



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

*Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών*

«Κατανεμημένη πράσινη ηλεκτρική ενέργεια και οι  
προηγμένες δικτυακές υποδομές για τη διαχείριση  
και την οικονομία της»

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**  
**του Πανέτα Γαβριήλ**  
**Πτυχιούχου Μηχανολόγου & Αεροναυπηγού Μηχανικού**  
**Αριθμός Μητρώου: 1024458**

Θέμα:

Διαχείριση ενέργειας και νερού σε αγροτοβιομηχανική  
μονάδα

Επιβλέπων Σύμβουλος Καθηγητής:  
Καθηγητής Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος

Αριθμός Διατριβής: 1024458  
Πάτρα, 15/02/2017

*Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών*  
*[Γαβριήλ Πανέτας]*  
© [2017] – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

- Το σύνολο της εργασίας αποτελεί πρωτότυπο έργο, παραχθέν από τον Γαβριήλ Πανέτα, και δεν παραβιάζει δικαιώματα τρίτων καθ' οιονδήποτε τρόπο.
- Αν η εργασία περιέχει υλικό, το οποίο δεν έχει παραχθεί από τον ίδιο, αυτό είναι ευδιάκριτο και αναφέρεται ρητώς εντός του κειμένου της εργασίας ως προϊόν εργασίας τρίτου, σημειώνοντας με παρομοίως σαφή τρόπο τα στοιχεία ταυτοποίησής του, ενώ παράλληλα βεβαιώνει πως στην περίπτωση χρήσης αυτούσιων γραφικών αναπαραστάσεων, εικόνων, γραφημάτων κλπ., έχει λάβει τη χωρίς περιορισμούς άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων για την συμπερίληψη και επακόλουθη δημοσίευση του υλικού αυτού.

# ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Πιστοποιείται ότι η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με θέμα:

«Διαχείριση ενέργειας και νερού σε αγροτοβιομηχανική μονάδα»

του κ. Γαβριήλ Πανέτα, Πτυχιούχου Μηχανολόγου & Αεροναυπηγού Μηχανικού παρουσιάστηκε δημοσίως στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών στις 15/02/2017 και εξετάστηκε και εγκρίθηκε από την ακόλουθη Εξεταστική Επιτροπή:

Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, Επιβλέπων Καθηγητής

Γ. Λευθεριώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, Μέλος τριμελούς εξεταστικής επιτροπής

Ι. Μαναριώτης, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, Μέλος τριμελούς εξεταστικής επιτροπής

Πάτρα, 15/02/2017

Ο Επιβλέπων Σύμβουλος Καθηγητής

Ο Διευθυντής του ΔΜΔΕ

Καθηγητής Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος

Καθηγητής Ν. Βοβός

## Περίληψη

Η Μ. Δ. Εργασία αφορά αναλυτική μελέτη και προτάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και διαχείριση νερού σε πτηνοτροφική μονάδα ανάπτυξης πουλερικών και πτηνοτροφική μονάδα σφαγής και τυποποίησής τους. Εξετάζονται σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας και για τις δύο περιπτώσεις και προτείνονται τα βέλτιστα λαμβάνοντας υπ' όψιν και τα οικονομικά κριτήρια. Με βάση την έρευνα για την πτηνοτροφική μονάδα, το οικονομικά βιώσιμο ενεργειακό σενάριο είναι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας, καθώς έχει μικρό χρόνο απόσβεσης, ενώ η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών έχει μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης. Ως προς το κριτήριο των δεικτών IRR και NPV, η χρήση αντλίας θερμότητας έχει το καλύτερο αποτέλεσμα, ενώ η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών έχει τον μικρότερο δείκτη. Τα αποτελέσματα αυτά της έρευνας οφείλονται στο ότι το αγροτικό τιμολόγιο αγοράς ρεύματος από τον ΔΕΔΔΗΕ έχει αρκετά χαμηλή τιμή (0,06539 €/ kWh) και καθιστά οικονομικά ασύμφορη την εγκατάστασης ΦΒ μονάδας για ενεργειακό συμψηφισμό. Επίσης, οι επεμβάσεις που προτείνονται για το κτιριακό κέλυφος, ενώ επιτυγχάνουν αρκετή μείωση των θερμικών απωλειών είναι μη αποδεκτές σύμφωνα με τους οικονομικούς δείκτες αξιολόγησης λόγω του μεγάλου κόστους υλοποίησής τους. Όσον αφορά την εγκατάσταση σταθμού βιομάζας και εγκατάσταση ηλιακών θερμικών, έχουν μικρό χρόνο απόσβεσης με μικρότερο των θερμικών συλλεκτών. Για την μονάδα Σφαγής και Τυποποίησης πουλερικών διαπιστώθηκε ότι τόσο η εγκατάσταση Μονάδας Βιομάζας όσο και Ηλιακών Θερμικών είναι συμφέρουσες, σε αντίθεση με την τοποθέτηση Εναλλακτών Θερμότητας αξιοποίησης των υγρών αποβλήτων καθώς και ΦΒ Συστήματος. Για την χρήση θερμικών ηλιακών συλλεκτών χρειάζεται βοηθητική – εφεδρική πηγή ενέργειας (πετρέλαιο, ηλεκτρική ενέργεια).

## Λέξεις κλειδιά

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ηλιακή ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, εναλλάκτης θερμότητας, θερμομόνωση, ηλιακά θερμικά, βιομάζα

## ***Abstract***

The M. D. Work concerning analytical study and recommendations for saving energy and water management in a poultry development unit and a poultry slaughtering unit and their standardization. Considered energy saving scenarios for both cases and proposed optimal considering and economic criteria. Based on research on a poultry unit, economically viable energy scenario is the replacement of the heating medium of gas heat pump, as it has short payback time, and the installation of PV is greater payback. Regarding criterion of indicators IRR and NPV, using heat pump has the best result, and the installation of PV has the lowest index. The results of the investigation due to the rural power purchase invoice from DEDDHE has fairly low price (0,06539 € / kWh) and makes it economically unviable PV installation unit for energy compensation. Also, the interventions proposed for the building envelope, while achieving sufficient reduction of thermal losses are not acceptable in accordance with the economic assessment indicators because of their high implementation costs. Regarding the installation of biomass plant solar thermal, have little time damping with lower thermal collectors. For Massacre unit and Standardization poultry found that both the installation Unit Biomass and Solar Thermal is advantageous as opposed to placing Heat Exchangers use of wastewater and PV System. To use solar thermal collectors need auxiliary - backup energy source (oil, electricity).

## **Keywords**

Renewable Energy Sources, solar energy, electric energy, thermal energy, photovoltaics, heat exchanger, solar heating, heat insulation, biomass

## **Πρόλογος**

Με την παρούσα εργασία ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Κατανεμημένη πράσινη ηλεκτρική ενέργεια και οι προηγμένες δικτυακές υποδομές για τη διαχείριση και την οικονομία της» του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Η εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας του Τμήματος Φυσικής με επιβλέποντα Καθηγητή τον κ. Τρυπαναγνωστόπουλο ως μέρος της ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας του Εργαστηρίου.

Στην πρώτη ενότητα γίνεται αναφορά στο παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα, παρουσιάζονται στοιχεία για τις καταναλώσεις ενέργειας ανά τομέα και γίνεται μια αναφορά για τον πτηνοτροφικό τομέα στη χώρα μας για τον οποίο μελετάμε .

Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά στοιχεία θεωρίας για τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας και της διαχείρισης νερού με τους οποίους θα ασχοληθούμε στη συνέχεια.

Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται η μελέτη για την πτηνοτροφική μονάδα με την οποία θα ασχοληθούμε, καθώς και η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου .

Στην τέταρτη ενότητα, παρουσιάζεται η μελέτη του πτηνοσφαγείου, καθώς και η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου.

Στην πέμπτη ενότητα, συνοψίζονται τα αποτελέσματα, εξάγονται τα συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις για εφαρμογή καθώς και για μελλοντικές εργασίες.



## Περιεχόμενα

|       |                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Εισαγωγή.....                                                              | 2  |
| 1.1   | Ηλιακή γεωμετρία ..... <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>      |    |
| 2     | Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας .....                                  | 11 |
| 2.1   | Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/Β .....                                | 11 |
| 2.1.1 | Φωτοβολταϊκό φαινόμενο .... <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b> |    |
| 2.1.2 | Είδη ηλιακών κυψελών .....                                                 | 11 |
| 2.1.3 | Οικογένειες αντιστροφών .....                                              | 13 |
| 2.1.4 | Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (Islanding) .....                           | 15 |
| 2.1.5 | Είδη παροχών μέσης τάσης από τη ΔΕΗ.....                                   | 15 |
| 2.2   | Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από Βιομάζα.....                      | 17 |
| 2.2.2 | Βιοενέργεια .....                                                          | 18 |
| 2.2.6 | Κρίσιμοι παράγοντες τεχνολογίας αξιοποίησης βιομάζας.....                  | 21 |
| 2.2.7 | Λειτουργικές μονάδες.....                                                  | 23 |
| 2.2.8 | Καύση βιομάζας - Οργανικός Κύκλος Rankine .....                            | 26 |
| 2.2.9 | Καύση βιομάζας - Τηλεθέρμανση.....                                         | 27 |
| 2.3   | Ηλιακά Θερμικά Συστήματα.....                                              | 29 |
| 2.3.1 | Εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών θερμικών Συστημάτων.....                     | 33 |
| 2.3.2 | Περιβαλλοντικό όφελος.....                                                 | 40 |
| 2.4   | Εναλλάκτες Θερμότητας .....                                                | 41 |
| 2.4.1 | Μηχανισμοί Μεταφοράς Θερμότητας .....                                      | 41 |
| 2.4.2 | Εναλλάκτες Θερμότητας .....                                                | 42 |
| 2.5   | Αναβάθμιση Κελύφους Κτιρίου .....                                          | 47 |
| 2.5.1 | Υγρομόνωση.....                                                            | 48 |
| 2.5.2 | Θερμομόνωση.....                                                           | 48 |
| 2.5.3 | Ανοίγματα κτιριακού κελύφους.....                                          | 51 |
| 3     | Μελέτη Περίπτωσης Πτηνοτροφικής Μονάδας.....                               | 59 |
| 3.1   | Παρουσίαση Υφιστάμενης Κατάστασης .....                                    | 59 |
| 3.2   | Σενάρια Εξοικονόμησης Ενέργειας .....                                      | 61 |
| 4     | Μελέτη Περίπτωσης Μονάδας Σφαγείου .....                                   | 75 |
| 4.1   | Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκής Μονάδας.....                                     | 81 |

|     |                                               |     |
|-----|-----------------------------------------------|-----|
| 4.2 | Εγκατάσταση Εναλλακτών Θερμότητας.....        | 85  |
| 4.3 | Εγκατάσταση Μονάδας Βιομάζας.....             | 87  |
| 4.4 | Εγκατάσταση Ηλιακού Θερμικού Συστήματος ..... | 89  |
| 4.5 | Συμπεράσματα .....                            | 95  |
|     | Αναφορές .....                                | 97  |
|     | Ανακεφαλαίωση.....                            | 101 |

## Περιεχόμενα εικόνων

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1.1 Εξέλιξη του καταμερισμού των ενεργειακών εισαγωγών ανά καύσιμο (πηγή :ΚΑΠΕ).....                                                                                  | 4  |
| Εικόνα 1.2 Εξέλιξη εγχώριας παραγωγής ενέργειας και ενεργειακών εισαγωγών (πηγή :ΚΑΠΕ).....                                                                                  | 5  |
| Εικόνα 1.3 Μερίδια Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας ανά Τομέα (1990, 2006) (πηγή :ΚΑΠΕ) .....                                                                                   | 7  |
| Εικόνα 1.4 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (πηγή :ΚΑΠΕ) .....                                                                                                          | 7  |
| Εικόνα 1.5 Ενεργειακή παραγωγή και ζήτηση ανά τομέα (Ελλάδα 2009) .....                                                                                                      | 8  |
| Εικόνα 1.6 Πρωτογενής ενέργεια: Κατανάλωση ανά καύσιμο το 2009 (Παγκόσμια) .                                                                                                 | 8  |
| Εικόνα 1.7 Το ενεργειακό μίγμα της Ευρώπης αλλάζει (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή) 9                                                                                              |    |
| Εικόνα 1.8 Ανάλυση Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Πηγή: ΔΕΣΜΗΕ, Μελέτη ανάπτυξη συστήματος μεταφοράς (2010-2014)) <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b> |    |
| Εικόνα 2.1 Είδη ΦΒ πλαισίων (πηγή:ΣΠΕΦ) <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>                                                                                       |    |
| Εικόνα 2.2 Πηγές Βιομάζας (ΠΗΓΗ: Μ. Χρήστου, 2007, σελ 8) .....                                                                                                              | 17 |
| Εικόνα 2.3 Μηδενικό Κύκλο CO <sub>2</sub> (ΠΗΓΗ: BlogSpot Ενεργειακά3) .....                                                                                                 | 19 |
| Εικόνα 2.4 Θερμικά ηλιακά συστήματα εγκατεστημένα σε οροφές κτιρίων .....                                                                                                    | 29 |
| Εικόνα 2.5 Ηλιακό πλαίσιο με σωλήνες κενού και Ηλιακός επίπεδος συλλέκτης ....                                                                                               | 30 |
| Εικόνα 2.6. Παραγωγή ZNX με ηλιακά πλαίσια .....                                                                                                                             | 34 |
| Εικόνα 2.7 Θερμικά ηλιακά – Βιασμένης κυκλοφορίας Πηγή: IfaS.....                                                                                                            | 35 |
| Εικόνα 2.8. Θερμικά ηλιακά ανοικτού κυκλώματος Πηγή: Target/DGS .....                                                                                                        | 35 |
| Εικόνα 2.9 Θερμικά ηλιακά κλειστού κυκλώματος Πηγή: Target/DGS.....                                                                                                          | 36 |
| Εικόνα 2.10 Θερμικά ηλιακά συστήματα εγκατεστημένα σε οροφές κτιρίων .....                                                                                                   | 36 |
| Εικόνα 2.11 Επεξηγηματικό διάγραμμα συστήματος solar combi για τη θέρμανση χώρων και ZNX Πηγή: <a href="http://www.cres.gr">www.cres.gr</a> .....                            | 37 |
| Εικόνα 2.12 Σχηματική διάταξη συστήματος ηλιακού κλιματισμού Πηγή: SOLCO ...                                                                                                 | 38 |
| Εικόνα 2.13 Αρχή λειτουργίας εναλλακτών θερμότητας. ....                                                                                                                     | 43 |
| <b>Εικόνα 2.14</b> Διαφορετικές καταστάσεις ροής και σχετικές θερμοκρασιακές κατανομές σε εναλλάκτη θερμότητας διπλού σωλήνα .....                                           | 44 |
| Εικόνα 2.15 Η σχηματική απεικόνιση ενός εναλλάκτη θερμότητας δέσμης σωλήνων                                                                                                  | 44 |
| Εικόνα 2.16 Πλακοειδής εναλλάκτης όπου διακρίνονται τα ρέοντα ρευστά .....                                                                                                   | 45 |
| Εικόνα 2.17 Σπειροειδής εναλλάκτης .....                                                                                                                                     | 45 |
| Εικόνα 2.18 Είδη υαλοπινάκων..... <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>                                                                                             |    |
| Εικόνα 3.1 Θέση της Πτηνοτροφικής Μονάδας .....                                                                                                                              | 59 |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 3.2 Προσομοίωση Κτηριακών Απωλειών με το Λογισμικό EPACAD. ....                                                             | 61 |
| Εικόνα 3.3 Προσομοίωση Κτηριακών Απωλειών με το Λογισμικό ThermoCad.....                                                           | 62 |
| Εικόνα 3.4 Εγκατάσταση συστήματος VRV σε κτίριο. ....                                                                              | 63 |
| Εικόνα 3.5 Προσανατολισμοί των κτιρίων.....                                                                                        | 66 |
| Εικόνα 3.6 Δυναμικό Εγκατεστημένης Ισχύς σε κάθε κτίριο .....                                                                      | 66 |
| Εικόνα 3.7 <a href="http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#">http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#</a> ..... | 67 |
| Εικόνα 3.8 Έτη απόσβεσης του κάθε σεναρίου .....                                                                                   | 71 |
| Εικόνα 3.9 Δείκτης IRR για το κάθε σενάριο.....                                                                                    | 72 |
| Εικόνα 3.10 Δείκτης NPV για το κάθε σενάριο .....                                                                                  | 73 |
| Εικόνα 4.1 Κάτοψη του ΑΠΣΑ .....                                                                                                   | 78 |
| Εικόνα 4.2 Θέση Εγκατάστασης.....                                                                                                  | 81 |
| Εικόνα 4.3 Χωροθέτηση ΦΒ Μονάδας .....                                                                                             | 81 |
| Εικόνα 4.4 Μοντέλο PVGIS.....                                                                                                      | 82 |
| Εικόνα 4.5 Συνοπτικά δεδομένα εισαγωγής και αποτελέσματα του προγράμματος                                                          | 85 |

## **Περιεχόμενα πινάκων**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 2.1 Πρώτες ύλες Βιομάζας (ΠΗΓΗ: Irena 2012b, σελ 4) .....                | 21 |
| Πίνακας 3.1 Ενεργειακές Καταναλώσεις – Δαπάνες Πτηνοτροφικής Μονάδας.....        | 60 |
| Πίνακας 3.2 Δεδομένα εισόδου (input data) για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS 64 |    |
| Πίνακας 3.3 Αποτελέσματα του μοντέλου PVGIS.....                                 | 65 |
| Πίνακας 3.4 Απόδοση Φ/Β ανά εγκατεστημένο τμήμα.....                             | 67 |
| Πίνακας 3.5 Απαιτούμενη Ισχύς Φ/Β ανά Σενάριο.....                               | 68 |
| Πίνακας 3.6 Σενάρια Επεμβάσεων .....                                             | 69 |
| Πίνακας 4.1 Δεδομένα εισόδου(input data)για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS .    | 83 |
| Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα του μοντέλου PVGIS.....                                 | 84 |

## **Συντομεύσεις**

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| ΑΠΕ | Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας |
| ΦΒ  | Φωτοβολταϊκό                |
| COP | Coefficient Of Performance  |
| PV  | Photovoltaic                |
| CHP | Combined Heat and Power     |

# 1 Εισαγωγή

Η αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, αποτελεί παγκόσμια προτεραιότητα και κύριο θέμα και βασική παράμετρο για το σύνολο των διεθνών και κρατικών αποφάσεων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενεργειακών πόρων.

Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας αντιστοιχεί στον παγκόσμιο μέσο όρο εκτός από το γεγονός ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας έχουν μια ελαφρά αυξημένη περιβαλλοντική επίδραση εξαιτίας της χρήσης του λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή. Με αυτά τα δεδομένα, κρίνεται επιτακτικό το γεγονός προσαρμογής των εμπορικών, μεταποιητικών-βιομηχανικών και οικιακών δραστηριοτήτων από ενεργοβόρες και ρυπογόνες σε δραστηριότητες λιγότερο εξαρτημένες από τα ορυκτά καύσιμα με μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος.

Έτσι λοιπόν, στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει μελέτη, σε υφιστάμενη εγκατάσταση πτηνοτροφείου-σφαγείου πως να ελαττωθούν οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση κι ηλεκτρισμό καθώς και η κάλυψή τους από πηγές φιλικές προς το περιβάλλον όπως οι Α.Π.Ε.. Τα υποθετικά σενάρια θα προβλέπουν επέμβαση στο κέλυφος των κτιριακών υποδομών, την εφαρμογή νέων συστημάτων διαχείρισης νερού-ενέργειας κι ενσωμάτωσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

## 1.1 Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Ο ελληνικός ενεργειακός τομέας χαρακτηρίζεται από μια ολοένα και λιγότερο αποδοτική κατανάλωση κυρίως στους τομείς των μεταφορών και του τριτογενούς-οικιακού τομέα, και από μια ανεπάρκεια της εσωτερικής παραγωγής να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες με συνέπεια την αυξημένη εξωτερική εξάρτηση δαπανώντας οικονομικούς πόρους από τον προϋπολογισμό της χώρας.

### Συνολική επισκόπηση

Ο λιγνίτης είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα 4/5 (85,7%) της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτονται από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο και λιγνίτης). Το φυσικό αέριο εισήχθη για πρώτη φορά το 1996 και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εξαιρουμένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών, άρχισαν να αποτελούν αξιοσημείωτη πηγή για την παραγωγή ενέργειας από τα τέλη της δεκαετίας του '90. Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας είναι πολύ μεγαλύτερη από το κοινοτικό μέσο όρο και αγγίζει το 72% το 2006, εξαιτίας κυρίως των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

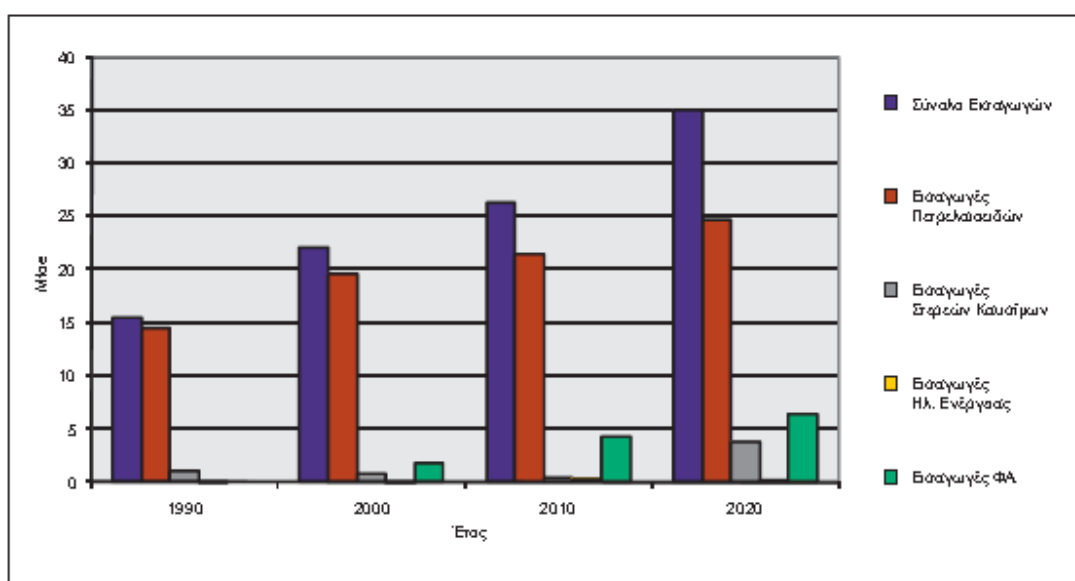
### Η Εγχώρια Παραγωγή Ενέργειας είναι ανεπαρκής

Τα στερεά καύσιμα (κυρίως λιγνίτης) ήταν 8 Mtoe το 1990 (36% της Συνολικής Εγχώριας Κατανάλωσης - ΣΕΚ) και έφθασαν τα 8,4 Mtoe (26,6 % της ΣΕΚ) το 2006. Το μερίδιο των πετρελαιοειδών παρέμεινε σταθερό από 12,9 Mtoe (57,8 %) το 1990, σε 18,2 Mtoe (57,8 %) το 2006. Τα αέρια καύσιμα αυξήθηκαν από 0,14 Mtoe (0,6 %) το 1990 σε 2,74 Mtoe το 2006 (8,7%). Το μερίδιο των ΑΠΕ παραμένει σταθερό γύρω στο 5 %-5,5 % μεταξύ 1990 (1,1 Mtoe) και 2006 (1,8 Mtoe) και παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την διαθεσιμότητα υδραυλικής ενέργειας και τη χρήση των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών. Η Ελλάδα είχε το 2006 συνολική εγχώρια κατανάλωση 31,5 Mtoe. Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ήταν 10 Mtoe και οι καθαρές εισαγωγές αντιστοιχούν σε περίπου 24,85 Mtoe, ενώ η κατανάλωση των ποντοπόρων πλοίων ήταν 3,2 Mtoe.

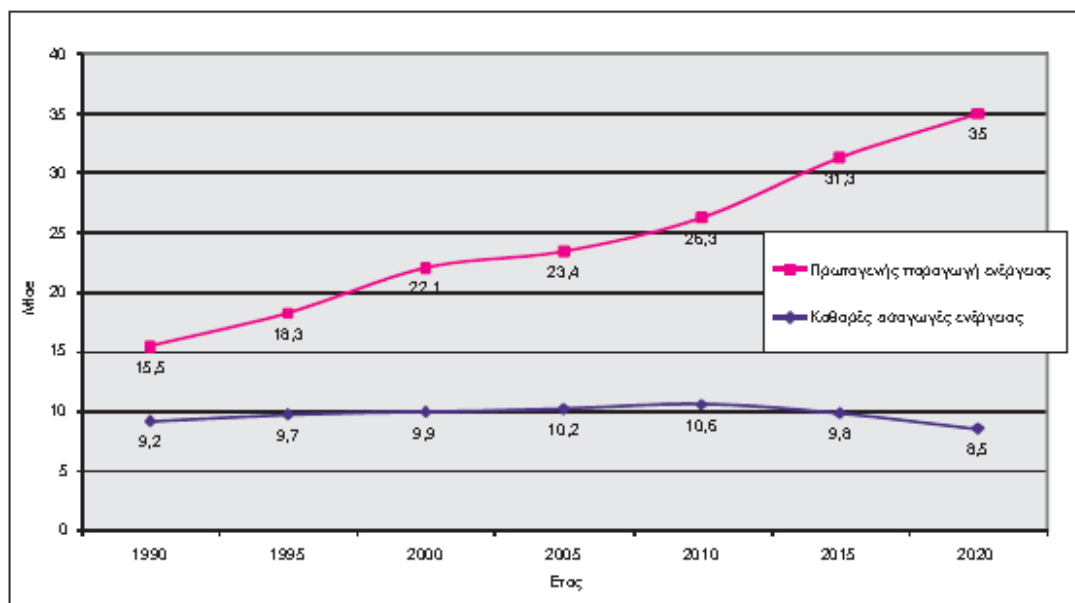
### Η Εξωτερική Εξάρτηση συνεπάγεται αυξημένο κόστος για την Ελληνική Οικονομία.

Η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας παρουσιάζεται στις Εικόνες 1.1 και 1.2, όπου συμπεριλαμβάνονται και οι προβλέψεις για το 2020 σύμφωνα με τις υπάρχουσες τάσεις. Συνέπεια της μεγάλης ενεργειακής εξάρτησης αποτελεί το γεγονός ότι μεταξύ του 2004 και 2008 διπλασιάσθηκε η αξία των εισαγωγών αργού πετρελαίου. Σημειώνεται ότι δεδομένου του ότι η τιμή του φυσικού αερίου είναι συνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου επηρεάζεται ανάλογα και η αξία των εισαγωγών φυσικού αερίου. Η Ευρωπαϊκή αλληλεγγύη και η συνεχής ανάπτυξη του ΑΕΠ μειώνουν τους κινδύνους που συνδέονται με την ισχυρή ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας.

Η πρόσφατη Ρωσο-ουκρανική κρίση απέδειξε πάντως, την δυνατότητα του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος να διαχειρισθεί μια διακοπή εφοδιασμού προερχόμενη από τον κύριο προμηθευτή φυσικού αερίου, χωρίς επιπτώσεις για τους καταναλωτές.



**Εικόνα 1.1** Εξέλιξη του καταμερισμού των ενεργειακών εισαγωγών ανά καύσιμο. Πηγή :[\(21\)](#)



**Εικόνα 1.2** Εξέλιξη εγχώριας παραγωγής ενέργειας και ενεργειακών εισαγωγών Πηγή :[\(21\)](#)

Οι εκπομπές ανά μονάδα ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα, είναι από τις υψηλότερες στην ΕΕ. Ο λόγος είναι η κυρίαρχη θέση του λιγνίτη και του πετρελαίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Οι μισές περίπου εκπομπές CO<sub>2</sub> στην Ελλάδα, προέρχονται από τον τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με το 83% εξ αυτών να οφείλεται στην καύση λιγνίτη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη δεσμευτεί κατά ανεξάρτητο τρόπο, να μειώσει τις εκπομπές αυτές το λιγότερο κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, το 2020. Η Ε.Ε. είναι μάλιστα, έτοιμη να μειώσει τις εκπομπές αυτές κατά 30% αν τελικά επιτευχθεί μια διεθνής συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η χώρα θα πρέπει να εφαρμόσει τη Νέα Ευρωπαϊκή Πολιτική σε σχέση με την εμπορία εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της Εξοικονόμησης Ενέργειας.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, για το σύνολο των Κρατών-Μελών μέχρι το 2020, προβλέπεται: 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Α.Θ. ή Green House Gases -GHG) σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην τελική κατανάλωση ενέργειας και 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Οι παρεμβάσεις αυτές θα αφορούν κυρίως:

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) – Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ), Ενίσχυση επενδύσεων παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), Εξοικονόμηση και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δευτερογενή και τριτογενή τομέα.

Ενίσχυση επενδύσεων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στα νησιά.

- Φυσικό Αέριο
  - Διείσδυση του φυσικού αερίου σε νέες περιοχές με την επέκταση των δικτύων διανομής στις περιφέρειες της Στερεάς Ελλάδας, της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης και της Κεντρικής Μακεδονίας, με σημαντική συμμετοχή ιδιωτικών κεφαλαίων.
  - Επέκταση του Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου καθώς και την αύξηση

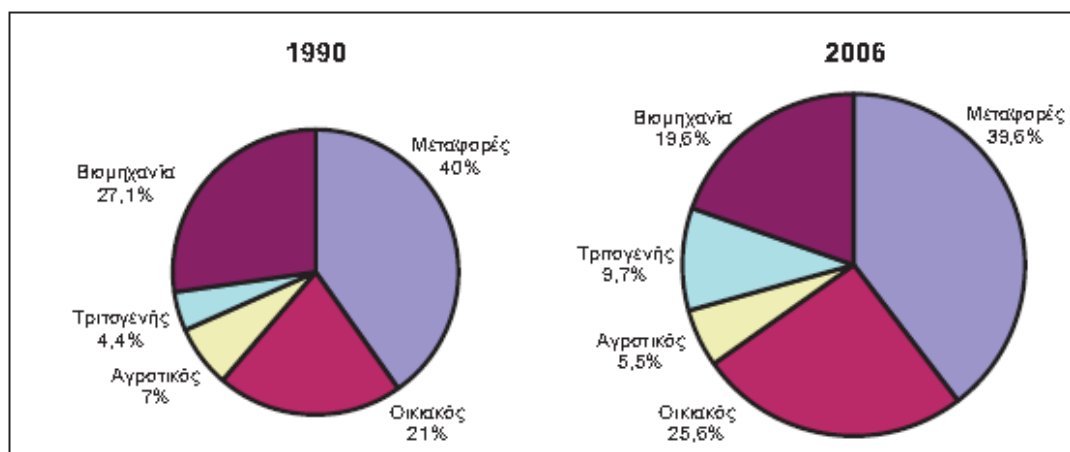
της δυναμικότητας και της ευστάθειας αυτού.

- Διασύνδεση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με την Ιταλία, για την ενίσχυση του ρόλου της χώρας στον ενεργειακό χάρτη της Ευρώπης.
- Ηλεκτρισμός
  - Διασύνδεση νησιών με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς, για την κάλυψη των αναγκών των περιοχών σε ηλεκτρική ενέργεια.
  - Κατασκευή Κέντρων Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ), για την απρόσκοπτη τροφοδότηση με ηλεκτρισμό, την ασφάλεια τροφοδότησης του Νοτίου Συστήματος και την αύξηση της ευστάθειάς του.

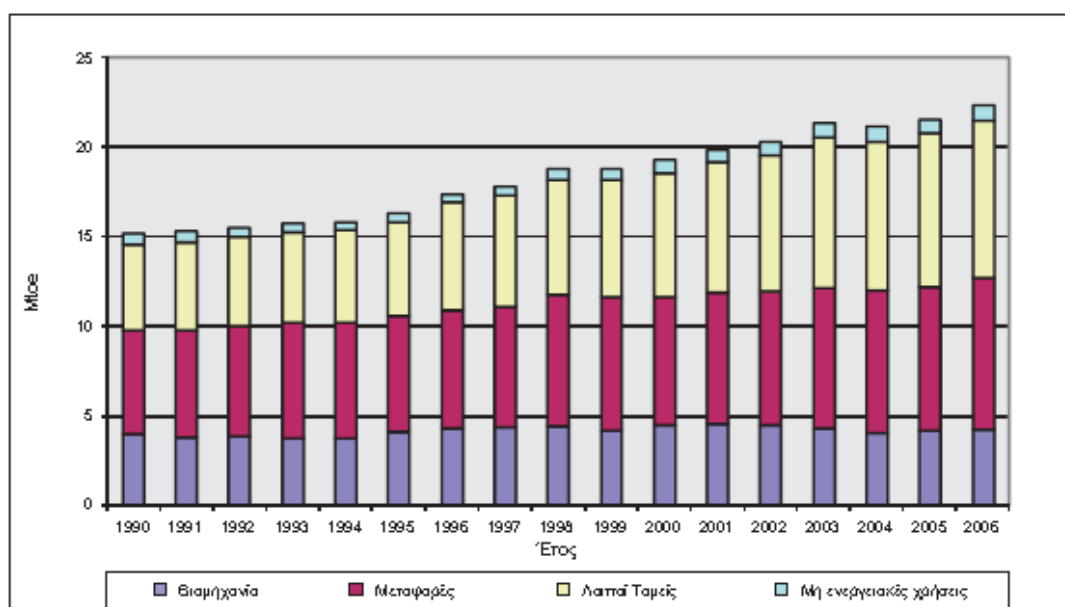
## 1.2 Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Τομέα

Η εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα έχει ενδιαφέρον να παρακολουθηθεί και να αναλυθεί μέσα από τα αντίστοιχα μερίδια του οικιακού τομέα και των μεταφορών, τα οποία είναι και τα σημαντικότερα. Η τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 50% στη διάρκεια της περιόδου 1990-2006 αντικατοπτρίζοντας την καλή οικονομική κατάσταση της χώρας κατά την περίοδο αυτή. Από το 1995, η ελληνική οικονομία σημειώνει μια αξιόλογη βελτίωση των διαφόρων δεικτών οικονομικής ανάπτυξης. Έτσι από το 1995 έως το 2006, η μέση ανάπτυξη του ΑΕΠ ήταν περίπου 3,9% το χρόνο.

Το 2006 η Συνολική Εγχώρια Κατανάλωση Ενέργειας στην Ελλάδα έφτασε τα 31,5 Mtoe. Πρόκειται για αύξηση κατά 40% περίπου από τα επίπεδα του 1990 όταν η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ήταν 22,3 Mtoe ενώ κατά τα έτη 1995-2006, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης ήταν 2,7%. Αντίστοιχα, αναλύοντας την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο, διαπιστώνεται ότι τα προϊόντα πετρελαίου παίρνουν την μερίδα του λέοντος καλύπτοντας τα 2/3 (68,5%) της ζήτησης ενώ ο ηλεκτρισμός ανέρχεται σε άνω του 1/5 (21%) της τελικής κατανάλωσης. Τα στερεά καύσιμα (1,87%), οι ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) (5%) και το φυσικό αέριο (3,2%) καλύπτουν μόνο μικρά ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας (Εικ. 1.3 & 1.4).



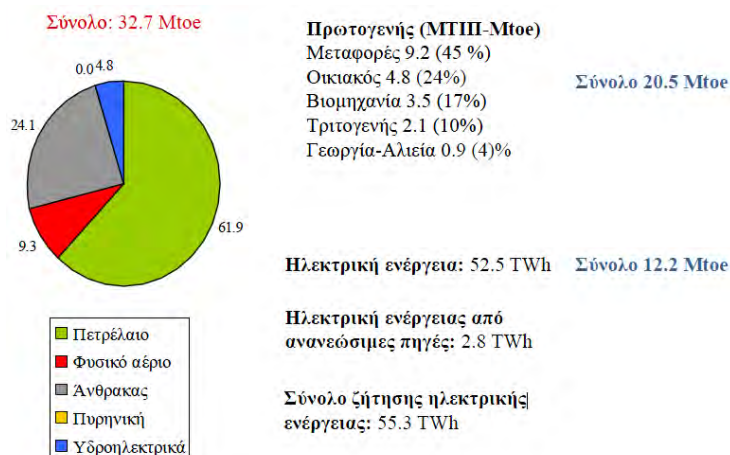
**Εικόνα 1.3** Μερίδια Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας ανά Τομέα (1990, 2006) Πηγή :[\(21\)](#)



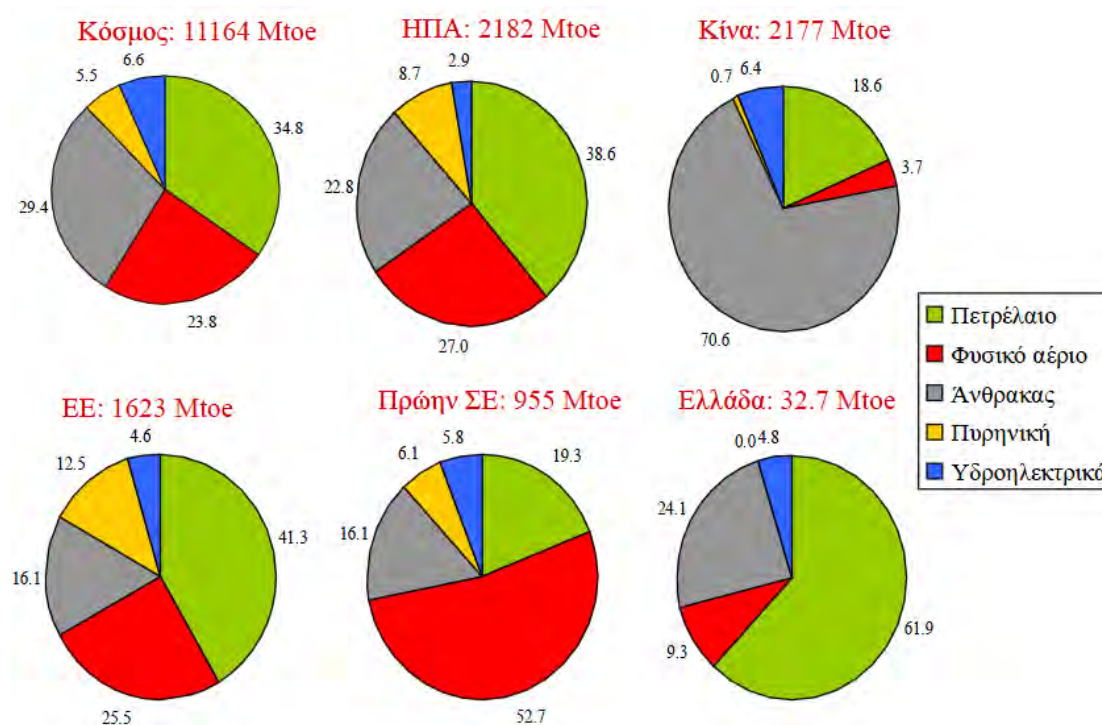
**Εικόνα 1.4** Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα Πηγή :[\(21\)](#)

Τα στερεά καύσιμα (κυρίως λιγνίτης) ήταν 8 Mtoe το 1990 (36% της Συνολικής Εγχώριας Κατανάλωσης - ΣΕΚ) και έφθασαν τα 8,4 Mtoe (26,6% της ΣΕΚ) το 2006. Το μερίδιο των πετρελαιοειδών παρέμεινε σταθερό από 12,9 Mtoe (57,8%) το 1990, σε 18,2 Mtoe (57,8%) το 2006. Τα αέρια καύσιμα αυξήθηκαν από 0,14 Mtoe (0,6%) το 1990 σε 2,74 Mtoe το 2006 (8,7%). Το μερίδιο των ΑΠΕ παραμένει σταθερό γύρω στο 5-5,5% μεταξύ 1990 (1,1 Mtoe) και 2006 (1,8 Mtoe) και παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την διαθεσιμότητα υδραυλικής ενέργειας και τη χρήση των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ενεργειακή ζήτηση ανά τομέα το έτος 2009 για την Ελλάδα (Εικ. 1.5) κι αντίστοιχα η ενεργειακή ζήτηση παγκοσμίως (Εικ. 1.6).

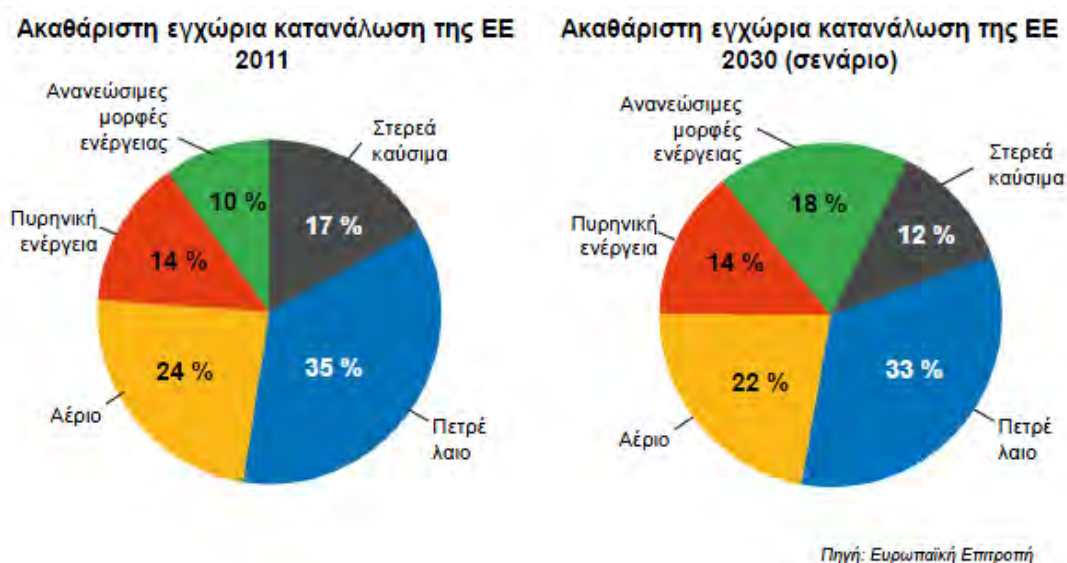


**Εικόνα 1.5** Ενεργειακή παραγωγή και ζήτηση ανά τομέα **Πηγή :[\(2\)](#)**



**Εικόνα 1.6** Πρωτογενής ενέργεια: Κατανάλωση ανά καύσιμο το 2009 **Πηγή :[\(2\)](#)**

Αντίστοιχα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η τωρινή κατάσταση και η πρόβλεψη διαμόρφωσης για το έτος 2030 δείχνει την τάση για ελάττωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων(Στερεά καύσιμα, Αέριο) και αύξησης της χρήσης ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας όπως παρουσιάζεται στην Εικ. 1.7.



**Εικόνα 1.7** Το ενεργειακό μίγμα της Ευρώπης αλλάζει Πηγή :[\(2\)](#)

### 1.3 Η Ελληνική Πτηνοτροφία Σήμερα

Η πτηνοτροφία στην Ελλάδα είναι από τους πιο δυναμικούς κλάδους της αγροτικής οικονομίας και αντιπροσωπεύει σήμερα το 5% της συνολικής αξίας της αγροτικής παραγωγής. Είναι ο δυναμικότερος κλάδος της ζωικής παραγωγής με βαθμό αυτάρκειας σε αυγό και σε κρέας άνω του 90%.

Οι οργανωμένες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα παράγουν ετησίως 120.000.000 κοτόπουλα και 1.500.000.000 αυγά. Η παραγωγή καλύπτει σχεδόν πλήρως την εγχώρια ζήτηση.

Στον κλάδο δραστηριοποιούνται περί τις 50 επιχειρήσεις διαφόρων μεγεθών. Στην ζωική παραγωγή δραστηριοποιούνται περί τους 2000 αγρότες πτηνοτρόφοι, οι οποίοι συνεργάζονται με τις οργανωμένες / καθετοποιημένες επιχειρήσεις. Η παραγωγή κοτόπουλου είναι συγκεντρωμένη κατά 45 % στην Ήπειρο, κατά 27 % στην Στερεά Ελλάδα και κατά 18 % στην Μακεδονία και τη Θράκη. Η παραγωγή του αυγού είναι πιο ομοιόμορφα κατανομημένη, πλην όμως μεγάλο ποσοστό εξακολουθεί να προέρχεται από την Αττική.

Οι οργανωμένες επιχειρήσεις του κλάδου απασχολούν άμεσα πάνω από 4.000 άτομα. Στα πτηνοτροφεία αντίστοιχα απασχολούνται περί τα 6.000 άτομα. Από τον κλάδο εξαρτώνται απόλυτα άλλες 5.000 θέσεις εργασίας που αφορούν συνεργεία συλλογής και καθαρισμού, μεταφορές πρώτων υλών και ετοιμών, εργαστήρια μεταποίησης, ψητοπωλεία κλπ. Η Ελληνική Πτηνοτροφία

απορροφά ετησίως πάνω από 500.000 δημητριακών (σιτάρι και καλαμπόκι). Από την Ελληνική παραγωγή απορροφά κυρίως τις ζωοτροφικές ποιότητες, οι οποίες λόγω του ανταγωνισμού και του κόστους μεταφοράς δύσκολα θα αποτελούσαν αντικείμενο εξαγωγής.

Οι οργανωμένες επιχειρήσεις του κλάδου πραγματοποίησαν το 2004 συνολικό τζίρο περί τα 700.000.000 €, ενώ περίπου 1.200.000.000 € είναι ο τζίρος των άμεσα εξαρτημένων με αυτές (προμηθευτές – λιανοπωλητές ). Μόνο στο άμεσο προσωπικό των οργανωμένων επιχειρήσεων καταβλήθηκαν το 2005 ως καθαρές αποδοχές άνω των 50.000.000 € ενώ καταβλήθηκαν και περί τα 27.000.000 € στα ασφαλιστικά τους ταμεία. Τα ποσά για το σύνολο του κλάδου είναι τριπλάσια ενώ αν συνυπολογισθούν και οι έμμεσα εξαρτώμενες θέσεις εργασίας πλησιάζουν το τετραπλάσιο.

Τα επενδεδυμένα κεφάλαια στον κλάδο ξεπερνούν σε σημερινές τιμές το 1.000.000.000 €. Μόνον οι μονάδες της ζωικής παραγωγής (κοτέτσια), ξεπερνούν σε έκταση τα 3.000.000 τ.μ. Το σύνολο σχεδόν των μονάδων μεταποίησης έχει εκσυγχρονισθεί την τελευταία δεκαετία, ενώ ακόμα και σήμερα βρίσκονται σε εξέλιξη επενδυτικά προγράμματα ύψους άνω των 30.000.000 €.

Το 80% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από 10 επιχειρήσεις, οι οποίες είναι πλήρως καθετοποιημένες και καλύπτουν την παραγωγή νεοσσών, την παραγωγή φυράματος, την σφαγή – τυποποίηση, την εμπορία – διακίνηση. Οι τέσσερις μεγαλύτερες επιχειρήσεις που καλύπτουν το 60% της Ελληνικής παραγωγής είναι:

1. Ο Πτην/κός Συν/μός Ιωαννίνων «ΠΙΝΔΟΣ» με 27% (περιλαμβάνεται και η παραγωγή της εξαγορασθείσας ΣΥΝΚΟ), 2. Η Θ. ΝΙΤΣΙΑΚΟΣ ΑΒΕΕ με 13% , 3. Η Η.Κ.Ε με 12% , 4. Ο Πτην/κός Συν/μός Άρτας με 8%.

Το 30% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από παραγωγούς, οι οποίοι είναι μέλη των πτηνοτροφικών συνεταιρισμών Ιωαννίνων και Άρτας και το 70% παράγεται από παραγωγούς που συνεργάζονται με ιδιωτικές επιχειρήσεις.

## 2 Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας

### 2.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΦΒ

Το ΦΒ αποτελείται από πολλά φωτοβολταϊκά cells που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Το ΦΒ cell είναι η στοιχειώδης μονάδα ενός ΦΒ συστήματος γιατί εκεί μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Υπάρχουν πολλά είδη ΦΒ cells διαθέσιμα στην αγορά και πολλά άλλα υπό ανάπτυξη. Χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά και διατάξεις με στόχο τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τη συσκευή με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Έχουν κατασκευασθεί cells σε εργαστηριακό περιβάλλον με απόδοση που ξεπερνά το 30%. Ωστόσο η απόδοση αυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περίπου η μισή.

Ο ΦΒ Σταθμός περιλαμβάνει ΦΒ Πλαίσια που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ΣΡ(συνεχούς ρεύματος). Η ΣΡ ηλεκτρική ενέργεια οδηγείται στον μετατροπέα, όπου μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα συμβατό με το δίκτυο της ΔΕΗ και διοχετεύεται στο δίκτυό της. Η διάρθρωση της όλης εγκατάστασης βασίζεται στην αρχιτεκτονική των επιμέρους ή των κεντρικών μετατροπέων.

Η μικρότερη δομική μονάδα του Σταθμού είναι το ΦΒ πλαίσιο το οποίο είναι ένα πλήθος από διασυνδεδεμένα ΦΒ cells, τα οποία περικλείονται από προστατευτικά υλικά και είναι τοποθετημένα σε ένα πλαίσιο αλουμινίου.

Τα ΦΒ πλαίσια είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα και τοποθετημένα σε συστοιχίες. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε μία ειδική κατασκευή στήριξης, η οποία στερεώνεται με πασσάλους. Η ΦΒ διάταξη αποτελείται από ΦΒ συστοιχίες – κυκλώματα που αποτελούν πηγές ρεύματος.

#### 2.1.1 Είδη ηλιακών κυψελών

Τα είδη ΦΒ cells, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγορά είναι τα εξής :

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Κατασκευάζονται από καθαρό μονοκρυσταλλικό πυρίτιο το οποίο προέρχεται από ένα μικρό «γόνιο» κρύσταλλο, που αποσπάται με αργό ρυθμό από την τηγμένη μάζα του λιγότερου καθαρού πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου του οποίου το πάχος είναι 200  $\mu\text{m}$  – 400 $\mu\text{m}$ . Επίσης γίνεται τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και έτσι επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακή κυψέλη. Οι μονοκρυσταλλικές ηλιακές κυψέλες παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση και το υψηλότερο κόστος από όλες τις κυψέλες πυριτίου.

#### • Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Οι κυψέλες αυτές κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Επειδή προκύπτουν απευθείας από ορθογώνιες ράβδους οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες είναι συνήθως τετράγωνης μορφής και μεγαλύτερου μεγέθους από αυτές από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς και έχουν και λίγο χαμηλότερη απόδοση από αυτές.

#### • Λεπτής μεμβράνης (Thin-film)

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτό μειώνεται το κόστος. Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι :

Άμορφο πυρίτιο (a-Si) , Copper Indium Diselenide (CIS), Cadmium Telluride (CdTe) , Gallium Arsenide (GaAs)

Με τα δυο πρώτα να χρησιμοποιούνται στις συνήθεις εφαρμογές ευρείας κλίμακας.

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό ΦΒ πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%.

#### • Υβριδικά

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στη χρήση

υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής :

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή, δηλαδή αποτελεσματικότερα.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατόν να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

### 2.1.2 Οικογένειες αντιστροφών

#### • Κεντρικοί αντιστροφείς (Central Inverters)

Οι κεντρικοί αντιστροφείς αποτελούν το είδος των αντιστροφών που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, της τάξης από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο MT (Μέσης Τάσης) της ΔΕΗ. Αρχικά στους κεντρικούς μετατροπείς χρησιμοποιήθηκαν θυρίστορ με χαμηλές συχνότητες μεταγωγής και αυξημένες ανάγκες χρήσης φίλτρων. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θυρίστορ αντικαταστάθηκαν από τρανζίστορ IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες μεταγωγής, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) υλοποιούμενων ψηφιακά, οδήγησαν τους κεντρικούς μετατροπείς στην δημιουργία σχεδόν ημιτονοειδών ρευμάτων εξόδου με χαμηλές απαιτήσεις χρήσης φίλτρων.

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC Direct Current) (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφών όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC(Alternate Current).

- Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (String Inverters)

Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερη διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφέων σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8). Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.

- Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (Multistring Inverters)

Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η κλίση των πάνελ ή η ύπαρξη προβλημάτων σκίασης. Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους, η διαθεσιμότητα μοντέλων multi-string (πολλαπλών συστοιχιών) είναι σαφώς πιο περιορισμένη απ' ό,τι σε συμβατικούς inverters.

### 2.1.3 Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (Islanding)

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding) αναφέρεται σε ένα τμήμα του δικτύου με φωτοβολταϊκά συστήματα που έχει αποκοπεί από την κεντρική τροφοδοσία (δηλαδή αυτή του δικτύου της ΔΕΗ). Στην περίπτωση αυτή, ο φωτοβολταϊκός σταθμός λειτουργεί ως νησίδα παραγωγής ενέργειας και αν οι αντιστροφείς παραμένουν συνδεδεμένοι ελλοχεύουν κίνδυνοι για την ασφάλεια του προσωπικού που πιθανόν να εκτελεί εργασίες στο σημείο σύνδεσης ή και για τον ίδιο τον εξοπλισμό από μεταβατικά φαινόμενα κατά την αυτόματη ή χειροκίνητη επαναφορά του δικτύου. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης χρήζει ειδικού χειρισμού από τον αντιστροφέα, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει μέσω κατάλληλων μετρήσεων την ύπαρξη του. Συνήθως για τον προσδιορισμό της κατάστασης νησιδοποίησης χρησιμοποιείται το πρότυπο VDE 0126-1-1 (Automatic disconnection device between a generator and the public lowvoltage grid) η συμμόρφωση προς το οποίο (ή αντίστοιχο ισοδύναμο του κατά τα πρότυπα άλλων χωρών πλην Γερμανίας ή χωρών που υιοθετούν τους Γερμανικούς κανονισμούς) είναι υποχρεωτική. Η ανίχνευση της κατάστασης νησιδοποίησης γίνεται συνήθως με παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου μέσω μετρήσεων τάσης, συχνότητας και σύνθετης αντίστασης και αν προσδιοριστεί τότε ο αντιστροφέας αποσυνδέεται αυτόματα από το δίκτυο. Ωστόσο, μετά την επαναφορά του δικτύου, ο αντιστροφέας για λόγους προστασίας δε θα πρέπει να επανασυνδέεται αυτόματα αλλά να αφήνει την πάροδο χρόνου τουλάχιστον 3 λεπτών. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης είναι αρκετά σοβαρό και η ΔΕΗ ζητά την προσκόμιση πιστοποιητικών συμμόρφωσης προς το πρότυπο VDE 0126-1-1 από τις εταιρείες κατασκευής των αντιστροφών. Επιπλέον, αποτελεί έναν από τους κυριότερους ελέγχους της ΔΕΗ κατά τη δοκιμή ηλεκτρίσης του σταθμού και την παραλαβή του.

### 2.1.4 Είδη παροχών μέσης τάσης από τη ΔΕΗ

Ανάλογα με το είδος του δικτύου (εναέριο ή υπόγειο) από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο υποσταθμός, τη συνολική ισχύ του και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του, η ΔΕΗ έχει διαμορφώσει ορισμένες τυπικές παροχές. Οι παροχές διακρίνονται σε δύο τύπους:

Παροχές τύπου Α, όταν γίνονται από εναέριο δίκτυο της ΔΕΗ, Παροχές τύπου Β, όταν γίνονται από υπόγειο δίκτυο της ΔΕΗ

Οι παροχές τύπου Α, διακρίνονται σε: Παροχές τύπου Α1, για ισχύεις μέχρι 630 kVA ,Παροχές τύπου Α2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 630 kVA

Οι παροχές τύπου Β, διακρίνονται σε: Παροχές τύπου Β1, για ισχύεις μέχρι 1250 kVA ,Παροχές τύπου Β2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 1250 kVA

Ο τύπος της παροχής καθορίζει και τη μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ και σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής. Στην παροχή τύπου Α1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλεια 30Α βραδείας τήξης ενώ το γενικό μέσο προστασίας του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 40 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος. Στη δεύτερη περίπτωση αυτός πρέπει να είναι εφοδιασμένος με στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας για να υπάρχει ικανοποιητική επιλογική συνεργασία. Στην παροχή τύπου Α2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι διακόπτης απομόνωσης. Αυτός είναι μία ειδική περίπτωση διακόπτη ο οποίος συνεργάζεται με το γενικό διακόπτη της γραμμής που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τη ΔΕΗ. Το μέσο προστασίας από την πλευρά του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 50 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος.

Στην παροχή τύπου Β1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλειες ταχείας τήξης. Ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση αφού η ΔΕΗ εξασφαλίζει την προστασία του μετασχηματιστή για σφάλματα στους ζυγούς της χαμηλής τάσης. Απαιτείται όμως να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη χαμηλή τάση το οποίο μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 400 Α που αντιστοιχεί σε μετασχηματιστή μέχρι 250 kVA. Για μεγαλύτερες ισχύεις απαιτείται η εγκατάσταση αυτόματου διακόπτη ισχύος. Στην παροχή τύπου Β2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι αυτόματος διακόπτης ισχύος. Και σε αυτήν την περίπτωση ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση επειδή το μέσο προστασίας της ΔΕΗ προστατεύει και το μετασχηματιστή του.

## 2.2 Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από Βιομάζα

### Γενικά

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28: **Βιομάζα είναι** «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων» [\(17\)](#). Πιο αναλυτικά, σε αυτήν περιλαμβάνονται:

- Φυτικές ύλες. Αυτές προέρχονται από φυσικά οικοσυστήματα ή από ενεργειακές καλλιέργειες (καλλιέργειες με ειδικό σκοπό την παραγωγή ενέργειας)
- Υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής και δασικής παραγωγής. Περιλαμβάνονται επίσης υποπροϊόντα ζωικής (και αλιευτικής) παραγωγής.
- Υποπροϊόντα επεξεργασίας. Αυτά προέρχονται από την επεξεργασία των παραπάνω υλικών με πιο γνωστό ίσως το πριονίδι.
- Αστικά λύματα και σκουπίδια [\(21\)](#)



Εικόνα 2.1 Πηγές Βιομάζας

## 2.2.2 Βιοενέργεια

Η βιομάζα είναι το αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, δηλαδή στην ουσία *μια αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας*. Αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή *βιοενέργειας*. Η εξαιρετικά ποικίλη φύση της και οι πολλές διεργασίες που μπορεί κανείς να ακολουθήσει για τη μετατροπή της σε πόρο βιοενέργειας, κάνουν το θέμα της σωστής αξιολόγησης της, σύνθετο.

Για άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή και υδροηλεκτρική, η τεχνολογία μετατροπής που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερα σημαντική. Για τη βιομάζα όμως, το σημαντικό είναι το σύνολο του συστήματος που χρησιμοποιείται για την μετατροπή σε βιοενέργεια και αυτό συνεπάγεται κατανόηση των θεμάτων:

- της φύσης της βιομάζας και τις δυνατότητες που έχει στη μετρίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- του εύρους του φάσματος των διαφορετικών πόρων βιομάζας συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων.
- της θερμοχημικής (Thermochemical) μετατροπής των ξηρών βιοκαυσίμων.
- της βιοχημικής (Biochemical) μετατροπής των υγρών βιοκαυσίμων.

Η βιοενέργεια έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές διότι απευθύνεται και στους τρεις φορείς ενέργειας:

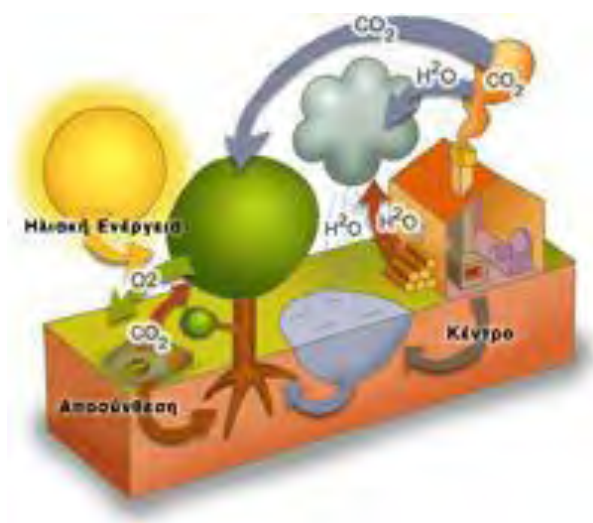
- 1) Παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος (Electricity)
- 2) Θέρμανση / ψύξη (Heat)
- 3) Βιοκαύσιμα (Fuels)

## Πλεονεκτήματα

Η βιομάζα ως πηγή ενέργειας μπορεί να εύκολα να χρησιμοποιηθεί. Ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι ανεξάντλητη και οι πηγές προέλευσής της βρίσκονται παντού σε αφθονία.

Το πιο γνωστό πλεονέκτημα της αφορά το μηδενικό κύκλο διοξειδίου του άνθρακα όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.3. Αυτό σημαίνει ότι: θεωρώντας ότι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που η βιομάζα αποδίδει στην ατμόσφαιρα, είχε ήδη αφαιρεθεί κατά την ανάπτυξή της, τότε προκύπτει

πως η χρήση βιομάζας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με διοξείδιο του άνθρακα (μηδενικές «διαρροές» διοξειδίου σε αντίθεση π.χ. με τον άνθρακα/πετρέλαιο που ελευθερώνει στην ατμόσφαιρα ποσότητες άνθρακα οι οποίες ήταν «παγιδευμένες» σε στερεή μορφή στο εσωτερικό της Γής), αποφεύγοντας έτσι και όλες τις αρνητικές συνέπειες που αυτό επιφέρει. Επομένως η παραγωγή και η χρήση της δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.



**Εικόνα 2.2** Μηδενικό Κύκλο CO<sub>2</sub>

Επιπρόσθετα αποτελεί την ΑΠΕ που βοηθά την οικονομία περισσότερο καθώς αυξάνει τις θέσεις εργασίας και τονώνει την οικονομική ζωή της υπαίθρου με την οργάνωση ενεργειακών καλλιεργειών, όσο καμία άλλη ΑΠΕ. Επιλύει το πρόβλημα των σκουπιδιών των μεγάλων αστικών κέντρων μετατρέποντάς το από πρόβλημα σε προσοδοφόρο επένδυση παραγωγής βιοαερίου, κάτι που συμβαίνει ήδη σε πολλές πόλεις της Ευρώπης.

### **Μειονεκτήματα**

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της και είναι τα εξής [\(21\)](#)

- 1) Έχει χαμηλή θερμαντική αξία κατά μονάδα βάρους και ακόμη μικρότερη κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό περιορίζει τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς στον τόπο παραγωγής της και συνεπώς η εκμετάλλευσή της περιορίζεται κάπως, σε τοπικό επίπεδο.
  - 2) Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται αυξημένη δυσκολία ενεργειακής αξιοποίησης σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα καθώς μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη θερμαντική αξία, όταν αυτή υπολογίζεται με βάση το υγρό βάρος της
  - 3) Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Πέρα από τις δυσκολίες αυτές, παρουσιάζονται επίσης σημαντικά οικονομικά εμπόδια:
- 4) Οι πιο δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
  - 5) Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της δυστυχώς σημαίνει και εποχιακή μόνο εκμετάλλευση.
  - 6) Μία μονάδα καύσεως βιομάζας, έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με μια μονάδα καύσεως ορυκτών καυσίμων.

Εξ αιτίας αυτών των μειονεκτημάτων, το κόστος της βιομάζας συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, παραμένει όπως φαίνεται και από τη σύγκριση στη συνέχεια, σε αρκετές περιπτώσεις υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει ή φαίνεται πως σύντομα θα παρουσιάσει, οικονομικά οφέλη. Επιπλέον το πρόβλημα φαίνεται να εξαλείφεται περαιτέρω λόγω της ανόδου της τιμής του πετρελαίου.

## 2.2.6 Κρίσιμοι παράγοντες τεχνολογίας αξιοποίησης βιομάζας

Προκειμένου να εξεταστεί οποιαδήποτε χρήση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, είναι σημαντικό να εξεταστούν τρεις κρίσιμοι παράγοντες:

1) Πρώτες ύλες: Το είδος της βιομάζας. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μορφών. Το κάθε είδος έχει διαφορετικές ιδιότητες που έχουν αντίκτυπο στη χρήση τους για την παραγωγή ενέργειας.

Η πηγή και η βιωσιμότητα της πρώτης ύλης της βιομάζας είναι κρίσιμη για την οικονομία και την επιτυχία ενός έργου παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα πρώτων υλών και μάλιστα μπορεί να χωριστεί σε αστική και αγροτική πρώτη ύλη (Πίνακας 2.1). Κρίσιμα ζητήματα για την πρώτη ύλη βιομάζας είναι η ενέργεια της, η τέφρα, η υγρασία, και η ομοιογένεια. Αυτές θα έχουν αντίκτυπο στο κόστος της πρώτης ύλης βιομάζας ανά μονάδα ενέργειας, στο κόστος των μεταφορών, στο κόστος της προεπεξεργασίας και το κόστος αποθήκευσης. Θα επηρεάσει επίσης και την καταλληλότητα των διαφόρων τεχνολογιών μετατροπής.

| Αγροτικές                                       | Αστικές                                                  |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Δασικά προϊόντα & υπολείμματα κατεργασίας ξύλου | Αστικά υπολείμματα κατεργασίας ξύλου (κιβώτια, πελλέτες) |
| Αγροτικά υπολείμματα                            | Λύματα και βιοαέριο αποβλήτων                            |
| Ενεργειακές Καλλιέργειες                        | Αέρια υγειονομικής ταφής                                 |
| Βιοαέριο ζωικών αποβλήτων                       | Σκουπίδια και κατάλοιπα τροφίμων                         |

**Πίνακας 2.1** Πρώτες ύλες Βιομάζας Πηγή: [\(13\)](#)

2) Διεργασίες Μετατροπής Βιομάζας: Αυτές είναι οι διαδικασίες με τις οποίες οι πρώτες ύλες βιομάζας μετασχηματίζονται στη μορφή ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και/ή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η βιοενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια μέσω θερμοχημικών διεργασιών (δηλαδή καύση, αεριοποίηση και πυρόλυση) ή βιοχημικών διεργασιών, όπως με αναερόβια χώνευση.

3) Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας: Δεν πρέπει να συγχέονται με την διεργασία μετατροπής. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα των εμπορικά αποδεδειγμένων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιήσουν βιομάζα ως καύσιμο.

Σε κάθε περίπτωση διεργασίας, οι τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες κυμαίνονται από εμπορικά δοκιμασμένες λύσεις με ένα ευρύ φάσμα προμηθευτών της τεχνολογίας (π.χ. στερεών καυσίμων), έως συστήματα που μόλις έχουν αναπτυχθεί σε εμπορική κλίμακα (π.χ. αεριοποίηση). Παρακάτω συγκεντρώνονται οι τεχνολογίες αυτές και αναφέρει σε πιο στάδιο βρίσκονται, δηλαδή αν γίνεται ακόμα έρευνα (research) ή η τεχνολογία είναι σε αρκετά ώριμο στάδιο (mature) δηλαδή χρησιμοποιείται εμπορικά. Ο άξονας του κόστους μπορεί να προσφέρει μόνο μια σύγκριση μεταξύ του κόστους των τεχνολογιών.

### **Θερμοχημικές διεργασίες**

#### **Καύση Βιομάζας**

Είναι η διεργασία, όπου η βιομάζα καίγεται (οξειδώνεται) σε ένα λέβητα υψηλής πίεσης για την παραγωγή ατμού. Τα καυσάερια που παράγονται μπορεί είτε να συμπυκνώνονται πλήρως για την παραγωγή ενέργειας, είτε να χρησιμοποιούνται μερικώς ή πλήρως ως άλλο χρήσιμο μέσο θέρμανσης σε άλλη διεργασία. Πέραν της χρήση της καύσης βιομάζας για την τροφοδότηση ενός στροβίλου ατμού, η βιομάζα μπορεί να συν-τροφοδοτείται με άνθρακα, σε μια μονάδα παραγωγής ενέργειας συγκαύσης. Συγκαύση, είναι η διαδικασία προσθήκης ενός ποσοστού βιομάζας στο μείγμα καυσίμου (άνθρακα) σε μονάδα παραγωγής ενέργειας.

#### **Αεριοποίηση βιομάζας**

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο. Το προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών αερίων καυσίμων (και μη): μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), υδρατμοί ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ίχνη υδρογονανθράκων (π.χ.  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ) και άζωτο ( $\text{N}_2$ , σε περίπτωση που για την διεργασία χρησιμοποιείται αέρας και όχι καθαρό οξυγόνο). Παρουσιάζει διάφορους επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι: τα σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες. Το παραγόμενο αυτό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, μικρο-τουρμπίνες, κυψέλες καυσίμου ή τουρμπίνες αερίου. Όταν χρησιμοποιείται σε στροβίλους, μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη απόδοση από αυτή που επιτυγχάνεται σε έναν ατμοστρόβilo.

Η απαιτούμενη θερμότητα για την αεριοποίηση της βιομάζας παρέχεται από την καύση μέρους της αρχικής ποσότητας της βιομάζας. Αναφορικά με το είδος και τον σχεδιασμό ενός αντιδραστήρα αεριοποίησης, αυτοί διακρίνονται ανάλογα με το μέσο αεριοποίησης (αέρας, οξυγόνο ή ατμός), τον τρόπο παροχής της απαιτούμενης θερμότητας (αυτοθερμικοί ή αλλοθερμικοί αεριοποιητές), την πίεση λειτουργίας (ατμοσφαιρικοί ή υπό πίεση αντιδραστήρες) και τον σχεδιασμό τους (σταθερής ή ρευστοποιημένης κλίνης).

### **Πυρόλυση**

Η πυρόλυση είναι ένα υποσύνολο των συστημάτων αεριοποίησης. Στη πυρόλυση η καύση σταματάει σε χαμηλότερη θερμοκρασία (450 ° C έως 600 ° C), με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός υγρού βίο-έλαιο, καθώς και αέρια και στερεά προϊόντα. Το έλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

### **Βιοχημικές διεργασίες**

#### **Αναερόβια χώνευση**

Η αναερόβια χώνευση είναι μία διεργασία που λαμβάνει χώρα σχεδόν σε οποιοδήποτε βιολογικό υλικό που αποσυντίθεται και ευνοείται από θερμές, υγρές και με απουσία αέρα συνθήκες. Το προκύπτον αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και αναφέρεται ως βιοαέριο. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μετά την απορρύπανση του, σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, μικρό-στροβίλους, αεριοστροβίλους.

[\(13\)](#)

## **2.2.7 Λειτουργικές μονάδες**

Μια διεργασία μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια αποτελείται από βήματα (building blocks) τα οποία πολλές φορές επαναλαμβάνονται σε άλλες διαφορετικές διεργασίες και ονομάζονται λειτουργικές μονάδες. Η αναγνώριση τους είναι πολύ σημαντική στην αξιολόγηση των διεργασιών. Αυτά είναι: φούρνος (Furnace), λέβητας (Stoker), κινητήρας αερίου (Gas engine), αεριοποιητής (Gasifier), κινητήρας Ντίζελ (Diesel engine), ατμολέβητας – λέβητας ατμού (Steam boiler), χωνευτήρας (Digester), κύκλο ατμού (Steam cycle), γεννήτρια τουρμπίνας (Turbine Generator), ρευστοποιημένη κλίνη (Fluidized bed – FB), οργανικός κύκλος Rankine (Organic Rankine Cycle - ORC), στάδιο ανάκτησης θερμότητας (Heat recovery), αεριοστροβίλος (Gas turbine), στάδιο καθαρισμού με αέριο (Gas cleaning).

Οι παραπάνω λειτουργικές μονάδες μπορούν να συνδεθούν και να σχηματίσουν τα “μονοπάτια” - διεργασίες μετατροπής της βιομάζας. Μπορεί να υπάρξει διαχωρισμός των διεργασιών ανάλογα με την λειτουργία τους:

- Παραγωγή θερμότητας (μόνο): Σε μικρή κλίμακα/Σε μεγάλη κλίμακα
- Ταυτόχρονη παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρισμού: Συμπαγωγή (Combined Heat and Power – CHP) [\(16\)](#)

### **Καύση βιομάζας – Παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα και συμπαγωγή**

Η στερεά βιομάζα καίγεται σε κλίβανο και το καυσαέριο που παράγεται θερμαίνει νερό, δημιουργώντας πίεση ατμού σε έναν λέβητα. Ο ατμός εκτονώνεται σε μία τουρμπίνα ατμού, όπου η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Για να κλείσει ο κύκλος του νερού, ο ατμός συμπυκνώνεται, τίθεται εκ νέου υπό πίεση και επιστρέφει στο λέβητα. Η τουρμπίνα ατμού κινεί μια γεννήτρια η οποία τελικά παράγει την πολυπόθητη ηλεκτρική ενέργεια. Από τη γεννήτρια παράγεται εκτός της ηλεκτρικής ενέργειας, και θερμότητα (Γουσγουριώτης Ι.Η., 2005). Όταν αυτή η θερμότητα χρησιμοποιείται, δημιουργείται ένα σύστημα συμπαγωγής (ΗΠ και Θερμότητας) το λεγόμενο CHP.

Εναλλακτικά, η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή την περίπτωση, η θερμότητα από το καυσαέριο χρησιμοποιείται για να ανεβάσει τη θερμοκρασία νερού ή ατμού. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς όπως για Τηλεθέρμανση.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, μέχρι το 2007, έχει καταγραφεί πως φτάνει περίπου τα 60 TWh ετησίως στην ΕΕ των 27. Αυτό είναι περίπου το 2% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Περίπου 13 TWh ετησίως προέρχονται από μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Επομένως, οι υπόλοιπες 47 TWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγονται από βιομάζα προέρχονται από καύση. Ο αριθμός των εγκαταστάσεων καύσης βιομάζας στην Ευρώπη υπερβαίνει τις εκατό, οι περισσότεροι από αυτούς με δυναμικότητες μεταξύ 5 και 20 MWe. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις βρίσκονται σε χώρες με σημαντική δασική βιομηχανία. Οι σχετικά μεγάλες εγκαταστάσεις που βρίσκονται στη Βόρεια Ευρώπη και τα κράτη της Βαλτικής [\(16\)](#)

### Καύση βιομάζας – συγκαύση

Η συγκαύση βιομάζας γίνεται κυρίως σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν με καύση συμβατικών καυσίμων ως συνήθως, όμως ταυτόχρονα, αξιοποιούν την τεχνολογία εκνεφωμένου καυσίμου (Pulverized Fuel - PF). Μονάδες PF προετοιμάζουν το καύσιμο (τη βιομάζα) αλέθοντας τη σε μικρά σωματίδια. Αυτά τα σωματίδια είναι που εισάγονται σε ατμολέβητα μέσω καυστήρων. Η εισαγωγή της βιομάζας στο σύστημα μπορεί να γίνει είτε χωριστά από τον άνθρακα είτε μαζί με τον άνθρακα (χρησιμοποιώντας τον ίδιο καυστήρα). Μια άλλη επιλογή είναι να καεί η βιομάζα σε ένα ξεχωριστό λέβητα. Το τελευταίο αποτελεί μάλλον εξαίρεση παρά κοινή πρακτική. Τυπικά ποσοστά σύγκαυσης στην Ευρώπη κυμαίνονται από 2 % έως 7%, ανεξάρτητα από την ικανότητα εγκαταστάσεων [\(27\)](#).

Η χαμηλής κλίμακας συγκαύση είναι ώριμη τεχνολογία και στο μέλλον το μέγεθος της κλίμακας αναμένεται να αυξηθεί [\(13\)](#). Στην Ευρώπη, 100 με 150 μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα έχουν σημαντική εμπειρία στη σύγκαυση βιομάζας. Αναφέρεται ότι το 2004, 3,5 εκατομμύρια τόνοι άνθρακα αντικαταστάθηκαν από βιομάζα για ταυτόχρονη καύση, σε όλο τον κόσμο. Αν θεωρήσουμε ότι 100 από τις 150 μονάδες βρίσκονται στην Ευρώπη, η υποκατεστημένη ποσότητα του άνθρακα στην Ευρώπη υπολογίζεται ότι είναι  $100/150 * 3,5 = 2,3$  εκατομμύρια τόνοι [\(27\)](#).

| Χώρα     | Τεχνικές Δυνατότητες συγκαύσης |
|----------|--------------------------------|
| Γερμανία | 18 -23 TWh/yr                  |
| Πολωνία  | 18 – 23 TWh/yr                 |
| Ισπανία  | 6 – 9 TWh/yr                   |
| Αγγλία   | 2 – 3 TWh/yr                   |
| ΕΕ - 27  | 50 – 90 TWh/yr                 |

**Πίνακας 2.3.** Δυνατότητες συγκαύσης χωρών ΕΕ [\(13\)](#)

### Καύση βιομάζας - Αποτέφρωση αποβλήτων

Μία ειδική περίπτωση καύσης βιομάζας είναι η αποτέφρωση αποβλήτων. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοιες με τις προηγούμενες, ωστόσο, απαιτείται ειδική προκατεργασία πριν αλλά και μετά τη διαδικασία, αφού η σύνθεση του καυσίμου από απόβλητα

(δηλαδή της βιομάζας που εδώ χρησιμοποιείται σαν καύσιμο) δεν είναι πάντα η ίδια, περιέχει περισσότερους ρύπους και ποικίλει σε μορφολογία.

Βελτιστοποίηση της τεχνολογίας καύσης και των ιδιοτήτων του καυσίμου δεν είναι δυνατή λόγω της μεταβαλλόμενης σύστασης του καυσίμου. Σε σύγκριση όμως με ειδικές εγκαταστάσεις βιομάζας, οι μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων έχουν μεγαλύτερες ικανότητες. Η θερμότητα που παράγεται σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού που χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στροβίλους ατμού. Σε μερικές περιπτώσεις, η θερμότητα χρησιμοποιείται αυτούσια.

Η εφαρμογή της αποτέφρωσης των αποβλήτων θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, λόγω απαγόρευσης της υγειονομικής ταφής που έχει ήδη τεθεί σε εφαρμογή σε έναν αυξανόμενο αριθμό χωρών [\(6\)](#)

. Επί του παρόντος, η αποτέφρωση των αποβλήτων κατέχει δεσπόζουσα θέση σε μια σειρά από ευρωπαϊκές χώρες.

## 2.2.8 Καύση βιομάζας - Οργανικός Κύκλος Rankine

Ο Οργανικός Κύκλος Rankine (ORC) είναι μια τεχνολογία παρόμοια με ένα σύστημα κύκλου ατμού. Η διαφορά είναι ότι ο ORC δεν χρησιμοποιεί νερό ως κινούμενο ρευστό, αλλά κάποια άλλη κατάλληλη, οργανική αυτή τη φορά, ουσία εξού και το Οργανικός Κύκλος (Schuster A., 2009). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα να μπορεί να λειτουργήσει σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις, επιτρέποντας την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ρεύματα θερμότητας των αποβλήτων. Επιπλέον, είναι εφικτή η μικρής κλίμακας εφαρμογή σε αντίθεση με τους κύκλους ατμού.

Τα συστήματα αυτά έχουν εφαρμοστεί για θερμικά απόβλητα εδώ και πολλά χρόνια καθώς και σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Στις εφαρμογές της βιοενέργειας, ο ORC εφαρμόζεται τόσο ως πρόσθετο σε άλλα συστήματα βιοενέργειας (χώνευση, καύση) όσο και ως αυτόνομη τεχνολογία.

Σε μονάδες επεξεργασίας βιομάζας συστήματα 400 kWe έως 1,5 MWe έχουν αποδειχθεί επιτυχημένα και είναι εμπορικώς διαθέσιμα. Παρά το γεγονός ότι αρκετές μονάδες βιομάζας ORC βρίσκονται σε λειτουργία στην Ευρώπη, τα δεδομένα είναι περιορισμένα λόγω του εμπορικού απορρήτου. Τα περισσότερα συστήματα ORC βρίσκονται στην Αυστρία .

Ένα σύστημα ORC μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο (add-on) σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση παραγωγής βιοενέργειας (π.χ. χωνευτήρας), ή ως αυτόνομο σύστημα. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα συστήματα ORC είναι ο καλός έλεγχος και συνεπώς το υψηλό επίπεδο αυτοματισμού και το χαμηλό κόστος συντήρησης. Επίσης έχουν καλή απόδοση. Μειονεκτήματα είναι η περιορισμένη ηλεκτρική απόδοση (λόγω των χαμηλών πιέσεων), το υψηλό κόστος επένδυσης και ο κίνδυνος λόγω υψηλής ευφλεκτότητας και τοξικότητας των οργανικών ρευστών που χρησιμοποιούνται.

### 2.2.9 Καύση βιομάζας - Τηλεθέρμανση

Η Τηλεθέρμανση αναφέρεται σε λέβητες μόνο για θερμότητα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία και για τη θέρμανση κτιρίων. Η τεχνολογία είναι παρόμοια με τους κλιβάνους που χρησιμοποιούνται στην CHP. Συνήθως, κεντρικοί λέβητες είναι πιο αποτελεσματικοί από ό, τι ατομικά συστήματα θέρμανσης.

Η Τηλεθέρμανση χρησιμοποιείται συνήθως σε χώρες με σχετικά ψυχρό κλίμα, με μεγάλες ποσότητες ξυλείας και όπου τα εναλλακτικά καύσιμα είναι λιγοστά. Κυρίως τα καλά ανεπτυγμένα δίκτυα φυσικού αερίου είναι που ανταγωνίζονται με την τηλεθέρμανση. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, το καλά αναπτυγμένο δίκτυο φυσικού αερίου είναι ένας σημαντικός λόγος για την περιορισμένη εφαρμογή της τηλεθέρμανσης. Οι περισσότερες μονάδες θέρμανσης με βιομάζα βρίσκονται στη Σκανδιναβία, στις Βαλτικές Χώρες και στην Αυστρία.

Η Τηλεθέρμανση κάλυπτε περίπου το 8% της συνολικής ζήτησης θερμότητας στην Ευρώπη το 2003. Από το σύνολο της ενέργειας για τηλεθέρμανση (1906 PJ/έτος) το 11,5% (219 PJ/έτος) είναι από τη βιομάζα. Οι κυριότερες χώρες τηλεθέρμανσης που χρησιμοποιούν τηλεθέρμανση είναι η Σουηδία (97 PJ / έτος), η Φινλανδία (68 PJ/έτος) και η Αυστρία (15 PJ/έτος). Από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν βιομάζα για παραγωγή θερμότητας μόνο, το 10% χρησιμοποιείται στην τηλεθέρμανση.

### Χώνευση βιομάζας - χώνευση κοπριάς

Η κοπριά τροφοδοτείται σε ένα αναερόβιο (χωρίς οξυγόνο) αντιδραστήρα, τον χωνευτήρα, όπου μετατρέπεται σε βιοαέριο από βακτήρια. Οι περισσότεροι χωνευτήρες είναι δεξαμενές

ανάδευσης, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης και χωνευτήρες στρωτής ροής. Οι περισσότεροι αντιδραστήρες λειτουργούν σε ένα επίπεδο θερμοκρασίας 35°C. Αυτό είναι το λεγόμενο μεσόφιλο σύστημα. Τα συστήματα σε υψηλότερο επίπεδο θερμοκρασίας (55°C, θερμόφιλα συστήματα). Ο τυπικός χρόνος παραμονής στον χωνευτήρα είναι της τάξης των 30 ημερών, γεγονός που καθιστά τον απαιτούμενο εξοπλισμό, μεγάλο.

Το βιοαέριο περιέχει 55% - 70% κατ όγκο-μεθάνιο. Το υπόλοιπο μέρος είναι διοξείδιο του άνθρακος με μικρές ποσότητες άλλων αερίων όπως υδρογόνο και υδρόθειο. Μετά την απομάκρυνση της υγρασίας και του υδρόθειου (εάν είναι απαραίτητο), το βιοαέριο τροφοδοτείται σε έναν κινητήρα αερίου. Η μηχανή κινεί μια γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια από τη γεννήτρια παρέχεται στο (εθνικό) δίκτυο. Απορριπτόμενη θερμότητα από το ψυκτικό του κινητήρα χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της απαιτούμενης θερμοκρασίας στο χωνευτήρα. Το υπόλοιπο στερεό υλικό μετά την χώνευση ονομάζεται κομπόστ. Το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα και έχει, σε σύγκριση με αχώνευτη κοπριά, μια προστιθέμενη αξία ως λίπασμα.

Η χώνευση κοπριάς γίνεται σε αρκετές χώρες της ΕΕ. Το 2006, με τη χρήση βιοαερίου, παρήχθησαν συνολικά 17272 GWh ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ των 27, εκ των οποίων το 54% προήλθε από μονάδες CHP και το 46% από εγκαταστάσεις παραγωγής μόνο θερμότητας.

## 2.3 Ηλιακά Θερμικά Συστήματα

### Εισαγωγή

Ο ήλιος αποτελεί ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ιδιαίτερα για την Ελλάδα, που διαθέτει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία με μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί τη σημαντικότερη Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας και το βασικό ενεργειακό πλούτο της χώρας. Ως ηλιακή ενέργεια θεωρούμε όλες τις διαφορετικές μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο, όπως το φως (φωτεινή ενέργεια), τη θερμότητα (θερμική ενέργεια) καθώς και άλλες μορφές ακτινοβολίας (ενέργεια ακτινοβολίας).

Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου σε θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, φως και ηλεκτρισμό, αποφεύγοντας τις αρνητικές επιπτώσεις των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τα συμβατικά καύσιμα. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά (ηλιοθερμικά) συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα βασίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Η παραγωγή ζεστού νερού με ηλιακούς θερμοσίφωνες είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία αξιοποίησης της ηλιοθερμικής ενέργειας και έχει μεγάλη εφαρμογή στη χώρα μας, ενώ η χρήση ηλιακής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη χώρων εφαρμόζεται μόλις τα τελευταία χρόνια.



**Εικόνα 2.3** Θερμικά ηλιακά συστήματα εγκατεστημένα σε οροφές κτιρίων

Τα ηλιακά θερμικά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Οι κυριότερες τεχνολογίες είναι τα:

**Παθητικά ηλιακά συστήματα**, που χρησιμοποιούν κατάλληλα δομικά υλικά και στοιχεία οικοδόμησης π.χ. παράθυρα προς το νότο, πέτρινοι τοίχοι, ηλιακοί χώροι) για τη συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.

**Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**, τα οποία αποτελούν μηχανολογικά συστήματα για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας καθώς επίσης για τη μετατροπή της σε θερμότητα, την αποθήκευση και μεταφορά της χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό, είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας.

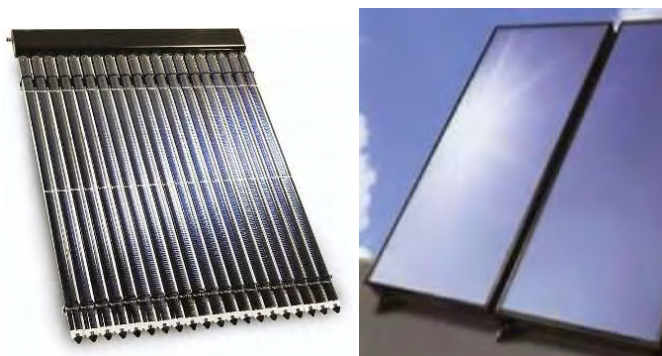
**Υβριδικά ηλιακά συστήματα**, που είναι συνδυασμός ενεργητικών και παθητικών συστημάτων

### Ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα

Η βασική αρχή λειτουργίας των ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων στηρίζεται στη χρήση ενός συλλέκτη. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου διαπερνά το διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη, παγιδεύεται στο εσωτερικό του και απορροφάται από την επιφάνεια που βρίσκεται μέσα στον συλλέκτη, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της. Ένα ηλιακό θερμικό σύστημα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη, ένα σύστημα κυκλοφορίας και το σύστημα ελέγχου.

- **Ηλιακός Συλλέκτης**

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιοθερμικού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, ο οποίος μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και τη μεταφέρει σε κάποιο ρευστό (νερό, ηλιακό ρευστό, αέρα).



**Εικόνα 2.4** Ηλιακό πλαίσιο με σωλήνες κενού και Ηλιακός επίπεδος συλλέκτης

Οι διαφορετικές τεχνολογίες ηλιακών συλλεκτών είναι:

Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα: Είναι απλοί και οικονομικοί. Αποτελούνται από μαύρους πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες χωρίς μόνωση μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το υγρό. Η μέγιστη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται είναι 20oC πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Επίπεδοι συλλέκτες: Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ηλιακού συλλέκτη. Αποτελείται από επίπεδο μονωμένο πλαίσιο, το οποίο καλύπτεται από τη μια πλευρά με διαφανές κάλυμμα από τζάμι ή πλαστικό. Το πλαίσιο περιέχει μια μαύρη/σκουρόχρωμη πλάκα που απορροφά την ηλιακή ενέργεια (Εικόνα 3). Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας κυκλοφορεί μέσα ή πάνω από την απορροφητική πλάκα μεταφέροντας τη θερμότητα. Η θερμοκρασία που παράγεται μπορεί να φτάσει ως 70oC πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Σωλήνων κενού: Αποτελούνται από σειρά γυάλινων σωλήνων κενού. Ο κάθε σωλήνας περιέχει έναν απορροφητή (π.χ. μια μαύρη μεταλλική πλάκα) που απορροφά την ηλιακή ενέργεια (Εικόνα 2). Λόγω της μονωτικής ιδιότητας του κενού η θερμοκρασία που παράγεται μπορεί να φτάσει ως 100oC πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

| Τεχνολογία<br>Συλλέκτη                                            | Κόστος | Μέγιστη<br>παραγόμενη<br>θερμοκρασία | Απόδοση<br>kWh/m <sup>2</sup> /χρόνο | Τυπική χρήση                                       |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Χωρίς<br/>κάλυμμα</b>                                          | Χαμηλό | 30 oC                                | 300                                  | Θέρμανση<br>πισίνας                                |
| <b>Επίπεδος συλ-<br/>λέκτης (μαύρη<br/>βαφή)</b>                  | Μεσαίο | 70 oC                                | 6 50                                 | Θέρμανση<br>Πισίνας<br>Θέρμανση<br>Χώρου<br>ZNX    |
| <b>Επίπεδος συλ-<br/>λέκτης<br/>(Επιλεκτικός<br/>Απορροφητής)</b> | Μεσαίο | 80 oC                                | 700                                  | ZNX<br>Θέρμανση<br>χώρου<br>Ηλιακός<br>κλιματισμός |

|                            |       |        |     |                                                     |
|----------------------------|-------|--------|-----|-----------------------------------------------------|
| <b>Συλλέκτες<br/>κενού</b> | Υψηλό | 100 οC | 850 | Ηλιακός<br>κλιματισμός<br>Βιομηχανικές<br>εφαρμογές |
|----------------------------|-------|--------|-----|-----------------------------------------------------|

Πίνακας 2.4. Σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών ηλιακών συλλεκτών

Χρησιμοποιώντας επίπεδους επιλεκτικούς ηλιακούς συλλέκτες, επιφάνειας ίσης με το 15%-20% του εμβαδού του θερμαινόμενου χώρου, επιτυγχάνεται περίπου 40% κάλυψη των συνολικών αναγκών μιας κατοικίας σε θέρμανση και ζεστό νερό.

- Σύστημα Κυκλοφορίας

Ο κυκλοφορητής μεταφέρει τη θερμότητα από το συλλέκτη στο σημείο που θα χρησιμοποιηθεί ή θα αποθηκευτεί. Π.χ. σε ένα οικιακό θερμοσίφωνα το ρευστό μεταφοράς θερμότητας κυκλοφορεί από το συλλέκτη στον εναλλάκτη θερμότητας μέσα στο δοχείο νερού. Συνήθως το ρευστό μεταφοράς θερμότητας είναι νερό ή έχει βάση το νερό, στο οποίο μπορεί να προστεθεί αντιψυκτικό για να μην παγώσει το χειμώνα. Στα περισσότερα συστήματα η κυκλοφορία του ρευστού γίνεται με φυσική ροή (θερμοσιφωνική ροή), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις το ρευστό κυκλοφορεί μεταξύ του συλλέκτη και του δοχείου νερού μέσω αντλίας.

- Σύστημα Ελέγχου

Όπως σε κάθε σύστημα θέρμανσης, είναι απαραίτητο ένα συμβατικό σύστημα ελέγχου για να διασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία και να διατηρείται η επιθυμητή θερμοκρασία στη χρήση.

- Προϋποθέσεις εγκατάστασης

Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη μπορεί να είναι:

Οριζόντια όταν τοποθετείται σε οροφές ή έδαφος (εκτός συλλεκτών κενού με σωλήνα θερμότητας ξηρής ή υγρής σύνδεσης)

Επικλινής για τοποθέτηση σε στέγες, έδαφος, προσόψεις κτιρίων. Οι συλλέκτες κενού τοποθετούνται με ελάχιστη κλίση 25°. Η βέλτιστη κλίση των συλλεκτών ανάλογα με τη χρήση τους ενδεικτικά είναι:

- για χρήση όλο το χρόνο συνιστάται η κλίση συλλεκτών να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής
- για χρήση τους χειμερινούς μήνες: κλίση συλλεκτών = γεωγραφικό πλάτος της περιοχής + 150

- για χρήση τους καλοκαιρινούς μήνες: κλίση συλλεκτών = γεωγραφικό πλάτος της περιοχής – 150

Για την εγκατάσταση ενός ενεργητικού ηλιακού θερμικού συστήματος θα πρέπει να προβλεφθούν:

**Ωφέλιμος χώρος για τους συλλέκτες:** το κτίριο πρέπει να έχει ικανοποιητικό χώρο για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών. Ενδεικτικά αρκούν 2 m<sup>2</sup> επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ζεστό νερό μιας οικογένειας 2 ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο απαιτούνται περίπου 0,75 m<sup>2</sup> πρόσθετης συλλεκτικής επιφάνειας. Ο συλλέκτης πρέπει έχει νότιο προσανατολισμό και να μη σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο χώρος αυτός μπορεί να βρίσκεται είτε στην οροφή του κτιρίου (με την προϋπόθεση ότι ψηλότερα γειτονικά κτίρια δεν προκαλούν σκίαση) ή σε κάποιο άλλο ανοιχτό χώρο.

**Ωφέλιμος χώρος για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας και δεξαμενές αποθήκευσης):** Πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες, π.χ. μπορεί να τοποθετηθεί είτε στο υπάρχον λεβητοστάσιο ή σε κάποιον άλλο κλειστό χώρο (στην περίπτωση των θερμοσιφωνικών συστημάτων δεν απαιτείται επιπλέον χώρος).

**Υδραυλικές συνδέσεις:** Οι συλλέκτες, οι δεξαμενές αποθήκευσης, η παροχή κρύου νερού και το δίκτυο ζεστού νερού πρέπει να συνδεθούν υδραυλικά. Οι σωληνώσεις πρέπει να είναι επισκέψιμες για επισκευή πιθανών βλαβών.

**Ηλεκτρικές συνδέσεις:** Ο γενικός πίνακας του κτιρίου πρέπει να αντέχει πρόσθετα φορτία, τα οποία όμως για την περίπτωση των ηλιακών είναι μικρά.

### 2.3.1 Εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών θερμικών Συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού χρήσης, θέρμανση και ψύξη χώρων στον οικιακό τομέα, για βιομηχανικές διεργασίες (παραγωγή ατμού, ηλιακή ψύξη), για τηλεθέρμανση, για θέρμανση του νερού σε πισίνες, για αφαλάτωση καθώς και για διάφορες αγροτικές εφαρμογές. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες.



Εικόνα 2.5. Παραγωγή ΖΝΧ με ηλιακά πλαίσια

- Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης

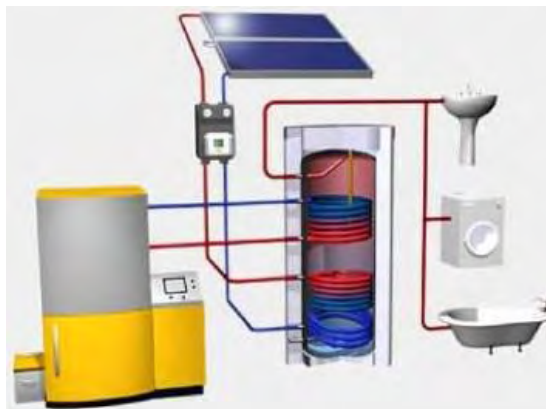
Ένα σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης ο γνωστός ηλιακός θερμοσίφωνας αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, μια δεξαμενή αποθήκευσης για το ζεστό νερό, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου.

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διακρίνονται σε: **ανοικτού κυκλώματος**, με απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε) και **κλειστού κυκλώματος** με έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό χρήσης χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας. Οι θερμοσίφωνες ανοικτού κυκλώματος είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, όμως οι θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος αντέχουν περισσότερο στις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα καθώς λειτουργούν με αντιψυκτικό το οποίο προστατεύει το συλλέκτη.

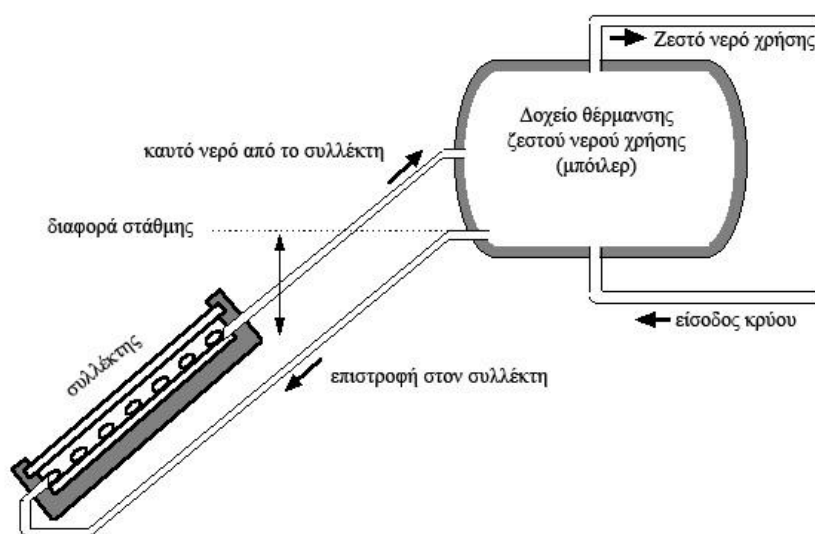
Για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σύστημα θέρμανσης νερού βεβιασμένης κυκλοφορίας, το οποίο διαθέτει ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες, διαφορικούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσει το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες.

Στην Ελλάδα ένα τυπικό ηλιακό σύστημα θερμοσιφωνικού τύπου αποτελείται από δύο επίπεδους συλλέκτες με εμβαδόν περίπου 3-4 m<sup>2</sup>, δοχείο αποθήκευσης 150-200 L και δεξαμενή

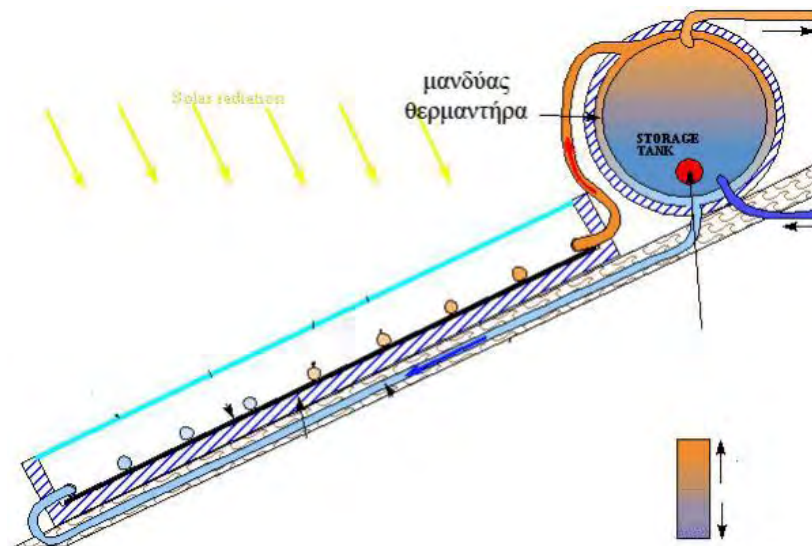
κρύου νερού. Ένα εφεδρικό ηλεκτρικό στοιχείο 3-4 kW χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών σε περιόδους χαμηλής ηλιοφάνειας. Σε σπίτια που έχουν εγκαταστημένο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, ως εφεδρικό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο λέβητας πετρελαίου.



**Εικόνα 2.6** Θερμικά ηλιακά – Βιασμένης κυκλοφορίας Πηγή: [\(26\)](#)



**Εικόνα 2.7.** Θερμικά ηλιακά ανοικτού κυκλώματος Πηγή: [\(26\)](#)



Εικόνα 2.8 Θερμικά ηλιακά κλειστού κυκλώματος Πηγή: [\(26\)](#)

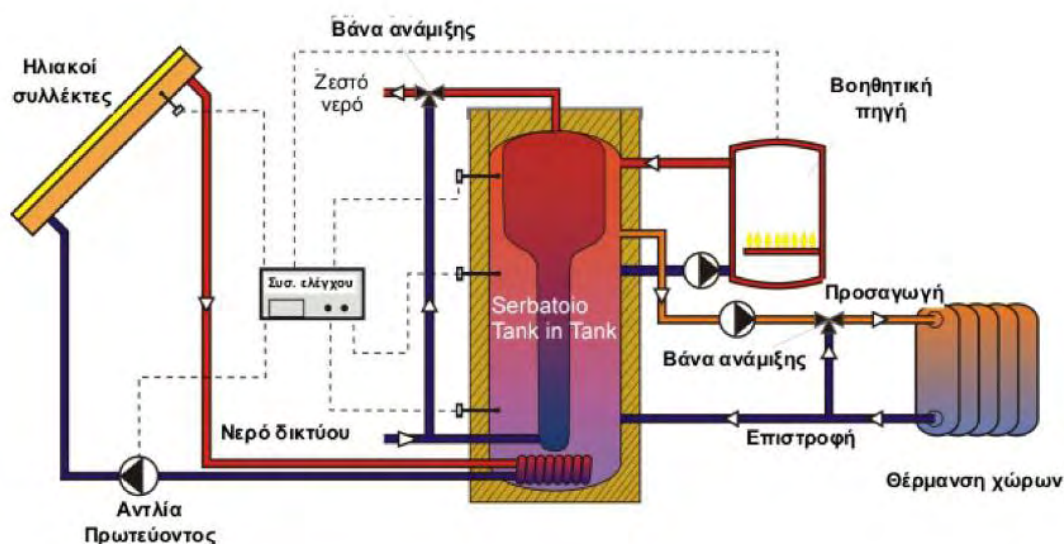


Εικόνα 2.9 Θερμικά ηλιακά συστήματα εγκατεστημένα σε οροφές κτιρίων Πηγή: [\(26\)](#)

- **Θέρμανση χώρου και ζεστού νερού χρήσης**

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για το συνδυασμό παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων δεν είναι ακόμα πολύ διαδεδομένη. Η λειτουργία αυτών των συστημάτων (solar

combi systems ή απλά combi), Εικόνα 18, είναι σχετικά απλή. Το νερό θέρμανσης χώρων (ρευστό που ρέει στα σώματα κεντρικής θέρμανσης ή σε υποδαπέδια θέρμανση), το οποίο προορίζεται για τη θέρμανση χώρων, θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα δοχείο θερμού νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερου όγκου. Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και του έτους, απαιτείται η εγκατάσταση εφεδρικής μονάδας κεντρικής θέρμανσης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου ή υγραερίου, λέβητας βιομάζας ή ηλεκτρισμός) για να θερμαίνει το νερό όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια. Σήμερα υπάρχουν 10 βασικές παραλλαγές των συστημάτων Combi. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40–50οC. Τα combi σε υφιστάμενες κτιριακές κατασκευές λειτουργούν καλύτερα σε συνδυασμό με fan-coils, ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχία θέρμανση. Η λειτουργία τους είναι εφικτό να συνδυαστεί με υφιστάμενο λέβητα συμβατικού τύπου και με τυπικά θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ), τα οποία όμως θα πρέπει να λειτουργούν σε θερμοκρασία 45-70οC.

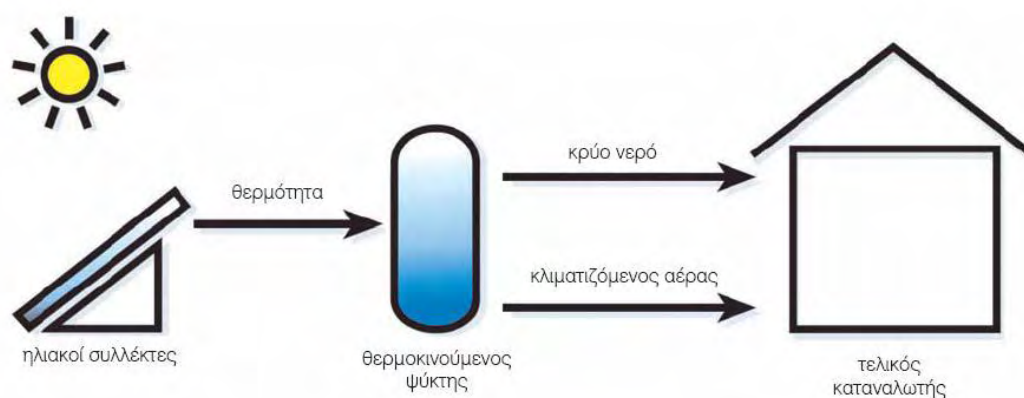


**Εικόνα 2.10** Επεξηγηματικό διάγραμμα συστήματος solar combi για τη θέρμανση χώρων και ΖΝΧ  
Πηγή: [\(24\)](#)

Η χρήση των συστημάτων combi στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας θεωρείται οικονομικά αποδοτική, ιδιαίτερα εάν συνδυαστεί με κατάλληλη μελέτη / κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση παθητικών ηλιακών ωφελειών, ελαχιστοποίηση απωλειών). Εκτιμάται ότι με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών σε ποσοστό 15% της επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων μίας κατοικίας, μπορεί να καλυφθεί περίπου το 40% των συνολικών αναγκών θέρμανσης χώρων και νερού με χρήση ηλιακής ενέργειας.

- Ηλιακός κλιματισμός (Ηλιακή ψύξη χώρου)

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για τον κλιματισμό χώρων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Ένα τυπικό σύστημα Ηλιακού Κλιματισμού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και ένα θερμοοδηγούμενο ψύκτη (chiller). Οι ψύκτες αποτελούν τον πυρήνα των εγκαταστάσεων ηλιακού κλιματισμού. Αν και οι ηλιακοί συλλέκτες είναι αυτοί που παρέχουν την αναγκαία ενέργεια σε μια εγκατάσταση, οι ψύκτες αποτελούν το μηχανισμό που παράγει ψυκτικά φορτία χρησιμοποιώντας το θερμό νερό που έρχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες ως κύρια πηγή ενέργειας. Το παραγόμενο ψυχρό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλιματισμό του αέρα (αφύγρανση, ρύθμιση θερμοκρασίας) ή για ψύξη/δροσισμό χώρων (fan coil, chilled ceilings κα.). Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού διακρίνονται σε κλειστά συστήματα για ψύξη νερού και σε ανοιχτά συστήματα για κλιματισμό αέρα.



**Εικόνα 2.11** Σχηματική διάταξη συστήματος ηλιακού κλιματισμού

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλιακών θερμικών συστημάτων

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη. Η αξιοποίησή της παρέχει ανεξαρτησία και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Με τη λειτουργία των ηλιακών θερμικών συστημάτων αποφεύγεται η χρήση ορυκτών, εισαγομένων καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας θέρμανσης.

**Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τους είναι:**

- Είναι αξιόπιστη και ώριμη τεχνολογία, φιλική προς το περιβάλλον, χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων κατά τη λειτουργία της.
- Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι πιθανές απώλειες μεταφοράς ενέργειας
- Εξοικονομούν το 30-50% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και ψύξη κτιρίου
- Προσφέρουν σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, π.χ. ο ηλιακός θερμοσίφωνας μπορεί να μειώσει το λογαριασμό έως 100€ ανά έτος
- Μπορούν να συνδυαστούν με σύστημα βιομάζας (ενεργειακό τζάκι), καλύπτοντας έτσι το 100% των αναγκών ενέργειας για θέρμανση μιας κατοικίας. Επίσης, μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά θερμαντικά σώματα (ενσωμάτωση σε ήδη εγκατεστημένο σύστημα).
- Λειτουργούν αθόρυβα
- Έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης εγκατάστασης και εξοπλισμού και μηδενικό λειτουργικό κόστος.
- Ιδιαίτερα για την Ελλάδα, είναι μια οικονομικά αποδοτική λύση καθώς υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το χρόνο

#### **Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα για τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι:**

- Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων
- Απαιτούν την εγκατάσταση εφεδρικής πηγής ενέργειας για την πλήρη κάλυψη των αναγκών μία κατοικίας όλο το έτος
- Η ηλιοφάνεια, άρα και η παραγωγή ενέργειας θέρμανσης, είναι μικρότερη κατά την περίοδο της υψηλότερης ζήτησης, το χειμώνα που έχουμε συννεφιά και μικρότερη διάρκεια ημέρας
- Ορισμένοι τύποι ηλιακών συλλεκτών μπορεί να παρουσιάσουν προβλήματα στη λειτουργία τους σε περιοχές με παγετό, ή και να εμφανίσουν σημαντικές φθορές (σπάσιμο καλύμματος, σωληνώσεων).
- Η αισθητική (οπτική) επίπτωση τους είναι μεγαλύτερη από άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ, αν και σήμερα υπάρχουν κάποιες λύσεις για τη βελτίωση του αισθητικού αποτελέσματος

### 2.3.2 Περιβαλλοντικό όφελος

Με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, αποφεύγεται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Το περιβαλλοντικό όφελος από τη χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων προκύπτει από την εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση τη μείωση των εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου.

Ενδεικτικά, από τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων μπορεί να επιτευχθεί

- εξοικονόμηση καυσίμων ισοδύναμη με 50-70 kg πετρελαίου/m<sup>2</sup> συλλέκτη το χρόνο και
- μείωση εκπομπών πάνω από 750 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> συλλέκτη το χρόνο σε περίπτωση υποκατάστασης ηλεκτρικού ρεύματος και 250kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> συλλέκτη σε περίπτωση υποκατάστασης πετρελαίου.

## 2.4 Εναλλάκτες Θερμότητας

### Εισαγωγή

Η κατανόηση των μηχανισμών της Μεταφοράς Θερμότητας καθίσταται ολοένα και πιο σημαντική, δεδομένου ότι έχει σημαντικότατο ρόλο στον ενεργειακό σχεδιασμό εργοστασίων, κτιρίων αλλά και πλήθος άλλων χρηστικών συσκευών. Πέρα από την χρησιμότητα της κατανόησης των μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας, σημασία πρέπει να δίνεται και στον βέλτιστο τρόπο εφαρμογής τους, ο οποίος επιβάλλεται από το έντονο ενδιαφέρον του σύγχρονου κόσμου για μείωση την καταναλισκόμενης ενέργειας και ορθολογικότερη διαχείριση της.

Σπουδαίο ρόλο για την επίτευξη του παραπάνω στόχου διαδραματίζουν οι συσκευές εναλλαγής θερμότητας ή **εναλλάκτες θερμότητας**. Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν αναπόσπαστο μέρος πολλών ενεργειακών συστημάτων, με πολυάριθμες εφαρμογές σε όλους σχεδόν τους βιομηχανικούς τομείς. Ορισμένοι από τους τομείς αυτούς είναι η παραγωγή ενέργειας, η χημική βιομηχανία, η μεταλλουργία, η ναυτιλία και κυρίως η θέρμανση, η ψύξη και ο κλιματισμός.

Για κάθε διαφορετική εφαρμογή μεταφοράς θερμότητας, απαιτείται και το ανάλογο είδος εξοπλισμού μεταφοράς θερμότητας. Η προσπάθεια προσαρμογής του μηχανικού εξοπλισμού μεταφοράς θερμότητας, ανάλογα με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς της εκάστοτε εφαρμογής, είχε ως αποτέλεσμα μια πληθώρα τύπων εναλλακτών θερμότητας με μεγάλη ποικιλία σε συνδυασμούς των χαρακτηριστικών τους .

### 2.4.1 Μηχανισμοί Μεταφοράς Θερμότητας

Η θερμότητα ( $Q$ ) ορίζεται ως το μέρος της ροής της ολικής ενέργειας στα όρια ενός συστήματος, που προκαλείται από τη *διαφορά θερμοκρασίας* μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος ή μεταξύ δύο συστημάτων. Με τον όρο *θερμότητα*, απλοποιείται συχνά ο όρος μεταφορά θερμότητας ή ροή θερμότητας.

Σύμφωνα με τον πρώτο Νόμο της Θερμοδυναμικής, η θερμότητα δεν δημιουργείται εκ του μηδενός, αλλά ούτε και καταστρέφεται, ωστόσο μπορεί να μεταφέρεται και να μετασχηματίζεται . Παρόλο που η θερμότητα και η θερμοκρασία συνδέονται στενά ως έννοιες, αξίζει να τονιστεί ότι η φύση

τους είναι διαφορετική. Σε αντίθεση με τη θερμοκρασία που είναι βαθμωτό μέγεθος, η θερμότητα αποτελεί διανυσματική ποσότητα. Επομένως για την πλήρη περιγραφή της μεταφοράς θερμότητας, πρέπει να προσδιορίζεται το μέγεθος και η διεύθυνσή της.

Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί από μία πηγή σε έναν δέκτη με τρεις κύριους μηχανισμούς. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι η *αγωγή* (*conduction*), η *μεταφορά* (*convection*) και η *ακτινοβολία* (*radiation*). Σε πολλές περιπτώσεις η θερμότητα μεταφέρεται με συνδυασμό δύο ή τριών από τους παραπάνω τρόπους.

## 2.4.2 Εναλλάκτες Θερμότητας

**Εναλλάκτης θερμότητας** (*heat exchanger*) ονομάζεται η διάταξη που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας. Στους εναλλάκτες άμεσης επαφής, τα ρευστά έρχονται σε άμεση επαφή, ανταλλάσσουν θερμότητα και διαχωρίζονται πάλι. Στους εναλλάκτες έμμεσης επαφής, οι ροές των δύο ρευστών διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω ενός μη διαπερατού *θερμοαγωγίμου* διαχωριστικού τοιχώματος και έτσι τα δύο ρευστά παραμένουν χωρισμένα, ενώ η θερμότητα μεταφέρεται μέσω της διαχωριστικής επιφάνειας.

### **Αρχή Λειτουργίας Εναλλακτών Θερμότητας**

Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών θερμότητας φαίνεται παραστατικά στο Σχήμα 2.13. Σε έναν εναλλάκτη στο τοίχωμα μέσω *συναγωγής*, διαμέσου του τοιχώματος με *αγωγή* και από το τοίχωμα στο ψυχρό ρευστό και πάλι μέσω *συναγωγής*. Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας συμπεριλαμβάνονται συνήθως στους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή.



Εικόνα 2.12 Αρχή λειτουργίας εναλλακτών θερμότητας.

### Βασικοί Τύποι Εναλλακτών Θερμότητας

Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν μία πολυπληθή οικογένεια και τα χαρακτηριστικά τους ποικίλουν ανάλογα με το είδος της εκάστοτε εφαρμογής. Ένα πρώτο κριτήριο διαχωρισμού των εναλλακτών, σχετίζεται με το είδος της ροής και ανάλογα με αυτό διακρίνονται ως εξής:

- Εναλλάκτες Παράλληλης ροής ή ομορροής (parallel flow), όπου τα δύο ρευστά ρέουν παράλληλα .
- Εναλλάκτες Αντιρροής (counter flow), όπου τα ρευστά ρέουν στην ίδια διεύθυνση αλλά με αντίθετη φορά.

Εναλλάκτες Σταυρωτής ροής ή σταυρορροής (cross flow), στους οποίους τα δύο ρευστά ρέουν σε κάθετες διευθύνσεις.

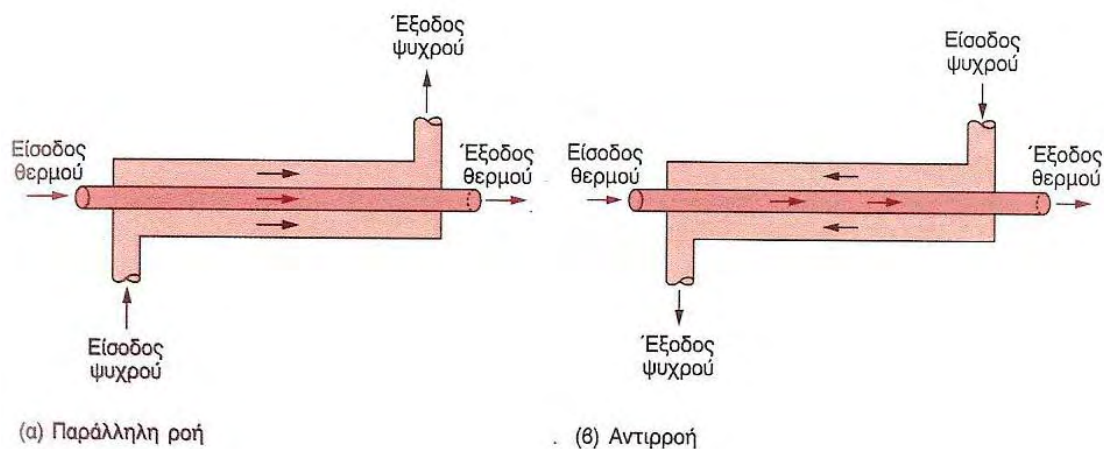
- Σύνθετους Εναλλάκτες, όταν συνδυάζουν κάποια από τα παραπάνω είδη ροής.

Στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι οι εναλλάκτες αντιρροής παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα μεταφοράς θερμότητας συγκριτικά με τα άλλα είδη ροής και για το λόγο αυτό απαντάται στις περισσότερες εφαρμογές.

Το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στη διάταξη του εναλλάκτη και ανάλογα προκύπτει ο παρακάτω διαχωρισμός για ορισμένα από τα πιο γνωστά είδη εναλλακτών:

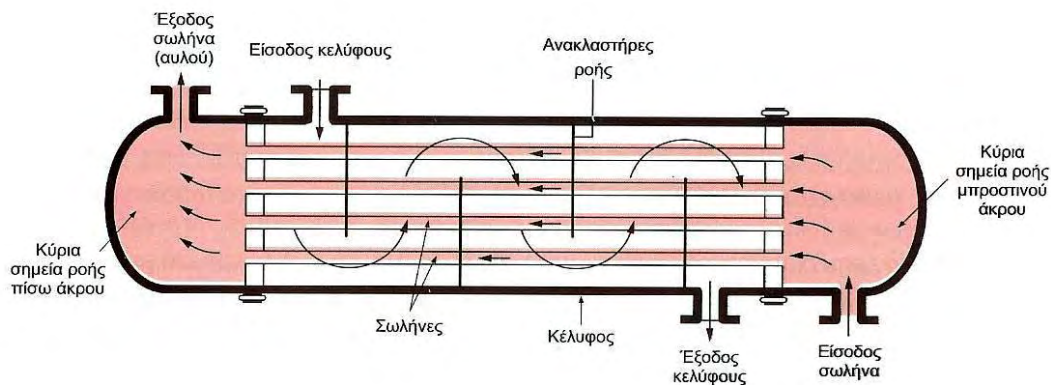
- Εναλλάκτες διπλού αυλού ή διπλού σωλήνα (double pipe heat exchangers). ΟΝτύπος αυτός είναι ο απλούστερος τύπος εναλλάκτη και αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες με το

ένα ρευστό να ρέει διαμέσου του μικρότερου σωλήνα και το δεύτερο στο χώρο που παρεμβάλλεται μεταξύ των σωλήνων.



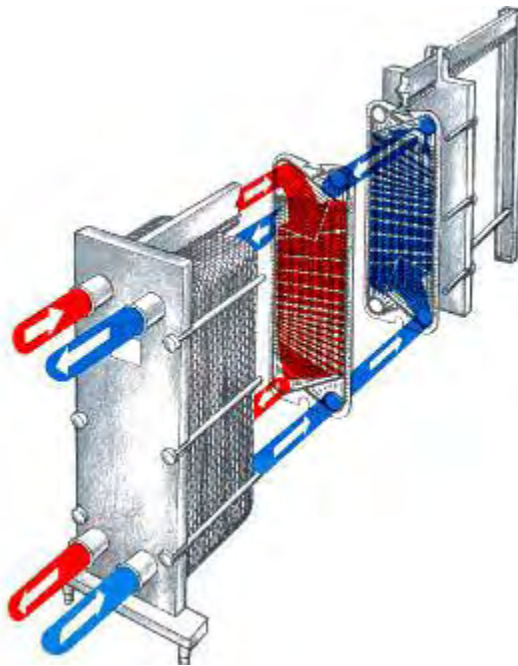
**Εικόνα 2.13** Διαφορετικές καταστάσεις ροής και σχετικές θερμοκρασιακές κατανομές σε εναλλάκτη θερμότητας διπλού σωλήνα .

- Εναλλάκτες κελύφους και αυλών ή δέσμης σωλήνων με διαφράγματα (shell-and-tube heat exchangers), είναι ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος εναλλάκτης στη βιομηχανία διεργασιών και αντιπροσωπεύει τουλάχιστον το 60% των εναλλακτών που χρησιμοποιούνται σήμερα .



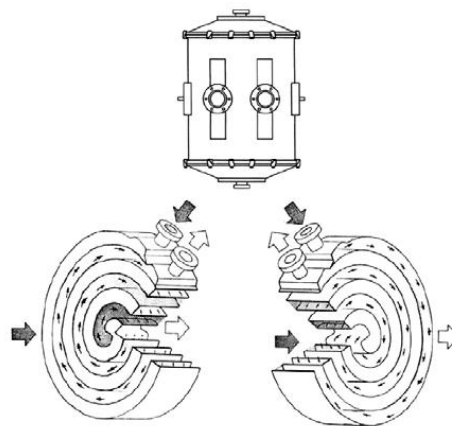
**Εικόνα 2.14** Η σχηματική απεικόνιση ενός εναλλάκτη θερμότητας δέσμης σωλήνων με διαφράγματα .

- Πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας (plate heat exchangers), οι οποίοι αποτελούνται από μία συστοιχία αυλακωτών μεταλλικών πλακών πιεσμένες μέσα σε ένα πλαίσιο. Στο Σχήμα 2.16 διακρίνεται ένας πλακοειδής εναλλάκτης.



**Εικόνα 2.15** Πλακοειδής εναλλάκτης όπου διακρίνονται τα ρέοντα ρευστά

- Σπειροειδείς εναλλάκτες (spiral heat exchangers), στους οποίους τα ρευστά ρέουν σε σπειροειδείς επιφάνειες, οι οποίες διαχωρίζονται από υπερυψωμένες προεξοχές και σφραγίζονται με δύο πλάκες άκρων .



**Εικόνα 2.16** Σπειροειδής εναλλάκτης

- Συμπαγείς εναλλάκτες (compact heat exchangers), οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές με αυστηρούς περιορισμούς βάρους και όγκου διότι επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών σε έναν μικρό όγκο. Οι συμπαγείς εναλλάκτες παρουσιάζουν υψηλές τιμές του λόγου της επιφάνειας θερμοεναλλαγής προς τον όγκο τους και εξ ορισμού ο λόγος αυτός (*πυκνότητα επιφάνειας, β*) λαμβάνει τιμές

μεγαλύτερες από  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Τέτοιοι εναλλάκτες είναι τα ψυγεία των αυτοκινήτων, οι υαλοκεραμικοί αεροστροβιλοί εναλλάκτες και ο αναγεννητήρας μιας μηχανής Stirling.

Ανάλογα με τη φύση της εκάστοτε εφαρμογής, χρησιμοποιούνται και άλλου είδους εναλλάκτες όπως οι *εναλλάκτες προεκτεταμένης επιφάνειας με πτερύγια*, οι *εναλλάκτες αερίου-αερίου*, οι *αερόψυκτοι εναλλάκτες*, οι *συμπυκνωτές* (condensers), οι *εξατμιστήρες* (evaporators) και οι *αναγεννητές* (regenerators). Επιπροσθέτως υπάρχουν εναλλάκτες που εντοπίζονται στην καθημερινότητα, όπως οι λέβητες (boilers), οι βραστήρες, τα κλιματιστικά ή τα σώματα καλοριφέρ.

## 2.5 Αναβάθμιση Κελύφους Κτιρίου

### Εισαγωγή

Το κτιριακό κέλυφος είναι το περίβλημα του κτιρίου που διαχωρίζει τους εσωτερικούς χώρους του με το εξωτερικό περιβάλλον. Ο ρόλος του είναι πολυδιάστατος. Καταρχήν, προσφέρει προστασία στους χρήστες του κτιρίου από τα διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα, παρέχοντας ασφαλείς συνθήκες παραμονής και εργασίας. Ακόμη, απομονώνει τους χρήστες του κτιρίου από τον περίγυρό τους, δίνοντας τους μια αίσθηση ιδιότητας και χαλάρωσης. Αποτελεί, δε, το κύριο μέσο αλληλεπίδρασης του κτιρίου με το περιβάλλον.

Σε αυτή την αλληλεπίδραση οφείλεται η διαμόρφωση των εσωτερικών συνθηκών του κτιρίου. Αυτές οι συνθήκες όμως, σπάνια ταυτίζονται με τις επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης που οφείλουν να επικρατούν σε κάθε κτίριο ή σε κάθε θερμική ζώνη του. Επομένως, απαιτείται η λήψη κατάλληλων μέτρων προκειμένου να επιτευχθεί σύγκλιση των δύο καταστάσεων.

Ο εύκολος τρόπος επίτευξης αυτού του στόχου είναι η εκτεταμένη χρήση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Έτσι, όμως, η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγάλη, αφού τα συστήματα αυτά λειτουργούν συνεχώς και σε υψηλό επίπεδο έντασης κατά τη διάρκεια της ημέρας, ελλείψει άλλων λύσεων. Αποτέλεσμα είναι η απώλεια της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας. Ο έτερος τρόπος είναι η λήψη μέτρων με στόχο τη βελτίωση των προδιαγραφών του κελύφους. Αυτή η μέθοδος απαιτεί την κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων ενέργειας, αφού τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης υποστηρίζονται αποτελεσματικά από ένα κέλυφος με βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά. Επομένως, η λειτουργία τους είναι περιοδική και σε χαμηλότερα επίπεδα έντασης. Ο στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας έχει επιτευχθεί.

Οι κυριότερες εσωκλιματικές παράμετροι που καθορίζουν τη θερμική άνεση ενός εσωτερικού χώρου είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Επομένως, οι παρεμβάσεις που θα πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, θα πρέπει να έχουν ως στόχο τη διατήρηση των δύο αυτών παραμέτρων στο επιθυμητό, για το κάθε κτίριο ή την κάθε θερμική ζώνη, επίπεδο.

### 2.5.1 Υγρομόνωση

Οι υδρατμοί αποτελούν την αέρια φάση του νερού. Η παρουσία υδρατμών μέσα στη μάζα του αέρα ονομάζεται υγρασία. Η υγρασία αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά του κλίματος κάθε περιοχής, επηρεάζοντας έτσι τις περιβαλλοντικές συνθήκες του εκάστοτε τόπου. Η αλληλεπίδραση μεταξύ κτιρίου και εξωτερικού περιβάλλοντος, καθιστά την υγρασία ρυθμιστικό παράγοντα και του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων.

Η υγρασία οφείλεται στο νερό που διεισδύει με την υγρή ή αέρια φάση του στη μάζα των δομικών υλικών. Το νερό κινείται μέσω των τριχοειδών αγγείων των υλικών όταν είναι σε υγρή φάση και μέσω της διάχυσης των υδρατμών όταν είναι στην αέρια. Έτσι, η υγρασία προσβάλλει το εσωτερικό των δομικών στοιχείων του κελύφους, αλλά πολλές φορές γίνεται αντιληπτή και στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Οι επιπτώσεις που προκαλεί στην τοιχοποιία και τα άλλα δομικά στοιχεία κυμαίνονται από την απλή καταστροφή του χρώματος των επιφανειών έως και την πλήρη καταστροφή των δομικών υλικών της οικοδομής.

Επειδή οι βλάβες που προκαλούνται από την υγρασία είναι σοβαρές και πολλές φορές μη αναστρέψιμες, απαιτείται η θωράκιση του κτιριακού κελύφους έναντι αυτής της απειλής. Η θωράκιση αυτή επιτυγχάνεται με την υγρομόνωση του κελύφους. Η αποτελεσματικότητα της τελευταίας κρίνεται από την ολοκληρωμένη μελέτη της ήδη από τη φάση σχεδιασμού του κτιρίου, την επιλογή των κατάλληλων υλικών για την εφαρμογή της και την σωστή και φροντισμένη τοποθέτησή της κατά τη διάρκεια κατασκευής του κτιρίου.

### 2.5.2 Θερμομόνωση

Θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου ονομάζεται το σύνολο των μεθόδων και των υλικών που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της ροής θερμότητας μεταξύ των χώρων εκατέρωθεν του στοιχείου. Η ροή θερμότητας οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο χώρων, η οποία προκαλεί τη μετάδοση θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο χώρο, μέσω του δομικού στοιχείου.

Η μετάδοση θερμότητας μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος ενός κτιρίου γίνεται μέσω του κτιριακού κελύφους. Τις ψυχρές ημέρες του έτους, η ροή θερμότητας είναι από το θερμότερο εσωτερικό περιβάλλον προς το ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον, ενώ τις θερμές ημέρες

η ροή είναι αντίθετη. Στην πρώτη περίπτωση, η θερμότητα που διαφεύγει εκτός του κτιρίου ονομάζεται θερμικές απώλειες. Στη δεύτερη περίπτωση, εξωτερικά θερμικά κέρδη.

Σκοπός της θερμομόνωσης είναι να ελαχιστοποιήσει τη μετάδοση θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα, περιορίζοντας έτσι τα εξωτερικά θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και τις θερμικές απώλειες το χειμώνα. Έτσι περιορίζονται οι ανάγκες του κτιρίου για ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση το χειμώνα, αντίστοιχα.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, οι οποίοι είναι το κλίμα της περιοχής, οι διαστάσεις των εξωτερικών επιφανειών του, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και το είδος των υλικών κατασκευής των δομικών στοιχείων του.

Η εξάρτηση των θερμικών απωλειών από το είδος των δομικών υλικών εκφράζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  των δομικών στοιχείων του κελύφους. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αποτελεί κριτήριο της θερμομονωτικής ικανότητας του δομικού στοιχείου. Ένα μη μονωμένο στοιχείο έχει υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, δηλαδή μεγάλες απώλειες θερμότητας. Επομένως, η θερμομόνωση του στοιχείου έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας του.

Η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός στοιχείου απαιτεί τη χρήση θερμομονωτικών υλικών για την κατασκευή του στοιχείου, καθώς αυτά χαρακτηρίζονται από πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, γεγονός που τους προσδίδει μεγάλη αντίσταση θερμοδιαφυγής. Μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας μπορεί να προκύψει και με αύξηση του πάχους των υλικών κατασκευής του δομικού στοιχείου, αλλά αυτή η μέθοδος έχει κόστος χώρου και χρημάτων εξαιτίας της ελάττωσης του ωφέλιμου εσωτερικού εμβαδού και της αύξησης των ποσοτήτων των δομικών υλικών, αντίστοιχα. Μάλιστα, η αντίσταση θερμοδιαφυγής που προκύπτει με χρήση αυτής της μεθόδου έχει μικρότερες τιμές συγκρινόμενη με την προηγούμενη μέθοδο. Επιπλέον, η εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι ανάλογη της αύξησης του πάχους του στοιχείου. Επομένως, η δεύτερη μέθοδος θερμομόνωσης δεν συνίσταται από τεχνοοικονομική άποψη.

Θερμομόνωση εφαρμόζεται σε όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, διαφανή και αδιαφανή. Στα αδιαφανή δομικά στοιχεία περιλαμβάνονται τα στοιχεία που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, αλλά και εκείνα που βρίσκονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους εσωτερικούς χώρους ή με το έδαφος. Η εφαρμογή παρεμβάσεων θερμομόνωσης εξαρτάται άμεσα από το αν το κτίριο είναι υπό κατασκευή ή ανακαίνιση.

Η σπουδαιότητα της θερμομόνωσης στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα των κτιριακών εγκαταστάσεων έχει γίνει πλέον ευρέως αντιληπτή και αυτό αντικατοπτρίζεται και στη σχετική νομοθεσία του κράτους. Έτσι, η θερμομόνωση έγινε υποχρεωτική για πρώτη φορά στην

Ελλάδα με τη θέσπιση του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.) το 1979, ενώ ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το 2010 (αντικαθιστώντας τον Κ.Θ.Κ.), τυποποίησε πλήρως τη θερμομόνωση, προσδιορίζοντας με ακρίβεια και σαφήνεια τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις που πρέπει αυτή να πληρεί.

### **Θερμομόνωση δομικών στοιχείων.**

#### **Εξωτερικές τοιχοποιίες**

Οι τεχνικές μόνωσης που εφαρμόζονται στις εξωτερικές τοιχοποιίες είναι οι εξής:

- Εσωτερική θερμομόνωση.

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και προστατεύεται από φράγμα υδρατμών και κάποιο στερεό δομικό υλικό (π.χ. γυψοσανίδα) που ενεργεί ως επίχρισμα.

- Εξωτερική θερμομόνωση.

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και προστατεύεται από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες με επένδυση φύλλων αλουμινίου, ασβεστοτσιμέντο, κ.α.

- Θερμομόνωση πυρήνα.

Η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού γίνεται στο κενό που υπάρχει μεταξύ ενός διπλού τοίχου. Ο διπλός τοίχος μπορεί να είναι δρομικός, ορθοδρομικός ή δρομικός-ορθοδρομικός. Μια αποδοτικότερη παραλλαγή αυτής της μεθόδου είναι η πρόβλεψη ενός κενού αέρα λίγων εκατοστών (> 2cm) δίπλα στη μόνωση και μεταξύ των τοίχων. Σε αυτήν την περίπτωση η μόνωση πρέπει να τοποθετηθεί δίπλα στον εσωτερικό τοίχο. Η λύση αυτή δίνει μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας για την τοιχοποιία από την κλασική επιλογή, αλλά περιορίζει τον ωφέλιμο εσωτερικό χώρο.

Η θερμομόνωση πυρήνα είναι ο συνηθέστερος τρόπος μόνωσης των εξωτερικών τοίχων στην Ελλάδα αφού ικανοποιεί τις μέγιστες ανεκτές τιμές του συντελεστή θερμομόνωσης όπως ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. και επιπλέον το κόστος κατασκευής της είναι μικρότερο της εξωτερικής θερμομόνωσης. Είναι γεγονός όμως πως η θερμομονωτική ικανότητα που έχει είναι κατώτερη της εξωτερικής μόνωσης.

#### **Στέγες-Δώματα**

Η θερμομόνωση των δωματίων και των στεγών έχει μεγάλη σπουδαιότητα για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη δημιουργία του απαιτούμενου εσωκλίματος. Η οροφή του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζει υδατοστεγανότητα, να έχει την κατάλληλη κλίση για την απομάκρυνση των νερών της βροχής και καλές θερμικές ιδιότητες για την προστασία των εσωτερικών χώρων από υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες.

### **Δάπεδα**

Σημαντική για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου θεωρείται η θερμομόνωση του δαπέδου του. Τα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτές) ή με μη θερμαινόμενους χώρους (υπόγεια) πρέπει απαραίτητα να μονώνονται. Αντίθετα, η μόνωση των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος δεν είναι αναγκαία. Μάλιστα, ένα αμόνωτο, σε επαφή με τη γη δάπεδο, μπορεί να εκμεταλλευτεί τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του εδάφους προς βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του. Γνωρίζουμε ότι οι μεγάλες τιμές θερμοχωρητικότητας αποτρέπουν τις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας του στοιχείου. Έτσι, το χειμώνα η θερμοκρασία του εδάφους είναι μεγαλύτερη της αντίστοιχης του εξωτερικού αέρα, συνεισφέροντας στη θέρμανση του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι είναι μικρότερη της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα, διευκολύνοντας την απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου.

Η θερμομόνωση ενός δαπέδου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή με μη θερμαινόμενο χώρο μπορεί να είναι εσωτερική ή εξωτερική.

### **2.5.3 Ανοίγματα κτιριακού κελύφους.**

Ένα από τα στοιχεία αρχιτεκτονικής ενός κτιρίου που έχει εξαιρετική σημασία όσον αφορά τη λειτουργικότητα του κτιρίου είναι το σύνολο των ανοιγμάτων του.

Η επιφάνεια των ανοιγμάτων καλύπτεται από τα διαφανή δομικά στοιχεία, τα οποία ονομάζονται υαλοστάσια ή κουφώματα. Τα υαλοστάσια αποτελούνται από τους υαλοπίνακες (τζάμια) και τα πλαίσια, στα οποία προσαρμόζονται οι υαλοπίνακες. Εξαιτίας της μεγάλης σπουδαιότητας των υαλοστασίων στο θέμα της εξοικονόμηση ενέργειας, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα αυτό

υπήρξαν ραγδαίες σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η κατασκευή και χρήση νέων, αναβαθμισμένων πλαισίων στα υαλοστάσια, καθώς και η δημιουργία ενός πλήθους υαλοπινάκων με διαφορετικές ιδιότητες και εφαρμογές.

### **Πλαίσια.**

Πλαίσιο ονομάζεται το τμήμα του υαλοστασίου, στην εσωτερική περίμετρο του οποίου προσαρμόζεται ο υαλοπίνακας. Τα πρώτα πλαίσια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα ξύλινα πλαίσια. Κατόπιν εμφανίστηκαν τα μεταλλικά πλαίσια (αρχικά σιδερένια και έπειτα αλουμινίου) και πλέον είναι διαθέσιμα και τα συνθετικά (πλαστικά) πλαίσια.

Η ανάγκη για την ελαχιστοποίηση της θερμοπερατότητας των υαλοστασίων υπήρξε ο κινητήριο μοχλός για τις συνεχείς προσπάθειες εύρεσης νέων αναβαθμισμένων τύπων πλαισίων. Προφανώς, αφού τα πλαίσια συνιστούν τμήμα των κουφωμάτων, είναι αναμενόμενο ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου να επηρεάζει το συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος δίνεται από τη σχέση:

$$U_w = (A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g) / A_w \text{ [W/(m}^2\text{·K)]}$$

όπου,

$U_w$ , ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

$U_f$ , ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου,

$U_g$ , ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,

$A_w$ , το εμβαδό του κουφώματος,

$A_f$ , η επιφάνεια του πλαισίου,

$A_g$ , η επιφάνεια του υαλοπίνακα.

Τα μεγέθη  $A_f$  και  $A_g$  συνήθως εκφράζονται ως ποσοστά της συνολικής επιφάνειας του κουφώματος  $A_w$ . Από τη σχέση (6.2) διαπιστώνουμε πως η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κουφώματος εξαρτάται από τη θερμοπερατότητα του πλαισίου. Ο βαθμός εξάρτησης κυμαίνεται ανάλογα με το ποσοστό του υαλοστασίου το οποίο καταλαμβάνει το πλαίσιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το πλαίσιο καλύπτει ακόμα και το 30% της επιφάνειας του ανοίγματος, επομένως υψηλή τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου μειώνει δραματικά τη θερμομονωτική ικανότητα του υαλοστασίου.

**Υαλοπίνακες.**

Υαλοπίνακας ονομάζεται το διαφανές τμήμα του υαλοστασίου (τζάμι), το οποίο επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου, συνεισφέροντας έτσι στο φωτισμό και τη θέρμανση του κτιρίου. Παράλληλα όμως είναι και το τμήμα του κελύφους το οποίο είναι υπεύθυνο για το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμικών απωλειών καθώς το γυαλί παρουσιάζει πολύ κακή θερμομονωτική συμπεριφορά.

Οι απαιτήσεις που έχουμε γενικά από τους υαλοπίνακες είναι η μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών το χειμώνα και η ελαχιστοποίηση τους το καλοκαίρι, η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών το χειμώνα, ο περιορισμός του υπερβολικού φωτισμού των χώρων, η εξασφάλιση ηχομόνωσης, η μηχανική αντοχή, η αισθητική αρτιότητα, η εύκολη συντήρηση και αντικατάσταση και το χαμηλό κόστος. Κάθε απαίτηση οδηγεί σε μια συγκεκριμένη ιδιότητα του υαλοπίνακα και καθορίζει τα πλαίσια της τιμής που αυτή πρέπει να έχει (π.χ. μικρή, μεγάλη) ώστε να ικανοποιείται η απαίτηση. Επειδή όμως κάποιες από τις παραπάνω απαιτήσεις ικανοποιούνται με διαφορετικές τιμές της ίδιας ιδιότητας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, πως η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα είναι κάθε φορά προϊόν συμβιβασμού των παραπάνω απαιτήσεων. Για παράδειγμα, η ελαχιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προϋποθέτει τη χρήση υαλοπινάκων με μικρό συντελεστή ηλιακών κερδών. Αυτό όμως έρχεται σε αντίθεση με την απαίτηση για μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του χειμώνα που προϋποθέτει τη χρήση υαλοπινάκων με μεγάλο συντελεστή ηλιακών κερδών. Η επιλογή των κατάλληλων υαλοπινάκων διευκολύνεται από τον καθορισμό των προτεραιοτήτων του κάθε χώρου, δηλαδή ποιες απαιτήσεις πρέπει αυτός πρωτίστως να πληρεί, όπως και από την ανάλυση των ιδιοτεροτήτων κάθε ανοίγματος (π.χ. άνοιγμα προσανατολισμένο προς βορρά πρέπει να καλύπτεται από υαλοπίνακα χαμηλής θερμοπερατότητας εξαιτίας των αυξημένων θερμικών απωλειών).

Οι ιδιότητες των υαλοπινάκων, με βάση τις τιμές των οποίων γίνεται η επιλογή των κατάλληλων υαλοπινάκων για κάθε εφαρμογή, είναι οι εξής:

- Διαπερατότητα, ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα στο ορατό φάσμα.

Οι παράμετροι αυτές καθορίζουν τις οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα και σχετίζονται μεταξύ τους με τη σχέση:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (6.3)$$

όπου,

$\alpha$ , η απορροφητικότητα,

$\rho$ , η ανακλαστικότητα,

τ, η διαπερατότητα του υαλοπίνακα στο ορατό φάσμα.

Το μέρος του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε έναν υαλοπίνακα και ανακλάται άμεσα εκφράζεται από το συντελεστή ανακλαστικότητας, το τμήμα που απορροφάται από τον υαλοπίνακα εκφράζεται από το συντελεστή απορροφητικότητας και το υπόλοιπο που διέρχεται από τον υαλοπίνακα, εισέρχεται στο χώρο και μετατρέπεται σε θερμότητα εκφράζεται από το συντελεστή διαπερατότητας. Μέρος του ορατού φάσματος που απορροφήθηκε από τον υαλοπίνακα ανακλάται στη συνέχεια προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το υπόλοιπο τμήμα που έχει απορροφηθεί από τον υαλοπίνακα εισέρχεται και αυτό στο εσωτερικό του κτιρίου. Μεγάλος συντελεστής απορροφητικότητας οδηγεί σε υπερθέρμανση του υαλοπίνακα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με συνέπεια τη μείωση της θερμικής άνεσης, ενώ μεγάλος συντελεστής ανακλαστικότητας περιορίζει αισθητά τα ηλιακά κέρδη του υαλοπίνακα, πράγμα ανεπιθύμητο κατά τους χειμερινούς μήνες. Συνεπώς, υαλοπίνακες με μεγάλη απορροφητικότητα συνιστώνται για περιοχές με ψυχρό κλίμα, ενώ υαλοπίνακες με μεγάλη ανακλαστικότητα προτείνονται για χρήση σε περιοχές με θερμό κλίμα.

- Συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών.

Ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών του υαλοπίνακα εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτόν. Λαμβάνεται ίσος με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους σε κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στον υαλοπίνακα. Ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών του υαλοπίνακα συμπεριλαμβάνει και την ακτινοβολία η οποία έχει απορροφηθεί από τον υαλοπίνακα και στη συνέχεια μεταδόθηκε στο εσωτερικό του κτιρίου. Η τιμή του προφανώς εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα. Αντίστροφος του συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών του υαλοπίνακα είναι ο συντελεστής σκίασης.

Ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών του υαλοπίνακα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών του κουφώματος με χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$g_w = g_{gl} \cdot (1 - F_f) \quad (6.4)$$

όπου,

$g_w$ , ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών του κουφώματος,

$g_{gl}$ , ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών του υαλοπίνακα,

$F_f$ , το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτή που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται.

Τυπικές τιμές του συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών και του συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών σε κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορους τύπους υαλοπινάκων δίνονται από τον παρακάτω πίνακα [\(26\)](#)

| Τύπος υαλοπίνακα                                                        | g    | ggI  |
|-------------------------------------------------------------------------|------|------|
| Μονός υαλοπίνακας                                                       | 0,85 | 0,77 |
| Διπλός υαλοπίνακας                                                      | 0,75 | 0,68 |
| Διπλός υαλοπίνακας με<br>επίστρωση χαμηλού<br>συντελεστή εκπομπής (Low- | 0,67 | 0,60 |

Πίνακας 2.6. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση g και της μέσης διαπερατότητας ggI για διάφορους τύπους υαλοπινάκων.

- Συντελεστής οπτικής ή φωτεινής διαπερατότητας.

Ο συντελεστής οπτικής ή φωτεινής διαπερατότητας LT εκφράζει το ποσοστό της φωτεινής ακτινοβολίας που διέρχεται μέσα από τον υαλοπίνακα και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο. Για παράδειγμα,  $LT = 0.8$  σημαίνει πως το 80% της ορατής ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Υψηλή τιμή του συντελεστή LT είναι αναγκαία και επιθυμητή για την πλήρη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Αντίθετα ένας χαμηλός συντελεστής φωτεινής διαπερατότητας αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα τεχνητού φωτισμού. Ιδανικές τιμές του συντελεστή LT είναι 60%-80%, ανάλογα με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε χώρου.

- Συντελεστής ψυχρότητας.

Ο συντελεστής ψυχρότητας ορίζεται ως ο λόγος της διαπερατότητας του υαλοπίνακα στο ορατό φάσμα του φωτός προς το συντελεστή σκίασής του. Το απλό διαφανές γυαλί έχει συντελεστή ψυχρότητας ίσο περίπου με 1. Ένας ιδανικός υαλοπίνακας κατάλληλος για κτίρια με υψηλά θερμικά φορτία οφείλει να διαθέτει μεγάλη οπτική διαπερατότητα και μικρή θερμοπερατότητα. Στην περίπτωση αυτή, ο συντελεστής ψυχρότητας του ιδανικού υαλοπίνακα είναι ίσος με 2. Οι υαλοπίνακες με τιμές συντελεστών ψυχρότητας μεγαλύτερες του 1, θεωρούνται φασματικά επιλεκτικοί, δηλαδή επιτρέπουν τη διέλευση μόνο της ορατής ακτινοβολίας. Είναι κατάλληλοι για κτίρια στα οποία παρατηρείται υπερθέρμανση κατά τους θερινούς μήνες.

- Συντελεστής θερμοπερατότητας.

Γνωρίζουμε ήδη πως ορίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού υλικού ή στοιχείου. Οι απλοί υαλοπίνακες έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας, επομένως παρουσιάζουν αυξημένες απώλειες θερμότητας και συνήθως είναι ανεπιθύμητοι για κτιριακές εφαρμογές. Γενικά, η όλη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου καθορίζει αν είναι απαραίτητη η χρήση υαλοπινάκων με μικρό ή μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας. Στη συντριπτική πλειοψηφία, όμως, των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Χάρis στις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των υαλοπινάκων, έχουν κατασκευαστεί αναβαθμισμένοι τύποι υαλοπινάκων, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας. Έτσι, αντιμετωπίζεται το – μέχρι πρόσφατα – σοβαρό πρόβλημα των θερμικών απωλειών των υαλοστασίων.

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας με τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων υαλοπινάκων [\(26\)](#)

| Τύπος υαλοπίνακα                                                                                        | $U_g [W/(m^2 \cdot K)]$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Μονός υαλοπίνακας                                                                                       | 5,70                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm                                                                | 3,30                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm                                                               | 2,80                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπομπής ( $\epsilon = 0,10$ ) | 2,60                    |

|                                                                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12 mm<br>αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής<br>εκπομπής ( $\epsilon = 0,10$ ) | 1,80 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

Πίνακας 2.7. Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων.

Όπως αναφέραμε, οι υαλοπίνακες επιλέγονται με βάση ένα σύνολο παραμέτρων και πρέπει να ικανοποιούν μια σειρά από απαιτήσεις. Οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών έχουν δημιουργήσει διάφορους τύπους υαλοπινάκων, έκαστος εκ των οποίων διαθέτει προηγμένες ιδιότητες και μοναδικά χαρακτηριστικά. Έτσι, η εύρεση του κατάλληλου υαλοπίνακα – μεταξύ των διαφόρων τύπων που υπάρχουν – που να πληρεί τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής είναι πλέον σίγουρη και εύκολη. Στη συνέχεια παραθέτονται τα διάφορα είδη υαλοπινάκων που είναι διαθέσιμα σήμερα στην αγορά:

- Απλός μονός υαλοπίνακας.

Έχει το μεγαλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας, ο οποίος μειώνεται όσο αυξάνεται το πάχος του γυαλιού. Επίσης, διαθέτει μεγάλο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους. Πλέον, θεωρείται για πολλές εφαρμογές ξεπερασμένος και έτσι συναντάται σπάνια σε κτίρια.

- Απλός διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας.

Μεταξύ των υαλοπινάκων υπάρχει κενό ξηρού αέρα και ο συντελεστής θερμοπερατότητας μειώνεται όσο αυξάνεται το πλάτος του κενού (με οριακή τιμή τα 15-16 mm). Μεγαλύτερα πλάτη χρησιμοποιούνται μόνο για υψηλές απαιτήσεις ηχομόνωσης. Καλύτερες θερμομονωτικές ικανότητες επιτυγχάνονται α) με την πλήρωση του κενού με αέριο χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας από αυτήν του ξηρού αέρα (π.χ. αργό, κρυπτό) και β) με την τοποθέτηση ειδικών μονωτικών διαφανών υλικών μέσα στο κενό, τα οποία εμποδίζουν την κίνηση του αέρα ή του αερίου, αποτρέποντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας με μετάβαση. Είναι αναμενόμενο ότι ο τριπλός υαλοπίνακας έχει μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας από τον διπλό, αλλά ταυτόχρονα έχει μικρότερο συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών καθώς και υψηλότερο κόστος. Γι' αυτό συνήθως, ο τριπλός υαλοπίνακας χρησιμοποιείται σε περιοχές που έχουν πραγματικά ψυχρό κλίμα ή σε περιπτώσεις όπου απαιτείται καλή ηχομόνωση του χώρου.

- Δίδυμος υαλοπίνακας.

Στο ίδιο πλαίσιο στερεώνονται δύο υαλοπίνακες και ο αέρας που υπάρχει μεταξύ τους δεν είναι ξηρός. Έχουν καλύτερες θερμομονωτικές ικανότητες από τους μονούς υαλοπίνακες και χειρότερες από τους διπλούς. Πλεονεκτούν όμως έναντι των τελευταίων στο κόστος. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των δίδυμων υαλοπινάκων είναι η εύκολη θάμβωση, επειδή ο αέρας που βρίσκεται στο κενό, μπορεί να υγροποιηθεί.

- Διπλός ή τριπλός ή δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση.

Αυτοί είναι απλοί υαλοπίνακες που διαθέτουν όμως κάποιου είδους επίστρωση, η οποία αναβαθμίζει κάποιες από τις ιδιότητές τους. Υπάρχουν ανακλαστικές επιστρώσεις που ελαττώνουν τα ηλιακά θερμικά κέρδη και τη θάμβωση, επιστρώσεις χαμηλού συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (Low-e) που δεν επιτρέπουν τη διέλευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, ελαττώνοντας έτσι τα ηλιακά θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και επιστρώσεις με φασματική επιλεκτικότητα που έχουν μεγάλη διαπερατότητα στο οπτικό φάσμα και μικρή στο θερμικό.

### 3 Μελέτη Πτηνοτροφικής Μονάδας

#### 3.1 Παρουσίαση Υφιστάμενης Κατάστασης

Το υπό μελέτη πτηνοτροφείο βρίσκεται στη περιοχή της Άρτας. Αποτελείται συνολικά από πέντε (5) κτίρια – θαλάμους εκτροφής συνολικής επιφάνειας 4.267,95 τ.μ και δυναμικότητας 63.000 πτηνών ανά εκτροφή. Η κάθε εκτροφή διαρκεί περίπου σαράντα (40) ημέρες και κάθε χρόνο εκτελούνται πέντε (5) εκτροφές για τις οποίες έχουν συγκεντρωθεί τα δεδομένα μας και έχουν γίνει και οι υπολογισμοί μας.



**Εικόνα 3.1** Θέση της Πτηνοτροφικής Μονάδας

Η εκτροφή διαρκεί 40 ημέρες οπότε και τα ζώα αποκτούν το σωματικό βάρος των 2,6 kg -2,7 kg. Μετά το τέλος της κάθε εκτροφής των 40 ημερών ο θάλαμος καθαρίζεται απολυμαίνεται και παραμένει άδειος για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 15 ημερών ώστε να αποφευχθεί η μετάδοση ασθενειών από εκτροφή σε εκτροφή.

Τα ορνίθια της εκτροφής οδηγούνται στο σφαγείο για να διατεθεί στην αγορά το τελικό προϊόν που μπορεί να είναι είτε ολόκληρο σφάγιο είτε επιμέρους τεμάχια όπως στήθος, πόδι,

φτερούγα κα. Στην αγορά διατίθενται σφάγια τύπου 65% και 70% ανάλογα με τη συμμετοχή ή όχι των εδώδιμων σπλάχνων (καρδιά, συκώτι, μυώδης στόμαχος). Η % έκφραση αφορά στην απόδοση σε σφάγιο του σώματος του ζώου. Δηλαδή απόδοση σε σφάγιο είναι ο λόγος του βάρους του σφαγίου προς το σωματικό βάρος πριν τη σφαγή.

Ο αποτελεσματικός έλεγχος των συνθηκών του μικροκλίματος του θαλάμου εκτροφής, η ισορροπημένη διατροφή και η τήρηση των κανόνων βιοασφάλειας είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχή εκτροφή των σύγχρονων υψηλού ρυθμού ανάπτυξης υβριδίων κρεοπαραγωγής. Η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι την 1η ημέρα 32 °C -33 °C στο ύψος του νεοσσού και μειώνεται σταδιακά κατά 2,8 °C κάθε εβδομάδα έως την 4η στους 20 °C -21 °C έως το τέλος της εκτροφής. Η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 50%-70%.

### Καταναλώσεις ενέργειας πτηνοτροφικής μονάδας

#### ➤ Ηλεκτρική ενέργεια

Για την κίνηση των ανεμιστήρων, των μοτέρ των σιλό και των ταϊστρών, για τον φωτισμό κτλ. ενός πτηνοτροφείου, χρησιμοποιείται αποκλειστικά ηλεκτρική ενέργεια. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται περίπου στις **114.468 kWh/έτος** (5 εκτροφές) με κόστος **0,06539 €/kWh** (τιμές 2016).

#### ➤ Θερμική ενέργεια

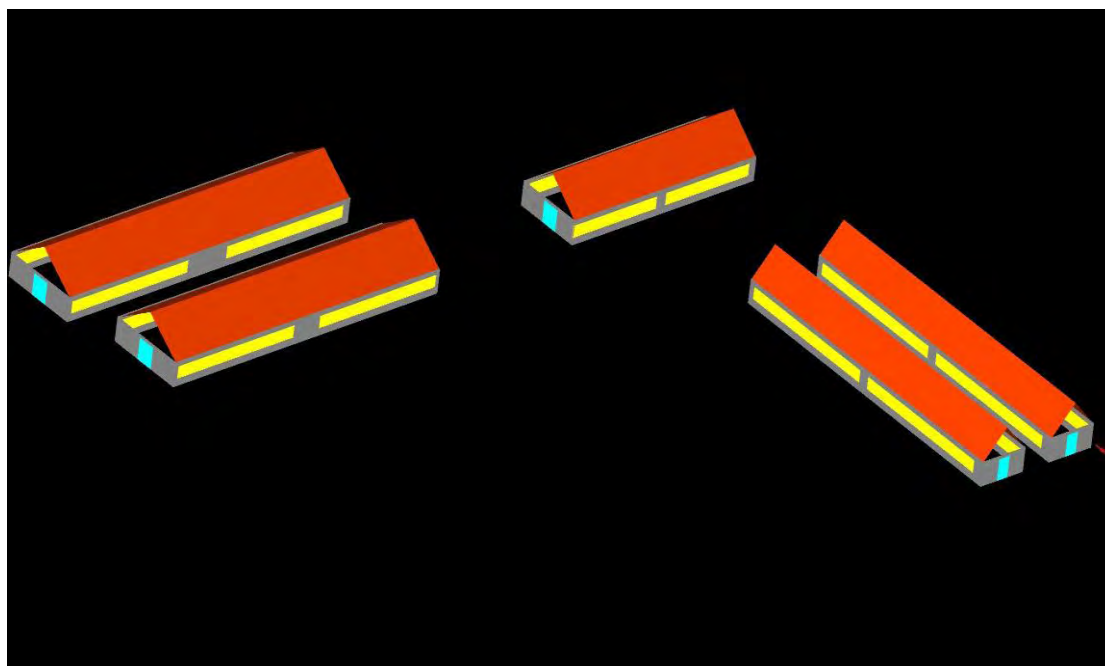
Για τις ανάγκες θέρμανσης του πτηνοτροφείου με τη χρήση θερμομάνων (τοπικές μονάδες υγραερίου) συνολικής θερμικής ισχύος 614,88 kW, απαιτούνται περίπου 32,36 τόνοι υγραερίου ετησίως το οποίο ισοδυναμεί σε κόστος **0,0684 €/ kWh** (τιμές 2016).

|                    | Κατανάλωση (kWh) | Κόστος (€)  |
|--------------------|------------------|-------------|
| Ηλεκτρική Ενέργεια | 114468           | 7485,06252  |
| Θερμική Ενέργεια   | 415961,1921      | 28476,8     |
| Σύνολο             | 530429,1921      | 35961,86252 |

**Πίνακας 3.1** Ενεργειακές Καταναλώσεις – Δαπάνες Πτηνοτροφικής Μονάδας

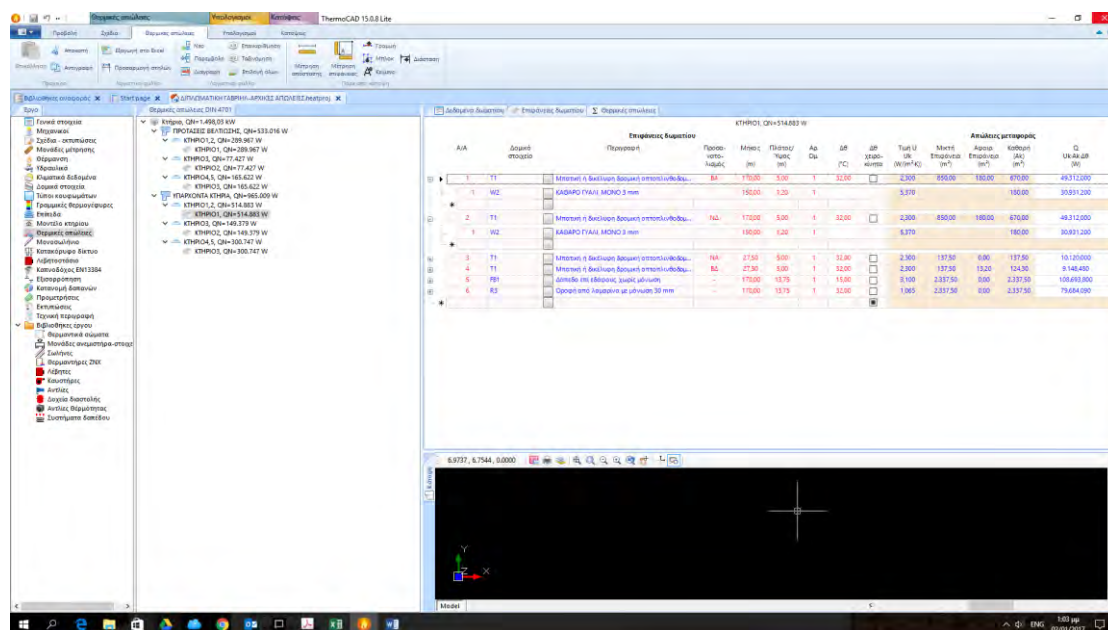
### 3.2 Σενάρια Εξοικονόμησης Ενέργειας

Με τη χρήση των υπολογιστικών προγραμμάτων EPACAD και THERMOCAD προσομοιώνουμε τις κτιριακές εγκαταστάσεις της πτηνοτροφικής μονάδας για να υπολογίσουμε τις απώλειες που προέρχονται από δομικά και αδιαφανή στοιχεία και να προτείνουμε ενέργειες παρέμβασης στο κέλυφος των εγκαταστάσεων. Για τη προσομοίωση των κτιριακών εγκαταστάσεων, εισήχθαν στα προγράμματα το γεωμετρικό μοντέλο των κτηρίων, ο προσανατολισμός της κάθε μονάδας, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία, η γεωγραφική θέση της εγκατάστασης ώστε να αντλήσουν τα λογισμικά τα κλιματολογικά δεδομένα, η χρήση του κτιρίου καθώς και η δυναμικότητα εκτροφής του κάθε θαλάμου, και τα δομικά διαφανή και αδιαφανή στοιχεία των κτιριακών μας εγκαταστάσεων.



**Εικόνα 3.2** Προσομοίωση Κτιριακών Απωλειών με το Λογισμικό EPACAD.

Ο λόγος για τον οποίο αποφασίστηκε να γίνει η προσομοίωση των κτιριακών εγκαταστάσεων είναι η παλαιότητα των κτηρίων (άνω των 25 ετών) και η μη ύπαρξης μόνωσης που διαπιστώθηκε κατά την επίσκεψη στις εγκαταστάσεις. Στο υπολογιστικό μέρος θεωρήθηκε ένα σενάριο των κτιριακών εγκαταστάσεων με αντικατάσταση των διαφανών δομικών στοιχείων και τοποθέτηση μόνωσης στα αδιαφανή για τη σύγκριση ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 3.3 Προσομοίωση Κτιριακών Απωλειών με το Λογισμικό ThermoCad.

Οι συνολικές απώλειες και για τα πέντε (5) κτίρια των εγκαταστάσεων που υπολογίστηκαν ανέρχονται στα **965,009 Kw**, ενώ με το σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας με κτηριακές παρεμβάσεις, οι απώλειες ανέρχονται στα **533,016 kW**, ήτοι **44,76 %** μείωση των απωλειών.

### Παρεμβάσεις

- Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων καθαρού γυαλιού 3 mm με  $U = 5,370 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , με διπλό 6-12-3 mm, χαμηλής εκπομπής με διάκενο με  $U = 1,820 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .
- Τοποθέτηση μόνωσης 5 cm στα πλευρικά αδιαφανή στοιχεία καθώς και στις οροφές.

Με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις στο κέλυφος των κτιριακών εγκαταστάσεων, οι συνολική ενέργεια που θα απαιτείται για τη θέρμανση θα ανέρχεται περίπου στις **229753,27 kWh** ανά έτος, έναντι στις **415961,19 kWh** που ανέρχεται τώρα.

Το συνολικό κόστος των παραπάνω παρεμβάσεων ανέρχεται στα 119.802 € με ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση κατανάλωσης υγραερίου για θέρμανση  $0,0684\text{€} \times 229753,27 \text{ kWh} = 15728,96 \text{ €}$ . Άρα μιλάμε για μια επένδυση όπου η απόσβεση γίνεται στα **7,61** έτη, με δείκτη **IRR=12%** και **NPV=-2315,40** για οικονομική ανάλυση σε βάθος είκοσι ετών.

Με αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από θερμομόνες υγραερίου σε αντλία θερμότητας με  $COP > 3$ , οι τελικές απαιτήσεις σε ενέργεια για θέρμανση θα ανέρχονται στις **76584,42 kWh** (Το χειρότερο σενάριο είναι  $COP=3$ ). Η απαιτούμενη θερμική ισχύς της κάθε αντλίας θα είναι περίπου 70 kW (67,82) για το κάθε κτήριο.

Με τη χρήση της αντλίας θερμότητας είτε με fan coils είτε με αεραγωγούς, θα είναι εφικτή η χρήση της και για το δροσισμό των κτηρίων. Μπορεί οικονομικά το υπάρχων σύστημα άμεσου δροσισμού να είναι συμφέρον, αλλά με τη χρήση της αντλίας θα μπορεί να επιτυγχάνεται άμεση ψύξη των χώρων όταν απαιτείται και καλύτερο μικροκλίμα.



**Εικόνα 3.4** Εγκατάσταση συστήματος VRV σε κτίριο.

### Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκής Μονάδας

Στο μέρος αυτό θα μελετήσουμε τη περίπτωση Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης στις κτιριακές εγκαταστάσεις του εξεταζόμενου πτηνοτροφείου, υπολογίζοντας τη μέγιστη δυναμικότητα καθώς και τα βέλτιστα σημεία τοποθέτησης με κριτήριο τη μεγαλύτερη απόδοση. Θα γίνει η χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad και του διαδραστικού λογισμικού Pngis.

Για τους υπολογισμούς απαιτείται η πιθανή εγκατεστημένη ισχύς ανά τμήμα, ο προσανατολισμός του κάθε τμήματος και η κλίση του. Εισάγοντας τις συντεταγμένες της τοποθεσίας, το πρόγραμμα αντλεί αυτόματα τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που είναι

απαραίτητα για τον υπολογισμό της απόδοσης, όπως τιμές ηλιοφάνειας, θερμοκρασίες καθώς και φυσικά εμπόδια, για τις ανάγκες του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής παραγωγής του φωτοβολταϊκού σταθμού χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο PVGIS του Ενιαίου Κέντρου Έρευνας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

### Υπολογισμοί με το Μοντέλο PVGIS

Όπως αναφέρθηκε, ένα ασφαλές και συντηρητικό μοντέλο υπολογισμού είναι το μοντέλο PVGIS του Ενιαίου Κέντρου Έρευνας (Joint Research Centre) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [\(13\)](#)

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου (input data) για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS στο Α Τμήμα των κτηριακών μας εγκαταστάσεων.

| Χαρακτηριστικό                                                                        | Τιμή                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Τοποθεσία                                                                             | 39°5'38"Βόρεια 21°3'39"Ανατολικά,<br>Υψόμετρο: 16 m  |
| Πλησιέστερη πόλη                                                                      | (-), Άρτα (10 km)                                    |
| Ονομαστική ισχύς Φ/Β συστήματος                                                       | 49.5 kW (crystalline silicon)                        |
| Κλίση των στοιχείων (modules)                                                         | 21.0°                                                |
| Προσανατολισμός (azimuth) των στοιχείων modules                                       | -42°                                                 |
| Εκτιμώμενες απώλειες λόγω θερμοκρασίας                                                | 14.4% (χρησιμοποιώντας τοπικά δεδομένα θερμοκρασίας) |
| Εκτιμώμενες απώλειες λόγω φαινομένων γωνιακής ανάκλασης (angular reflectance effects) | 2.7%                                                 |
| Άλλες απώλειες (καλώδια, inverter κ.ά)                                                | 14.0%                                                |
| Συνδυασμένες απώλειες συστήματος PV                                                   | 28.3%                                                |

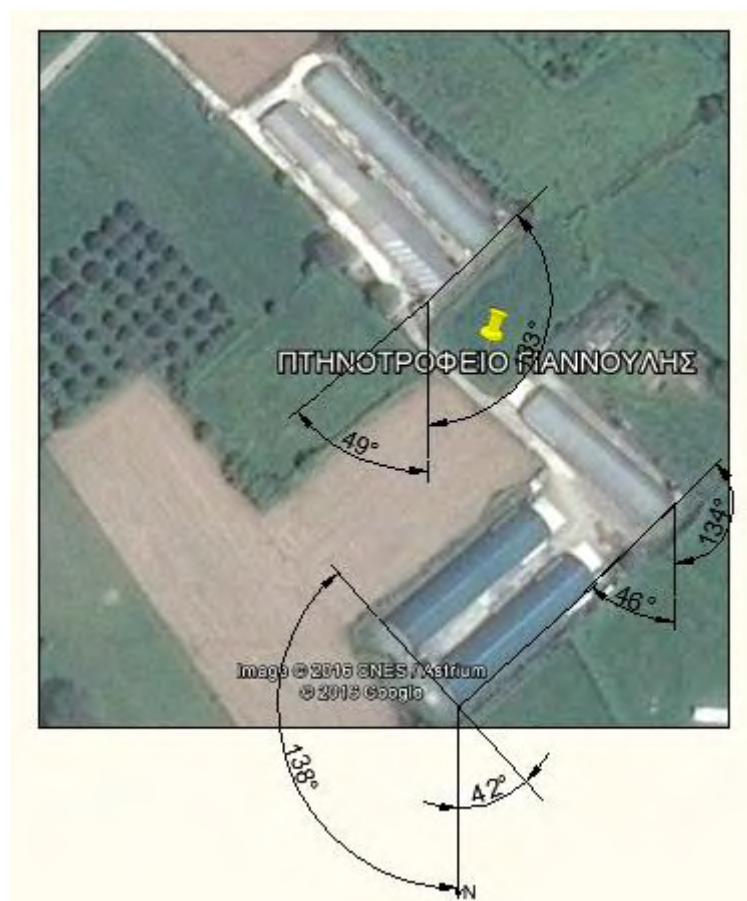
**Πίνακας 3.2** Δεδομένα εισόδου (input data) για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS

Στον Πίνακα και το Σχήμα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου PVGIS για το υπό μελέτη τμήμα

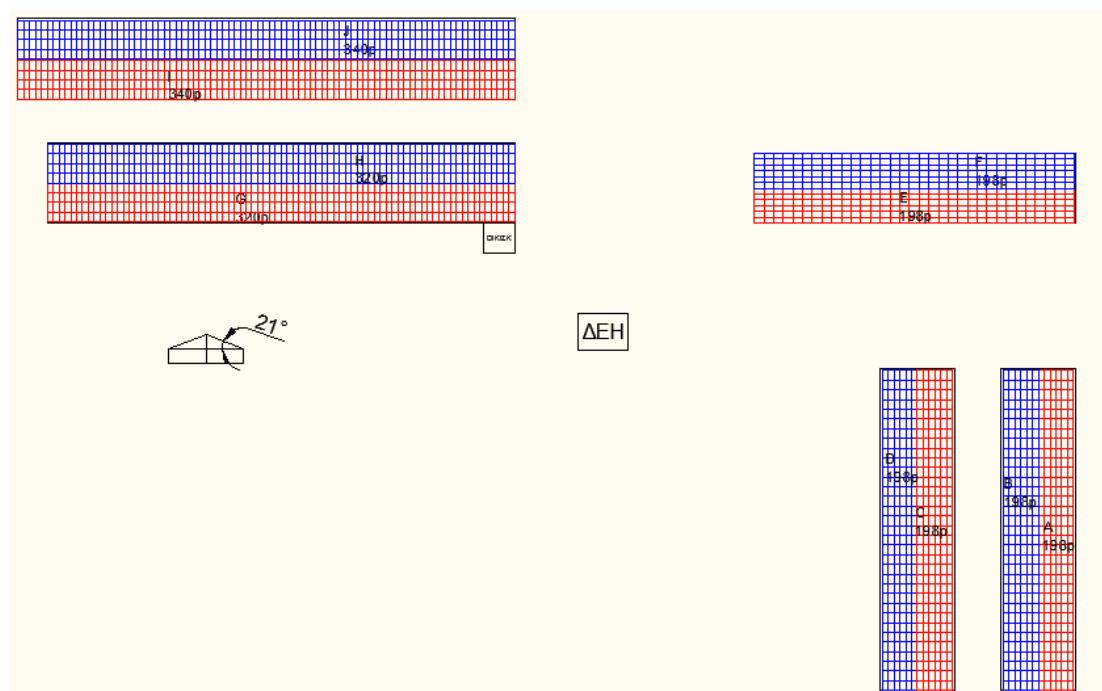
|               |            |  |
|---------------|------------|--|
| Αποτελέσματα: | Ονομαστική |  |
|---------------|------------|--|

| ισχύς=49.5kW, Απώλειες<br>συστήματος=14.0% |                                     |                                 |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Κλίση=21°,<br>Προσανατολισμός=-42°         |                                     |                                 |
| Μήνας                                      | Production per month<br>(kWh/month) | Production per day<br>(kWh/day) |
| Ιανουάριος                                 | 3430                                | 111.00                          |
| Φεβρουάριος                                | 3810                                | 136.00                          |
| Μάρτιος                                    | 6070                                | 196.00                          |
| Απρίλιος                                   | 6540                                | 218.00                          |
| Μάιος                                      | 7510                                | 242.00                          |
| Ιούνιος                                    | 8020                                | 267.00                          |
| Ιούλιος                                    | 7750                                | 250.00                          |
| Αύγουστος                                  | 7480                                | 241.00                          |
| Σεπτέμβριος                                | 6350                                | 212.00                          |
| Οκτώβριος                                  | 5200                                | 168.00                          |
| Νοέμβριος                                  | 3630                                | 121.00                          |
| Δεκέμβριος                                 | 2950                                | 95.2.00                         |
| Ετήσιος Μέσος Όρος                         | 5730                                | 188.00                          |
| Ετήσια παραγωγή (kWh)                      | 68700                               |                                 |

**Πίνακας 3.3** Αποτελέσματα του μοντέλου PVGIS



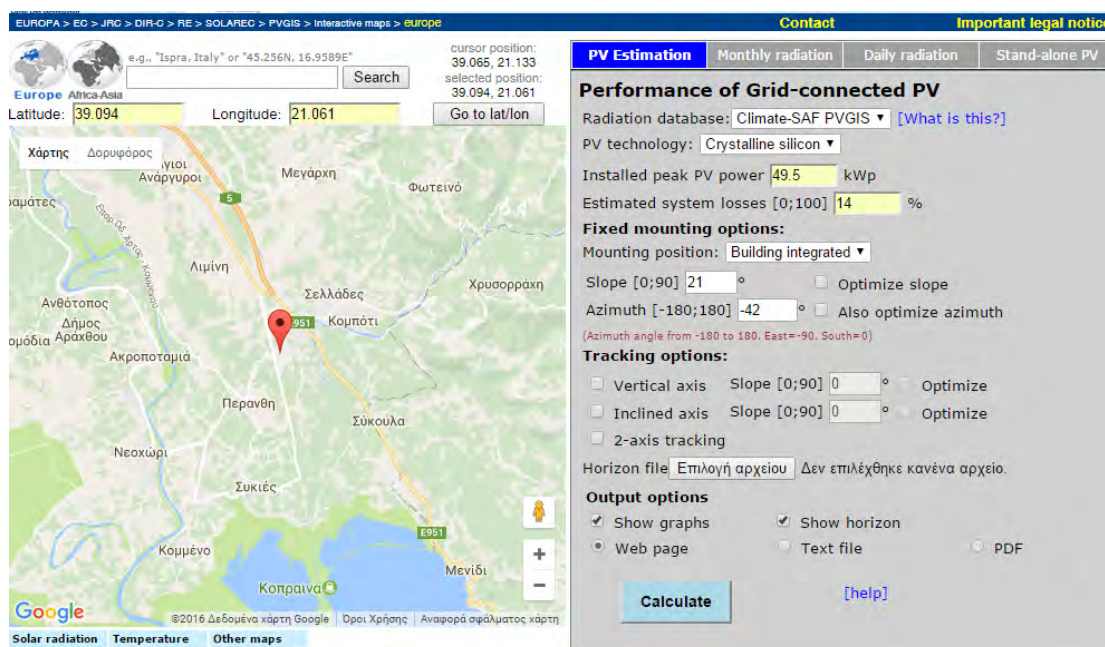
Εικόνα 3.5 Προσανατολισμοί των κτιρίων



Εικόνα 3.6 Δυναμικό Εγκατεστημένης Ισχύς σε κάθε κτίριο

Στην Εικόνα 3.5 παρουσιάζονται τα κτίρια και οι προσανατολισμοί τους, και στην Εικόνα 3.6 παρουσιάζεται η δυναμικότητα της εγκατεστημένης ισχύς στα κτίρια. Τα διαφορετικά χρώματα (κόκκινο και μπλε) υποδηλώνουν τις διαφορετικές κλίσεις των κτιρίων.

### Ενεργειακή Απόδοση Τμήμα Α



Εικόνα 3.7 Πηγή: [\(13\)](#)

| Τμήμα | Εγκατεστημένη Ισχύς (kW) | Απόδοση (kWh/Ετος) | Ειδική Απόδοση(kWh/kW) |
|-------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| A     | 198pX0,250=49,5          | 68700              | 1387,87                |
| B     | 198pX0,250=49,5          | 51700              | 1044,44                |
| C     | 198pX0,250=49,5          | 68700              | 1387,87                |
| D     | 198pX0,250=49,5          | 51700              | 1044,44                |
| E     | 198pX0,250=49,5          | 54500              | 1101,01                |
| F     | 198pX0,250=49,5          | 42000              | 848,48                 |
| G     | 320pX0,250=80            | 109000             | 1362,5                 |
| H     | 320pX0,250=80            | 85100              | 1063,75                |
| J     | 340pX0,250=85            | 90400              | 1063,75                |
| I     | 340pX0,250=85            | 116000             | 1364,7                 |

Πίνακας 3.4 Απόδοση ΦΒ ανά εγκατεστημένο τμήμα

| Σενάριο                                             | Απαιτούμενες<br>kW <sub>el</sub> | Απαιτούμενες<br>kW <sub>th</sub> | Απαιτούμενη Ισχύς Φ/B<br>(kW) |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Αρχική Κατάσταση                                    | 114.468                          | 415.961                          | 82,47                         |
| Μετά Παρεμβάσεις<br>Κελύφους                        | 114.468                          | 229.753                          | 82,47                         |
| Μετά Παρεμβάσεις<br>Κελύφους + Αντλία<br>Θερμότητας | 191.052                          | -                                | 137,65                        |
| Αντλία Θερμότητας<br>Χωρίς Παρεμβάσεις<br>Κελύφους  | 253121                           | -                                | 185,57                        |

**Πίνακας 3.5** Απαιτούμενη Ισχύς ΦΒ ανά Σενάριο

Γνωρίζοντας την απόδοση του κάθε τμήματος μπορούμε στη συνέχεια να προχωρήσουμε σε οικονομοτεχνικές αναλύσεις ανάλογα με το σενάριο που θα ακολουθήσουμε.

Στο παρακάτω πίνακα συνοψίζουμε τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία θα συγκρίνουμε.

| ΣΕΝΑΡΙΑ                                                                                        | ΚΟΣΤΟΣ € | ΚΕΡΔΟΣ/ΕΤΟΣ € | ΕΤΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------|
| 1)ΜΟΝΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ<br>ΚΕΛΥΦΟΥΣ(5423 m <sup>2</sup> μόνωση<br>+ 684 m <sup>2</sup> υαλοπίνακες) | 119802   | 15728,96      | 7,61          |
| 2)ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ +<br>ΑΝΤΛΙΑ Θ. (70kW/κτήριο)                                            | 179802   | 23468,94      | 7,66          |
| 3)ΑΝΤΛΙΑ Θ. ΧΩΡΙΣ<br>ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ(125kW/κτήριο)                                                 | 125000   | 19410,23      | 6,43          |
| 4)ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ +<br>ΑΝΤΛΙΑ Θ. 70 kW/κτήριο +<br>Φ/B 138 kWp                            | 320887   | 35961,86      | 8,92          |
| 5)ΑΝΤΛΙΑ Θ. 125kW/κτήριο                                                                       | 309700   | 35961,86      | 8,61          |

|                                         |        |          |       |
|-----------------------------------------|--------|----------|-------|
| ΧΩΡΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ + Φ/Β<br>186 kWp      |        |          |       |
| 6)Φ/Β 83 kWp ΜΕ ΑΡΧΙΚΗ<br>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ     | 86070  | 7485,06  | 11,49 |
| 7)Φ/Β 83 kWp ΜΕ<br>ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ | 205872 | 23214,02 | 8,86  |

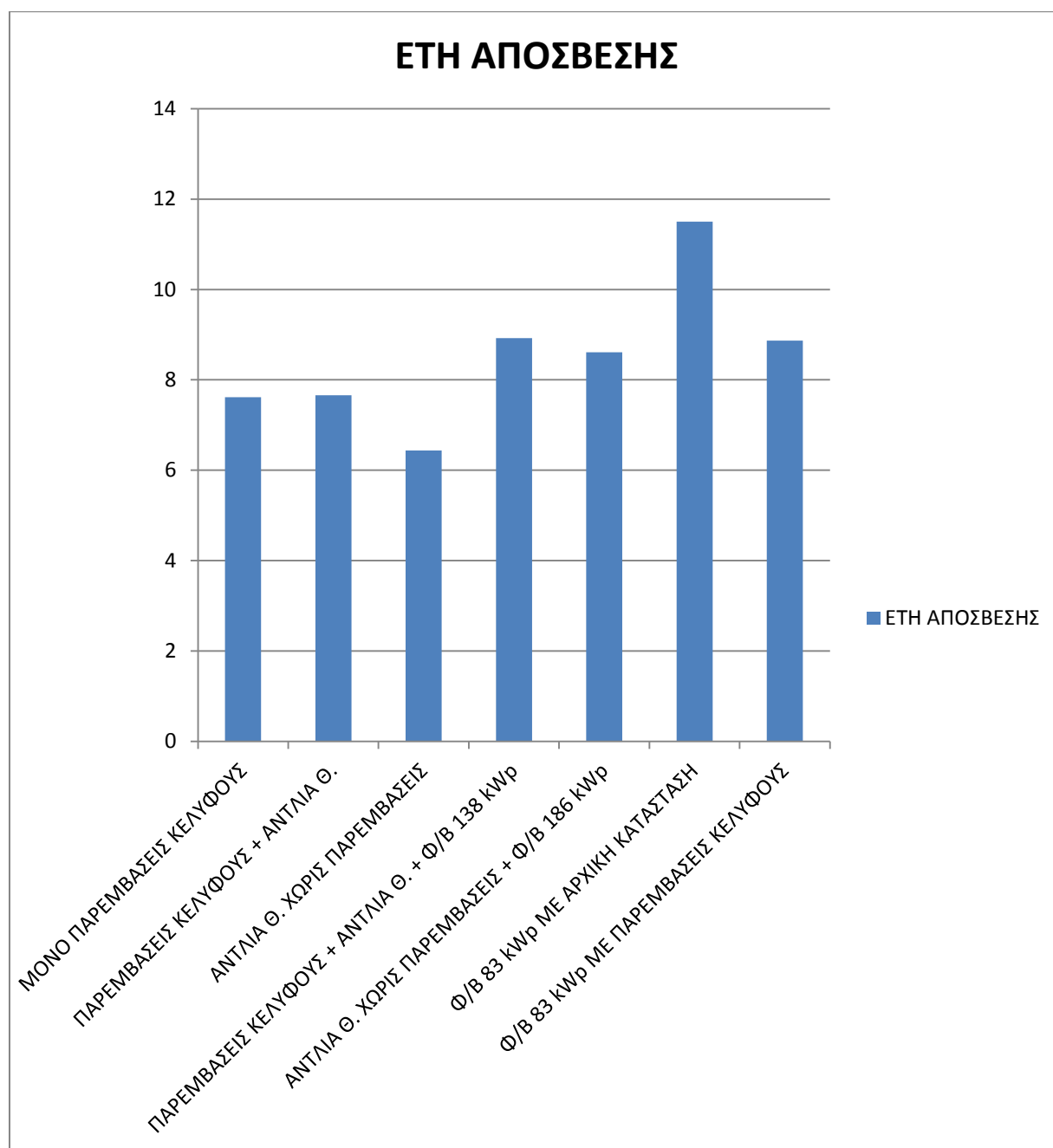
**Πίνακας 3.6** Σενάρια Επεμβάσεων

### 3.3 Οικονομικοί Δείκτες Αξιολόγησης των Σεναρίων

Για την οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι δείκτες με πιο συνηθισμένους την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV-ΚΠΑ), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (IRR-EBA) και την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής (ΕΠΑ-DPP). Οι πιο αντιπροσωπευτικοί από αυτούς τους δείκτες, οι οποίοι προτείνεται να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των διαφόρων επενδύσεων, είναι ο **IRR** και η **NPV**.

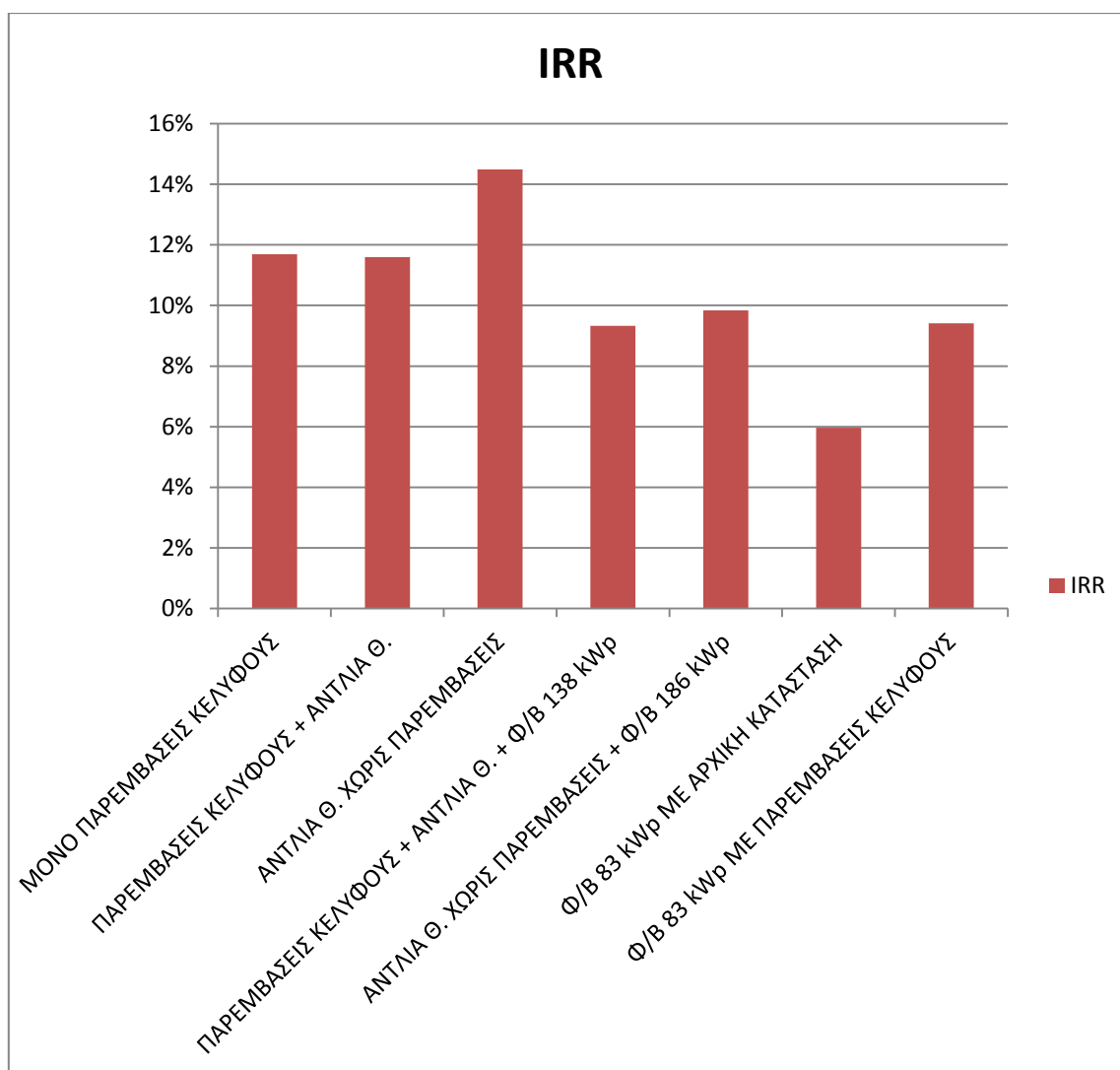
Σύμφωνα με την θεωρία, η επένδυση η οποία έχει θετική Καθαρή Παρούσα Αξία θα αυξήσει την αξία (ενεργητικό) της επιχείρησης με το ποσό αυτό και κατά συνέπεια θα πρέπει να γίνει αποδεκτή. Οι επενδύσεις (τα έργα ) που θα έχουν Καθαρή Παρούσα Αξία μηδέν δεν θα πρέπει να γίνουν αποδεκτές γιατί δεν αυξάνουν την αξία της επιχείρησης. Εξάλλου, οι επενδύσεις που έχουν αρνητική Καθαρή Παρούσα Αξία δεν πρέπει να γίνουν αποδεκτές, γιατί όχι μόνο δεν αυξάνουν αλλά μειώνουν την αξία της επιχείρησης.

Σύμφωνα με το κριτήριο του EBA, μια επένδυση είναι αποδεκτή, εφόσον αυτός είναι υψηλότερος από το εναλλακτικό κόστος του κεφαλαίου ( $r$ ). Όταν το ποσοστό απόδοσης οποιασδήποτε επένδυσης είναι μεγαλύτερο από το κόστος του κεφαλαίου, τότε η επιχείρηση κερδίζει περισσότερα από το κόστος της επένδυσης και συνεπώς θα πρέπει να αποδεκτή την αποδοτική επένδυση



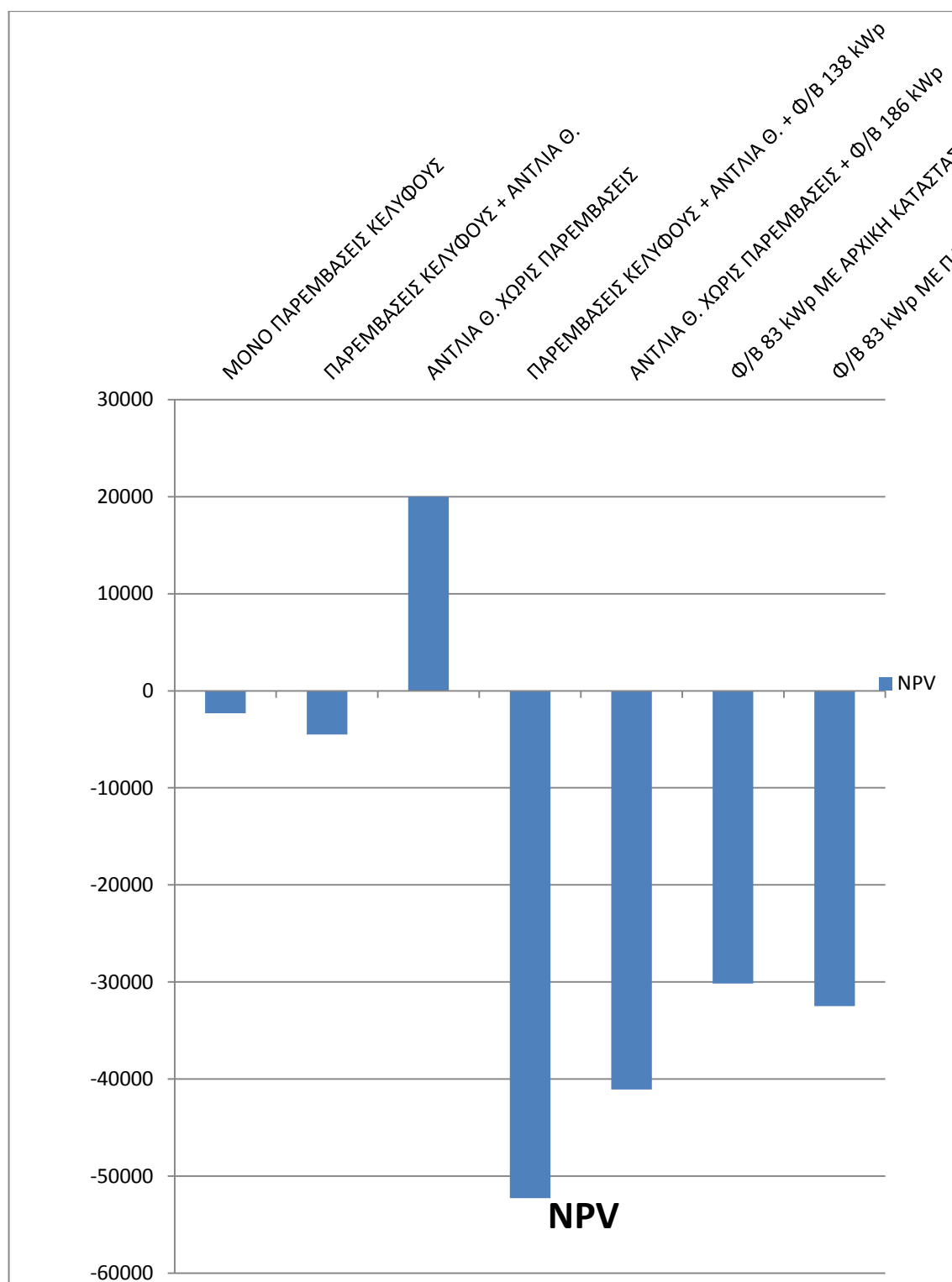
**Εικόνα 3.8** Έτη απόσβεσης του κάθε σεναρίου

Παρατηρούμε ότι η επένδυση με το μικρότερο χρόνο απόσβεσης είναι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με την αρχική μας κατάσταση.



**Εικόνα 3.9** Δείκτης IRR για το κάθε σενάριο

Παρατηρούμε ότι η επένδυση με μεγαλύτερο δείκτη IRR είναι και πάλι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το μικρότερο δείκτη IRR είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με την αρχική μας κατάσταση.



Εικόνα 3.10 Δείκτης NPV για το κάθε σενάριο

Παρατηρούμε ότι η μόνη επένδυση με θετικό δείκτη NPV είναι και πάλι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το χειρότερο δείκτη NPV είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με κτιριακές παρεμβάσεις και τοποθέτηση αντλίας θερμότητας.

Συγκρίνοντας όλους τους παραπάνω δείκτες διαπιστώνουμε ότι το μόνο αποδεκτό σενάριο επέμβασης είναι αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση.

## 4 Μελέτη Μονάδας Σφαγείου

### Γενικά

Ο Αγροτικός Πτηνοτροφικός Συνεταιρισμός Άρτας είναι μια συνεταιριστική επιχείρηση, με κύρια δραστηριότητα την παραγωγή, αποθήκευση, διακίνηση, με απλή ψύξη και κατάψυξη, αυτοτελών τεμαχίων κρέατος κοτόπουλου και παρασκευασμάτων.

Στην κατεύθυνση αυτή δραστηριοποιείται και για παραγωγή αυγών εκκόλαψης και νεοσσών προς ιδία χρήση, στην παραγωγή ζωοτροφών προς ιδία χρήση, σφαγή και παραγωγή προϊόντων και παραπροϊόντων.

Η εταιρεία λειτουργεί από το 1966, δραστηριοποιείται στην Ελληνική αγορά καταλαμβάνοντας το 12%, δεν είναι εισηγμένη στο χρηματιστήριο.

### Προϊόντα

#### Νωπά Κοτόπουλα

Τα νωπά κοτόπουλα συσκευάζονται σε δισκάκια εντός χαρτοκιβωτίου ή πλαστικού τελάρου για το λιανεμπόριο και χύμα, τυλιγμένα σε σελοφάν, τοποθετημένα σε χαρτοκιβώτιο ή πλαστικό τελάρο για χονδρεμπόριο. Αποθηκεύονται σε θερμοκρασία 0-4°C. Έχουν διάρκεια ζωής 7 ημέρες.

#### Κατεψυγμένα Κοτόπουλα

Τα κατεψυγμένα κοτόπουλα συσκευάζονται σε δισκάκια εντός χαρτοκιβωτίου για το λιανεμπόριο και χύμα, τυλιγμένα σε σελοφάν, τοποθετημένα σε χαρτοκιβώτιο για χονδρεμπόριο. Αποθηκεύονται σε θερμοκρασία  $\leq -18^{\circ}\text{C}$ . Έχουν διάρκεια ζωής 18 μήνες.

#### Γύρος κοτόπουλο

### Διαγράμματα ροής αναλυτικά:

#### Διάγραμμα ροής σφαγής – παραγωγής ολόκληρου κοτόπουλου

1. Στην εκκίνηση 30' πριν την έναρξη της διαδικασίας παίρνει σε λειτουργία η γραμμή παραγωγής και η ψύξη.
2. Φορτηγά φέρνουν ζωντανά τα προς σφαγή κοτόπουλα σε κλωβούς ( 8-10 στον κάθε ένα). Οι κλωβοί μπαίνουν ανά 7 στον αποστοιβαχτή. Προσωπικό τα κρεμάσει σε χαρτοταινία από τα άκρα. Οι κλωβοί πλένονται, απολυμαίνονται και στοιβάζονται σε ντάνες ανά 7 για φόρτωση.

3. Ο αναισθητοποιητής είναι ηλεκτρικός και διοχετεύει 1.5mA / κοτόπουλο (βάσει νομοθεσίας) κατά τη διάρκεια υδατόλουτρου έτσι ώστε να ζαλίζει τα κοτόπουλα.
  4. Γίνεται η σφαγή σε αυτόματο σφάχτη με 2 μαχαίρια (για ευζωία).
  5. Το αίμα φεύγει στην αιματολεκάνη. Συλλέγεται και χρησιμοποιείται σε υποπροϊόντα.
  6. Το ζεμάτισμα γίνεται με νερό σε 50-55°C για να μαλακώσουν οι πόροι για τον καθαρισμό.
  7. Στις αποψιλωτικές μηχανές τα φτερά συλλέγονται για τα υποπροϊόντα.
  8. Κόβεται το κεφάλι και χρησιμοποιείται στα υποπροϊόντα. Μαζί και ο οισοφάγος με χρήση αέρα.
  9. Κόβονται τα πόδια και χρησιμοποιούνται στα υποπροϊόντα.
  10. Η αποκώλωση γίνεται με χρήση νερού.
  11. Η κοπή κοιλίας γίνεται με χρήση νερού.
  12. 13. Στον εκσπλαχνισμό χωρίζεται η γραμμή παραγωγής σε:
    - α) παραγωγή ολόκληρου κοτόπουλου και τεμαχίων κοτόπουλου
    - β) παραγωγή εντοσθίων
  14. Αφαιρείται ο πρόλοβος μετά από έλεγχο της τραχείας.
  15. Αφαιρούνται οι πνεύμονες και τα υπολείμματα του πρόλοβου με χρήση αέρα.
  16. Είσοδος σε πλυντήριο. Έλεγχος οπτικός.
  17. – 21. Εφεδρική διαδικασία ψύξης και ζύγισης.
  28. Κάμερες (2, μπρος και πίσω) διαλογής με βάση τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Ταυτοχρόνως γίνεται και ζύγιση από ζυγιστική μηχανή. Γίνεται έτσι η διαχείριση για να κατευθυνθεί στις γραμμές παραγωγής. Το κάθε κοτόπουλο καταγράφεται κατά μοναδα και ταξινομείται. Στη συνέχεια επέρχεται ταξινόμηση των σφαγίων ανάλογα του βάρους τους και η πρώτη διαλογή βάσει των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών τους (μέσω ειδικού λογισμικού φωτογραφίζονται όλα τα κοτόπουλα και αφαιρούνται όσα εντοπίζει το πρόγραμμα ότι δεν είναι κατάλληλα προς πώληση). Ο κεντρικός υπολογιστής της μονάδας αποφασίζει για τη χρήση κάθε κοτόπουλου.
  29. Ο χώρος αερόψυξης είναι θάλαμος τριών επιπέδων, έχει θερμοκρασία κάτω από 3°C, έτσι ώστε το κέντρο του σφάγιου μετά από 3 ώρες παραμονής να έχει θερμοκρασία κάτω από 4°C .
- Χωρίζεται η γραμμή παραγωγής σε:
- α1) παραγωγή ολόκληρου κοτόπουλου
  - α2) τεμαχίων κοτόπουλου
22. Το ξεκρέμασμα γίνεται αυτόματα με drops.
  23. – 26. Η διαδικασία γίνεται χειρωνακτικά από προσωπικό.

25γ. Πρόκειται για βαθιά κατάψυξη στους -34 για 8 ώρες ενώ η κανονική κατάψυξη είναι στους -18°C.

Διάγραμμα ροής παραγωγής τεμαχίων κοτόπουλου

3. Γίνεται από το προσωπικό,
5. Γίνεται σε σταθμούς ζύγισης, μπαίνουν τα στοιχεία εμπορίας, ακολουθούμενη από παλετοποίηση και δέσιμο αυτόματο ή και χειροκίνητο.
6. Τα ψυγεία έχουν θερμοκρασία 0 -2°C.

Διάγραμμα ροής παραγωγής εντοσθίων

1. Χωρίζονται σε χρήσιμα όπως συκώτι, στομάχι, καρδιά και άχρηστα (υποπροϊόντα) πνευμόνια, έντερα, χολή.
2. Οι υπόλοιπες διαδικασίες γίνονται χειρωνακτικά από το προσωπικό.

### **Παραγωγικές εγκαταστάσεις του Συνεταιρισμού**

Ο ΑΠΣ Άρτας βρίσκεται στο 8ο χλμ Άρτας – Γαβριάς (κύριες εγκαταστάσεις).

Το 2008 ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση με αναπτυξιακό και επενδυτικό πρόγραμμα ύψους 17.000.000 €, δημιουργώντας νέες υπερσύγχρονες συνθήκες και διαδικασίες παραγωγής προϊόντων κοτόπουλου, για τον ελληνικό και ευρωπαϊκό χώρο, εξασφαλίζοντας υψηλότερες προδιαγραφές, μεθόδους, πρακτικές και λειτουργίες σε κάθε στάδιο παραγωγής και ανάπτυξης.

Η ολοκλήρωση του προγράμματος ανάπτυξης το 2008 εξασφάλισε στον ΑΠΣ Άρτας την επέκταση και τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεων σφαγείου, ψύξης και κατάψυξης αλλά και την εφαρμογή ενός υπερσύγχρονου συστήματος αερόψυξης τριών σταδίων.

Ταυτόχρονα, η ίδια επένδυση στόχευσε και πρόσφερε στον ΑΠΣ Άρτας όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, έπειτα από την κατασκευή μονάδας καύσης αδρανών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας.

Στις σύγχρονες ιδιόκτητες εγκαταστάσεις περιλαμβάνονται:

1. μονάδες πατρογονικών
2. εκκολαπτήρια
3. εργοστάσιο ζωοτροφών- φυραματοποιείο
4. σφαγείο
5. τμήμα τεμαχισμού ανατομικής κοπής
6. επεξεργασίας και τυποποίησης
7. συγκρότημα ψυγείων συντήρησης και κατάψυξης
8. εργοστάσιο επεξεργασίας υποπροϊόντων
9. συνεργείο συντήρησης του στόλου των αυτοκινήτων
10. μονάδα βιολογικού καθαρισμού.

Λειτουργούν εκεί και:

Α) γραφεία της διοίκησης, Β) ηλεκτρικός σταθμός, Γ) λεβητοστάσιο για παραγωγή ατμού, Δ) ψυχοστάσιο, Ε) γεώτρηση, ΣΤ) μηχανουργείο.

Τα 8,9,10 λειτουργούν σε παρακείμενες εγκαταστάσεις σε διπλανά οικόπεδα.

Τα 1,2,3 καθώς και φυσικά οι πτηνοτροφικές μονάδες είναι εγκατεστημένες εκτός του συγκροτήματος του εργοστασίου σε διάφορες τοποθεσίες.



**Εικόνα 4.1** Κάτοψη του ΑΠΣΑ

## Πτηνοτροφικές μονάδες

Οι πτηνοτροφικές μονάδες ανήκουν στους παραγωγούς και όχι στην εταιρία. Στο ξεκίνημά του ο Συνεταιρισμός το 1966, αριθμούσε 7 μέλη πτηνοτρόφους. Σήμερα έχουν πολλαπλασιαστεί και απαριθμούν 114 συνέταιρους-πτηνοτρόφους με πτηνοτροφικές μονάδες σε όλο το νομό της Άρτας, πλήρως εκσυγχρονισμένες τεχνολογικά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ε.Ε.

Η ετήσια παραγωγή φτάνει τα 12.000.000 κοτόπουλα, αριθμός ο οποίος ακολουθεί ανοδική πορεία, ώστε να καλύπτει ανά πάσα στιγμή τις ανάγκες των πελατών.

Η εκτροφή σε αυτές τις εγκαταστάσεις διαρκεί 45 ημέρες και έπειτα από τον τελικό κτηνιατρικό έλεγχο - αφού σε όλη την διαδικασία ελέγχονται η θερμοκρασία και ο αερισμός από ηλεκτρονικά μέσα και τηρώντας όλους τους υγειονομικούς κανόνες- δίδεται η άδεια σφαγής από τους κρατικούς κτηνιάτρους.

Ενεργειακό Ισοζύγιο Πτηνοσφαγείου

### Πτηνοσφαγείο

ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: :

α) Εγκατεστημένη κινητήρια ισχύς εργοστασίου : 3075.240 KW

β) Βιολογικός καθαρισμός : 165.985 KW

- **Δυναμικότητα πτηνοσφαγείου :**

6.000 πουλ/ώρα (36.000 σφαζόμενα πουλερικά ημερησίως, τελική παραγόμενη ποσότητα σφαγίων περίπου 63 tn/d).

- **Δυναμικότητα μονάδας υποπροϊόντων:** συνολική δυναμικότητα 45.76 tn/d (32.76 tn/d σε υποπροϊόντα σφαγής πτηνοσφαγείων, (9829 tn/έτος) , 3.00 tn/d νεκρά πουλιά, 10.00 tn/d υλικά τρίτων (ψάρια, υλικά supermarkets , κλπ))

- **Δυναμικότητα μονάδας αποτέφρωσης/καύσης:** Συνολική δυναμικότητα 13.30 tn/d (8.17 tn/d πτηνάλευρα υποπροϊόντων σφαγείων, 0.90 tn/d πτηνάλευρα νεκρών πτηνών, 3.50 tn/d πτηνάλευρα από υλικά διαφόρων πηγών (σφαγεία, supermarkets, τυποποιητήρια κρεάτων , ψαριών, κ.λ.π.) και 0.70 tn/d χωνεμένης λάσπης.

**- Δυναμικότητα μονάδας βιολογικού καθαρισμού :**

Παροχή = 1200 m<sup>3</sup>/d & μέγιστη ωριαία παροχή = 120m<sup>3</sup>/h

**- Συνολικά εργαζόμενοι στις επιχειρήσεις : 270 άτομα, Χρόνος λειτουργίας εργοστασίου: 8 ώρες/ημέρα, Χρόνος λειτουργίας γραμμής σφαγής : 6 ώρες / ημέρα 6 ημέρες/εβδομάδα, Διάρκεια λειτουργίας εργοστασίου : 300 ημέρες/έτος.**

**Χρήση ενέργειας****➤ Ηλεκτρική ενέργεια**

Για την κίνηση των μηχανημάτων και την τροφοδοσία των ψυκτικών εγκαταστάσεων του πτηνοσφαγείου, χρησιμοποιείται αποκλειστικά ηλεκτρική ενέργεια. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται περίπου στις **5.988.239 kWh/έτος**.

**➤ Θερμική ενέργεια/ζεστό νερό χρήσης**

Για τη λειτουργία του σφαγείου απαιτούνται 200 κυβικά μέτρα ζεστού νερού (θερμοκρασίας 70 oC) σε καθημερινή βάση. Το διαθέσιμο νερό βρίσκεται σε μια μέση θερμοκρασία 18 °C , δηλαδή απαίτηση **3.628.560 kWh/έτος**

Κατανάλωση καυσίμου για την κάλυψη των αναγκών ΖΝΧ και θέρμανσης των χώρων περίπου 1200 tn Πετρελαίου το χρόνο.

**Χρήση νερού**

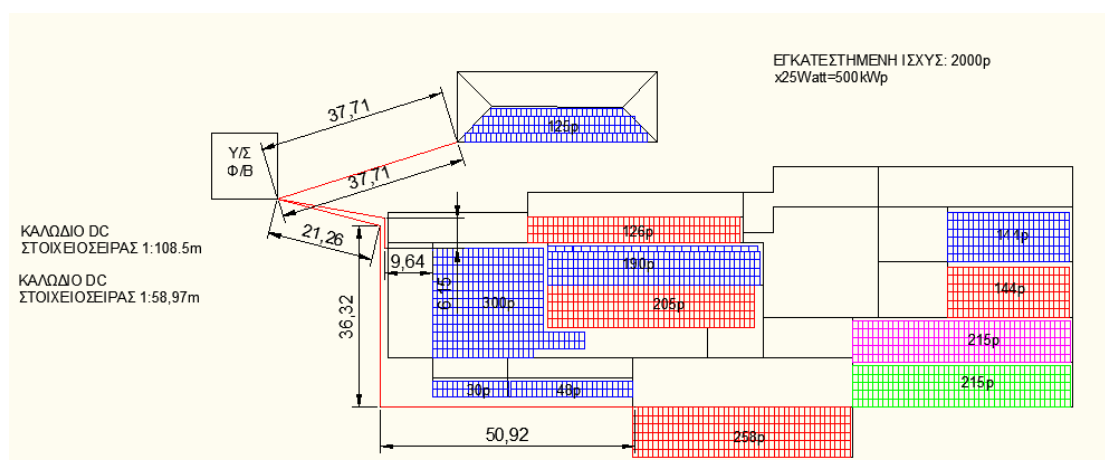
Το πτηνοσφαγείο υδροδοτείται από ιδιόκτητη γεώτρηση, που υπάρχει, μέσω δεξαμενής υδροδότησης όγκου 384.00 m<sup>3</sup>, για τις ανάγκες του πτηνοσφαγείου και από το δίκτυο του Δήμου για τις ανάγκες του προσωπικού.

Η μέση ημερήσια κατανάλωση του νερού σε πλήρη δυναμικότητα λειτουργίας της μονάδας, ανέρχεται σήμερα περίπου σε 80-90 m<sup>3</sup>/h, ήτοι 640-800 /d. Εξ αυτών τα 3.000 m<sup>3</sup>/έτος είναι νερό υδραγωγείου και τα 247.000 m<sup>3</sup>/έτος είναι νερό γεώτρησης.

## 4.1 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκής Μονάδας



Εικόνα 4.2 Θέση Εγκατάστασης



Εικόνα 4.3 Χωροθέτηση ΦΒ Μονάδας

## Εκτίμηση Παραγωγής Μονάδας

Ο σταθμός θα μετατρέπει αδιάλειπτα, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα εγχέεται στο δίκτυο Μέσης Τάσης (ανεξάρτητη παραγωγή) μέσω του εσωτερικού υποσταθμού που θα κατασκευαστεί για τις ανάγκες του φωτοβολταϊκού σταθμού. Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής παραγωγής του φωτοβολταϊκού σταθμού χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο PVGIS του Ενιαίου Κέντρου Έρευνας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Υπολογισμοί με το Μοντέλο PVGIS

The screenshot displays the PVGIS web application. On the left, a map shows the location of Ispra, Italy, with a red pin and a white line indicating the solar radiation path. The map includes a search bar and a 'Go to lat/lon' button. On the right, the 'Performance of Grid-connected PV' configuration panel is visible. It includes tabs for 'PV Estimation', 'Monthly radiation', 'Daily radiation', and 'Stand-alone PV'. The 'PV Estimation' tab is active, showing various input fields and checkboxes for configuring the PV system. The configuration options include: Radiation database (Climate-SAF PVGIS), PV technology (Crystalline silicon), Installed peak PV power (500 kWp), Estimated system losses (14%), Fixed mounting options (Free-standing), Slope (22°), Azimuth (43°), Tracking options (Vertical axis, Inclined axis, 2-axis tracking), and Output options (Show graphs, Show horizon, Web page, Text file, PDF). A 'Calculate' button is at the bottom of the configuration panel.

Εικόνα 4.4 Μοντέλο PVGIS

Όπως αναφέρθηκε, ένα ασφαλές και συντηρητικό μοντέλο υπολογισμού είναι το μοντέλο PVGIS του Ενιαίου Κέντρου Έρευνας (Joint Research Centre) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [\(13\)](#)

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου (input data) για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS.

| Χαρακτηριστικό                                                                              | Τιμή                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Τοποθεσία                                                                                   | 39°6'37"Βόρεια 20°56'28" Ανατολικά,<br>Υψόμετρο: 7 m  |
| Πλησιέστερη πόλη                                                                            | (-), Άρτα (8 km)                                      |
| Ονομαστική ισχύς Φ/Β συστήματος                                                             | 500 kW (crystalline silicon)                          |
| Κλίση των στοιχείων (modules)                                                               | 22.0°                                                 |
| Προσανατολισμός (azimuth) των<br>στοιχείων modules                                          | 43°                                                   |
| Εκτιμώμενες απώλειες λόγω<br>θερμοκρασίας                                                   | 10% (χρησιμοποιώντας τοπικά δεδομένα<br>θερμοκρασίας) |
| Εκτιμώμενες απώλειες λόγω φαινομένων<br>γωνιακής ανάκλασης (angular reflectance<br>effects) | 2.6%                                                  |
| Άλλες απώλειες (καλώδια, inverter κ.ά)                                                      | 14.0%                                                 |
| Συνδυασμένες απώλειες συστήματος PV                                                         | 24.6%                                                 |

**Πίνακας 4.1** Δεδομένα εισόδου(input data)για την εκτέλεση του μοντέλου PVGIS

*Μηνιαία και ημερήσια παραγωγή kWh (ισοδύναμες ώρες λειτουργίας).*

| <b>Αποτελέσματα:</b> Ονομαστική<br>ισχύς=500kW, Απώλειες<br>συστήματος=24.6% |                                     |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Κλίση=22° ,<br>Προσανατολισμός=43°                                           |                                     |                                 |
| Μήνας                                                                        | Production per month<br>(kWh/month) | Production per day<br>(kWh/day) |
| Ιανουάριος                                                                   | 35900                               | 1160.00                         |
| Φεβρουάριος                                                                  | 40300                               | 1440.00                         |
| Μάρτιος                                                                      | 64900                               | 2090.00                         |
| Απρίλιος                                                                     | 70600                               | 2350.00                         |

|                              |        |         |
|------------------------------|--------|---------|
| Μάϊος                        | 81500  | 2630.00 |
| Ιούνιος                      | 86400  | 2880.00 |
| Ιούλιος                      | 83500  | 2690.00 |
| Αύγουστος                    | 80200  | 2590.00 |
| Σεπτέμβριος                  | 68000  | 2270.00 |
| Οκτώβριος                    | 55300  | 1790.00 |
| Νοέμβριος                    | 38400  | 1280.00 |
| Δεκέμβριος                   | 30700  | 991.00  |
| <b>Ετήσιος Μέσος Όρος</b>    | 61300  | 2020    |
| <b>Ετήσια παραγωγή (kWh)</b> | 736000 |         |

**Πίνακας 4.2** Αποτελέσματα του μοντέλου PVGIS

Με την εγκατάσταση του συστήματος των 500 kW θα παραχθούν ετησίως 736000 kWh και άρα θα γίνει οικονομική εξοικονόμηση  $736000 \times 0,05933 = \mathbf{43666,88 \text{ €}}$ .

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 464068 € και η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου γίνεται στα 10,2 έτη με δείκτη IRR 7%.

## 4.2 Εγκατάσταση Εναλλακτών Θερμότητας

Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε τη τοποθέτηση εναλλακτών θερμότητας για την ανάκτηση θερμότητας από τα νερά που απορρέουν προς τον βιολογικό. Το νερό σε αυτό το σημείο έχει μια μέση θερμοκρασία 35 °C.

Διαστασιολόγηση με το λογισμικό της εταιρίας EXERGY LLC.( <http://calc.exergyllc.com/>)

| English Units        |           |              |
|----------------------|-----------|--------------|
| Heat Exchanger Model | 00677-03  |              |
|                      | Tube Side | Shell Side   |
| Fluid                | Water     | Water        |
| Temperature In       | 64.4      | 95 F         |
| Temperature Out      | 92.68     | 66.59 F      |
| Mass Flow            | 109.88    | 109.39 lb/hr |
| Volumetric Flow      | 0.22      | 0.22 gpm     |
| Pressure Drop        | 0         | 0 psi        |
| Heat Transfer        | 3104      | BTU/hr       |
| Effectiveness        | 0.928     |              |

| Metric Units         |           |             |
|----------------------|-----------|-------------|
| Heat Exchanger Model | 00677-03  |             |
|                      | Tube Side | Shell Side  |
| Fluid                | Water     | Water       |
| Temperature In       | 18        | 35 C        |
| Temperature Out      | 33.71     | 19.22 C     |
| Mass Flow            | 13.85     | 13.78 g/sec |
| Volumetric Flow      | 0.83      | 0.83 lpm    |
| Pressure Drop        | 0.02      | 0 kPa       |
| Heat Transfer        | 910       | Watts       |
| Effectiveness        | 0.928     |             |

**Εικόνα 4.5** Συνοπτικά δεδομένα εισαγωγής και αποτελέσματα του προγράμματος

Η παροχή μας είναι 200 κυβικά ανά μέρα, δηλαδή περίπου 200000 λίτρα/8 ώρες =25000 λίτρα ανά ώρα. Άρα το μέγιστο μέγεθος του συστήματος μας για πλήρη εκμετάλλευση του ζεστού νερού θερμοκρασίας 35 °C που απορρέει προς τον βιολογικό είναι 500 εναλλάκτες του παραπάνω μοντέλου 00677-03. Η διαστασιολόγηση έγινε με κριτήριο το μέγιστο ενεργειακό κέρδος.

Η τιμή του κάθε εναλλάκτη ανέρχεται στις 2500 €, άρα εξετάζουμε με μέγιστο κόστος 2500x 500=1.250.000 €.

Το ενεργειακό μας κέρδος από την αύξηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου νερού από τους 18 °C στους 33,71 °C, ανέρχεται στις **1096243,8 kWh/έτος** , δηλαδή στα **79823,57 € /έτος**. Η απόσβεση της επένδυσης θα γίνει στα **15,65 έτη**.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η διαστασιολόγηση έγινε με κριτήριο το μέγιστο ενεργειακό κέρδος, γεγονός που αυξάνει το κοστολόγιο σε τόσο μεγάλο ύψος.

### 4.3 Εγκατάσταση Μονάδας Βιομάζας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το βιοαέριο μπορεί να είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ωστόσο, αυτό ισχύει μόνο αν η αναδυόμενη θερμότητα από τη γεννήτρια ρεύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τρόπο οικονομικά και οικολογικά ασφαλής τρόπο. Η μέση θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι περίπου 21 έως 23,5 MJ / m<sup>3</sup>, πράγμα που σημαίνει ότι το 1 m<sup>3</sup> του βιοαερίου αντιστοιχεί σε καύσιμο ντίζελ 0,5-0,6 l ή ένα ενεργειακό περιεχόμενο περίπου **6 kWh**. Ωστόσο, λόγω των απωλειών μετατροπής, 1m<sup>3</sup> του βιοαερίου μπορεί να μετατραπεί μόνο σε περίπου **1,7 kWh<sub>el</sub>** και το υπόλοιπο σε θερμική ενέργεια (**4,3kWh<sub>th</sub>**).

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την επωφελή χρήση των αποβλήτων σφαγείων συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής βιοαερίου, παραγωγή λιπασμάτων και τη χρήση ως ζωοτροφή. Η αναερόβια χώνευση είναι μια από τις καλύτερες επιλογές για τη διαχείριση των αποβλήτων των σφαγείων που θα οδηγήσει στην παραγωγή ενέργειας πλούσια σε βιοαέριο, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αποτελεσματικού ελέγχου της ρύπανσης στα σφαγεία. Η αναερόβια χώνευση μπορεί να επιτύχει υψηλό βαθμό COD και απομάκρυνση BOD από το σφαγείο σε σημαντικά χαμηλότερο κόστος από ό, τι συγκρίσιμες αερόβια συστήματα

Το δυναμικό βιοαερίου των αποβλήτων σφαγείων είναι υψηλότερη από την κοπριά των ζώων, και φέρεται να είναι στο εύρος των **120-160 m<sup>3</sup>** βιοαερίου ανά τόνο αποβλήτων. Ωστόσο, η αναλογία C: N των αποβλήτων σφαγείων είναι αρκετά χαμηλή (4: 1), η οποία απαιτεί συγχώνευση με υψηλά C: N υποστρώματα, όπως η ζωική κοπριά, τα απορρίμματα τροφίμων, υπολείμματα καλλιεργειών, τα απόβλητα πτηνοτροφείων κ.λπ.

Τα λύματα των σφαγείων έχουν υψηλό COD, BOD και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία που καθιστούν κατάλληλο για να τη διεργασία της χώνευσης. Τα λύματα των σφαγείων περιέχουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων οργανικών στερεών συμπεριλαμβανομένων κομμάτια λίπους, λίπος, τρίχες, φτερά, κοπριάς, χαλίκι, και αχώνευτες ζωοτροφών οι οποίες θα συμβάλουν στην σιγά-σιγά βιοδιασπώμενα της οργανικής ύλης.

Τα απορρίμματα των σφαγείων είναι μια πλούσια σε πρωτεΐνες υποστρώματος και μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό θείουχου κατά τη διάρκεια της αναερόβιας αποικοδόμησης. Η αυξημένη συγκέντρωση του σουλφιδίων στο χωνευτή μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες

συγκεντρώσεις του υδρόθειου στο βιοαέριο που μπορεί να αναστέλλει μεθανογόνα. Εκτός από σουλφίδια, αμμωνία σχηματίζεται επίσης κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης διαδικασία η οποία μπορεί να αυξήσει το pH στο χωνευτήρα ( $> 8.0$ ), η οποία μπορεί να είναι ανάπτυξη περιοριστικό για ορισμένα VFA που καταναλώνουν μεθανογόνα.

#### Αρχική διαστασιολόγηση του συστήματός μας

Οι **10728 tn** διαθέσιμων υποπροϊόντων σφαγείου ετησίως αντιστοιχούν σε **1287360  $m^3$  - 1716480  $m^3$**  βιοαερίου. Τα κυβικά αυτά του βιοαερίου αντιστοιχούν σε **2188512 kWhel -2918016 kWhel** και **5535648 kWhth -7380864 kWhth**.

Άρα μια αρχική εκτίμηση του μεγέθους της μονάδας μας υπολογιζόμενη με 7200 ώρες λειτουργίας ετησίως είναι **303,96 kWhel -405,28 kWhel**

#### Διαστασιολόγηση με χρήση διαδραστικού λογισμικού

Με τη βοήθεια του online-calculator που διατίθεται στην ιστοσελίδα <https://www.biogasworld.com/biogas-calculations/> θα κάνουμε μια πιο εμπεριστατωμένη διαστασιολόγηση του συστήματος μας με βάση τη διαθέσιμη ποσότητα υπολειμμάτων.

- **Εγκατεστημένη Ισχύς : 387 kWhel**
- **Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας : 3 390 120 kWh/έτος**
- **Παραγωγή Θερμικής Ενέργειας : 4 063 333.3 kWh/έτος**
- **Κατανάλωση Πρώτης Ύλης : 8 111 tn/έτος**

Το αρχικό κόστος της επένδυσης θα ανέρχεται περίπου στα 4644000 € με ετήσιο κέρδος  $3390120 \times 0,22 = 745826,4$  € από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας και 295873,7621 € από την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Άρα συνολικό κέρδος 1041700,16 € ετησίως. Η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου γίνεται στα 4,45 έτη.

## 4.4 Εγκατάσταση Ηλιακού Θερμικού Συστήματος

### Διαστασιολόγηση του συστήματος

Η αποδιδόμενη θερμότητα του ηλιακού συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η τοπική ακτινοβολία, ο προσανατολισμός και η κλίση του συλλέκτη, η σχέση μεταξύ του μεγέθους του συλλέκτη και της δεξαμενής νερού. Υπολογίζεται ότι η αποδιδόμενη θερμότητα είναι γύρω στις  $350 \text{ kWh/m}^2$  για έναν επίπεδο συλλέκτη με γυάλινη κάλυψη και αποθηκευτική ικανότητα 50 L νερού ανά  $\text{m}^2$  συλλέκτη (60% των απαιτήσεων σε ζεστό νερό καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια).

Το βέλτιστο οικονομικό όφελος προκύπτει όταν η ηλιακή ενέργεια καλύπτει ποσοστό της τάξης του 40% - 50% της ετήσιας ενέργειας για ζεστό νερό. Για μικρότερα συστήματα ( $<50 \text{ m}^2$ ) θα πρέπει να είναι περισσότερο από 50%, για μέσου μεγέθους συστήματα ( $70 \text{ m}^2$  -  $130 \text{ m}^2$ ) μπορεί να είναι περίπου 45% (οι αριθμοί που παρουσιάζονται αφορούν στην Αυστρία).

Ένα σύστημα που απαιτεί γύρω στα 1000 L ζεστού νερού την ημέρα ( $> 55^\circ\text{C}$ ) η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη θα πρέπει να είναι μεταξύ  $77 \text{ m}^2$  και  $100 \text{ m}^2$  και η δεξαμενή αποθήκευσης θα πρέπει να είναι μεταξύ 4250 L και 5500L. Η δεξαμενή αποθήκευσης θα πρέπει να έχει αρκετή θερμοχωρητικότητα προκειμένου να ικανοποιεί της ανάγκες της τελικής χρήσης κατά την διάρκεια περιόδων χαμηλής ή μηδαμινής ηλιακής ακτινοβολίας. Οι διαστάσεις της δεξαμενής αποθήκευσης εξαρτώνται από τρεις κύριους παράγοντες: περιοχή εγκατάστασης του ηλιακού συλλέκτη, θερμοκρασία χρήσης και απόσταση μεταξύ της περιοχής παραγωγής ενέργειας στον συλλέκτη, αποθήκευσης και κατανάλωσης. Όταν η κατανάλωση δεν συμπίπτει με τη χρήση, όπως στην περίπτωση κατοικιών και ξενοδοχείων, συνίσταται η αποθήκευση να είναι μεταξύ 60 και  $90 \text{ L/m}^2$  της επιφάνειας του ηλιακού συλλέκτη. Στις περιπτώσεις όπου η απόσταση είναι καταγεγραμμένη, π.χ. στις βιομηχανικές εφαρμογές, συνίσταται η προθέρμανση του νερού με την χρήση συσσωρευτή μεγέθους  $35\text{-}50 \text{ L/m}^2$  επιφάνειας συλλογής.

Για ένα σύστημα που απαιτεί περίπου 500 λίτρα ζεστού νερού την ημέρα, η επιφάνεια συλλογής θα πρέπει να είναι περίπου  $35 \text{ m}^2$  και η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού περίπου 2000 λίτρα. Για μικρά συστήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν έτοιμες διατάξεις που είναι διαθέσιμες στην αγορά για τον οικιακό τομέα.

Άρα σαν μια πρώτη εμπειρική εκτίμηση μπορούμε να πούμε ότι για την περίπτωση που οι απαιτήσεις μας σε ζεστό νερό είναι 200000 λίτρα/ημέρα , η εκτιμώμενη επιφάνεια των συλλεκτών θα είναι της τάξεως των  $(200000/1000)*77=15.400 \text{ m}^2$ .

### Μέτρηση του συστήματος

Η μέτρηση της παραγόμενης ηλιακής θερμικής ενέργειας δεν είναι τόσο εύκολη όσο η μέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, όλα τα θερμικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα τουλάχιστον με μια απλή συσκευή μέτρησης. Για τον χρήστη είναι συχνά η μόνη πιθανότητα να ελέγξει ότι το σύστημά του λειτουργεί αποδοτικά. Είναι μετρήσεις της ηλιακής απόδοσης είναι επίσης απαραίτητη προϋπόθεση για εγγυημένο αποτέλεσμα. Σε μερικές περιοχές, όπως στο Bundesland του Salzburg / Αυστρία, οι δημόσιες επιδοτήσεις για μεγάλα ηλιακά θερμικά συστήματα, μπορούν να εγκριθούν μόνο αν περιλαμβάνεται μετρητής σε αυτά και η μέση απόδοση του συστήματος είναι υψηλότερη από  $350 \text{ kWh/m}^2$ . Αυτή η απαίτηση εφαρμόζεται σε μικρότερα συστήματα στην Γερμανία.

### Στοιχεία Κόστους

Στην ηλιακή εγκατάσταση θα πρέπει να προσδιορίζονται τα ακόλουθα στοιχεία:

Η επιφάνεια του συλλέκτη συμπεριλαμβανομένου του συστήματος σωληνώσεων

- Σύστημα σωληνώσεων από το ηλιακού κύκλωμα έως την δεξαμενή ή έως τον εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας, περιλαμβανομένων των αντλιών, μετρητή πίεσης και υγρού.
- Απαραίτητος εξοπλισμός ασφαλείας (π.χ. βαλβίδες εκτόνωσης) και εξοπλισμός συντήρησης (π.χ. έλασμα ροής, βαλβίδες εκτόνωσης με βαλβίδα διακοπής)
- Συσκευή ελέγχου αντλιών, κατάλληλος βοηθητικός εξοπλισμός και κάποιες επιπλέον μετρητικές συσκευές.
- Μέσο θερμικής μεταφοράς του ηλιακού κυκλώματος, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού για τη μέτρηση θερμοκρασίας τοιχωμάτων κλπ.

Η επιτυχής απόδοση της εγκατάστασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, που δεν περιορίζονται μόνο στην επιλογή της επιφάνειας της εγκατάστασης στην οροφή. Η καταναλωτική

συμπεριφορά των χρηστών παίζει σημαντικό ρόλο, ενώ τόσο ο τύπος του συστήματος κατανομής της ενέργειας όσο και ο τρόπος της θέρμανσης του νερού, παίζουν αποφασιστικό ρόλο. Η κατανομή της ενέργειας και η θέρμανση του νερού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε η συμπεριφορά των καταναλωτών να μην επηρεάζει την αποδοτικότητα του συνολικού συστήματος. .

Για την ανακύκλωση του μέσου μεταφοράς της θερμότητας χρησιμοποιείται μια αντλία ανακύκλωσης. Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση θα είναι της τάξης των 100 kWh.

Η ποιότητα του μέσου μεταφοράς θερμότητας θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά από ένα ειδικό. Πιθανώς να απαιτείται η αντικατάσταση του μετά από κάποια χρόνια.

### **Διαστασιολόγηση με ηλιακούς συλλέκτες σωλήνων κενού**

Κατά τη διαστασιολόγηση του συστήματός μας με συλλέκτες σωλήνων κενού με τη βοήθεια του διαδραστικού υπολογιστή ηλιακών συστημάτων της εταιρίας Arpicus διαπιστώθηκε ότι για πλήρη κάλυψη των αναγκών μας χρειάζονται 31.000 σωλήνες κενού.

### **Διαστασιολόγηση με επίπεδους συλλέκτες**

Κατά τη διαστασιολόγηση του συστήματός μας με επίπεδους συλλέκτες με τη βοήθεια του διαδραστικού υπολογιστή ηλιακών συστημάτων της εταιρίας Tecsol διαπιστώσαμε ότι για πλήρη κάλυψη των αναγκών μας χρειαζόμαστε 11 300 m<sup>2</sup> συλλεκτών.

### **Οικονομική ανάλυση**

- Κόστος επίπεδου συλλέκτη (2.26 m<sup>2</sup>) μαζί με τη βάση : 190 €

Συνολικό κόστος ηλιακών : 190\*5000=950.000 €

Απαιτούμενα m<sup>2</sup> : 11.300

- Κόστος συλλέκτη σωλήνων κενού μαζί με τη βάση : 27 €/σωλήνα

Συνολικό κόστος ηλιακών 31000\*27=837.000 €

Απαιτούμενα m<sup>2</sup> : 4.464

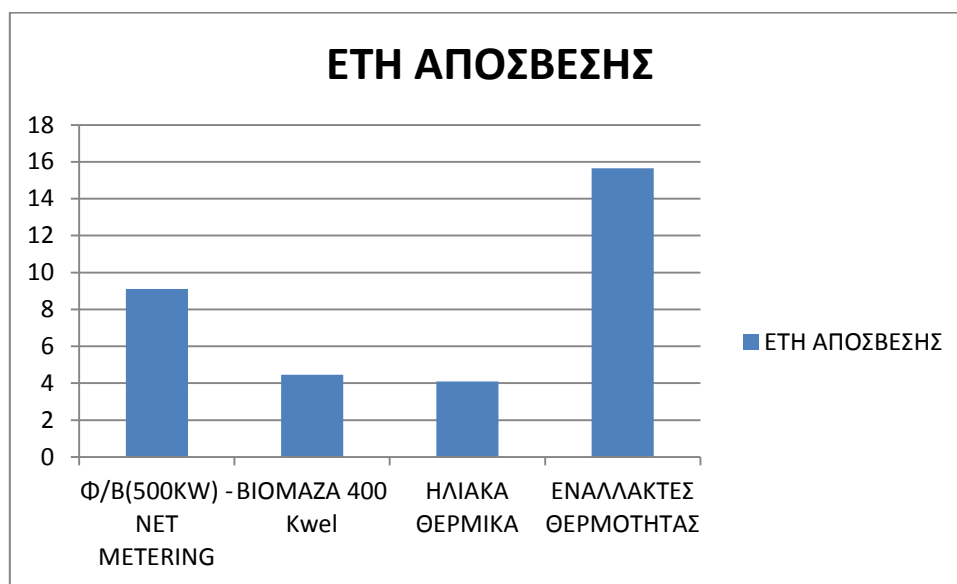
- Κόστος μπόιλερ : 1.17/λτ

Συνολικό κόστος μπόιλερ :  $1.17 \cdot 200.000 = 234.000$  €

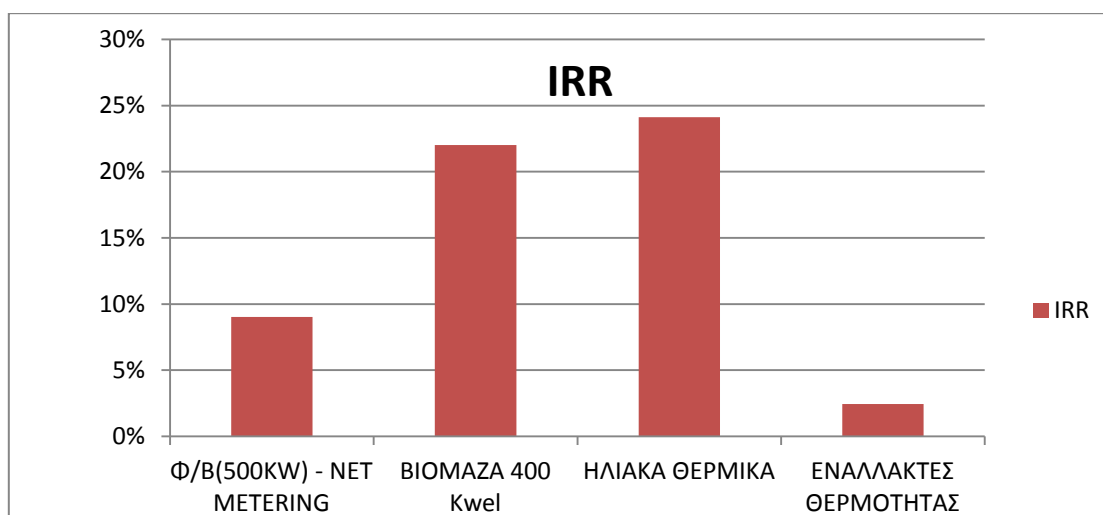
➤ Κόστος παρελκόμενων(ασφαλιστικά, σωληνώσεις):10.000 €

Το συνολικό κόστος επένδυσης με επίπεδους συλλέκτες ανέρχεται στα 1194000 € ενώ με συλλέκτες σωλήνων κενού στα 1081000 €. Προφανώς και στις δυο περιπτώσεις το ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι το ίδιο και ανέρχεται στα 264.215,534 € για πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ΖΝΧ. Η απόσβεση της επένδυσης γίνεται στα 4,091 έτη (για την περίπτωση των σωλήνων κενού).

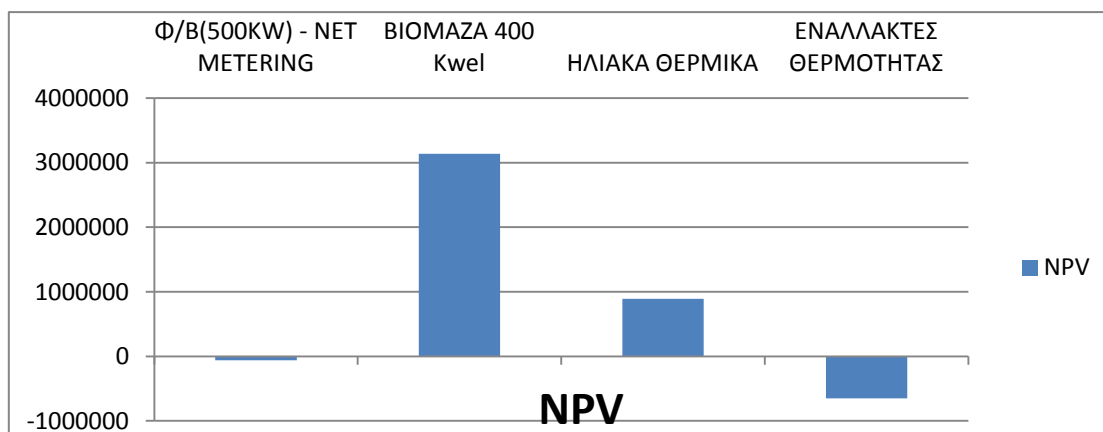
## 4.5 Οικονομικοί Δείκτες Αξιολόγησης των Σεναρίων



Παρατηρούμε ότι τόσο η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας όσο και η εγκατάσταση ηλιακών θερμικών έχουν πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης (περίπου στα τέσσερα έτη), η εγκατάσταση ΦΒ περίπου στα 8,5 έτη και οι εναλλάκτες πάνω από 15 έτη.



Παρατηρούμε ότι οι δυο προτάσεις με το μεγαλύτερο δείκτη IRR είναι η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας και ηλιακών θερμικών με αποδοτικότερη τη δεύτερη.



Παρατηρούμε ότι οι μόνες αποδεκτές προτάσεις σύμφωνα με το δείκτη NPV είναι η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας και ηλιακών θερμικών με αποδοτικότερη την πρώτη.



## Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι η επένδυση με το μικρότερο χρόνο απόσβεσης είναι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με την αρχική μας κατάσταση.

Παρατηρούμε ότι η επένδυση με μεγαλύτερο δείκτη IRR είναι και πάλι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το μικρότερο δείκτη IRR είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με την αρχική μας κατάσταση.

Παρατηρούμε ότι η μόνη επένδυση με θετικό δείκτη NPV είναι και πάλι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, ενώ το σενάριο με το χειρότερο δείκτη NPV είναι η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος με την με κτιριακές παρεμβάσεις και τοποθέτηση αντλίας θερμότητας.

Συγκρίνοντας όλους τους παραπάνω δείκτες διαπιστώνουμε ότι το μόνο αποδεκτό σενάριο επέμβασης είναι αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας χωρίς καμία άλλη παρέμβαση.

Από την μελέτη περίπτωσης της πτηνοτροφικής μονάδας διαπιστώσαμε ότι το μόνο οικονομικά βιώσιμο σενάριο για να εξοικονομήσουμε ενέργεια, είναι η αντικατάσταση του μέσου θέρμανσης από υγραέριο σε αντλία θερμότητας.

Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το αγροτικό τιμολόγιο αγοράς ρεύματος από τον ΔΕΔΔΗΕ έχει αρκετά χαμηλή τιμή (0,06539 €/ kWh) καθιστά οικονομικά ασύμφορο το κάθε σενάριο εγκατάστασης ΦΒ μονάδας για ενεργειακό συμψηφισμό.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι οι επεμβάσεις που προτείναμε για το κτιριακό κέλυφος, ενώ επιτυγχάνουν τη μείωση των θερμικών απωλειών σχεδόν στο μισό είναι και αυτές μη δεκτές σύμφωνα πάντα με τους οικονομικούς δείκτες αξιολόγησης λόγω του μεγάλου κόστους υλοποίησής τους. Αυτό το κόστος θα ήταν σημαντικά μικρότερο εάν οι επεμβάσεις αυτές είχαν γίνει από την αρχή της κατασκευής, χωρίς να χρειάζεται σε αυτό το σημείο να γίνει αντικατάσταση υαλοπινάκων κ.τ.λ τα οποία έχουν ήδη κοστολογηθεί. Γεγονός που δείχνει τη μεγάλη σημασία της εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ σε όλα τα κτίρια επαγγελματικά και μη καθώς και την ορθή εφαρμογή του.

Παρατηρούμε ότι τόσο η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας όσο και η εγκατάσταση ηλιακών θερμικών έχουν πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης (περίπου στα τέσσερα έτη), η εγκατάσταση ΦΒ περίπου στα 8,5 έτη και οι εναλλάκτες πάνω από 15 έτη.

Παρατηρούμε ότι οι δυο προτάσεις με το μεγαλύτερο δείκτη IRR είναι η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας και ηλιακών θερμικών με αποδοτικότερη τη δεύτερη.

Παρατηρούμε ότι οι μόνες αποδεκτές προτάσεις σύμφωνα με το δείκτη NPV είναι η εγκατάσταση σταθμού βιομάζας και ηλιακών θερμικών με αποδοτικότερη την πρώτη.

Στη μελέτη της Μονάδας Σφαγής και Τυποποίησης διαπιστώσαμε ότι τόσο η εγκατάσταση Μονάδας Βιομάζας όσο και των Ηλιακών Θερμικών είναι αρκετά συμφέρουσες επενδύσεις για την επιχείρηση, σε αντίθεση με την τοποθέτηση Εναλλακτών Θερμότητας και ΦΒ Συστήματος.

Όσον αφορά το σενάριο Συμπαράγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητα από Βιομάζα, τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα μιας η πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί για τη μονάδα είναι ήδη διαθέσιμη.

Για τη περίπτωση των ηλιακών Θερμικών, ενώ διαπιστώθηκε ότι είναι μια πολύ συμφέρουσα λύση, υπάρχει το μειονέκτημα της μη σταθερής απόδοσης κατά τη διάρκεια όλων των ημερών. Άρα αναγκαστικά θα χρειαστεί να συνδυαστεί με μια άλλη βοηθητική – εφεδρική πηγή ενέργειας (πετρέλαιο, ηλεκτρική ενέργεια).

Στη περίπτωση της ΦΒ μονάδας, όπως και στη περίπτωση του πτηνοτροφείου, έτσι και εδώ το χαμηλό κόστος αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΔΕΔΔΗΕ καθιστά οικονομικά ασύμφορη την εγκατάστασή της.

Για τους Εναλλάκτες Θερμότητας που εξετάσαμε, μπορεί να φαίνεται ότι είναι τελείως μη οικονομικά επένδυση, αλλά θα πρέπει να τονίσουμε ότι το κριτήριο ήταν για τη μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Η μέγιστη δυνατή ανάκτηση της θερμότητας που εξετάστηκε συνεπάγεται και αρκετά σύνθετους και ακριβούς εναλλάκτες. Θα χρειαστεί να εξεταστούν οι περιπτώσεις για μερική ανάκτηση της θερμότητας και ίσως για μικρότερες παροχές έτσι ώστε να βρεθεί ο βέλτιστος οικονομοτεχνικός συνδυασμός.

## Αναφορές

### Δημοσιευμένες εργασίες

- [1] *European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP), Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe, 2009.*
- [2] *G. Florides, S. Kalogirou / Renewable Energy 32 (2007) 2461–2478 Solar Thermal barometer, EurObserv'ER, May 2010,*
- [3] *European Solar Thermal Industry Federation, Sun in Action II- A Solar Thermal Strategy for Europe, 2003.*
- [4] *T. Tsoutsos, N. Frantzeskaki, V. Gekas, Environmental Impact Assessment of Solar Energy Systems, Energy Policy, Vol. 33/3, pp 289-296, 2005*
- [5] *Whitfield G. R; Bentlay R. W, Weatherby C. K, Hunt A. C, Mohring H. D, Klotz F. H, Keuber P, Minano J. C and Alarte- Garvi E, 1999. The development and testing of small concentrating PV systems. Solar Energy, Vol.67, pp.23-34.*
- [6] *Τριμηνιαία έκδοση του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ)-Τεύχος 16, Απρίλιος – Ιούνιος 2004*

## Ιστοσελίδες

- (1) <http://docplayer.gr/1143982-Prokliseis-kai-politiki-ston-tomea-tis-energeias.html>
- (2) [http://www.tecsol.fr/st\\_uk/default-uk.htm](http://www.tecsol.fr/st_uk/default-uk.htm)
- (3) [http://www.apricus.com/html/solar\\_energy\\_calculator.htm#.WA0htfmLTDd](http://www.apricus.com/html/solar_energy_calculator.htm#.WA0htfmLTDd)
- (4) [www.ebhe.gr](http://www.ebhe.gr)
- (5) <http://europa.eu>
- (6) <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvqgis/>
- (7) [www.euroobserver.org](http://www.euroobserver.org)
- (8) <http://www.ypeka.gr/>
- (9) <http://www.oleng.eu/>
- (10) <https://www.biogasworld.com/biogas-calculations/>
- (11) <http://calc.exergyllc.com/>
- (12) <http://heat-exchangers.exergyllc.com/item/shell-tube-heat-exchangers/73-series-shell-tube-heat-exchangers/00677-03>
- (13) [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Overview\\_Renewable%20Power%20Generation%20Costs%20in%202012.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Overview_Renewable%20Power%20Generation%20Costs%20in%202012.pdf)
- (14) <http://www.engineeringpage.com/cgi-bin/he/hef.pl>
- (15) <http://www.kotopoulaartas.gr/>
- (16) <http://www.ourplanet.com/the-energy-report/010-Ecofys-Energy-Scenario.pdf>
- (17) [www.survay.dua.gr](http://www.survay.dua.gr)
- (18) [http://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-1/req\\_2009\\_596/req\\_2009\\_596\\_el.pdf](http://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-1/req_2009_596/req_2009_596_el.pdf)
- (19) [www.deddie.gr](http://www.deddie.gr)
- (20) [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- (21) <http://www.aveco.gr/>
- (22) [http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/odiqies/SOLAR%20HOT%20WATER\\_FINAL\\_review.pdf](http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/odiqies/SOLAR%20HOT%20WATER_FINAL_review.pdf)
- (23) <http://www.helbio.gr/>
- (24) [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/KAPE%20APOLOGISMOS%2006\\_lckd.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/KAPE%20APOLOGISMOS%2006_lckd.pdf)
- (25) <http://www.monachos.gr/forum/content.php/483-iliakoi-thermosifones>

(26)<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totree/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>

(27)<http://www.ecofys.com/>

## **Βιβλία**

- I. Θ. Τσούτσος, Π. Κορογιαννάκης, Στ.Τουρνάκη , Α. Γκούσκος, S. Rugginenti, S. Castaldo (2008). Ηλιακός κλιματισμός-Βασικές αρχές, παραδείγματα εφαρμογών και προτάσεις, Intelligent Energy for Europe
- II. Θ. Τσούτσος Θ. , Γ. Σκίκος (1999). Ανανεώσιμες/εναλλακτικές και ήπιες πηγές ενέργειας-Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. τόμος Β1
- III. Burkard, Thilo, (2009). Project cases of Biogas-plants in Kenya. Presentation for Biogas Delegation Trip, Agritechnica
- IV. Constantin STAN , Adrian BADEA (2013). THERMO-PHYSICO-CHEMICAL ANALYSES AND CALORIFIC VALUE OF POULTRY PROCESSING INDUSTRY WASTE
- V. Salman Zafar (2015). Biogas from Slaughterhouse Wastes
- VI. Fundamentals of Engineering Thermodynamics, by Howell and Buckius, McGraw-Hill, New York
- VII. Ι. Φραγκιαδάκης (2009), Φωτοβολταϊκά Συστήματα ISBN 978-960-456-007-3 εκδόσεις Ζήτη
- VIII. Αντωνία Παπαλαζάρου, (2010), Μοντελοποίηση και έλεγχος απόδοσης πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, Διπλωματική Εργασία
- IX. Μωυσής Δαμιανίδης, Γεώργιος Κατσαρός, Ματθαίος Τόλης, Φώτιος Στεργιόπουλος, «Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων», έτος 2011, Θεσσαλονίκη, ΤΕΕ Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας
- X. Καγκαράκης Κ., Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992.

## Ανακεφαλαίωση

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει τη κατανάλωση ενέργειας στον αγροτοβιομηχανικό τομέα και τις δυνατότητες για την εξοικονόμησή της. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, εξετάζονται δύο μελέτες. Η πρώτη αφορά μια πτηνοτροφική μονάδα και η δεύτερη μια μονάδα σφαγής. Έγινε η καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά περίπτωση και έπειτα η σύγκριση διαφορετικών συστημάτων για μείωση, παραγωγή και χρήση εναλλακτικής πηγής ενέργεια. Με βάση τις παρατηρήσεις, το συμπέρασμα είναι ότι υπάρχουν τεράστια περιθώρια βελτίωσης των ενεργοβόρων διαδικασιών στον αγροτοβιομηχανικό τομέα με ανασταλτικό παράγοντα δυστυχώς το επενδυτικό κίνητρο.

Προκειμένου να είναι ολοκληρωμένη η μελέτη αντίστοιχων περιπτώσεων στις οποίες τόσο οι ενεργειακές ανάγκες όσο και οι τρόποι για βελτίωση ποικίλουν και λαμβάνοντας υπόψη τις συνεχείς και απρόβλεπτες μεταβολές στο οικονομικό μας περιβάλλον, θα προτείναμε την ανάπτυξη ενός λογισμικού το οποίο θα λάμβανε σαν εισόδους τις ενεργειακές μας ανάγκες, τα διαθέσιμα σενάρια εξοικονόμησης και τις τρέχουσες τιμές και σαν έξοδο να υπολογίζει το βέλτιστο οικονομοτεχνικό σενάριο για τη περίπτωσή μας. Αυτό θα ήταν χρήσιμο στον εντοπισμό όχι μόνο της εύρεσης σεναρίων, αλλά και να συμβάλει και στην οικονομική διαστασιολόγηση του κάθε σεναρίου, κάτι που δεν πραγματοποιήθηκε στη παρούσα εργασία. Κάτι τέτοιο, φυσικά δεν είναι δυνατό στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας λόγω περιορισμένου χρόνου αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί στα πλαίσια εκπόνησης διπλωματικής εργασίας από επόμενο φοιτητή ή διδακτορικής διατριβής.

## Παραρτήματα

Παράρτημα 1 – Τεύχος Υπολογισμών Απωλειών



**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**  
**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΠΑΝΕΤΑΣ ΓΑΒΡΙΗΛ**

Μελέτη Περίπτωσης Πτηνοτροφείου

## Δεδομένα Μελέτης

### 1. Γενικά Στοιχεία έργου

|            |                     |         |          |
|------------|---------------------|---------|----------|
| Έργο:      | ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΓΑΒΡΙΗΛ | Ημ/νία: | 2/1/2017 |
| Περιγραφή: | ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ          |         |          |
| Διεύθυνση: | Τ.Κ.:               |         |          |
| Τηλέφωνο:  |                     |         |          |

### Μηχανικοί

### Στοιχεία Πελάτη

|            |       |
|------------|-------|
| Επώνυμο:   |       |
| Διεύθυνση: |       |
| Πόλη:      | Τ.Κ.: |
| Τηλέφωνο:  |       |
| E-mail:    |       |

### 2. Θερμοκρασίες Σχεδιασμού

|                                             |    |      |    |
|---------------------------------------------|----|------|----|
| Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα | ta | -2,0 | °C |
| Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία             | ti | 30,0 | °C |
| Θερμοκρασία μη θερμαινόμενων χώρων          | to | 10,0 | °C |
| Θερμοκρασία εδάφους                         | tg | 15,0 | °C |

### 3. Στοιχεία Κτηρίου

|                                                   |    |       |   |
|---------------------------------------------------|----|-------|---|
| Προσαυξήσεις από διακοπή λειτουργίας              | ta | 20,00 |   |
| Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης                 | ti | 0,58  |   |
| Συντελεστής διεισδυτικότητας                      | to | 0,70  |   |
| Τυπικό καθαρό ύψος χώρων (από δάπεδο μέχρι οροφή) | tg | 5,00  | m |

### 4. Υδραυλικοί Υπολογισμοί

|                                           |       |         |        |
|-------------------------------------------|-------|---------|--------|
| Θερμοκρασία νερού προσαγωγής              | θv    | 85,0    | °C     |
| Θερμοκρασία νερού επιστροφής              | θr    | 70,0    | °C     |
| Πυκνότητα νερού                           | d     | 1.000,0 | kg/m³  |
| Κινηματικό ιξώδες νερού                   | v     | 0,37    |        |
| Απόλυτη τραχύτητα χαλκοσωλήνων            | e     | 0,00150 | m      |
| Απόλυτη τραχύτητα σωλήνων πολυαιθυλενίου  | e     | 0,00150 | m      |
| Απόλυτη τραχύτητα χαλυβδοσωλήνων          | e     | 0,04500 | m      |
| Μέγιστη ταχύτητα νερού                    | Vmax  | 1,00    | m/s    |
| Μέγιστη ανηγμένη πτώση πίεσης λόγω τριβών | Rmax  | 50,00   | mmWS/m |
| Ελάχιστη διάμετρος σωλήνων                | DNmin | 15,00   | mm     |

## Δομικά υλικά

| Αγωγιμότητα υλικών |                                    |                     |
|--------------------|------------------------------------|---------------------|
| Κωδικός            | Περιγραφή                          | Θερμική αγωγιμότητα |
|                    |                                    | λ                   |
|                    |                                    | W/(m·K)             |
| A102               | Τούβλο ορθοδρομικό διασ. 6x9x19 cm | 0,696               |
| A3                 | Χαλυβδόελασμα T=2 mm               | 44,998              |
| A3                 | Χαλυβδόελασμα T=2 mm               | 44,998              |
| A301-20            | Επίχρισμα 2cm                      | 0,870               |
| B25                | Μόνωση 85 mm                       | 0,043               |
| B25                | Μόνωση 85 mm                       | 0,043               |
| DOW-03             | WALLMATE CW                        | 0,029               |
| E2                 | Μαλτεζόπλακες T=12 mm              | 1,436               |
| E2                 | Μαλτεζόπλακες T=12 mm              | 1,436               |
| E3                 | Υγρομόνωση T=10 mm                 | 0,190               |
| E3                 | Υγρομόνωση T=10 mm                 | 0,190               |

| Αντιστάσεις επιφανειών (μεταξύ αέρα και δ. στοιχείων) |                     |                   |
|-------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Κωδικός                                               | Περιγραφή           | Θερμική αντίσταση |
|                                                       |                     | R                 |
|                                                       |                     | (m²·K)/W          |
| A0                                                    | Εξωτερικό Φίλμ αέρα | 0,059             |
| A001                                                  | Εξωτερικό φίλμ αέρα | 0,059             |
| A002                                                  | Εσωτερικό φίλμ αέρα | 0,121             |
| E0                                                    | Εσωτερικό φίλμ αέρα | 0,121             |

## Φύλλο υπολογισμού Δομικού Στοιχείου

|                   |                                    |         |                |
|-------------------|------------------------------------|---------|----------------|
| Κωδικός           | R2                                 | U-value | 0,460 W/(m²·K) |
| Περιγραφή         | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 85 mm |         |                |
| Πάχος             | 0,109 m                            | Βάρος   | 44,895 kg/m²   |
| Θερμοχωρητικότητα | 0,00 kJ/(m²·K)                     |         |                |

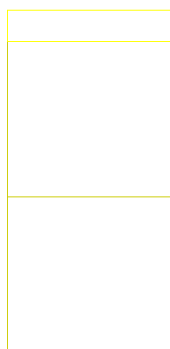
| Στρώσεις δομικού στοιχείου (από έξω προς τα μέσα) |                        |                          |                  |           |       |                     |                   |
|---------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|-----------|-------|---------------------|-------------------|
| A/A                                               | Κωδικός δομικού υλικού | Περιγραφή δομικού υλικού | Ειδική θερμότητα | Πυκνότητα | Πάχος | Θερμική Αγωγιμότητα | Θερμική Αντίσταση |
|                                                   |                        |                          | C <sub>p</sub>   | ρ         | d     | λ                   | R=d/λ             |
|                                                   |                        |                          | kJ/(kg·K)        | kg/m³     | m     | W/(m·K)             | (m²·K)/W          |
| 1                                                 | A0                     | Εξωτερικό Φίλμ αέρα      |                  |           |       |                     | 0,059             |
| 2                                                 | A3                     | Χαλυβδόελασμα T=2 mm     | 0,420            | 7.689,0   | 0,002 | 44,998              |                   |
| 3                                                 | E0                     | Εσωτερικό φίλμ αέρα      |                  |           |       |                     | 0,121             |
| 4                                                 | B25                    | Μόνωση 85 mm             | 0,840            | 91,0      | 0,085 | 0,043               | 1,936             |
| 5                                                 | E2                     | Μαλτεζόπλακες T=12 mm    | 1,670            | 881,0     | 0,012 | 1,436               | 0,009             |
| 6                                                 | E3                     | Υγρομόνωση T=10 mm       | 1,670            | 1.121,0   | 0,010 | 0,190               | 0,050             |
| Σύνολο                                            |                        |                          |                  |           | 0,109 |                     | 2,175             |
| U = 1/ ΣR <sub>i</sub> = 1/2,175 = 0,460 W/(m²·K) |                        |                          |                  |           |       |                     |                   |

| Τομή δομικού στοιχείου |                           |
|------------------------|---------------------------|
|                        | A0, Εξωτερικό Φίλμ αέρα   |
| 0,002 m                | A3, Χαλυβδοέλασμα T=2 mm  |
|                        | E0, Εσωτερικό φίλμ αέρα   |
| 0,085 m                | B25, Μόνωση 85 mm         |
| 0,012 m                | E2, Μαλτεζόπλακες T=12 mm |
| 0,010 m                | E3, Υγρομόνωση T=10 mm    |

|                   |                                           |         |                |
|-------------------|-------------------------------------------|---------|----------------|
| Κώδικός           | T3                                        | U-value | 0,471 W/(m²·K) |
| Περιγραφή         | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm |         |                |
| Πάχος             | 0,210 m                                   | Βάρος   | 217,4 kg/m²    |
| Θερμοχωρητικότητα | 0,00 kJ/(m²·K)                            |         |                |

| Στρώσεις δομικού στοιχείου (από έξω προς τα μέσα)                   |                        |                                    |                  |           |       |                     |                   |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|-----------|-------|---------------------|-------------------|
| A/A                                                                 | Κώδικός δομικού υλικού | Περιγραφή δομικού υλικού           | Ειδική θερμότητα | Πυκνότητα | Πάχος | Θερμική Αγωγιμότητα | Θερμική Αντίσταση |
|                                                                     |                        |                                    | C <sub>p</sub>   | ρ         | d     | λ                   | R=d/λ             |
|                                                                     |                        |                                    | kJ/(kg·K)        | kg/m³     | m     | W/(m·K)             | (m²·K)/W          |
| 1                                                                   | A001                   | Εξωτερικό φίλμ αέρα                |                  |           |       |                     | 0,059             |
| 3                                                                   | A102                   | Τούβλο ορθοδρομικό διασ. 6x9x19 cm |                  | 1.200,0   | 0,060 | 0,696               | 0,086             |
| 4                                                                   | A102                   | Τούβλο ορθοδρομικό διασ. 6x9x19 cm |                  | 1.200,0   | 0,060 | 0,696               | 0,086             |
| 5                                                                   | DOW-03                 | WALLMATE CW                        |                  | 28,0      | 0,050 | 0,029               | 1,724             |
| 6                                                                   | A301-20                | Επίχρισμα 2cm                      |                  | 1.800,0   | 0,020 | 0,870               | 0,023             |
| 7                                                                   | A301-20                | Επίχρισμα 2cm                      |                  | 1.800,0   | 0,020 | 0,870               | 0,023             |
| 8                                                                   | A002                   | Εσωτερικό φίλμ αέρα                |                  |           |       |                     | 0,121             |
| Σύνολο                                                              |                        |                                    |                  |           | 0,210 |                     | 2,123             |
| $U = 1 / \sum R_i = 1 / 2,123 = 0,471 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ |                        |                                    |                  |           |       |                     |                   |

## Τομή δομικού στοιχείου



A001, Εξωτερικό φιλμ αερα

0,060 m A102, Τούβλο ορθοδρομικό διασ. 6χ9χ19 cm

0,060 m A102, Τούβλο ορθοδρομικό διασ. 6χ9χ19 cm

0,050 m DOW-03, WALLMATE CW

0,020 m A301-20, Επίχρισμα 2cm

0,020 m A301-20, Επίχρισμα 2cm

A002, Εσωτερικό φιλμ αέρα

|                   |                                    |         |                |
|-------------------|------------------------------------|---------|----------------|
| Κώδικός           | R3                                 | U-value | 1,065 W/(m²·K) |
| Περιγραφή         | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 30 mm |         |                |
| Πάχος             | 0,054 m                            | Βάρος   | 39,89 kg/m²    |
| Θερμοχωρητικότητα | 0,00 kJ/(m²·K)                     |         |                |

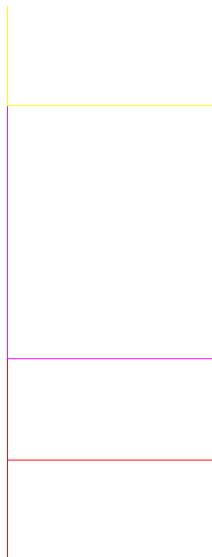
| Στρώσεις δομικού στοιχείου (από έξω προς τα μέσα) |                        |                          |                  |           |       |                     |                   |
|---------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|-----------|-------|---------------------|-------------------|
| A/A                                               | Κώδικός δομικού υλικού | Περιγραφή δομικού υλικού | Ειδική θερμότητα | Πυκνότητα | Πάχος | Θερμική Αγωγιμότητα | Θερμική Αντίσταση |
|                                                   |                        |                          | C <sub>p</sub>   | ρ         | d     | λ                   | R=d/λ             |
|                                                   |                        |                          | kJ/(kg·K)        | kg/m³     | m     | W/(m·K)             | (m²·K)/W          |
| 1                                                 | A0                     | Εξωτερικό Φίλμ αέρα      |                  |           |       |                     | 0,059             |
| 2                                                 | A3                     | Χαλυβδόελασμα T=2 mm     | 0,420            | 7.689,0   | 0,002 | 44,998              | 0,000             |
| 3                                                 | E0                     | Εσωτερικό φιλμ αέρα      |                  |           |       |                     | 0,121             |
| 4                                                 | B25                    | Μόνωση 85 mm             | 0,840            | 91,0      | 0,030 | 0,043               | 0,698             |
| 5                                                 | E2                     | Μαλτεζόπλακες T=12 mm    | 1,670            | 881,0     | 0,012 | 1,436               | 0,008             |
| 6                                                 | E3                     | Υγρομόνωση T=10 mm       | 1,670            | 1.121,0   | 0,010 | 0,190               | 0,053             |
| Σύνολο                                            |                        |                          |                  |           | 0,054 |                     | 0,939             |
| U = 1/ ΣR <sub>i</sub> = 1/0,939 = 1,065 W/(m²·K) |                        |                          |                  |           |       |                     |                   |

## Τομή δομικού στοιχείου



A0, Εξωτερικό Φίλμ αέρα

0,002 m A3, Χαλυβδοέλασμα T=2 mm



E0, Εσωτερικό φίλμ αέρα

0,030 m B25, Μόνωση 85 mm

0,012 m E2, Μαλτεζόπλακες T=12 mm

0,010 m E3, Υγρομόνωση T=10 mm

## Ανοίγματα

Κλιματική ζώνη:

B

Υψόμετρο:

0

| Κώδικος | Περιγραφή | Solar Trans.   | Αερο στεγανότητα | Διαπερατότητα         | Διαπερατότητα    | Ισχύει η συνθήκη   |
|---------|-----------|----------------|------------------|-----------------------|------------------|--------------------|
|         |           | g <sub>g</sub> | a                | U                     | U <sub>max</sub> | U<U <sub>max</sub> |
|         |           |                |                  | W/(m <sup>2</sup> ·K) |                  |                    |

## Παράθυρα

|    |                                                   |     |   |       |       |     |
|----|---------------------------------------------------|-----|---|-------|-------|-----|
| W1 | Ξύλινο πλαίσιο, με μονό υαλοπίνακα                | 0,8 | 1 | 5,000 | 3,000 | Όχι |
| W2 | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                           | 0,8 | 1 | 5,370 | 3,000 | Όχι |
| W3 | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm, ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ | 0,8 | 1 | 1,820 | 3,000 | Ναι |

## Πόρτες

|    |                                                               |     |   |       |       |     |
|----|---------------------------------------------------------------|-----|---|-------|-------|-----|
| D1 | Ξύλινη πόρτα χωρίς υαλοπίνακα                                 | 0,8 | 1 | 3,500 | 3,000 | Όχι |
| Θ1 | Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο | 0,8 | 1 | 2,100 | 3,000 | Ναι |

### Κατάσταση Θ.Απωλειών ανά Διαμέρισμα

| Διαμέρισμα |         | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ  |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ1,2      |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ1 | BA                   | 30,0             | 189.087            | 7              | 5              | 236.359              | 2.744                | 50.864             | 289.967             |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**289.967**

| Διαμέρισμα |         | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ  |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ3        |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ2 | BA                   | 30,0             | 55.507             | 7              | 5              | 69.384               | 862                  | 7.181              | 77.427              |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**77.427**

| Διαμέρισμα |         | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ  |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ4,5      |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ3 | NA                   | 30,0             | 116.080            | 7              | -5             | 133.492              | 1.684                | 30.447             | 165.622             |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**165.622**

| Διαμέρισμα |         | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ     |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ1,2      |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ1 | BA                   | 30,0             | 369.020            | 7              | 5              | 461.275              | 2.744                | 50.864             | 514.883             |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**514.883**

| Διαμέρισμα |         | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ     |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ3        |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ2 | BA                   | 30,0             | 113.069            | 7              | 5              | 141.336              | 862                  | 7.181              | 149.379             |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**149.379**

| Διαμέρισμα |         | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ     |                  | Επίπεδο            |                | ΚΤΗΡΙΟ4,5      |                      |                      |                    |                     |
|------------|---------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| A/A        | Δωμάτιο | Προσαν-<br>ατολισμός | Θερμο-<br>κρασία | Απώλειες<br>Μεταφ. | Προσ.<br>Διακ. | Προσ.<br>Προσ. | Απώλειες<br>Θερμοπερ | Απώλειες<br>Χαραμάδ. | Απώλειες<br>Εναλλ. | Σύνολλο<br>Απωλειών |
|            |         |                      | $\theta_{int,i}$ | $Q_o$              | $Z_D$          | $Z_H$          | $Q_t$                | $Q_l$                | $Q_{air}$          | $Q_n$               |
|            |         |                      | °C               | W                  |                | %              | W                    | W                    | W                  | W                   |
| 1          | ΚΤΗΡΙΟ3 | NA                   | 30,0             | 233.580            | 7              | -5             | 268.617              | 1.684                | 30.447             | 300.747             |

Σύνολο Θ. Απωλειών:

**300.747**

Σύνολο κτιρίου:

**1.498.025**

# Φύλλο Υπολογισμού Θερμικού Φορτίου χώρου κατά DIN4701

| Διαμέρισμα                                                                      |                    | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ                                           |            |        |              | Επίπεδο         |                 |                | ΚΤΗΡΙΟ1,2        |                        |                 |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-------------------|
| Δωμάτιο                                                                         |                    | ΚΤΗΡΙΟ1                                                       |            |        |              | Προσανατολισμός |                 |                | BA               |                        |                 |                   |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                    |                                                               |            |        |              |                 |                 |                |                  |                        |                 |                   |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας ( $Q_t$ )                                     |                    |                                                               |            |        |              |                 |                 |                |                  |                        |                 |                   |
| A/A                                                                             | Κωδικός Επιφάνειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                          | Προσαναλμ. | Μήκος  | Ύψος/ Πλάτος | Αρ. Ομ.         | Μικτή Επιφάνεια | Αφ. Επιφάνεια  | Καθαρή Επιφάνεια | Συντελ. Θερμοπερατ.    | Διαφ Θερμοκρασ. | Θερμικές Απώλειες |
|                                                                                 |                    |                                                               |            | L      | H            |                 |                 |                | A                | U                      | $\Delta T$      | $\Delta Q$        |
|                                                                                 |                    |                                                               |            | m      | m            |                 | m <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup>   | W/(m <sup>2</sup> ·K ) | °C              | W                 |
| 1                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | BA         | 170,00 | 5,00         | 1               | 850,00          | 180,00         | 670,00           | 0,471                  | 32              | 10.101,160        |
|                                                                                 | W3                 | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm, ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | BA         | 150,00 | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 180,00           | 1,820                  | 32              | 10.483,200        |
| 2                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | NA         | 170,00 | 5,00         | 1               | 850,00          | 180,00         | 670,00           | 0,471                  | 32              | 10.101,160        |
|                                                                                 | W3                 | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm, ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | NA         | 150,00 | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 180,00           | 1,820                  | 32              | 10.483,200        |
| 3                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | NA         | 27,50  | 5,00         | 1               | 137,50          | 0,00           | 137,50           | 0,471                  | 32              | 2.072,999         |
| 4                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | BA         | 27,50  | 5,00         | 1               | 137,50          | 13,20          | 124,30           | 0,471                  | 32              | 1.873,991         |
|                                                                                 | Θ1                 | Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο | BA         | 6,00   | 2,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 13,20            | 2,100                  | 32              | 887,040           |
| 5                                                                               | FB1                | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                              | -          | 170,00 | 13,75        | 1               | 2.337,50        | 0,00           | 2.337,50         | 3,100                  | 15              | 108.693,800       |
| 6                                                                               | R2                 | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 85 mm                            | -          | 170,00 | 13,75        | 1               | 2.337,50        | 0,00           | 2.337,50         | 0,460                  | 32              | 34.390,800        |

Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

$Q_0 = 189.087$

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

$z_H = 5$

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

$z_D = 20,00$

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

$Q_t = [1 + (z_D + z_H)/100] \cdot Q_0 = 236.359$

## 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_l$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

$H =$

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

$R =$

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

$Q_l = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_l] = 2.744$

## 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{en}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

170,00 x 27,50 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

$N$

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

$Q_{en} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 50.864$

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

289.967

| Διαμέρισμα                                                                      |                            | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ                                              |                      |       |                 | Επίπεδο         |                         |                       | ΚΤΗΡΙΟ3                  |                             |                         |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|
| Δωμάτιο                                                                         |                            | ΚΤΗΡΙΟ2                                                          |                      |       |                 | Προσανατολισμός |                         |                       | BA                       |                             |                         |                      |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                            |                                                                  |                      |       |                 |                 |                         |                       |                          |                             |                         |                      |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας (Qt)                                          |                            |                                                                  |                      |       |                 |                 |                         |                       |                          |                             |                         |                      |
| A/A                                                                             | Κωδικός<br>Επιφά-<br>νειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                             | Προ-<br>σανα-<br>λμ. | Μήκος | Ύψος/<br>Πλάτος | Αρ.<br>Ομ.      | Μικτή<br>Επιφά-<br>νεια | Αφ.<br>Επιφά-<br>νεια | Καθαρή<br>Επιφά-<br>νεια | Συντελ.<br>Θερμο-<br>περατ. | Διαφ<br>Θερμο-<br>κρασ. | Θερμικές<br>Απώλειες |
|                                                                                 |                            |                                                                  |                      | L     | H               |                 |                         |                       | A                        | U                           | $\Delta T$              | $\Delta Q$           |
|                                                                                 |                            |                                                                  |                      | m     | m               |                 | m <sup>2</sup>          | m <sup>2</sup>        | m <sup>2</sup>           | W/(m <sup>2</sup> ·K<br>)   | °C                      | W                    |
| 1                                                                               | T3                         | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                        | BA                   | 55,00 | 5,00            | 1               | 275,00                  | 54,00                 | 221,00                   | 0,471                       | 32                      | 3.331,874            |
|                                                                                 | W3                         | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm,<br>ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | BA                   | 45,00 | 1,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 54,00                    | 1,820                       | 32                      | 3.144,960            |
| 2                                                                               | T3                         | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                        | NA                   | 55,00 | 5,00            | 1               | 275,00                  | 54,00                 | 221,00                   | 0,471                       | 32                      | 3.331,874            |
|                                                                                 | W3                         | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm,<br>ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | NA                   | 45,00 | 1,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 54,00                    | 1,820                       | 32                      | 3.144,960            |
| 3                                                                               | T3                         | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                        | NA                   | 12,00 | 5,00            | 1               | 60,00                   | 0,00                  | 60,00                    | 0,471                       | 32                      | 904,581              |
| 4                                                                               | T3                         | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                        | BA                   | 12,00 | 5,00            | 1               | 60,00                   | 6,60                  | 53,40                    | 0,471                       | 32                      | 805,077              |
|                                                                                 | Θ1                         | Μεταλλική ανοιγόμενη διτλή συμπαγής θύρα<br>με μεταλλικό πλαίσιο | BA                   | 3,00  | 2,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 6,60                     | 2,100                       | 32                      | 443,520              |
| 5                                                                               | FB1                        | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                                 | -                    | 55,00 | 12,00           | 1               | 660,00                  | 0,00                  | 660,00                   | 3,100                       | 15                      | 30.690,000           |
| 6                                                                               | R2                         | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 85 mm                               | -                    | 55,00 | 12,00           | 1               | 660,00                  | 0,00                  | 660,00                   | 0,460                       | 32                      | 9.710,345            |

## Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

 $Q_0 = 55.507$ 

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

zH= 5

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

zD= 20,00

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

 $Q_t = [1+(zD+zH)/100] \cdot Q_0 = 69.384$ 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_I$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

H=

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

R=

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

 $Q_I = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma I) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_I] = 862$ 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{ev}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

55,00 x 12,00 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

N

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

 $Q_{ev} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 7.181$ 

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

77.427

| Διαμέρισμα                                                                      |                    |                                                               | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ |        |              |         | Επίπεδο         |                |                  | ΚΤΗΡΙΟ4,5              |                  |                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------|--------------|---------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------|--|
| Δωμάτιο                                                                         |                    |                                                               | ΚΤΗΡΙΟ3             |        |              |         | Προσανατολισμός |                |                  | NA                     |                  |                   |  |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                    |                                                               |                     |        |              |         |                 |                |                  |                        |                  |                   |  |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας ( $Q_t$ )                                     |                    |                                                               |                     |        |              |         |                 |                |                  |                        |                  |                   |  |
| A/A                                                                             | Κωδικός Επιφάνειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                          | Προσαναλμ.          | Μήκος  | Ύψος/ Πλάτος | Αρ. Ομ. | Μικτή Επιφάνεια | Αφ. Επιφάνεια  | Καθαρή Επιφάνεια | Συντελ. Θερμοπερατ.    | Διαφ. Θερμοκρασ. | Θερμικές Απώλειες |  |
|                                                                                 |                    |                                                               |                     | L      | H            |         |                 |                | A                | U                      | $\Delta T$       | $\Delta Q$        |  |
|                                                                                 |                    |                                                               |                     | m      | m            |         | m <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup>   | W/(m <sup>2</sup> ·K ) | °C               | W                 |  |
| 1                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | NA                  | 110,00 | 5,00         | 1       | 550,00          | 108,00         | 442,00           | 0,471                  | 32               | 6.663,749         |  |
|                                                                                 | W3                 | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm, ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | NA                  | 90,00  | 1,20         | 1       | 0,00            | 0,00           | 108,00           | 1,820                  | 32               | 6.289,920         |  |
| 2                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | ΒΔ                  | 110,00 | 5,00         | 1       | 550,00          | 108,00         | 442,00           | 0,471                  | 32               | 6.663,749         |  |
|                                                                                 | W3                 | ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ 6-12-3 mm, ΔΙΑΚΕΝΟ ΚΡΥΠΤΟ             | ΒΔ                  | 90,00  | 1,20         | 1       | 0,00            | 0,00           | 108,00           | 1,820                  | 32               | 6.289,920         |  |
| 3                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | ΒΑ                  | 25,44  | 5,00         | 1       | 127,20          | 0,00           | 127,20           | 0,471                  | 32               | 1.917,712         |  |
| 4                                                                               | T3                 | Διπλός ορθοδρομικός τοίχος με μόνωση 5 cm                     | ΝΔ                  | 25,44  | 5,00         | 1       | 127,20          | 13,20          | 114,00           | 0,471                  | 32               | 1.718,704         |  |
|                                                                                 | Θ1                 | Μεταλλική ανοιγόμενη διτλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο | ΝΔ                  | 6,00   | 2,20         | 1       | 0,00            | 0,00           | 13,20            | 2,100                  | 32               | 887,040           |  |
| 5                                                                               | FB1                | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                              | -                   | 110,00 | 12,72        | 1       | 1.399,20        | 0,00           | 1.399,20         | 3,100                  | 15               | 65.062,800        |  |
| 6                                                                               | R2                 | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 85 mm                            | -                   | 110,00 | 12,72        | 1       | 1.399,20        | 0,00           | 1.399,20         | 0,460                  | 32               | 20.585,930        |  |

## Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

 $Q_0 = 116.080$ 

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

zH= -5

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

zD= 20,00

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

 $Q_t = [1+(zD+zH)/100] \cdot Q_0 = 133.492$ 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_I$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

H=

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

R=

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

 $Q_I = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma I) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_I] = 1.684$ 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{en}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

110,00 x 25,44 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

N

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

 $Q_{en} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 30.447$ 

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

165.622

| Διαμέρισμα                                                                      |                            | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ                                                                  |                      |        |                 | Επίπεδο         |                         |                       | ΚΤΗΡΙΟ1,2                |                             |                         |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|
| Δωμάτιο                                                                         |                            | ΚΤΗΡΙΟ1                                                                           |                      |        |                 | Προσανατολισμός |                         |                       | ΒΑ                       |                             |                         |                      |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                            |                                                                                   |                      |        |                 |                 |                         |                       |                          |                             |                         |                      |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας ( $Q_t$ )                                     |                            |                                                                                   |                      |        |                 |                 |                         |                       |                          |                             |                         |                      |
| A/A                                                                             | Κωδικός<br>Επιφά-<br>νειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                                              | Προ-<br>σανα-<br>λμ. | Μήκος  | Ύψος/<br>Πλάτος | Αρ.<br>Ομ.      | Μικτή<br>Επιφά-<br>νεια | Αφ.<br>Επιφά-<br>νεια | Καθαρή<br>Επιφά-<br>νεια | Συντελ.<br>Θερμο-<br>περατ. | Διαφ<br>Θερμο-<br>κρασ. | Θερμικές<br>Απώλειες |
|                                                                                 |                            |                                                                                   |                      | L      | H               |                 |                         |                       | A                        | U                           | $\Delta T$              | $\Delta Q$           |
|                                                                                 |                            |                                                                                   |                      | m      | m               |                 | m <sup>2</sup>          | m <sup>2</sup>        | m <sup>2</sup>           | W/(m <sup>2</sup> ·K<br>)   | °C                      | W                    |
| 1                                                                               | T1                         | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΒΑ                   | 170,00 | 5,00            | 1               | 850,00                  | 180,00                | 670,00                   | 2,300                       | 32                      | 49.312,000           |
|                                                                                 | W2                         | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | ΒΑ                   | 150,00 | 1,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 180,00                   | 5,370                       | 32                      | 30.931,200           |
| 2                                                                               | T1                         | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΝΔ                   | 170,00 | 5,00            | 1               | 850,00                  | 180,00                | 670,00                   | 2,300                       | 32                      | 49.312,000           |
|                                                                                 | W2                         | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | ΝΔ                   | 150,00 | 1,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 180,00                   | 5,370                       | 32                      | 30.931,200           |
| 3                                                                               | T1                         | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΝΑ                   | 27,50  | 5,00            | 1               | 137,50                  | 0,00                  | 137,50                   | 2,300                       | 32                      | 10.120,000           |
| 4                                                                               | T1                         | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΒΔ                   | 27,50  | 5,00            | 1               | 137,50                  | 13,20                 | 124,30                   | 2,300                       | 32                      | 9.148,480            |
|                                                                                 | Θ1                         | Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο                     | ΒΔ                   | 6,00   | 2,20            | 1               | 0,00                    | 0,00                  | 13,20                    | 2,100                       | 32                      | 887,040              |
| 5                                                                               | FB1                        | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                                                  | -                    | 170,00 | 13,75           | 1               | 2.337,50                | 0,00                  | 2.337,50                 | 3,100                       | 15                      | 108.693,800          |
| 6                                                                               | R3                         | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 30 mm                                                | -                    | 170,00 | 13,75           | 1               | 2.337,50                | 0,00                  | 2.337,50                 | 1,065                       | 32                      | 79.684,090           |

## Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

 $Q_0 = 369.020$ 

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

zH= 5

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

zD= 20,00

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

 $Q_t = [1 + (zD + zH) / 100] \cdot Q_0 = 461.275$ 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_l$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

H=

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

R=

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

 $Q_l = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_f] = 2.744$ 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{en}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

170,00 x 27,50 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

N

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

 $Q_{en} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 50.864$ 

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

514.883

| Διαμέρισμα                                                                      |                    | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ                                                                  |            |       |              | Επίπεδο         |                 |                | ΚΤΗΡΙΟ3          |                        |                  |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Δωμάτιο                                                                         |                    | ΚΤΗΡΙΟ2                                                                           |            |       |              | Προσανατολισμός |                 |                | BA               |                        |                  |                   |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                    |                                                                                   |            |       |              |                 |                 |                |                  |                        |                  |                   |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας ( $Q_t$ )                                     |                    |                                                                                   |            |       |              |                 |                 |                |                  |                        |                  |                   |
| A/A                                                                             | Κωδικός Επιφάνειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                                              | Προσαναλμ. | Μήκος | Ύψος/ Πλάτος | Αρ. Ομ.         | Μικτή Επιφάνεια | Αφ. Επιφάνεια  | Καθαρή Επιφάνεια | Συντελ. Θερμοπερατ.    | Διαφ. Θερμοκρασ. | Θερμικές Απώλειες |
|                                                                                 |                    |                                                                                   |            | L     | H            |                 |                 |                | A                | U                      | $\Delta T$       | $\Delta Q$        |
|                                                                                 |                    |                                                                                   |            | m     | m            |                 | m <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup>   | W/(m <sup>2</sup> ·K ) | °C               | W                 |
| 1                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | BA         | 55,00 | 5,00         | 1               | 275,00          | 54,00          | 221,00           | 2,300                  | 32               | 16.265,600        |
|                                                                                 | W2                 | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | BA         | 45,00 | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 54,00            | 5,370                  | 32               | 9.279,360         |
| 2                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΝΔ         | 55,00 | 5,00         | 1               | 275,00          | 54,00          | 221,00           | 2,300                  | 32               | 16.265,600        |
|                                                                                 | W2                 | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | ΝΔ         | 45,00 | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 54,00            | 5,370                  | 32               | 9.279,360         |
| 3                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | NA         | 12,00 | 5,00         | 1               | 60,00           | 0,00           | 60,00            | 2,300                  | 32               | 4.416,000         |
| 4                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | ΒΔ         | 12,00 | 5,00         | 1               | 60,00           | 6,60           | 53,40            | 2,300                  | 32               | 3.930,240         |
|                                                                                 | Θ1                 | Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο                     | ΒΔ         | 3,00  | 2,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 6,60             | 2,100                  | 32               | 443,520           |
| 5                                                                               | FB1                | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                                                  | -          | 55,00 | 12,00        | 1               | 660,00          | 0,00           | 660,00           | 3,100                  | 15               | 30.690,000        |
| 6                                                                               | R3                 | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 30 mm                                                | -          | 55,00 | 12,00        | 1               | 660,00          | 0,00           | 660,00           | 1,065                  | 32               | 22.499,040        |

Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

 $Q_0 = 113.069$ 

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

zH= 5

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

zD= 20,00

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

 $Q_t = [1+(zD+zH)/100] \cdot Q_0 = 141.336$ 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_l$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

H=

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

R=

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

 $Q_l = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_l] = 862$ 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{ev}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

55,00 x 12,00 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

N

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

 $Q_{ev} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 7.181$ 

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

149.379

| Διαμέρισμα                                                                      |                    | ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΑ                                                                  |            |        |              | Επίπεδο         |                 |                | ΚΤΗΡΙΟ4,5        |                        |                  |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Δωμάτιο                                                                         |                    | ΚΤΗΡΙΟ3                                                                           |            |        |              | Προσανατολισμός |                 |                | NA               |                        |                  |                   |
| Θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου $\Theta_{int,i} = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |                    |                                                                                   |            |        |              |                 |                 |                |                  |                        |                  |                   |
| 1. Απώλειες λόγω Θερμοπερατότητας ( $Q_t$ )                                     |                    |                                                                                   |            |        |              |                 |                 |                |                  |                        |                  |                   |
| A/A                                                                             | Κωδικός Επιφάνειας | Περιγραφή Επιφάνειας                                                              | Προσαναλμ. | Μήκος  | Ύψος/ Πλάτος | Αρ. Ομ.         | Μικτή Επιφάνεια | Αφ. Επιφάνεια  | Καθαρή Επιφάνεια | Συντελ. Θερμοπερατ.    | Διαφ. Θερμοκρασ. | Θερμικές Απώλειες |
|                                                                                 |                    |                                                                                   |            | L      | H            |                 |                 |                | A                | U                      | $\Delta T$       | $\Delta Q$        |
|                                                                                 |                    |                                                                                   |            | m      | m            |                 | m <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup>   | W/(m <sup>2</sup> ·K ) | °C               | W                 |
| 1                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | NA         | 110,00 | 5,00         | 1               | 550,00          | 108,00         | 442,00           | 2,300                  | 32               | 32.531,200        |
|                                                                                 | W2                 | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | NA         | 90,00  | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 108,00           | 5,370                  | 32               | 18.558,720        |
| 2                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | BA         | 110,00 | 5,00         | 1               | 550,00          | 108,00         | 442,00           | 2,300                  | 32               | 32.531,200        |
|                                                                                 | W2                 | ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ, ΜΟΝΟ 3 mm                                                           | BA         | 90,00  | 1,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 108,00           | 5,370                  | 32               | 18.558,720        |
| 3                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | BA         | 25,44  | 5,00         | 1               | 127,20          | 0,00           | 127,20           | 2,300                  | 32               | 9.361,920         |
| 4                                                                               | T1                 | Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις | NA         | 25,44  | 5,00         | 1               | 127,20          | 13,20          | 114,00           | 2,300                  | 32               | 8.390,399         |
|                                                                                 | Θ1                 | Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο                     | NA         | 6,00   | 2,20         | 1               | 0,00            | 0,00           | 13,20            | 2,100                  | 32               | 887,040           |
| 5                                                                               | FB1                | Δάπεδο επί εδάφους, χωρίς μόνωση                                                  | -          | 110,00 | 12,72        | 1               | 1.399,20        | 0,00           | 1.399,20         | 3,100                  | 15               | 65.062,800        |
| 6                                                                               | R3                 | Οροφή από λαμαρίνα με μόνωση 30 mm                                                | -          | 110,00 | 12,72        | 1               | 1.399,20        | 0,00           | 1.399,20         | 1,065                  | 32               | 47.697,960        |

Απώλειες Θερμοπερατότητας (μεταφοράς)

 $Q_0 = 233.580$ 

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού

zH= -5

%

Προσαύξηση λόγω διακοπών

zD= 20,00

%

Σύνολο απωλειών θερμοπερατότητας

 $Q_t = [1+(zD+zH)/100] \cdot Q_0 = 268.617$ 2. Απώλειες από Χαραμάδες ( $Q_l$ )

Χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου

H=

0,58

Χαρακτηριστικός αριθμός δωματίου

R=

0,70

Απώλειες από χαραμάδες

 $Q_l = \Sigma[(\alpha \cdot \Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_l] = 1.684$ 3. Απώλειες από Εναλλαγές Αέρα ( $Q_{ev}$ )

Διαστάσεις δωματίου, Μήκος·Πλάτος·Ύψος

110,00 x 25,44 x 5,00 m

Αριθμός εναλλαγών ανά ώρα

N

0,20

ACH

Απώλειες λόγω εναλλαγών αέρα

 $Q_{ev} = 0.29 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot n \cdot \Delta t = 30.447$ 

Σύνολο Θερμικών Απωλειών Δωματίου =

300.747

Παράρτημα 2 – Τεύχος Υπολογισμών Ηλιακών ΣυλλεκτώνAverage Annual Insolation Level =  kWh/m<sup>2</sup>/dayEvacuated Tubes = Electricity Cost =  \$/£/€ per kWh

(click twice)

|              | Energy Metric                            | Energy US                                  | Cost Savings                               |
|--------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Annual Total | <input type="text" value="3677963"/> kWh | <input type="text" value="12549211"/> kBtu | \$/£/€ <input type="text" value="224237"/> |

## European Solar Insolation Levels

| Country | City             | Latitude  | Longitude | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  | Year Avg |
|---------|------------------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| AD      | Andorra la Vella | 42° 30' N | 1° 31' E  | 2.86 | 3.78 | 4.73 | 4.95 | 5.37 | 6    | 6.37 | 5.89 | 5.19 | 3.88 | 3.03 | 2.61 | 4.56     |
| AL      | Tirana           | 41° 20' N | 19° 47' E | 2.94 | 3.62 | 4.98 | 5.6  | 6.52 | 7.28 | 7.49 | 6.93 | 5.91 | 4.49 | 2.97 | 2.41 | 5.11     |
| AT      | Vienna           | 48° 07' N | 16° 34' E | 1.69 | 2.75 | 3.56 | 4.49 | 5.23 | 5.1  | 5.07 | 4.95 | 3.82 | 2.57 | 1.63 | 1.36 | 3.52     |
| AX      | Mariehamn        | 60° 07' N | 19° 07' E | 0.73 | 1.78 | 3.36 | 4.98 | 5.98 | 5.91 | 5.78 | 5    | 3.78 | 2.08 | 1.09 | 0.51 | 3.42     |
| BA      | Sarajevo         | 43° 49' N | 18° 20' E | 2.73 | 3.33 | 4.18 | 4.4  | 5.09 | 5.73 | 6.13 | 5.73 | 4.7  | 3.47 | 2.34 | 2.15 | 4.17     |
| CR      | Zagreb           | 45° 48' N | 15° 59' E | 2.1  | 3.11 | 4.08 | 4.49 | 5.31 | 5.52 | 5.84 | 5.43 | 4.16 | 2.83 | 1.97 | 1.66 | 3.88     |
| BE      | Bruxelles        | 50° 45' N | 4° 32' E  | 1.44 | 2.23 | 3.02 | 3.77 | 4.41 | 4.35 | 4.38 | 4.29 | 3.38 | 2.5  | 1.61 | 1.16 | 3.05     |
| BG      | Sofia            | 42° 39' N | 23° 23' E | 2.76 | 3.3  | 4.08 | 4.43 | 5.04 | 5.71 | 6.01 | 5.74 | 4.81 | 3.62 | 2.56 | 2.27 | 4.2      |
| CY      | Limassol         | 34° 40' N | 33° 02' E | 4.05 | 4.76 | 5.88 | 6.34 | 6.77 | 7.14 | 7.09 | 7.11 | 6.94 | 6.07 | 4.64 | 3.81 | 5.89     |
| CZ      | Prague           | 50° 06' N | 14° 15' E | 1.46 | 2.44 | 3.09 | 4.1  | 4.66 | 4.58 | 4.69 | 4.64 | 3.33 | 2.3  | 1.33 | 1.13 | 3.15     |
| DE      | Hamburg          | 53° 38' N | 10° 00' E | 1.14 | 1.94 | 2.86 | 3.92 | 4.71 | 4.55 | 4.52 | 4.24 | 3.2  | 2.14 | 1.25 | 0.96 | 2.96     |
| DE      | Munich           | 48° 08' N | 11° 42' E | 1.73 | 2.72 | 3.55 | 4.41 | 5.02 | 5.04 | 5.11 | 4.87 | 3.72 | 2.53 | 1.68 | 1.34 | 3.48     |
| DK      | Copenhagen       | 55° 37' N | 12° 39' E | 1.16 | 1.97 | 3.24 | 4.43 | 5.35 | 5.26 | 5.15 | 4.77 | 3.64 | 2.35 | 1.34 | 1.13 | 3.32     |
| EE      | Tallinn          | 59° 23' N | 24° 35' E | 0.82 | 1.95 | 3.45 | 4.74 | 5.71 | 5.65 | 5.53 | 4.77 | 3.47 | 2.04 | 1.11 | 0.68 | 3.33     |
| ES      | Madrid           | 40° 24' N | 3° 41' W  | 3.03 | 3.87 | 5.1  | 5.41 | 5.87 | 6.76 | 6.98 | 6.57 | 5.54 | 3.97 | 3.01 | 2.61 | 4.9      |
| ES      | Malaga           | 36° 40' N | 4° 29' W  | 3.11 | 3.87 | 5.13 | 5.84 | 6.29 | 7.2  | 7.54 | 7.07 | 5.81 | 4.23 | 3.2  | 2.69 | 5.17     |
| ES      | Barcelona        | 41° 17' N | 2° 04' E  | 3.76 | 4.67 | 5.38 | 5.53 | 5.51 | 5.81 | 6.05 | 5.72 | 5.22 | 4.28 | 3.51 | 3.34 | 4.9      |
| ES      | Alicante         | 38° 17' N | 0° 33' W  | 3.33 | 3.96 | 4.9  | 5.62 | 5.91 | 6.46 | 6.62 | 6.17 | 5.11 | 4.2  | 3.29 | 2.91 | 4.88     |
| ES      | Oviedo           | 43° 21' N | 5° 50' W  | 2.3  | 2.88 | 3.97 | 4.44 | 4.78 | 5.03 | 5.16 | 4.86 | 4.34 | 3.04 | 2.25 | 1.99 | 3.76     |
| FI      | Helsinki         | 60° 10' N | 24° 56' E | 0.77 | 2.01 | 3.51 | 4.68 | 5.42 | 5.27 | 5.19 | 4.39 | 3.32 | 1.88 | 1.12 | 0.56 | 3.18     |
| FO      | Tórshavn         | 62° 01' N | 6° 46' W  | n/a  | 1.26 | 2.29 | 3.39 | 4.18 | 4.11 | 3.75 | 3.51 | 2.73 | 1.74 | 0.76 | n/a  | n/a      |
| FR      | Paris            | 49° 01' N | 2° 32' E  | 1.4  | 2.22 | 3.12 | 4.13 | 4.87 | 4.96 | 5.05 | 4.77 | 3.65 | 2.5  | 1.66 | 1.11 | 3.29     |
| FR      | Lyon             | 45° 45' N | 4° 50' E  | 1.99 | 2.84 | 4.01 | 4.54 | 5.09 | 5.62 | 6    | 5.5  | 4.46 | 2.94 | 2.04 | 1.59 | 3.89     |
| FR      | Toulouse         | 43° 37' N | 1° 26' E  | 2.6  | 3.44 | 4.61 | 4.82 | 5.28 | 5.45 | 5.83 | 5.55 | 4.95 | 3.58 | 2.61 | 2.25 | 4.25     |
| GG      | Saint Peter Port | 49° 27' N | 2° 32' W  | 1.39 | 2.36 | 3.5  | 5.06 | 5.93 | 5.99 | 5.94 | 5.52 | 4.54 | 2.85 | 1.8  | 1.14 | 3.84     |
| GI      | Gibraltar        | 36° 09' N | 5° 21' W  | 3.92 | 4.53 | 5.39 | 5.8  | 5.94 | 6.41 | 6.7  | 6.61 | 5.87 | 4.83 | 3.9  | 3.47 | 5.29     |
| GR      | Athens           | 37° 54' N | 23° 44' E | 2.91 | 3.49 | 4.53 | 5.63 | 6.34 | 7.13 | 7.13 | 6.8  | 5.8  | 4.21 | 2.82 | 2.37 | 4.94     |
| HU      | Budapest         | 47° 31' N | 19° 02' E | 1.78 | 2.93 | 3.7  | 4.57 | 5.27 | 5.39 | 5.46 | 5.26 | 4.19 | 2.96 | 1.87 | 1.48 | 3.74     |
| IE      | Dublin           | 53° 20' N | 6° 15' W  | 1.01 | 1.71 | 2.5  | 3.59 | 4.25 | 4.14 | 4.05 | 3.64 | 2.98 | 2    | 1.32 | 0.87 | 2.68     |
| IM      | Douglas          | 54° 09' N | 4° 28' W  | 1.03 | 1.88 | 2.63 | 3.67 | 4.48 | 4.27 | 4.14 | 3.79 | 3.06 | 2.01 | 1.22 | 0.75 | 2.75     |
| IS      | Reykjavik        | 64° 08' N | 21° 54' W | n/a  | 1.05 | 1.86 | 3.24 | 4.3  | 4.51 | 4.07 | 3.56 | 2.81 | 1.65 | 0.65 | n/a  | n/a      |
| IT      | Milan            | 45° 37' N | 8° 44' E  | 2.62 | 3.62 | 4.58 | 4.57 | 4.85 | 5.26 | 5.54 | 5.21 | 4.35 | 3.17 | 2.47 | 2.06 | 4.03     |
| IT      | Rome             | 41° 54' N | 12° 30' E | 3.1  | 3.95 | 5.25 | 5.89 | 6.74 | 7.3  | 7.47 | 7.03 | 5.91 | 4.54 | 3.12 | 2.76 | 5.26     |
| JE      | Saint Helier     | 49° 12' N | 2° 37' W  | 1.38 | 2.35 | 3.5  | 5.05 | 5.92 | 5.98 | 5.93 | 5.51 | 4.53 | 2.85 | 1.79 | 1.13 | 3.83     |
| LI      | Vaduz            | 47° 09' N | 9° 31' E  | 2.18 | 3.15 | 3.93 | 4.36 | 4.79 | 4.87 | 4.99 | 4.74 | 3.97 | 2.91 | 2.15 | 1.75 | 3.65     |
| LT      | Vilnius          | 54° 38' N | 25° 06' E | 1.39 | 2.35 | 3.37 | 4.07 | 4.94 | 4.76 | 4.61 | 4.5  | 3.23 | 2    | 1.21 | 1.08 | 3.13     |
| LU      | Luxembourg       | 49° 37' N | 6° 13' E  | 1.45 | 2.41 | 3.23 | 4.25 | 4.94 | 5    | 5.09 | 4.74 | 3.56 | 2.33 | 1.54 | 1.17 | 3.31     |
| LV      | Riga             | 56° 58' N | 24° 03' E | 1.27 | 2.2  | 3.4  | 4.35 | 5.44 | 5.25 | 5.14 | 4.76 | 3.48 | 2.21 | 1.33 | 0.87 | 3.31     |
| MC      | Monaco           | 43° 42' N | 7° 23' E  | 3.89 | 4.84 | 5.52 | 5.34 | 5.6  | 6.1  | 6.33 | 6    | 5.45 | 4.16 | 3.55 | 3.27 | 4.99     |
| ME      | Podgorica        | 42° 26' N | 19° 17' E | 2.68 | 3.22 | 4.21 | 4.54 | 5.33 | 6.12 | 6.45 | 6.04 | 4.89 | 3.74 | 2.47 | 2.21 | 4.33     |
| MK      | Skopje           | 41° 58' N | 21° 39' E | 2.79 | 3.34 | 4.14 | 4.43 | 5.1  | 6.04 | 6.25 | 5.84 | 4.86 | 3.71 | 2.57 | 2.21 | 4.28     |
| MT      | Valetta          | 35° 54' N | 14° 31' E | 4.1  | 4.93 | 5.93 | 6.51 | 6.67 | 6.95 | 7.18 | 7.05 | 6.48 | 5.53 | 4.16 | 3.66 | 5.76     |
| NL      | Amsterdam        | 52° 18' N | 4° 46' E  | 1.25 | 2.12 | 3.23 | 4.52 | 5.49 | 5.3  | 5.27 | 4.99 | 3.55 | 2.26 | 1.3  | 0.89 | 3.35     |
| NO      | Oslo             | 59° 55' N | 10° 45' E | 0.86 | 1.93 | 3.19 | 4.24 | 5.4  | 5.26 | 5.4  | 4.58 | 3.56 | 2.06 | 1.17 | 0.64 | 3.2      |
| PL      | Warsaw           | 52° 10' N | 20° 58' E | 1.46 | 2.34 | 3.31 | 4.03 | 5.06 | 4.67 | 4.76 | 4.57 | 3.39 | 2.16 | 1.33 | 1.2  | 3.2      |
| RO      | Bucharest        | 44° 30' N | 26° 08' E | 2.53 | 3.24 | 4.07 | 4.6  | 5.44 | 5.71 | 5.8  | 5.6  | 4.7  | 3.51 | 2.43 | 1.89 | 4.13     |
| PT      | Lisboa           | 38° 46' N | 9° 08' W  | 4.01 | 4.61 | 5.77 | 6.21 | 6.26 | 6.31 | 6.45 | 6.61 | 6.19 | 5.24 | 4.09 | 3.45 | 5.44     |
| RS      | Belgrade         | 44° 49' N | 20° 17' E | 2.28 | 3.13 | 4.04 | 4.54 | 5.25 | 5.56 | 5.81 | 5.63 | 4.46 | 3.49 | 2.24 | 1.82 | 4.02     |
| RU      | Moscow           | 55° 45' N | 30° 37' E | 1.43 | 2.42 | 3.55 | 4.32 | 5.22 | 5    | 5.08 | 4.5  | 3.32 | 2.2  | 1.42 | 1.11 | 3.3      |
| SE      | Stockholm        | 59° 20' N | 18° 03' E | 0.85 | 1.86 | 3.4  | 4.76 | 5.69 | 5.57 | 5.46 | 4.76 | 3.64 | 2.09 | 1.16 | 0.64 | 3.33     |
| SI      | Ljubljana        | 46° 13' N | 14° 29' E | 2.31 | 3.32 | 4.2  | 4.58 | 5.09 | 5.09 | 5.22 | 4.98 | 4.04 | 2.85 | 2.13 | 1.74 | 3.8      |
| SK      | Bratislava       | 48° 12' N | 17° 12' E | 1.7  | 2.75 | 3.56 | 4.49 | 5.23 | 5.1  | 5.07 | 4.95 | 3.82 | 2.58 | 1.63 | 1.36 | 3.52     |
| SM      | San Marino       | 43° 55' N | 12° 28' E | 2.53 | 3.37 | 4.37 | 4.55 | 5.46 | 5.97 | 6.44 | 5.97 | 4.84 | 3.37 | 2.34 | 1.97 | 4.27     |
| CH      | Bern             | 46° 55' N | 7° 30' E  | 1.1  | 1.77 | 2.74 | 3.6  | 4.7  | 5.07 | 5.68 | 4.95 | 3.66 | 2.18 | 1.26 | 0.92 | 3.14     |
| CH      | Geneva           | 46° 15' N | 6° 08' E  | 2.1  | 2.96 | 4.01 | 4.6  | 5.16 | 5.6  | 5.77 | 5.32 | 4.35 | 3.04 | 2.08 | 1.64 | 3.89     |
| CH      | Lausanne         | 46° 33' N | 6° 37' E  | 2.11 | 2.97 | 4.02 | 4.54 | 5.16 | 5.61 | 5.78 | 5.33 | 4.36 | 3.05 | 2.09 | 1.65 | 3.89     |
| UA      | Kiev             | 50° 27' N | 30° 30' E | 1.71 | 2.69 | 3.63 | 4.27 | 5.22 | 4.99 | 5.11 | 4.9  | 3.62 | 2.6  | 1.56 | 1.47 | 3.49     |
| UK      | Edinburgh        | 55° 57' N | 3° 21' W  | 1.05 | 2    | 2.73 | 3.59 | 4.56 | 4.34 | 4.17 | 3.83 | 3.02 | 2.08 | 1.29 | 0.91 | 2.8      |
| UK      | London           | 51° 30' N | 0° 30' W  | 1.19 | 1.95 | 2.77 | 3.84 | 4.52 | 4.63 | 4.66 | 4.41 | 3.31 | 2.33 | 1.43 | 0.97 | 3.01     |
| VA      | Vatican City     | 41° 54' N | 12° 27' E | 3.1  | 3.95 | 5.25 | 5.89 | 6.74 | 7.3  | 7.47 | 7.03 | 5.91 | 4.54 | 3.12 | 2.76 | 5.26     |

## Notes:

1. Values in kWh/m<sup>2</sup>/day
2. Insolation level for equator pointing collector installed at latitude angle.
3. Source: NASA surface meteorology and solar energy.

© 2012 Apricus Solar Co., Ltd. All rights reserved

Project **ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟΣ ΣΥΝ. ΑΡΤΑΣ**

**Choice of station** ?

| Country       | Station  |
|---------------|----------|
| Burkina Faso  | IOANNINA |
| Cameroun      |          |
| Chypre        |          |
| Côte d ivoire |          |
| Danemark      |          |
| Egypte        |          |
| Espagne       |          |
| Finlande      |          |
| France        |          |
| Grèce         |          |

Selected station : Ioannina      Latitude : 39°23

Apply ESM2 method +3.0°C

☐ Cold water temperatures are based on ESM2 method, resulting values are sensibly different than measured values on our monitored sites.

**Consumption** ?

☐ Annual consumption calculation

☒ You know the annual consumption

☒ Annual consumption  L/day

☐ Average monthly consumption :

**Storage**

Situation with respect to building

☐ Outside

☒ Inside

Technical room temperature  
22 °C

Type installation  Forced circulation, separate heat exchanger ?

Water temperature 70 °C ?

Total storage volume 200000 Litres ?

Number of tanks 2

**Cooling constant.**

You know the figure : ?

**no** ☒

Insulation type Glass wool ▾

Insulation thickness 0.05 cm

**yes** ☐

Cooling constant  
0.2985 Wh/day.l.°C

**Collectors I** ?

☒ Choose a collector 

Vous trouverez dans la rubrique "capteurs solaires" du menu ci-contre, des estimations des coefficients B et K que vous pourrez entrer manuellement ci-dessous, pour certains capteurs ne figurant pas dans cette liste.

Manufacturer ARISTON THERMO GROUP ▾

Pattern 

Zelios XP 2.5-1 H  
Zelios XP 2.5-1 V

☐ or Enter coefs Solo (CSTB) ☐ or Enter international coefs

B  K  W/m².  
°C

Frta  FrUL  W/m².  
°C

**Collectors II**

Collector slant

°/Horiz.



Orientation

°/ Sud.



**Zelios XP 2.5-1 H**

Aperture area

2,26 m<sup>2</sup>

Number of collectors

Total aperture area

  m<sup>2</sup>



Ioannina, Latitude: 39°23

23/10/2016

**Meteo data**

| Month         | Jan | Feb | March | Apr  | May  | June | July | Aug  | Sept | Oct  | Nov  | Dec |
|---------------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| T° outside    | 4,2 | 5,1 | 7,7   | 11,6 | 15,8 | 19,8 | 23,4 | 22,8 | 19,1 | 14   | 8,3  | 4,9 |
| T° cold water | 6,2 | 6,4 | 8     | 10,9 | 14,1 | 18   | 21,5 | 23,2 | 21,6 | 17,9 | 13,1 | 8,9 |

**T° cold water : ESM2  
method**

**Installation****Collectors****Storage**

|                                                                            |                          |                      |                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| Area                                                                       | 11300 m <sup>2</sup>     | Situation            | Inside (22 °C)                                    |
| Zelios XP 2.5-1 H ARISTON<br>THERMO GROUP<br>(5000 x 2,26 m <sup>2</sup> ) |                          | DHW temperature      | 70 °C                                             |
|                                                                            |                          | Storage volume       | 200000 Litres                                     |
|                                                                            |                          | Cooling constant     | 0,2985Wh/day.l.°C                                 |
| Slant                                                                      | 45 °/Horiz               | Type of installation | Forced circulation,<br>separate heat<br>exchanger |
| Orientation                                                                | 43°/South                |                      |                                                   |
| Zero Loss<br>efficiency                                                    | 0,821                    |                      |                                                   |
| U value                                                                    | 4,19W/m <sup>2</sup> .°C |                      |                                                   |

|          | Collector<br>irradiance<br>(Wh/m <sup>2</sup> .day) | Load<br>(kWh/month) | Gain<br>(kWh/month) | Gain<br>(kWh/day) | SF<br>(%) | Volume<br>(litres) |
|----------|-----------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| January  | 2017                                                | 459894              | 233630              | 7536,4            | 50,8      | 200000             |
| February | 2591                                                | 414086              | 260293              | 9296,2            | 62,9      | 200000             |
| March    | 3506                                                | 446919              | 347257              | 11201,8           | 77,7      | 200000             |
| April    | 4414                                                | 412272              | 359606              | 11986,9           | 87,2      | 200000             |
| May      | 5251                                                | 402948              | 367454              | 11853,3           | 91,2      | 200000             |

|                     |         |          |                   |         |                          |        |
|---------------------|---------|----------|-------------------|---------|--------------------------|--------|
| June                | 5644    | 362744   | 337004            | 11233,5 | 92,9                     | 200000 |
| July                | 6039    | 349606   | 328419            | 10594,2 | 93,9                     | 200000 |
| August              | 6024    | 337352   | 317632            | 10246,2 | 94,2                     | 200000 |
| September           | 4849    | 337631   | 311210            | 10373,7 | 92,2                     | 200000 |
| October             | 3890    | 375556   | 313987            | 10128,6 | 83,6                     | 200000 |
| November            | 2563    | 396925   | 246264            | 8208,8  | 62,0                     | 200000 |
| December            | 1634    | 440431   | 197032            | 6355,9  | 44,7                     | 200000 |
| Solar fraction (SF) | 76,4    | %        | Annual solar gain | 3619787 | kWh/year                 |        |
| Annual load         | 4736363 | kWh/year | Annual supply     | 320     | kWh/m <sup>2</sup> .year |        |

calculation made on [www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr)

Vertical

Buffer Vessel

Manufactured in Carbon Steel or Stainless Steel, buffer vessels are manufactured to the pressure directive PD5500; 2009.

The drawing and chart are for guidance only, buffer vessels can be manufactured to any size from 10 litre to 100,000 litre, connections can be situated anywhere you require, diameter and height can be altered to suit your particular requirements.

Insulation Specifications

Reliable condensation control with closed-cell nitrile Rubber insulation

Material type CLASS 1

Mean density 50-55kg/m<sup>3</sup>

Temperature range -40°C to +105°C

Thermal conductivity At 40°C mean temperature = 0.039 W m/k

Fire Classification ASTM E84

Meets requirements of classification BS 476 Part6/7 & P: not easily ignitable

0°C – 0.034 W/mK,

0°C – 0.034 W/mK,

40°C – 0.039 W/mK : DIN 52613

The insulation is applied in 50mm thick sections

## Παράρτημα 3 – Τεύχος Υπολογισμών Εναλλακτών Θερμότητας

|                                                                                   |                                   |                         |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Model Number <span>00677-03 (73 Series HX, 20 Inch Tube Bundle, 253 Tubes)</span> |                                   |                         |                                   |
| Tube Side<br>(product)                                                            | <span>Water</span>                | Shell Side<br>(working) | <span>Water</span>                |
| Flow Rate                                                                         | <span>50</span> <span>L/hr</span> | Flow Rate               | <span>50</span> <span>L/hr</span> |
| Inlet Temperature                                                                 | <span>18</span> <span>C</span>    | Inlet Temperature       | <span>35</span> <span>C</span>    |
| Inlet Pressure                                                                    | <span>1</span> <span>atm</span>   | Inlet Pressure          | <span>1</span> <span>atm</span>   |

Submit

| English Units        |           |            |          |
|----------------------|-----------|------------|----------|
| Heat Exchanger Model |           |            | 00677-03 |
|                      | Tube Side | Shell Side |          |
| Fluid                | Water     | Water      |          |
| Temperature In       | 64.4      | 95         | F        |
| Temperature Out      | 92.68     | 66.59      | F        |
| Mass Flow            | 109.88    | 109.39     | lb/hr    |
| Volumetric Flow      | 0.22      | 0.22       | gpm      |
| Pressure Drop        | 0         | 0          | psi      |
| Heat Transfer        | 3104      | BTU/hr     |          |
| Effectiveness        | 0.928     |            |          |

| Metric Units         |           |            |       |
|----------------------|-----------|------------|-------|
| Heat Exchanger Model |           | 00677-03   |       |
|                      | Tube Side | Shell Side |       |
| Fluid                | Water     | Water      |       |
| Temperature In       | 18        | 35         | C     |
| Temperature Out      | 33.71     | 19.22      | C     |
| Mass Flow            | 13.85     | 13.78      | g/sec |
| Volumetric Flow      | 0.83      | 0.83       | lpm   |
| Pressure Drop        | 0.02      | 0          | kPa   |
| Heat Transfer        | 910       | Watts      |       |
| Effectiveness        | 0.928     |            |       |

## TENTATIVE SIZING OF HEAT EXCHANGERS

## PROJECT DATA (Optional)

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Project        | ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ               |
| Remarks        | ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΑΡΤΑΣ |
| Your ref       | Client                            |
| Identification | Client's ref                      |

## CALCULATION INPUT

## Duty

|                                     |                    |      |
|-------------------------------------|--------------------|------|
| Required Heat Transfer Duty         | kW                 | 0.3  |
| Overall Heat transfer coefficient U | W/m <sup>2</sup> K | 1000 |

## Fluids

|                     |                   | Hot Fluid | Cold Fluid |
|---------------------|-------------------|-----------|------------|
| Medium              |                   | water     | water      |
| Volumetric Flowrate | m <sup>3</sup> /h | 25        | 25         |
| Density             | kg/m <sup>3</sup> | 1         | 1          |
| Inlet Temperature   | ° C               | 35        | 18         |
| Specific Heat Cp    | kJ/kg K           | 4.17      | 4.18       |

**Exchanger Data**

Number of Shells in Series 1

**Shell and Tube Side**

|                  | Shell Side | Tube Side  |
|------------------|------------|------------|
| Fluid            | Hot Fluid  | Cold Fluid |
| Number of Passes | 1          | 1          |

**CALCULATION RESULTS****Fluid Data and Temperatures**

|                     | Shell Side<br>Hot Fluid<br>water |                             | Tube Side<br>Cold Fluid<br>water |                             |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Fluid               |                                  |                             |                                  |                             |
| Medium              |                                  |                             |                                  |                             |
| Volumetric Flowrate | 25 m <sup>3</sup> /h             | 14.714 ft <sup>3</sup> /min | 25 m <sup>3</sup> /h             | 14.714 ft <sup>3</sup> /min |
| Density             | 1 kg/m <sup>3</sup>              | 0.062 lb/ft <sup>3</sup>    | 1 kg/m <sup>3</sup>              | 0.062 lb/ft <sup>3</sup>    |
| Mass Flowrate       | 0.007 kg/s                       | 0.015 lb/s                  | 0.007 kg/s                       | 0.015 lb/s                  |
| Specific Heat (Cp)  | 4.17 kJ/kg K                     | 0.996 Btu/lb °F             | 4.18 kJ/kg K                     | 0.998 Btu/lb °F             |
| Fouling Factor      | 0 m <sup>2</sup> K/W             | 0 h ft <sup>2</sup> °F/Btu  | 0 m <sup>2</sup> K/W             | 0 h ft <sup>2</sup> °F/Btu  |
| Inlet Temperature   | 35 °C                            | 95 °F                       | 18 °C                            | 64.4 °F                     |
| Outlet Temperature  | 24.64 °C                         | 76.353 °F                   | 28.335 °C                        | 83.003 °F                   |

**LMTD, CMTD and Heat Exchange Surface**

|                                       |                     |                      |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Log Mean Temperature Difference       | 6.65 °C             | 43.97 °F             |
| Correction factor F                   | 1                   | 1                    |
| Corrected Mean Temperature Difference | 6.65 °C             | 43.97 °F             |
| Total Heat Exchanger surface          | 0.05 m <sup>2</sup> | 0.49 ft <sup>2</sup> |
| Surface per Heat Exchanger            | 0.05 m <sup>2</sup> | 0.49 ft <sup>2</sup> |

**Note:** No oversurface was used in the above calculation

## Παράρτημα 4 – Τεύχος Υπολογισμών Μονάδας Βιοαερίου

### Biogas Plant Specifications

- **Feedstocks:** 10 728 tons/year of Chicken broiler
- **Digester Type:** Wet
- **Contaminants Level:** 5%
- **Biogas Usage:** CHP (combined heat and power)
- **Digestate Usage:** Directly to land
- **Solid Content Before Digestion:** 45%TS (solid content should be adjusted for the digester type)

### Results

- **Biogas Production:** 1 719 833 m<sup>3</sup>/yr or 196 m<sup>3</sup>/hour
- **Electricity Production:** 3 390 120 kWh with a CHP of 387 kWe. and **Thermal Energy Production:** 14 628 GJ (**14628 GJ = 4063333.3333333 kWh**) per year or 13 854 mmBTU per year
- **Total Digestate:** 8 111 tons/year
- **Contaminants to Landfill:** 536 tons/year
- **Greenhouse Gas (GHG)** reduction will be around 3 171 tons CO<sub>2</sub> eq./yr for landfill diversion and 731 tons CO<sub>2</sub> eq./yr for renewable energy production

|                    | (1)                     |             | (2)                     |         |
|--------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|---------|
|                    | Poultry slaughterhouses |             | Poultry slaughterhouses |         |
|                    | Chicken                 | Turkey      | Range                   | Typical |
|                    | Range                   | Range       |                         |         |
| BOD                | 3.3 - 25                | 1 - 9       | 5 - 30                  | 6.8     |
| COD                | 5.9 - 45                | 1.8 - 16    | 1 - 30                  | 15      |
| N <sub>KJ</sub> -N | 0.15 - 12.2             | 0.4 - 1.9   |                         |         |
| SS                 | 0.1 - 22                | 0.6 - 10.9  | 3 - 25                  | 3.5     |
| P                  | 0.054 - 2.5             | 0.034 - 0.2 |                         |         |

Values are estimated from data given by:

(1): EPA (1974)

(2): Taiganides (1987)

Table 1. Ultimate Analysis (As-Received) of Sawdust and Delmarva Poultry Litter.<sup>a</sup>

|                                    | Sawdust | Poultry litter |
|------------------------------------|---------|----------------|
| Carbon, %                          | 24.2    | 27.2           |
| Hydrogen, %                        | 2.8     | 3.7            |
| Oxygen (by difference), %          | 18.3    | 23.1           |
| Nitrogen, %                        | 0.22    | 2.7            |
| Sulfur, %                          | 0.02    | 0.3            |
| Chlorine, %                        | --      | 0.7            |
| Ash, %                             | 2.0     | 15.7           |
| Moisture, %                        | 52.6    | 27.4           |
| Higher heating value (HHV), Btu/lb | 4,150   | 4,637          |
| HHV (dry), Btu/lb                  | 8,760   | 6,394          |

<sup>a</sup>Poultry litter samples from Maryland Department of Environmental Resources (Bock, 1999).

Waste will be combusted in a Wellons thermal oil heater to deliver heat to a UTC PureCycle 200 power plant module. The boiler is rated at 2.5 MW thermal capacity with an efficiency of 85%. UTC is currently redesigning the PureCycle to operate at 20% efficiency converting heat to electricity, which means that the proposed system could supply up to 450 kWe (net 400 kWe).

## Technology

### Systems

Four main components comprise the UTC/Chena Power project:

Shred-Tech STQ 100 Shredder and Conveyor System

Wellons Live Floor Feed System

Wellons 2.5 MW Boiler

Two UTC PureCycle 200 Power Plants

The shredder reduces the biomass to a uniform size that is easily combustible and delivers it to the live floor. The live floor stores the shredded biomass until it is required by the boiler, at which time

the rake and auger system in the live floor feeds biomass into the boiler. The boiler generates heat, which heats thermal oil, which in turn heats refrigerant in the UTC PureCycle 200 power plant. The refrigerant expands and turns a turbine that generates electricity. On the other side of the turbine, the expanded refrigerant is air cooled. It condenses back into a liquid, completing the cycle.

Proposed system: 400 kW

Manufacturer: Wellons, Inc. (Oregon), UTC Power (Connecticut)

Budget: \$5 million

Παράρτημα 5 – Σχεδιασμός συστήματος 500 kw –sunny design

Για την ακριβή επιλογή του μεγέθους των μετατροπέων θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό Sunny Design της κατασκευάστριας εταιρίας το οποίο διατίθεται και σε εκτελέσιμη εφαρμογή και σε on-line στη σελίδα <http://www.sunnydesignweb.com/>.

Το πρόγραμμα αυτό μας βοηθάει εκτός από την επιλογή των μετατροπέων, στη βέλτιστη διαστασιολόγηση των στοιχειοσειρών, στις επιλογές των διατομών των καλωδίων DC και AC, στην ιδανική κλίση των Φ/Β πάνελ και με λίγα λόγια είναι ένα ιδανικό εργαλείο για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης με μετατροπείς της εταιρίας SMA.

**Δεδομένα εργασίας**

Όνομα εργασίας\*: ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΑΡΤΑΣ Πελάτης: ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΑΡΤΑΣ

Αριθμός εργασίας:

**Τοποθεσία**

Περιοχή\*: Southern Europe

Χώρα\*: Greece

Πόλη\*: Αντίγραφο από Salonika

Δημιουργία της δικής σας τοποθεσίας

**Ειδικές ρυθμίσεις**

**Θερμοκρασίες**

☒ Θερμοκρασία κυψέλης ☐ Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Ελάχιστη θερμοκρασία: -5

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50

Μέγιστη θερμοκρασία: 70

**Σύνδεση δικτύου του μετατροπέα**

☒ Χαμηλή τάση ☐ Μέση τάση

Τάση δικτύου\*: 20,0 kV

Ανοχή τάσης: ± 10 %

☒ Τριφασική τροφοδοσία

☒ Λαβετε υπόψη το μέγ. μη αντισταθμισμένο... 5,00 kVA

☐ Προεπιλογή για το συντελεστή μετατ... 1,00

Η επιλεγμένη τάση δικτύου επηρεάζει την επιλογή των διαθέσιμων μετατροπέων!

**Σχόλιο**

\* Υποχρεωτικά πεδία

**Φ/Β γεννήτρια 1**

Όνομασία: Φ/Β γεννήτρια 1

Κατασκ.: Luxor

Φ/Β δομ.: Eco Line LX-250P Wp Luxor\*

Προεπιλογή: ☒ Αρ. φ/β μονάδων 2000 ☐ Μέγιστη ισχύς 500,00 kWp

Θερμοκρασία κυψέλης: -5 ... 70 °C

Ευθυγράμμιση: Αζιμούθιο: 43°; Κλίση: 23°

Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

**1 x SC 500HE-20**

Μετατροπέας: SC 500HE-20

Αριθμός μετατροπέων: 1

Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1): 509,00 kW

Μέγ. ισχύς AC: 500,00 kVA

Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1): 500,00 kW

Σύνδεση AC: τριφασική

Μέγ. αποδοτικότητα: 98,6 %

Τάση δικτύου: > 1000V (3~)

Συντελεστής μετατόπισης cos φ: 1,00

1 x SC 500HE-20    Στοιχειοσειρές    Προσθήκη μετατροπέα

Μετατροπέας: SC 500HE-20

Αριθμός μετατροπέων: 1

Είσοδος    Φ/Β γεννήτρια    Στοιχειοσειρές    Φ/Β μονάδες

A    Φ/Β γεννήτρια 1    100 x 20

1 .. 153    18 .. 24

Αποτελέσματα

|                       | Μη αντισταθμισμένο φορτίο | Φάσεις    |           |           | Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση) | Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση) | Αποδοτικότητα μετατροπέα | Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση) |
|-----------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
|                       |                           | L1        | L2        | L3        |                                             |                                           |                          |                                    |
| ✓ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΑΡΤΑΣ | 0,00 VA                   | 166,67 kW | 166,67 kW | 166,67 kW | 581,38 MWh                                  | 1163 kWh/kWp                              | 97,6 %                   | 86,3 %                             |
| ✓ Τιμητική εργασία 1  | 0,00 VA                   | 166,67 kW | 166,67 kW | 166,67 kW | 581,38 MWh                                  | 1163 kWh/kWp                              | 97,6 %                   | 86,3 %                             |
| ✓ 1 x SC 500HE-20     | 0,00 VA                   |           | 1         |           | 581,38 MWh                                  | 1163 kWh/kWp                              | 97,6 %                   | 86,3 %                             |

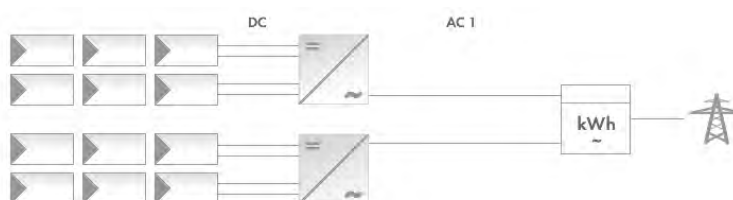
Επιλογή στηλών

Επισκόπηση μετατροπέων

|                   | Φ/Β γεννήτρια 1<br>2000 / 2000 | Μέγιστη ισχύς | Λόγος ονομ. ισχύος | Συντ.ενεργ. χρήσης |
|-------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| ✓ 1 x SC 500HE-20 | 100 x 20 (A)                   | 500,00 kWp    | 102 %              | 100 %              |

✓ Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

| Διαμόρφωση                         |             |                            | Είσοδος A       |
|------------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------|
| Μετατροπέας:                       | SC 500HE-20 | Φ/Β γεννήτρια:             | Φ/Β γεννήτρια 1 |
| Ανεξάρτητες εισόδους:              | 1           | Αρ. φ/β μονάδων (είσοδος): | 2000            |
| Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):         | 509,00 kW   | Μέγιστη ισχύς (είσοδος):   | 500,00 kWp      |
| Ελάχ. τάση DC:                     | 430 V       | Χαρακτηριστική φ/β τάση:   | 553 V ✓         |
| (Τάση δικτύου 20 kV)               |             | Ελάχ. φ/β τάση:            | 502 V ✓         |
| Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)): | 1000 V      | Μέγ. φ/β τάση:             | 825 V ✓         |
| Μέγ. ρεύμα DC:                     | 1250 A      | Μέγ. ρεύμα φ/β γεννήτρ.:   | 816,0 A ✓       |



Εργασία    Αγωγοί DC    Αγωγοί AC1    Αγωγοί AC2    Διαθέσιμος υποδιανομέας

Ρυθμίσεις

Να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες αγωγού στον υπολογισμό απόδοσης: ☒ DC    ☐ AC

Συνολικές απώλειες

|                                                  | DC                 | AC  | Συνολικά           |
|--------------------------------------------------|--------------------|-----|--------------------|
| Συνολικό μήκος αγωγού:                           | 2000,00 m          | --- | 2000,00 m          |
| Διατομές αγωγών:                                 | 50 mm <sup>2</sup> | --- | 50 mm <sup>2</sup> |
| Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:         | 45,81 W            | --- | 45,81 W            |
| Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία: | 0,01 % ✓           | --- | 0,01 % ✓           |

