΕ στις περισσότερες τράπεζες κυμαίνεται στο 8,5% με 9%. Στην περίπτωσή μας επιλέχθηκε από την ALPHA τράπεζα το δάνειο ‘Πράσινες λύσεις’ με επιτόκιο δανεισμού 8,65%.<sup>[97]</sup>
- Η περίοδος χρέους. Επιλέγεται ότι η περίοδος χρέους είναι 2 έτη.
- Το τοκοχρεολύσιο. Το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται από το ποσό που δανείζει η τράπεζα, το επιτόκιο με το οποίο δανείζει και ανάλογα με την περίοδο χρέους που έχουμε επιλέξει. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει το 50% του κόστους της αγοράς και εγκατάστασης του λέβητα να δανειστεί από την τράπεζα. Άρα  $2.000\text{€}/24 \text{ μήνες}=83,34\text{€}$  ανά μήνα.  $83,34*8,65\%=7,2\text{€}$  ανά μήνα.  $83,34+7,2=90,55\text{€}$  η δόση που θα δίνεται στην τράπεζα κάθε μήνα.  $90,55*24 \text{ μήνες}=2.173\text{€}$  θα δοθούν στην τράπεζα κατά τη διάρκεια των 2 ετών

χρέους.  $2.173\text{€}/4.000\text{€}$  (σύνολο του κόστους της εγκατάστασης) =  $0,54325\text{€}$ . Άρα το τοκοχρεολύσιο είναι 54%.

- Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το κόστος συντήρησης ενός λέβητα πέλλετ είναι ίδιο με αυτό ενός τυπικού λέβητα πετρελαίου και περίπου ίσο με αυτό της συντήρησης μιας αντλίας θερμότητας. Οπότε και εισάγουμε την τιμή μηδέν στα κόστη συντήρησης αφού δεν υπάρχει εξοικονόμηση αλλά ούτε και επιπλέον δαπάνη αν θέσουμε σε ισχύ το προτεινόμενο σύστημα.<sup>[102,103,104]</sup>

Τα παραπάνω δεδομένα εισάγονται σε όλα τα σενάρια για παραγωγή θερμότητας που θα κάνουμε παρακάτω χωρίς να αλλάξει καμία τιμή παρά μόνο η επιλογή τοποθεσίας, το απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης για το κτίριο, η ισχύς του προτεινόμενου συστήματος (αφού αλλάζει ανάλογα με τις απαιτήσεις η ισχύς του βασικού) και η ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού (όπως υπολογίστηκαν παραπάνω ανά περιοχή).

### 8.7. Δεδομένα για το σενάριο παραγωγής ψύξης

Τέλος, τα δεδομένα που απαιτείται να εισαχθούν στο λογισμικό για το σενάριο παραγωγής ψύξης είναι τα ακόλουθα.

- Ο τύπος έργου. Εδώ επιλέγεται η παραγωγή ψύξης.
- Η τεχνολογία. Επιλέγεται η απορρόφηση.
- Τύπος ανάλυσης. Ομοίως με τα προηγούμενα σενάρια επιλέγεται η μέθοδος 1.
- Η θερμογόνος ικανότητα. Επιλέγεται για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην ενότητα 8.5., η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα.
- Ως νόμισμα επιλέγεται το ευρώ.
- Οι μονάδες που επιλέγονται είναι οι μονάδες του μετρικού συστήματος.
- Η τοποθεσία των κλιματικών δεδομένων. Όπως προαναφέρθηκε οι τοποθεσίες θα είναι ένας νομός από κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδος (Ηράκλειο, Κέρκυρα, Θεσσαλονίκη και Κοζάνη). Άρα και θα έχουμε τέσσερα διαφορετικά σενάρια παραγωγής θερμότητας.

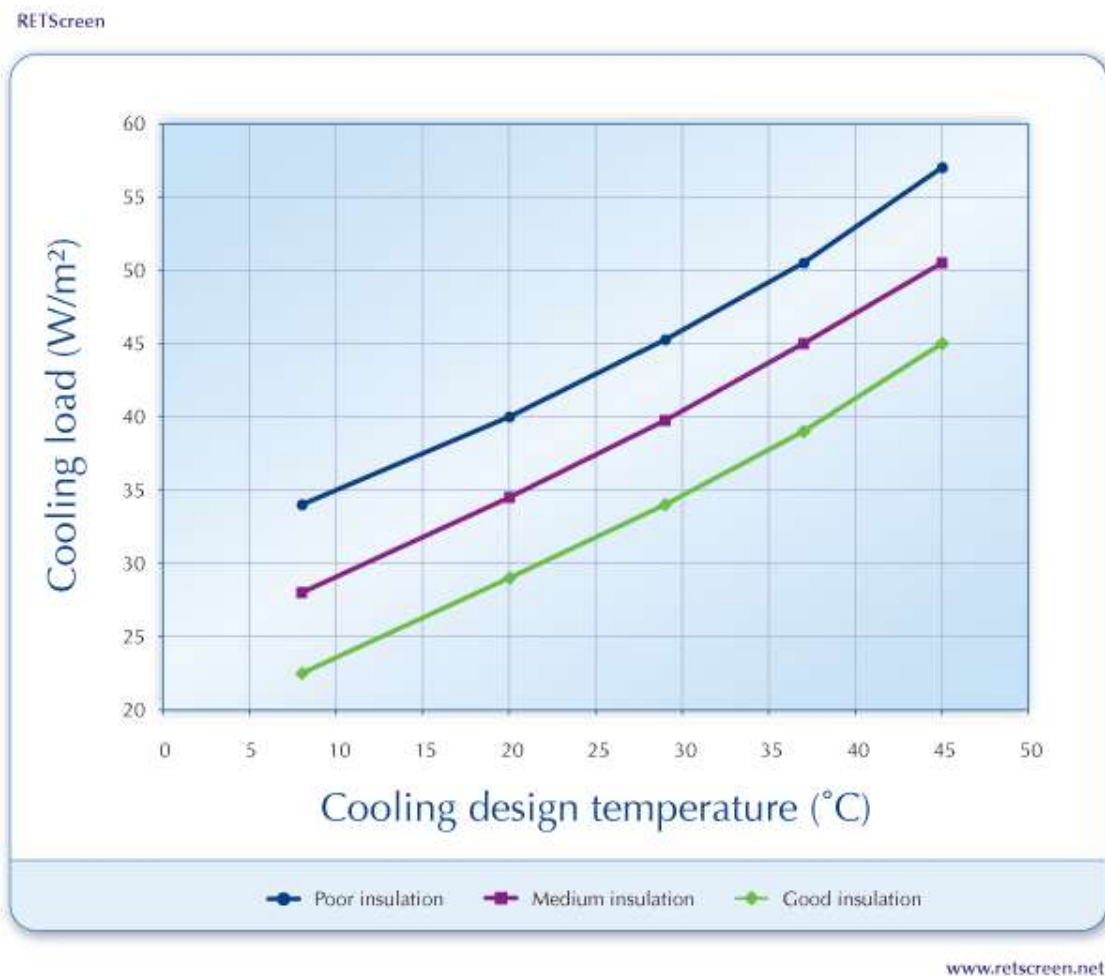
Για το έργο ψύξης εισάγονται τα παρακάτω δεδομένα:

- Η ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο, η οποία είναι 100 τ.μ.
- Μέτρα ενεργειακής απόδοσης, προτεινόμενη περίπτωση. Εδώ εισάγουμε 20% αφού επιθυμούμε το 80% της παραγωγής ψύξης να γίνεται από το σύστημα της προτεινόμενης περίπτωσης.
- Φορτίο ψύξης για το κτίριο. Το λογισμικό προσφέρει βοήθεια για εύρεση του ψυκτικού φορτίου με διάγραμμα βάσει της θερμοκρασίας σχεδιασμού και της μόνωσης. Η μόνωση που επιλέγουμε είναι η μέτρια μόνωση. Οι θερμοκρασίες σχεδιασμού έχουν βρεθεί για τις περιοχές που έχουμε επιλέξει και έχουν δοθεί στον Πίνακα 8.4.1. Παρακάτω δίνεται ο Πίνακας 8.7.1. όπου δίνονται τα

φορτία ψύξης για το κτίριο-κατοικία των 100 τ.μ. ανά περιοχή όπως επίσης και στην Εικόνα 8.7.1. δίνεται το διάγραμμα που προσφέρει το λογισμικό για την εύρεση του φορτίου ψύξης. Να σημειωθεί ότι για πιο ακριβή αποτελέσματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα excel με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιήθηκε παραπάνω για την εύρεση των φορτίων θέρμανσης.

Νομός	Φορτία ψύξης σε W/m <sup>2</sup>
Ηράκλειο	42,24
Κέρκυρα	43,57
Θεσσαλονίκη	43,57
Κοζάνη	42,90

Πίνακας 8.7.1.



Εικόνα 8.7.1.

Συνεχίζουμε με την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων:

- Ψύξη ανεξάρτητη καιρού. Εδώ εισάγουμε ποσοστό 0% αφού στην κατοικία μας δεν υπάρχουν δωμάτια που απαιτούν ψύξη ανεξάρτητα από τον καιρό. (πχ. δωμάτια με υπολογιστές).
- Ως τεχνολογία του βασικού συστήματος ψύξης επιλέγεται το air condition.
- Η ισχύς του προτεινόμενου συστήματος θα είναι το 80% της ισχύς του βασικού συστήματος, αφού επιθυμούμε η παραγωγή του 80% της ψύξης να γίνεται από το προτεινόμενο σύστημα. Να σημειωθεί ότι η ισχύς του βασικού συστήματος βρίσκεται και εισάγεται σαν δεδομένο από το ίδιο το λογισμικό.
- Αύξηση αρχικού κόστους. Κατόπιν έρευνας αγοράς επιλέχθηκε μια τιμή των 4000€ για ένα λέβητα πέλλετ μαζί με το κόστος εγκατάστασης και βρέθηκε το κόστος για ψύκτες 400€/kW<sup>[53]</sup> και το κόστος εγκατάστασης αυτών 12% του εξοπλισμού<sup>[53]</sup>. Άρα το κόστος θα είναι  $4000 + 400 * (\text{kW του ψύκτη}) + 0,12 * [400 * (\text{kW του ψύκτη})]$ .
- Τύπος καυσίμου βασικής περίπτωσης. Αφού έχουμε επιλέξει ως τεχνολογία συστήματος ψύξης το air condition, ο τύπος καυσίμου είναι η ηλεκτρική ενέργεια.
- Τύπος καυσίμου προτεινόμενης περίπτωσης. Επιλέγουμε τη βιομάζα αφού η τεχνολογία του προτεινόμενου συστήματος ψύξης είναι η απορρόφηση.
- Εποχιακή απόδοση. Επιλέγουμε 2,50% απόδοση και για το βασικό και για το προτεινόμενο σύστημα ψύξης.
- Τιμή καυσίμου. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας όπως πωλείται από τη ΔΕΗ για οικιακό τιμολόγιο είναι 0,10252 €/KWh<sup>[100]</sup>. Η τιμή του πέλλετ είναι 300€/t<sup>[101]</sup>.
- Η τεχνολογία του συστήματος ψύξης φορτίου αιχμής είναι η ίδια με αυτή του βασικού, δηλαδή το air condition. Εισάγουμε τα δεδομένα του συστήματος ψύξης φορτίου αιχμής που είναι ακριβώς ίδια με αυτά του βασικού μας συστήματος.

Άλλη αύξηση αρχικού κόστους πέρα από την αγορά και εγκατάσταση του λέβητα πέλλετ και του ψύκτη δεν υπάρχει. Προχωράμε με την εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων για την ανάλυση των εκπομπών.

- Απώλειες μεταφοράς και διανομής. Επιλέγεται το ποσοστό 10% με τον ίδιο τρόπο που επιλέχθηκαν οι απώλειες μεταφοράς και διανομής στο σενάριο για παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΤΘ). Επιλέγεται το ποσοστό του 0%.
- Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ. Επιλέγεται 0/tn CO<sub>2</sub>.



Για την οικονομική ανάλυση εισάγουμε τα τελευταία απαιτούμενα δεδομένα:

- Η τιμή πληθωρισμού. Επιλέγεται βάσει στοιχείων από τη Eurostat<sup>[96]</sup> όπου ο πληθωρισμός της Ελλάδας για τον μήνα Δεκέμβριο είναι 0,3%.
- Η διάρκεια ζωής του έργου. Επιλέγεται να είναι τα 25 έτη.
- Το επιτόκιο δανεισμού. Το επιτόκιο δανεισμού για ΑΠΕ στις περισσότερες τράπεζες κυμαίνεται στο 8,5% με 9%. Στην περίπτωση μας επιλέχθηκε από την ALPHA τράπεζα το δάνειο 'Πράσινες λύσεις' με επιτόκιο δανεισμού 8,65%.<sup>[97]</sup>
- Η περίοδος χρέους. Επιλέγεται ότι η περίοδος χρέους είναι 2 έτη.
- Το τοκοχρεολύσιο. Το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται από το ποσό που δανείζει η τράπεζα, το επιτόκιο με το οποίο δανείζει και ανάλογα με την περίοδο χρέους που έχουμε επιλέξει. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει το 50% του κόστους της αγοράς και εγκατάστασης του λέβητα και του ψύκτη να δανειστεί από την τράπεζα. Επομένως, όπως ακριβώς υπολογίστηκε παραπάνω το τοκοχρεολύσιο είναι 54%.
- Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το κόστος συντήρησης ενός λέβητα πέλλετ είναι ίδιο με αυτό της συντήρησης ενός air condition. Οπότε και δεν έχουμε επιπλέον έξοδα από τη συντήρηση του λέβητα πέλλετ. Για τη συντήρηση του ψύκτη λαμβάνουμε την παραδοχή ότι αποτελεί το 2% του κόστους του εξοπλισμού<sup>[53]</sup>.

Τα παραπάνω δεδομένα εισάγονται σε όλα τα σενάρια για παραγωγή ψύξης που θα κάνουμε παρακάτω χωρίς να αλλάξει καμία τιμή παρά μόνο η επιλογή τοποθεσίας, το απαιτούμενο φορτίο ψύξης για το κτίριο, η ισχύς του προτεινόμενου συστήματος (αφού αλλάζει ανάλογα με τις απαιτήσεις η ισχύς του βασικού), η αύξηση του αρχικού κόστους (αφού αλλάζει η ισχύς του προτεινόμενου συστήματος) και το κόστος συντήρησης αφού εξαρτάται από το κόστος του εξοπλισμού (δηλαδή την αύξηση του αρχικού κόστους).

## 8.8. Σενάρια παραγωγής ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης.

Στις παρακάτω υποενότητες θα παρατεθούν σε εικόνες τα σενάρια παραγωγής ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης ανά επιλεγόμενη περιοχή. Κάθε εικόνα θα περιλαμβάνει τα βήματα που ακολουθήθηκαν καθώς και την εισαγωγή δεδομένων που πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 69 <sup>[92]</sup>

### 8.8.1. Κλιματική ζώνη Α – Νομός Ηρακλείου Κρήτης

#### ➤ Παραγωγή Ηλεκτρισμού

Τύπος έργου	Παραγωγή ηλεκτρισμού
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

#### Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Iraklion (Civ/AFB)

Εικόνα 70

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ηλεκτροπαραγωγής

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης

Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό		
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2		
Φωτοβολταϊκό			
Ηλεκτρική ισχύς	kW	10,08	
Κατασκευαστής	Mitsubishi Electric		
Μοντέλο	Πολυ-Si - PV-UJ210GA6		
Συντελεστής ισχύος	%	12,0%	48 μονάδα(-ες)
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	10,6	
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	550,00	€/kWh

Εικόνα 71

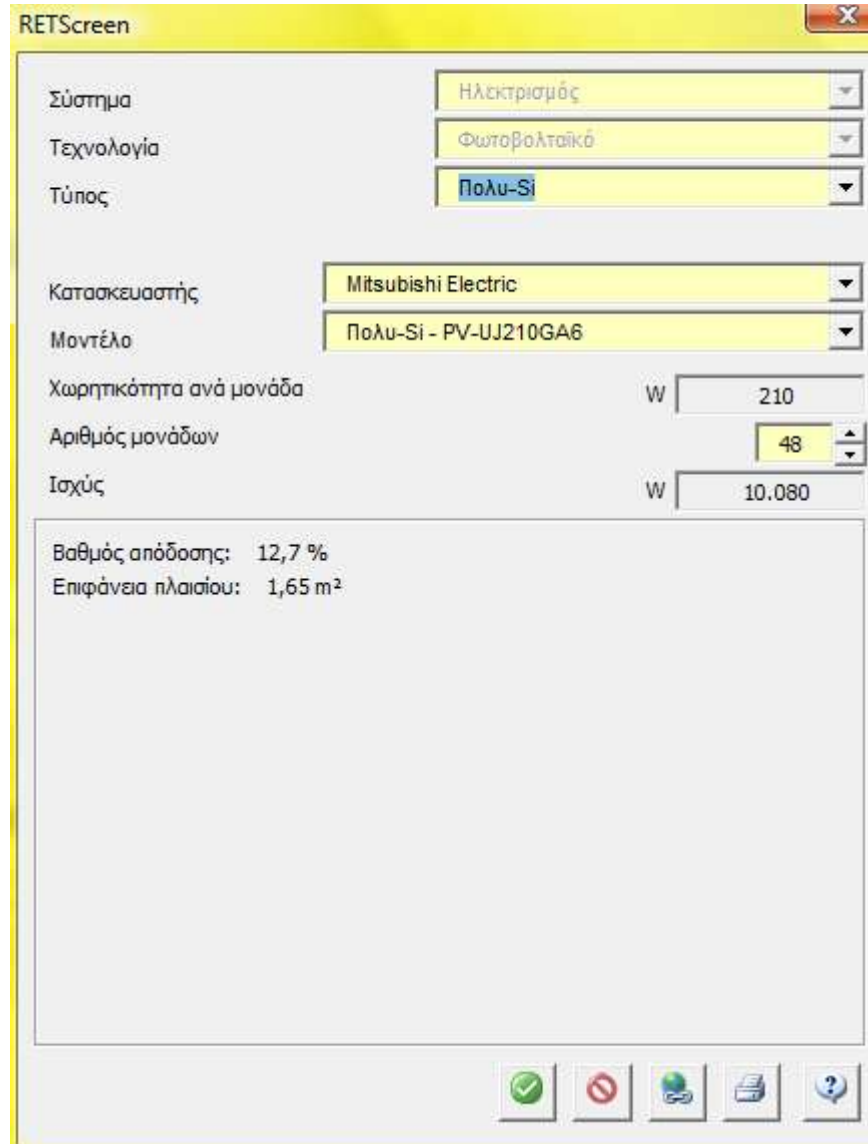
Ο κατασκευαστής και το μοντέλο επιλέχθηκαν από μια βάση δεδομένων όπως αναφέραμε παραπάνω. Σ' αυτή τη βάση επιλέχθηκε και ο αριθμός των μονάδων που θα κάλυπτε την απαιτούμενη ισχύ. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η βάση δεδομένων και η αύξηση του αρχικού κόστους.

Αύξηση αρχικού κόστους

€ 28.000

[Δείτε βάση δεδομένων προϊόντων](#)

Εικόνα 72



Εικόνα 73. Επιλογή του κατασκευαστή, του μοντέλου και του αριθμού των μονάδων.

Ανάλυση Εκπομπών				
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Κράτος - περιφέρεια	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
Ελλάδα				
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	10,0%
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	7,8		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,8		
<b>Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τέλη συναλλαγών τσιτώσεων εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
	tn CO2	7,0	ισοδυναμεί με	7,0 tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

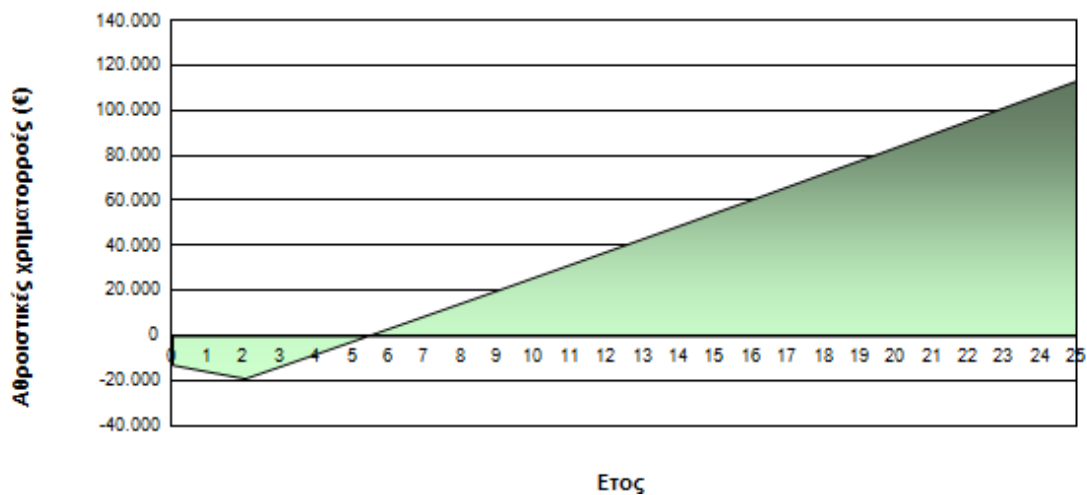
Εικόνα 74

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		54%
Επιτόκιο δανεισμού	%		8,65%
Περίοδος χρέους	έτος		2
<b>Αρχικά κόστη</b>			
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	€		28.000
Άλλο	€		0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€		28.000
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>	€		0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>			
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		300
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€		0
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€		8.554
	€		0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€		8.854
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>			
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€		0
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		5.828
	€		0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€		5.828
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>			
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		21,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος		5,1
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		5,4

Εικόνα 75

Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών



Εικόνα 76

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 5,4 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών.

➤ Παραγωγή Θερμότητας

Τύπος έργου	Παραγωγή θερμότητας
Τεχνολογία	Σύστημα βιομάζας
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Iraklion (Civ/AFB)
Δείξε δεδομένα	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 77

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο παραγωγής θερμότητας

Έργο παραγωγής θερμότητας		Βασική περίπτωση	Προτεινόμενη περίπτωση	
Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτηρίου	m <sup>2</sup>	100		
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης			20%	
Φορτίο θέρμανσης για κτήριο	W/m <sup>2</sup>	45	36	
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	8%	8%	
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	7	5	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου βάσης</b>				
Τεχνολογία		Αντλία Θερμότητας	Σύστημα	
Ισχύς	kW	4,5	3,6	100,0%
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh	6,8	5,4	100,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Εποχιακή απόδοση	%	85%	85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	8	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	815	372	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία		Αντλία θερμότητας		
Προτεινόμενη ισχύς	kW	0,0		
Ισχύς	kW	4,5		125,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια		
Εποχιακή απόδοση	%	85%		
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	0		
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh	0,0		0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103		
Κόστος καυσίμου	€	0		

Εικόνα 78

<b>Αύξηση αρχικού κόστους</b>	
€	4.000
€	-
€	-

Εικόνα 79

**Ανάλυση Εκπομπών**

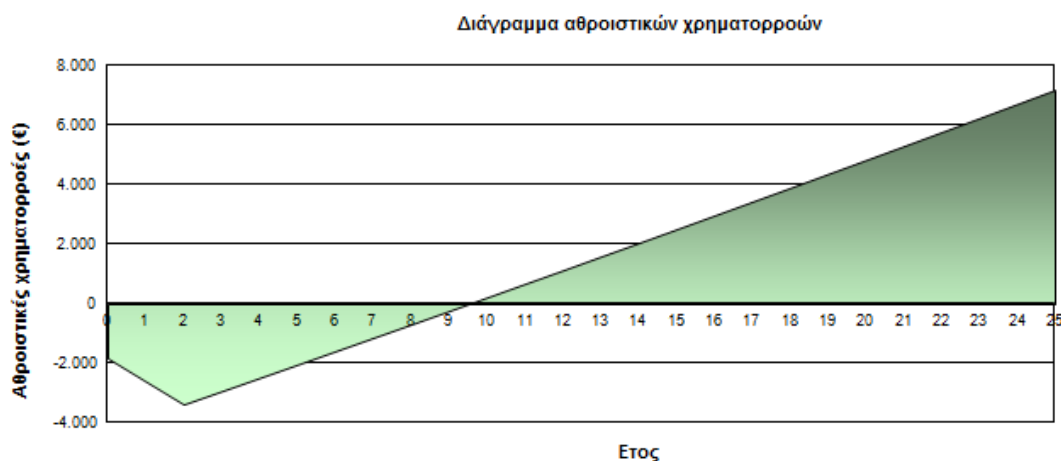
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	5,9		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,0		
<b>Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>		tn CO2	5,8	
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
<b>Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	5,8	ισοδυναμεί με	5,8
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 80

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>		
Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επιτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2
<b>Αρχικά κόστη</b>		
Σύστημα θέρμανσης	€	4.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	4.000
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>	€	0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>		
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	0
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	372
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.222
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	1.594
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>		
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	814
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	814
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	10,6%
Απλή αποπληρωμή	έτος	9,0
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	9,5

Εικόνα 81



Εικόνα 82

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 9,5 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας.



➤ Παραγωγή Ψύξης

Τύπος έργου

Τεχνολογία

Τύπος ανάλυσης

Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς

Δείξε ρυθμίσεις

Γλώσσα

Εγχειρίδιο Χρήστη

Νόμισμα

Μονάδες

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 83

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ψύξης

Έργο ψύξης

	Βασική περίπτωση		Προτεινόμενη περίπτωση	
	m <sup>2</sup>	100	20%	
Ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο				
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης				
Φορτίο ψύξης για κτίριο	W/m <sup>2</sup>	42	34	
Ψύξη ανεξάρτητη καιρού	%	0%	0%	
Συνολική ζήτηση ψύξης	MWh	16	13	
<b>Σύστημα ψύξης βασικού φορτίου</b>				
Τεχνολογία		air condition	Απορρόφηση	
Ισχύς	kW	4,2	3,4	99,4%
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh	15,7	12,6	100,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός		2,50	2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	6	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	645	294	
<b>Σύστημα ψύξης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία		air condition		
Προτεινόμενη ισχύς	kW	0,0		
Ισχύς	kW		4,2	124,3%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός			2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh		0,0	0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		0	

Εικόνα 84

**Αύξηση αρχικού κόστους**

€ 5.523

€ -

€ -

Εικόνα 85

Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	4,7		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,0		
<b>Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	4,6		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
<b>Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	4,6	ισοδυναμεί με	4,6 tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

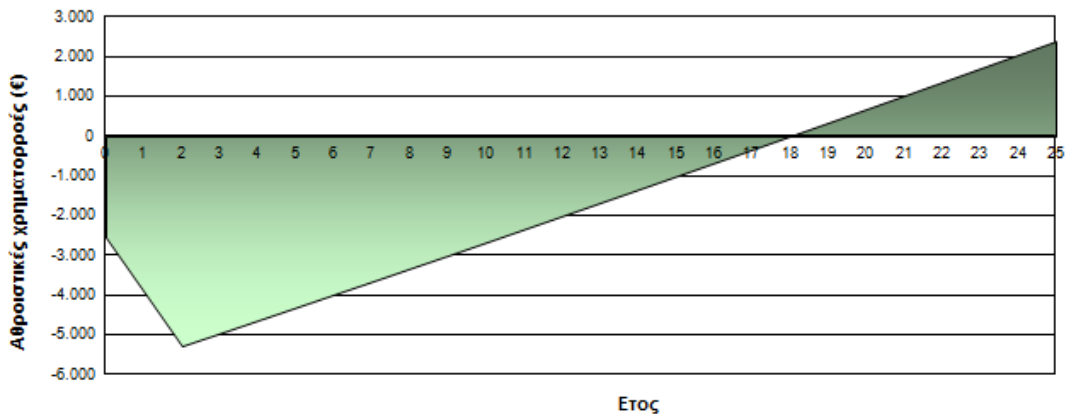
Εικόνα 86

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>		
Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Ετππόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2
<b>Αρχικά κόστη</b>		
Σύστημα ψύξης	€	5.523
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	5.523
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>	€	0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>		
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	30
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	295
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.687
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	2.012
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>		
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	645
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	645
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές	%	3,0%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-0,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	17,3
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	18,0

Εικόνα 87

Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών



Εικόνα 88

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 18 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση.

### 8.8.2. Κλιματική Ζώνη Β – Νομός Κέρκυρας

#### ➤ Παραγωγή Ηλεκτρισμού

Τύπος έργου	Παραγωγή ηλεκτρισμού
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

---

**Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας** *Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων*

Θέση κλιματολογικών δεδομένων Kerkira

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 89

#### Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ηλεκτροπαραγωγής

**Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης**

Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό	
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2	
Φωτοβολταϊκό Ηλεκτρική ισχύς Κατασκευαστής Μοντέλο Συντελεστής ισχύος	kW <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">10,08</span> Mitsubishi Electric Πολυ-Si - PV-UJ210GA6	48 μονάδα(-ες)
	% <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">12,0%</span>	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	10,6

---

Τμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">550,00</span>	€/kWh
----------------------------	-------	---	-------

Εικόνα 90

Ο κατασκευαστής και το μοντέλο επιλέχθηκαν από μια βάση δεδομένων όπως αναφέραμε παραπάνω. Σ' αυτή τη βάση επιλέχθηκε και ο αριθμός των μονάδων που θα κάλυπτε την απαιτούμενη ισχύ. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η βάση δεδομένων και η αύξηση του αρχικού κόστους.

**Αύξηση αρχικού κόστους**

€ 28.000

[Δείτε βάση δεδομένων προϊόντων](#)

Εικόνα 91

Εικόνα 92

**Ανάλυση Εκπομπών**

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Κράτος - περιφέρεια	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
Ελλάδα				
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	10,0%
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	7,8		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,8		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0	ισοδυναμεί με	7,0 tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 93

**Οικονομική Ανάλυση**

**Οικονομικοί Παράμετροι**

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

**Αρχικά κόστη**

Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	€	28.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	28.000

**Κίνητρα και επιχορηγήσεις**

	€	0
--	---	---

**Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους**

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	300
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	0
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	8.554
	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	8.854

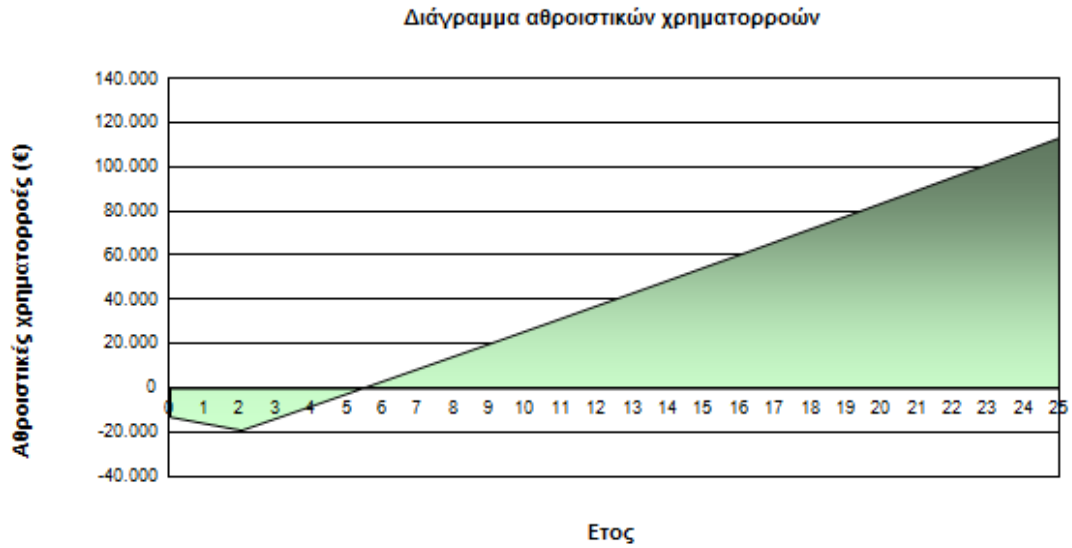
**Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα**

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	0
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	5.828
	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	5.828

**Οικονομική Βιωσιμότητα**

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	21,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος	5,1
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	5,4

Εικόνα 94



Εικόνα 95

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 5,4 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

➤ **Παραγωγή Θερμότητας**

Τύπος έργου	Παραγωγή θερμότητας
Τεχνολογία	Σύστημα βιομάζας
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

**Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας**

	<a href="#">Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων</a>
Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Kerkira
Δείξε δεδομένα	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 96

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο παραγωγής θερμότητας

Έργο παραγωγής θερμότητας		Βασική περίπτωση	Προτεινόμενη περίπτωση	
Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτίριου	m <sup>2</sup>	100		
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης			20%	
Φορτίο θέρμανσης για κτίριο	W/m <sup>2</sup>	48	39	
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	8%	8%	
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	7	6	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου βάσης</b>				
Τεχνολογία		Αντλία Θερμότητας	Σύστημα	
Ισχύς	kW	4,8	3,8	99,1%
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh	7,4	5,9	99,9%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Εμπορική απόδοση	%	85%	85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	9	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	889	406	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία			Αντλία θερμότητας	
Προτεινόμενη ισχύς	kW		0,0	
Ισχύς	kW		4,8	123,8%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Εμπορική απόδοση	%		85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh		0,0	0,1%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		1	

Εικόνα 97

Αύξηση αρχικού κόστους	
€	4.000
€	-
€	-

Εικόνα 98



Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς) Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
		tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	6,4		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,1		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	6,3		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	6,3	ισοδυναμεί με	6,3 tn CO2
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 99

Οικονομική Ανάλυση

Οικονομικοί Παράμετροι

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

Αρχικά κόστη

Σύστημα θέρμανσης	€	4.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	<b>4.000</b>

Κίνητρα και επιχορηγήσεις

	€	0
--	---	---

Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	0
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	406
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.222
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	<b>1.628</b>

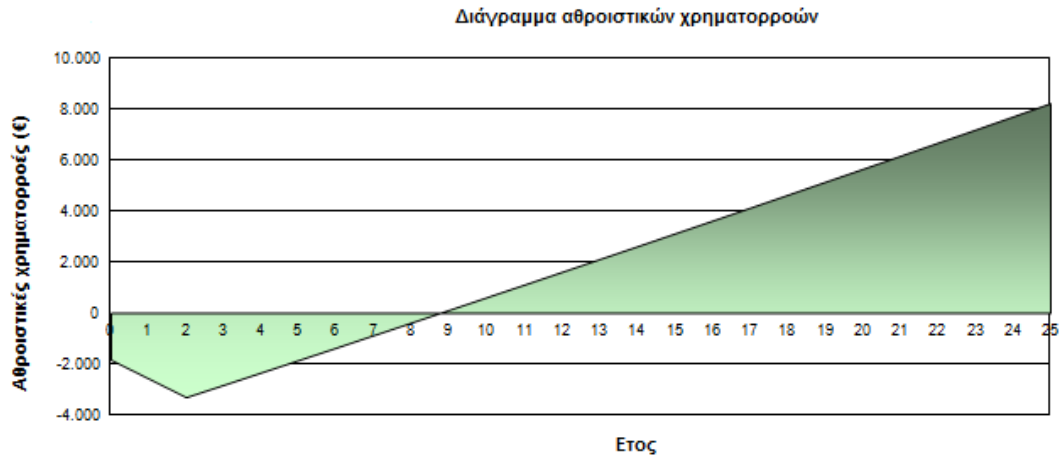
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	889
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	<b>889</b>

Οικονομική Βιωσιμότητα

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	11,9%
Απλή αποπληρωμή	έτος	8,3
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	8,8

Εικόνα 100



Εικόνα 101

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 8,8 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας.

➤ **Παραγωγή Ψύξης**

Τύπος έργου	Παραγωγή ψύξης
Τεχνολογία	Απορρόφηση
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

**Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας**

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Kerkira

Δείξε δεδομένα



Εικόνα 102

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ψύξης

		Βασική περίπτωση	Προτεινόμενη περίπτωση	
Ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο	m <sup>2</sup>	100		
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης			20%	
Φορτίο ψύξης για κτίριο	W/m <sup>2</sup>	44	35	
Ψύξη ανεξάρτητη καιρού	%	0%	0%	
Συνολική ζήτηση ψύξης	MWh	12	10	
<b>Σύστημα ψύξης βασικού φορτίου</b>				
Τεχνολογία		air condition	Απορρόφηση	
Ισχύς	kW	4,4	3,5	101,0%
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh	12,3	9,9	100,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός		2,50	2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	5	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	506	231	
<b>Σύστημα ψύξης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία			air condition	
Προτεινόμενη ισχύς	kW		0,0	
Ισχύς	kW		4,4	126,2%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός			2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh		0,0	0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		0	

Εικόνα 103

<b>Αύξηση αρχικού κόστους</b>	
€	5.568
€	-
€	-

Εικόνα 104

Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)	Τύπος	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Κράτος - περιφέρεια	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
Ελλάδα				

Εκπομπές ΑΤΘ				
Βασική περίπτωση	tn CO2	3,6		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,0		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	3,6		
Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	3,6	ισοδυναμεί με	3,6 tn CO2
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 105

Οικονομική Ανάλυση

Οικονομικοί Παράμετροι

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

Αρχικά κόστη

Σύστημα ψύξης	€	5.568
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	<b>5.568</b>

Κίνητρα και επιχορηγήσεις

	€	0
--	---	---

Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	31
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	231
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.701
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	<b>1.964</b>

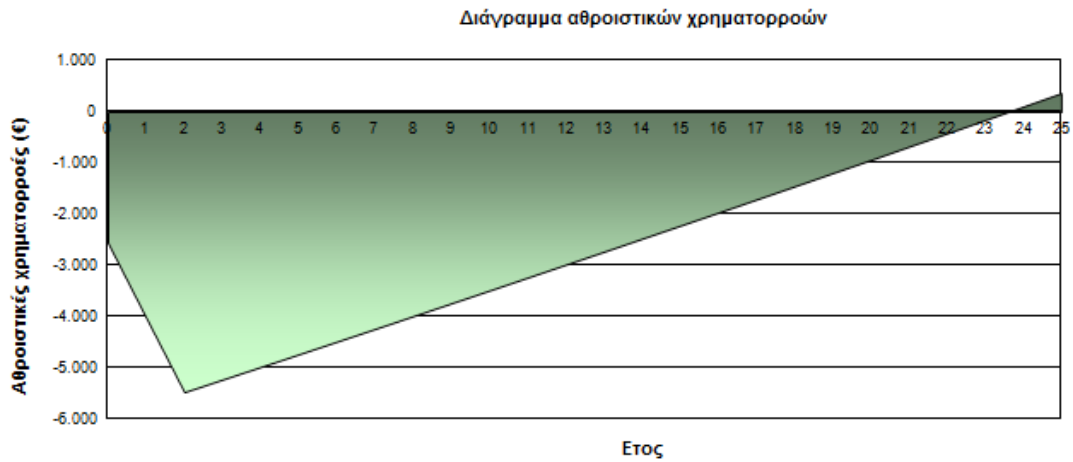
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	506
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	<b>506</b>

Οικονομική Βιωσιμότητα

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
	%	-2,6%
Απλή αποπληρωμή	έτος	22,9
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	23,6

Εικόνα 106



Εικόνα 107

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 23,6 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση.

### 8.8.3. Κλιματική ζώνη Γ – Νομός Θεσσαλονίκης

#### ➤ Παραγωγή Ηλεκτρισμού

Τύπος έργου	Παραγωγή ηλεκτρισμού
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

#### Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Thessaloniki/Mikra

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 108

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ηλεκτροπαραγωγής

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης			
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό		
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2		
Φωτοβολταϊκό			
Ηλεκτρική ισχύς	kW	10,08	
Κατασκευαστής	Mitsubishi Electric		
Μοντέλο	Πολυ-Si - PV-UJ210GA6 48 μονάδα(-ες)		
Συντελεστής ισχύος	%	12,0%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	10,6	
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	550,00	€/kWh

Εικόνα 109

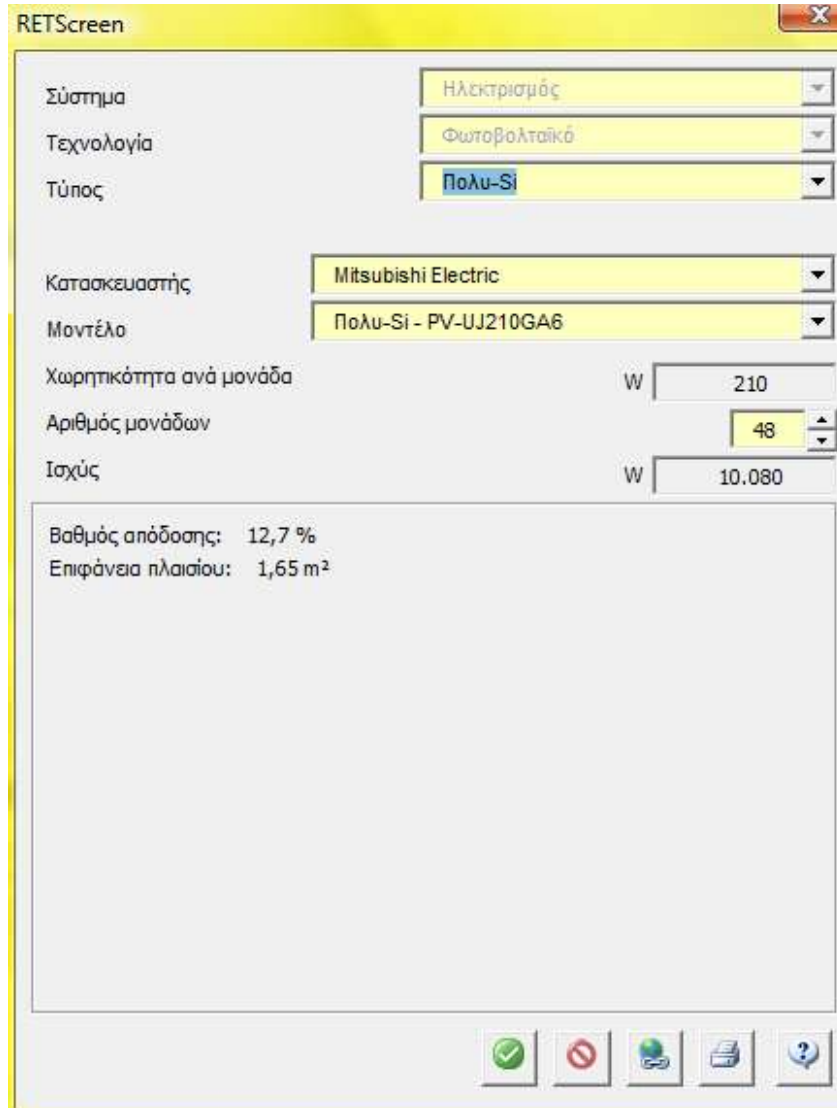
Ο κατασκευαστής και το μοντέλο επιλέχθηκαν από μια βάση δεδομένων όπως αναφέραμε παραπάνω. Σ' αυτή τη βάση επιλέχθηκε και ο αριθμός των μονάδων που θα κάλυπτε την απαιτούμενη ισχύ. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η βάση δεδομένων και η αύξηση του αρχικού κόστους.

Αύξηση αρχικού κόστους

€ 28.000

[Δείτε βάση δεδομένων προϊόντων](#)

Εικόνα 110



Εικόνα 111

Ανάλυση Εκπομπών					
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)		Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος Καυσίμου	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh	
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	10,0%	
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>					
Βασική περίπτωση	tn CO2	7,8			
Προτενομένη περίπτωση	tn CO2	0,8			
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0			
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%			
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0	ισοδυναμεί με	7,0	tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>					
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00			

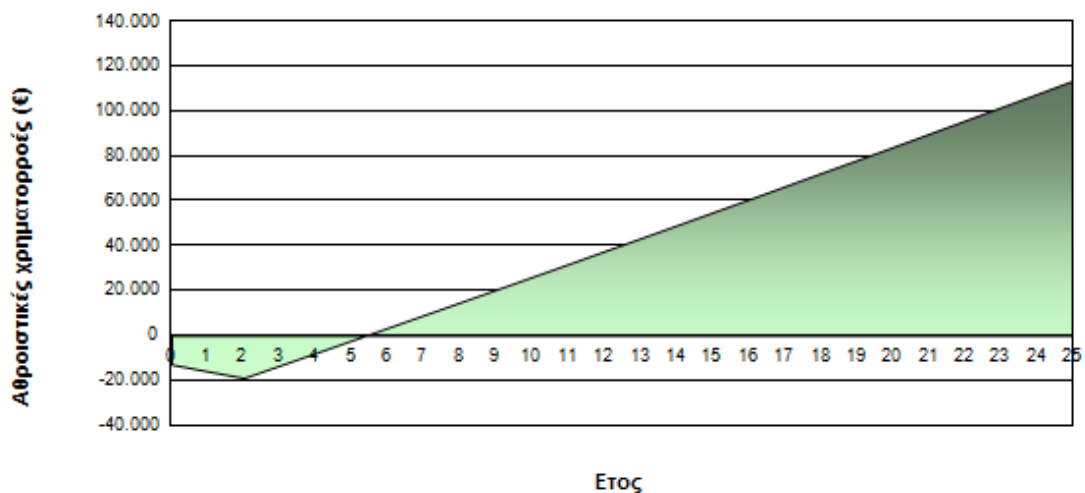
Εικόνα 112

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		54%
Επιτόκιο δανεισμού	%		8,65%
Περίοδος χρέους	έτος		2
<b>Αρχικά κόστη</b>			
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	€		28.000
Άλλο	€		0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€		28.000
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>			
	€		0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>			
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		300
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περπτωσηση	€		0
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€		8.554
	€		0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€		8.854
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>			
Κόστος καυσίμου - βασική περπτωσηση	€		0
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		5.828
	€		0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€		5.828
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>			
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		21,7%
	%		12,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος		5,1
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		5,4

Εικόνα 113

Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών



Εικόνα 114

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 5,4 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.



➤ Παραγωγή Θερμότητας

Τύπος έργου	Παραγωγή θερμότητας
Τεχνολογία	Σύστημα βιομάζας
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

*Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων*

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Thessaloniki/Mikra

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 115

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο παραγωγής θερμότητας

Έργο παραγωγής θερμότητας

	Βασική περίπτωση		Προτεινόμενη περίπτωση	
Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτηρίου	m <sup>2</sup>	100		
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης			20%	
Φορτίο θέρμανσης για κτήριο	W/m <sup>2</sup>	51	41	
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	8%	8%	
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	9	8	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου βάσης</b>				
Τεχνολογία		Αντλία Θερμότητας	Σύστημα	
Ισχύς	kW	5,1	4,1	99,3%
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh	9,5	7,6	99,9%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Εμπορική απόδοση	%	85%	85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	11	2	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	1.140	521	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία			Αντλία θερμότητας	
Προτεινόμενη ισχύς	kW		0,0	
Ισχύς	kW		5,1	124,1%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Εμπορική απόδοση	%		85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh		0,0	0,1%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		1	

Εικόνα 116

Αύξηση αρχικού  
κόστους

€ 4.000

€ -

€ -

Εικόνα 117

Ανάλυση Εκπομπών

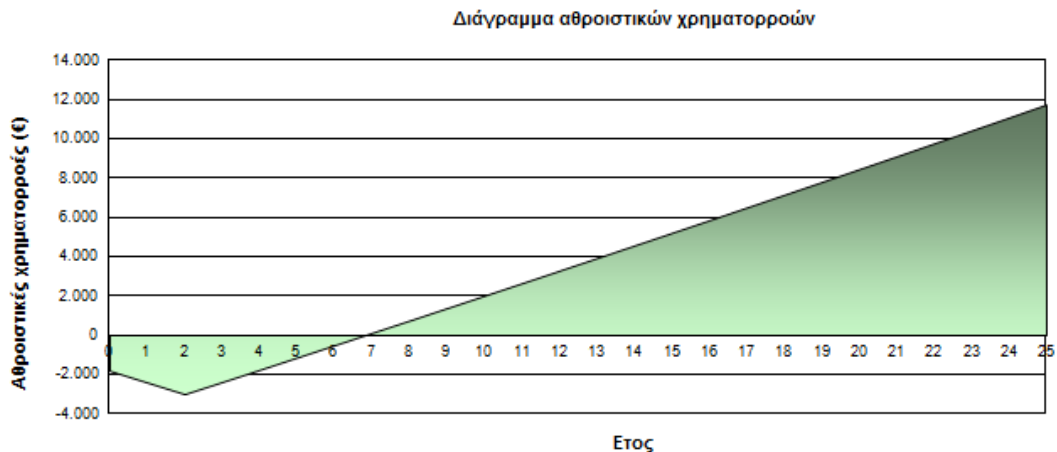
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	8,2		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,1		
<b>Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	8,1		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
<b>Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	8,1	ισοδυναμεί με	8,1
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 118

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>		
Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκαχρεολύσιο	%	54%
Επιτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2
<b>Αρχικά κόστη</b>		
Σύστημα θέρμανσης	€	4.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	4.000
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>		
	€	0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>		
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	0
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περρίπτωση	€	521
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.222
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	1.743
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>		
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	1.140
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	1.140
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	16,2%
Απλή αποπληρωμή	έτος	6,5
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	6,8

Εικόνα 119



Εικόνα 120

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 6,8 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση λέβητα βιομάζας.

➤ Παραγωγή Ψύξης

Τύπος έργου	Παραγωγή ψύξης
Τεχνολογία	Απορρόφηση
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Thessaloniki/Mikra
Δείξε δεδομένα	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 121

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ψύξης

Έργο ψύξης

	Βασική περίπτωση	Προτεινόμενη περίπτωση	
Ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο	m <sup>2</sup> 100	20%	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης			
Φορτίο ψύξης για κτίριο	W/m <sup>2</sup> 44	35	
Ψύξη ανεξάρτητη καιρού	% 0%	0%	
Συνολική ζήτηση ψύξης	MWh 11	9	
<b>Σύστημα ψύξης βασικού φορτίου</b>			
Τεχνολογία	air condition	Απορρόφηση	
Ισχύς	kW 4,4	3,5	101,0%
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh 11,0	8,8	100,0%
Τύπος Καυσίμου	Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός	MWh 2,50	2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh 4	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh 0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€ 453	207	
<b>Σύστημα ψύξης φορτίου αιχμής</b>			
Τεχνολογία		air condition	
Προτεινόμενη ισχύς	kW	0,0	
Ισχύς	kW	4,4	126,2%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός	MWh	2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	0	
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh	0,0	0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	
Κόστος καυσίμου	€	0	

Εικόνα 122

<b>Αύξηση αρχικού κόστους</b>	
€	5.568
€	-
€	-

Εικόνα 123

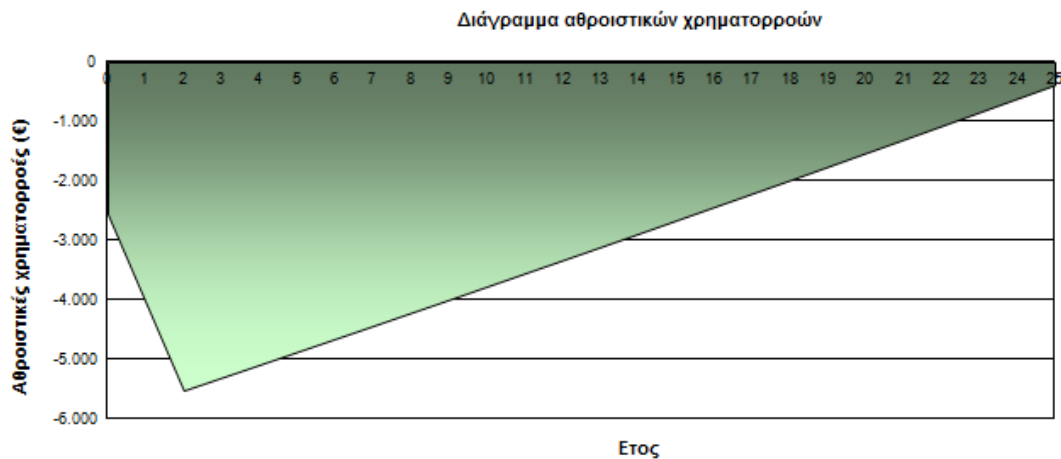
Ανάλυση Εκπομπών					
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς) Κράτος - περιφέρεια	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	10,0%	
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>					
Βασική περίπτωση	tn CO2	7,8			
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,8			
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0			
Τέλη συναλλαγών πίστωσης εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%			
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0	ισοδυναμεί με	7,0	tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>					
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00			

Εικόνα 124

**Οικονομική Ανάλυση**

<b>Οικονομικοί Παράμετροι</b>			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		54%
Επιτόκιο δανεισμού	%		8,65%
Περίοδος χρέους	έτος		2
<b>Αρχικά κόστη</b>			
Σύστημα ψύξης	€		5.568
Άλλο	€		0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€		5.568
<b>Κίνητρα και επιχορηγήσεις</b>			
	€		0
<b>Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους</b>			
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		31
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€		207
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€		1.701
Άλλο	€		0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€		1.939
<b>Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα</b>			
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€		453
Άλλο	€		0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€		453
<b>Οικονομική Βιωσιμότητα</b>			
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		-0,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος		25,9
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		> έργο

Εικόνα 125



Εικόνα 126

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται πάνω από τα 25,9 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση.

### 8.8.4. Κλιματική ζώνη Δ – Νομός Κοζάνης

#### ➤ Παραγωγή Ηλεκτρισμού

Τύπος έργου	Παραγωγή ηλεκτρισμού
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχαρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

#### Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

[Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 127

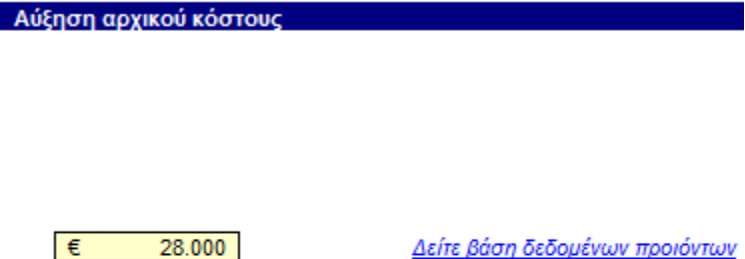
#### Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Έργο ηλεκτροπαραγωγής

##### Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης

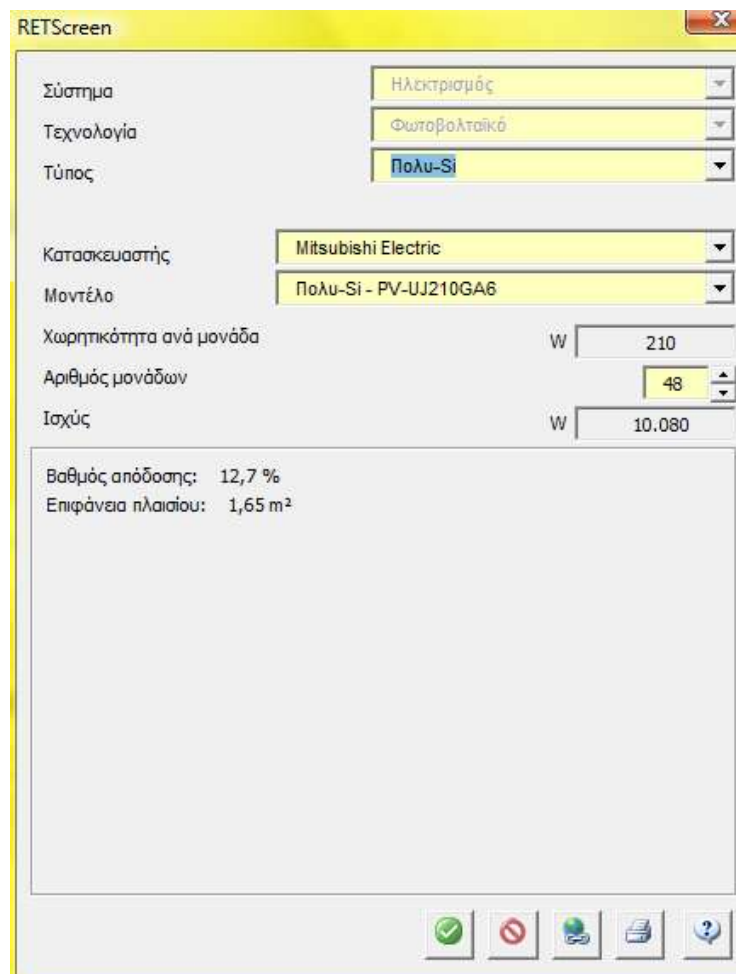
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό	
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2	
Φωτοβολταϊκό		
Ηλεκτρική ισχύς	kW 10,08	
Κατασκευαστής	Mitsubishi Electric	
Μοντέλο	Πολυ-Si - PV-UJ210GA6 48 μονάδα(-ες)	
Συντελεστής ισχύος	% 12,0%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	10,6
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	550,00
		€/kWh

Εικόνα 128

Ο κατασκευαστής και το μοντέλο επιλέχθηκαν από μια βάση δεδομένων όπως αναφέραμε παραπάνω. Σ' αυτή τη βάση επιλέχθηκε και ο αριθμός των μονάδων που θα κάλυπτε την απαιτούμενη ισχύ. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η βάση δεδομένων και η αύξηση του αρχικού κόστους.



Εικόνα 129



Εικόνα 130



**Ανάλυση Εκπομπών**

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς) Κράτος - περιφέρεια	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	10,0%
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	7,8		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,8		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	7,0	ισοδυναμεί με	7,0 tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 131

**Οικονομική Ανάλυση**

**Οικονομικοί Παράμετροι**

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Εππόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

**Αρχικά κόστη**

Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	€	28.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	28.000

**Κίνητρα και επιχορηγήσεις**

	€	0
--	---	---

**Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους**

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	300
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	0
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	8.554
	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	8.854

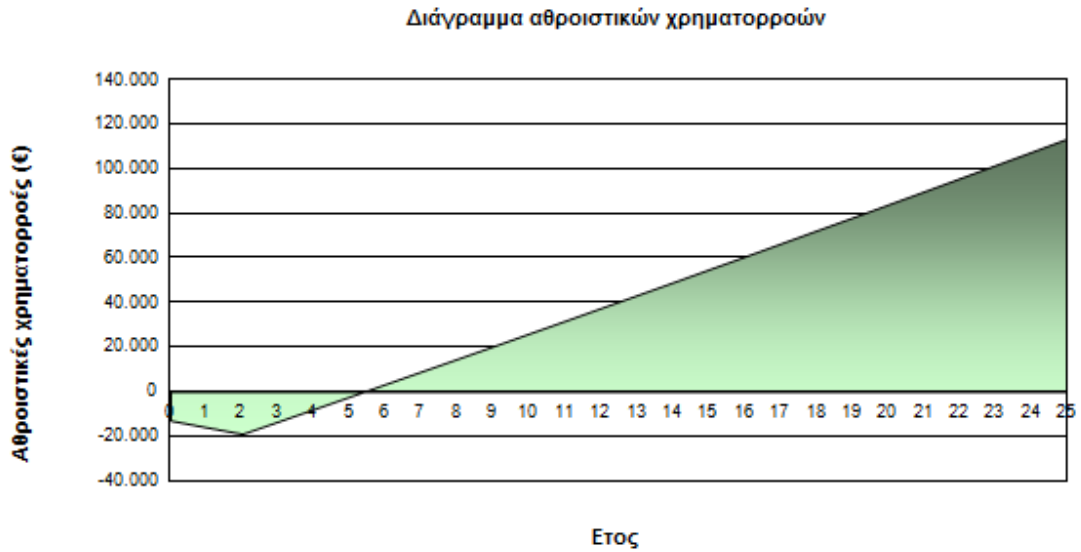
**Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα**

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	0
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	5.828
	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	5.828

**Οικονομική Βιωσιμότητα**

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	21,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος	5,1
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	5,4

Εικόνα 132



Εικόνα 133

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 5,4 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

➤ **Παραγωγή Θερμότητας**

Τύπος έργου	Παραγωγή θερμότητας
Τεχνολογία	Σύστημα βιομάζας
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

**Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας**

	<a href="#">Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων</a>
Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Kozáni
Δείξε δεδομένα	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 134

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΕ I Screen - Έργο παραγωγής θερμότητας

Έργο παραγωγής θερμότητας

	Βασική περίπτωση		Προτεινόμενη περίπτωση	
	μ <sup>2</sup>	100	20%	
Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου				
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης				
Φορτίο θέρμανσης για κτίριο	W/m <sup>2</sup>	56	45	
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	8%	8%	
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	13	11	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου βάσης</b>				
Τεχνολογία		Αντλία Θερμότητας	Σύστημα	
Ισχύς	kW	5,6	4,5	100,2%
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh	13,3	10,6	100,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Εμπορική απόδοση	%	85%	85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	16	2	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	1.601	731	
<b>Σύστημα θέρμανσης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία			Αντλία θερμότητας	
Προτεινόμενη ισχύς	kW		0,0	
Ισχύς	kW		5,6	125,2%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Εμπορική απόδοση	%		85%	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη θερμότητα	MWh		0,0	0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		0	

Εικόνα 135

Αύξηση αρχικού κόστους

€ 4.000

€ -

€ -

Εικόνα 136

Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738
<b>Εκπομπές ΑΤΘ</b>				
Βασική περίπτωση	tn CO2	11,5		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,1		
<b>Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>	tn CO2	11,4		
Τέλη συναλλαγών πίστωσης εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	11,4	ισοδυναμεί με	11,4 tn CO2
<b>Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ</b>				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00		

Εικόνα 137

Οικονομική Ανάλυση

Οικονομικοί Παράμετροι

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

Αρχικά κόστη

Σύστημα θέρμανσης	€	4.000
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	4.000

Κίνητρα και επιχορηγήσεις

	€	0
--	---	---

Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	0
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	731
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.222
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	1.953

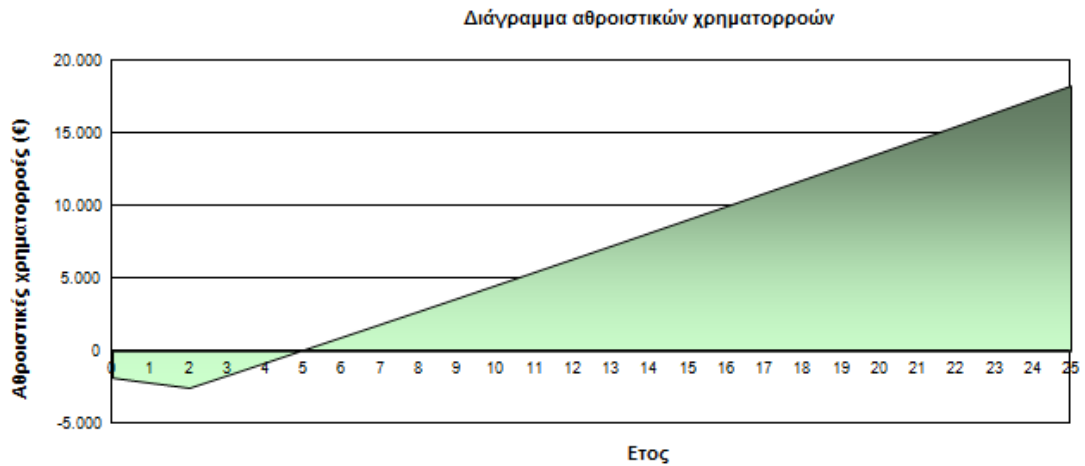
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	1.601
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	1.601

Οικονομική Βιωσιμότητα

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	24,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	4,6
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	4,9

Εικόνα 138



Εικόνα 139

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 4,9 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας.

➤ **Παραγωγή Ψύξης**

Τύπος έργου	Παραγωγή ψύξης
Τεχνολογία	Απορρόφηση
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input checked="" type="checkbox"/>
Γλώσσα Εγχειρίδιο Χρήστη	Greek - Ελληνικά English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

---

**Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας** *Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων*

Θέση κλιματολογικών δεδομένων Κοζάνι

Δείξε δεδομένα

Εικόνα 140

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Εργο ψύξης

	Βασική περίπτωση		Προτεινόμενη περίπτωση	
	μ²	100	20%	
Ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο				
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης				
Φορτίο ψύξης για κτίριο	W/m²	43	34	
Ψύξη ανεξάρτητη καιρού	%	0%	0%	
Συνολική ζήτηση ψύξης	MWh	10	8	
<b>Σύστημα ψύξης βασικού φορτίου</b>				
Τεχνολογία		air condition	Απορρόφηση	
Ισχύς	kW	4,3	3,4	100,2%
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh	10,3	8,2	100,0%
Τύπος Καυσίμου		Ηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός		2,50	2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	4	1	tn
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,103	300,000	€/t
Κόστος καυσίμου	€	422	193	
<b>Σύστημα ψύξης φορτίου αιχμής</b>				
Τεχνολογία			air condition	
Προτεινόμενη ισχύς	kW		0,0	
Ισχύς	kW		4,3	125,3%
Τύπος Καυσίμου			Ηλεκτρική ενέργεια	
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός			2,50	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh		0	
Αποδιδόμενη ψύξη	MWh		0,0	0,0%
Τιμή Καυσίμου	€/kWh		0,103	
Κόστος καυσίμου	€		0	

Εικόνα 141

Αύξηση αρχικού κόστους	
€	5.523
€	-
€	-

Εικόνα 142

Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος	tn CO2/MWh	%	tn CO2/MWh
Ελλάδα	Όλοι οι τύποι	0,664	10,0%	0,738

Εκπομπές ΑΤΘ				
Βασική περίπτωση	tn CO2	3,0		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,0		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	3,0		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,0%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	3,0	ισοδυναμεί με	3,0 tn CO2

Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ		
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO2	0,00

Εικόνα 143

Οικονομική Ανάλυση

Οικονομικοί Παράμετροι

Τιμή πληθωρισμού	%	0,3%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Τοκοχρεολύσιο	%	54%
Επτόκιο δανεισμού	%	8,65%
Περίοδος χρέους	έτος	2

Αρχικά κόστη

Σύστημα ψύξης	€	5.523
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	€	5.523

Κίνητρα και επιχορηγήσεις

	€	0
--	---	---

Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους

Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	30
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	193
Πληρωμές χρέους - 2 έτη	€	1.687
Άλλο	€	0
<b>Συνολικά ετήσια κόστη</b>	€	1.910

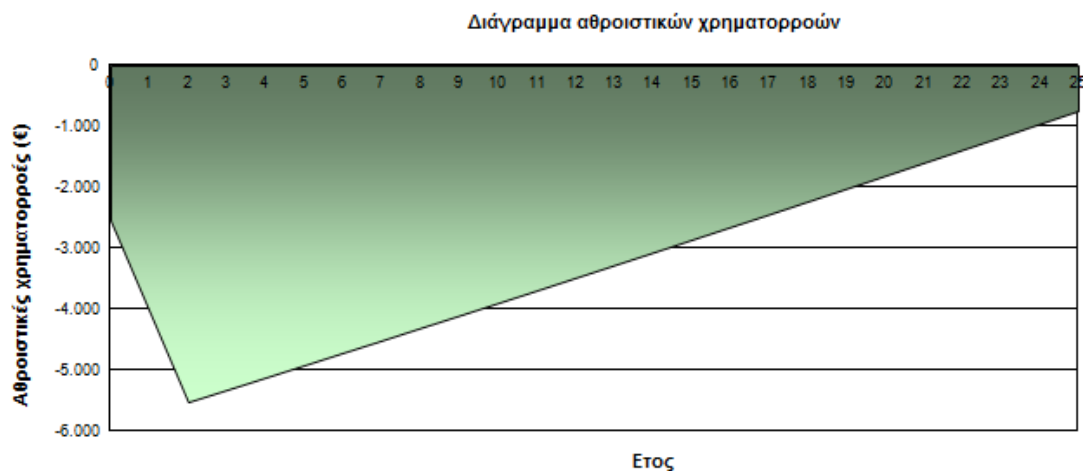
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα

Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	422
Άλλο	€	0
<b>Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα</b>	€	422

Οικονομική Βιωσιμότητα

Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχές (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
Απλή αποπληρωμή	%	-3,9%
Απλοπληρωμή Μετοχών	έτος	27,7
	έτος	> έργο

Εικόνα 144



Εικόνα 145

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στα 27,7 έτη, οπότε και θα ξεκινήσει να αποφέρει κέρδος η εγκατάσταση.

### 8.9. Συμπεράσματα

Κατόπιν μελέτης των αποτελεσμάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων αποτελεί μια εφαρμογή ΑΠΕ που αποφέρει κέρδος στον επενδυτή σε μόλις 5,4 έτη, ανεξάρτητα από το μέρος της Ελλάδας στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση. Στην Α,Β και Γ κλιματική ζώνη η εφαρμογή φωτοβολταϊκών αποτελεί την πιο συμφέρουσα επένδυση αλλά ακόμη και στη Δ, που δεν είναι η πλέον συμφέρουσα, η διαφορά με αυτήν είναι μικρή (της τάξεως του εξαμήνου).

Ειδικότερα:

Η πιο συμφέρουσα επένδυση στη Δ κλιματική ζώνη είναι η εγκατάσταση λέβητα βιομάζας (αποπληρωμή σε 4,9 έτη). Φαίνεται λογικό μιας και η Κοζάνη και οι υπόλοιπες περιοχές της Δ ζώνης είναι ορεινές και έχουν βαρύ χειμώνα. Η εγκατάσταση για παραγωγή ψύξης με απορρόφηση φαίνεται να είναι απαγορευτική μιας και η αποπληρωμή του έργου γίνεται πέραν της ίδιας της διάρκειας ζωής του έργου.

Για την Α,Β και Γ κλιματική ζώνη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών αποτελεί την πιο συμφέρουσα επένδυση. Αξίζει όμως να αναφερθούμε και στα συμπεράσματα που καταλήγουμε όσον αφορά την παραγωγή θερμότητας και ψύξης.

Συγκρίνοντας τα έτη αποπληρωμής της επένδυσης για εφαρμογή λέβητα βιομάζας στο κτίριο-κατοικία στο Ηράκλειο (Α ζώνη), στην Κέρκυρα (Β ζώνη) και στη Θεσσαλονίκη (Γ ζώνη), παρατηρούμε ότι είναι πιο συμφέρον να εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα στη Θεσσαλονίκη απ' ότι στο Ηράκλειο. Ομοίως, αποτελεί



συμφέρουσα επιλογή η εγκατάσταση συστήματος ψύξης με αφύγρανση στο Ηράκλειο, απ' ότι στις υπόλοιπες περιοχές αφού ειδικά στη Θεσσαλονίκη και Κοζάνη η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα φέρει κέρδος στον επενδυτή μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του έργου.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι δυσχερείς οικονομικές συνθήκες και οι επιβλαβείς για το περιβάλλον συνήθειες έχουν κάνει την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαραίτητη. Ο ήλιος, ο αέρας και η γη, πηγές ενέργειας ανεξάντλητες, πηγές ενέργειας πανταχού παρούσες, μένουν αναξιοποίητες με μόνο αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και την εξάρτηση από τις συμβατικές μορφές ενέργειας.

Κάποτε ο ποιητής Λορέντζος Μαβίλης έγραψε «Πατρίδα, σὰν τὸν ἥλιο σου ἥλιος ἄλλοῦ δὲ λάμπει», κυριολεκτώντας, η Ελλάδα παρουσιάζει ένα υψηλό ηλιακό δυναμικό και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας παραμένει σχεδόν σταθερή.

Όταν ο ήλιος φεύγει παίρνει τη θέση του ο αέρας, που πνέει ακόμη και τους καλοκαιρινούς μήνες χαρίζοντάς μας μόνο δροσιά ενώ μπορεί να χαρίσει πολλά περισσότερα. Η εφαρμογή ανεμογεννητριών, και ειδικά των νέων τεχνολογικά, στις οποίες έχουν εξαλειφθεί τα λιγοστά εκείνα μειονεκτήματα των παλαιότερων, μπορεί να αποφέρει πολλά οφέλη.

Τέλος η γη μας, που μας έχει χαρίσει απλόχερα τόσα πολλά μπορεί να αποτελέσει σημαντικό βοήθημα για την αξιοποίηση άλλων μορφών ενέργειας και αυτό λόγω της ικανότητας που έχει να διαφυλάττει τους καρπούς της από το κρύο και από τη ζέστη, διατηρώντας τους σε μια σταθερή θερμοκρασία.

Ας αναλογιστούμε λοιπόν όλοι, μ' αυτά τα δώρα που μας δόθηκαν τι καλό μπορούμε να κάνουμε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Πηγή εικόνας εξωφύλλου : [www.anton-solutions.com](http://www.anton-solutions.com)

- [1] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων. Ελλάδα Αθήνα,2011.
- [2] Κολοκοτσά Δ. Κτίριο μηδενικής κατανάλωσης, διεθνής εμπειρία και μελέτες περίπτωσης. Συνέδριο για Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης. Ελλάδα, 2010.
- [3] [www.ecotimes.gr](http://www.ecotimes.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 1/12/2012.
- [4] [www.zeroenergybuildings.org](http://www.zeroenergybuildings.org), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [5] [www.fibran.gr](http://www.fibran.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [6] [www.econ3.gr](http://www.econ3.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [7] [www.biohomes.gr](http://www.biohomes.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [8] [www.cres.gr](http://www.cres.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [9] [www.wbdg.org](http://www.wbdg.org), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [10] [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov), Ημερομηνία επίσκεψης 2/12/2012.
- [11] M. Kapsalaki, V. Leal, M. Santamouris. A methodology for economic efficient design of Net Zero Energy Buildings. Energy and Buildings Elsevier, 2012.
- [12] [www.buildnet.gr](http://www.buildnet.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [13] [www.heatpumps.org.uk](http://www.heatpumps.org.uk), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [14] [www.technotec.gr](http://www.technotec.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [15] [www.tempa.gr](http://www.tempa.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [16] [www.energy-measures.com](http://www.energy-measures.com), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [17] [www.zeon.com.gr](http://www.zeon.com.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [18] [energy.gov](http://energy.gov), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [19] [progress21.com.ua/en](http://progress21.com.ua/en), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [20] [www.biochem.com.gr](http://www.biochem.com.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.

- [21] [www.thermansipress.gr](http://www.thermansipress.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [22] Chua K.J., Chou S.K., Yang W.M. Advances in heat pump systems: A review. Applied Energy Elsevier; 2010.
- [23] [www.ignou.ac.in](http://www.ignou.ac.in), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [24] [www.magnacool.net](http://www.magnacool.net), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [25] [www.webopedia.com](http://www.webopedia.com), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [26] Intelligent Energy Europe. Solco. Ψύκτες. Σεμινάριο ηλιακού κλιματισμού. Ελλάδα; 2008.
- [27] Ζηδιανάκης Γ. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για μελέτη συστημάτων ηλιακού κλιματισμού. Εφαρμογή στο υπό κατασκευή δημαρχείο του δήμου 'Ν.Καζαντζάκης' στο Ν.Ηρακλείου. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Διατριβή. Ελλάδα; 2007.
- [28] Τσούτσος Θ., Κορμά Ε., Καραγιώργα Μ., Δρόσου Β., Αηδόνη Α. Οδηγός Ηλιακού Κλιματισμού. ΚΑΠΕ.
- [29] Μάκαρη Α. Αξιοποίηση απορριπτόμενης θερμότητας για παραγωγή ψύξης με διάταξη συγκλίνοντος- αποκλίνοντος ακροφυσίου. Διπλωματική εργασία. Ελλάδα; 2010.
- [30] Yu F.W., Chan K.T. Strategy for designing more energy efficient chiller plants serving air-conditioned buildings. Building and Environment Elsevier; 2006.
- [31] Baden S., Fairey P., Waide P., Laustsen J. Hurdling financial barriers to low energy buildings: Experiences from the USA and Europe on financial incentives and monetizing building energy savings in private investment decisions. American Council for an Energy-Efficient Economy. Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής; 2006.
- [32] [www.eia.gov](http://www.eia.gov), Ημερομηνία επίσκεψης 26/11/2012.
- [33] [www.geothermia.gr](http://www.geothermia.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [34] [www.energyhomes.gr](http://www.energyhomes.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [35] [www.gogogeo.com](http://www.gogogeo.com), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [36] Φύτικας Μ., Ανδρίτσος Ν., Δρακούλης Ρ. Γεωθερμία και τυποποίηση. Διήμερο Συμπόσιο TEE για την Τυποποίηση. Ελλάδα; 2008.
- [37] Τσιλιγκιρίδης Γ. Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ελλάδα; 2007.
- [38] [greenenergyplus.blogspot.gr](http://greenenergyplus.blogspot.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [39] [geoexchange.sustainablesources.com](http://geoexchange.sustainablesources.com), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.

- [40] [www.energysavingtrust.org.uk](http://www.energysavingtrust.org.uk), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [41] [www.aidengineering.gr](http://www.aidengineering.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [42] Monique de Moel, Bach P., Bouazza A., Singh R., Sun J. Technological advances and applications of geothermal energy pile foundations and their feasibility in Australia. Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier. Αυστραλία; 2010.
- [43] [www.4green.gr](http://www.4green.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 27/11/2012.
- [44] Intelligent Energy Europe. The Solco Project. Solar collectors. Συνέδριο Solar Cooling Technologies: The Solco Project; 2009.
- [45] TEI Μηχανολογίας. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,. Ηλιακοί Συλλέκτες,Ελλάδα.
- [46] [www.solarserver.com](http://www.solarserver.com), Ημερομηνία επίσκεψης 5/1/2013.
- [47] Χριστοδουλάκη P. Είδη Συλλεκτών. Σεμινάριο Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων. Ελλάδα; 2008.
- [48] Καραγιώργος Μ., Μπότζιος Μ., Παλαμάρα Α. Ηλιακή Θερμική Ενέργεια. Θέρμανση Νερού Πισίνας. Ελλάδα.
- [49] Χασάπης Δ. Ηλιακοί Συλλέκτες - Τύποι και Βασικές Ιδιότητες. Τεχνική ημερίδα ENFORCE. Ελλάδα; 2011.
- [50] [www.nalco.com](http://www.nalco.com), Ημερομηνία επίσκεψης 10/1/2013.
- [51] Χριστοδουλάκη P. Εφαρμογές Θερμικών Ηλιακών στο Κτιριακό Τομέα. Ημερίδα για Νέες Τεχνολογίες στα Κτίρια. Ελλάδα; 2008.
- [52] Tian Y., Zhao C.Y. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. Applied Energy Elsevier; 2012.
- [53] Κορογιαννάκης Π., Τσούτσος Θ., Γκούσκος Ζ., Rugginenti S., Castaldo S. Ηλιακός κλιματισμός.-Βασικές αρχές, παραδείγματα εφαρμογών και προτάσεις. Τεχνικός οδηγός.
- [54] [www.bonair.gr](http://www.bonair.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 9/1/2013.
- [55] V. Boopathi Raja, V.Shanmugam. A review and new approach to minimize the cost of solar assisted absorption cooling system. Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier; 2012.
- [56] [www.exelgroup.gr](http://www.exelgroup.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 11/1/2013.
- [57] [www.elemec.gr](http://www.elemec.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 12/1/2013.
- [58] [www.alumilsolar.com](http://www.alumilsolar.com), Ημερομηνία επίσκεψης 12/1/2013.

- [59] [www.solar-systems.gr](http://www.solar-systems.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 12/1/2013.
- [60] Steven Magee. Solar Photovoltaic Training for Residential, Commercial and Utility Systems. CreateSpace Independent Publishing Platform; 2010.
- [61] Bagnall D., Boreland M. Photovoltaic technologies. Energy Policy Elsevier; 2008.
- [62] [thinkprogress.org](http://thinkprogress.org), Ημερομηνία επίσκεψης 13/1/2013.
- [63] [www.solar3d.com](http://www.solar3d.com), Ημερομηνία επίσκεψης 13/1/2013.
- [64] [www.engadget.com](http://www.engadget.com), Ημερομηνία επίσκεψης 13/1/2013.
- [65] [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 14/1/2013.
- [66] [www.terra-verde.gr](http://www.terra-verde.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 14/1/2013.
- [67] [www.windipedia.info](http://www.windipedia.info), Ημερομηνία επίσκεψης 14/1/2013.
- [68] Έργο PERCH: Παραγωγή ηλεκτρισμού με μικρά συστήματα ΑΠΕ και ΣΗΘ για κατοικίες και μικρές επιχειρήσεις. Οδηγός για ιδιοκτήτες κατοικιών. ΚΑΠΕ; 2008.
- [69] [www.signalive.com](http://www.signalive.com), Ημερομηνία επίσκεψης 14/1/2013.
- [70] [www.solargr.com](http://www.solargr.com), Ημερομηνία επίσκεψης 14/1/2013.
- [71] Μικρές ανεμογεννήτριες, εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Ενεργειακό γραφείο Κυπρίων πολιτών. Κύπρος; 2010.
- [72] [inhabitat.com](http://inhabitat.com), Ημερομηνία επίσκεψης 16/1/2013.
- [73] [www.treehugger.com](http://www.treehugger.com), Ημερομηνία επίσκεψης 16/1/2013.
- [74] [www.eliterenewables.com](http://www.eliterenewables.com), Ημερομηνία επίσκεψης 16/1/2013.
- [75] [www.kala-nea.gr](http://www.kala-nea.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 18/1/2013.
- [76] [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 18/1/2013.
- [77] Θεοφύλακτος Κ. Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας – Ο ρόλος της στο σύγχρονο ενεργειακό περιβάλλον στην Ευρώπη και στην Ελλάδα. Συνέδριο ενέργειας ΤΕΕ: Ενέργεια: Σημερινή εικόνα-σχεδιασμός-Προοπτική. Ελλάδα, Αθήνα; 2010.
- [78] [www.enforce-een.eu](http://www.enforce-een.eu), Ημερομηνία επίσκεψης 16/1/2013.
- [79] Σίσκος Ι. Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, Τύποι Μηχανών Συμπαράγωγής, μελέτη εσωτερικής εγκατάστασης για Συμπαράγωγή, Κλιματισμός με Φυσικό Αέριο. Σεμινάριο ΤΕΕ. Ελλάδα, Αθήνα; 2009.

- [80] [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 16/1/2013.
- [81] Οδηγός συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Έντυπο ΚΑΠΕ.
- [82] Εγχειρίδιο ΑΠΕ και μικρών συστημάτων συμπαραγωγής για μικρά καταλύματα. Έντυπο ΚΑΠΕ.
- [83] [www.allaboutenergy.gr](http://www.allaboutenergy.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 17/1/2013.
- [84] [www.lagie.gr](http://www.lagie.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 17/1/2013.
- [85] The micro-CHP technologies roadmap. Meeting 21<sup>st</sup> century residential energy needs. United States Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Distributed Energy Program. Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής; 2003.
- [86] [hachp.gr](http://hachp.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 18/1/2013.
- [87] Στοϊμενίδης Α., Κωτσόπουλος Θ., Μαρτζόπουλος Γ. Βιομάζα: Εναλλακτική πηγή ενέργειας για τη μείωση του κόστους παραγωγής αγροτικών προϊόντων. Συνέδριο ΤΕΕ για Νέες Τεχνολογίες στη Γεωργική Παραγωγή και την Αγροτική Ανάπτυξη. Ελλάδα; 2005.
- [88] [www.dosenergy.gr](http://www.dosenergy.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 19/1/2013.
- [89] Κακαράς Ε., Γραμμέλης Π., Πανόπουλος Κ., Καρέλας Σ., Αγρανιώτης Μ., Καραμπίνης Ε. Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας. Εβδομάδα ενέργειας-Ενέργεια Β2Β. Ελλάδα; 2010.
- [90] Φούντη Μ., Γιαννόπουλος Δ. Εισαγωγή στη βιομάζα: πηγές-ιδιότητες-βιοκαύσιμα. Θεωρία καύσης και συστήματα καύσης. ΕΜΠ-Μηχανολόγων μηχανικών. Ελλάδα, Αθήνα; 2008.
- [91] Ayon M. Shahed, Stephen J. Harrison. Preliminary review of geothermal solar assisted heat pumps. Καναδάς; 2010.
- [92] [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net), Ημερομηνία επίσκεψης 22/1/2013.
- [93] ΦΕΚ 407/9.4.2010, Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ
- [94] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010. Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών. Ελλάδα, Αθήνα; 2010.
- [95] Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος. Τόμος απογραφής πληθυσμού - κατοικιών του 1971. Ελλάδα; 1980.
- [96] [epp.eurostat.ec.europa.eu](http://epp.eurostat.ec.europa.eu), Ημερομηνία επίσκεψης 3/2/2013.
- [97] [www.alpha.gr](http://www.alpha.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 3/2/2013.

- [98] [smart-energy.gr](http://smart-energy.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 3/2/2013.
- [99] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Ελλάδα, Αθήνα; 2010.
- [100] [www.dei.gr](http://www.dei.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 11/2/2013.
- [101] [times-pellet.blogspot.gr](http://times-pellet.blogspot.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 4/2/2013.
- [102] [www.klimatech.gr](http://www.klimatech.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 4/2/2013.
- [103] [www.climahellas.gr](http://www.climahellas.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 4/2/2013.
- [104] [www.ecotherm-solutions.gr](http://www.ecotherm-solutions.gr), Ημερομηνία επίσκεψης 4/2/2013.