



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Ανασχεδιασμός κτιρίου Λιμένος Λαυρίου Αττικής με Βιοκλιματικά κριτήρια



Νιάκας Βασίλειος

Χριστοδουλοπούλου Μαριάννα

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΟΥΓΓΙΟΥΚΑΣ, Λέκτορας, ΕΜΠ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Ανασχεδιασμός κτιρίου Λιμένος Λαυρίου Αττικής με Βιοκλιματικά
κριτήρια

Νιάκας Βασίλειος

Χριστοδουλοπούλου Μαριάννα

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, Λέκτορας, ΕΜΠ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΕΜΠ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ,

ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

Copyright © Νιάκας Βασίλειος και Χριστοδουλοπούλου Μαριάννα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Αφιερώσεις

Στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Μαρίνα, στα αδέρφια μου Φωτεινή και Βασίλειο και στους ανθρώπους που με στήριξαν στις δύσκολες περιόδους.

M.X.

Στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Λαμπρινή και στην αδερφή μου Έλενα και στους ανθρώπους που με στήριξαν στις δύσκολες περιόδους.

B.N.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μας εργασία και ταυτόχρονα τις σπουδές μας στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε κάποια άτομα που μας βοήθησαν τόσο στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας όσο και γενικότερα κατά τη διάρκεια του κύκλου σπουδών μας.

Κατ'αρχήν θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Εμμανουήλ Βουγιούκα, Λέκτορα του τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και τον συνεπιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η βοήθεια, η καθοδήγηση και η υποστήριξη που μας παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, ήταν πολύτιμη και καθοριστική.

Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Νικόλαο Ψαρρά, Χημικό Μηχανικό και πρόεδρο της εταιρείας Aid Engineering για τις αξιόλογες συμβουλές του και τον κ. Νίκο Βρατσάνο, Αρχιτέκτονα Μηχανικό για τα σχέδια του υπό μελέτη κτιρίου.

Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στις οικογένειες μας για την αμέριστη στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και συναδέλφους μας για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε μαζί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ενεργειακή αναβάθμιση του επιβατικού σταθμού του λιμένα Λαυρίου. Η παρούσα Διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο να παρουσιαστούν οι βασικές αρχές, οι μέθοδοι - τεχνικές και τα πλεονεκτήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συγκεκριμένα της Γεωθερμίας, ως απάντηση στη γιγάντωση του ενεργειακού προβλήματος.

Ο χρόνος πραγματοποίησης της εργασίας προσδιορίζεται μεταξύ Μαρτίου 2014 και Ιουλίου 2015. Κατά τη διάρκεια αυτή, πραγματοποιήθηκε αναλυτική βιβλιογραφική ερευνά, καθώς και εκμάθηση των απαραίτητων λογισμικών.

Αρχικά στο πρώτο μέρος της εργασίας γίνεται μια παρουσίαση του Ενεργειακού Προβλήματος και του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού καθώς και μια αναφορά στην αναγκαιότητα υιοθέτησης οικολογικής συνείδησης. Αναλύονται όροι όπως βιοκλιματική αρχιτεκτονική, βιοκλιματικές τεχνικές καθώς και οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στη συνέχεια γίνεται μια εκτενέστερη περιγραφή στο κομμάτι της Γεωθερμίας με λεπτομερή ανάλυση των μεθόδων, των απαιτούμενων εξοπλισμών καθώς και των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων που απορρέουν από τη χρήση της. Έπειτα, γίνεται προσδιορισμός του όρου πράσινα λιμάνια και των πλεονεκτημάτων τους, καθώς και μια αναφορά στα Λιμάνια της Ελλάδος. Τέλος, γίνεται μια εισαγωγή στην ιστορική αναδρομή του υπό μελέτη Λιμένα και μια σύντομη αναφορά στην περιοχή του Λαυρίου.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας έγινε με τη χρήση των λογισμικών Google Sketch Up, Open Studio και Energy Plus. Αρχικά, έγινε σχεδιασμός του επιβατικού κτιρίου του Λιμένα Λαυρίου με την χρήση του λογισμικού Google Sketch up. Στη συνέχεια, έγινε προσομοίωση του στο Energy Plus. Έπειτα, προχωρήσαμε στην προσθήκη συστήματος γεωθερμίας, έτσι ώστε να εξετάσουμε τα θερμικά οφέλη τα οποία απορρέουν από το συγκεκριμένο σύστημα.

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας γίνεται σύγκριση και ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης του μοντελοποιημένου κτιρίου, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το πρόγραμμα καθώς και μια ολοκληρωμένη λύση υλοποίησης της γεωθερμικής μεθόδου και των απαιτούμενων εξοπλισμών της. Η οποία λύση εκμεταλλεύεται την θέση του λιμένα και συγκεκριμένα το θαλασσινό νερό.

ABSTRACT

The focus of this dissertation is the infrastructure upgrades made to the passenger station of Lavrio port in order to improve energy behavior. The study undertaken presents the basic principles, methods and advantages of using 'bioclimatic' design and renewable energy sources, in particular geothermal energy.

The study was conducted between March 2014 and July 2015. During this period, the authors conducted a detailed literature review and obtained access to required software such as Google Sketch Up, Open Studio and Energy Plus.

The first section of this report presents "The Energy Problem" and describes bioclimatic design. Bioclimatic architecture and bioclimatic techniques are analysed, and existing technologies related to renewable energy sources were investigated. The dissertation then describes geothermal energy with an extensive analysis of applications, the required equipment and the environmental benefits which result from its use. This report then defines the term 'green port' and the benefits associated with this status. Finally there is an introduction to the history of Lavrio port and a brief description of Lavrio area.

The second section of the dissertation is based on information generated using the following software packages: Google Sketch Up, Open Studio and Energy Plus. Initially a 3D model of the passenger building at Lavrio was constructed using Google Sketch Up. Then the building was analytically modelled using Energy Plus. Following this, a hypothetical geothermal energy system was included in the analytical model in order to undertake a comparison of the results.

In the final section of the study, model results are analytically compared. The results extracted from the software were interrogated. A proposed geothermal solution is put forward which utilizes sea water.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	1
1. Ενεργειακό Πρόβλημα	2
1.1 Σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα	2
1.2 Η έννοια της «Πράσινης Ανάπτυξης»	5
1.3 Ενέργεια και κτίρια	5
1.3.1 Κτίριο και κλίμα	5
1.3.2 Κτίριο και ενέργεια	5
1.4 Οφέλη υιοθέτησης οικολογικής συνείδησης	11
2. Ενεργειακός – Βιοκλιματικός Σχεδιασμός	12
2.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	12
2.1.1 Αιολική ενέργεια	13
2.1.2 Ηλιακή ενέργεια	14
2.1.3 Υδατοπτώσεις	15
2.1.4 Βιομάζα	16
2.1.5 Γεωθερμική ενέργεια	16
2.1.6 Ενέργεια από παλίρροιες	16
2.1.7 Ενέργεια από τους ωκεανούς	16
2.2 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική	17
2.2.1 Τι είναι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική	17
2.3 Ενεργειακός σχεδιασμός	19
2.4 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός	19
2.4.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανση	20
2.4.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους	20
2.4.1.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης	21
2.4.1.3 Ηλιακός χώρος	22
2.4.2 Παθητικά συστήματα και τεχνικές δροσισμού	22
2.4.2.1 Φυσικός αερισμός	23
2.4.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού	26
2.5 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού	27
2.5.1 Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης	27
2.5.2 Θέρμανση χώρου και ζεστού νερού χρήσης	27
2.5.3 Ηλιακή ψύξη χώρου	28
2.6 Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στον κτιριακό τομέα	29
2.6.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα	29
2.6.2 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα	31
2.6.3 Γεωθερμία	32
2.7 Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους	32
2.7.1 Υλικά κατασκευής	32
2.7.2 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)	33
2.7.3 Φυτευτά Δώματα	35

3. Γεωθερμία	36
3.1 Γενικά.....	36
3.1.1 Επιφανειακές εκδηλώσεις της θερμότητας της γης.....	37
3.2 Γεωθερμικά Πεδία.....	40
3.2.1 Γεωθερμικά Πεδία υψηλής ενθαλπίας	43
3.2.2 Γεωθερμικά Πεδία χαμηλής ενθαλπίας.....	43
3.3 Αβαθής γεωθερμία	44
3.3.1 Εισαγωγή.....	44
3.3.1.1 Εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας.....	44
3.3.1.2 Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος (Ground-coupled heat pumps)	45
3.4 Γεωθερμικά Ρευστά	46
3.4.1 Προέλευση των γεωθερμικών ρευστών.....	46
3.4.2 Διαδικασία θέρμανσης των γεωθερμικών ρευστών.....	46
3.5 Γεωθερμικά Συστήματα.....	48
3.5.1 Ταξινόμηση Γεωθερμικών Συστημάτων	51
3.5.2 Γενικά.....	54
3.5.3 Ηλεκτροπαραγωγή	54
3.5.3.1 Κύκλος ξηρού ατμού.....	55
3.5.3.2 Κύκλος εκτόνωσης διαφασικού ρευστού.....	57
3.5.3.3 Δυαδικός κύκλος με πτητικό ρευστό ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό	58
3.5.3.4 Συνδυασμένος κύκλος ατμού και δυαδικού συστήματος.....	60
3.5.3.5 Κύκλος εκτόνωσης της συνολικής ροής.....	60
3.5.3.6 Τηλεθέρμανση και θέρμανση χώρων - Ψύξη χώρων	60
3.5.4 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού.....	63
3.5.5 Αγροτικές Εφαρμογές	64
3.5.6 Υδατοκαλλιέργειες	68
3.5.7 Βιομηχανικές εφαρμογές	69
3.5.8 Λουτροθεραπεία - Θέρμανση πισίνων - Ιατρικές εφαρμογές.....	71
3.5.9 Άλλες χρήσεις.....	72
3.5.9.1 Ανάκτηση διοξειδίου του άνθρακα	73
3.5.9.2 Διάφορες Χρήσεις	73
3.6 GHSP.....	74
3.6.1 Αντλίες Θερμότητας	75
3.6.1.1 Σύντομη Περιγραφή Συστημάτων.....	75
3.6.1.2 Αρχή Λειτουργίας Αντλιών Θερμότητας.....	76
3.7 Παραδείγματα Χρήσης.....	79
3.8 Επιπτώσεις κατά το στάδιο έρευνας των γεωθερμικών πεδίων.....	80
3.9 Επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων.....	80
3.9.1 Επιπτώσεις από τη γεώτρηση την παραγωγή και την επανεισαγωγή.....	81
3.9.1.1 Αύξηση στάθμης Θορύβου	81
3.9.1.2 Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς.....	82
3.9.1.3 Πρόκληση καθιζήσεων.....	82
3.9.1.4 Δημιουργία μικροσεισμικότητας.....	82
3.9.1.5 Υδροθερμικές εκρήξεις.....	82

3.10 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες υψηλής ενθαλπίας.....	82
3.10.1 Εκπομπές αερίων.....	83
3.10.2 Υδάτινη και θερμική ρύπανση.....	84
3.10.3 Απόθεση στερεών αποβλήτων.....	84
3.10.4 Χρήση γης και οπτική ρύπανση.....	84
3.10.5 Θόρυβος.....	85
3.11 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες χαμηλής ενθαλπίας.....	85
3.12 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας	86
3.12.1 Εισαγωγή.....	86
3.12.2 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τα στάδια έρευνας και ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων.....	86
3.13 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	86
3.13.1 Αντιμετώπιση αερίων εκπομπών.....	86
3.13.1.1 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών υδρόθειου (H ₂ S).....	86
3.13.1.2 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂).....	88
3.13.1.3 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών από άλλα αέρια.....	88
3.13.1.4 Αντιμετώπιση υδάτινης και θερμικής μόλυνσης.....	88
3.13.1.5 Φυτικοχημική επεξεργασία του αλμολοίπου πριν τη διάθεση.....	89
3.13.1.6 Αντιμετώπιση των στερεών αποβλήτων.....	90
3.13.1.7 Αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με τις χρήσεις γης.....	90
3.13.1.8 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας.....	90
3.13.1.9 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις αντλίες θερμότητας.....	91
3.13.1.10 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών και ιατρικών εφαρμογών.....	91
4. Λιμάνια και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	92
4.1 Η έννοια του Λιμανιού.....	92
4.1.1 Παραδοσιακό και Σύγχρονο λιμάνι.....	92
4.2 Περιβαλλοντική Αλληλεπίδραση Λιμένα – Πόλης.....	95
4.3 Προσδιορισμός του όρου Πράσινα Λιμάνια.....	96
4.3.1 Περιβαλλοντική ρύπανση από Λιμενικές Υπηρεσίες.....	98
4.4 Ελληνικά Λιμάνια.....	100
4.5 Λιμάνι Λαυρίου.....	103
4.5.1 Η περιοχή του Λαυρίου.....	103
4.5.2 Το Λιμάνι του Λαυρίου.....	105
4.5.2.1 Χαρακτήρας Λιμανιού.....	106
4.5.2.2 Η Γαλλική Σκάλα.....	107
4.5.2.3 Ιστορικά Γεγονότα.....	107
5. Ενεργειακή προσομοίωση Λιμένα Λαυρίου με το λογισμικό Energy Plus.....	109
5.1 Προσομοίωση Λιμένα με το λογισμικό Energy Plus.....	109
5.1.1 Περιγραφή Κτιρίου.....	109
5.1.2 Energy Plus.....	111
5.1.3 Google Sketch Up.....	112
5.1.4 Μετεωρολογικά Δεδομένα (Weather data/ Energy Plus).....	113

5.1.5 Εισαγωγή Δεδομένων (IDF Editor).....	114
5.2 Προσομοίωση Λιμένα.....	115
5.2.1 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες.....	116
5.2.2 Εισαγωγή των υλικών	117
5.2.3 Φυσικός Αερισμός.....	120
5.2.4 Εισαγωγή εσωτερικών θερμικών κερδών	121
5.2.5 Εισαγωγή χρηστών στο κτίριο.....	121
5.2.6 Τεχνητός φωτισμός κτιρίου.....	122
5.3 Προτάσεις Βελτίωσης Θερμικής Συμπεριφοράς με Παθητικά Συστήματα	123
5.3.1 Εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας	123
5.3.2 Αναλυτικότερα οι Ρυθμίσεις της Γεωθερμίας.....	126
5.4 Συμπεράσματα.....	139
6. Συμπεράσματα και πρόταση υλοποίησης.....	140
6.1 Συμπεράσματα προσομοίωσης.....	140
6.2 Πρόταση υλοποίησης	140
6.2.1 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας H ₂ O - H ₂ O	142
6.2.2 Ομοαξονικοί εναλλάκτες Χαλκού/Νικελίου	142
6.2.3 Desuperheater ή HRP.....	143
6.3 Κόστος εγκατάστασης.....	144
6.4 Επίλογος.....	144
Βιβλιογραφία	146
Πηγές internet	148
Πηγές εικόνων	149
Παράρτημα Α	152
Παράρτημα Β.....	159
Παράρτημα Γ.....	172

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση επιβατικού σταθμού στο λιμένα Λαυρίου μέσω εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού και συγκεκριμένα της γεωθερμίας. Οι πρακτικές που αναπτύσσονται αφορούν στην επίτευξη θερμοκρασιακής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους και την ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Επιπρόσθετα, στο τέλος της μελέτης παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη πρόταση υλοποίησης.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η κατανόηση της χρησιμότητας και της αποτελεσματικότητας υιοθέτησης αρχών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Επίσης, τονίζεται η σπουδαιότητα της γεωθερμικής ενέργειας, μιας και αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο του ορυκτού πλούτου της Ελλάδας. Η μελέτη καλείται να αποδείξει ότι, ακόμη και σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, η εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας επιφέρει αξιόλογα αποτελέσματα σχετικά με την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους, αλλά και σε σχέση με την εξοικονόμηση χρημάτων στην πάροδο του χρόνου.

Μέσα έρευνας: Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του επιβατικού κτιρίου Λιμένα Λαυρίου είναι το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης Google Sketch Up, με την προσθήκη της ηλεκτρονικής πλατφόρμας εργαλείων Open Studio plug-in for SketchUp. Για την προσομοίωση θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Energy Plus. Επίσης, έγινε χρήση του λογισμικού Er-Compare για άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων καθώς και το λογισμικό Eso-Viewer για την δημιουργία των ενεργειακών διαγραμμάτων. Επιπλέον, έγινε χρήση του Microsoft Excel για την δημιουργία τρισδιάστατων διαγραμμάτων ενεργειακής κατανάλωσης. Στο σημείο αυτό γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, γεγονός που αποτέλεσε αφορμή για την ενδελεχή παρουσίαση της λειτουργίας τους στο Παράρτημα Β.

Δομή εργασίας: Στο *1ο κεφάλαιο* της διπλωματικής εργασίας γίνεται μια αναφορά στα αίτια και τις συνέπειες του ενεργειακού προβλήματος και παρατίθεται ο ορισμός της «πράσινης ανάπτυξης» καθώς και τα οφέλη υιοθέτησης οικολογικής συνείδησης. Στο *2ο κεφάλαιο* αναλύονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και βιοκλιματικού σχεδιασμού και παρουσιάζονται οι τρόποι εφαρμογής των ΑΠΕ στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Στο *3ο κεφάλαιο* επιχειρείται μια λεπτομερής ανάλυση της γεωθερμίας και οι κατηγορίες της, καθώς και οι τρόποι χρήσης. Επιπλέον γίνεται αναφορά στα περιβαλλοντικά οφέλη καθώς και τις επιπτώσεις της. Στο *4ο κεφάλαιο* γίνεται λόγος για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό στα λιμάνια καθώς επίσης αναφέρονται και τα οφέλη των πράσινων λιμανιών. Επιπρόσθετα γίνεται αναφορά στον υπό μελέτη λιμένα με επιμέρους πληροφορίες για την περιοχή του Λαυρίου, καθώς και μερικά ιστορικά στοιχεία. Στο *5ο κεφάλαιο* περιγράφεται η διαδικασία προσομοίωσης όπως ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, από το σχεδιασμό του κτιρίου επιβατών μέσω του Sketch Up και του Open Studio plug-in μέχρι και την ενεργειακή προσομοίωση στο Energy Plus για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Έπειτα, εισάγεται στο πρόγραμμα ένα ολοκληρωμένο γεωθερμικό σύστημα και μελετούνται εκ νέου τα παραγόμενα αποτελέσματα από όπου βγαίνουν χρήσιμα συμπεράσματα. Στο *6ο κεφάλαιο* παρουσιάζονται τα συμπεράσματα καθώς και μια ολοκληρωμένη πρόταση υλοποίησης για την εγκατάσταση του γεωθερμικού συστήματος στο κτίριο επιβατών με ταυτόχρονη εκμετάλλευση των φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής του λιμένα.

1. Ενεργειακό Πρόβλημα

1.1 Σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα

Ο 20ος αιώνας αποτέλεσε την περίοδο των εντονότερων μεταβολών που έχει καταγράψει ως τώρα η ιστορία, τον «αιώνα του εμφράγματος» όπως θα μπορούσαμε να πούμε, εξαιτίας του ραγδαίου ρυθμού εξέλιξης των γεγονότων. Το θέμα της ενέργειας, που παραμένει στο επίκεντρο του αιώνα αυτού και θα καθορίσει αναμφίβολα τις εξελίξεις του επόμενου, μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις:

Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας. Του κόστους αυτής της ενέργειας. Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

Αυτές οι τρεις απόψεις συνθέτουν ότι έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο "ενεργειακό πρόβλημα".

Το ενεργειακό πρόβλημα αποτελεί ένα ίσως από τα πιο κεφαλαιώδη ζητήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Αν και η κουβέντα γύρω από το πρόβλημα αυτό έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια, αποτελεί ένα διαχρονικό και πάγιο ζήτημα, μιας και ο άνθρωπος από την πρώτη στιγμή της εμφάνισής του βρίσκεται σε μια διαρκή αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας, ώστε να εξασφαλίζεται η ίδια του η ύπαρξη αλλά και η πρόοδος του. Η διαρκής αυτή αναζήτηση γεννούσε διαρκώς ένα συνεχές ενεργειακό πρόβλημα, που έφτασε σε αρκετές περιπτώσεις τα όρια της κρίσης.

Όλες οι κοινωνίες χρησιμοποιούν εκείνες τις πηγές ενέργειας που είναι διαθέσιμες στο περιβάλλον τους. Ο ήλιος και τα δάση έδωσαν την ενέργεια τους στον άνθρωπο για πολλά χρόνια. Μόνο πριν 5.000 χρόνια οι άνθρωποι άρχισαν να χρησιμοποιούν άλλες πηγές ενέργειας. Πρώτοι οι Αιγύπτιοι συνέλεξαν πετρέλαιο που επέπλεε στην επιφάνεια των λιμνών. Έκαιγαν το πετρέλαιο για φωτισμό. Αμερικανοί ινδιάνοι χρησιμοποιούσαν τον άνθρακα για να ψήσουν δοχεία αργίλου. Οι αρχαίοι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν το φυσικό αέριο για να θερμάνουν το νερό της θάλασσας και να παράγουν αλάτι. Διοχέτευαν το αέριο με σωλήνες από ρηγά φρεάτια. Το ίδιο χρονικό διάστημα οι άνθρωποι άρχισαν να χρησιμοποιούν τη γεωθερμική ενέργεια. Διοχέτευαν με σωλήνες το καυτό νερό από τις ζεστές πηγές στα σπίτια τους και το χρησιμοποιούσαν για θέρμανση. Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα η χρήση του φωτιστικού πετρελαίου στις ΗΠΑ βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο που την είχαν αφήσει οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Το 1829 στο Κεντάκι των ΗΠΑ αναβλύζει η πρώτη πετρελαιοπηγή ενώ η πρώτη γεώτρηση ειδικά για την αναζήτηση πετρελαίου έγινε από τον Έντγουιν Ντρέικ στην δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 και σε βάθος 21 μέτρων, με ρυθμό 20 βαρέλια ημερησίως. Έτσι άνοιξε τον δρόμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Την ίδια περίπου περίοδο πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Με την αρχή του 20ου αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαυε να έχει την πρώτη σημασία και η πετρελαϊκή βιομηχανία έγινε η πρώτη πηγή ενέργειας στον κόσμο. Η ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του γίνεται ολοένα και πιο έντονη. Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας. Το

ενεργειακό πρόβλημα με τη μορφή που το ξέρουμε σήμερα είναι σχετικά πρόσφατο. Η ανθρωπότητα επί δύο περίπου αιώνες ζούσε και κατανάλωνε ενέργεια με μια αφελή ανεμελιά, έως ότου περί το 1960-70 συνειδητοποιήσαμε όλοι μας δύο πράγματα: πρώτον ότι τα ορυκτά καύσιμα, άνθρακας και πετρέλαιο, έχουν πεπερασμένα αποθέματα και δεύτερον ότι η καύση τους προξενεί ανεπανόρθωτες αλλοιώσεις στο κλίμα και κατ' επέκταση στη σύσταση και τη μορφή του πλανήτη. Έτσι γίναμε γνώστες των δύο προβλημάτων τα οποία συνδέονται με την ενέργεια που καθημερινά καταναλώνουμε: του Ενεργειακού και του Οικολογικού.

Το οικολογικό πρόβλημα δημιουργείται με την καύση των ορυκτών καυσίμων όπως του άνθρακα, του πετρελαίου, του φυσικού αερίου και άλλων, και την έκλυση στην ατμόσφαιρα μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα τα οποία είναι υπεύθυνα για πολλά κλιματικά φαινόμενα με κύριο το φαινόμενο του θερμοκηπίου που υπερθερμαίνει τον πλανήτη και προκαλεί τις παρατηρούμενες ήδη σήμερα κλιματικές αλλαγές. Παράλληλα η ρύπανση της ατμόσφαιρας με τα δύο αέρια, μαζί και με τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια τα οποία επίσης εκλύονται κατά την καύση, ή και από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, επιδρούν στη ζωή και την παρουσία πολλών ειδών της χλωρίδας και της πανίδας της γης.

Σε ότι αφορά στο ενεργειακό πρόβλημα, αυτό συνίσταται πρωτίστως στην έλλειψη ενέργειας, καθώς και στο κόστος εξασφάλισης και διανομής της. Η έλλειψη αυτή, ή εν πάση περιπτώσει η βέβαιη εκτίμηση ότι σε σύντομο σχετικά διάστημα θα στερέψουν τα καύσιμα που παράγουν την ενέργεια, δημιουργεί μια εφιαλτική προοπτική καθολικής κατάρρευσης του επιπέδου ζωής και του πολιτισμού μας, εκτός αν βρεθούν εγκαίρως άλλες πηγές ενέργειας ικανές να καλύψουν το κενό που αναπόφευκτα αργά ή γρήγορα θα δημιουργηθεί. Στις μέρες μας, υπάρχουν περίπου 1500 κοιτάσματα πετρελαίου μεγάλου και γιγαντιαίου μεγέθους στον κόσμο. Περιέχουν το 94% του γνωστού αργού πετρελαίου. Τα 400 μεγαλύτερα κοιτάσματα περιέχουν το 60-70% της συνολικής ποσότητας. Μόνο 41 απ' αυτά τα τελευταία ανακαλύφθηκαν μετά το 1980. Σύμφωνα με τους Βρετανούς ειδικούς πλέον ο πλανήτης ολόκληρος έχει ερευνηθεί εξαντλητικά και έτσι έχει καταστεί σαφές ότι δεν υπάρχουν άλλα κοιτάσματα σε νέες περιοχές που να μπορούν να συγκριθούν με εκείνα της Βόρειας Θάλασσας και της Αλάσκας και να μην έχουν ανακαλυφθεί. Η Αμερικανική Γεωλογική Επιθεώρηση συμφωνεί μ' αυτή την άποψη και αναφέρει ότι η ανακάλυψη σημαντικών κοιτασμάτων πετρελαίου κορυφώθηκε το 1962 και έκτοτε βρίσκεται σε πτώση. Η χρυσή εποχή του πετρελαίου έχει τελειώσει. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα συνεχίσουν να ανακαλύπτονται νέα μικρότερα κοιτάσματα, αλλά δεν θα επαρκούν ώστε να αντισταθμίσουν τη συνεχιζόμενη μείωση στα παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα. Οι γνώμες όλων των ειδικών μέχρι σήμερα επομένως, συγκλίνουν στο γεγονός ότι σε περίπου 30 χρόνια από τώρα η κρίση θα έχει εκδηλωθεί και θα βρίσκεται στο αποκορύφωμά της. Τα πρώτα συμπτώματα αρχίζουν να γίνονται ορατά από τώρα που παρατηρούμε μια συχνή αύξηση της τιμής του πετρελαίου.[17]

Η χώρα μας, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, ακολούθησε μια τακτική αύξησης της κατανάλωσης εισαγόμενου πετρελαίου με αποτέλεσμα σήμερα το πετρέλαιο ν' αντιπροσωπεύει περισσότερο του 70% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, με προοπτική, εάν δεν ληφθούν μέτρα, σε 10 χρόνια το ποσοστό να έχει αυξηθεί στα 75% και σε 15 χρόνια στο 80%. Δηλαδή με μαθηματική ακρίβεια οδηγούμεθα σε μία πλήρη ομηρεία της χώρας από εισαγωγές αργού. Ενώ το ποσοστό του πετρελαίου στην τελική ενεργειακή κατανάλωση της χώρας μειώθηκε από 77,6% το 1973 στο 70,0% το 1998, υπό την πίεση μέτρων και ακριβών τιμών, τελευταία έχει αρχίσει πάλι ν' αυξάνεται. Παρατηρούμε επομένως, ότι σε σύγκριση με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ελλάδα εμφανίζεται από τις πλέον εξαρτώμενες από εισαγωγές πετρελαίου αφού ο μέσος Ευρωπαϊκός όρος εξάρτησης κυμαίνεται μεταξύ 40%-50%. Για λόγους σύγκρισης αξίζει ν' αναφέρουμε ότι η εξάρτηση από εισαγωγές πετρελαίου είναι για την Γερμανία 53,0%, την

Ιταλία 51,0%, για την Ισπανία 65,6% για την Σουηδία 41,0% και για την Αυστρία 46,0%. Επιπροσθέτως, από το έτος 2007 η Ελλάδα ξεπέρασε και επίσημα το όριο αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα είχε το δικαίωμα βάσει της παγκόσμιας συνθήκης του Κιότο που στοχεύει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, μέχρι το 2010 να αυξήσει τις εκπομπές της κατά 25% σε σχέση με το έτος βάσης (1990). Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα είχε δικαίωμα συγκεκριμένης αύξησης των εκπομπών, ακόμα και αυτό το όριο ξεπεράστηκε. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, κατά το 2005 η Ελλάδα αύξησε τις εκπομπές της κατά 25,4%, δηλαδή 0,4% πάνω από το όριο που μας είχε τεθεί. Έτσι, η συνολική αύξηση έως το 2010 προβλέπεται να είναι ακόμα μεγαλύτερη, καθώς δεν έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), και μείωσης των εκπομπών. Ως εκ τούτου, θεωρείται αναγκαία όσο ποτέ άλλοτε η πλήρης αναθεώρηση της σήμερα ακολουθούμενης ενεργειακής πολιτικής. Βασικός άξονας θα πρέπει να είναι η σταδιακή απεξάρτηση της χώρας από το εισαγόμενο πετρέλαιο, σε επίπεδα που θα πλησιάζουν τουλάχιστον τον μέσο όρο της Ε.Ε., με την παράλληλη ανάπτυξη των εγχώριων πηγών ενέργειας, συμβατικών και μη.

Συμπερασματικά, καθίσταται πλέον επιτακτική η ανάγκη στροφής σε άλλες πηγές ενέργειας που θα οδηγήσουν στην «απεξάρτηση» τόσο τη χώρα μας όσο και ολόκληρο τον κόσμο από τα ρυπογόνα και πεπερασμένα ορυκτά καύσιμα καθώς και την επικίνδυνη, εξαιτίας της σχετικής άγνοιας της ασφαλούς χρήσεως της, πυρηνικής ενέργειας. Είναι συνεπώς απαραίτητη η στροφή στην ανάπτυξη ΑΠΕ. Ως ανανεώσιμες χαρακτηρίζονται οι πηγές που θα συνεχίζουν να μας παρέχουν ενέργεια σε βάθος χρόνου. Είναι οι πηγές ενέργειας που τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο, όπως: ο ίδιος ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια), ο άνεμος (αιολική ενέργεια), οι υδατοπτώσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια), η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών καθώς και η ενέργεια βιομάζας.

Στις ΑΠΕ ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετεί όμως το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος, γιατί είναι "καθαρές" και φιλικές προς το περιβάλλον.

Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ αφορά κυρίως σε Αιολικά πάρκα και Μικρά Υδροηλεκτρικά έργα και σε ένα μικρότερο βαθμό στη βιομάζα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, ενώ στο μέλλον αναμένεται ότι θα αφορά και στη γεωθερμία. Η παραγωγή θερμικής ενέργειας αναφέρεται κυρίως σε θερμικά ηλιακά συστήματα και θερμική χρήση της βιομάζας και της γεωθερμίας.

Στις μεταφορές οι ΑΠΕ εφαρμόζονται με τη χρήση των λεγόμενων υγρών βιοκαυσίμων. Τα βιοκάυσιμα συνιστά το λεγόμενο βιοντίζελ (παραγωγή από φυτικά λάδια πιθανόν και χρησιμοποιημένα μαγειρικά), που είναι υποκατάστατο ντίζελ, και η βιοαιθανόλη (από σακχαρώδεις ενώσεις, σιτηρά, ζαχαροκάλαμα, καλαμπόκι), που αποτελεί υποκατάστατο βενζίνης.

Η συμπαραγωγή και πολυπαραγωγή για βέλτιστη εκμετάλλευση των καυσίμων αφορά στην ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας για θέρμανση και ψύξη, παραγωγή ατμού, παραγωγή πόσιμου νερού κλπ. Μελλοντικά ενδιαφέρουσες τεχνολογίες είναι οι τεχνολογίες υδρογόνου, οι κυψελίδες καυσίμου για συμπαραγωγή και τις μεταφορές και η παραγωγή υδρογόνου από ΑΠΕ [1],[24].

1.2 Η έννοια της «Πράσινης Ανάπτυξης»

Αδιαμφισβήτητα η ραγδαία τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη έχει αποφέρει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στον πλανήτη, όπως η κλιματική αλλαγή και η αβεβαιότητα διαθεσιμότητας ορυκτών καυσίμων. Για το λόγο αυτό έχει ενισχυθεί, σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, η ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης για την ανάκαμψη από την περιβαλλοντική κρίση στα πλαίσια της «πράσινης ανάπτυξης».

Η «πράσινη ανάπτυξη» αποτελεί μία νέα μέθοδο οικονομικής ανάπτυξης με επίκεντρο την προστασία του περιβάλλοντος. Στόχος της είναι η όσο το δυνατό καλύτερη βιώσιμη ανάπτυξη του πλανήτη, προωθώντας την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ανάδειξη αυτού του νέου αναπτυξιακού προτύπου ανοίγει νέες δυνατότητες από τον αγροτικό μέχρι τον τουριστικό τομέα, δημιουργώντας νέες προοπτικές στον κλάδο της μεταποίησης, στον κατασκευαστικό τομέα, στον τομέα της ενέργειας. Αξιοσημείωτη είναι η προσπάθεια εφαρμογής της πράσινης ανάπτυξης στον τομέα της δόμησης, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

1.3 Ενέργεια και κτίρια

1.3.1 Κτίριο και κλίμα

Το κάθε κτίριο αποτελεί ένα ξεχωριστό περιβάλλον με τις δικές του ξεχωριστές λειτουργίες. Δεν παύει όμως να είναι ενταγμένο σε ένα ευρύτερο αστικό περιβάλλον και να αλληλεπιδρά με αυτό. Οι λειτουργίες που συντελούνται μέσα στο κτίριο, καθώς και ο πληθυσμός που δραστηριοποιείται σε αυτό συμβάλλουν στη διαμόρφωση των συνθηκών του κτιρίου. Παράλληλα οι συνθήκες που επικρατούν σε ένα αστικό περιβάλλον επηρεάζουν άμεσα τις εσωτερικές συνθήκες ενός κτιρίου, καθορίζοντάς του έτσι σε μεγάλο βαθμό και τις ανάγκες του. Η κατά τα τελευταία χρόνια αύξηση της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως επίσης και η χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια.

Μάλιστα, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο κάτοικος των αστικών κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος αυτών τόσο στην υγεία, όσο και την παραγωγικότητά του.

1.3.2 Κτίριο και ενέργεια

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ενεργειακή κατανάλωση σε ένα κτίριο, είτε αυτό ανήκει στον οικιστικό τομέα (κατοικίες, διαμερίσματα), είτε στις υπηρεσίες (γραφεία, καταστήματα, δημόσια κτίρια κτλ) είναι αναπόφευκτη. Όλα τα κτίρια, ανεξαρτήτως της

γεωγραφικής τους θέσης, χρειάζονται ενέργεια για την επίτευξη θερμικής άνεσης τόσο κατά τη χειμερινή, όσο και κατά τη θερινή περίοδο. Πέραν τούτου, ενέργεια απαιτείται για τη θέρμανση του νερού, το φωτισμό, καθώς και σε μια σειρά από ηλεκτρικές συσκευές.

Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που όπως προείπαμε ευθύνεται κατά κύριο λόγο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επιπλέον, τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων, και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων, η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν. Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

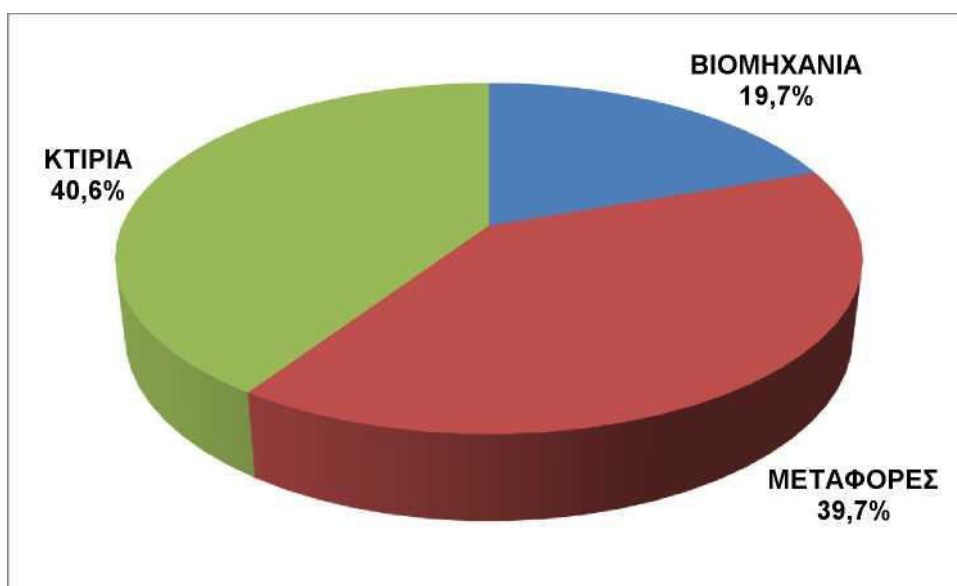
Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να αφορούν:

- Στο κτιριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων παθητικά ηλιακά συστήματα)
- Στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (π.χ. χρήση βλάστησης)
- Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές
- Στην ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας)

Ρίχνοντας μια ματιά στα επίσημα στατιστικά που αφορούν την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά το 2006, όπως παρουσιάζονται σε ειδική έκδοση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής[22], μπορούμε να εξαγάγουμε μια σειρά από χρήσιμα συμπεράσματα.

ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ (ΜΤΟΕ) – 2006				
	ΟΛΙΚΗ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	ΚΤΙΡΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ	21,5	4,2	8,5	8,7
ΕΕ	1176,1	324,3	370,3	481,5
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	7911,7	2092,8	2182,9	2933

Πίνακας 1.1: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα το 2006 σε Ελλάδα, ΕΕ και Παγκόσμια.

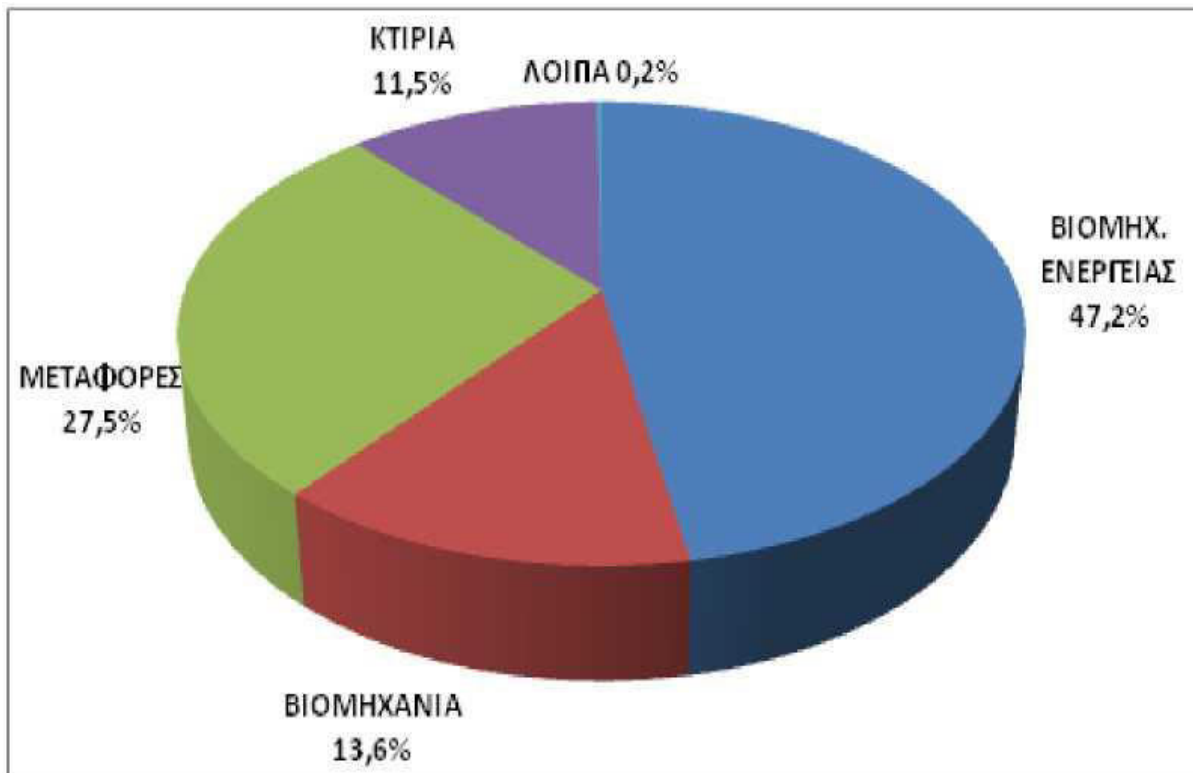


Εικόνα 1.1: Διασπορά ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα το 2006.[1]

Τα τεράστια ποσά ενέργειας που καταναλώνονται στο κτιριακό τομέα, πέραν του οικονομικού κόστους που φορτώνουν τον καταναλωτή, συμβάλλουν και στην καταστροφή του περιβάλλοντος. Με βάση τα στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για εκπομπές 27245 εκατομμυρίων τόνων CO₂ το 2006, ποσό που αποτελεί το 12,9% των παγκόσμιων εκπομπών.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (10 ⁶ ΤΟΝΟΙ) – 2006						
	ΣΥΝΟΛΟ	ΒΙΟΜΗΧ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΒΙΟΜΗΧ.	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΛΟΙΠΑ
ΕΛΛΑΔΑ	123,1	58,2	16,7	33,8	14,2	0,3
ΕΕ	4554,4	1562,1	952,6	1246,9	763,4	29,4
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	27245,8	12805,5	5612,6	5231,2	3512,7	81,7

Πίνακας 1.2: Εκπομπές CO₂ ανά τομέα το 2006 σε Ελλάδα, ΕΕ και Παγκόσμια



Εικόνα 1.2: Διασπορά εκπομπών CO₂ στην Ελλάδα το 2006. [2]

Το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο ανησυχητικό, αν δούμε και την εξέλιξη που έχει η κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Η εξέλιξη αυτή, όπως φαίνεται και στο πιο κάτω διάγραμμα είναι σταθερά αύξουσα τα τελευταία χρόνια.



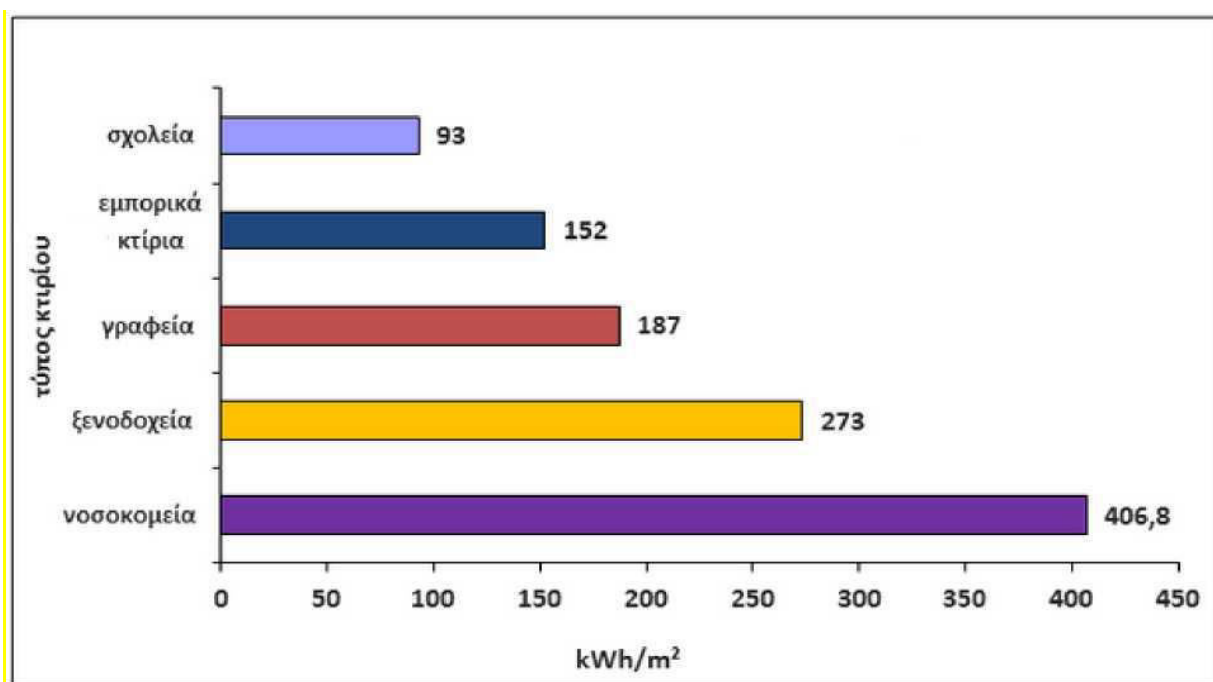
Εικόνα 1.3 Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας Κτιρίων – Ελλάδα [3]

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Τα στατιστικά στοιχεία που διατίθενται για την ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα δείχνουν ότι η θέρμανση των κτιρίων απαιτεί τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Πίνακας 1.3 Μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης στην Ελλάδα (kWh/m²)



Εικόνα 1.4 : Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε διάφορους τύπους κτιρίων στην Ελλάδα [4]

Σύμφωνα με μελέτη της Ομάδας Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, περίπου 43% των ελληνικών κτιρίων έχουν κατανάλωση μεγαλύτερη από την μέση τιμή των ελληνικών καταγραφέντων κτιρίων, ενώ 18% έχουν μεγαλύτερη από την μέση τιμή των ευρωπαϊκών καταγραφέντων κτιρίων.

Βεβαίως αυτό δεν είναι τυχαίο και δε συμβαίνει μόνο στην Ελλάδα. Πανομοιότυπο σκηνικό εμφανίζεται και σε άλλες Νοτιοευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιταλία και η Ισπανία. Ιδιαίτερα στη περιοχή της Μεσογείου, η σταδιακή άνοδος της μέσης θερμοκρασίας στα αστικά κέντρα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αυξάνει συνεχώς την απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό των κτιρίων. Η υπερθέρμανση αυτή των πόλεων, σε συνδυασμό με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχουν φέρει τα τελευταία χρόνια μια ραγδαία αύξηση στη χρήση συστημάτων κλιματισμού με τις πωλήσεις στην Ελλάδα να αυξάνονται από 44614000 μονάδες το 2002 σε 52288000 μονάδες το 2006. Η αύξηση έτσι στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνει αφενός την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και αφετέρου τις εγκαταστάσεις παραγωγής ισχύος, που συνεπάγεται προφανώς με αύξηση στις εκπομπές CO₂.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία είναι ότι τα κτίρια αποτελούν σήμερα έναν κύριο καταναλωτή ενέργειας και έναν πολύ καλό τροφοδότη CO₂ στην ατμόσφαιρα. Νοούμενου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σπατάλης της ενέργειας γίνεται για την επίτευξη θερμικής άνεσης, υποδεικνύεται ξεκάθαρα που πρέπει να κινηθεί η έρευνα τα επόμενα χρόνια ώστε να δοθούν άμεσες και αποτελεσματικές λύσεις. Ήδη η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει σαν στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 9% έως το 2016. Έτσι, με μια σειρά από κοινοτικές οδηγίες ωθεί τις χώρες μέλη προς την ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων και νέων κτιρίων με βασικό στόχο όλων τη βελτίωση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Μια τέτοια οδηγία είναι και η Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α), όπου μεταξύ άλλων θα υποχρεώνει στην έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού για κάθε κτίριο και ταυτόχρονα σε εξαρχής οικοδόμηση «πράσινων κτιρίων» ή σε μέτρα αναβάθμισης. Αυτό θα έπρεπε να είχε εφαρμοστεί στη χώρα μας από τις 4 Ιανουαρίου 2006 [INT 1], κάτι που δεν έγινε και αν λάβουμε επίσης υπόψη το γεγονός ότι στις 19 Οκτωβρίου 2007 η Ελλάδα κλήθηκε -μαζί με 11 άλλα κράτη μέλη- στο Ευρωδικαστήριο επειδή δεν είχε γνωστοποιήσει τι μέτρα προτίθενται να λάβει για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων[6], αντιλαμβάνεται κανείς πόσο πίσω βρισκόμαστε σα χώρα στον τομέα αυτό.

Όσον αφορά στο σχεδιασμό του κτιρίου με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας προωθείται ο λεγόμενος βιοκλιματικός σχεδιασμός- βιοκλιματική αρχιτεκτονική του κτιρίου. Πρόκειται για το σχεδιασμό ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα-άνεμο, νερό, έδαφος). Τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου). Στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτίρια, όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα μη μονωμένα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

1.4 Οφέλη υιοθέτησης οικολογικής συνείδησης

Με την υιοθέτηση οικολογικής συνείδησης και την εφαρμογή περιβαλλοντικών και βιοκλιματικών αρχών, αναγνωρίζονται αισθητικά, περιβαλλοντικά και συνάμα οικονομικά οφέλη.

Όσον αφορά στα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, με την μείωση των επιπέδων καταναλισκόμενης ενέργειας λειτουργίας οι επιχειρήσεις εξασφαλίζουν την πιστοποίηση ποιότητας και υπευθυνότητας, μετατρέποντάς την έτσι σε ανταγωνιστική ανάμεσα σε άλλες, αλλά και ελκυστική για τους πελάτες, αποπνέοντάς τους ένα αίσθημα εμπιστοσύνης. Επιπλέον, η μείωση της εξάρτησης από μηχανολογικά μέσα και τη συντήρησή τους, μειώνει αυτόματα και τα έξοδα αγοράς καυσίμων και ηλεκτρισμού.

Από αισθητικής απόψεως, με την εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, δίνεται η δυνατότητα ελέγχου της αισθητικής, της άνεσης και της πρακτικότητας των κτιρίων. Με τη χρήση νέων, καινοτόμων τεχνολογιών εξασφαλίζεται ένας άνετος και αρχιτεκτονικά μοναδικός χώρος, δημιουργώντας ένα υγιές και φυσικό περιβάλλον, από το οποίο οι χρήστες μπορούν να επωφεληθούν σωματικά και ψυχικά, ενώ παράλληλα συνδυάζεται επιτυχώς και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας λειτουργίας.

2. Ενεργειακός- Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

2.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Είμαστε πολύ κοντά στο σημείο μη αναστροφής και σύμφωνα με μερικούς το έχουμε ήδη ξεπεράσει. Και όμως συνεχίζουμε σαν όλα αυτά (οι κλιματικές αλλαγές) να συμβαίνουν σε άλλον πλανήτη. Η μόνη ενέργεια που μπορεί να αποδεχτεί το οικοσύστημα και να την απορροφήσει χωρίς άλλους κραδασμούς, ενώ ταυτόχρονα να αρχίσει η αντιστροφή του φαινομένου των κλιματικών αλλαγών, δεν μπορεί να είναι άλλη από αυτήν που παράγεται με αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και ταυτόχρονη απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, ή -ακόμη καλύτερα- αυτή που δεν δαπανάται καθόλου, δηλ. με Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΕ). Δεν είναι ιδεολογικό ούτε πολιτικό το θέμα. Δεν είναι πια οικονομικό. Δεν είναι καν ηθικό. Είναι θέμα επιβίωσης του ανθρώπινου είδους. [7]

Οι ΑΠΕ ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. [6]

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. [6]

Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική

εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

2.1.1 Αιολική ενέργεια

Είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται, μέσω ανεμογεννητριών, σε χρήσιμη μηχανική ενέργεια ή/και σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο άνεμος χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα. Για αιώνες η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου. Οι ανεμόμυλοι, που σήμερα είναι «διακοσμητικοί», υπηρέτησαν για πάρα πολλά χρόνια τον αγροτικό τομέα, είτε για να αλέθουν, είτε για να αντλούν νερό από τα πηγάδια.

Στη σύγχρονη εποχή, από το 1970, άρχισε να αναπτύσσεται το ενδιαφέρον εκμετάλλευσης του ανέμου κυρίως για παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας, σαν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης. Από τότε μέχρι σήμερα, και η τεχνολογία αλλά και η εφαρμογή των ανεμογεννητριών έχουν μια συνεχώς αυξητική πορεία.

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν την Αιολική ενέργεια, δηλαδή τον αέρα που φυσά, σε Ηλεκτρική ενέργεια. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχουν καθιερωθεί οι μηχανές με οριζόντιο άξονα, που «φέρει» τον έλικα (πτερύγια) και ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται, ώστε να είναι πάντα παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου. Ο άξονας αυτός περιστρέφει μια γεννήτρια, η οποία με τη σειρά της παράγει Ηλεκτρικό ρεύμα. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το Αιολικό δυναμικό της περιοχής που εγκαθίσταται. Για να γίνει η επιλογή ενός τόπου, καθώς και του μεγέθους της μηχανής που θα εγκατασταθεί, γίνονται ειδικές ανεμολογικές μετρήσεις και μελέτες.

Η τεχνολογία, την τελευταία 20ετία, έχει κάνει εντυπωσιακά άλματα, από μηχανές των 20 -50 kW και διάμετρο πτερύγων τα 15 μέτρα, σε 7,5 MW και διάμετρο περί τα 100 μέτρα, με παράλληλη μείωση του κόστους κατασκευής. Στη πράξη, συνήθως, δεν εγκαθίσταται μια ανεμογεννήτρια μόνη της, αλλά, ανάλογα με τη διαθέσιμη έκταση και την επένδυση, εγκαθίστανται πολλές μηχανές στη σειρά, δημιουργώντας το λεγόμενο «Αιολικό Πάρκο», η παραγωγή του οποίου διοχετεύεται στο εθνικό δίκτυο. [8]



Εικόνα 2.1: Αιολικό πάρκο [5]

2.1.2 Ηλιακή ενέργεια

Με το όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας.

Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος.

Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. [6]



Εικόνα 2.2: Φωτοβολταϊκό πάρκο [6]

2.1.3 Υδατοπτώσεις

Οι υδατοπτώσεις προκαλούνται από τη βαρύτητα με τη μεταφορά του ύδατος από ένα σημείο με μεγαλύτερο υψόμετρο σε ένα με χαμηλότερο. Αυτό το φαινόμενο είναι μέρος του κύκλου του νερού του οποίου η κινητήριος δύναμη προέρχεται από τον ήλιο. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε θάλασσες και λίμνες, αναγκάζει το νερό να εξατμιστεί στην ατμόσφαιρα και να μεταφερθεί μέσω των ανέμων σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο.

Σε αυτές τις περιοχές μέσω της συμπύκνωσης πέφτουν βροχές και χιόνια τα οποία δημιουργούν τους ποταμούς. Τα ποτάμια είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και είναι αυτή η ενέργεια που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος από τα αρχαία χρόνια για να καλύψει τις ανάγκες του. Η νεροτριβή χρησιμοποιείται ακόμα και τώρα σε ορεινές περιοχές για το πλύσιμο μεγάλων υφασμάτων, οι υδραυλικοί τροχοί με απόδοση που μπορεί να φτάσει και το 90% έδωσαν κίνηση σε νερόμυλους για το άλεσμα του σιταριού, αλλά και για τη κίνηση διάφορων υδροκίνητων μηχανών όπως πχ. των μπαρουτόμυλων, μηχανών κλωστοϋφαντουργίας κ.α.



Εικόνα 2.3: Υδατόπτωση [7]

Τα γνωστά σε όλους υδροηλεκτρικά εργοστάσια βασίζονται στην αρχή των υδραυλικών τροχών, αλλά με τη διαφορά ότι τη θέση του τροχού καταλαμβάνει ο υδροστρόβιλος που μεταφέρει τη κινητική του ενέργεια στην ηλεκτρογεννήτρια.

Ο συγκεκριμένος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι εκτός από πολύ αποδοτικός, αλλά και καθαρός, διότι έχει μηδενικές εκπομπές ρύπων αφού δεν εξαρτάται από ορυκτά καύσιμα. Είναι μια αξιόπιστη τεχνολογία με χαμηλά κόστη συντήρησης, μεγάλη διάρκεια ζωής και ποιοτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάγκη της αδιάλειπτης τροφοδοσίας των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων με νερό, μας ανάγκασε στη δημιουργία των φραγμάτων. Τα φράγματα είναι ο φυσικός ταμιευτήρας νερού, κατασκευάζεται σε σημεία που υπάρχουν ποταμοί και η μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει. Επίσης βοηθούν στον έλεγχο των ποταμών με τον έλεγχο της ροής που τα διασχίζει, άρα μπορούν να αποφευχθούν πλημμύρες σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. [21]

2.1.4 Βιομάζα

Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον. [14]



Εικόνα 2.4: Βιομάζα [8]

2.1.5 Γεωθερμική ενέργεια

Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. [14]

2.1.6 Ενέργεια από παλίρροιες.

Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού. [14]

2.1.7 Ενέργεια από τους ωκεανούς.

Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας. [9]

2.2 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική

Σύμφωνα με τον Ιταλό αρχιτέκτονα, συγγραφέα, φιλόσοφο Alberti Αρχιτεκτονική ορίζεται εκείνη η νοητική σύλληψη που οδηγεί τη ζωή και την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών στο να εναρμονιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα και πληρέστερα με τα κριτήρια: *necessitas*, *commoditas* και *voluptas* .

- *necessitas* = αναγκαιότητα : ορίζεται η εναρμόνιση της κατασκευής με τους νόμους της φυσικής και της μηχανικής.
- *commoditas* = άνεση : ορίζεται η κάλυψη της μέσης κοινωνικής ανάγκης και
- *voluptas* = θελκτικότητα : ορίζεται η ικανότητα της αρχιτεκτονικής να εκφράζει, με τα δικά της μέσα, μια ποιητική του δομημένου χώρου, που προέρχεται από την εσωτερική ευχαρίστηση της έκφρασης του συναισθήματος της ομορφιάς.

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική ορίζεται η αρχιτεκτονική, η οποία εκτός από τα παραπάνω κριτήρια, πληρεί επιπρόσθετα και το κριτήριο *ecologicas*.

- *ecologicas* = λογική του οίκου, οικολογική λογική : ορίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών φιλικών προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Η μελέτη της ιστορίας της αρχιτεκτονικής σε τοπικό επίπεδο αποδεικνύει ότι η βιοκλιματική «ευαισθησία» έχει τις ρίζες της στο παρελθόν, στις βασικές αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, τότε που η εργασία και η διαβίωση των ανθρώπων ήταν άμεσα συνδεδεμένη με το φυσικό περιβάλλον. Η κατασκευή των κτισμάτων βασιζόταν στα τοπικά υλικά και η θέση και λειτουργία τους ήταν σύμφωνη με τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παραδοσιακής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι τα ιγκλού, οι αχυρένιες καλύβες των φυλών των τροπικών περιοχών, τα παραδοσιακά λευκά κυκλαδίτικα σπίτια, τα χαγιάτια και άλλα ακόμη. Ιδιαίτερα στην αραβική παραδοσιακή αρχιτεκτονική συναντάμε ανεπτυγμένα συστήματα βιοκλιματικών λειτουργιών που εξυπηρετούσαν τον αερισμό και δροσισμό, όπως αυτόνομους πύργους ψύξης κ.λ.π.

Παρόλα αυτά δεν μπορούμε να πούμε ότι η παραδοσιακή αρχιτεκτονική βασιζόταν συνειδητά στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Περισσότερο μπορούμε να μιλήσουμε για πρακτική εμπειρία, η οποία ελλείπει τεχνολογικών μέσων, εφαρμόζονταν προσαρμόζοντας την κατοικία και τον οικισμό στα τοπικά κλιματικά και τοπογραφικά δεδομένα στοχεύοντας στην καλύτερη προστασία από τις κλιματικές συνθήκες αλλά και τη μέγιστη οικονομία δυνάμεων και πόρων. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, τελικά είναι ένας σύγχρονος όρος και αποτελεί συνδυασμό της παραδοσιακής εμπειρίας με τη σύγχρονη τεχνολογία με στόχο να επιτευχθούν άνετες συνθήκες διαβίωσης και βέλτιστη θερμική συμπεριφορά και ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

2.2.1 Τι είναι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αναφέρεται στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών - υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα - άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.



Εικόνα 2.5. Αρχιτεκτονική κτιρίου σύμφωνα με την αξιοποίηση περιβαλλοντικών πηγών [9]

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός πραγματοποιείται σύμφωνα με το τοπικό κλίμα και βασίζεται στις παρακάτω αρχές:

1) Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.

2) Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.

3) Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της χρησιμοποίησης των κατάλληλων υλικών κατασκευής του κελύφους.

4) Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως με τον φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες.

5) Βελτίωση - ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στους χώρους έτσι ώστε οι άνθρωποι να νιώθουν άνετα και ευχάριστα

6) Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.

7) Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των χώρων γύρω και έξω από τα κτίρια και εν γένει, του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.

2.3 Ενεργειακός σχεδιασμός

Ο ενεργειακός σχεδιασμός, καταγράφει τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό και προτείνει τρόπους και μέσα για την κάλυψη των αναγκών αυτών, με τελικό στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης για τους χρήστες του εκάστοτε κτιρίου ή κτιριακού συγκροτήματος. Ένας ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός προσφέρει :

- βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση κτιρίου, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας
- οικονομικά οφέλη, καθώς μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων και η ενεργειακή κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών που αναφέρθηκαν παραπάνω
- περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων από την κατανάλωση καυσίμων
- αναβαθμισμένη ποιότητα ζωής, εξασφαλίζοντας συνθήκες άνεσης σε ένα βιώσιμο αστικό περιβάλλον

και βασίζεται σε:

- εφαρμογή αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων και ανοιχτών υπαίθριων χώρων
- αξιοποίηση των τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- χρήση συσκευών και συστημάτων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Βασικό τμήμα του ενεργειακού σχεδιασμού αποτελεί ο *βιοκλιματικός σχεδιασμός* τόσο σε επίπεδο κτιρίου, οικοδομικού τετραγώνου, κτιριακού συγκροτήματος ή πόλης. Ορίζεται ως ο σχεδιασμός, ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το τοπικό κλίμα, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων και βελτιωμένων εσωκλιματικών συνθηκών με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές. Άμεσα συνδεδεμένη με το σχεδιασμό είναι η αρχιτεκτονική, η οποία ορίζεται παρακάτω και διαχωρίζεται από το βιοκλιματικό σχεδιασμό.

2.4 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, συνήθως αναφερόμενο ως μικροκλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Η βιοκλιματική είναι κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Με τον όρο "βιοκλιματικός σχεδιασμός" εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. [INT 2]

Γι' αυτούς τους λόγους πρέπει να δοθεί έμφαση σε στρατηγικές που βελτιώνουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου, το κλίμα στο εσωτερικό του κτιρίου και το μικροκλίμα εξωτερικά αυτού. Οι στρατηγικές αυτές αποτελούν τις αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού ο οποίος στοχεύει στην ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα/άνεμο, νερό, έδαφος). Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού, ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης/εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους.

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, τα παθητικά συστήματα/τεχνικές δροσισμού και τα συστήματα/τεχνικές φυσικού φωτισμού, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

2.4.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανση

Ως παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ορίζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς θερμότητας) συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί.

Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα, σύστημα άμεσου κέρδους, βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, ενώ υπάρχουν επίσης και παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους όπως οι ηλιακοί τοίχοι και οι ηλιακοί χώροι (θερμοκήπια). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία (π.χ. χρήση φυλλοβόλων δέντρων, οριζόντια σκίαση, τέντες, περσίδες) και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

2.4.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.

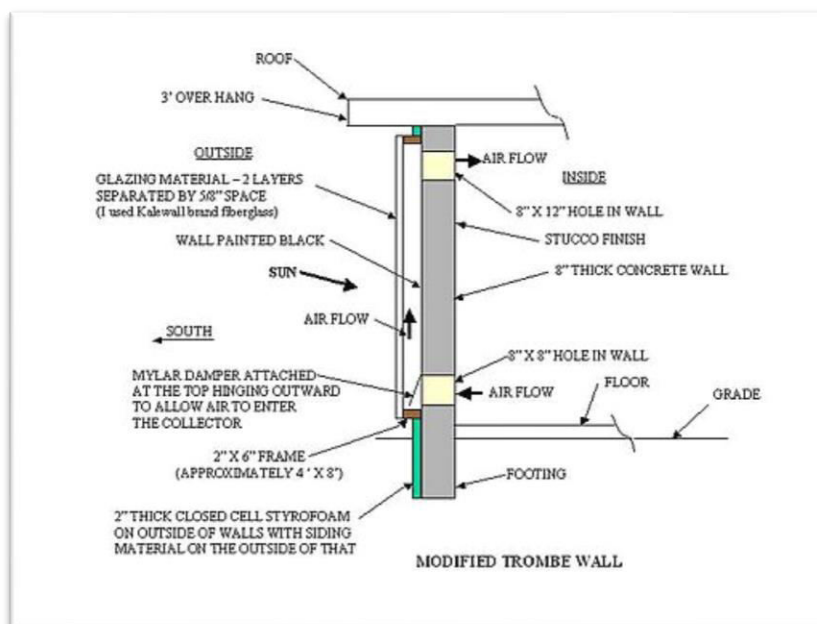
Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται, αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτιρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών και αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα.

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

2.4.1.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Οι ηλιακοί τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες συνδυαζόμενες με υαλοστάσιο, τοποθετημένο εξωτερικά, σε απόσταση 5-15 εκατοστών. Η τοιχοποιία μπορεί να είναι είτε τοίχος χωρίς μόνωση αλλά μεγάλης θερμικής μάζας, είτε θερμομονωμένη κατασκευή. Το υαλοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και να φέρει μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες. Οι ηλιακοί τοίχοι συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μεταδίδουν σε μορφή θερμότητας στους χώρους.

Στην περίπτωση του τοίχου Trombe - Michel, μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.6. Οι θυρίδες του τοίχου βρίσκονται στο άνω και κάτω τμήμα του και κατά τη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα παραμένουν ανοικτές. Έτσι, μέρος της θερμικής ενέργειας που συσσωρεύεται στο διάκενο (μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου) μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από τις θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου στο διάκενο, όπου και θερμαίνεται και ανέρχεται, δημιουργώντας συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύκτας και τις νεφοσκεπείς ημέρες οι θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να παραμένουν κλειστές, ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη κίνηση του θερμούαέρα από το χώρο προς την εξωτερική ψυχρή επιφάνεια του υαλοπίνακα.

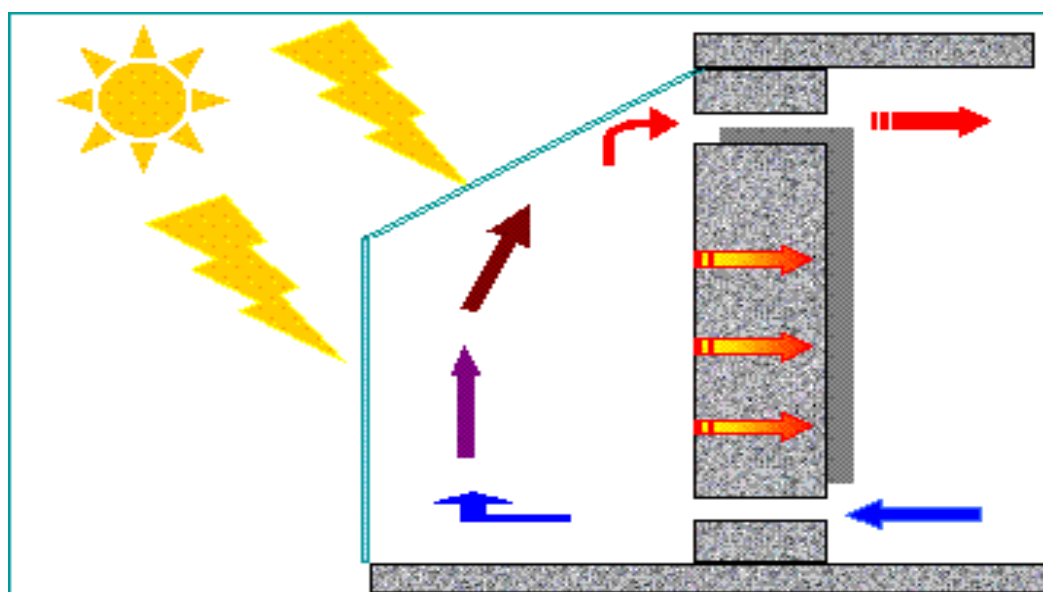


Εικόνα 2.6: Λειτουργία τοίχου Trombe [10]

2.4.1.3 Ηλιακός χώρος

Όπως φαίνεται και στη Εικόνα 2.7, ο ηλιακός χώρος ή αλλιώς θερμοκήπιο είναι κλειστός χώρος, με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας, ο οποίος προσαρτάται ή ενσωματώνεται σε τμήμα του κτιριακού κελύφους.

Η ηλιακή ακτινοβολία, διερχόμενη από τα νότια υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του, ενώ μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου (θερμική μάζα) και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας, που συσσωρεύεται στον ηλιακό χώρο, προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω των θυρίδων ή ανοιγμάτων του κοινού δομικού στοιχείου.



Εικόνα 2.7: Λειτουργία θερμοκηπίου [11]

2.4.2 Παθητικά συστήματα και τεχνικές δροσισμού

Η επιθυμία για μειωμένη χρήση κλιματισμού θέτει τις βάσεις για την αναθεώρηση του τρόπου σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων και του περιβάλλοντα χώρου κατά τη θερινή περίοδο. Η χρήση τεχνικών φυσικού δροσισμού συνεπάγεται την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτήρια το καλοκαίρι, αφού η εντατικοποίηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών συσκευών επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα, καθώς καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας.

Βασικές βιοκλιματικές τεχνικές και συστήματα φυσικού (ή υβριδικού) δροσισμού είναι η ηλιοπροστασία του κτιρίου και ο κατάλληλος φυσικός (ή υβριδικός, με χρήση ανεμιστήρα) αερισμός.

2.4.2.1 Φυσικός αερισμός

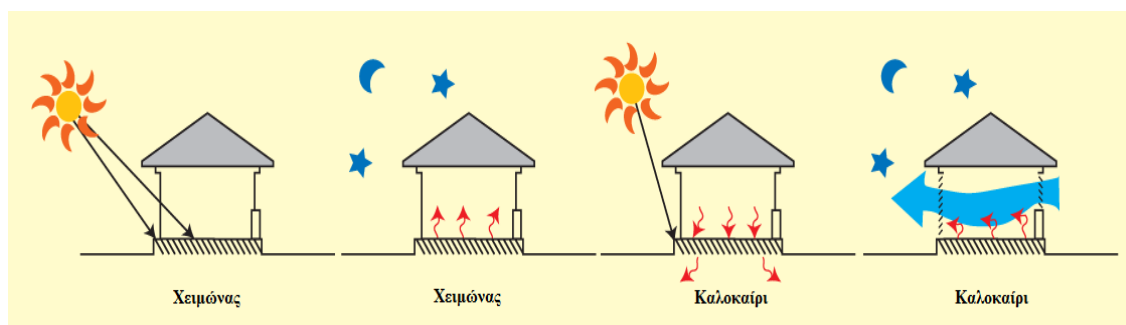
Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου καθώς επίσης και η θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες. Τρόπους επίτευξης φυσικού αερισμού αποτελούν ο διαμπερής αερισμός, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων, ο κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού) και ο κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

- Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός)

Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Μέσω θυρίδων στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπεται την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και η απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους, καθώς η είσοδος του αέρα μέσα στο κτίριο διευκολύνεται ή ενισχύεται ανάλογα με τη θέση του σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό και εν γένει εξωτερικά εμπόδια· ενώ συνάμα πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο.

Ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Επιτυγχάνεται αφενός με τη μεταφορά των χαμηλών νυκτερινών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος μέσα στο κτίριο και αφετέρου με τη διατήρησή τους κατά τη διάρκεια της επόμενης μέρας. Η δροσιά του νυκτερινού αέρα ψύχει τη θερμική μάζα των εσωτερικών χώρων ενώ τα ψυχρά εσωτερικά δομικά στοιχεία είναι αυτά, που διατηρούν χαμηλή την εσωτερική θερμοκρασία την επόμενη ημέρα. Αντιθέτως, ο ημερήσιος αερισμός λειτουργεί επιβαρυντικά για τον εσωτερικό χώρο διότι οι θερινοί άνεμοι και αύρες είναι θερμότεροι από τα εσωτερικά δομικά στοιχεία που έχουν ψυχθεί στη διάρκεια της προηγούμενης νύχτας. Έτσι, αντί να ψύξουν το κτήριο το θερμαίνουν.

Στην Εικόνα 2.8, φαίνεται η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής νυκτερινού διαμπερή δροσισμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

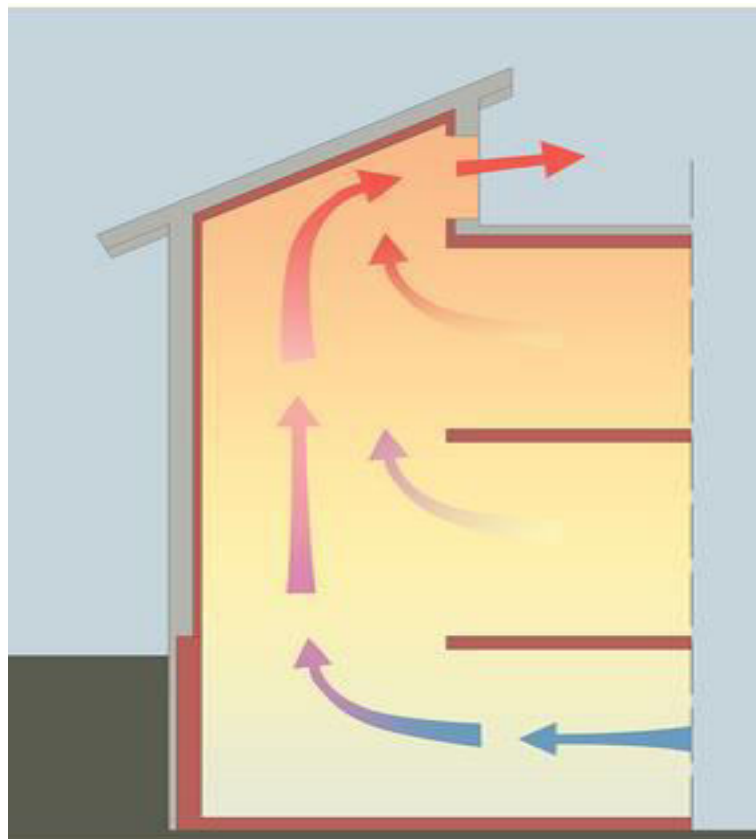


Εικόνα 2.8: Νυκτερινός διαμπερής αερισμός [12]

- *Καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)*

Η καμινάδα αερισμού, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.9, λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, ο θερμός αέρας (μικρότερης πυκνότητας από τον ψυχρό) κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια, φωταγωγοί των κτιρίων καθώς και εσωτερικά αίθρια.

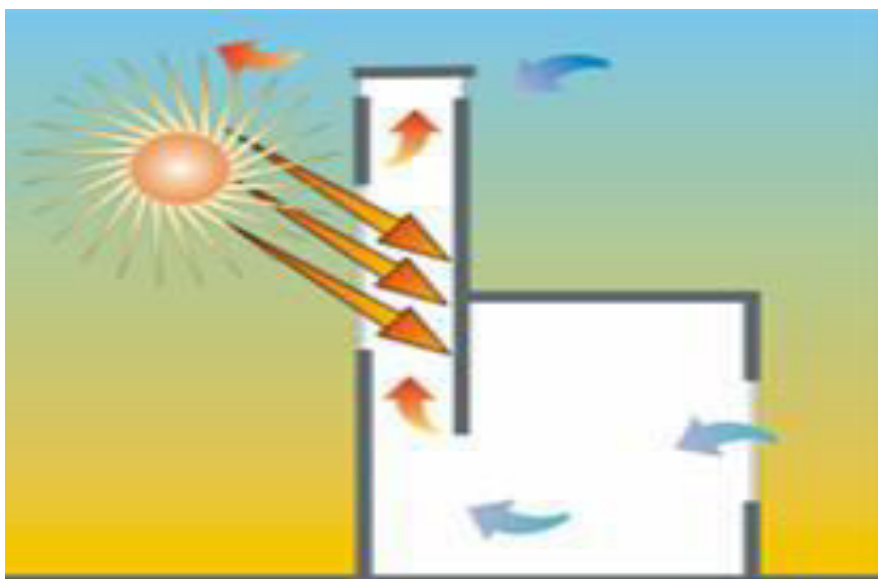
Ακόμη, σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντικότερη κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τα ψυχρά ρεύματα αέρα μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.



Εικόνα 2.9: Καμινάδα αερισμού (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού) [13]

- *Ηλιακή καμινάδα*

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.10 , η λειτουργία της εν λόγω καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς, βασίζεται στο φαινόμενο Venturi. Μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους συμβάλλοντας αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους.



Εικόνα 2.10: Ηλιακή καμινάδα (φαινόμενο Venturi) [14]

- *Υβριδικός αερισμός*

Το φαινόμενο του φυσικού αερισμού ενισχύεται με τη χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κίνηση του αέρα που δημιουργείται απάγει θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα συνεισφέροντας έτσι στην επίτευξη θερμικής άνεσης ενώ παράλληλα μειώνεται η αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων.

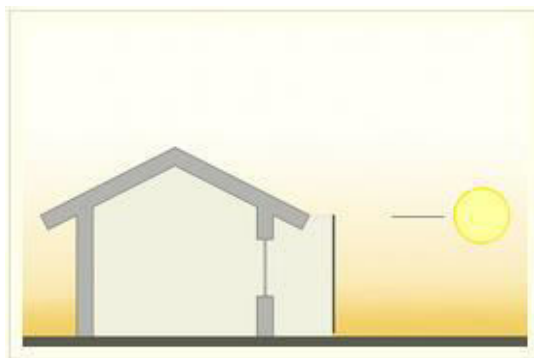
- *Ηλιοπροστασία*

Η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα, αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας ενός κτιρίου. Για το λόγο αυτό η ηλιοπροστασία ή αλλιώς σκίαση των ανοιγμάτων είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων τη θερινή περίοδο ενώ μπορεί να επιτευχθεί από το ίδιο το σχήμα του κτιρίου, με ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές, διατάξεις, κατασκευές και στοιχεία σκιασμού (σκιάστρα), γύρω από το κτίριο, που εμποδίζουν τη θερινή ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κέλυφος του. Επισημαίνεται επίσης ότι η αποτελεσματική ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο.

Η συνιστώμενη σκίαση των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Σε νότια ανοίγματα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.11, ένα οριζόντιο σκίαστρο (σταθερό ή κινητό) εμποδίζει τις ηλιακές ακτίνες, οι οποίες έρχονται από ψηλότερο σημείο του ορίζοντα απ' ό,τι το χειμώνα, ενώ αντίθετα σε βορινά ανοίγματα δεν απαιτείται σύστημα σκίασμού. Για τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, όπου οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.12.



Εικόνα 2.11: Νότια ηλιοπροστασία [15]



Εικόνα 2.12: Ανατολική-Δυτική Ηλιοπροστασία [16]

2.4.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους. Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγούς. Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης. Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι τα κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα, φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων, οι ειδικοί υαλοπίνακες, τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά, τα διαφανή μονωτικά υλικά, τα ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, οι περσίδες και τα σκίαστρα.

2.5 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι μηχανολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε θερμότητα καθώς επίσης και την αποθήκευση και μεταφορά της χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό, είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

Η βασική αρχή λειτουργίας των ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων στηρίζεται στη χρήση ενός συλλέκτη. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου διαπερνά το 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.

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. Παρακάτω αναλύονται εφαρμογές των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση νερού χρήσης και για θέρμανση/ψύξη χώρων.

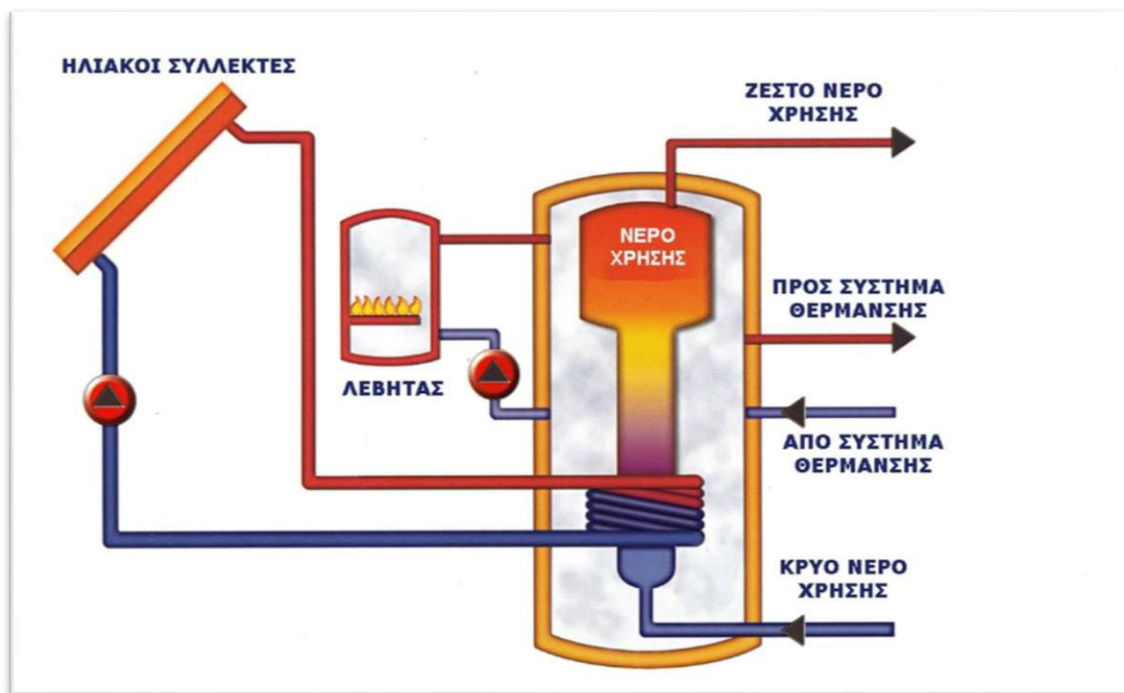
2.5.1 Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης

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 χρησιμοποιηθεί) 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.

2.5.2 Θέρμανση χώρου και ζεστού νερού χρήσης

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για το συνδυασμό παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων γίνεται με την χρήση των συστημάτων solar combi, τα οποία φαίνονται στην Εικόνα 2.13. 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.



Εικόνα 2.13: Λειτουργία συστήματος solar combi [17]

2.5.3 Ηλιακή ψύξη χώρου

Ένα τυπικό σύστημα ηλιακής ψύξης χώρου ή ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και ένα θερμοοδηγούμενο ψύκτη. 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.

2.6 Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στον κτιριακό τομέα

2.6.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

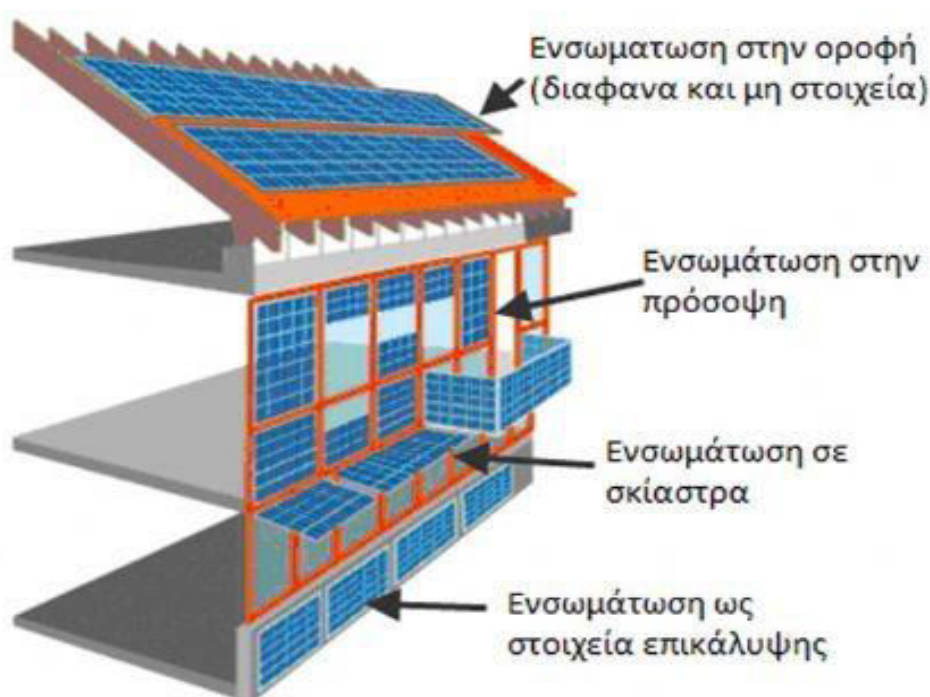
Με τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια ενός τετραγ. μέτρου μία ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φτάσει το 1 kW ενώ η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μία επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (πλαίσια) φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή κυψελών), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει συνήθως τετράγωνο με πλευρά 120 – 160 χιλιοστά. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Οι δύο αυτοί τύποι παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία. Επίσης, εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο. Η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν και μπορεί να έχει τιμές μέχρι και 200 W (Watt) ή και παραπάνω. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 17%-18% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό) ενώ τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (14%-15%), η οποία όμως συγκρινόμενη με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλή. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη.

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: η κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής του κτιρίου, η χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις του κτιρίου και σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα και σκίαστρα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.14. Για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πλαίσια με το πλαίσιο αλουμινίου που διαθέτουν, όπου σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται μία πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα πλαίσια. Αντίθετα, για εφαρμογές σε νέα κτίρια είναι προτιμότερα τα πλαίσια χωρίς το πλαίσιο αλουμινίου, τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωσή τους σαν δομικές επιφάνειες.



Εικόνα 2.14: Εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια [18]

Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέψει τη βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές σε κτίρια, ωστόσο δεν είναι συνήθως δυνατό καθώς υπάρχουν περιορισμοί από τις δεδομένες επιφάνειες του κτιρίου. Οι απώλειες όμως από το μη σωστό προσανατολισμό δεν είναι τόσο σημαντικές σε σχέση με τα οφέλη που προκύπτουν.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να μη δημιουργούνται σκιασμοί των Φ/Β πλαισίων, ιδιαίτερα τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι προκαλείται σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος.

Τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε διασυνδεδεμένα (on-grid) και μη διασυνδεδεμένα (off-grid). Στα πρώτα υπάρχει διασύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. ενώ στα δεύτερα όχι. Τα μη διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα ονομάζονται και αυτόνομα συστήματα και διακρίνονται σε αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση (για χρήση σε νυχτερινές ώρες ή συννεφιά) ή χωρίς αποθήκευση (απευθείας χρήση από τον ήλιο μόνος τις ώρες ηλιοφάνειας πχ σε αντλιοστάσιο). Τα αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση όσο υπάρχει ηλιοφάνεια φορτίζουν τις μπαταρίες-συσσωρευτές (ή αν υπάρχει ζήτηση, στέλνουν την ενέργεια απευθείας στην κατανάλωση - AC

coupling) ενώ όταν δεν υπάρχει ήλιος η ενέργεια αποδίδεται από τις μπαταρίες. Υπάρχει δυνατότητα συνδυασμού επίσης με ανεμογεννήτριες και συνιστούν υβριδικά συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Για λόγους κυρίως κόστους, συνήθως χρησιμοποιούνται σε εξοχικά σπίτια και εν γένει σε κτίρια τα οποία δεν υπάρχει διασύνδεση με τη Δ.Ε.Η. ή υπάρχουν συχνές διακοπές ρεύματος και απαιτείται αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα με τη σειρά τους διακρίνονται σε λογιστικού συμψηφισμού (feed-in tariff) και ενεργειακού συμψηφισμού - αυτοπαραγωγής (net metering). Στα πρώτα ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας πληρώνει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια βάσει συμφωνημένης «ταρίφας». Στα δεύτερα συμψηφίζεται η παραγόμενη με την καταναλισκόμενη ενέργεια, συνήθως όμως χωρίς αποζημίωση της περίσσειας και πιο συγκεκριμένα, ο αυτοπαραγωγός παράγει την ενέργεια που χρειάζεται με τη βοήθεια Φ/Β και την καταναλώνει απευθείας στο κτίριο του την ίδια στιγμή. Το κτίριο παραμένει διασυνδεδεμένο με το δίκτυο δημόσιου ηλεκτρισμού. Όταν δεν του αρκεί η ενέργεια αντί να έχει συσσωρευτές, όπως με ένα αυτόνομο Φ/Β, παίρνει από το δίκτυο. Συνήθως, τοποθετούνται σε μόνιμες κατοικίες ή επιχειρήσεις όπου υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας καθημερινά με σκοπό την μείωση του ενεργειακού κόστους χρήσης του κτιρίου.

2.6.2 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ή αέριων καυσίμων.

Τηλεθέρμανση είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο μονωμένων αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από: το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ), το δίκτυο διανομής του θερμαινόμενου μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό, από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια, τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης, και τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου τηλεθέρμανσης είναι πολλά. Αρχικά γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίηση ενός εγχώριου ενεργειακού πόρου. Βελτιώνεται το βιοτικό επίπεδο, καθώς επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα θέρμανσης, ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν τοπικές θερμάνσεις (τζάκια, ξυλόσομπες κλπ.), ενώ ο καταναλωτής εξασφαλίζει τη θέρμανσή του χωρίς πρόσθετες δικές του φροντίδες (προμήθεια πετρελαίου ή καυσόξυλων, συντήρηση καυστήρα κλπ). Επίσης, γίνεται ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφενός εξαιτίας της χρησιμοποίησης ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας σωστά συντηρούμενου, αντί πολλών λεβήτων διασκορπισμένων στα κτίρια, και αφετέρου εξαιτίας της χρήσης βιομάζας σαν καύσιμο, αντί του πετρελαίου.

2.6.3 Γεωθερμία

Με τον όρο γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλευόμαστε το γεγονός ότι η γη διατηρεί σε σχετικά μικρό βάθος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σταθερή θερμοκρασία (συγκεκριμένα στην Ελλάδα 14-20°C). Η γεωθερμική ενέργεια ανήκει στην κατηγορία των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και η αξιοποίηση της εξοικονομεί το 50-70% της ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά μέσα (πετρέλαιο ή ηλεκτρισμό).

Αναλυτικά για την Γεωθερμία βλέπε Κεφάλαιο 3 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.7 Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους

Η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Οι θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο, κάτι που συμβαίνει το χειμώνα από το εσωτερικό του κτιρίου προς τον εξωτερικό κρύο αέρα, αλλά και το καλοκαίρι, από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερό εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Έτσι, για παράδειγμα, σε πιο ψυχρό καιρό οι απώλειες αυτές πρέπει να ελαχιστοποιηθούν ώστε η θερμότητα που προέρχεται από τα ηλιακά κέρδη και το βοηθητικό σύστημα θέρμανσης να διατηρούνται κατά το δυνατόν μέσα στο κτίριο. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες (τοιχοι, στέγες, πατώματα, κουφώματα) που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμομόνωση υλοποιείται με ποικίλους τρόπους, κάποιοι εκ των οποίων είναι: η χρήση συνδυασμού μεθόδων και δομικών υλικών κατασκευής, η εφαρμογή βελτιωμένων υαλοπινάκων στα κουφώματα, καθώς και η κάλυψη εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου με βλάστηση (φυτεμένο δώμα). Παρακάτω αναλύονται κάθε μια απ' τις τεχνικές θερμομόνωσης που αναφέρθηκαν.

2.7.1 Υλικά κατασκευής

Η επιλογή των θερμομονωτικών υλικών θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις διάφορες καταπονήσεις (μηχανικές, υγροθερμικές και φυσικοχημικές) που υφίστανται τα υλικά στο συγκεκριμένο έργο, δεδομένου ότι οι συγκεκριμένες καταπονήσεις επηρεάζουν άμεσα τη θερμική απόδοσή τους εν τέλει. Κάποια απ' τα υλικά που χρησιμοποιούνται για κτιριακή θερμομόνωση είναι: εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, υαλοβάμβακας, πολουρεθάνη, αφρώδες γυαλί, περλιτοειδή, πετροβάμβακας, φελλός, PVC, Κυψελωτό σκυρόδεμα, θερμομονωτικά τούβλα, πλάκες περλιτοϋάλου.

Τα πιο διαδεδομένα υλικά απ' αυτά στις διάφορες αγορές ανά τον κόσμο είναι η εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη καθώς και ο υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας.

Η χρήση της διογκωμένης πολυστερίνης εξαιτίας της αυξημένης ελαστικότητας του υλικού της, μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης ρωγμών στα επιχρίσματα εξαιτίας των συστολοδιαστολών των υλικών και των δομικών στοιχείων και των κρουστικών σοκ. Παράλληλα η διογκωμένη πολυστερίνη δεν μεταβάλλει τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της στο χρόνο, με αποτέλεσμα να παρέχει αξιόπιστη θερμομόνωση για όσα χρόνια λειτουργεί το κτίριο. Επιπλέον έχει μικρότερο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, με αποτέλεσμα να αναπνέει καλύτερα το κτίριο, ενώ ταυτόχρονα πιθανή υγρασία που μπορεί να βρεθεί πίσω από το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης (είτε κατά την φάση κατασκευής είτε κάποιας αστοχίας σε άλλα δομικά στοιχεία του κτιρίου) μπορεί εξαιτίας της αυξημένης διαπνοής να εξατμιστεί. Η εξηλασμένη πολυστερίνη, από την άλλη πλευρά διαθέτει σχεδόν μηδενική απορροφητικότητα σε υγρασία, έχει πολύ μεγάλη αντοχή σε συμπίεση και ψηλότερο θερμομονωτικό συντελεστή σε σχέση με τη διογκωμένη πολυστερίνη. Τέλος ένα ακόμη πλεονέκτημα της αποτελεί το γεγονός ότι δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια.

Ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, απ' την άλλη πλευρά, είναι υλικά ινώδους μορφής που αποτελούν μία καλή θερμομονωτική λύση, υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύονται απαραίτητα από τη διείσδυση υγρασίας, απ' την οποία και κινδυνεύει να μειωθεί ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Και τα δύο υλικά διαθέτουν ιδιαίτερα μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, πυραντοχή και ηχοαπορροφητικότητα. Έναντι της πολυστερίνης ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας έχουν αφενός χαμηλότερο κόστος παραγωγής και αφετέρου πιο οικολογικό χαρακτήρα, καθώς καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους και απελευθερώνουν μικρότερες ποσότητες CO₂ (ενώσεις που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τέλος το γεγονός ότι έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγή).

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο, καλύπτει εν γένει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

2.7.2 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)

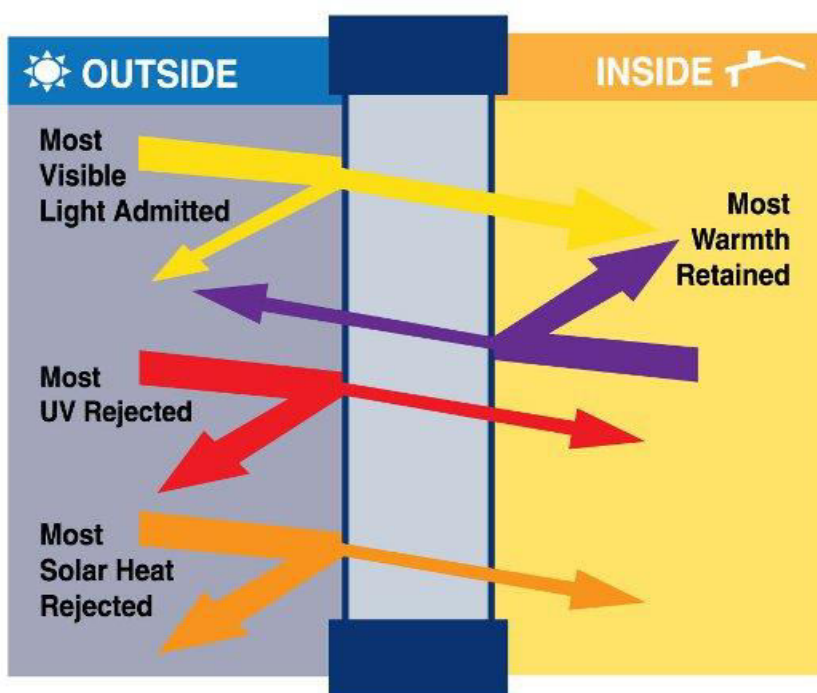
Όλα τα υλικά απορροφούν, αντανακλούν και εκπέμπουν ενέργεια σε μορφή ακτινοβολίας. Όταν η θερμότητα απορροφάται απ' το γυαλί ένα μέρος διαδίδεται μακριά μέσω του κινούμενου αέρα και το υπόλοιπο επανακτινοβολείται απ' την επιφάνεια του γυαλιού. Η ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει ενέργεια ονομάζεται εκπομπή (emissivity). Όλα τα υλικά συμπεριλαμβανομένου και των παραθύρων εκπέμπουν θερμότητα με τη μορφή μεγάλου μήκους κύματος, υπέρυθρη ενέργεια, εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία τους. Αυτή η εκπομπή ή ακτινοβολία θερμότητας είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για ένα παράθυρο. Η μείωση της εκπομπής ενός παραθύρου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις μονωτικές του ιδιότητες.

Τα παράθυρα χαμηλής εκπομπής γνωστά ως Low emissivity αποτελούνται από επιφάνεια που εκπέμπει χαμηλά επίπεδα ακτινοβολούμενης θερμικής ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται όταν υποστεί το γυαλί ειδική επεξεργασία με ένα άορατο μέταλλο ή μεταλλική επίστρωση οξειδίου δημιουργώντας έτσι μια επιφάνεια που αντανακλά τη θερμότητα ενώ επιτρέπει το φως να περάσει από μέσα του. Η θερμότητα που περνά μέσα από γυάλινο παράθυρο μετρείται από το

U-παράγοντα ή το υπεριώδες φως. Όσο χαμηλότερος είναι ο U-παράγοντας τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικό είναι το γυαλί. Αυτός ο τύπος φωτός προέρχεται από τον ήλιο και παράγει τη θερμότητα στα κτίρια. Λόγω αυτής της ενέργειας, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρατηρείται υψηλή λειτουργία των μηχανημάτων κλιματισμού ούτως ώστε να διατηρούν τους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων δροσερούς. Έτσι όλες οι επιστρώσεις ενός Low-e παραθύρου έχουν αναπτυχθεί για να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα του υπεριώδους και του υπέρυθρου φωτός που μπορεί να περάσει μέσα από γυαλί χωρίς να διακυβεύεται η ποσότητα του ορατού φωτός που μεταδίδεται. Αντίθετα, το χειμώνα, το Low-E γυαλί μειώνει την ποσότητα της θερμότητας που χάνεται από τα παράθυρα από το εσωτερικό του κτιρίου, διατηρώντας το κόστος θέρμανσης χαμηλό.

Παράλληλα με την εφαρμογή των ενεργειακών υαλοπινάκων τοποθετείται ανάμεσα στα διπλά τζάμια φυσικό αέριο, διαφορετικό του αέρα, για να ενισχυθούν μ' αυτόν τον τρόπο ακόμη περισσότερο οι μονωτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα, ένα τέτοιο αέριο είναι το Αργό. Το Αργό ανήκει στα βαρέα ευγενή αέρια και θεωρείται ως χημικά αδρανές και ανίκανο να σχηματίσει ενώσεις. Έχει θερμική αγωγιμότητα 67% χαμηλότερη από αυτή του αέρα. Επειδή είναι βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα, καταστέλλει την κίνηση του αερίου εσωτερικά του αεροθαλάμου γι αυτό όταν υφίσταται μέσα σε έναν αεροθάλαμο διπλού υαλοπίνακα δεν μεταφέρει τη θερμότητα από τον ένα υαλοπίνακα στον άλλον.

Ανάλογα με τη θέρμανση του κτιρίου και τις ανάγκες ψύξης, διάφορα είδη Low-e υαλοπινάκων έχουν αναπτυχθεί για να επιτρέπουν υψηλό, μεσαίο ή χαμηλό ηλιακό κέρδος. Η διαφορά μιας επιφάνειας συμβατικού γυαλιού απ' την επιφάνεια ενός Low-e γυαλιού γίνεται άμεσα αντιληπτή απ' τους συντελεστές εκπομπής αυτών· το πρώτο έχει συντελεστή 0.84, δηλαδή το 84% της ακτινοβολίας που προσκρούει στην επιφάνεια του απορροφάται ενώ το 16% μόνο ανακλάται, αντιθέτως το δεύτερο έχει συντελεστή 0.04, που σημαίνει ότι το 4% της ακτινοβολίας απορροφάται ενώ το 96% αντανακλάται. Η πορεία της ακτινοβολούμενης θερμικής ενέργειας όταν προσπίπτει σε Low-e παράθυρο περιγράφεται στην Εικόνα 2.18.



Εικόνα 2.18: Λειτουργία διπλών παραθύρων Low-e [19]

2.7.3 Φυτευτά Δώματα

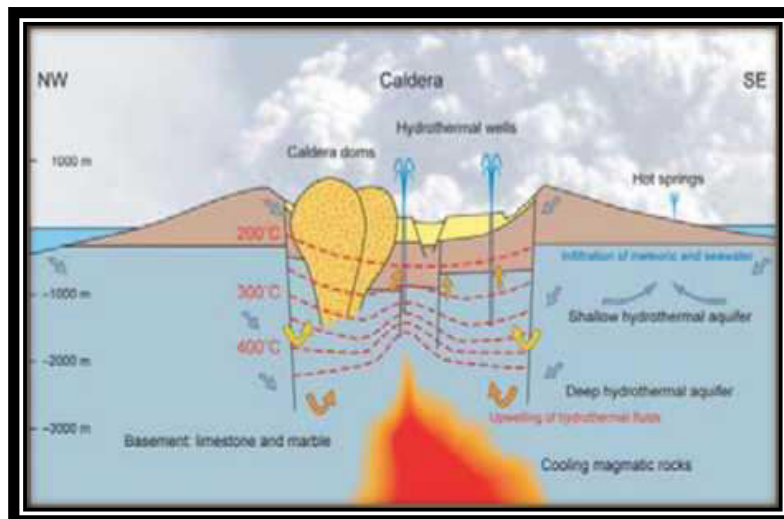
Με τον όρο φυτευμένα δώματα εννοούνται οι φυτεμένες επιφάνειες που αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα). Μια τέτοια τεχνική προσφέρει πολλά οφέλη στο κτίριο, αρχικά προστατεύει την υφιστάμενη μόνωση του δώματος αφού η κάλυψη της με χώμα την προφυλάσσει από ακραίες θερμοκρασίες, από θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και την υπερϊώδη ακτινοβολία, αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής της μόνωσης. Ακόμη λόγω της μικρής θερμοαγωγιμότητας και θερμοχωρητικότητας που έχει το χώματος, αυτή η τεχνική προσφέρει στο κτίριο υψηλή θερμομόνωση, με αποτέλεσμα το κτίριο να δροσίζεται το καλοκαίρι και διατηρεί περισσότερο την εσωτερική θερμοκρασία του το χειμώνα. Σημαντικό πλεονέκτημα των φυτεμένων δωμαίων αποτελεί η ηχομόνωση: ο ανακλώμενος ήχος στην επιφάνεια του απορροφάται από τα φυτά, έτσι μειώνεται η ηχορύπανση στην πόλη αλλά και στην κατοικία. Τέλος βελτιώνει τις περιβαλλοντικές συνθήκες του κτιρίου αφού αυξάνονται οι χώροι πρασίνου στην πόλη, μειώνονται οι εκπομπές του CO₂ και αυξάνεται η παραγωγή οξυγόνου μέσω της φωτοσύνθεσης και εξατμισοδιαπνοής των φυτών καθώς και μειώνεται η απορροή των βρόχινων νερών.

3. Γεωθερμία

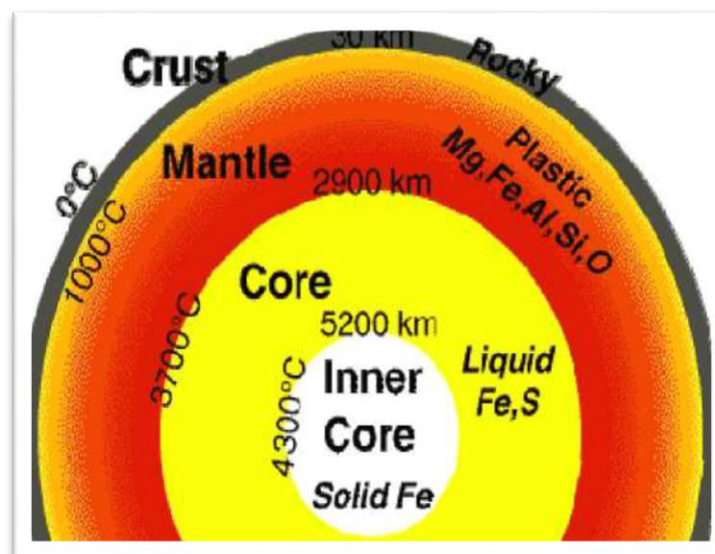
3.1 Γενικά

Γεωθερμία είναι ο εφαρμοσμένος επιστημονικός κλάδος που πραγματεύεται μεταξύ άλλων:

- τη μελέτη της γήινης ροής θερμότητας,
 - τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος,
 - το μηχανισμό της κυκλοφορίας των υπόγειων θερμών ρευστών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, καθώς και τα φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά τους
 - τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων με κατάλληλες παραγωγικές γεωτρήσεις
 - τις χρήσεις των θερμών ρευστών
- [16]



Εικόνα 3.1 Μορφές μετατόπισης των λιθοσφαιρικών πλακών[20]



Εικόνα 3.2 Δομή της Γης[21]

Γεωθερμικοί πόροι (geothermal resources) είναι οι ποσότητες της θερμικής ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη ανάμεσα στην επιφάνεια της γης και σε κάποιο προσβάσιμο βάθος και μπορεί να ανακτηθεί με ανταγωνιστικό κόστος σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας [16]

Γεωθερμική ενέργεια είναι στην κυριολεξία η θερμότητα που εμπεριέχεται στη γη, η οποία είναι τεράστια σε μέγεθος και δημιουργεί διάφορα γεωλογικά φαινόμενα [16]

Συνήθως με τον όρο «γεωθερμική ενέργεια», εννοούμε το τμήμα της γήινης θερμότητας που βρίσκεται αποθηκευμένο με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες (< 3 km) [16].

Η ενέργεια αυτή βρίσκεται συνήθως περιορισμένη σε μία γεωθερμική περιοχή ή πεδίο (geothermal area ή field) με συγκεκριμένα επιφανειακά όρια [16].

Ως γεωθερμική χρήση αναφέρεται η οικονομική εκμετάλλευση του ατμού ή των θερμών νερών [16]

Γεωθερμική βαθμίδα ονομάζεται ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας της γης με το βάθος και η μέση τιμή της είναι 30°C ανά km [16]

3.1.1 Επιφανειακές εκδηλώσεις της θερμότητας της γης

Ηφαιστειακές εκρήξεις: το εντυπωσιακότερο φυσικό φαινόμενο της γήινης θερμότητας



Εικόνα 3.3 Αίτνα [22]

Υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες: σχηματίζονται ύστερα από «έκρηξη» υπέρθερων γεωθερμικών ρευστών που βρίσκονται εγκλωβισμένα σε μικρό βάθος υπό πίεση, και τα οποία ανατινάζουν τα υπερκείμενα πετρώματα



Εικόνα 3.5 Ο εντυπωσιακότερος υδροθερμικός κρατήρας, που έγινε σε ιστορικούς χρόνους και έχει το μυθολογικό όνομα του Πολυβώτη, βγάζει ακόμα υπέρθερμους ατμούς και θερμά αέρια [23]

Θερμές πηγές (hot springs): φυσικές εξοδοί ζεστού νερού, κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, με θερμοκρασία μέχρι το σημείο ζέσεως του νερού. Μερικές φορές εντυπωσιακή παροχή (π.χ. πηγές των Θερμοπυλών, ~ 1000 m³/h)



Εικόνα 3.6 Φωτογραφία των θερμών και Νυμφόπετρα πηγών στις Θερμοπύλες [24]

- Αποθέσεις αλάτων όπως πυριτικές αποθέσεις, ανθρακικές αποθέσεις και τραβερτίνες (π.χ. Yellowstone National Park Η.Π.Α. και στο Pamukkale της Τουρκίας)



Εικόνα 3.7 Αποθέσεις ανθρακικών αλάτων από θερμές πηγές με το σχηματισμό εντυπωσιακών αναβαθμίδων στο Mammoth Springs, Yellowstone National Park, Η.Π.Α. και στο Pamukkale της Τουρκίας (η Ελληνιστική και Ρωμαϊκή πόλη της Ιεράπολης)[25,26]

- Ατμίδες (fumaroles): αναδύσεις υπέρθερμων ατμών και αερίων που βγαίνουν από ρωγμές ή τρύπες του εδάφους χωρίς πίεση. Περιέχουν κυρίως CO₂, SO₂, H₂S κ.ά. Όταν περιέχουν αρκετές ποσότητες H₂S = θειωνίες (solfataras), όταν περιέχουν μόνο O₂= μοφέτες (mofettes)



Εικόνα 3.8 Ατμίδα [27]

- θερμά εδάφη (hot grounds): σχηματίζονται συνήθως από τη θερμική αγωγή των πετρωμάτων που παρεμβάλλονται μεταξύ της επιφάνειας της γης και των υποκείμενων αβαθών και θερμών ρευστών. Έχουν θερμοκρασίες που φτάνουν μέχρι και 100°C στην επιφάνεια του εδάφους. Στη Μήλο έχουμε μια τέτοια περιοχή με έκταση 15000 m², στη θέση «Χάρου Θειάφες» κοντά στον Αδάμαντα.
- Θερμοπίδακες (geysers): αποτελούν ειδική περίπτωση ζέουσων θερμών πηγών και δημιουργούνται από την κυκλοφορία υπέρθερμων υπόγειων νερών σε μικρό βάθος.
- σχεδόν περιοδική και εντυπωσιακή μερικές φορές έκρηξη νερού και υδρατμών
- ιδιαίτερα σπάνιο φαινόμενο και παρατηρούνται σε ενεργές ηφαιστειακά περιοχές (<1000 θερμοπίδακες σε όλο τον κόσμο, στις Η.Π.Α., Ρωσική Δημοκρατία, Ν. Ζηλανδία, Ισλανδία και Χιλή).



Εικόνα 3 9 Ο θερμοπίδακας Old Faithful στο Yellowstone National Park, ΚΠ.Α[28]

3.2 Γεωθερμικά Πεδία

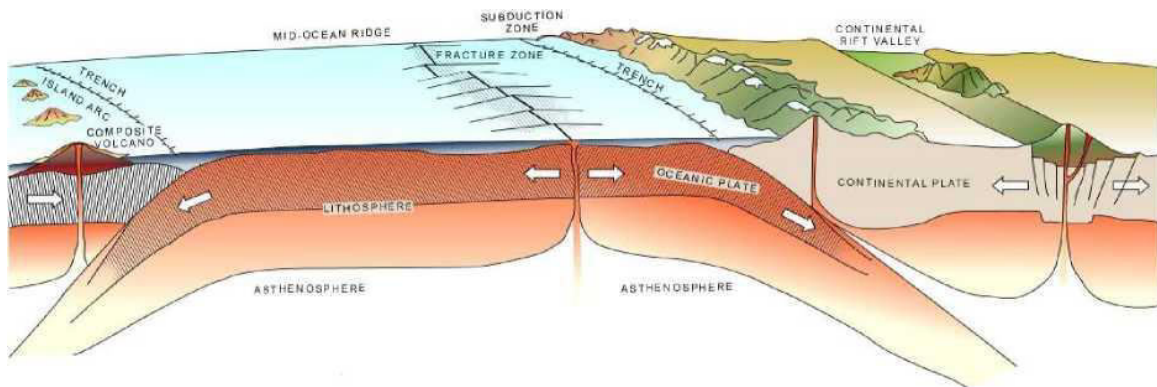
Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων, δημιουργώντας έτσι υπέρθερμες περιοχές με γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από $700^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Το σημαντικότερο από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών: Το εξωτερικό κέλυφος της γης, η λιθόσφαιρα, δεν είναι ενιαίο αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθοσφαιρικές πλάκες.

Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε μια διαρκή κίνηση που πραγματοποιείται με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο. Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα:

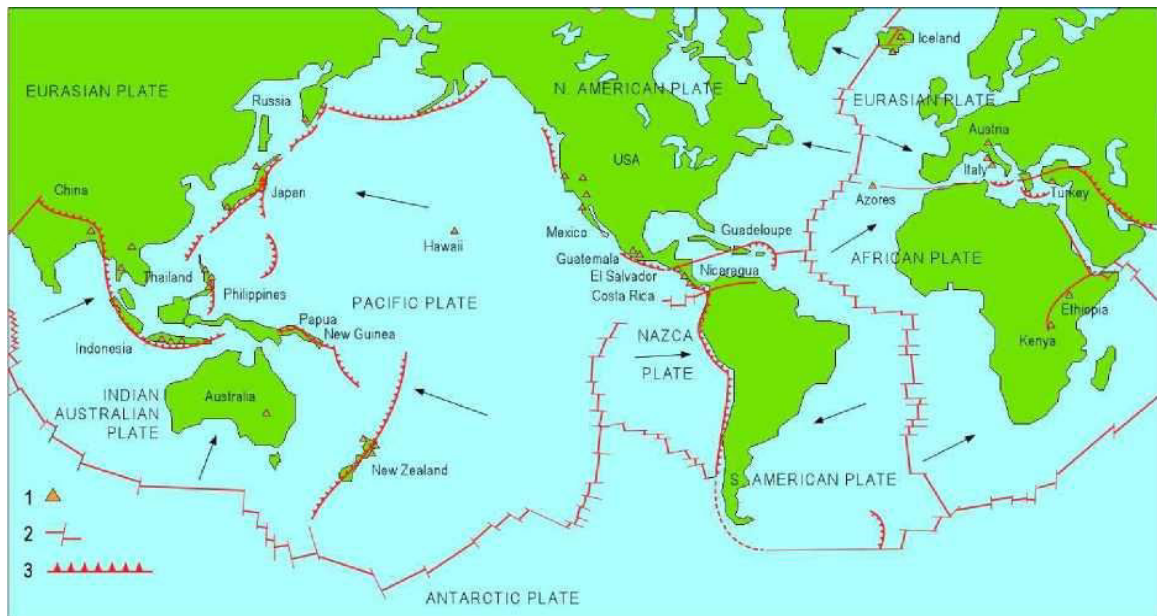
- ❖ Οι δύο πλάκες αποκλίνουν, δηλαδή κινούνται έτσι που να απομακρύνονται η μια από την άλλη. Στο κενό που αφήνουν, αναβλύζει μάγμα που στερεοποιείται, γεμίζει το κενό

και δημιουργεί καινούργια λιθόσφαιρα, Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι λεγόμενες "ράχες".

- ❖ Οι δύο πλάκες συγκλίνουν έτσι που η μια να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά να απορροφάται από το μανδύα ή να καταστρέφεται. Φαινόμενα τριβής στα όρια των πλακών έχουν σαν αποτέλεσμα, μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι "τάφροι". Στις τάφρους η λιθόσφαιρα καταστρέφεται με το ρυθμό που δημιουργείται στις ράχες.
- ❖ Οι δύο πλάκες "γλιστρούν" η μια παράλληλα στην άλλη με τρόπο που ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα.



Εικόνα 3.10 Σχηματική τομή που δείχνει τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις τεκτονικές Πλάκες [29]

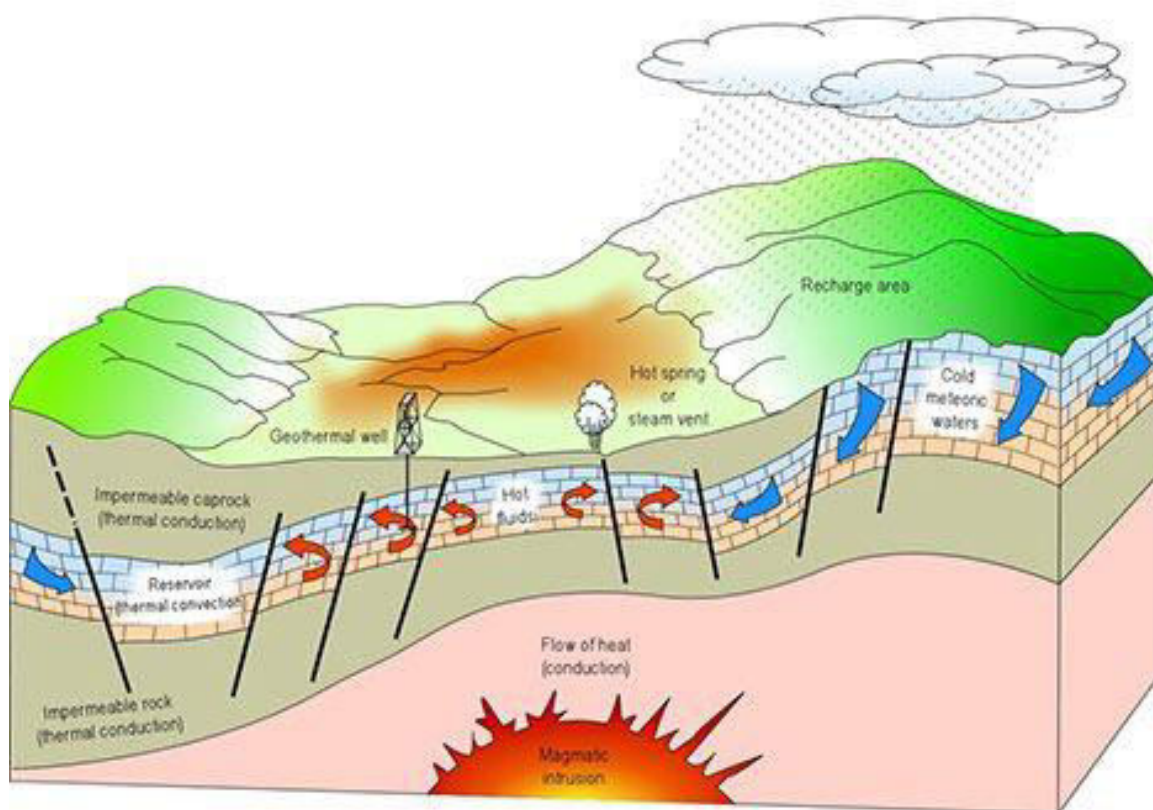


Πίνακας 1 Τεκτονικές πλάκες, μεσοκεάνιες ράχες, ωκεάνιες τάφροι, ζώνες καταβύθισης και γεωθερμικά πεδία. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών προς τις ζώνες καταβύθισης.

Τόσο οι "τάφροι" όσο και οι "ράχες" συνδέονται με ηφαιστειακή δράση και κατά συνέπεια με υπέρθερμες περιοχές. Γι' αυτό και τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή στα όρια των λιθوسفαιρικών πλακών, τις λεγόμενες "ζώνες σεισμικών εστιών". Περιοχές με μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον, δηλαδή με γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών.

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε πως γεωθερμικά πεδία είναι οι περιοχές στις οποίες οι συνθήκες για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ευνοϊκές. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα [10]:

- Αυξημένη (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) θερμική ροή. Αυτή συνδέεται με την ύπαρξη μαγματικού όγκου σε μικρό σχετικά βάθος.
- Ύπαρξη υπόγειου υδροφορέα, σε βάθος μικρότερο των 3 km, ο οποίος θερμαίνεται από τον μαγματικό όγκο. Μεταξύ του υδροφορέα και της πηγής θερμότητας πρέπει να υπάρχουν θερμοπερατά στρώματα ή ρήγματα, που ευκολύνουν την κυκλοφορία ρευστών [εικόνα 3.10].
- Ύπαρξη πρακτικά αδιαπέρατου, θερμικά και υδραυλικά, στρώματος πάνω από τον υδροφορέα, για την προστασία του θερμικού περιεχομένου του.



Εικόνα 3.11 Σχηματική παράσταση γεωθερμικού πεδίου[30]

Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται, όπως και οι γεωθερμικές ενεργειακές πηγές, σε υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας (Πίνακας 3.1). Είναι φανερό ότι τα πεδία ψηλής ενθαλπίας είναι πολύ πιο αποδοτικά από οικονομική και τεχνική άποψη. Τα χαμηλής ενθαλπίας όμως είναι πολύ περισσότερα.

Είδος πηγής	(α)	(β)	(γ)	(δ)
Χαμηλής ενθαλπίας	$T < 90^{\circ}\text{C}$	$T < 125^{\circ}\text{C}$	$T < 100^{\circ}\text{C}$	$T < 150^{\circ}\text{C}$
Μέσης ενθαλπίας	$90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$	$125^{\circ}\text{C} < T < 225^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C} < T < 200^{\circ}\text{C}$	-
Υψηλής ενθαλπίας	$T > 150^{\circ}\text{C}$	$T > 225^{\circ}\text{C}$	$T > 200^{\circ}\text{C}$	$T > 150^{\circ}\text{C}$

Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση γεωθερμικών πεδίων.

Η ύπαρξη όμως υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας σε κάποια περιοχή δεν είναι η μοναδική συνθήκη-προϋπόθεση για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Η γεωθερμική ενέργεια είναι πρωτογενώς αποθηκευμένη μέσα στα πετρώματα, είναι διασκορπισμένη μέσα στη μάζα τους και πρέπει να συγκεντρωθεί και να μεταφερθεί στην επιφάνεια της γης, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί. Το μεταλλικό νερό (σε υγρή ή αέρια φάση) που περιέχεται μέσα σε πορώδη πετρώματα ή σε συστήματα ρηγμάτων αποτελεί το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα από τα πετρώματα αυτά στην επιφάνεια της γης. Έτσι, η παραγωγικότητα μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται και συχνά καθορίζεται από την υδρολογία των γεωλογικών σχηματισμών. "εν έχουν όμως όλες οι θερμικές περιοχές κατάλληλη υδρολογία που αποτελεί τη δεύτερη συνθήκη για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Κατά συνέπεια, ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο είναι συνδυασμός θερμών πετρωμάτων και ύπαρξης νερού που να κυκλοφορεί μέσα σ' αυτά.

Το οικονομικό ενδιαφέρον των γεωθερμικών πεδίων, όπως και όλων των γεωθερμικών πηγών, εξαρτάται και από τη μέγιστη παροχή γεωθερμικού ρευστού που μπορεί να αντληθεί, χωρίς εξάντληση του νερού του θερμού υδροφορέα και χωρίς σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του (δηλαδή με βιώσιμη διαχείριση της ανανεώσιμης ενεργειακής πηγής). Η παροχή αυτή εξαρτάται από τον όγκο και τη διαπερατότητα του υδροφόρου στρώματος, καθώς και από την τροφοδοσία του σε νερό και τη διαδικασία θέρμανσής του.

3.2.1 Γεωθερμικά Πεδία υψηλής ενθαλπίας

Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας, που παρέχεται από τα αντίστοιχα πεδία χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκμετάλλευση άρχισε από γεωθερμικά πεδία που παράγουν ξηρό ατμό. Η πρώτη μονάδα λειτούργησε στο Larderello, όπως αναφέρθηκε, το 1913 και είχε ισχύ 250 KW. Σήμερα η εκμετάλλευση έχει επεκταθεί και σε πεδία, τα οποία παράγουν θερμό νερό, ενώ η συνολική εγκαταστημένη ισχύς έχει ξεπεράσει τα 8000 MW. Στην Ελλάδα υπάρχουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, που συνδέονται με το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. Πιο γνωστό είναι το πεδίο της Μήλου, όπου έγινε προσπάθεια για κατασκευή σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς όμως να ολοκληρωθεί. Εξίσου αξιόλογο είναι και το γεωθερμικό πεδίο της Νισύρου.

3.2.2 Γεωθερμικά Πεδία χαμηλής ενθαλπίας

Στις περιοχές της Γης με κανονική θερμοβαθμίδα, δηλαδή στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, η θερμοκρασία σε βάθος 2000 m φθάνει τους 80°C. Επομένως όλοι οι υδροφορείς που υπάρχουν σ' αυτό το βάθος, αποτελούν γεωθερμικές πηγές χαμηλής ενθαλπίας. Για την εκμετάλλευσή τους απαιτούνται γεωτρήσεις μεγάλου βάθους. Γι' αυτό το κόστος κατασκευής και λειτουργίας είναι σχετικά μεγάλο. Πάντως σε ορισμένες χώρες γίνεται εκτεταμένη εκμετάλλευση των πηγών αυτών.

Ενεργειακές πηγές πολύ χαμηλής ενθαλπίας αποτελούν οι υδροφορείς που βρίσκονται σε μικρό βάθος. Σε κλιματικές συνθήκες όμοιες με τις ελληνικές, η θερμοκρασία σε βάθος 30-50 m κυμαίνεται από 12°C ως 15°C. Επομένως το νερό των υδροφορέων αυτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, με τη βοήθεια αντλίας θερμότητας. Η απόδοση των πηγών αυτών βελτιώνεται, αν το καλοκαίρι διοχετεύεται στον υδροφορέα νερό, που έχει θερμανθεί με ηλιακούς συλλέκτες (ηλιογεωθερμία). Ο συνδυασμός αυτός παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τη χώρα μας.

Κριτήρια αξίας των γεωθερμικών πηγών χαμηλής ενθαλπίας είναι το ποσό θερμίδων που παρέχουν και η θερμοκρασία του παρεχομένου νερού. Για τον λόγο αυτό η ενέργεια που παράγεται από τις πηγές αυτές, μετρείται με βάση την ποσότητα πετρελαίου που υποκαθιστούν στη θέρμανση κάποιου χώρου (ή σε άλλη χρήση). Η μονάδα μέτρησης ονομάζεται TEP (Tonne Equivalent Petrole = ισοδύναμο τόνου πετρελαίου).

Η χώρα μας παρουσιάζει ένα αρκετά αξιόλογο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας. Με τις σημερινές γνώσεις μας από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από άλλες ενδείξεις στα γεωθερμικά πεδία, εκτιμάται ότι το βεβαιωμένο συνολικό δυναμικό της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (με βάση την απόρριψη των νερών σε θερμοκρασίες περίπου 25°C) ανέρχεται σε 700-800 MWth, περίπου.

3.3 Αβαθής γεωθερμία

3.3.1 Εισαγωγή

Ομαλή ή αβαθής γεωθερμική ενέργεια καλείται η ενέργεια που προέρχεται από την εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό και βρίσκονται σε μικρό βάθος.

Οι θερμοκρασίες των πετρωμάτων και υπόγειων νερών, που αναπτύσσει η ομαλή γεωθερμική ενέργεια σε βάθη 0-200 m, είναι κατά το πλείστον κατώτερες από 25°C.

Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για αβαθή υπεδαφική θερμότητα, η οποία είναι μία περιβαλλοντική ενέργεια, όταν μάλιστα μέρος αυτής, κυρίως στα βάθη των 0-30 m περίπου, είναι ηλιακής προέλευσης. Στα βάθη 0-15 m το ποσοστό της θερμότητας ηλιακής προέλευσης γίνεται εμφανές, αυξανόμενο καθώς μικραίνει η απόσταση από την εδαφική επιφάνεια και καθώς μεγαλώνει το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Η περιβαλλοντική θερμική ενέργεια αξιοποιείται με τις αντλίες θερμότητας, οι οποίες αποτελούν σήμερα σημαντικό μέσο εξοικονόμησης ενέργειας και περιορισμού των ρυπογόνων καυσίμων.

3.3.1.1 Εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας

Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται σήμερα εμπορικά με αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού. Η εκμετάλλευση αυτής της μορφής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους. Χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας είτε τα αβαθή υπόγεια νερά, είτε τη θερμοκρασία των πετρωμάτων μικρού βάθους.

Πλεονέκτημα των αβαθών γεωθερμικών πηγών είναι οι σταθερές θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αφού δεν επηρεάζονται από τις θερμοκρασιακές και μετεωρολογικές, εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές που συμβαίνουν στην επιφάνεια της Γης [11].

3.3.1.2 Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος (Ground-coupled heat pumps)

Περιλαμβάνουν μηχανικές αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν το νερό το οποίο προέρχεται από υπόγειες πηγές (κρύες, χλιαρές ή θερμές γεωτρήσεις, εγκαταλειμμένα ορυχεία, κλπ) με θερμοκρασία 10-30°C, επιφανειακές πηγές (λίμνες, ποταμοί, θάλασσα) θερμοκρασίας 5-25°C, γεωτρήσεις με εναλλάκτες θερμότητας, που παράγουν νερό θερμοκρασίας 0-15°C.

Χαρακτηρίζονται από αποδοτικότητα υψηλής ενέργειας με ένα μέσο συντελεστή απόδοσης (COP) 3 για τις εγκατεστημένες μονάδες. COP είναι ο συντελεστής απόδοσης μίας αντλίας θερμότητας και ορίζεται ως ο λόγος της ωφέλιμης ενέργειας που παράγεται προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Οι νέες μονάδες έχουν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης (> 4,0) [19].

Ένα σύστημα αποτελείται από 1) τη μηχανική μονάδα της αντλίας θερμότητας, 2) τον εναλλάκτη θερμότητας κλειστού ή ανοικτού συστήματος, και 3) το σύστημα κυκλοφορίας νερού στο κτίριο.

Οι αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος μπορούν να παράγουν νερό θερμοκρασίας 40-60°C και κατά συνέπεια, συνδυάζονται με συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας όπως τις τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coils), τη θέρμανση δαπέδων και τις μονάδες τροφοδοσίας αέρα (air handling). Μπορούν επίσης να παρέχουν ψύξη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου για τα θερμότερα κλίματα.

Στην Ελλάδα, η εγκατεστημένη ισχύς γεωθερμικών αντλιών θερμότητας περιλαμβάνει λίγες πιλοτικές εφαρμογές και αντιστοιχεί σε 4 MWth περίπου.

3.4 Γεωθερμικά Ρευστά

3.4.1 Προέλευση των γεωθερμικών ρευστών

Κύριο γεωθερμικό ρευστό είναι το νερό, σε υγρή ή αέρια κατάσταση. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται στα επόμενα και ο όρος γεωθερμικό νερό. Το γεωθερμικό ρευστό έχει και άλλα στερεά ή αέρια συστατικά, τα οποία είναι επιβλαβή και δυσχεραίνουν την θερμική εκμετάλλευση, αν και μερικές φορές δίνουν χρήσιμα παραπροϊόντα (όπως CO₂ για τη βιομηχανία αναψυκτικών).

Το γεωθερμικό νερό προέρχεται από [10]:

- **Μετεωρικό νερό** (Meteoric water), δηλαδή νερό που πρόσφατα συμμετείχε στηνατμοσφαιρική κυκλοφορία και κατείδωσε μέχρι τον θερμό υδροφορέα.
- **Ωκεάνιο νερό** (Ocean water), που εισδύει στον φλοιό στις περιοχές ωκεάνιας απομάκρυνσης.
- **Νέο νερό** (Juvenile water), που προέρχεται από το μάγμα και δεν συμμετείχε προηγουμένως στην υδρόσφαιρα.
- **Συγγενές νερό** (Connate water), δηλαδή απολιθωμένο νερό, που εμπεριέχεται σειζήματα από τον χρόνο εναπόθεσής τους.
- **Μαγματικό νερό** (Magmatic water), δηλαδή νερό άλλων κατηγοριών (όχι νέο), που σε κάποια φάση αποτέλεσε μέρος του μάγματος.
- **Μεταμορφικό νερό** (Metamorphic water), που προκύπτει από την ανακρυστάλλωση υδρομεταλλικών ενώσεων κατά τη διαδικασία της μεταμόρφωσης.

Όπως προέκυψε από την ανάλυση των σταθερών ισοτόπων του υδρογόνου και του οξυγόνου, το γεωθερμικό νερό έχει κυρίως μετεωρική προέλευση. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύθηκε με πειράματα, που αφορούν στη σύσταση του γεωθερμικού ρευστού.

Το ωκεάνιο νερό αποτελεί την κύρια πηγή των υποθαλάσσιων γεωθερμικών συστημάτων, που βρίσκονται κοντά σε ωκεάνιες ράχες, αλλά και ορισμένων γεωθερμικών πεδίων, που βρίσκονται στην ξηρά. Τα ρευστά των πεδίων αυτών διακρίνονται από τη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε μέταλλα, που είναι αποτέλεσμα της μεγάλης οξύτητάς τους.

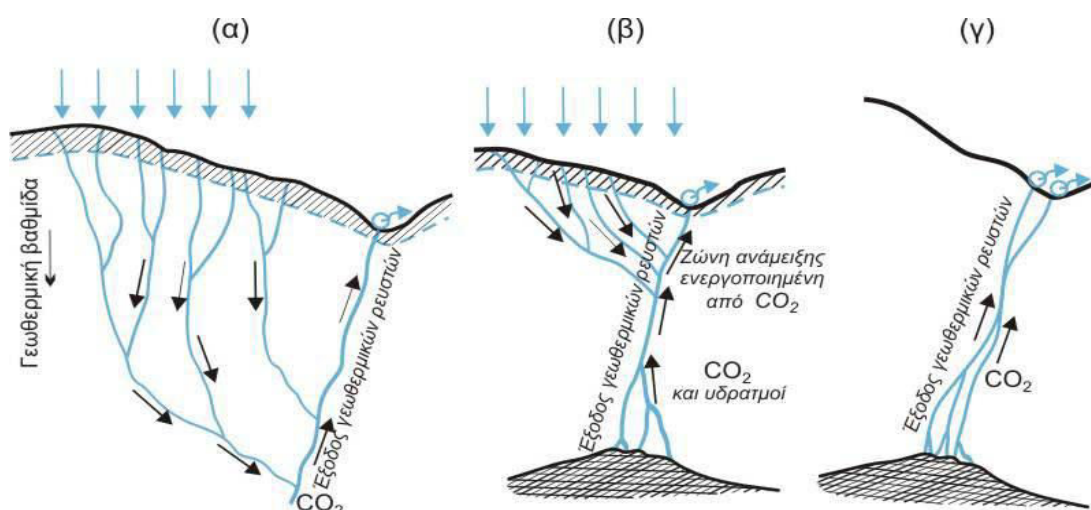
3.4.2 Διαδικασία θέρμανσης των γεωθερμικών ρευστών

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το γεωθερμικό ρευστό έχει κυρίως μετεωρική προέλευση, δηλαδή προέρχεται από τις κατακρημνίσεις. Το νερό από τις βροχές και τα χιόνια εισχωρεί στο έδαφος και σιγά-σιγά προχωρεί στο εσωτερικό της γης φτάνοντας σε βάθη μέχρι και 5 km. Στην πορεία του θερμαίνεται λόγω της υψηλής θερμικής ροής και στη συνέχεια βρίσκεται διόδους μέσα από ρήγματα και ρωγμές και επιστρέφει στην επιφάνεια. Η περιοχή τροφοδοσίας του συστήματος μπορεί να βρίσκεται πολύ κοντά στο πεδίο ή σε μεγάλη από αυτό απόσταση μέχρι και 200 km, οπότε και η διαδρομή του ρευστού ποικίλλει ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Το νερό, λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας, λειτουργεί και σαν "συμπυκνωτής" θερμότητας. Η μέση θερμοχωρητικότητα των πετρωμάτων που βρίσκονται στα πρώτα 10 km από την επιφάνεια της γης είναι 85 kJ/kg, ενώ του νερού στην ίδια μέση θερμοκρασία (1300°C) είναι 420 kJ/kg, δηλαδή πενταπλάσια.

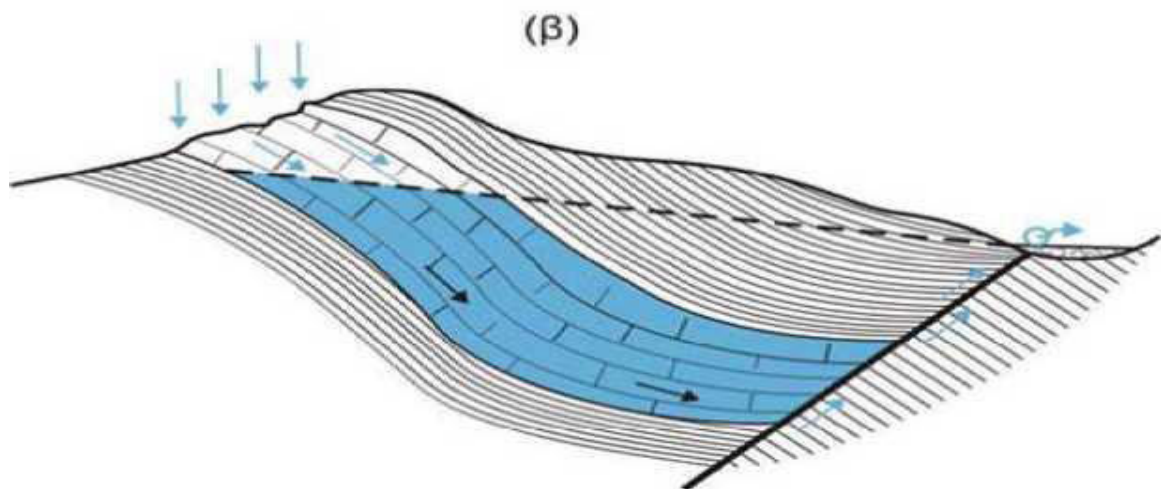
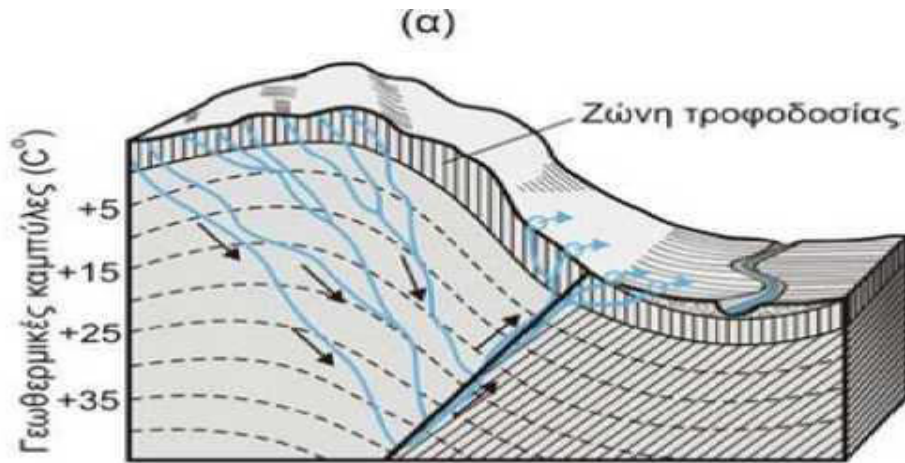
Η θέρμανση του κρύου νερού των επιφανειακών στρωμάτων, που κατεισδύει και συγκεντρώνεται τελικά στον γεωθερμικό υδροφορέα, ακολουθεί μια από τις τρεις διαδικασίες που περιγράφονται στη συνέχεια [10]:

- Το νερό κατεισδύει μέσα από ρηγματώσεις, μέχρι τον γεωθερμικό υδροφορέα και εκεί θερμαίνεται με αγωγή. Πηγή θερμότητας είναι κάποιος μαγματικός όγκος, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος, ή η γενική θερμική ροή της Γης. Η διαδικασία αυτή συμβαίνει σε γεωθερμικά συστήματα με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, που κατά κανόνα δεν ξεπερνά τους 150°C στα προσιτά στον άνθρωπο βάθη.
- Το νερό του γεωθερμικού υδροφορέα κατεισδύει σε μεγαλύτερο βάθος μέσα από σχισμές και ρήγματα, και πλησιάζει τον μαγματικό όγκο, ο οποίος αποτελεί την πηγή της θερμότητας. Κατά την κίνησή του αυτή το νερό θερμαίνεται (με αγωγή από τα πετρώματα με τα οποία έρχεται σε επαφή) και ανεβαίνει πάλι στον γεωθερμικό υδροφορέα μέσα από άλλα ρήγματα, λόγω άνωσης. "ηλαδή στην περίπτωση αυτή η φυσική συναγωγή παίζει τον κύριο ρόλο στη θέρμανση του νερού. Όπως είναι φυσικό, υδροθερμικά συστήματα με συναγωγή εμφανίζονται γενικά μεγαλύτερες θερμοκρασίες, σε σχέση με τα συστήματα της προηγούμενης κατηγορίας. Οι θερμοκρασίες αυτές αντιστοιχούν κατά κανόνα σε πεδία μέσης και υψηλής ενθαλπίας.
- Το μετεωρικό νερό κατεισδύει σε μεγάλο βάθος, θερμαίνεται με συναγωγή από κάποιον μαγματικό όγκο και βράζει. Ο υδρατμός που δημιουργείται, τροφοδοτεί τον υδροφορέα του γεωθερμικού πεδίου, που βρίσκεται σε μικρότερο βάθος. Οι απώλειες λόγω αγωγής από τα τοιχώματα του υδροφορέα αυτού, ισοσταθμίζονται από τη συμπύκνωση μέρους του ατμού. Το συμπύκνωμα επιστρέφει στο βαθύτερο στρώμα ακολουθώντας τους μικρότερους πόρους, αντίθετα με τον ατμό, που κατά την άνοδό του προς τον γεωθερμικό υδροφορέα ακολουθεί τις ευρύτερες διόδους.

Σε όλες τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν, το γεωθερμικό ρευστό τείνει να κινηθεί προς την επιφάνεια του εδάφους μέσα από φυσικές διόδους του καλύμματος του υδροφορέα, λόγω υδραυλικού φορτίου και άνωσης. Αν φθάσει στην επιφάνεια, σχηματίζει θερμές πηγές ή ατμίδες, που αποτελούν χαρακτηριστικά καθοδηγητικά στοιχεία για τον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων.



Εικόνα 3.12 : Θερμή πηγή με μετεωρικό νερό (α), με μετεωρικό + «νεαρό» νερό (β) και με «νεαρό» νερό (γ)[31]



Εικόνα 3.13 Περιπτώσεις δημιουργίας θερμών πηγών [32]

3.5 Γεωθερμικά Συστήματα

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μία φυσική πηγή ενέργειας με γήινη προέλευση, η οποία βρίσκεται σε ένα γεωλογικό χώρο που σχηματίζει στο σύνολό του ένα γεωθερμικό σύστημα (6).

Η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού είναι πολύ πιθανή σε εκείνες τις περιοχές της γης όπου μάζες ρευστών ανεβαίνουν προς την επιφάνεια. Τέτοιες περιοχές συνδέονται με γεωλογικά πολύ πρόσφατη ή και ενεργό ηφαιστειότητα όπως και με περιοχές όπου η γεωθερμική βαθμίδα $> 30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ [4].

Στην πρώτη περίπτωση, οι θερμοκρασίες μπορεί να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα, από σχετικά χαμηλές τιμές μέχρι και μεγαλύτερες από 400°C .

Στη δεύτερη περίπτωση, τα γεωθερμικά συστήματα χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες, που συνήθως δεν ξεπερνούν τους 100°C σε οικονομικά και προσβάσιμα βάθη.

Ένα γεωθερμικό σύστημα σχηματικά μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύστημα που βρίσκεται σε περιορισμένο χώρο στον ανώτερο φλοιό της γης και αποτελείται από κινούμενο νερό το οποίο μεταφέρει θερμότητα από μια πηγή σε μια δεξαμενή θερμότητας, που συνήθως είναι μια ελεύθερη επιφάνεια .

Έτσι λοιπόν, ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από τρία στοιχεία:

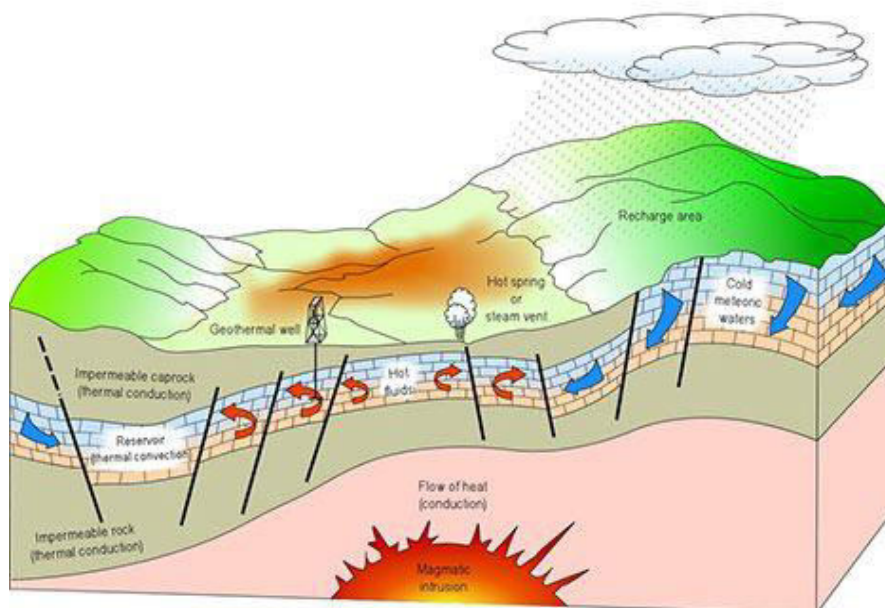
- την εστία θερμότητας,
- τον ταμιευτήρα και το
- ρευστό, το οποίο λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας

Η εστία θερμότητας μπορεί να είναι είτε μια πολύ υψηλής (>600°C) θερμοκρασίας μαγματική διείδυση που έχει φτάσει σε σχετικά μικρά βάθη (5-10 km) ή, στα χαμηλής θερμοκρασίας συστήματα, η κανονική θερμοκρασία των πετρωμάτων του εσωτερικού της γης, η οποία όπως αναφέρθηκε αυξάνεται με το βάθος.

Ο ταμιευτήρας είναι ένας σχηματισμός από θερμά υδατοπερατά πετρώματα, που επιτρέπει την κυκλοφορία των ρευστών μέσα σε αυτόν και από τον οποίο τα ρευστά αντλούν θερμότητα. Πάνω από τον ταμιευτήρα βρίσκεται συνήθως ένα κάλυμμα αδιαπέρατων πετρωμάτων. Ο ταμιευτήρας πολλές φορές συνδέεται με μια επιφανειακή περιοχή τροφοδοσίας, δια μέσου της οποίας μετεωρικό ή επιφανειακό γενικά νερό κατεβαίνει και αντικαθιστά μερικώς ή ολικώς τα ρευστά που φεύγουν από τον ταμιευτήρα και εξέρχονται στην επιφάνεια με τη μορφή θερμών πηγών ή αντλούνται από γεωτρήσεις.

Το γεωθερμικό ρευστό συνήθως είναι νερό, στις περισσότερες περιπτώσεις μετεωρικής προέλευσης, το οποίο, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στον ταμιευτήρα, βρίσκεται σε υγρή ή αέρια κατάσταση. Συχνά το ρευστό είναι εμπλουτισμένο σε χημικά στοιχεία και αέρια, όπως CO₂, H₂S, κλπ.

Στην εικόνα 3.14 αποτυπώνεται σε πολύ απλουστευμένη μορφή ένα πρότυπο γεωθερμικό σύστημα.



Εικόνα 3.14: Σχηματική αναπαράσταση ενός ιδανικού γεωθερμικού συστήματος[33]

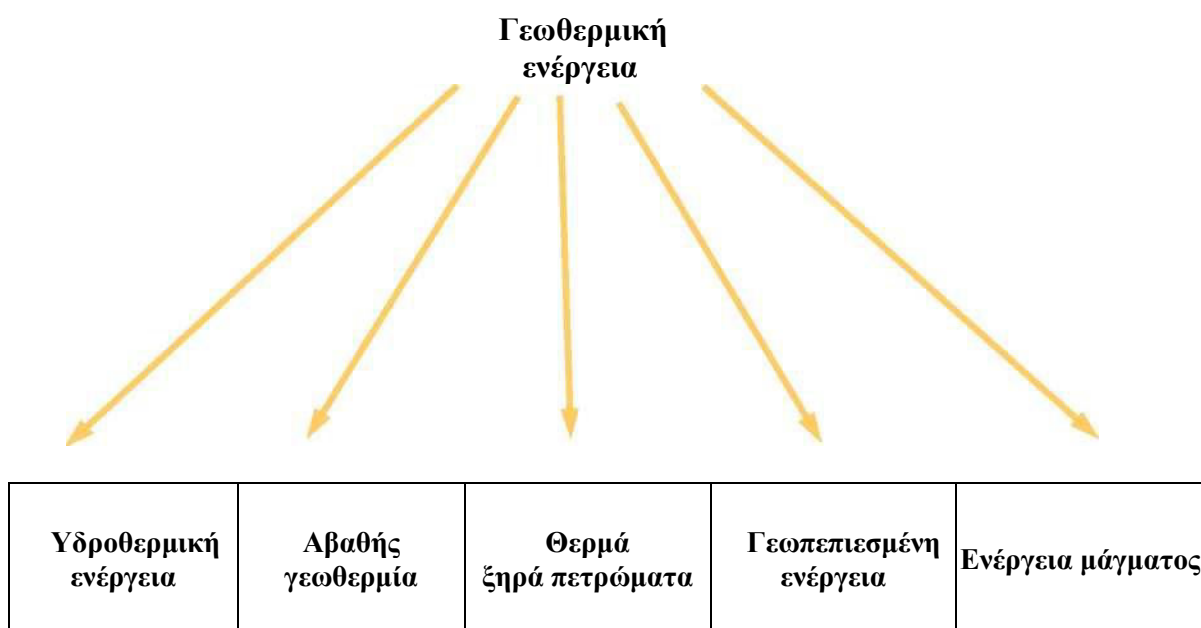
Εδώ και αρκετά χρόνια, η τεχνική επανεισαγωγής των ρευστών στον ταμιευτήρα εφαρ- μόζεται σε πολλές περιοχές του κόσμου, ως ένα μέσο δραστηκής μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των γεωθερμικών εγκαταστάσεων.

Η χρήση των γεωτρήσεων επανεισαγωγής για τεχνητή επανατροφοδοσία μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανανέωση και συντήρηση κάποιων παλιών ή εξαντλημένων γεωθερμικών πεδίων. Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του γεωθερμικού πεδίου ‘The Geysers’ της Καλιφόρνιας (ΗΠΑ), ενός από τα μεγαλύτερα γεωθερμικά πεδία στον κόσμο, όπου παρατηρήθηκε δραστηκή μείωση της παραγωγής στα τέλη της δεκαετίας του 1980, λόγω ακριβώς της έλλειψης ρευστών στον ταμιευτήρα.

3.5.1 Ταξινόμηση Γεωθερμικών Συστημάτων

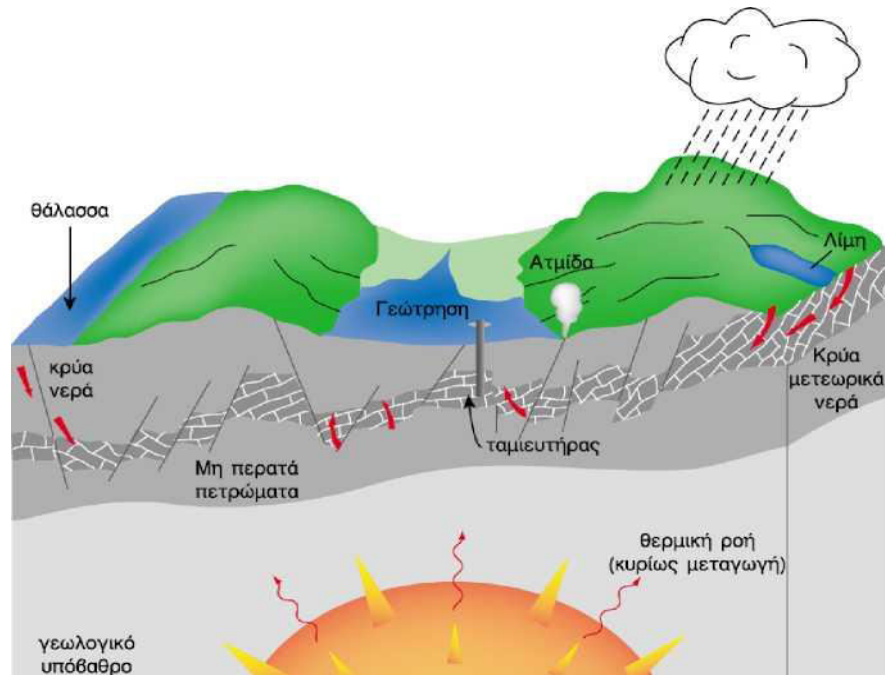
Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας, αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά.[4].

Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων (εικόνα), που περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:



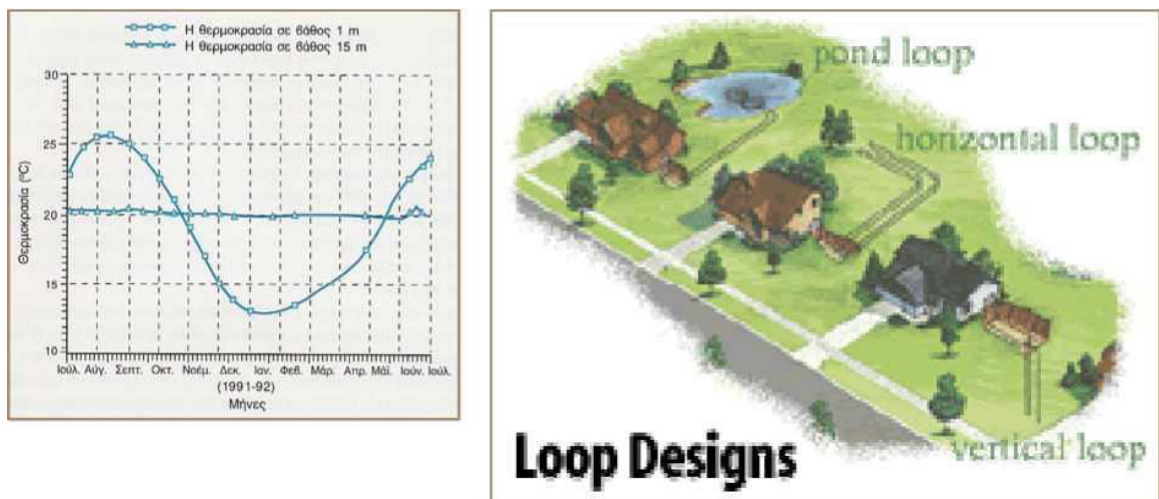
Μορφές γεωθερμικής ενέργειας κατά σειρά ενδιαφέροντος χρήσεων σήμερα και προοπτικής στο εγγύς μέλος, από αριστερά προς τα δεξιά .

α) Τα υδροθερμικά συστήματα ή πόροι, δηλ. τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά που βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται (εικόνα 3.16) [4].



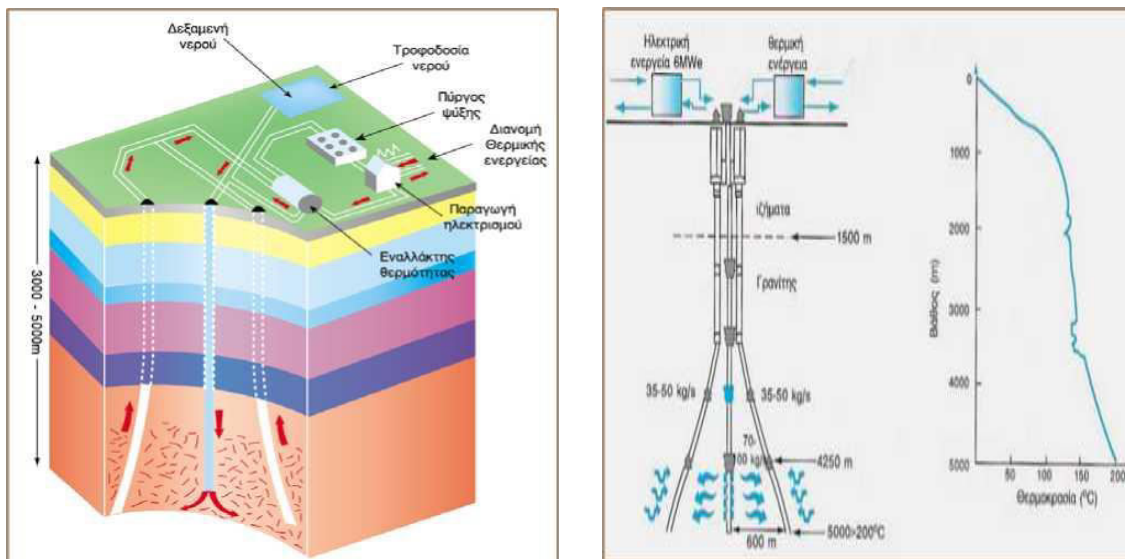
Εικόνα 3.16 : Ένα γεωθερμικό πεδίο που παράγει ατμό και τα κύρια συστατικά του (από πάνω προς τα κάτω): η περιοχή επαναφόρτισης, το μη περατό κάλυμμα, ο ταμιευτήρας ρευστών και η πηγή ενέργειας [35]

β) Αβαθής γεωθερμία (earth energy), κατά την οποία λαμβάνονται (ή και απορρίπτονται) ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100 m από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών ή νερών από λίμνες, ποτάμια και τη θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας (εικόνα 3.17) [4]



Εικόνα 3.17 : Μετρήσεις θερμοκρασίες εδάφους σε βάθος 1 m και 15 m στο Κορωπί Αττικής [36].

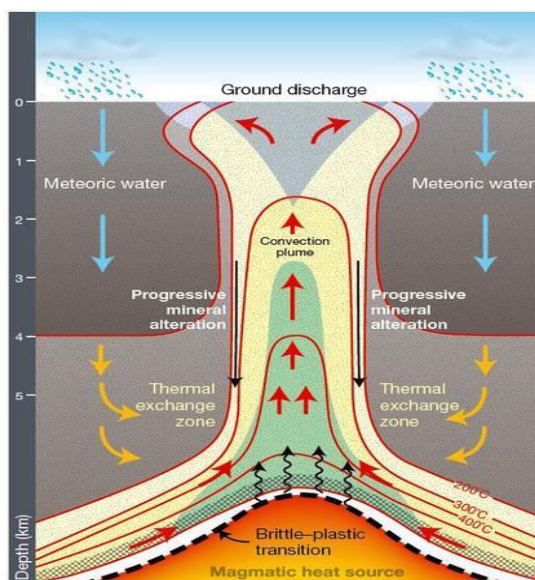
γ) Τα προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα (enhanced geothermal systems) αναφέρονται στα θερμά πετρώματα σε βάθος από 2 μέχρι 10 km, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται αρκετά θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων (εικόνα 3.18) [4]



Εικόνα 3.18 : Σχηματική παρουσίαση της αξιοποίησης των θερμών ξηρών πετρωμάτων με μία γεώτρηση τροφοδοσίας και δύο παραγωγικές γεωτρήσεις. [37]

δ) Τα γεωπεπιεσμένα συστήματα (geopressed systems) αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική [4].

ε) Τα μαγματικά συστήματα (magma systems) αναφέρονται στην απόληξη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος (εικόνα 3.19) [4].



Εικόνα 3.19 Σχηματική παρουσίαση μαγματικού συστήματος[38]

Τα κύρια τυπικά τμήματα ενός υδροθερμικού συστήματος είναι η εστία θερμότητας, ο ταμιευτήρας, το αδιαπέρατο κάλυμμα και η περιοχή επαναφόρτισης. Ο ταμιευτήρας είναι το σημαντικότερο τμήμα ενός γεωθερμικού συστήματος από την άποψη της ενεργειακής αξιοποίησης των περιεχόμενων ρευστών [4].

Μία πρώτη ταξινόμηση-τυποποίηση των υδροθερμικών συστημάτων γίνεται συνήθως ανάμεσα στα συστήματα στα οποία το κυρίαρχο ρευστό είναι ο ατμός (συστήματα ατμού, π.χ. στο Larderello, Ιταλία), και τα οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ηλεκτροπαραγωγή, και στα συστήματα στα οποία κυρίαρχο ρευστό είναι το θερμό νερό (συστήματα θερμού νερού) [4].

Το συνηθέστερο κριτήριο για την ταξινόμηση των υδροθερμικών συστημάτων νερού βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, τα οποία είναι και οι φορείς της θερμότητας στην επιφάνεια της γης από τα θερμά βαθιά πετρώματα.

Η ενθαλπία των ρευστών, ΔH , η οποία μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της θερμοκρασίας τους, χρησιμοποιείται για να εκφράσει το θερμικό περιεχόμενό τους.

Οι γεωθερμικοί πόροι ταξινομούνται συνήθως για λόγους ευκολίας (αν και με κάπως αυθαίρετο τρόπο) σε ρευστά χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας ή θερμοκρασίας. Υψηλής ενθαλπίας ορίζονται τα ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150°C , μέσης ενθαλπίας τα ρευστά με θερμοκρασία από 90°C μέχρι 150°C , και χαμηλής ενθαλπίας τα νερά με θερμοκρασία μικρότερη από 90°C [27]

3.5.2 Γενικά

Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας αξιοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτά η εκμετάλλευση του γεωθερμικού πόρου (ρευστού), μίγμα ατμού και αερίου, γίνεται σε ειδικούς στροβίλους χαμηλής πίεσης, στους οποίους οδηγείται το ρευστό είτε αυτούσιο είτε μετά το διαχωρισμό του από την υγρή φάση και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

3.5.3 Ηλεκτροπαραγωγή

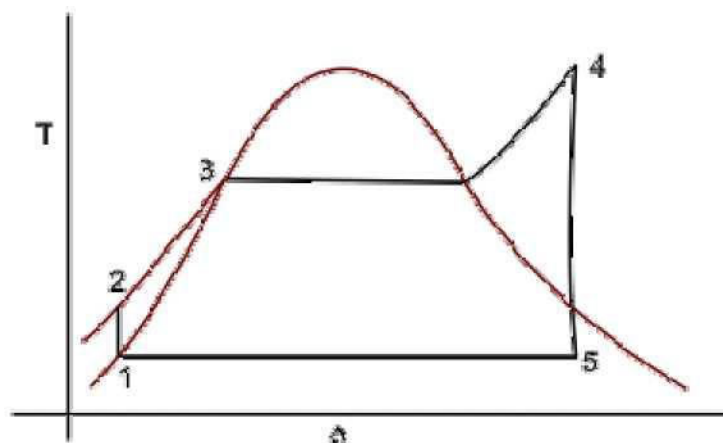
Ο τύπος (κύκλος) της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της γεωθερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική καθορίζεται από μία σειρά χαρακτηριστικών του γεωθερμικού πόρου τα οποία είναι:

- το είδος (φύση) του γεωθερμικού πόρου, πχ. ξηρός ατμός, διφασικό ρευστό, κτλ,
- η θερμοκρασία και η πίεση (ενθαλπία) στην οποία βρίσκεται ο πόρος,
- η σύσταση του γεωθερμικού ρευστού, πχ. συγκεντρώσεις αλάτων, ποσοστό μη-συμπυκνώσιμων αερίων κτλ. και
- η παροχή

Με βάση λοιπόν τα χαρακτηριστικά αυτά σχεδιάζεται και η αντίστοιχη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής. Οι κυριότεροι τύποι μονάδων που έχουν χρησιμοποιηθεί έως και σήμερα είναι ο κύκλος ξηρού ατμού, ο κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού, ο δυαδικός κύκλος, ο συνδυασμένος κύκλος και ο κύκλος της συνολικής ροής [16]. Πριν παρουσιαστούν και περιγραφούν συνοπτικά οι παραπάνω κύκλοι, θα γίνει μια σύντομη αναφορά στη διεργασία η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η θερμοδυναμική διεργασία μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται κύκλος Rankine. Ο κύκλος αυτός παρουσιάζεται στη γενική του μορφή στην εικόνα , στο οποίο περιγράφονται οι θερμοδυναμικές μεταβολές στις οποίες υπόκειται το εργαζόμενο μέσο καθώς διέρχεται μέσα από τις επιμέρους διατάξεις (συσσκευές) της εγκατάστασης παραγωγής.

Αρχικά το εργαζόμενο μέσο διέρχεται μέσα από την ατμοπαραγωγική συσκευή της διάταξης όπου προσλαμβάνει θερμότητα (διεργασία 2-4) και εξέρχεται σε κατάσταση κορεσμού ή υπέρθερμη κατάσταση (σημείο 4). Στη συνέχεια ακολουθεί η ισεντροπική εκτόνωση (διεργασία 4-5) η οποία λαμβάνει χώρα στον αμοστρόβιλο της διάταξης και τελικά το εργαζόμενο μέσο εξέρχεται του αμοστρόβιλου στην κατάσταση 5. Ακολούθως το εργαζόμενο ρευστό οδηγείται στο συμπυκνωτή της εγκατάστασης (πύργο ψύξης) όπου συμπυκνώνεται υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία (διεργασία 5-1). Τέλος με τη βοήθεια μίας αντλίας αυξάνεται η πίεση του ρευστού (διεργασία 1-2) και προσάγεται στην ατμοπαραγωγική συσκευή της εγκατάστασης σε υγρή μορφή από όπου ξεκινά και πάλι η κυκλική διεργασία.



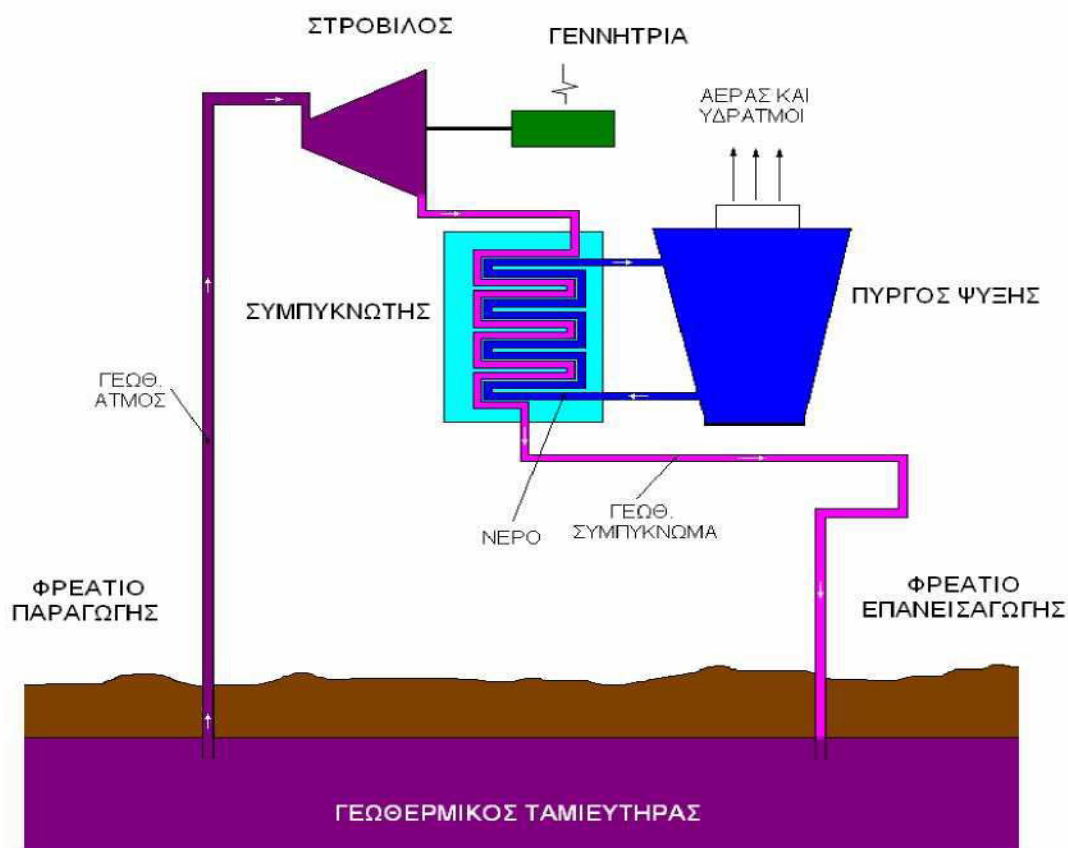
Εικόνα 3.20 Διάγραμμα θερμοκρασίας-εντροπίας κύκλου Rankine

Ο θερμοδυναμικός κύκλος που περιγράφηκε παραπάνω αντιστοιχεί στη λειτουργία μίας συμβατικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί πχ. κάποιο στερεό, υγρό ή αέριο καύσιμο. Η διαφορά μίας μονάδας που χρησιμοποιεί γεωθερμικό ρευστό από την αντίστοιχη συμβατική είναι πως σε αυτή απουσιάζει η ατμοπαραγωγική συσκευή, καθώς στην περίπτωση αυτή το εργαζόμενο ρευστό είναι γεωθερμικό προϊόν υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας (ενθαλπίας) με συνέπεια να μην είναι απαραίτητη η προσδότηση επιπλέον θερμικής ενέργειας.

3.5.3.1 Κύκλος ξηρού ατμού

Ο κύκλος απευθείας χρήσης του ατμού ή κύκλος ξηρού ατμού (direct steam expansion) είναι ο πιο απλός τύπος γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και απαιτεί το μικρότερο κόστος κεφαλαίου. Η τεχνολογία αυτή βρίσκει εφαρμογή στις περιπτώσεις όπου το γεωθερμικό προϊόν που λαμβάνεται από το φρεάτιο παραγωγής βρίσκεται σε καθαρή αέρια φάση με πολύ μικρό ποσοστό υδρατμών, πχ. Larderello και Amiata στην Ιταλία, The Geysers στις Η.Π.Α., κ.α. Στην περίπτωση αυτή το γεωθερμικό προϊόν που λαμβάνεται από μία ή περισσότερες γεωτρήσεις οδηγείται απευθείας στον αμοστρόβιλο χωρίς καμιά επεξεργασία ή

μετά από επεξεργασία για την απομάκρυνση του υδροχλωρίου (HCl) ή άλλων επιβλαβών συστατικών που βρίσκονται στον ατμό. Ο ατμός μετά την έξοδό του από τον αμοστρόβιλο μπορεί να απορρίπτεται απευθείας στην ατμόσφαιρα, ή εναλλακτικά η μονάδα να διαθέτει συμπυκνωτή, (εικόνα 3.21), από τον οποίο διέρχεται ο ατμός πριν τελικά απορριφτεί και πάλι στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3.21 : Διάταξη κύκλου ξηρού ατμού με συμπυκνωτή, [39]

Η επιλογή της εγκατάστασης ή όχι συμπυκνωτή (πύργου ψύξης) εξαρτάται από την περιεκτικότητα του ατμού σε αέρια που μπορούν να συμπυκνωθούν. Σε περιπτώσεις όπου το ποσοστό των συμπυκνώσιμων αερίων είναι υψηλό, τάξης του 50% της συνολικής μάζας του ατμού, δε συνιστάται η εγκατάσταση πύργου ψύξης [16].

Στην αντίθετη περίπτωση όπου τελικά επιλεγεί η εγκατάσταση και χρήση συμπυκνωτή, ο βαθμός απόδοσης της διεργασίας είναι σαφώς υψηλότερος καθώς η συμπύκνωση αυξάνει την πτώση πίεσης που επιτυγχάνεται στον αμοστρόβιλο. Συγχρόνως η κατανάλωση ατμού είναι περίπου η μισή σε σχέση με τη διάταξη που απορρίπτει απευθείας το γεωθερμικό ρευστό στο περιβάλλον.

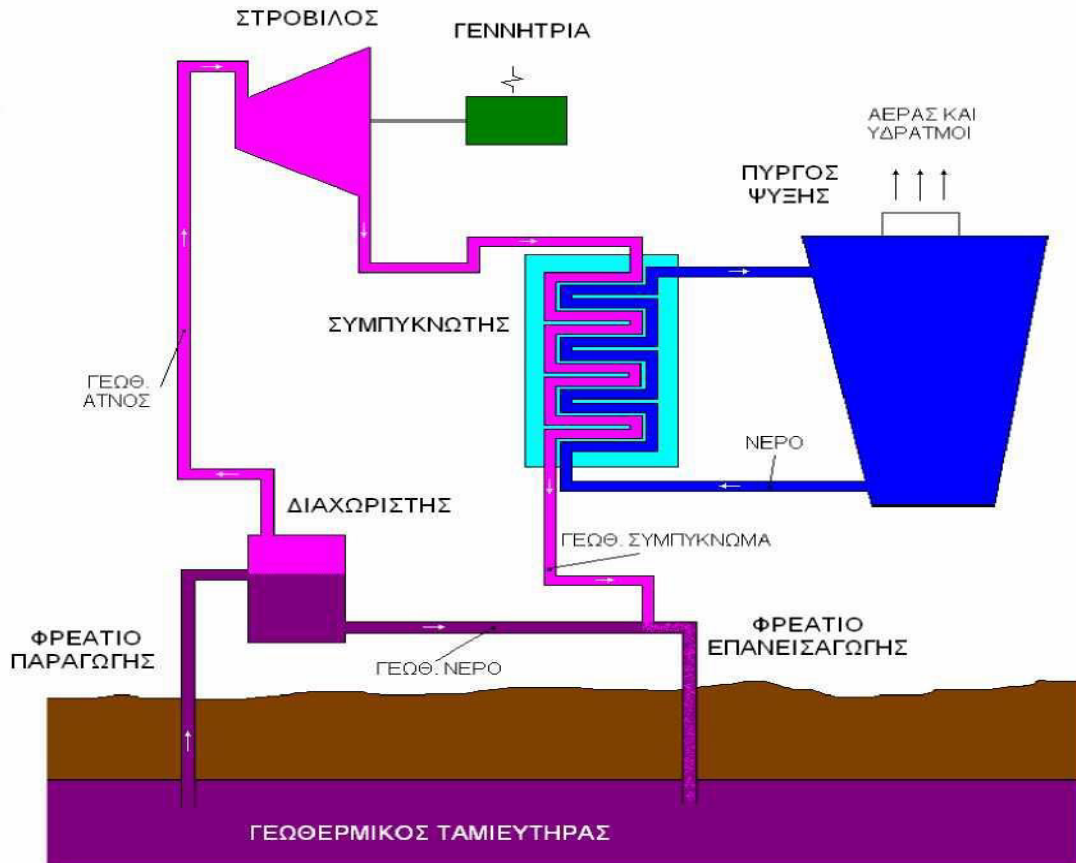
Μοναδικό μειονέκτημα της εν λόγω διάταξης είναι η πολυπλοκότητά της, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις τόσο σε κατασκευαστικό και χωροταξικό επίπεδο όσο αναπόφευκτα και σε οικονομικό. Θα πρέπει όμως στο σημείο αυτό να τονιστεί πως μετά τη συμπύκνωση του ατμού υπάρχει η δυνατότητα ο υγροποιημένος ατμός να οδηγηθεί πίσω στο γεωθερμικό ταμειυτήρα μέσω ενός φρεατίου επαναεισαγωγής. Η περίπτωση αυτή έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη διατήρηση της πίεσης του γεωθερμικού ταμειυτήρα σε υψηλότερα επίπεδα, με συνέπεια τη δυνατότητα εκμετάλλευσης του αντίστοιχου γεωθερμικού πεδίου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα [2].

Οι διατάξεις στις οποίες τελικά δεν χρησιμοποιείται συμπυκνωτής παρότι εμφανίζουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης και διπλάσια κατανάλωση γεωθερμικού πόρου εντούτοις παρουσιάζουν ορισμένα ενδιαφέροντα πλεονεκτήματα. Καταρχήν λόγω της απλότητας στο σχεδιασμό και την ευκολία στην κατασκευή της η μονάδα μπορεί να τεθεί σε λειτουργία σε σύντομο χρονικό διάστημα (13-14 μήνες). Επιπροσθέτως, το μικρότερο κόστος κατασκευής της, αναδεικνύει ελκυστική την κατασκευή της μονάδας σε περιπτώσεις (α) πιλοτικών εφαρμογών, (β) μονάδων εφεδρείας, (γ) όπου υπάρχει μικρή παροχή του γεωθερμικού πόρου και (δ) στα πλαίσια διερεύνησης και αξιολόγησης της παραγωγικής δυναμικότητας ενός γεωθερμικού πεδίου, [26].

Οι διατάξεις ατμοστροβίλων που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων με κύκλο ξηρού ατμού απαιτούν ατμό ελάχιστης θερμοκρασίας 150°C. Η υφιστάμενη τεχνολογία επιτρέπει σήμερα την εκμετάλλευση υπέρθερμων γεωθερμικών προϊόντων θερμοκρασίας μέχρι και 350°C, παρέχοντας τη δυνατότητα αύξησης του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης ο οποίος όμως ακόμα και στην περίπτωση αυτή δεν ξεπερνά το 30%. Θα πρέπει όμως να τονιστεί στο σημείο αυτό πως τα γεωθερμικά πεδία που παράγουν καθαρό ατμό είναι σπάνια και υπάρχουν σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη.

3.5.3.2 Κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού

Ο κύκλος της εκτόνωσης του διφασικού ρευστού (flash condensing type) χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου το γεωθερμικό προϊόν είναι νερό σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, πάνω από τους 150°C. Στα συστήματα αυτά διφασικό ρευστό είτε αντλείται απευθείας από την παραγωγική γεώτρηση, είτε παράγεται μέσω της εκτόνωσης σε χαμηλότερη πίεση του γεωθερμικού προϊόντος στην κεφαλή της γεώτρησης. Η διαφορά του συστήματος αυτού σε σχέση με το προηγούμενο είναι ότι το διφασικό μίγμα οδηγείται αρχικά σε έναν κατακόρυφο διαχωριστή όπου διαχωρίζονται οι δύο φάσεις. Στη συνέχεια ο ατμός εκχέεται στον ατμοστρόβιλο και παράγεται ηλεκτρική ισχύς ενώ για το υγρό μέρος του μίγματος υπάρχει η δυνατότητα είτε να εκτονωθεί για δεύτερη ή και τρίτη φορά, εφόσον οι συνθήκες της θερμοκρασίας και της πίεσης το επιτρέπουν, ώστε να δώσει επιπλέον ατμό, είτε σε διαφορετική περίπτωση να επανεισαχτεί στο γεωθερμικό ταμιευτήρα μέσω αντίστοιχης γεώτρησης, εικόνα 3.22. Η διεργασία της πολλαπλής εκτόνωσης του γεωθερμικού προϊόντος αυξάνει το βαθμό απόδοσης της γεωθερμικής εγκατάστασης αλλά συγχρόνως προσαυξάνει και το αρχικό κόστος της επένδυσης.

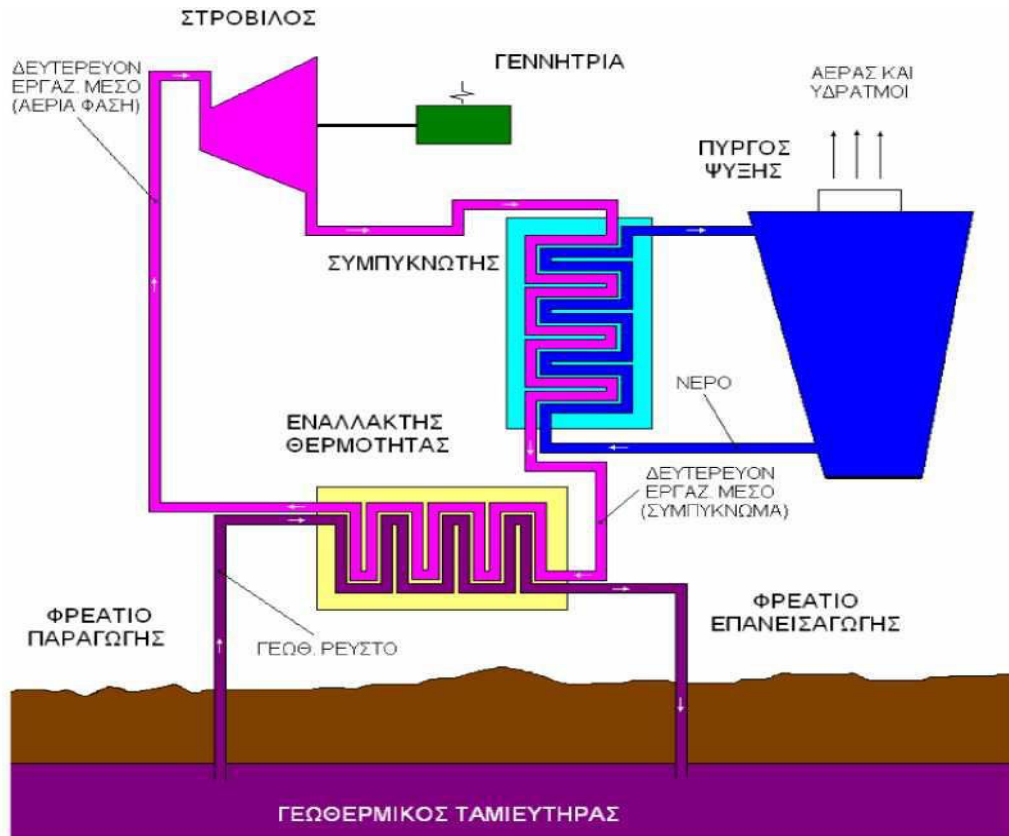


Εικόνα 3.22 : Διάταξη παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος με εκτόνωση διφασικού γεωθερμικού ρευστού και συμπυκνωτή [40]

Οι μονάδες εκτόνωσης διφασικού ρευστού μπορούν κατά πλήρη αντιστοιχία με τις μονάδες ξηρού ατμού να διαθέτουν ή όχι συμπυκνωτή (πύργο ψύξης). Στην πρώτη περίπτωση η ισχύς των μονάδων φτάνει μέχρι και τα 65 MWe και η απόδοσή τους το 85%. Αντίστοιχα στη δεύτερη περίπτωση η ισχύς των μονάδων περιορίζεται σε μικρά μεγέθη, δεν ξεπερνούν τα 5 MWe, ενώ συγχρόνως εμφανίζουν και μειωμένο βαθμό απόδοσης της τάξης του 60%. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί πως τα συστήματα εκτόνωσης διφασικού ρευστού αποτελούν την πλέον αποδοτική τεχνολογία όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού προϊόντος υπερβαίνει τους 150°C. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χρήσης της τεχνολογίας αυτής είναι το Wairakei στη Νέα Ζηλανδία, το Salton Sea στις Η.Π.Α., η Lartera στην Ιταλία και η Μήλος, [16]

3.5.3.3 Δυαδικός κύκλος με πτητικό ρευστό ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό

Η τεχνολογία του δυαδικού κύκλου (binary fluid cycle) ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό (Organic Rankine Cycle – ORC), εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου το γεωθερμικό προϊόν βρίσκεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 85°C και 175°C. Είναι κατά βάση τεχνολογία η οποία γνωρίζει τις περισσότερες εφαρμογές καθώς η πλειονότητα των γεωθερμικών πεδίων ανήκει στο παραπάνω θερμοκρασιακό εύρος.



Εικόνα 3.23 Διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος με τη χρήση οργανικού ρευστού [41]

Στην εικόνα 3.23 παρουσιάζεται το λειτουργικό διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος με τη χρήση οργανικού κύκλου Rankine. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό το γεωθερμικό ρευστό που αντλείται από την παραγωγική γεώτρηση οδηγείται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας όπου απορρίπτει θερμότητα σε ένα δευτερεύον ρευστό (οργανικό ρευστό), ψύχεται και στη συνέχεια επαναπροωθείται μέσω της γεώτρησης επανεισασαγωγής στο γεωθερμικό ταμιευτήρα. Το οργανικό ρευστό είναι συνήθως μίγμα νερού-αμμωνίας, ή ισοβουτάνιο, ή ισοπεντάνιο, ή CO₂, κτλ, ρευστό δηλαδή που παρουσιάζει χαμηλό σημείο εξάτμισης, χαμηλότερο του νερού, έτσι ώστε να μπορεί να παραλαμβάνει θερμότητα από το γεωθερμικό ρευστό. Οι ατμοί του οργανικού ρευστού οδηγούνται στο στρόβιλο του συστήματος όπου εκτονώνονται και παράγουν μηχανική ισχύ η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη χρήση ηλεκτρογεννήτριας.

Μετά την έξοδο από το στρόβιλο το οργανικό ρευστό διέρχεται από το συμπυκνωτή της διάταξης, έναν εναλλάκτη, όπου απορρίπτει θερμότητα και ψύχεται από ένα ρεύμα νερού. Στη συνέχεια το οργανικό ρευστό συμπιέζεται σε μία αντλία η οποία αυξάνει την πίεσή του και εισέρχεται στον εναλλάκτη όπου θερμαίνεται από το γεωθερμικό ρευστό για να αρχίσει ξανά η κυκλική διεργασία. Τα δυαδικά συστήματα αποτελούνται από μικρές αρθρωτές μονάδες η ισχύς των οποίων κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες kWe μέχρι και περίπου 3 MWe.

Την δεκαετία του 1990 αναπτύχθηκε ένας νέος τύπος δυαδικού συστήματος. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ως οργανικό ρευστό μίγμα νερού-αμμωνίας σε αναλογία 7:3 και η διεργασία εκτελείται σε έναν πιο σύνθετο κύκλο από τον κύκλο Rankine, αλλά και πιο αποδοτικό, τον κύκλο Kalina. Στον κύκλο αυτό το οργανικό ρευστό εκτονώνεται σε υπέρθερμη κατάσταση στο στρόβιλο υψηλής πίεσης και στη συνέχεια αναθερμαίνεται πριν εκτονωθεί στο στρόβιλο χαμηλής πίεσης. Μικρές μονάδες που λειτουργούν με τον κύκλο Kalina κατασκευάστηκαν και λειτουργούν ήδη στο Husavik της Ισλανδίας και στην Ιαπωνία, [16].

3.5.3.4 Συνδυασμένος κύκλος ατμού και δυαδικού συστήματος

Ο συνδυασμένος κύκλος (combined cycle) χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια και αποτελεί το συνδυασμό του δυαδικού κύκλου και του κύκλου εκτόνωσης διαφασικού μίγματος. Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στην ανάκτηση μέρους της θερμότητας που απορρίπτεται από το υγρό και τον ατμό, στην έξοδο του ατμοστροβίλου, κατά τον κύκλο εκτόνωσης διαφασικού μίγματος και την παραγωγή ατμών δευτερεύοντος ψυκτικού ρευστού (πχ. νερού και αμμωνίας, ισοβουτανίου, CO₂, κτλ) με τη βοήθεια εναλλακτών θερμότητας. Οι ατμοί αυτοί αξιοποιούνται στη συνέχεια για τη λειτουργία ενός δυαδικού κύκλου από τον οποίο παράγεται πρόσθετη ηλεκτρική ισχύς. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας του συνδυασμένου κύκλου είναι (α) ο υψηλότερος βαθμός απόδοσης της διεργασίας, (β) η συμπίκνωση του ψυκτικού ρευστού γίνεται σε έναν αερόψυκτο συμπτυκνωτή και (γ) το σύνολο των γεωθερμικών ρευστών επαναεισάγεται στον γεωθερμικό ταμειυτήρα.

3.5.3.5 Κύκλος εκτόνωσης της συνολικής ροής

Η τεχνολογία του κύκλου εκτόνωσης της συνολικής ροής προκύπτει από το δυαδικό κύκλο με την εγκατάσταση ενός κατάλληλου ακροφυσίου (nozzle) το οποίο αρχικά εκτονώνει ολόκληρη την ποσότητα του γεωθερμικού προϊόντος και το διαφασικό μίγμα που παράγεται κινεί έναν στρόβιλο τύπου Pelton ο οποίος συνδέεται με μία ηλεκτρογεννήτρια.

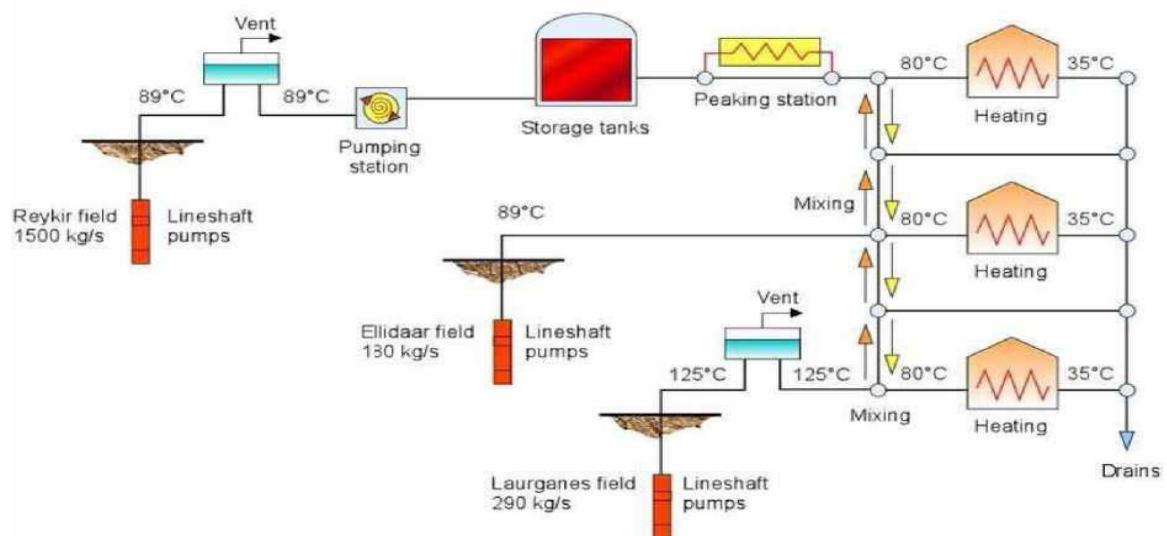
Στη συνέχεια της διεργασίας ο ατμός που εξέρχεται από το διαφασικό στρόβιλο οδηγείται στον ατμοστρόβιλο όπου και πάλι παράγεται ηλεκτρική ισχύς. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της παραγομένης ισχύος σε σχέση με τον κύκλο εκτόνωσης του διαφασικού ρευστού. Πιλοτικές μονάδες που λειτουργούσαν με τον κύκλο αυτό βρίσκονταν στο Coso Hot Springs της Καλιφόρνιας και στο Cerro Prieto του Μεξικού [16].

3.5.3.6 Τηλεθέρμανση και θέρμανση χώρων – Ψύξη χώρων

Η τηλεθέρμανση και η θέρμανση χώρων αποτελούν από τις πλέον συνήθεις και τεχνικοοικονομικά συμφέρουσες χρήσεις που εφαρμόζονται κατά την αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας.

Η περιφερειακή θέρμανση οικισμών και πόλεων ευρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Ιδιαίτερα μεγάλη ανάπτυξη παρουσίασαν στην Ισλανδία, όπου η συνολική ισχύς του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης ανέρχεται σε περίπου 1200 MWt. Αποτελούν επίσης ιδιαίτερα διαδεδομένες εφαρμογές και στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και τις Η.Π.Α., Κίνα, Ιαπωνία, Γαλλία, κλπ.

Με την εφαρμογή τηλεθέρμανσης με γεωθερμική ενέργεια μπορεί να δημιουργηθούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες εκμετάλλευσης, διότι η παραγωγή θερμικής ενέργειας εξασφαλίζεται από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους κατασκευής, συντηρήσεως και κυρίως λειτουργίας.

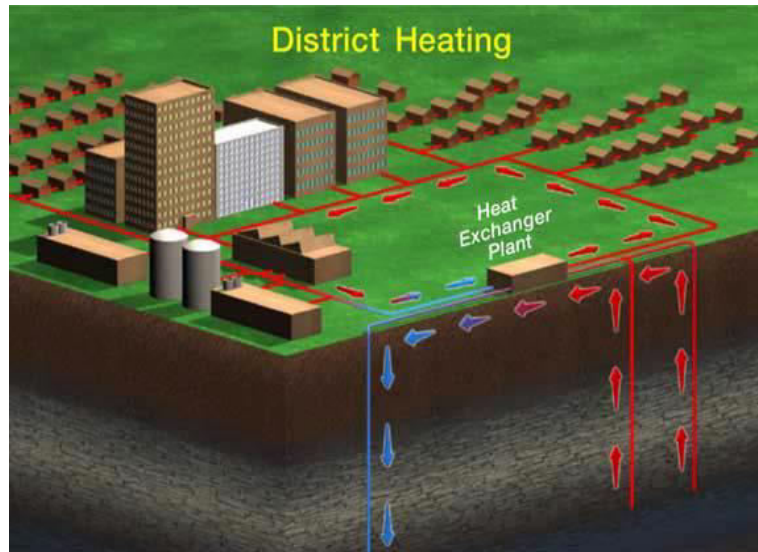


Εικόνα 3.24 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής του συστήματος τηλεθέρμανσης του Reykjavik [42]

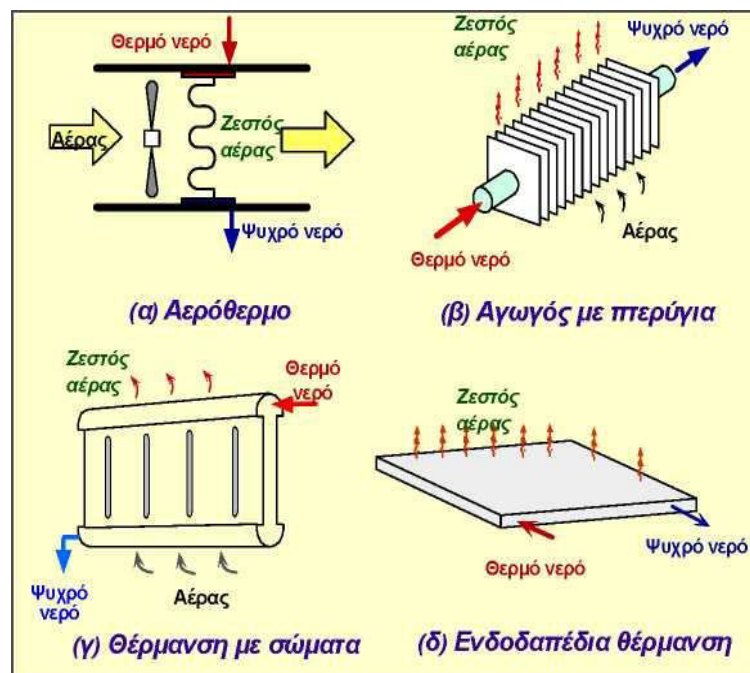
Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων άντλησης και επαναφόρτισης, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και τη διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας.

Οι θερμικές απαιτήσεις εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες, ενώ οι θερμοκρασίες σχεδιασμού από τη χρήση (κατοικίες 18-20°C, γραφεία 17-18°C κ.λπ.). Για να γίνει συνδυασμός τηλεθέρμανσης και κάλυψης αναγκών σε ζεστό νερό πρέπει η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού να είναι τουλάχιστον 65°C (Lund *et al.*, 2005). Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα μια εκμετάλλευση τηλεθέρμανσης με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί στο 50-60% του κόστους πετρελαίου.

Η άμεση θέρμανση χώρων είναι η παλαιότερη μορφή χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας και η πλέον διαδεδομένη στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει επίσης την παραγωγή ζεστού νερού για οικιακές χρήσεις. Η τεχνολογία που υιοθετείται είναι απλή. Το γεωθερμικό ρευστό από μία ή δύο γεωτρήσεις αποδίδει θερμότητα στο σύστημα θέρμανσης του ενεργειακού χρήστη, είτε άμεσα, είτε μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Γι' αυτή την εφαρμογή απαιτούνται γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 45°C (εικόνες 3.25, 3.26).



Εικόνα 3.25 Εγκατάσταση για άμεση θέρμανση χώρων[43]



Εικόνα 3.26 : Εναλλάκτες αέρα-υγρού: (α) με εξαναγκασμένη ροή, (β και γ) με φυσική συναγωγή και (δ) με ακτινοβολία[44]

Η θέρμανση χώρων από τη γεωθερμία είναι πολύ ανταγωνιστική σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.

Στην Ευρώπη, η άμεση θέρμανση χώρων από τη γεωθερμία αντιστοιχεί στο 75% του συνόλου παγκοσμίως, με εγκατεστημένη ισχύ που ανέρχεται σε 3.339,45 MWth (στοιχεία κτιρίων της πόλης του Ρέικιαβικ θερμαίνονται με γεωθερμικό ρευστό) και δεύτερη η Τουρκία με 901 MWth.

Με μεγάλη διαφορά από τις δύο προηγούμενες ακολουθούν η Γαλλία με 243 MWth, η Ιταλία με 131,8 MWth, η Ρωσία με 110 MWth, η Γερμανία με 92,6 MWth, η Πολωνία με 59,2 MWth, και η Ρουμανία με 57,2 MWt

Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς για άμεση θέρμανση χώρων ανέρχεται μόλις σε 1,2 MWth, με τη μεγαλύτερη εγκατάσταση να βρίσκεται στα Λουτρά Τραϊανούπολης του νομού Έβρου.

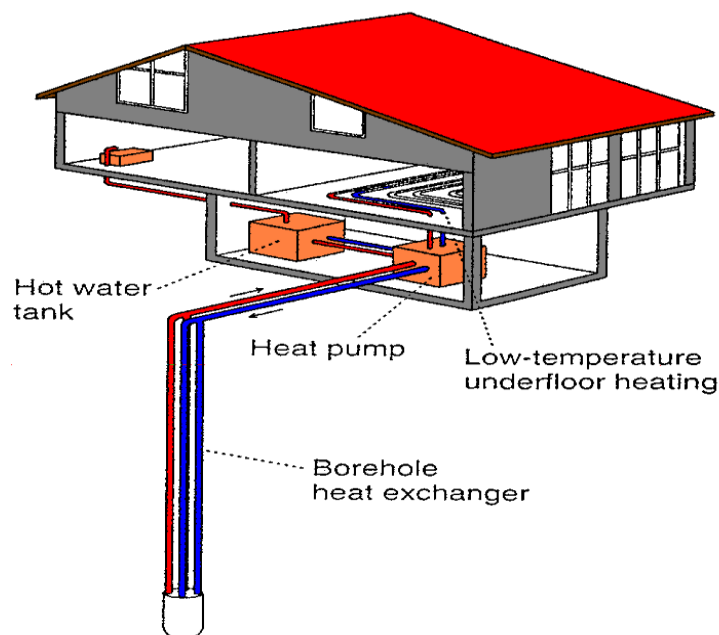
Η ψύξη χώρων αποτελεί μια αρκετά εφικτή και βιώσιμη επιλογή, στην περίπτωση όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές απορρόφησης, οι οποίες βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και η τεχνολογία τους είναι ευρέως γνωστή. Ο κύκλος της απορρόφησης είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τη θερμότητα έναντι του ηλεκτρισμού.

Η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο υγρών:

- ενός ψυκτικού, το οποίο κυκλοφορεί, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται, και
- ενός δευτερεύοντος ρευστού ή απορροφητικού (absorbent)

Για εφαρμογές πάνω από 00C, ο κύκλος χρησιμοποιεί βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό και νερό ως ψυκτικό υγρό. Για εφαρμογές κάτω από τους 0 °C χρησιμοποιείται ο κύκλος αμμωνίας/νερού, με την αμμωνία στο ρόλο του ψυκτικού και του νερού στο ρόλο του απορροφητικού μέσου. Τα γεωθερμικά ρευστά παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση αυτών των μηχανών, όμως η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 105 °C.

Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά από τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (heat pumps). Οι πολλοί διαθέσιμοι τύποι αντλιών θερμότητας επιτρέπουν την απόληψη και χρήση με οικονομικό τρόπο του θερμικού περιεχομένου των σωμάτων χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το έδαφος ή οι ρηχοί υδροφόροι, τεχνητές ή φυσικές συγκεντρώσεις νερού (ponds), κλπ. (εικόνα 3.27).



Εικόνα 3.27 Τοπική εφαρμογή συστήματος αντλιών θερμότητας που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος[45]

3.5.4 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές η αφαλάτωση θαλασσινού νερού είναι μια σημαντική εφαρμογή της γεωθερμίας.

Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά σαν θερμαντικό μέσο δύνανται να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυσταδιακής εξάτμισης εν κενώ (MES). Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60°C. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40-50°C.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για περίπτωση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 75°C και παροχής 100 m³/h επιτυγχάνεται αφαλάτωση 600 m³/h την ημέρα, σε οκτώ δράσεις, με εκτιμώμενο κόστος επένδυσης 550.000,000 δρχ. και κόστος αφαλάτωσης νερού περί της 350 δρχ./m³. Για να θεωρείται οικονομικά συμφέρουσα μία εκμετάλλευση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί το πολύ στο 60% του κόστους αφαλάτωσης με πετρέλαιο.



Εικόνα 3.28 Αφαλάτωση νερού στην Κίμωλο [46]

3.5.5 Αγροτικές Εφαρμογές

Οι αγροτικές εφαρμογές της γεωθερμίας συνίστανται κυρίως στις ανοικτές καλλιέργειες και τη θέρμανση θερμοκηπίων. Συγκεκριμένα το πεδίο εφαρμογής καλύπτει τους παρακάτω τομείς:

- Θέρμανση θερμοκηπίων κηπευτικών
- Θέρμανση θερμοκηπίων παραγωγής μανιταριών
- Θέρμανση φυτειών σπαραγγιών με σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης
- Αντιπαγετική προστασία σε ιχθυοκαλλιέργειες
- Θέρμανση εγκαταστάσεων ιχθυογεννητικών σταθμών
- Καλλιέργεια φυκιών
- Εντατική ιχθυοκαλλιέργεια
- Ξήρανση – αφυδάτωση αγροτικών προϊόντων
- Ξήρανση – αφυδάτωση ζωοτροφών
- Θέρμανση σταβλικών εγκαταστάσεων και ορνιθοτροφείων

Το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ανοικτές καλλιέργειες για την άρδυσή τους και/ή τη θέρμανση του εδάφους.

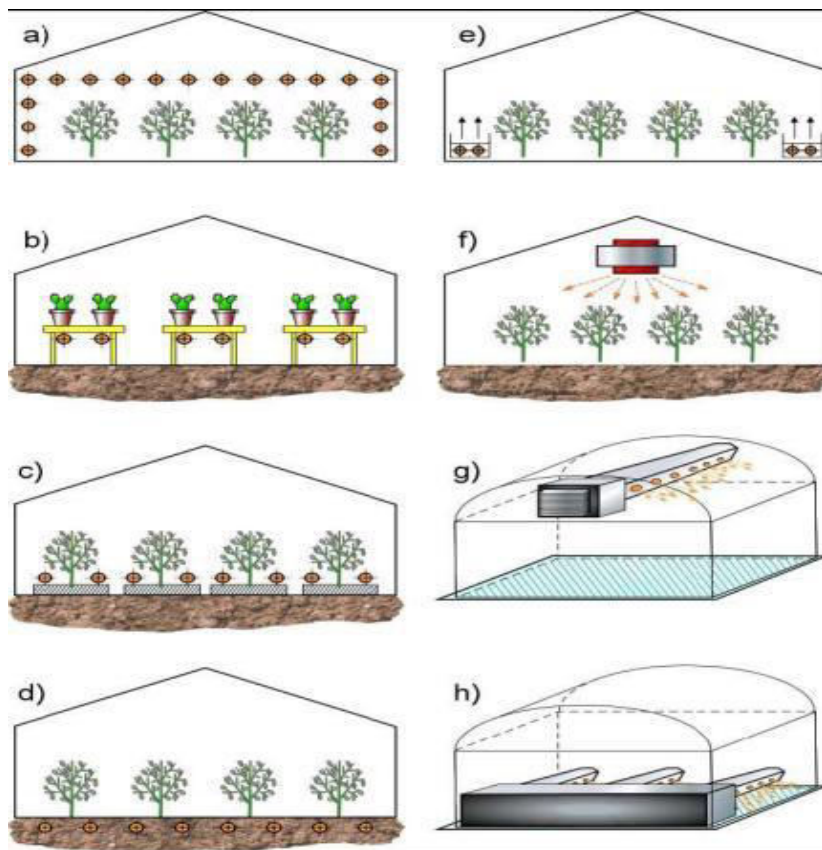
Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της άρδευσης με χλιαρό νερό εντοπίζεται στο γεγονός ότι, για να επιτευχθεί κάποια αξιόλογη μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους θα πρέπει οι μεγάλες ποσότητες νερού να έχουν θερμοκρασία τόσο χαμηλή ώστε να μην προκαλούν ζημιές στις αρδευόμενες καλλιέργειες.

Βέλτιστη λύση είναι ο συνδυασμός θέρμανσης εδάφους και άρδευσης. Η χημική σύσταση των γεωθερμικών νερών που χρησιμοποιούνται για άρδευση θα πρέπει να εξετάζεται και να παρακολουθείται προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται τυχόν βλαβερές συνέπειες στα φυτά.

Ο θερμοκρασιακός έλεγχος στις ανοικτές καλλιέργειες έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

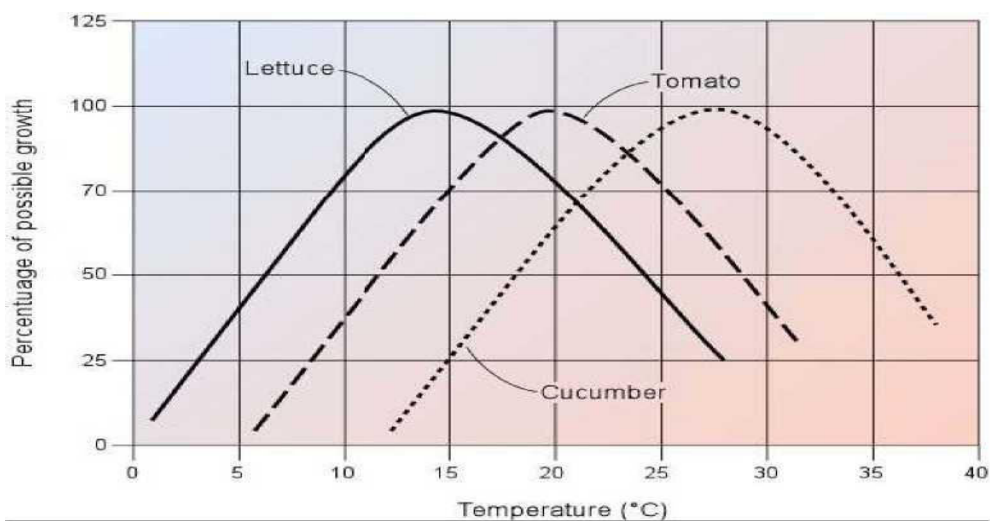
- αποτρέπει τις ζημιές λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, παγετού, κλπ.,
- επεκτείνει την περίοδο ανάπτυξης των φυτών και δίνει σημαντική ώθηση στην παραγωγή
- αποστειρώνει το έδαφος [23]

Τα θερμαινόμενα θερμοκήπια και εδάφη χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παραγωγής και την πρωίμιση καλλιεργειών. Οι απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας όμως είναι μεγάλες, με αποτέλεσμα η γεωθερμία να αποτελεί την ιδανική μορφή ενέργειας για αγροτικές εφαρμογές, λόγω του μικρού κόστους της. Τα θερμοκήπια και η θέρμανση εδαφών απαιτούν την παρουσία γεωθερμικών ρευστών σε θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 30°C. Ο χώρος ενός θερμοκηπίου μπορεί να θερμανθεί με πέντε τρόπους (εικόνα 3.29): α) με εναέριους, επιδαπέδιους σωλήνες ή με σωλήνες τοποθετημένους μέσα στο χώμα (σε βάθος 5-20 cm), β) με εναλλάκτη αέρα – γεωθερμικού νερού ή νερού λειτουργίας (αερόθερμο), γ) με τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων στα πλευρικά τοιχώματα του θερμοκηπίου, δ) με ψεκασμό της οροφής του θερμοκηπίου με γεωθερμικό υγρό ή διέλευση υγρού στα διπλά τοιχώματα της οροφής (κυρίως για αντιπαγετική προστασία) και ε) με συνδυασμό των προηγούμενων τρόπων [16]



Εικόνα 3.29 : Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια.
 Εγκαταστάσεις θέρμανσης με φυσική κίνηση του αέρα (φυσική συναγωγή):
 (α) εναέριοι σωλήνες θέρμανσης (β) θέρμανση πάγκων (γ) σωλήνες θέρμανσης που είναι τοποθετημένοι χαμηλά (δ) θέρμανση εδάφους
 Εγκαταστάσεις θέρμανσης με εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα (εξαναγκασμένη συναγωγή)
 (ε) πλευρική τοποθέτηση σωλήνων (στ) εναέριο αερόθερμα (ζ) αγωγοί τοποθετημένοι ψηλά (η) αγωγοί τοποθετημένοι χαμηλά [47]

Υπάρχουν ποικίλες λύσεις για την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης των φυτών, οι οποίες βασίζονται στη χρήση της καλύτερης θερμοκρασίας για το κάθε είδος (εικόνα 3.29), στη σωστή ένταση του φωτός, στην ιδανική συγκέντρωση CO₂ μέσα στο θερμοκήπιο, στην κατάλληλη υγρασία του εδάφους και του αέρα και στην κίνηση του αέρα μέσα στα θερμοκήπια.



Εικόνα 3.30 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη κάποιων φυτών [48]



Εικόνα 3.31 : Προίμιση σπαραγγιών με σωλήνες PP με πτυχώσεις [49]

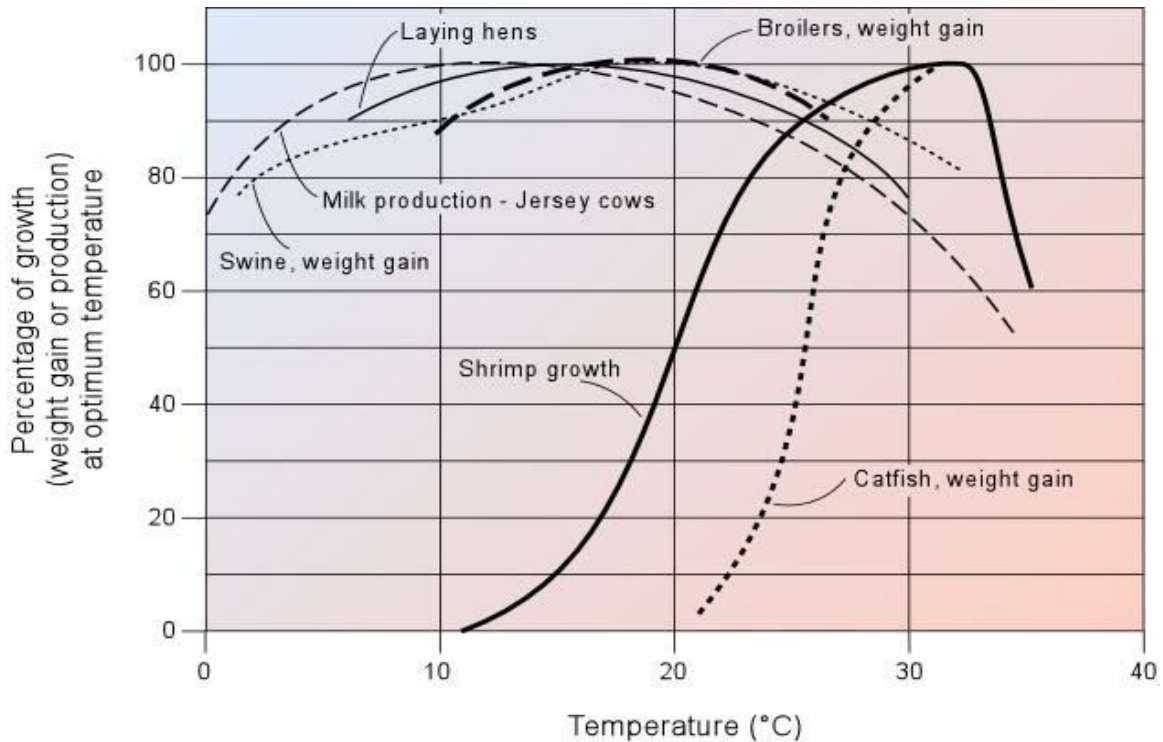


Εικόνα 3.32 : Σακούλες PE και μεταλλικοί αγωγοί με πτερύγια [50]

Η εκτροφή κτηνοτροφικών ειδών και οι υδρόβιοι οργανισμοί, όπως ακριβώς και τα φυτά, επωφελούνται σημαντικά από τις άριστες συνθήκες της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου, τόσο ως προς την ποιότητα όσο και ως προς την ποσότητα παραγωγής τους (εικόνα 3.33).

Σε πολλές περιπτώσεις τα γεωθερμικά νερά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ακόμη επικερδέστερα, μέσα από τη συνδυασμένη χρήση τους σε κτηνοτροφικές μονάδες και γεωθερμικά θερμοκήπια.

Η ενέργεια που χρειάζεται για τη θέρμανση μιας μονάδας εκτροφής ζώων είναι περίπου το 50% αυτής που απαιτείται για ένα θερμοκήπιο ίδιας επιφάνειας, οπότε η κλιμακωτή χρήση των γεωθερμικών ρευστών θεωρείται ενδεδειγμένη. Η εκτροφή ζώων σε ένα περιβάλλον ελεγχόμενης θερμοκρασίας συνεισφέρει στη βελτίωση της υγείας τους, ενώ η χρήση των θερμών ρευστών θα μπορούσε να επεκταθεί στον καθαρισμό και την εξυγίανση των χώρων τους, αλλά και στην ξήρανση των αποβλήτων τους [23].



Εικόνα 3.33 επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη ή παραγωγή ζώων που εκτρέφονται για κατανάλωση[51]

3.5.6 Υδατοκαλλιέργειες

Ο όρος υδατοκαλλιέργεια περιλαμβάνει την καλλιέργεια ή εκτροφή υδρόβιων οργανισμών με τη χρήση διάφορων τεχνικών με σκοπό την αύξηση, πέραν των φυσικών ικανοτήτων του περιβάλλοντος, της παραγωγής των εν λόγω οργανισμών. Οι οργανισμοί αυτοί παραμένουν, καθ' όλη τη διάρκεια εκτροφής ή καλλιέργειάς τους μέχρι την εξαίευσή τους, στην ιδιοκτησία φυσικού ή νομικού προσώπου. (Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α. για τις Υδατοκαλλιέργειες)

Στις υδατοκαλλιέργειες ο έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού μπορεί να απαιτείται σε διάφορες περιπτώσεις, για παράδειγμα στην αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης, στο καθορισμό συγκεκριμένου μεγέθους ψαριού σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στην αναπαραγωγή, εκκόλαψη και στα πρώτα στάδια ανάπτυξης. Τα διάφορα είδη οργανισμών έχουν διαφορετικές βέλτιστες θερμοκρασίες. Εάν η περιβάλλουσα θερμοκρασία νερού είναι ψυχρότερη ή θερμότερη από την ιδανική θερμοκρασία τότε είναι χρήσιμη η παρέμβαση.

Ο τύπος υδατοκαλλιέργειας στον οποίο είναι δυνατή η θερμοκρασιακή παρέμβαση είναι στα κλειστά κυκλώματα εκτροφής. Δηλαδή στις εκμεταλλεύσεις υπερεντατικής υδατοκαλλιέργειας, οι οποίες βασίζονται στην επαναχρησιμοποίηση του νερού εκτροφής, εντός θερμομονωμένων εγκαταστάσεων με τη χρήση τεχνητών μέσων, στις οποίες δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες εκτροφής. Χαρακτηρίζονται από τις περιορισμένες ανάγκες σε νερό, το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και τις αυξημένες διαχειριστικές διαδικασίες.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση στις υδατοκαλλιέργειες δεν διαφέρουν από αυτές στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα. Ωστόσο τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες πρέπει να θερμάνουν μεγάλες ποσότητες νερού και γι' αυτό οφείλουν να

είναι αποδοτικά. Προσοχή επίσης χρειάζεται στο είδος του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί (εναλλάκτες σωληνώσεις κτλ) ώστε να μην επηρεαστεί αρνητικά το υδάτινο περιβάλλον αλλά και να συνεχίσει η εγκατάσταση να λειτουργεί αξιόπιστα.

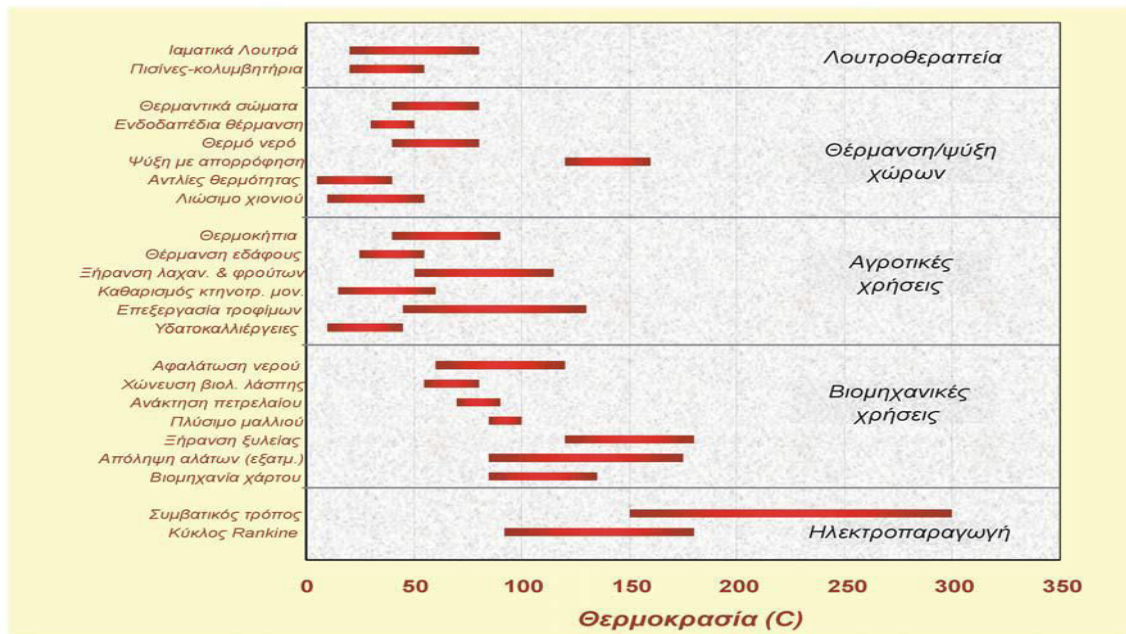
Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας θα έδινε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ανάλογα με την απαιτούμενη ποσότητα θέρμανσης. Επίσης, χάρη στην υψηλή απόδοση στη θέρμανση και ψύξη, η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει πρόσβαση σε γεωθερμικά πεδία αποτελεί ελκυστική λύση.



Εικόνα 3.34 Υδατοκαλλιέργεια των τροπικών τίλια σε θερμοκρασίες 26~32°C σε δεξαμενές 350 m³, με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας[52]

3.5.7 Βιομηχανικές εφαρμογές

Τα γεωθερμικά ρευστά, σε ολόκληρο το θερμοκρασιακό τους εύρος, είτε πρόκειται για ατμό είτε για νερό, μπορούν να αξιοποιηθούν και σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως άλλωστε φαίνεται από το διάγραμμα του Lindal (Σχήμα 54).



Εικόνα 3.35 Διάγραμμα Lindal [53]

Οι διάφορες δυνατές μορφές αξιοποίησης περιλαμβάνουν κατά τη διεργασία, εξάτμιση, ξήρανση, απόσταξη, αποστείρωση, πλύσιμο, λιώσιμο πάγων και ανάκτηση αλάτων.

Η χρήση της γεωθερμικής θερμότητας κατά τη βιομηχανική επεξεργασία διάφορων προϊόντων εφαρμόζεται σε 19 χώρες, όπου οι εγκαταστάσεις είναι γενικά πολύ μεγάλες και η κατανάλωση ενέργειας υψηλή.

Άλλα συγκεκριμένα παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών είναι η εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, η παραγωγή χαρτιού, τμημάτων αυτοκινήτων, η ανάκτηση λαδιού, η παστερίωση γάλακτος, η χρήση στη βυρσοδεψία, η χημική ανάκτηση προϊόντων, η παραγωγή με διαχωρισμό του CO₂, η χρήση σε πλυντήρια, η ξήρανση γης διατόμων, η επεξεργασία πολτού και χαρτιού και η παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος.

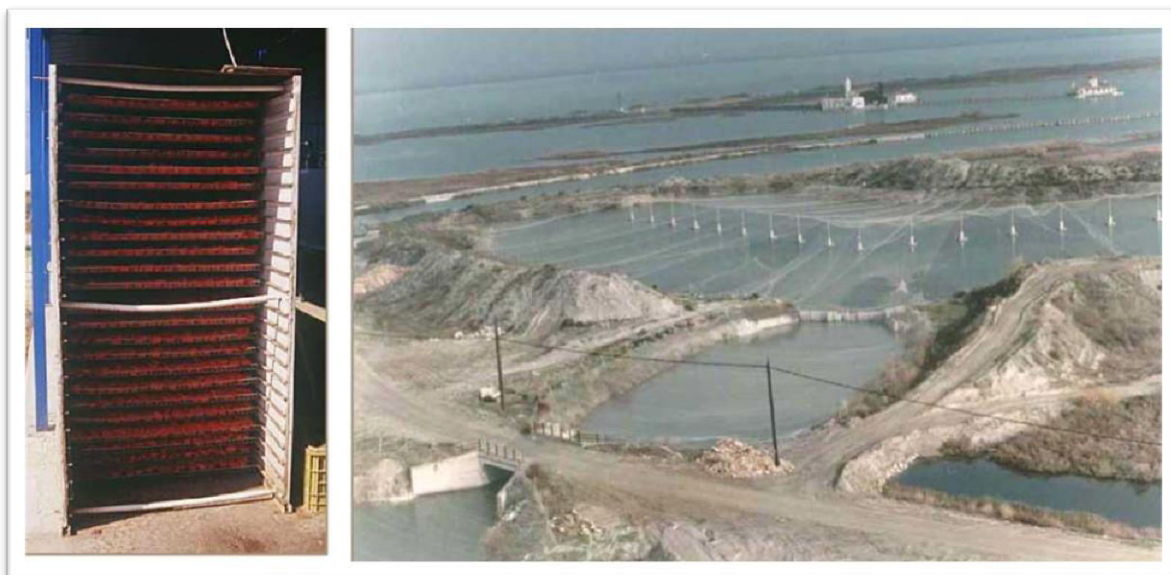
Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ρευστών σε διαδικασίες προθέρμανσης ή η ανύψωση της θερμοκρασίας τους με τη χρήση αντλιών θερμότητας ή με συμπληρωματική θέρμανση (με συμβατικά καύσιμα). Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση των γεωθερμικών ρευστών από υφιστάμενη βιομηχανική μονάδα είναι η γειτνίαση της τελευταίας με το γεωθερμικό πεδίο.

Υπάρχουν επίσης εφαρμογές για χρήση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας για λιώσιμο πάγου και αντιπαγετική προστασία πεζοδρομίων, δρόμων και πλατειών, ως και σχέδια για τη διάλυση της ομίχλης σε κάποια αεροδρόμια.

Στην Ιαπωνία λειτουργεί μια μικρή βιομηχανία που χρησιμοποιεί τις λευκαντικές ιδιότητες του υδρόθειου (H₂S) των γεωθερμικών νερών για την παραγωγή πρωτοποριακών και εξαιρετικής ποιότητας υφασμάτων για γυναικεία ρούχα. Στην ίδια χώρα, εφαρμόζεται σε πειραματικό στάδιο μια τεχνική για τη βιοτεχνική-βιομηχανική παρασκευή ενός ελαφρού ‘γεωθερμικού ξύλου’, το οποίο θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για ειδικές κατασκευές. Κατά την επεξεργασία του κανονικού ξύλου με το νερό μιας γεωθερμικής πηγής, τα πολυσακχαρίδιά του υφίστανται υδρόλυση, οπότε το υλικό γίνεται πιο πορώδες και συνεπώς ελαφρύτερο.

Οι βιομηχανικές εφαρμογές από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχούν σε 120,3 MWth, περίπου το 25% του συνόλου παγκοσμίως. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ισλανδία (60 MWth), τη Ρωσία (25 MWth), τη Ρουμανία (14,1 MWth), την Ιταλία (10,2 MWth) και τη Γεωργία (7,1 MWth).

Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10η θέση των κρατών της Ευρώπης, με εγκατεστημένη ισχύ μόλις 0,2 MWth. Πρόκειται για μία μονάδα αφυδάτωσης ντομάτας στο Νέο Εράσμιο Ξάνθης, η οποία μάλιστα ήταν η πρώτη τέτοια μονάδα στον κόσμο.



Εικόνα 3.36 Γεωθερμικό ζηραντήριο και δύο μονάδες για αντιπαγετική προστασία και τομάτας τύπου σήραγγας στο θέρμανση τεχνητών λιμνών για ιχθυοκαλλιέργεια στο Ν. Εράσμιο της Ξάνθης Πόρτο-Λάγος και στο Ν. Εράσμιο Ξάνθης[54]

3.5.8 Λουτροθεραπεία - Θέρμανση πισίνων - Ιατρικές εφαρμογές

Μία από τις πλέον δημοφιλείς χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο είναι η θέρμανση πισινών και οι ιατρικές εφαρμογές. Σήμερα, υπάρχει μία πληθώρα από λουτροπόλεις που χρησιμοποιούν το γεωθερμικό νερό είτε για θεραπεία είτε για αναζωογόνηση. Σε ότι αφορά τις θεραπευτικές εφαρμογές, οι δράσεις των γεωθερμικών νερών στον ανθρώπινο οργανισμό διαφέρουν ανάλογα με τη σύστασή τους (θερμοκρασία, μεταλλικά στοιχεία) αλλά και με τον τρόπο χρήσης τους. Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: λουτροθεραπεία, ποσιθεραπεία, εισπνοθεραπεία και λασποθεραπεία. Σε ότι αφορά τις εφαρμογές αναζωογόνησης, πρόκειται για λουτροπόλεις με κέντρα υγείας και ομορφιάς, κύριος στόχος των οποίων είναι η ξεκούραση και η ανανέωση του ανθρώπινου οργανισμού [4].

Η εγκατεστημένη ισχύς για θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές στην Ευρώπη το 2005 ανήλθε σε 1.476,43 MWth. Πρώτη έρχεται η Τουρκία με 402 MWth και ακολουθεί η Ουγγαρία με 350 MWth. Με διαφορά ακολουθούν η Ιταλία (158,8 MWth), η Σλοβακία (118,3 MWth), η Κροατία (77 MWth), η Ισλανδία (75 MWth), η Ρουμανία (42,4 MWth), η Ελβετία (40,8 MWth), ενώ 9η στην κατάταξη έρχονται η Ελλάδα και η Σερβία με εγκατεστημένη ισχύ 36 MWth. Στην Ελλάδα η εφαρμογή αυτή είναι αρκετά διαδεδομένη, με λουτροθεραπευτικά κέντρα να υπάρχουν σχεδόν σε όλη τη χώρα, με πιο γνωστά αυτά των Θερμοπυλών και της Αιδηψού.

Ειδικότερα η Ελλάδα διαθέτει:

- Περισσότερες από 700 θερμές πηγές
- 52 θεραπευτικά κέντρα

Σημειώνεται ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στασιμότητα, αν και γίνεται προσπάθεια για ανακαίνιση και αναβάθμιση των υπηρεσιών (Αιδηψός, Καμένα Βούρλα, Σιδηρόκαστρο, Ν. Απολλωνία κτλ.)



Εικόνα 3.37 Λουτρά Αιδηψού[55]

3.5.9 Άλλες χρήσεις

Η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών δεν περιορίζεται μόνο στη χρήση της θερμικής ενέργειας την οποία περιέχουν. Τα ρευστά αυτά μεταφέρουν μια σειρά από διαλυμένα σε αυτά στοιχεία, τα οποία μπορούν με συγκεκριμένες τεχνικές να ανακτηθούν και να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Τέτοια στοιχεία είναι π.χ. ο χρυσός, ο λευκόχρυσος, το στρόντιο, το μαγνήσιο, το βόριο, το αντιμόνιο, κ.α. Σε προηγούμενη ενότητα έχει αναφερθεί η παραγωγή βορικού οξέως από εξάτμιση γεωθερμικού ρευστού, στο Larderello της Ιταλίας, δραστηριότητα η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα έχοντας ήδη 200 χρόνια εφαρμογής. Αντίστοιχα στην Ισλανδία λειτουργεί μονάδα ανάκτησης διαφόρων αλάτων και στο Μεξικό ανακτάται κάλιο και μαγνήσιο από γεωθερμικά ρευστά [16]. Εκτός όμως από τα στερεά στοιχεία και τις χημικές ενώσεις, τα

γεωθερμικά ρευστά περιέχουν διαλυμένα και αέρια. Από τα αέρια αυτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάκτηση και αξιοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

3.5.9.1 Ανάκτηση διοξειδίου του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει σε πολλά γεωθερμικά πεδία και μπορεί εύκολα να δεσμευτεί και να χρησιμοποιηθεί ως εμπορικό παραπροϊόν. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα στο Kizildere της Τουρκίας όπου παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανακτώνται και ποσότητες CO₂ οι οποίες χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία αναψυκτικών. Μονάδες ανάκτησης του CO₂ από γεωθερμικά ρευστά υπάρχουν επίσης και στην Ισλανδία, στην Κένυα, στις Η.Π.Α., κ.α. [16].

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται εκτός από τη βιομηχανία αναψυκτικών για την παρασκευή των αεριούχων ποτών και ως πυροσβεστικό μέσο, συστατικό για τη συντήρηση των τροφίμων, ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία, για τη σύνθεση ανόργανων και οργανικών χημικών ενώσεων, όπως επίσης και για την εξόρυξη πετρελαίου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η χρήση του CO₂ ως πρόσθετο στην ατμόσφαιρα των θερμοκηπιακών καλλιιεργειών. Η προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα στα θερμοκήπια έχει ως στόχο την αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών λόγω της επιτάχυνσης του φαινομένου της φωτοσύνθεσης. Πρέπει όμως στο σημείο αυτό να τονιστεί πως η ανάκτηση του CO₂ από γεωθερμικές πηγές εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη ζήτηση του προϊόντος αλλά και από τους τεχνικούς περιορισμούς λόγω προβλημάτων που εμφανίζονται στην αποθήκευση για μεγάλο χρονικό διάστημα και στη μεταφορά του.

3.5.9.2 Διάφορες Χρήσεις

Εκτός όμως από τις χρήσεις της γεωθερμίας που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχει και μια πληθώρα άλλων σημαντικών εφαρμογών περισσότερο ή λιγότερο διαδεδομένων. Ορισμένες από τις χρήσεις αυτές είναι [16]:

- το πλύσιμο και διαύγαση ινών,
- η παραγωγή αποσταγμένου νερού,
- η χώνευση λυμάτων,
- το πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού,
- ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων,
- η αντιπαγετική προστασία δρόμων, γεφυρών, πλατιών,
- η επεξεργασία πατάτας,
- η άρδευση,
- η ψύξη των κτιρίων με τη χρήση συστημάτων απορρόφησης, προσρόφησης,
- η θέρμανση κτηνοτροφικών μονάδων,
- η αποστείρωση φιαλών.

3.6 GSHP

Η κυρίαρχη χρήση των Ground Source Heat Pumps (GSHP, εδαφικής πηγής αντλίες θερμότητας) είναι ο κλιματισμός (θέρμανση-ψύξη) των κτιρίων. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Environmental Protection Agency (EPA) από το 1993 χαρακτηρίστηκε «το πιο ενεργειακά αποδοτικό, περιβαλλοντικά καθαρό και οικονομικά σκόπιμο σύστημα κλιματισμού». Αυτή η τοποθέτηση αποδεικνύεται ακόμη πιο αληθινή στη παρούσα φάση όπου η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και να βελτιώνεται ενώ οι συμβατικές τεχνολογίες έχουν πιάσει τα όριά τους και οι τιμές της ενέργειας έχουν συνεχιζόμενη ανοδική πορεία. Πολλές παραλλαγές των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι διαθέσιμες (νερού-νερού, νερού-αέρα, νερού-αέρα και ζεστού νερού κτλ) με αποτέλεσμα να υπάρχει ευελιξία στο σχεδιασμό και την εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης-ψύξης σε όλα τα κτίρια και ταυτόχρονα να επιτυγχάνονται ασύγκριτες αποδόσεις σε σχέση με τα ανταγωνιστικά συστήματα.

Πλεονεκτήματα

Οικονομικά πλεονεκτήματα:

- Μειωμένο λειτουργικό κόστος, λόγω μεγαλύτερης απόδοσης και στη θέρμανση και στη ψύξη όταν συγκρίνεται με ανταγωνιστικά συστήματα.
- Μειωμένη ηλεκτρική κατανάλωση και κυρίως σε περιόδους αιχμής στη ψύξη
- Μειωμένο κόστος συντήρησης επειδή όλος ο εξοπλισμός βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο και χωρίς απαιτήσεις καθαρισμού.
- Μεγάλος χρόνος ζωής του εξοπλισμού και επομένως ασυναγώνιστη οικονομική απόδοση στο χρόνο ζωής (25 χρόνια για τον μηχανικό εξοπλισμό περισσότερο από 50 χρόνια για το γεωεναλλάκτη).

Πλεονεκτήματα χωροταξίας

- Βελτιωμένη αισθητική χωρίς εξωτερικές μονάδες
- Χωρίς προβλήματα φθοράς ή κλοπής
- Χωρίς εξωτερικές σωληνώσεις και ηλεκτρικές παροχές
- Χωρίς υποχρεωτικά ανοίγματα αερισμού

Ανεση και Ασφάλεια για τους χρήστες

- Χωρίς καύση με θέματα μονοξειδίου άνθρακα, οσμές και ρύπους
- Απλή λειτουργία
- Χωρίς θέματα ανεφοδιασμού και αποθήκευσης

Περιβαλλοντικά οφέλη

- Συμπαγής κατασκευή χωρίς διαφυγές ψυκτικών υγρών
- Σημαντική ελάττωση των εκπομπών των αερίων που δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου

3.6.1 Αντλίες Θερμότητας

3.6.1.1 Σύντομη Περιγραφή Συστημάτων

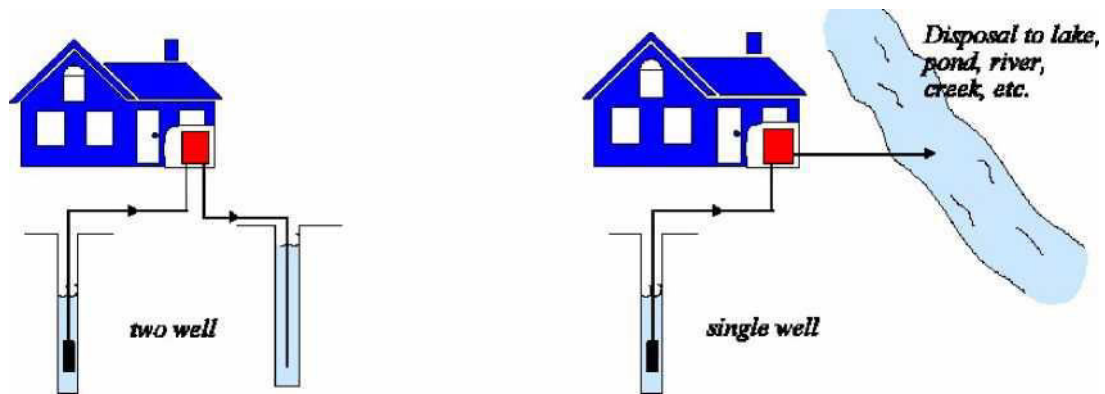
Ο όρος που χρησιμοποιείται διεθνώς για να περιγράψει την τεχνολογία είναι GROUND SOURCE HEAT PUMP (GSHP), στα Ελληνικά θα μπορούσε να μεταφραστεί και ως Εδαφικής Πηγής Αντλία Θερμότητας. Ο όρος συμπεριλαμβάνει μία ποικιλία συστημάτων τα οποία εκμεταλλεύονται το έδαφος, τα υπόγεια νερά και τα επιφανειακά νερά ως πηγές θερμότητας ή αποθήκευσης. Πολλοί παράλληλοι όροι χρησιμοποιούνται, για να περιγράψουν την τεχνολογία σύμφωνα με τις επιστημονικές ή εμπορικές ανάγκες, όπως geothermal heat pump (GHP, Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ)), earth energy systems και Geexchange (GX, Γεωεναλλάκτες). Ο φορέας American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) έχει τυποποιήσει την ορολογία και οι υποκατηγορίες του όρου GSHP ακολουθούν.

Ο τύπος Ground-Coupled Heat Pump (GCHP, συζευγμένη με το έδαφος αντλία θερμότητας). Με τον όρο αυτό αναφέρονται συνήθως τα κλειστά κυκλώματα (closed loops) τα οποία συμπεριλαμβάνουν τον ψυκτικό κύκλο της αντλίας θερμότητας ο οποίος συνδέεται με το έδαφος απευθείας (direct expansion DX) ή συνήθεστερα με ενδιάμεσο εναλλάκτη. Στη πλευρά του εναλλάκτη που συνδέεται με το κύκλωμα του εδάφους (συνήθως δίκτυο πλαστικών σωληνώσεων) κυκλοφορείται νερό ή διάλυμα νερού με αντιψυκτικό.



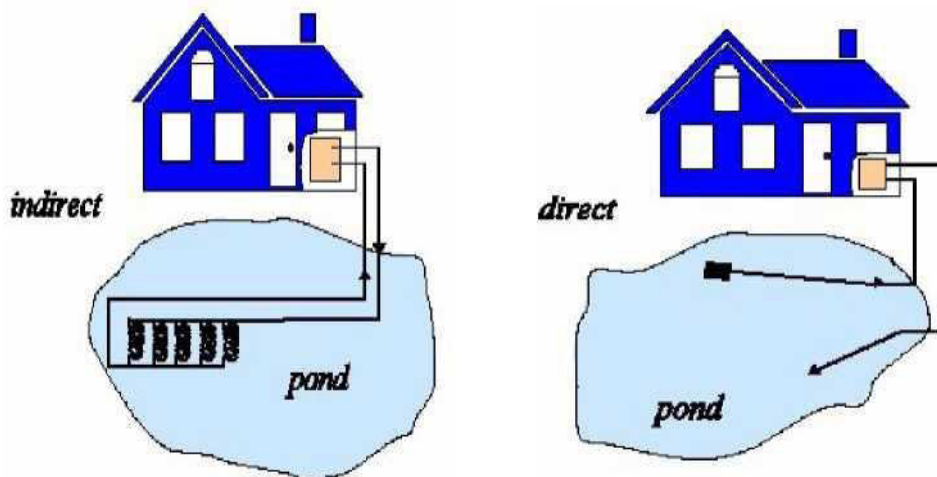
Εικόνα 3.38 GCHP, Κλειστά συστήματα, κατακόρυφο και οριζόντιο[56]

Ο τύπος GroundWater Heat Pump (GWHP, υπεδαφικού ή υπόγειου νερού υδροφόρου αντλία θερμότητας). Μέχρι και την προηγούμενη δεκαετία και την ανάπτυξη των κλειστών κυκλωμάτων αποτελούσε το πιο διαδεδομένο σύστημα. Ωστόσο στη κατηγορία των κατοικιών, η μειωμένη ανάγκη συντήρησης των κλειστών κυκλωμάτων τα έκανε ελκυστικότερα. Όσο αναφορά τα μεγαλύτερα κτίρια ο τύπος GWHP αποτελεί την οικονομικότερη λύση αρχικού κόστους εφόσον υπάρχει υπόγειος υδροφόρος σε μικρό βάθος. Το νερό από τον υδροφόρο ανάλογα με την ποιότητά του οδεύει απευθείας στις αντλίες θερμότητας ή αυτές προστατεύονται με την παρεμβολή ενδιάμεσου εναλλάκτη.



Εικόνα 3.39 GWHP, ανοικτά συστήματα υπόγειου υδροφόρου, άντλησης-επανεισαγωγής και άντλησης-απόρριψης[57]

Ο τύπος Surface Water Heat Pump (SWHP, επιφανειακών νερών αντλία θερμότητας). Συμπεριλαμβάνεται και αυτός ο τύπος στις GSHP επειδή υπάρχουν μεγάλες ομοιότητες στις μεθόδους εφαρμογής και εγκατάστασης. Οι αντλίες θερμότητας επιφανειακών νερών υποδιαιρούνται σε κλειστού κυκλώματος, παρόμοιες με τις GCHP ή σε ανοικτού κυκλώματος, παρόμοιες με τις GWHP. Ωστόσο η θερμική συμπεριφορά των επιφανειακών νερών διαφοροποιείται από αυτή του εδάφους.

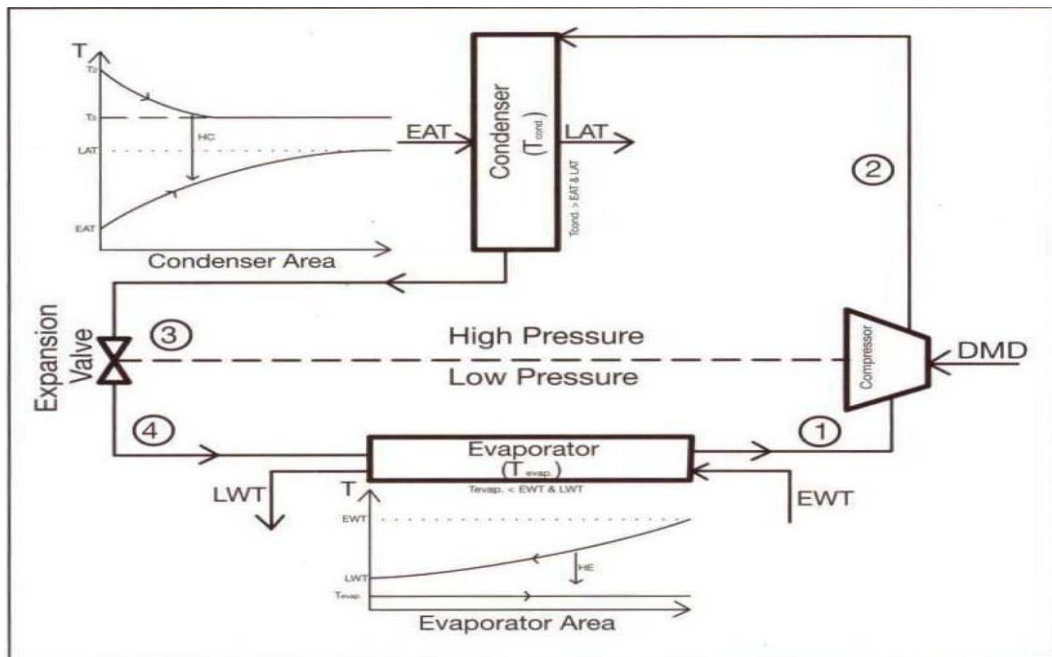


Εικόνα 3.40 SWHP, επιφανειακών νερών αντλίες θερμότητας, κλειστό και ανοικτό κύκλωμα[58]

3.6.1.2 Αρχή Λειτουργίας Αντλιών Θερμότητας

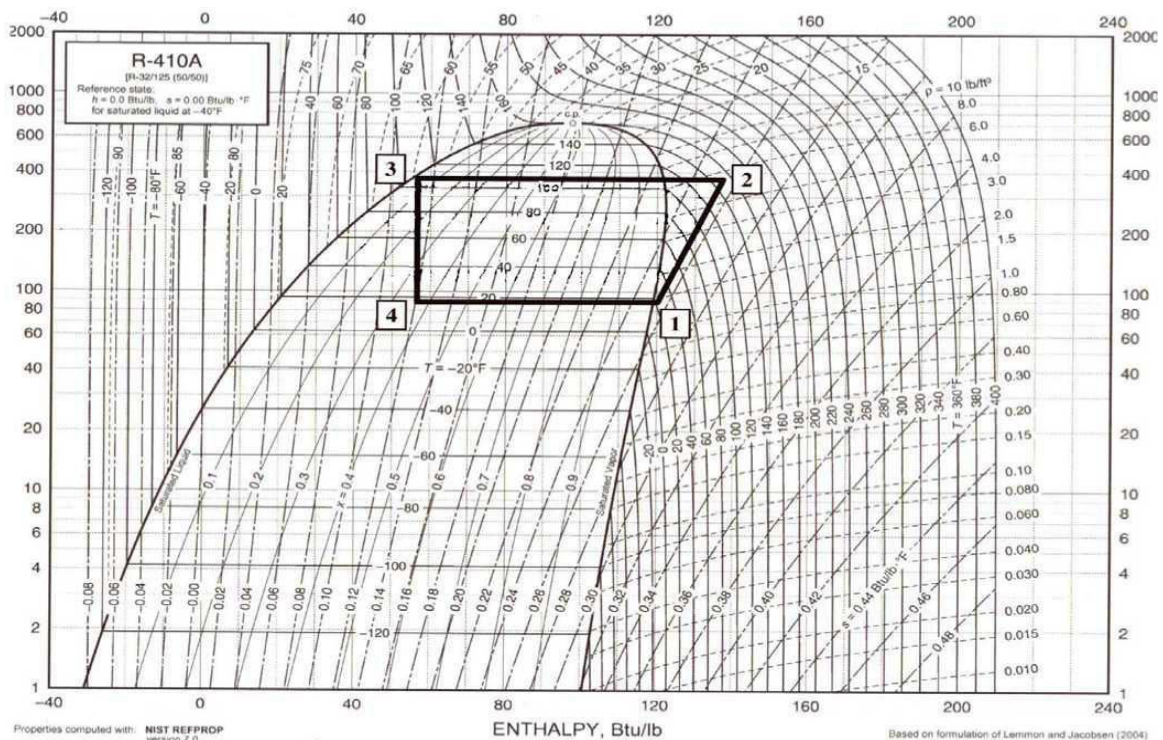
Ο κύκλος εξάτμισης-συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου στις εδαφικής πηγής αντλίες θερμότητας βασίζεται στον κλασικό ψυκτικό κύκλο. Ο κύκλος παρουσιάζεται στην εικόνα 4 για αντλία θερμότητας νερού-αέρα σε λειτουργία θέρμανσης. Τα νούμερα αντιπροσωπεύουν τα οριακά σημεία του ψυκτικού κύκλου (1-αέριο-χαμηλή πίεση-χαμηλή θερμοκρασία, 2-αέριο-υψηλή πίεση-υψηλή θερμοκρασία, 3-υγρό, υψηλή πίεση, υψηλή θερμοκρασία, 4-υγρό-αέριο, χαμηλή πίεση, χαμηλή θερμοκρασία). Ο κύκλος χρησιμοποιεί δύο εναλλάκτες θερμότητας, έναν συμπιεστή, και μία βαλβίδα εκτόνωσης για να παρουσιάσει δύο πλευρές του ψυκτικού μέσου, της υψηλής πίεσης (υψηλής θερμοκρασίας) και της χαμηλής πίεσης (χαμηλής θερμοκρασίας). Η υψηλής πίεσης/θερμοκρασίας πλευρά αποβάλλει θερμότητα μέσω του εναλλάκτη στην υψηλής θερμοκρασίας «αποθήκη» (αέρα στο παράδειγμα) και η χαμηλής πίεσης/θερμοκρασίας πλευρά απορροφά θερμότητα μέσω του εναλλάκτη από την χαμηλής θερμοκρασίας «πηγή» (νερό στο

παράδειγμα). Η λειτουργία του κύκλου μεταφέρει αποτελεσματικά θερμότητα από την χαμηλής θερμοκρασίας πηγή (έδαφος) σε μία υψηλής θερμοκρασίας αποθήκη (κτίριο) χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση του συμπιεστή.



Εικόνα 3.41 Ψυκτικός κύκλος εξάτμιση – συμπίεση[59]

Ο κύκλος εξάτμισης-συμπίεσης του ψυκτικού μέσου (συνηθέστερα του R410A και 407C) βασίζεται στις αλλαγές φάσης του σε συγκεκριμένες τιμές πίεσης και θερμοκρασίας. Στην εικόνα 3.42 φαίνεται το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας, το οποίο παρουσιάζει τη συσχέτιση ανάμεσα στην πίεση (psia), θερμοκρασίας (F), φάσης (υγρή, μίγμα αέριας και υγρής, αέριας) και της ενθαλπίας (ενέργεια στη μονάδα της μάζας Btu/lb).



Εικόνα 3.42 Διάγραμμα Πίεσης-Ενθαλπίας για ψυκτικό R410A[60]

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των εδαφικής πηγής αντλιών θερμότητας, ο βαθμός απόδοσης COP (Coefficient Of Performance) ως ο λόγος της αποδιδόμενης ενέργειας προς την καταναλισκόμενη.

$$COP_{ideal} = \frac{HC_{cond}}{Work_{comp}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

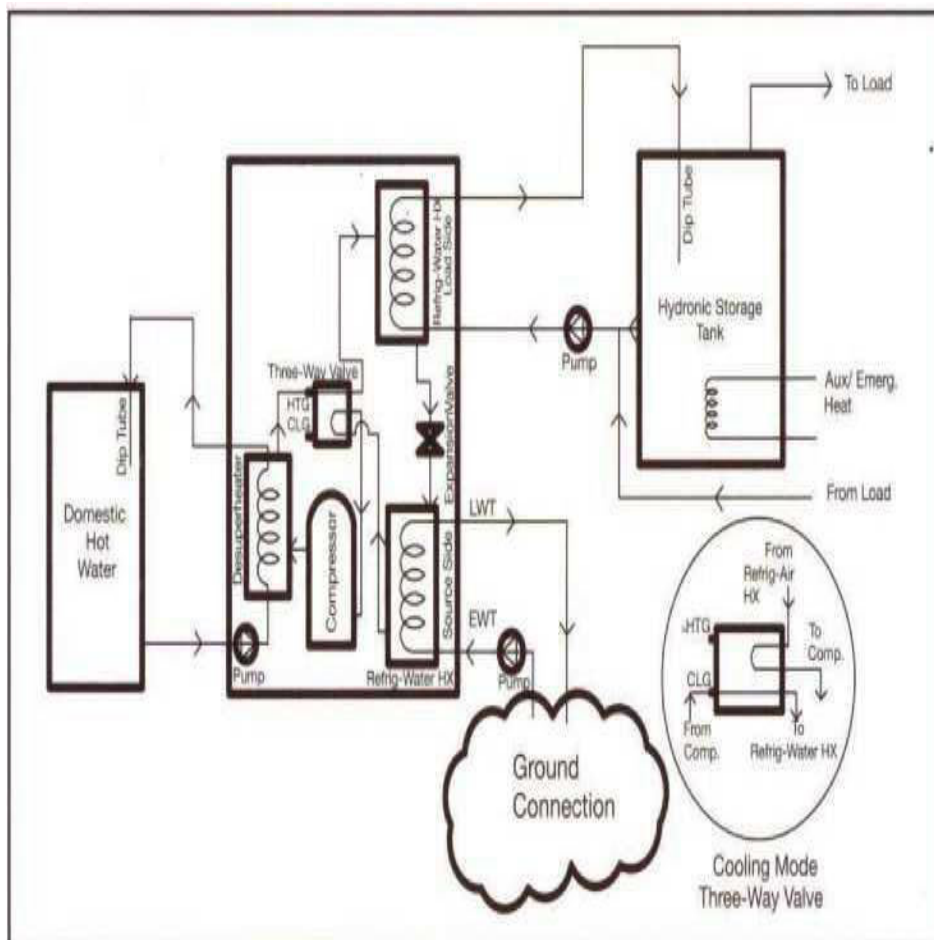
όπου:

COP_{ideal} : ο ιδανικός βαθμός απόδοσης

HC_{cond} : η αποδιδόμενη θερμότητα στον συμπυκνωτή (condenser)

$Work_{comp}$: η καταναλισκόμενη ενέργεια στον συμπιεστή (compressor)

h_{1-2-3} : ενθαλπία του ψυκτικού στα διάφορα στάδια



Εικόνα 3.43 GSHP, νερού - νερού, κατάσταση θέρμανσης[61]

Στην εικόνα 3.43 παρουσιάζεται μία αντλία θερμότητας νερού-νερού η οποία διαθέτει τρίοδη βάνα στο ψυκτικό κύκλωμα η οποία επιτρέπει την αυτόματη εσωτερική αλλαγή του συστήματος από θέρμανση σε ψύξη και το αντίστροφο. Επίσης επιλεκτικά κατασκευάζονται και μηχανήματα με εναλλάκτη ζεστού νερού χρήσης (desuperheater)

3.7 Παραδείγματα Χρήσης

Υπάρχουν εκατομμύρια συστήματα παγκοσμίως σε αναρίθμητα είδη κτιρίων με σκοπό την κάλυψη κυρίως αναγκών θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.

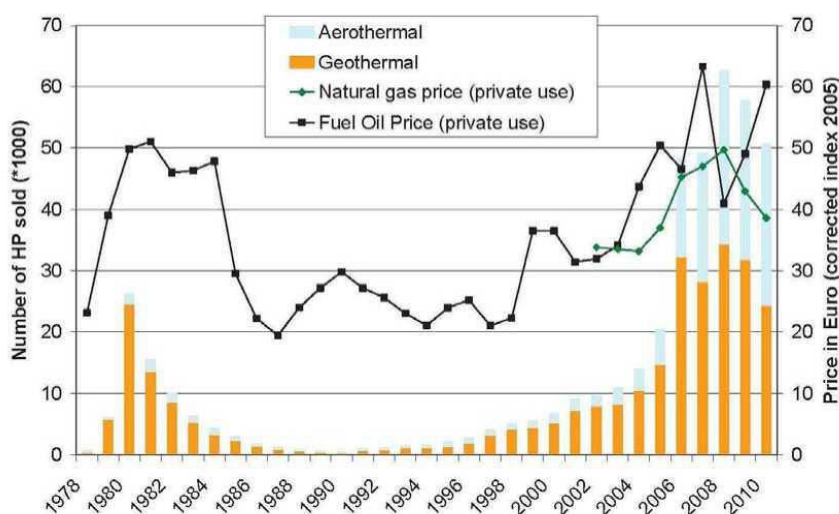


GSHP in Germany – the Market



Development of heat pump sales in Germany

(after data of BWP and German Statistical Office)



European Geothermal Energy Council



www.egec.org

Εικόνα 3.44 Συσχέτιση πωλήσεων αντλιών θερμότητας σε σχέση με τις τιμές ενέργειας στη Γερμανία[62]

Η πορεία των εφαρμογών είναι ανάλογη με την πορεία του κόστους της ενέργειας και ειδικότερα της ψαλίδας του κόστους των καυσίμων για θέρμανση και της ηλεκτρικής ενέργειας.

3.8 Επιπτώσεις κατά το στάδιο έρευνας των γεωθερμικών πεδίων

Για να ξεκινήσει η έρευνα και η αναζήτηση για τον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων θα πρέπει να υπάρχουν θετικές ενδείξεις για την ύπαρξη ηφαιστειακών και πλουτώνιων πετρωμάτων. Τέτοιες ενδείξεις συναντώνται σε ηφαιστειογενείς περιοχές ή σε περιοχές που γειτνιάζουν με μαγματικές εστίες σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια. Επιφανειακές εκδηλώσεις που πιστοποιούν την ύπαρξη θερμών πετρωμάτων σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια είναι οι θερμομεταλλικές πηγές, οι οποίες είναι καθοδηγητικές για την αναζήτηση γεωθερμικών πεδίων.

Τα στάδια έρευνας για την αναζήτηση ενός γεωθερμικού πεδίου περιλαμβάνουν τις εξής εργασίες:

1. Γεωλογικές και υδρογεωλογικές μελέτες.
2. Γεωχημικές έρευνες.
3. Γεωφυσικές έρευνες.

Οι παράμετροι ενδιαφέροντος των σχηματισμών και οι μέθοδοι προσδιορισμού είναι:

- Θερμοκρασία (θερμική έρευνα)
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (γεωηλεκτρική και ηλεκτρομαγνητική μέθοδος)
- Ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων (σεισμική μέθοδος)
- Πυκνότητα (βαρυτομετρική μέθοδος)
- Μαγνητική επιδεκτικότητα (μαγνητική μέθοδος)

4. Όρυξη ερευνητικών γεωτρήσεων.

5. Χρήσεις γης.

Από τα προαναφερόμενα στάδια σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζει η όρυξη ερευνητικών γεωτρήσεων μιας και επιβαρύνει με υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης την ευρύτερη περιοχή καθώς επίσης αλλάζει σημαντικά και την αισθητική του τοπίου. Επίσης σε μικρότερο βαθμό περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκαλεί και η γεωφυσική έρευνα με χρήση ελαστικών κυμάτων (σεισμική μέθοδος) μιας και επηρεάζει την πανίδα και επιπλέον αυξάνει τα επίπεδα θορύβου της περιοχής.

3.9 Επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας έρευνας και εφόσον διαπιστωθεί η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμων γεωθερμικών πεδίων, ακολουθεί η ανάπτυξη της υποδομής που απαιτείται για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών. Κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Όρυξη των γεωτρήσεων παραγωγής – και των γεωτρήσεων επανεισαγωγής (εάν αυτό έχει κριθεί απαραίτητο για τη διάθεση των γεωθερμικών ρευστών μετά την εκμετάλλευσή τους).

2. Κατασκευή του δικτύου άντλησης, μεταφοράς και τελικής διάθεσης (απόρριψης) των γεωθερμικών ρευστών.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων διακρίνονται σε:

1. Επιπτώσεις κατά την κατασκευή της παραγωγικής γεώτρησης και της γεώτρησης Επανεισαγωγής
2. Αύξηση στάθμης Θορύβου
3. Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς
4. Πρόκληση καθιζήσεων
5. Δημιουργία μικροσεισμικότητας
6. Υδροθερμικές εκρήξεις

3.9.1. Επιπτώσεις από τη γεώτρηση την παραγωγή και την επανεισαγωγή

Η πρώτη περιβαλλοντική επίπτωση που γίνεται αντιληπτή από τα πρώτα κιόλας στάδια εφαρμογής ενός γεωθερμικού έργου είναι οι γεωτρήσεις, ανεξάρτητα αν αυτές φτάνουν σε μικρά βάθη και αποσκοπούν στη μέτρηση της γεωθερμικής βαθμίδας κατά το στάδιο έρευνας ή αν είναι γεωτρήσεις παραγωγής και επανεισαγωγής. Η εγκατάσταση ενός γεωτρητικού συγκροτήματος, που περιλαμβάνει και όλο το βοηθητικό εξοπλισμό του, απαιτεί τη διάνοιξη-επισκευή δρόμων για την πρόσβαση στο σημείο των γεωτρήσεων. Αποτέλεσμα των εργασιών αυτών είναι η ελαφρά τροποποίηση της επιφανειακής μορφολογίας της περιοχής ενώ δεν αποκλείεται η πιθανότητα πρόκλησης μικρών ζημιών στη χλωρίδα και την πανίδα. Επίσης, κατά τη διάρκεια κατασκευής των γεωτρήσεων ή των δοκιμών παραγωγής, υπάρχει κίνδυνος διαφυγής στην ατμόσφαιρα κάποιων ανεπιθύμητων αερίων. Ιδιαίτερα προβλήματα διαρροών μπορεί να υπάρξουν από τα ρευστά που εκρέουν κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων, σε περίπτωση ατυχήματος ή διάρρηξης των σωληνώσεων (παραγωγής και επανεισαγωγής) και από τις όχι καλά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες των γεωθερμικών ρευστών. Αρκετά υψηλή μπορεί να είναι επίσης και η οπτική όχληση κατά τη διάρκεια της διάτρησης, οφειλόμενη στην παρουσία των γεωτρυπάνων και στην έκταση του εργοταξίου.

3.9.1.1 Αύξηση στάθμης Θορύβου

Κατά το στάδιο ανόρυξης των γεωτρήσεων και της κατασκευής της μονάδας υπάρχει πιθανότητα να παρουσιαστούν αυξημένα επίπεδα θορύβου τα οποία επιβαρύνουν και την ευρύτερη περιοχή και κυρίως το προσωπικό του εργοταξίου κατασκευής της γεωθερμικής μονάδας.

3.9.1.2 Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς

Η εγκατάσταση του δικτύου μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών και η κατασκευή των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης, επηρεάζει επιπλέον την πανίδα, τη χλωρίδα και την επιφανειακή μορφολογία της περιοχής. Το τοπίο της περιοχής μπορεί να αλλάξει ελαφρώς αν και είναι εφικτό το δίκτυο των σωληνώσεων που διαπερνά την περιοχή και οι πύργοι ψύξης των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να σχεδιαστούν έτσι ώστε να γίνουν αναπόσπαστα τμήματα του τοπίου.

3.9.1.3 Πρόκληση καθιζήσεων

Η αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων νερού ή ατμού από ένα γεωθερμικό πεδίο, ειδικά όταν οι ταμειυτήρες του αποτελούνται από πορώδεις σχηματισμούς, μπορεί να προκαλέσει ορισμένες φορές καθίζηση του εδάφους η οποία κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι και μερικά μέτρα. Η καθίζηση του εδάφους μπορεί να έχει επιπτώσεις είτε στη σταθερότητα των σωληνώσεων των δικτύων είτε σε άλλα μέρη της εγκατάστασης. Μπορεί επίσης να προκαλέσει το σχηματισμό λιμνών και ρωγμών στο έδαφος και εάν η θέση των εγκαταστάσεων είναι κοντά σε κατοικημένη περιοχή μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και σε αστάθεια των κτιρίων.

3.9.1.4 Δημιουργία μικροσεισμικότητας

Με την επανεισαγωγή των υγρών στον ταμειυτήρα υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μικροσεισμών στην περιοχή για το λόγο ότι τα υγρά κατά την επανεισαγωγή τους δρουν ως λιπαντικό για τα υπερκείμενα πετρώματα. Επειδή τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία βρίσκονται σε σειсмоγενείς περιοχές, είναι πιθανόν οι μικροί αυτοί σεισμοί να «ανακουφίζουν» τις τοπικές συνθήκες και έτσι να συνδράμουν στην αποφυγή μεγαλύτερου σεισμού.

3.9.1.5 Υδροθερμικές εκρήξεις

Αυτές είναι σπάνιες αλλά είναι ένας πιθανός κίνδυνος στα πεδία υψηλής θερμοκρασίας. Εμφανίζονται όταν η πίεση ατμού στα υδροφόρα στρώματα κοντά στην επιφάνεια μπορεί να εκτινάξει το εδαφικό υλικό και να προκαλέσει τη δημιουργία κρατήρων. Οι διαστάσεις των κρατήρων μπορεί να κυμαίνονται από 5 m – 500 m διάμετρο και βάθος έως 500 m (αν και οι περισσότερες εκρήξεις δημιουργούν κρατήρες με βάθος λιγότερο από 10 m).

3.10 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες υψηλής ενθαλπίας

Τα γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση των τεσσάρων τεχνολογιών που έχουν ήδη αναφερθεί (ξηρού ατμού, στρόβιλοι υγρού ατμού, δυαδικού κύκλου με πητικό ρευστό ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό, συνδυασμένος κύκλος)

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμίας έχει τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με άλλες μεθόδους. Οι επιπτώσεις αυτές κατηγοριοποιούνται σε:

1. Εκπομπές αερίων
2. Υδάτινη και θερμική ρύπανση
3. Απόθεση στερεών αποβλήτων
4. Χρήση γης και οπτική ρύπανση
5. Θόρυβος

3.10.1 Εκπομπές αερίων

Τα μη συμυκνώσιμα αέρια που εμπεριέχονται στον γεωθερμικό ατμό και μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρόθειο. Επίσης, υπάρχει περίπτωση να περιέχετε αμμωνία, υδρογόνο, άζωτο, μεθάνιο και ραδόνιο σε δευτερεύουσες ποσότητες, καθώς επίσης και πτητικά σωματίδια βορίου, αρσενικού και υδραργύρου.

Η εκπομπή υδρόθειου (H₂S) αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης. Χαρακτηρίζεται από μία «οσμή κλούβιων αυγών» και ανιχνεύεται από τον άνθρωπο ακόμη και σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,03 ppmv (parts per million by volume). Το υδρόθειο επιταχύνει τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών και αποκλείει τη χρήση ορισμένων μεταλλικών υλικών. Στις γεωθερμικές εγκαταστάσεις με εκπομπές υδροθείου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές για την ανίχνευσή του, ιδιαίτερα για το προσωπικό που εισέρχεται σε κλειστούς χώρους.

Οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκπέμπονται από τις γεωθερμικές μονάδες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και από την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από γεωθερμικές μονάδες είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά με τις εκπομπές (έμμεσες) από άλλες μορφές ΑΠΕ. Οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh, συγκρινόμενες με τα 1000 kg περίπου διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα.

Από τους υπόλοιπους αέριους ρύπους που εκπέμπονται, η αμμωνία μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών, των ρινικών κοιλοτήτων και του αναπνευστικού συστήματος, ενώ το ραδόνιο είναι καρκινογόνο εάν εισπνευσθεί. Οι εκπομπές αυτών των δύο αερίων είναι κανονικά σε χαμηλά επίπεδα και δεν προκαλούν ανησυχία. Από τα διάφορα μεταλλικά στοιχεία που εκπέμπονται, το αρσενικό είναι καρκινογόνο καθώς επίσης προσβάλλει και το δέρμα, το βόριο ερεθίζει το δέρμα και τους βλεννογόνους υμένες και επιπλέον είναι τοξικό και για τα φυτά και τέλος η εισπνοή ή η κατάποση του υδραργύρου μπορεί να προκαλέσει νευρολογικές διαταραχές. Όμως, αυτά τα μέταλλα εκπέμπονται γενικά σε χαμηλές ποσότητες με αποτέλεσμα να μη θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Τα μέταλλα είναι πιθανό επίσης να αποτεθούν στο έδαφος και με τη διήθηση τους να συμβάλουν στη μόλυνση των υπόγειων νερών.

3.10.2 Υδάτινη και θερμική ρύπανση

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών ρευστών στους υδάτινους αποδέκτες. Η σύσταση ενός γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από το είδος και την προέλευση των πετρωμάτων του ταμιευτήρα καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία και την πίεση του. Η απόρριψη ή η διαρροή του γεωθερμικού ρευστού, από το οποίο έχει εξαχθεί ή όχι η θερμότητα, δημιουργεί συνήθως περιβαλλοντικό πρόβλημα (υδάτινη ρύπανση ή ρύπανση του εδάφους), τόσο λόγω της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά (αρσενικό, βόριο, φθόριο, κλπ), όσο και λόγω της αρκετά υψηλότερης θερμοκρασίας του σε σχέση με τη θερμοκρασία των αποδεκτών. Ιδιαίτερα προβλήματα διαρροών μπορεί να υπάρξουν κυρίως στα αρχικά στάδια αξιοποίησης του πεδίου (από τα ρευστά που εκρέουν κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων) σε περίπτωση ατυχήματος ή διάρρηξης των σωληνώσεων (παραγωγής και επανεισαγωγής) ή από τις μη αποτελεσματικά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες των γεωθερμικών ρευστών.

3.10.3 Απόθεση στερεών αποβλήτων

Επιπτώσεις από τη γεωθερμία στο έδαφος ή στο υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν και από την απόθεση στερεών αποβλήτων. Σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις στερεά απόβλητα μπορεί να δημιουργηθούν από τις εξής πηγές: α) λάσπη γεωτρήσεων και θρύμματα των διατρούμενων σχηματισμών κατά τη διάρκεια της διάτρησης, β) απόβλητα από τις τεχνολογίες δέσμευσης του υδρόθειου και γ) στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό ρευστό ή από τον καθαρισμό των σωληνώσεων από τις επικαθίσεις (ανθρακικό ασβέστιο, θειούχες ενώσεις βαρέων μετάλλων, πυριτικές ενώσεις).

Οι ποσότητες στερεών αποβλήτων δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ειδικά όταν συγκρίνονται με απόβλητα από μονάδες που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα και τα περισσότερα από αυτά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοξικά.

3.10.4 Χρήση γης και οπτική ρύπανση

Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωθερμικής ενέργειας αυτής της κατηγορίας είναι ότι απαντά σε ορισμένες μόνο περιοχές και η αξιοποίησή της γίνεται επιτόπου. Το θετικό σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο «συνολικός κύκλος παραγωγής της ενέργειας» περιορίζεται σε μία μόνον περιοχή, κάτι που εξαλείφει την ανάγκη μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά χιλιόμετρα.

Η έκταση που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (πχ για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο των γεωτρήσεων, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας, ιδιαίτερα αν συγκρίνει κανείς με τις εκτάσεις που απαιτούνται για την εξόρυξη και την αποθήκευση των καυσίμων ή τη δημιουργία φραγμάτων και τεχνητών λιμνών. Το ίδιο ισχύει και για την οπτική ρύπανση από τις γεωθερμικές μονάδες μιας και το κυριότερο ορατό τμήμα μίας μονάδας είναι ο πύργος ψύξης.

3.10.5 Θόρυβος

Κατά τη φάση λειτουργίας της γεωθερμικής μονάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει αρκετά υψηλό επίπεδο θορύβου που προέρχεται κυρίως από τους ανεμιστήρες του πύργου ψύξης, τον εκτοξευτή ατμού και το βόμβο των αμμοστροβίλων. Ο θόρυβος ελέγχεται κυρίως από μόνιμες εγκαταστάσεις σιγαστήρων ή άλλων συσκευών μείωσης θορύβου.

3.11 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες χαμηλής ενθαλπίας

Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι ηπιότερη σε σχέση με την επιβάρυνση από τα ρευστά υψηλής ενθαλπίας. Η περιεκτικότητα των ρευστών σε μη συμπυκνώσιμα αέρια είναι γενικά περιορισμένη, εκτός από μερικές περιπτώσεις όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Προβλήματα καθιζήσεων ή δημιουργίας μικροσεισμικότητας δεν έχουν ποτέ καταγραφεί σε πεδία χαμηλής θερμοκρασίας.

Η θερμική επιβάρυνση είναι σαφώς μικρότερη, με την προϋπόθεση ότι τα νερά μετά τη χρήση τους έχουν θερμοκρασία μικρότερη από 30-35°C. Το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής θερμοκρασίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη του θερμικού φορτίου τους. Η επιφανειακή διάθεση (τεχνητές ή φυσικές λίμνες, χείμαρροι, ποταμοί, θάλασσα) αποτελεί τη φθηνότερη λύση και τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από τις αρχές της αξιοποίησης της γεωθερμίας. Τρία προβλήματα σχετίζονται με τη λύση αυτή: α) η αυξημένη θερμοκρασία των νερών (θερμική ρύπανση), β) η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε διάφορα συστατικά (υδροθείο, βαρέα μέταλλα, κλπ) και γ) η «εξάντληση» του πεδίου με το χρόνο. Η διάθεση σε λίμνες, ποτάμια και χείμαρρους, λόγω της ευαισθησίας αυτών των οικοσυστημάτων, θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και ύστερα από εμπειρισταωμένη μελέτη και με την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι όροι διάθεσης των νερών στους συγκεκριμένους φυσικούς αποδέκτες.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει εκδώσει σειρά κατευθυντήριων οδηγιών που αφορούν την ποιότητα γλυκών επιφανειακών υδάτων προοριζομένων για υδροληψία, διαβίωση ιχθύων και κολύμβηση, όπου θεσπίζονται μέγιστα επιτρεπόμενα και επιθυμητά όρια συγκεντρώσεων των διαφόρων ουσιών. Οι οδηγίες αυτές έχουν κυρωθεί με νόμους και από το Ελληνικό Κράτος. Για τους θαλάσσιους αποδέκτες η θέσπιση αντίστοιχων περιβαλλοντικών ορίων είναι ιδιαίτερα δύσκολη εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας των υδροδυναμικών συνθηκών που επικρατούν. Η ΕΡΑ (Environmental Protection Agency) έχει προτείνει ανώτατα και συνιστώμενα όρια ορισμένων ουσιών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγοί κατά τη μελέτη διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών σε θαλάσσια ύδατα.

Επίσης, επιπτώσεις στο έδαφος ή στο υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν και από την απόθεση στερεών αποβλήτων. Πρόκειται για στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό ρευστό (π.χ. πυριτικά άλατα) ή από τον καθαρισμό των σωληνώσεων από τις επικαθίσεις (ανθρακικό ασβέστιο, θειούχες ενώσεις βαρέων μετάλλων, πυριτικές ενώσεις).

Τέλος υπάρχει και κίνδυνος από διαρροή υγρών ή αερίων αποβλήτων τα οποία επιβαρύνουν την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής.

3.12 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

3.12.1 Εισαγωγή

Αν και η γεωθερμία αποτελεί μία ήπια μορφή ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές η ιδιάζουσα φύση των γεωθερμικών ρευστών μπορεί να προκαλέσει επιδράσεις στο περιβάλλον όπως αναλυτικά έχουν αναφερθεί.

Η τεχνολογία που είναι διαθέσιμη διεθνώς, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση των εκπομπών υδρόθειου, της απόρριψης γεωθερμικών ρευστών, κλπ. Ταυτόχρονα έχουν θεσπιστεί παγκοσμίως κατάλληλοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί που στηρίζουν την ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας. Θετικό είναι το γεγονός ότι οι περισσότερες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να ελεγχθούν ή να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό.

3.12.2 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τα στάδια έρευνας και ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων

Όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τις γεωτρητικές εργασίες τόσο στο στάδιο έρευνας όσο και σ' αυτό της παραγωγής εκλείπουν με το πέρας αυτών εφόσον εφαρμοστεί η εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη. Βέβαια, στη φάση της διάτρησης και των δοκιμών παραγωγής, για να μην υπάρξει επιβάρυνση και ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων νερών από τη λάσπη της διάτρησης αλλά και τα στερεοποιημένα άλατα, απαιτούνται τεχνητές λίμνες απόλυτα στεγανοποιημένες.

Οι καθιζήσεις μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα, ενώ η διατήρηση της πίεσης στον ταμιευτήρα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης υδροθερμικών εκρήξεων.

3.13 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

3.13.1 Αντιμετώπιση αέριων εκπομπών

3.13.1.1 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών υδρόθειου (H₂S)

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες δέσμευσης του υδρόθειου μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, αυτές που απομακρύνουν το υδρόθειο από τα αερία (πρωτογενής καθαρισμός) και αυτές που απομακρύνουν το υδρόθειο που έχει διαλυθεί στο συμπύκνωμα ή στο μίγμα

συμπυκνώματος – νερού ψύξης (δευτερογενής καθαρισμός). Η κατανομή του υδρόθειου σ' αυτά τα ρεύματα είναι βασικής σημασίας για το σχεδιασμό της κατάλληλης μεθόδου αντιρρύπανσης.

α) Διεργασία Stretford: Η διεργασία Stretford είναι μία διαδικασία αποθείωσης υγρού τύπου που χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες κατά την οποία το υδρόθειο αφαιρείται από τον ατμό του αερίου και ανακτάται το θείο. Πρόκειται για διαδικασίες αποθείωσης με άριστη απόδοση (σχεδόν 99,9%). Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να απομακρυνθεί το υδρόθειο από τα απαέρια του συμπυκνωτή. Για μονάδες με εναλλάκτη έμμεσης επαφής, οι οποίες τροφοδοτούνται με σχετικά καθαρό ατμό που δεν περιέχει αμμωνία, η μονάδα Stretford μπορεί να επιτυγχάνει τον απαιτούμενο βαθμό απομάκρυνσης του υδρόθειου χωρίς δευτερογενή καθαρισμό.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της διαδικασίας Stretford είναι τα παρακάτω:

- 1) Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε αέριο.
- 2) Το υδρόθειο που περιέχεται στο αέριο μπορεί να μειωθεί σε λιγότερο από 0,1 ppm σε ατμοσφαιρικές και υψηλότερες πιέσεις.
- 3) Το θείο ανακτάται με υψηλή καθαρότητα, περισσότερο από το 99,5% κατά βάρος.
- 4) Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία είναι σταθερές, μη τοξικές και επεξεργάζονται εύκολα.
- 5) Η λύση της απορρόφησης είναι ελαφρώς αλκαλική (pH 8,5 – 9,0) και δεν προκαλεί διαβρώσεις.

Η τεχνολογία Stretford χρησιμοποιεί καταλύτη βαναδίου για τη μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο και η αναγέννηση του καταλύτη γίνεται με τη βοήθεια δισουλφονικού οξέως ανθρακικόνης. Η διεργασία συνίσταται στην απομάκρυνση του υδρόθειου με απορρόφηση από υδατικό διάλυμα ανθρακικού νατρίου και στη συνέχεια καταλυτική οξείδωση του προς στοιχειακό θείο με αναγωγή πεντασθενούς βαναδίου. Το οξειδωτικό διάλυμα αναγεννάται με τροφοδοσία οξυγόνου που επαναφέρει το βανάδιο στην πεντασθενή του μορφή. Η μονάδα συμπληρώνεται με εγκαταστάσεις απομάκρυνσης του καθαρισμού του στοιχειακού θείου που παράγεται.

Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται τεχνικά αξιόπιστη, ικανή να κατεργαστεί ρεύματα με διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης του ρυπαντή και απαλλαγμένη σοβαρών μειονεκτημάτων. Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση όμως της μεθόδου για γεωθερμικές εφαρμογές θα πρέπει να τονισθούν και τα εξής σημεία:

- Η διεργασία Stretford είναι μία, σχετικά πολύπλοκη, χημική διεργασία που απαιτεί στενή παρακολούθηση και ρύθμιση. Επιπλέον απαιτεί σοβαρή τεχνική υποστήριξη ώστε να υπάρχει δυνατότητα αντιμετώπισης μίας σειράς προβλημάτων, όπως απόφραξης συσκευών, αφρισμού και αυξημένης κατανάλωσης χημικών.

- Έχει αναγνωρισθεί διεθνώς η αναγκαιότητα ανάπτυξης μεθόδων καθαρισμού του ατμού από το υδρόθειο. Εκτιμάται ότι μέθοδοι καθαρισμού των απαερίων, όπως η διεργασία Stretford, θα έχουν μελλοντικά μάλλον συμπληρωματικό ρόλο στις γεωθερμικές εφαρμογές.

β) Δευτερογενής καθαρισμός: Ο καθαρισμός του συμπυκνώματος και νερού ψύξης από το διαλυμένο υδρόθειο επιτυγχάνεται συνήθως με οξείδωσή του προς στοιχειακό θείο. Η οξείδωση μπορεί να γίνει με τρισθενή ιόντα σιδήρου που εισάγονται στο κύκλωμα με τη μορφή χηλικών συμπλόκων. Στη συνέχεια τα ιόντα σιδήρου αναγεννώνται με ατμοσφαιρικό οξυγόνο στον πύργο

ψύξης. Τα κυριότερα τεχνικά προβλήματα αυτής της μεθόδου καθαρισμού είναι η μείωση του χρόνου ζωής της εγκατάστασης λόγω διάβρωσης και τα προβλήματα αποφράξεων από το κολλοειδές θείο που παράγεται.

γ) Διεργασία καύσης/έκπλυσης: Η μέθοδος αυτή αποτελεί βελτίωση του δευτερογενούς διαχωρισμού που περιγράφηκε παραπάνω. Το υδρόθειο καίγεται προς διοξείδιο του θείου το οποίο δεσμεύεται σε πλυντρίδα (scrubber) με το σχηματισμό θειώδους και θειικού οξέος. Εν συνεχεία, χρησιμοποιούνται χηλικές ενώσεις σιδήρου για το σχηματισμό θειοθειικών αλάτων. Το κύριο προϊόν της διεργασίας είναι διάλυμα θειοθειικών, το οποίο επανεισάγεται στον ταμιευτήρα με το συμπύκνωμα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, το παραγόμενο με τη μέθοδο θειικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του pH των γεωθερμικών νερών και τον έλεγχο της δημιουργίας επικαθίσεων.

3.13.1.2 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Για τον περιορισμό της περιεκτικότητας των γεωθερμικών ρευστών από το διοξείδιο του άνθρακα, μπορεί να εφαρμοστεί η υγρή λεγόμενη επανεισαγωγή των αερίων στον ταμιευτήρα. Με τη μέθοδο αυτή, το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο θερμό αλμόλοιπο, το οποίο εν συνεχεία επανεισάγεται στον ταμιευτήρα μέσω των γεωτρήσεων επανεισαγωγής.

3.13.1.3 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών από άλλα αέρια

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η αμμωνία εμφανίζεται σε μικρές ποσότητες σε πολλά γεωθερμικά συστήματα. Στα γεωθερμικά εργοστάσια ξηρού ατμού, η αμμωνία οξειδώνεται σε άζωτο και νερό καθώς περνά στην ατμόσφαιρα. Άλλα επικίνδυνα αέρια που τυχόν υπάρχουν όπως το ραδόνιο, μεθάνιο, κλπ επανεισάγονται στον ταμιευτήρα.

Τα φίλτρα επίσης μειώνουν τις αέριες εκπομπές αλλά παράγουν μία υγρή λάσπη πλούσια σε θείο και βανάδιο, ένα μέταλλο που είναι τοξικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Επιπρόσθετη λάσπη παράγεται όταν υδροθερμικός ατμός συμπυκνώνεται προκαλώντας την καθίζηση των διαλυμένων στερεών. Αυτή η λάσπη έχει γενικά υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτικά συστατικά, χλωρικά, αρσενικό, υδράργυρο, νικέλιο και άλλα τοξικά βαρέα μέταλλα. Μία δαπανηρή μέθοδος απόθεσης των αποβλήτων περιλαμβάνει την ξήρανση τους (όσο το δυνατόν περισσότερο) και τη μεταφορά σε χώρους που έχουν ειδική άδεια για απόθεση τοξικών αποβλήτων.

3.13.1.4 Αντιμετώπιση υδάτινης και θερμικής μόλυνσης

Η πλέον περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Για την επανεισαγωγή αρκεί να διανοιχτούν γεωτρήσεις μεγάλου βάθους, μέσα από τις οποίες τα ρευστά είτε με την υφιστάμενη πίεση τους, είτε με τη βαρύτητα, είτε με τη χρήση αντλιών, προωθούνται στο υπέδαφος. Τα απορριπτόμενα ρευστά μπορεί να είναι άλμη, συμπύκνωμα ατμού, μίγμα αυτών ή τέλος μίγμα με άλλο διαθέσιμο νερό (για αραιώση τυχόν συστατικών). Η θερμοκρασία των ρευστών μπορεί να είναι χαμηλότερη από 50°C, αν επανεισάγεται συμπύκνωμα ή μίγμα με ψυχρά ρευστά, ή και μεγαλύτερη από 100°C, αν επανεισάγεται κατ' ευθείαν άλμη από διαχωριστή υψηλής πίεσης. Από το είδος των ρευστών και τη θερμοκρασία τους εξαρτάται η επιτυχία της μεθόδου. Ο λόγος για τον οποίο μπορεί να μην είναι εφαρμόσιμη η επανεισαγωγή είναι ο σχηματισμός αποθέσεων με αποτέλεσμα την

απαίτηση όλο και μεγαλύτερων πιέσεων και τελικά την απόφραξη των διαδρόμων ροής των ρευστών. Οι αποθέσεις αυτές δημιουργούνται όταν επανεισάγεται υπέρκορη άλμη ή όταν εισάγεται μίγμα συμπυκνώματος με άλλο νερό, που έχουν συστατικά των οποίων η διαλυτότητα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Συνήθως, αντιμετωπίζεται η πρώτη από τις δύο αυτές περιπτώσεις, που όπως και η δεύτερη, έχουν ως αποτέλεσμα να θέτουν περιορισμούς στο χρόνο ζωής της γεώτρησης επανεισαγωγής. Ο χρόνος ημιζωής μίας γεώτρησης επανεισαγωγής ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο η απαιτούμενη πίεση για την επανεισαγωγή ρευστών με σταθερή παροχή έχει πια, λόγω αποθέσεων, διπλασιαστεί

3.13.1.5 Φυσικοχημική επεξεργασία του αλμολοίπου πριν τη διάθεση

Τα συστατικά εκείνα που υπολογίζεται ότι, μετά τη διάλυση, θα εξακολουθούσαν να βρίσκονται σε συγκεντρώσεις πάνω από τα ανεκτά όρια, θα πρέπει να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία, πριν αποθεθούν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη. Παρακάτω αναφέρονται μέθοδοι επεξεργασίας που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές από τις μέχρι τώρα εφαρμογές:

- Πυριτικά και κolloειδή στερεά: Ο βέλτιστος τρόπος μείωσης τους είναι η κροκίδωση και χημική κατακρήμνιση με άλατα σιδήρου ή αλουμινίου ή με υδροξείδιο του ασβεστίου, που συνήθως προτιμάται για οικονομικούς λόγους. Οι απαιτούμενες δοσολογίες εξαρτώνται από τη σύσταση του αλμολοίπου και κυρίως από την αλκαλικότητά του.
- Αρσενικό: Επειδή το αρσενικό βρίσκεται στα αλμολοίπα συνήθως σε τρισθενή μορφή, είναι απαραίτητη κατ' αρχήν η οξείδωσή του σε πεντασθενές αρσενικό που είναι λιγότερο διαλυτό. Η οξείδωση επιτυγχάνεται με κατεργασία του αλμολοίπου με υποχλωριώδες νάτριο, σε αναλογίες 20-50 mg/L, ανάλογα με τη συγκέντρωση του αρσενικού. Μετά την οξείδωση είναι δυνατή η κατακρήμνιση του αρσενικού με υδροξείδιο του ασβεστίου ή άλατα σιδήρου ή αργιλίου.
- Βαρέα μέταλλα (Fe, Cr, Cd, Cu, Pb, Hg): Τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα κατακρημνίζονται αμέσως με κατεργασία με υδροξείδιο του ασβεστίου. Οι απαιτούμενες αναλογίες εξαρτώνται από την αλκαλικότητα.
- Μαγγάνιο: Το μαγγάνιο κατακρημνίζεται με ασβέστη σε υψηλές τιμές pH
- Βόριο, Βάριο: Το Βόρειο και το Βάριο είναι τα στοιχεία που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δυσκολία απομάκρυνσης με τις απλές φυσικοχημικές μεθόδους που εφαρμόζονται στη κατεργασία των αλμολοίπων.
- Αμμωνία: Η αμμωνία δεν απομακρύνεται γενικά με φυσικοχημικές μεθόδους παρά σε μικρά ποσοστά της τάξης του 20-30%. Εφόσον η συγκέντρωσή της είναι υψηλή και αποτελεί πρόβλημα για τον αποδέκτη, απαιτείται η αφαίρεση της με άλλες μεθόδους (ammonia stripping) ή με βιολογική επεξεργασία.

Σε περιπτώσεις διάθεσης του αλμολοίπου στο έδαφος σε περιοχές υπόγειας υδροφορίας, η πρόβλεψη των θέσεων και της έκτασης μίας ενδεχόμενης μελλοντικής ρύπανσης πηγών υδροληψίας μπορεί να είναι εξαιρετικά δυσχερής λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας στις τιμές των συντελεστών διασποράς, της μεγάλης βραδύτητας διάδοσης της ρύπανσης και της σωρευτικής

συμπεριφοράς ορισμένων συστατικών στον εδαφικό ιστό. Συνίσταται γι' αυτό η εφαρμογή επεξεργασίας ικανής να απομακρύνει τα επιβλαβή συστατικά σε βαθμό τουλάχιστον ανάλογο εκείνου που απαιτείται για διάθεση σε επιφανειακά ύδατα.

Τέλος, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης της θερμικής ρύπανσης είναι η ψύξη του νερού πριν διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη φυσική ψύξη κατά την παραμονή του σε τεχνητές λίμνες. Άλλος τρόπος μείωσης του θερμικού φορτίου αποτελεί η διαδοχική χρήση των γεωθερμικών ρευστών (εν σειρά εφαρμογής).

3.13.1.6 Αντιμετώπιση των στερεών αποβλήτων

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παράγουν κατά μέσο όρο 45 kg στερεών αποβλήτων ανά MWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόσφατες τεχνολογικές προόδους μειώνουν σημαντικά την προς απόθεση ποσότητα. Μερικά εργοστάσια, έχουν σήμερα την ικανότητα να αφυδατώνουν τα υποπροϊόντα και να τα αποπλύνουν, αφαιρώντας με τον τρόπο αυτό τα βαρέα μέταλλα. Το νερό που χρησιμοποιείται για την απόπλυση των βαρέων μετάλλων, επανεισάγεται στον ταμιευτήρα και τα εναπομείναντα στερεά, κυρίως πυριτικό οξύ, χρησιμοποιούνται ως υλικό πλήρωσης στο τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή δρόμων και αντιπλημμυρικών έργων.

Τα άλατα που περιέχονται στα γεωθερμικά ρευστά κρυσταλλώνονται, απομακρύνονται και ανακυκλώνονται. Ο πολύτιμος ψευδάργυρος διαχωρίζεται και πωλείται, όχι μόνο ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα αλλά και συμβάλλοντας στο οικονομικό κέρδος του εργοστασίου.

3.13.1.7 Αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με τις χρήσεις γης

Η χρήση γης για την ανάπτυξη της γεωθερμίας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τον περιορισμό της περιοχής των γεωτρήσεων (χρήση κατευθυνόμενων τεχνικών διάτρησης) και με την αύξηση της δυναμικότητας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.

3.13.1.8 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι ηπιότερες από αυτές της υψηλής ενθαλπίας. Παρ' όλα αυτά, η υδάτινη και η θερμική μόλυνση που τυχόν εμφανίζονται, αντιμετωπίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως αναφέρθηκε και στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή, είτε με επανεισαγωγή των χρησιμοποιημένων ρευστών στον ταμιευτήρα ή με φυσικοχημική διεργασία των αμολοίπων από τα τοξικά συστατικά και απόθεσή τους σε επιφανειακούς αποδέκτες.

Βέβαια, ανάλογα με τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών, υπάρχουν ορισμένοι ακόμη τρόποι αντιμετώπισης, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω.

3.13.1.9 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις αντλίες θερμότητας

Ισχύουν ακριβώς τα ίδια για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, όσον αφορά τα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα, θα πρέπει να πληρούν όλες τις προδιαγραφές έτσι ώστε να μην συμβάλουν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Η χρήση των χλωροφθορανθράκων που θεωρούνταν ιδανικοί για το σκοπό αυτό, έχει απαγορευτεί με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987), τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και την Απόφαση 94/68/ΕΚ. Χρήση οποιονδήποτε άλλων ψυκτικών απαγορεύεται και τιμωρείται με ιδιαίτερα υψηλές κυρώσεις. Ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι το R417a, HFC134a, R407c, R410a,b και τα Εξατμιστικά / Αποξηραντικά ψυκτικά.

3.13.1.10 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών και ιατρικών εφαρμογών

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τα περισσότερα από τα αέρια που περιέχονται στο γεωθερμικό ρευστό χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς. Επομένως, δεν απομακρύνονται, παρά μόνο ελέγχονται πολύ προσεκτικά οι συγκεντρώσεις τους. Για τη μείωση των υγρών αποβλήτων τόσο κατά τη θέρμανση των κολυμβητικών δεξαμενών όσο και κατά τη χρήση των ρευστών σε θέρετρα αναψυχής και λουτροθεραπευτικά κέντρα, γίνεται χρήση ειδικών φίλτρων. Κατά την είσοδο και την έξοδό του, το νερό φιλτράρεται κι έτσι είναι ασφαλές είτε να επανεισαχθεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά, είτε να αποτεθεί σε επιφανειακούς αποδέκτες.

4. Λιμάνια και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

4.1 Η έννοια του Λιμανιού

Η έννοια του Λιμανιού εμπεριέχει ποικίλους ορισμούς των οποίων το περιεχόμενο διαφέρει και εξαρτάται από την επιστημονική βάση και την οπτική που χρησιμοποιείται για να οριστεί, καθώς και το τμήμα του Λιμανιού που πρόκειται να περιγραφεί, π.χ Νομική προσέγγιση, Μηχανική κλ.π.

Το Λιμάνι από Νομικής πλευράς ορίζεται ως : τμήμα πλωτών υδάτων κατάλληλο, ως εκ της φυσικής ή τεχνητής διαμορφώσεως του, για την υποδοχή πλοίων και τη διαρκή ή προσωρινή εξυπηρέτηση των συναφών προς τη ναυσιπλοΐα αναγκών. Τα λιμάνια είναι πράγματα κοινής χρήσεως εποπτευόμενα από ειδική αρχή, τη λιμενική, της οποίας ο προϊστάμενος είναι ο λιμενάρχης επιφορτισμένος με τη διοίκηση των λιμενικών υπηρεσιών και την αστυνόμευση της λιμενικής περιφέρειας (άρθρ. 967 ΑΚ).

Με βάση το Ιδιωτικό Ναυτικό Δίκαιο, λιμάνι είναι ο τόπος «κατοικίας» των εις το νηολόγιό του «εγγεγραμμένων» πλοίων, ενώ από άποψη Διεθνούς Δικαίου, τα λιμάνια υπάγονται στην κυριαρχία τού παράκτιου κράτους. Σύμφωνα όμως με τη σύμβαση τής Γενεύης (1923) και υπό τον όρο τής αμοιβαιότητας, θεσπίζεται η αρχή «του απαρακώλυτου της χρήσεως των λιμένων, για τα ξένα πλοία», η οποία αφορά τα εμπορικά λιμάνια. Αυτό σημαίνει ότι το παράκτιο κράτος έχει δικαίωμα να απαγορεύσει σε οποιοδήποτε πλοίο την είσοδο μόνο στους στρατιωτικούς του λιμένες.

Από την πλευρά των Πολιτικών Μηχανικών, ως λιμάνι μπορεί να εννοηθεί, ένα τμήμα της θάλασσας κοντά στην ακτή, σε θέση απάνεμη και με βαθύ πυθμένα, που έρχεται σε συνεχή ή περιοδική επαφή με την ανοιχτή θάλασσα και που έχει όλα τα κατάλληλα μέσα και εγκαταστάσεις για να εξυπηρετεί τους σκοπούς των πλοίων. [15]

Σύμφωνα με τον Derruau(1987) από τις πιο περιζήτητες τοποθεσίες για λιμάνια στο παρελθόν ήταν οι μυχοί των ποταμόκολπων, εκεί όπου χτιζόταν συχνά και η πρώτη γέφυρα της περιοχής. Σε μεγάλους ποταμούς , η θαλάσσια ναυσιπλοΐα έφθανε με την παλίρροια βαθιά στο εσωτερικό. Επιπλέον η μεταφορά εμπορευμάτων δια θαλάσσης προσέφερε περισσότερα πλεονεκτήματα, χωρίς να είναι πολύ βραδύτερη από τη μεταφορά από ξηράς. [20]

4.1.1 Παραδοσιακό και Σύγχρονο λιμάνι

Σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, μια σειρά από έργα υποδομής, εξελίσσουν το φυσικό λιμάνι σε τεχνητό. Έτσι ο φυσικός όρμος, με τις ανθρώπινες βελτιώσεις και διευθετήσεις, μετατρέπεται σε τεχνητό λιμάνι. Τα λιμάνια γίνονται σημεία συγκέντρωσης κάθε είδους εμπορευμάτων και σιγά σιγά σχηματίζονται ολόγυρα από αυτά πόλεις με μεγάλη εμπορική δραστηριότητα, ταυτόχρονα η ζήτηση για αγαθά από την ενδοχώρα οδήγησε σε αύξηση της κίνησης του λιμανιού και το δίκτυο των μεταφορών άρχισε να διευρύνεται. Έτσι εμφανίζεται μια δεύτερη βασική λειτουργία, η ευκολότερη επικοινωνία μεταξύ λιμανιού και ενδοχώρας που ήταν αναγκαία για την γρήγορη μεταφορά των προϊόντων αλλά και την ευκολότερη πρόσβαση στις αγορές εργασίας. Στην εξέταση της ανάπτυξης των λιμανιών από την πλευρά του εδάφους,

έρχεται να προστεθεί η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερες προβλήτες αλλά και για μεγαλύτερα βάθη. Έτσι γεννιέται η ανάγκη για ανάπτυξη που θα έχει σαν στόχο την εξυπηρέτηση των πλοίων. Δημιουργείται δηλαδή το παραδοσιακό λιμάνι το οποίο δρα σαν πόλος ανάπτυξης του εμπορίου και της βιομηχανίας, αφού σ' αυτό φθάνουν έτοιμα αγαθά και πρώτες ύλες.

Λέγοντας παραδοσιακό λιμάνι εννοούμε μια παράκτια θαλάσσια περιοχή ή παρόχθια περιοχή ποταμού ή λίμνης με χερσαία ζώνη που έχει τεχνητά διαμορφωθεί για να παρέχει στο πλοίο ασφαλή προσόρμιση και ελλιμένιση ώστε να γίνεται με ασφάλεια η φόρτωση και η εκφόρτωση. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες αφορούν κυρίως το πλοίο και σε δευτερεύοντα βαθμό το εμπόρευμα και τον επιβάτη. Γι' αυτό και τα τεχνικά έργα είναι κατά κύριο λόγο έργα βασικής υποδομής. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την Παρδάλη το σκελετό του λιμανιού αποτελούν τα Λιμενικά έργα. Ο αντικειμενικός σκοπός τους, είναι παντού ο ίδιος, αλλά επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τη φυσική διαμόρφωση, το ύψος της παλίρροιας, τις τοπικές συνθήκες των ανέμων και τα θαλάσσια ρεύματα. [12]

Με την πάροδο του χρόνου όμως, τα παραδοσιακά λιμάνια αναπτύσσονται και μετεξελίσσονται, γίνονται ολοένα και περισσότερο ένας κόμβος μεταφορών στην αυξανόμενη αλληλεξάρτηση των χερσαίων και των θαλάσσιων μεταφορών, ένας κρίκος που συνδέει τα θαλάσσια με τα χερσαία μέσα μεταφοράς. Στη φάση αυτή της ανάπτυξης του, το λιμάνι χάνει τη σημασία του σαν εμπορικό και βιομηχανικό κέντρο και γύρω από αυτό, αναπτύσσονται άλλες λειτουργίες και δραστηριότητες. Στο πλαίσιο αυτό σχηματίζεται τα σύγχρονο λιμάνι. Το "σύγχρονο λιμάνι" δεν αρκείται μόνο στα έργα υποδομής, για να λειτουργήσει, χρειάζεται πολυδάπανα έργα ανωδομής και βέβαια συνδέσεις με την ενδοχώρα. [13]

Βασική διαφοροποίηση του σύγχρονου λιμανιού σε σχέση με το παραδοσιακό λιμάνι είναι ότι, το σύγχρονο και τα έργα ανωδομής του, αποβλέπουν στην εξυπηρέτηση του εμπορεύματος, του επιβάτη αλλά και του πλοίου. Κύρια λειτουργία του σύγχρονου λιμανιού είναι η μεταφορική και με βάση την εξυπηρέτηση αυτής, προσαρμόζει ανάλογα και τα έργα ανωδομής του.

Η λειτουργία αυτή εκφράζεται σαν:

- Λειτουργία παροχής υπηρεσιών προς το εμπόρευμα
- Λειτουργία παροχής υπηρεσιών για τους επιβάτες
- Λειτουργία παροχής υπηρεσιών προς τα πλοία

Α. Συγκεκριμένα τα έργα ανωδομής που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία παροχής υπηρεσιών προς το εμπόρευμα, είναι τα εξής :

- Αποθηκευτικοί χώροι
- Χερσαίοι χώροι απόθεσης
- Στεγασμένοι χώροι
- Αποθήκες
- Ειδικές εγκαταστάσεις για τη διατήρηση ευαίσθητου εμπορεύματος
- Εξοπλισμός χειρισμού και μεταφοράς φορτίου
- Μηχανήματα στοιβασίας και μεταφοράς
- Μεταφορικά μέσα

Β. Για τη λειτουργία παροχής υπηρεσιών για τους επιβάτες, σχετικά με τα έργα ανωδομής ισχύουν τα εξής :

Προαπαιτούμενο για ένα σύγχρονο Λιμάνι είναι να προσφέρει στους επιβάτες του, υπηρεσίες που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις. Οι επιβάτες διακρίνονται σε επιβάτες πλοίων γραμμής εξωτερικού και επιβάτες πλοίων γραμμής εσωτερικού. Οι επιβάτες της πρώτης γραμμής φτάνουν συνήθως στο Λιμάνι μετά από πολυήμερο ταξίδι, ενώ οι δεύτεροι ύστερα από ταξίδι κάποιων ωρών. Οι επιβάτες που έρχονται από το εξωτερικό και ουσιαστικά κάνουν διάβαση συνόρων, χρειάζονται προφανώς κάποιες πιο ειδικευμένες υπηρεσίες. Πιθανά μπορεί να χρειάζονται ταχυδρομείο, τράπεζα ή τηλεφωνικές ή δικτυακές υπηρεσίες. Επίσης θα πρέπει να βρουν κάποιο εστιατόριο, κυλικείο, καφετερία και ενδεχομένως και κάποια δωμάτια ύπνου.

Αυτά και πολλά άλλα πρέπει να διαθέτει ένα σύγχρονο λιμάνι. Όσον αφορά τον εξοπλισμό επικοινωνίας των επιβατικών πλοίων με τις αποβάθρες, υπάρχουν οι κλίμακες επιβίβασης και αποβίβασης επιβατών και οι μεταφορικές ταινίες για τις αποσκευές. Τέλος το Λιμάνι θα πρέπει να είναι σε θέση να κατευθύνει τους επιβάτες στα εναέρια, χερσαία και θαλάσσια μέσα συγκοινωνίας.

Γ. Η λειτουργία παροχής υπηρεσιών προς τα πλοία, προϋποθέτει τα εξής :

Οι βασικές παροχές προς τα πλοία εξασφαλίζονται με τα βασικά έργα υποδομής, ακόμα από το παραδοσιακό λιμάνι. Το σύγχρονο λιμάνι πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρει εκτός από τις καθαρά λιμενικές υπηρεσίες της ελλιμένισης, της πρόσδεσης κτλ. και άλλες υπηρεσίες, όπως:

- Πλοηγούς
- Ρυμουλκά, ναυαγοσωστικά, πυροσβεστικά πλοία
- Δεξαμενές και γερανούς
- Δίκτυο υδροδότησης και πλωτές υδροφόρους
- Δίκτυο παροχής καυσίμων
- Δίκτυο παροχής ρεύματος
- Τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις με όλο τον κόσμο

Πολύ σημαντικός παράγοντας για το σύγχρονο λιμάνι είναι η σύνδεση του με εσωτερικά συγκοινωνιακά μέσα. Αντίθετα με την αρχαιότητα, αλλά και τους μεταγενέστερους χρόνους, όπου το λιμάνι ήταν φυσικό να είναι στραμμένο προς τη θάλασσα, στη σύγχρονη εποχή, μεγάλη σημασία αποδίδεται στη συγκοινωνιακή σύνδεση και την σύνδεση του με την ενδοχώρα. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται εύκολα όλα τα μεταφορικά μέσα, δηλαδή σιδηρόδρομοι, αεροπλάνα αυτοκίνητα κ.λ.π. Βασικό είναι επίσης να υπάρχει άμεση ανταπόκριση όλων των μεταφορικών μέσων με το πλοίο. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζονται τα εξής :

- Το εμπόρευμα από το πλοίο μπορεί να εκφορτωθεί κατευθείαν στο βαγόνι, το αυτοκίνητο ή το πλωτό μέσο. Τα containers δίνουν, σήμερα, μια πολύ καλή λύση σε αυτό το είδος μεταφορών.
- Ο επιβάτης από το κατάστρωμα του πλοίου και δια μέσω του επιβατικού σταθμού να διοχετεύεται στη ενδοχώρα, άμεσα και εύκολα με τα χερσαία μεταφορικά μέσα.
- Το πετρέλαιο με τους αγωγούς να φτάνει εύκολα στους προορισμούς του.

Τα σύγχρονα λιμάνια, έχουν σοβαρά προβλήματα προσπέλασης στην ενδοχώρα και αυτό οφείλεται είτε σε φυσικές δυσχέρειες, που είναι και το πιο σύνθητες είτε σε τεχνητές.

Οι φυσικές δυσχέρειες οφείλονται συνήθως στη μορφολογία του εδάφους γύρω από το λιμάνι (π.χ οροσειρές, έρημος κ.λ.π), ενώ πολλές φορές η διάνοιξη τούνελ και οι μεγάλες γέφυρες είναι πολυδάπανες, αλλά αναγκαίες βέβαια, για τη λειτουργία των σύγχρονων λιμένων. Οι τεχνητές

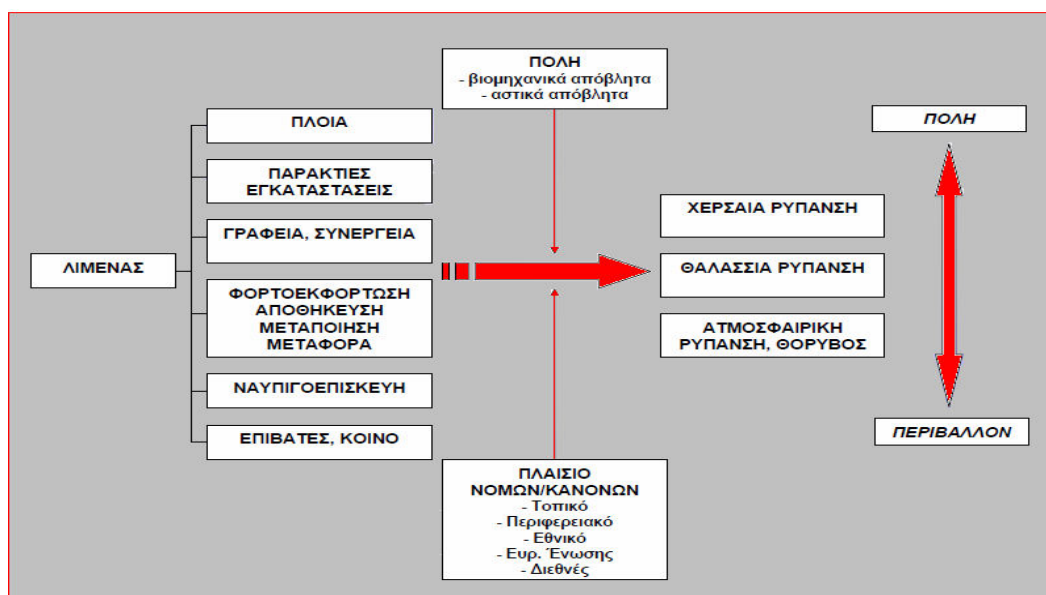
δυσχέρειες που παρουσιάζονται στα σύγχρονα λιμάνια έχουν σχέση με τη γύρω από το λιμάνι κατοικημένη περιοχή. Ο αστικός κλοιός όλο και περισσότερο σφίγγει με αποτέλεσμα εκεί όπου τα λιμάνια δημιούργησαν την πόλη, η ίδια η πόλη να μπαίνει σαν φραγμός και να τα πνίγει, παρεμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη τους (π.χ Πειραιάς).

Το σύγχρονο λιμάνι απαιτεί οδικές και σιδηροδρομικές αρτηρίες, γεγονός όμως που δε το επιτρέπει ο αστικός ιστός. Για αυτό το λόγο χρειάζονται απαλλοτριώσεις που για να γίνουν απαιτούν τεράστιες δαπάνες, οδηγώντας τελικά σε αδυναμία σύνδεσης του λιμένα με την ενδοχώρα. Πολύ μεγάλης σημασία για ένα λιμένα έχει η σιδηροδρομική σύνδεση, αφού εξασφαλίζει κυρίως, μαζικές μεταφορές κάθε είδους.

Τα λιμάνια όμως δημιουργούν και αυτά από τη πλευρά τους προβλήματα στη Πόλη και διατάραξη του αστικού ιστού. Αυτό συμβαίνει γιατί σήμερα, με την ανάπτυξη των containers και των οχηματαγωγών πλοίων μεταφοράς, το πρόβλημα της μετακίνησης των οχημάτων μέσα στη λιμενική περιοχή, γίνεται όλο και πιο έντονο, δημιουργώντας περιβαλλοντικά και κυκλοφοριακά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να ελαττωθούν όταν υπάρχουν υδάτινοι δρόμοι(διώρυγες, ποτάμια, θάλασσα). Στην Ελλάδα τα εμπορεύματα μπορούν να διοχετεύονται με ακτοπλοϊκά πλοία στη παραθαλάσσια και νησιωτική ενδοχώρα. Σε αυτό βοηθούν πάρα πολύ τα πλοία τύπου Lash, που ξεφορτώνουν στο λιμάνι με μεγάλη ευκολία με φορτηγίδες και συνεχίζουν το ταξίδι τους. Επίσης βοηθούν και οι πετρελαιοαγωγοί που εξασφαλίζουν γρήγορη και εύκολη μεταφορά καυσίμων.

4.2 Περιβαλλοντική Αλληλεπίδραση Λιμένα – Πόλης

Η περιβαλλοντική αλληλεπίδραση του λιμένα με την πόλη πρέπει να θεωρείται δεδομένη υπό την έννοια ότι η περιβαλλοντική ρύπανση του λιμένα επηρεάζει αρνητικά και προς τα πάνω την περιβαλλοντική ρύπανση της πόλης, αλλά και αντίστροφα, η ανάπτυξη της πόλης δημιουργεί βιομηχανικά και αστικά απόβλητα.



Εικόνα 4.1: Περιβαλλοντική αλληλεπίδραση λιμένα - πόλης.[63]

Η υποβάθμιση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις διαρροές υγρών και στερεών αποβλήτων στη θάλασσα καθώς και η υποβάθμιση της ατμοσφαιρικής ποιότητας από τη σκόνη που εκλύεται κατά την φορτοεκφόρτωση και αποθήκευση χύδην φορτίων, καθώς και από τα καυσαέρια από τα αυτοκίνητα και τα πλοία, δεν επηρεάζει μόνο το περιβάλλον του λιμένα αλλά και το περιβάλλον της γειτνιάζουσας πόλης.

Επίσης, είναι σύνηθες φαινόμενο να παρουσιάζεται κυκλοφοριακή συμφόρηση γύρω από τον λιμένα, λόγω της διαμετακόμισης φορτίων από τα πλοία στα αυτοκίνητα και αντίστροφα, η οποία προκαλεί τοπική υπερφόρτωση του οδικού δικτύου. Έτσι, η κυκλοφοριακή συμφόρηση συμβάλλει περαιτέρω στην αύξηση του επιπέδου του θορύβου εντός και περιμετρικά του λιμένα.

4.3 Προσδιορισμός του όρου Πράσινα Λιμάνια

Η ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης και της «πράσινης αξίας» οδήγησαν την τελευταία δεκαετία σε μεταλλαγές στις πολιτικές γης, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα να γίνουν σημαντικές αλλαγές στον τομέα της Ναυτιλίας. Ο όρος της βιωσιμότητας εισήλθε τόσο στην κατασκευή νέων πλοίων με ‘περιβαλλοντικούς όρους’, όσο και στην εφαρμογή καλών πρακτικών για το περιβάλλον στο σχεδιασμό των λιμένων.

Το πράσινο λιμάνι είναι μια καινοτόμος περιβαλλοντική αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού και οικονομικού ζητήματος, που αντιμετωπίζουν καθημερινά οι χρήστες των λιμένων. Για παράδειγμα, η παροχή ηλεκτρικού φορτίου στα ελλιμενιζόμενα πλοία με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα είχε περιβαλλοντικά οφέλη αλλά και οικονομικά, καθώς θα εξοικονομούσαν μεγαλύτερα φορτία ρεύματος για την υπόλοιπη κοινωνία και με χαμηλότερο κόστος.

Σαφής προσδιορισμός του όρου πράσινα λιμάνια δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά, παρακάτω περιγράφονται κάποιοι από τους ορισμούς που έχουν δοθεί στην προσπάθεια ερμηνείας του όρου αυτού (sustainable / green port):

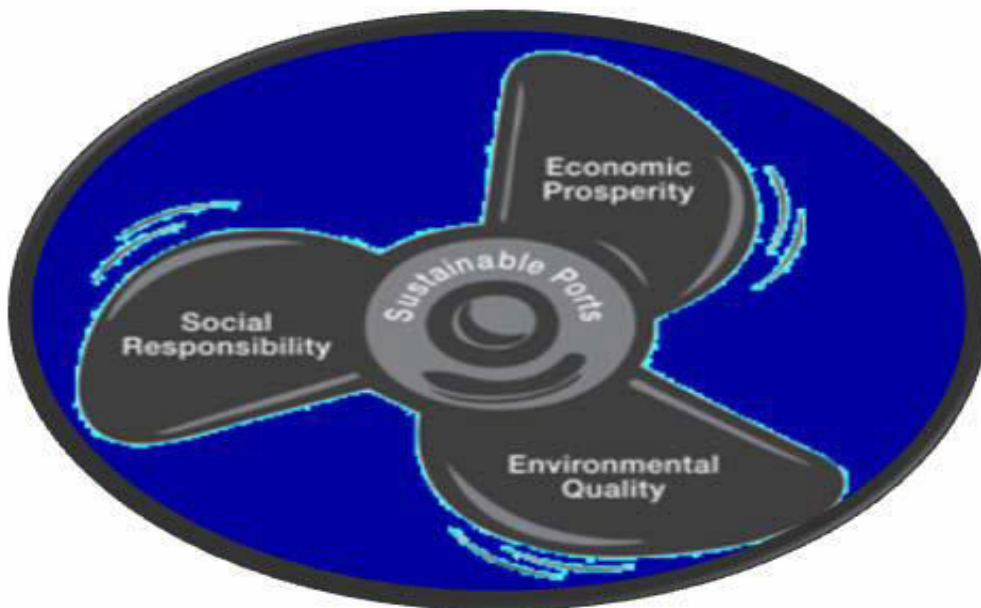
1. Το πράσινο λιμάνι προωθεί συνεχώς ενέργειες που επηρεάζουν θετικά την οικονομική ευημερία, την περιβαλλοντική ποιότητα και την κοινωνική ευθύνη.
2. Ένα πράσινο λιμάνι, είναι εκείνο το λιμάνι που προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη, η οποία δεν πληροί μόνο τις περιβαλλοντικές «απαιτήσεις», αλλά αυξάνει ταυτόχρονα και τα οικονομικά οφέλη .
3. Το πράσινο λιμάνι προωθεί ενέργειες όπως είναι: η προστασία της κοινότητας από τις επιβλαβείς για το περιβάλλον λιμενικές εργασίες, η προώθηση του λιμένα ως ηγέτη για την προστασία του περιβάλλοντος, η προώθηση της βιωσιμότητας, η εκπαίδευση της κοινότητας ως προς την περιβαλλοντική προστασία και η χρήση τεχνολογικών καινοτομιών για τη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων [25].

Ανάμεσα στους ορισμούς που προαναφέρθηκαν διαπιστώνονται κοινά σημεία ως προς τα περιβαλλοντικά και τα οικονομικά οφέλη. Οι παραπάνω προσπάθειες προσδιορισμού του όρου πράσινα λιμάνια, μπορούν να αποτυπωθούν στην εικόνα 4.2 .



Εικόνα 4.2 Προσδιορισμός του όρου πράσινα λιμάνια

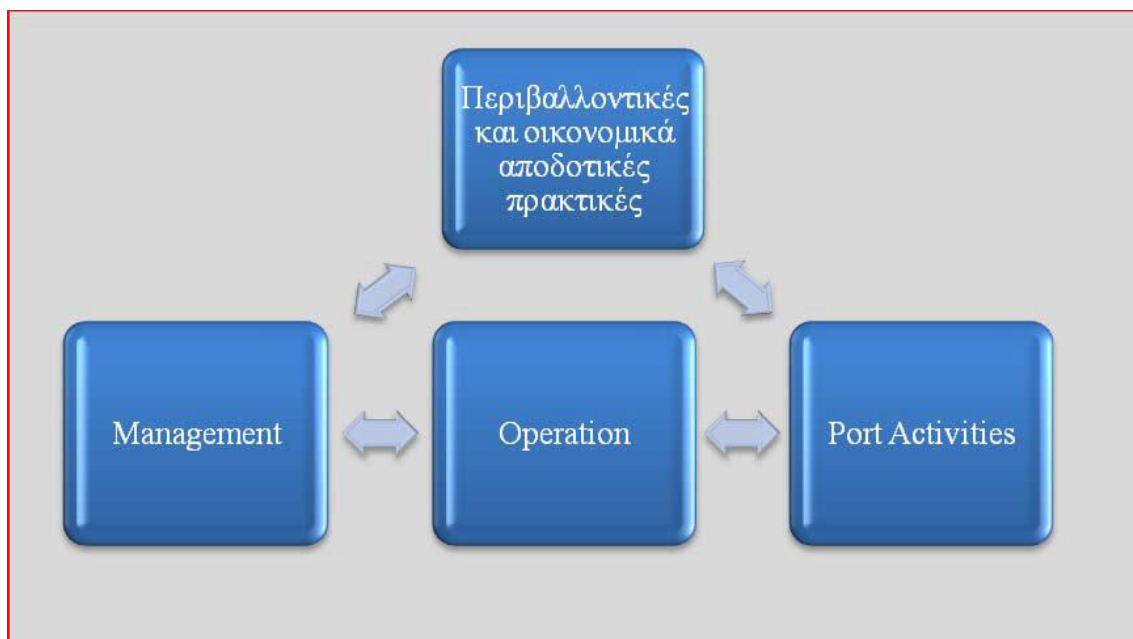
Το λιμάνι αλληλεπιδρά με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον σε θέματα που αφορούν τον αέρα, το έδαφος, τον θόρυβο, την ποιότητα νερού και την κατανάλωση φυσικών πόρων.



Εικόνα 4.3 : Πράσινα λιμάνια.[65]

Το πράσινο λιμάνι πρέπει συνεχώς να θέτει σε κίνηση την ευθύνη της κοινωνίας απέναντι στο περιβάλλον, την ποιότητα του περιβάλλοντος και την οικονομική ευημερία.

Όπως αποτυπώνεται στην εικόνα 4.4 που ακολουθεί, το «πράσινο λιμάνι» προωθεί περιβαλλοντικές δράσεις ταυτόχρονα στα επίπεδα της διοίκησης (Management, Operation, Port Activities), της λειτουργίας και των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται.



Εικόνα 4.4: Πράσινο λιμάνι και λειτουργίες του.[66]

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ένα πράσινο λιμάνι επιδιώκει μακροπρόθεσμα τη βιώσιμη ανάπτυξη, μέσω της μείωσης των όποιων αρνητικών επιδράσεων στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, σε όλες τις δραστηριότητες και παρεχόμενες υπηρεσίες.

4.3.1 Περιβαλλοντική ρύπανση από Λιμενικές Υπηρεσίες

Η παροχή κάθε είδους λιμενικών υπηρεσιών επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη πολλών και σύνθετων δραστηριοτήτων, οι οποίες οδηγούν στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, εντός και εκτός της λιμενικής περιοχής.

Οι πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης ως αποτέλεσμα της παροχής λιμενικών εργασιών μπορούν να διακριθούν σε:

- Ρύπανση από πλοία.
- Ρύπανση από το χειρισμό και την αποθήκευση φορτίων.
- Ρύπανση από εργασίες υποστήριξης του λιμένα.
- Ρύπανση από τη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη.

Τα πλοία είναι η συνηθέστερη πηγή δημιουργίας περιβαλλοντικής ρύπανσης στα λιμάνια. Ειδικότερα, τα συνήθη απόβλητα είναι έρμα και υπολείμματα των δεξαμενών φορτίου, πετρελαϊκά απόβλητα καθώς και απορρίμματα καθημερινής χρήσης. Παράλληλα, δεν είναι λίγες

οι φορές που μπορεί να προκύψει διαρροή καυσίμου ή φορτίου κατά τη διάρκεια συντήρησης ενός πλοίου. Εξάλλου, είναι αποδεδειγμένο ότι η λειτουργία των μηχανών των πλοίων επιβαρύνει το περιβάλλον με μέταλλα (V, Ni, Pb, Zn) [3]

Στα πλοία πολύ συχνά, ιδιαίτερα αν παραμένουν μεγάλο χρονικό διάστημα στο λιμάνι, αναπτύσσονται μικροοργανισμοί στα ύφαλα τους. Αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η αντίσταση του πλοίου στο νερό, να μειώνεται η ταχύτητα και να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμου. Παράλληλα, στο πλοίο λόγω της οξειδωσης του χάλυβα, αναπτύσσεται και σκουριά. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα που προκύπτουν από την παραμονή του πλοίου στο νερό, χρησιμοποιούνται υφαλοχρώματα, τα οποία όμως εξαιτίας των χημικών που περιέχουν δημιουργούν με τη σειρά τους περιβαλλοντική ρύπανση στο λιμάνι.

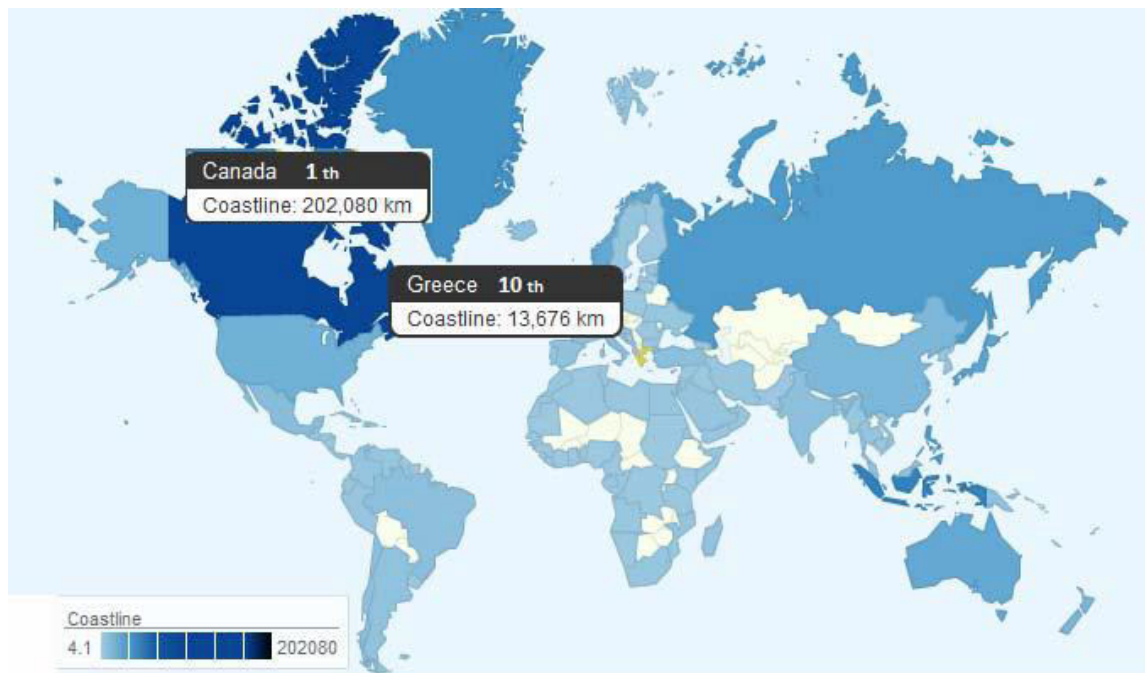
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ρύπανση του λιμένα μπορεί να προέλθει και από το χειρισμό και την αποθήκευση φορτίων. Όσον αφορά τα χύδην ξηρά φορτία, περίπου το 1% του φορτίου χάνεται κατά τις διαδικασίες φόρτωσης, μεταφόρτωσης και εκφόρτωσης μέχρι το προϊόν να φτάσει από την πηγή στον τελικό παραλήπτη. Στα μεγάλα λιμάνια μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων δεν είναι λίγες οι φορές που μετά από κάποιο λάθος χειρισμό τα containers μπορεί να βρεθούν στη θάλασσα.

Η ρύπανση από εργασίες υποστήριξης του λιμένα μπορεί να προέρχονται από εργασίες εκβάθυνσης του λιμένα, από τη συντήρηση και επέκταση της υποδομής του και από συντήρηση της ανωδομής, δηλαδή τη συντήρηση και τη βαφή γεφυρών και γερανών. Στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη χρησιμοποιούνται πλήθος χημικών ενώσεων για τις διάφορες εργασίες συντήρησης και επισκευής των πλοίων. Παράλληλα, από διάλυση τμημάτων του πλοίου παράγονται ρινίσματα χάλυβα και σκουριάς, τα οποία σε συνδυασμό με τα νερά πλύσης επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον του λιμένα.

Σε όλη την παραπάνω ρύπανση του λιμένα που προέρχεται από τις παρεχόμενες λιμενικές υπηρεσίες, μπορούν να προστεθούν και άλλες έμμεσες μορφές ρύπανσης, όπως η ρύπανση από τις γειτνιάζουσες σε ένα λιμάνι βιομηχανίες, τα αυξημένα αστικά λύματα, η περιβαλλοντική ρύπανση από την αυξημένη κίνηση των οχημάτων, η ρύπανση από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του λιμανιού και τέλος η ρύπανση από τη φυσική φθορά του λιμανιού.

4.4 Ελληνικά Λιμάνια

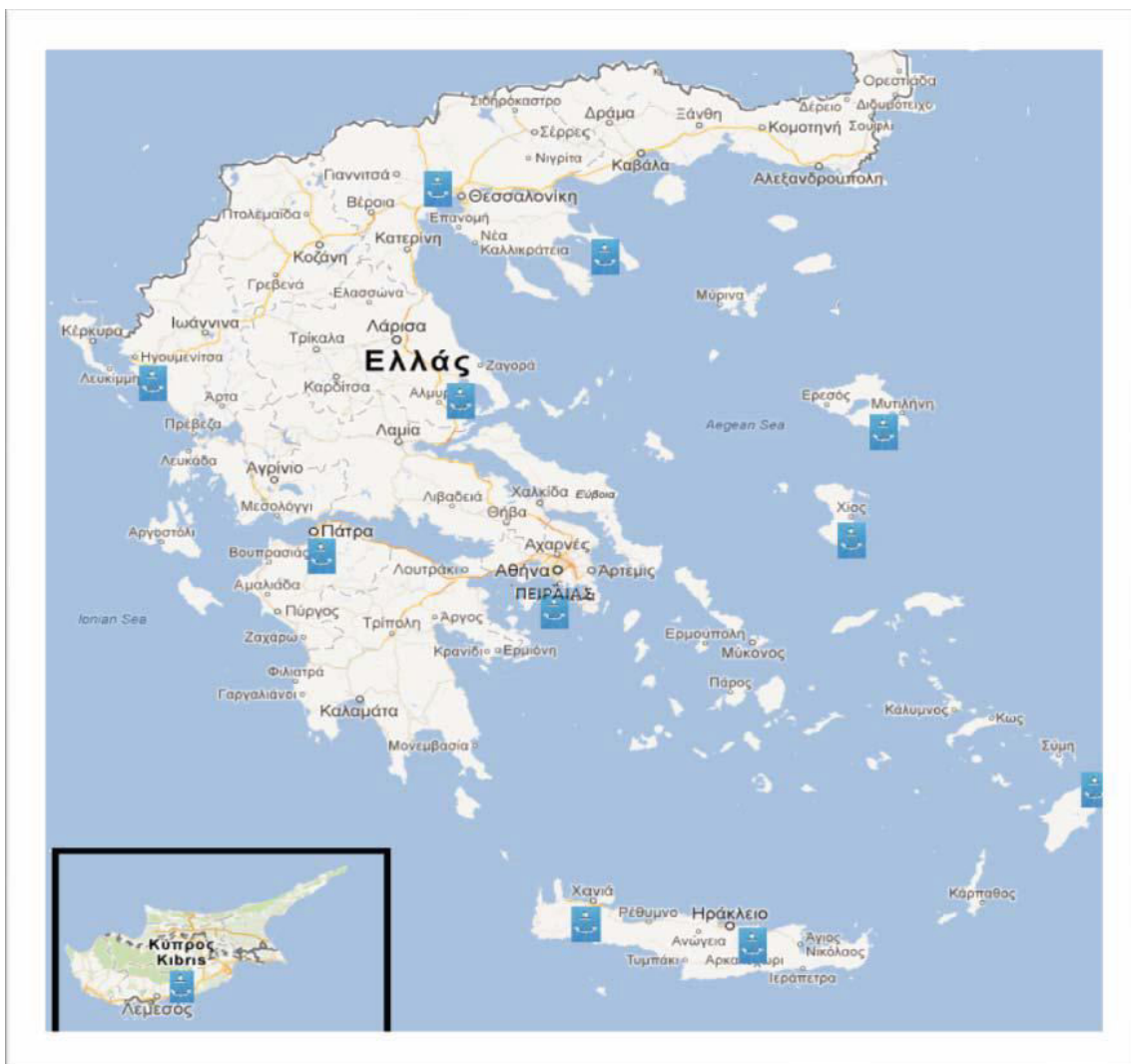
Η Ελλάδα διαθέτοντας μια από τις μεγαλύτερες ακτογραμμές (13.676 χιλιόμετρα), κατατάσσεται στη 10η θέση παγκοσμίως [INT 3]. Όπως παρατηρούμε στον παρακάτω χάρτη, η Ελλάδα προηγείται από χώρες μεγάλων χιλιομετρικών εκτάσεων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στα εκατοντάδες νησιά που βρίσκονται εντός της ελληνικής επικράτειας, σε Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος.



Εικόνα 4.5 : Χώρες και μήκος της ακτογραμμής τους.[67]

Παράλληλα, λόγω της γεωγραφικής της θέσης, η Ελλάδα αποτελεί τη βασική πύλη εισόδου των εμπορευμάτων που κατευθύνονται από την Ανατολή στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έτσι, λιμάνια όπως αυτά του Πειραιά, της Πάτρας, της Ηγουμενίτσας και της Θεσσαλονίκης είναι από τα μεγαλύτερα λιμάνια μεταφοράς προϊόντων στην Ε.Ε. [18].

Στον εικόνα που ακολουθεί, αποτυπώνονται τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδας. Τα λιμάνια στην πραγματικότητα είναι πολύ περισσότερα, εάν αναλογιστούμε πως κάποια νησιά διαθέτουν πάνω από δύο και τρία μεγάλα λιμάνια (π.χ. στην Κρήτη τα λιμάνια του Ηρακλείου και των Χανίων, στη Σάμο τα λιμάνια στο Βαθύ και στο Καρλόβασι).



Εικόνα 4.6 : Τα μεγαλύτερα λιμάνια εντός της ελληνικής επικράτειας[68].

Ο Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς και ο Οργανισμός Λιμένος Θεσσαλονίκης, είναι εισηγμένοι στο Χρηματιστήριο Αξιών της Αθήνας, ενώ παράλληλα έχουν ενταχθεί στα Διευρωπαϊκά Δίκτυα Μεταφορών. Γενικά, το σύστημα του λιμενικού δικτύου το συνθέτουν 12 Ανώνυμες Εταιρείες, 53 δημοτικά λιμενικά ταμεία και πάνω από 1.300 περιφερειακά λιμάνια και μαρίνες.

Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εμπορευματική και επιβατική κίνηση στις δώδεκα Ανώνυμες Λιμενικές Εταιρείες. Το λιμάνι του Πειραιά κατέχει την πρώτη θέση στη διακίνηση εμπορευμάτων και στην επιβατική κίνηση. Το λιμάνι της Θεσσαλονίκης έρχεται δεύτερο μετά από το λιμάνι του Πειραιά. Αξιοσημείωτο είναι ότι και τα δύο λιμάνια αθροιστικά έχουν πάνω από το 70% της διακίνησης εμπορευμάτων, ανάμεσα στις δώδεκα λιμενικές Ανώνυμες Εταιρείες.

	Εμπορεύματα	Επιβατική Κίνηση	Οχήματα φορτωθέντα εκφορτωθέντα	Αριθμός πλοίων
Πειραιάς	17.715.584	11.797.856	321.455	27.902
Θεσσαλονίκη	14.197.280	192.9458	48.340	3.224

Ηράκλειο	3.055.000	1.822.072	187.001	3.100
Πάτρα	2.831.492	1.355.350	552.595	81.581
Ελευσίνα	2.666.300	665.000	283.160	5.046
Καβάλα	1.842.686	1.470.717	363.808	7.330
Βόλος	1.161.332	369.042	58.484	1.050
Ηγουμενίτσα	434.881	1.192.945	434.013	14.281
Ραφήνα	65.000	1.760.776	301.117	4.305
Κέρκυρα	37.752	2.146.179	463.747	9.899
Αλεξανδρούπολη	549.950	159.452	31.513	2.518
Λαύριο	49.656	213.412	63.317	1.815
Σύνολο 12 Λιμένων	44.606.913	23.145.746	3.108.550	162.051

Πίνακας 4.1 Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Κοινωνία της Πληροφορίας, 2008

Από τα όσα προαναφέρθηκαν προκύπτει ότι στην Ελλάδα λειτουργούν εκατοντάδες λιμάνια, τα οποία παρέχουν μεγάλο όγκο λιμενικών υπηρεσιών (μεταφοράς εμπορευμάτων και επιβατών). Είναι αναμενόμενο λοιπόν να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας για την παροχή λιμενικών υπηρεσιών με ταυτόχρονη δημιουργία αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η εφαρμογή της βιώσιμης ή /και πράσινης ανάπτυξης είχε ως αποτέλεσμα αλλαγές ως προς την συμπεριφορά των δρώντων απέναντι στο φυσικό περιβάλλον. Ανάμεσα στους όρους που έχουν προστεθεί τα τελευταία χρόνια στη βιβλιογραφία συναντάται και ο όρος των «πράσινων λιμανιών / green ports».

«Πράσινα» είναι εκείνα τα λιμάνια που αξιοποιούν εφαρμογές της αειφόρου ανάπτυξης, οι οποίες επιδρούν θετικά τόσο σε περιβαλλοντικούς όσο και σε οικονομικούς όρους [25]. Επιζητούν λοιπόν την περιβαλλοντική και οικονομική μεγιστοποίηση.

Τα οφέλη από τη λειτουργία των πράσινων λιμένων μπορεί να είναι περιβαλλοντικά και οικονομικά. Καταρχήν, το σύνολο της κοινωνίας σε τοπικό και όχι μόνο επίπεδο, ανάλογα με το μέγεθος του λιμανιού, αποκομίζει περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία μπορεί να πηγάζουν είτε από τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), είτε από την εξασφάλιση ενεργειακών πόρων. Η τοπική κοινωνία με τη σειρά της αποκομίζει οφέλη με τη διατήρηση των υφιστάμενων θέσεων εργασίας, αλλά παράλληλα και με τη δημιουργία νέων εξειδικευμένων θέσεων, που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός πράσινου λιμανιού.

Το γεγονός ότι η Ελλάδα διαθέτει πλήθος λιμένων, μεγάλων και μικρών όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε συνδυασμό με τα οφέλη που προκύπτουν από τη λειτουργία τους, αποδεικνύει πως η χρήση πρακτικών των πράσινων λιμένων θα είχε σημαντικά περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη για την Ελλάδα.



Εικόνα 4.7 Χάρτης Λιμένων, Αεροδρομίων και κύριων οδικών δικτύων Ελλάδος[69]

4.5 Λιμάνι Λαυρίου

4.5.1 Η περιοχή του Λαυρίου

Το Λαύριο βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Αττικής και απέχει περίπου 50 km από την Αθήνα. Ο Δήμος Λαυρίου έχει πληθυσμό 10.700 κατοίκων εκτείνεται σε μήκος 15 km δίπλα στη θάλασσα και καταλαμβάνει περί τα 42.000 στρέμματα και το μεγαλύτερο μέρος του βρίσκεται στην πευκόφυτη περιοχή του Εθνικού Δρυμού Σουνίου. Περιλαμβάνει την πόλη του Λαυρίου, μια πόλη με πλούσια ιστορία, με βιομηχανική ταυτότητα και κουλτούρα καινοτομίας, και τους οικισμούς Θορικό, Κάτω Σούνιο, Κάτω Ποσειδωνία και Λεγραινά. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλών λόφων, το υψόμετρο των οποίων, όμως, δεν ξεπερνά τα 260 m. Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην περιοχή είναι αρκετά υψηλή (17,6 °C) ενώ οι επικρατούντες άνεμοι είναι βόρειοι - βορειοανατολικοί, ενισχυόμενοι κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Εικόνα 4.8 Λιμάνι Λαυρίου φωτογραφία αρχείου [70]

Η πόλη του Λαυρίου, κτισμένη εξ ολοκλήρου από την αρχή από το 1865, με βάση άρτιο ρυμοτομικό σχέδιο, κοσμείται με μεγάλες πλατείες, άλση, ελεύθερους χώρους και πλήθος σημαντικών νεοκλασσικών κτηρίων. Χαρακτηριστικό είναι το πλήθος των φοινίκων που κοσμεί τις λεωφόρους, τις πλατείες και προπάντων το φημισμένο άλσος του Κυπριανού γνωστό στους γηγενείς ως "Περιβολάκια", τώρα ως "Φοινικόδασος". Αξιοθέατα είναι αρκετά νεοκλασσικά κτίρια, όπως τα γραφεία της πρώτης μεταλλευτικής εταιρείας στο λιμάνι που σήμερα στεγάζουν το Δημαρχείο, το κτήριο του παλαιού Δημαρχείου (τώρα ΚΕΠ και Ιστορικό Αρχείο), το κτήριο του συλλόγου των Φιλομούσων (τώρα Πολιτιστικό Κέντρο), το κτήριο του παλαιού Α΄ Δημοτικού Σχολείου, το κτήριο της "Ευτέρπης" που στέγαζε την ομόνυμη Φιλαρμονική, η Ψαραγορά, καθώς και πολλά άλλα ιδιωτικά κτίρια. Αξιόλογοι είναι και οι ναοί της, καθώς και τα αναστυλωμένα ιστορικά βιομηχανικά κτίρια που σήμερα στεγάζουν κυρίως πολιτιστικές δραστηριότητες, όπως το Μηχανουργείο και το Χυτήριο της Εταιρείας των Μεταλλουργείων Λαυρίου και φυσικά το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΛ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που στεγάζεται στις εγκαταστάσεις της άλλοτε κραταιάς Γαλλικής Εταιρείας Μεταλλείων Λαυρίου (Compagnie Française des Mines du Laurium).

Το μεγάλο μήκος των ακτών και ο φυσικός δρυμός του Σουνίου αποτελούν σημαντικό φυσικό πόρο, ο οποίος, σε συνδυασμό με τα σημαντικά αρχαιολογικά μνημεία που βρίσκονται διάσπαρτα στην περιοχή προσφέρει πολλές δυνατότητες πολιτιστικού τουρισμού και αναψυχής. Ταυτόχρονα, η αναβάθμιση του λιμανιού του Λαυρίου, η λειτουργία της μαρίνας, η μεγαλύτερη μαρίνα ελλιμενισμού και υποστήριξης σκαφών αναψυχής στην Ελλάδα, και η μελλοντική επέκταση του Προαστιακού σιδηρόδρομου προσδίδει μια νέα δυναμική στην ευρύτερη περιοχή.

Τα τελευταία χρόνια διατέθηκαν σημαντικοί πόροι για την ανάπλαση και επέκταση του λιμανιού. Σε αυτό το πλαίσιο εκσυγχρονίστηκε επίσης ο δρόμος που το συνδέει με το αεροδρόμιο και συνεπώς με την πρωτεύουσα. Το Λαύριο υπήρξε άλλοτε μια ανθηρή βιομηχανική πόλη με πλήθος βιομηχανιών, όμως μετά το οριστικό κλείσιμο των μεταλλείων (περίπου 1980) και των περισσότερων βιομηχανιών σαν συνέπεια της γενικότερης αποβιομηχάνισης της χώρας, πέρασε μια περίοδο οικονομικής κρίσης και αυξημένης ανεργίας. Η κύρια απασχόληση των κατοίκων του είναι η εργασία σε μικρές βιομηχανίες και βιοτεχνίες. Λόγω της σχετικά μικρής απόστασής του από την περιοχή του Κορωπίου (περίπου 30 χλμ.), το οποίο είναι ένα βιομηχανικό κέντρο, σημαντικός αριθμός κατοίκων εργάζεται εκεί.

4.5.2 Το Λιμάνι του Λαυρείου

Εργαστήρια (μεταλλικά) ονόμαζαν οι αρχαίοι τις εγκαταστάσεις κατεργασίας (εμπλουτισμού) των αργυρομολυβδούχων μεταλλευμάτων του Λαυρείου (πλυντηρίων), αργότερα και τις εγκαταστάσεις των καμίνων τήξης). Οι δεύτερες υπήρχαν και στο λιμάνι του Λαυρείου, όπως αποδεικνύεται απ' την ύπαρξη εκεί μεγάλης ποσότητας 322.793 τόννων αρχαίων σκωριών, που εμπεριείχαν ακόμη αργυρούχο μόλυβδο και στις οποίες πρώτες ανακαμίνευσε η εταιρεία Parion Roux et Cie, γι' αυτό η τοποθεσία γύρω απ' το λιμάνι ονομαζόταν Εργαστήρια, ήδη απ' τα αρχαία χρόνια και έτσι έμεινε ως τα νεότερα. Το δε σχεδόν έρημο λιμάνι ονομαζόταν Πόρτο-Αργαστηριάκια (Εργαστηριάκια) και στη συνέχεια, με την αναγέννηση των εργασιών, λιμάνι των Εργαστηρίων, ονομασία που έλαβε μετά όλο το Λαύρειο.

Οι σωροί σκαριών που ζώνουν σαν τείχη τον νότιο λόφο του λιμανιού, αυτά τα άψυχα μεταλλουργικά κατάλοιπα, πρωτοέδωσαν πνοή και φως στη συσκοτισμένη, απ' την ερημιά αιώνων, Λαυρεωτική. Τα Εργαστήρια στο λιμάνι ήταν το τελευταίο ζωντανό κέντρο της περιοχής του Λαυρείου στην αρχαιότητα, αλλά και το πρώτο που σκίρτησε απ' τον λήθαργο των αιώνων.

Τελικά μέσα σε λίγα χρόνια ο έρημος όρμος των Εργαστηρίων δεχόταν μεγάλα ιστιοφόρα και ατμόπλοια απ' τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, είχε γίνει ευρωπαϊκό λιμάνι. Πρώτα κατασκευάστηκε η αποβάθρα, στη συνέχεια μόλος 200 μέτρων με προκυμαία. Επίσης, στη νότια και βόρεια πλευρά του λιμανιού ένα είδος προστατευτικής προκυμαίας και μπροστά απ' το μεταλλουργείο 10 χιλιόμετρα ιπποσιδηροδρόμου για τις μεταφορές των αναγκαίων υλικών για τα λιμενικά και άλλα έργα, της καύσιμης ύλης και των προϊόντων.

Στο διάστημα 1865-1873 η ετήσια κίνηση του λιμανιού ήταν 40.000 τόνοι, εκ των οποίων οι 10.000 περίπου ήταν ο εξαγόμενος στην Ευρώπη μεταλλικός αργυρούχος μόλυβδος σε χελώνες – κοντά στο μισό της συνολικής παραγωγής της Γαλλίας. Ήδη πριν από το 1869 είχε ιδρυθεί το Τελωνείο Λαυρείου και είχε κατασκευασθεί το κτίριο που το στέγαζε – σώζεται σήμερα, στεγάζει δε και την υπηρεσία του Λιμεναρχείου. Στις αρχές της δεκαετίας του 1870 ήταν το μόνο λιμάνι της Ελλάδας στο οποίο προσορμίζονταν πλοία χωρητικότητας άνω των 1.600 τόννων για τη μεταφορά καύσιμης ύλης και των μεταλλουργικών προϊόντων.

Μια αισθαντική εικόνα του λιμανιού των Εργαστηρίων το 1871 μάς δίνει ο Ch. Ledoux: «Στο λιμάνι συνωθούνται ελληνικά, γαλλικά και αγγλικά πλοία. Μεγάλα ιστιοφόρα 1.000 τόννων έχουν πλευρίσει φορτωμένα κάρβουνο απ' το Newcastle. Να ένα ατμόπλοιο που μόλις έφτασε από τη Μασσαλία, είναι προσορμισμένο στον μόλο και απ' τις φαρδιές πλευρές του βγαίνουν εξαρτήματα μηχανών, εργαλεία, βαγόνια, σκαλωσιές ράγιες. Πιο μακριά ένα πλοίο του ελληνικού ναυτικού... Γύρω απ' αυτούς τους βαρείς όγκους γλιστρούν τα καΐκια με το τριγωνικό όμορφο πανί τους. Μεταφέρουν απ' τα νησιά του Αρχιπελάγους λαχανικά, φρούτα, ψάρια...

Με την ίδρυση και λειτουργία των δύο μεγάλων εταιρειών του Λαυρείου, της Ελληνικής (1873) και της Γαλλικής (1875) που ανέπτυξαν τα μεταλλευτικά-μεταλλουργικά έργα του Λαυρείου, εκ των πραγμάτων επεκτάθηκαν και εκσυγχρονίσθηκαν οι λιμενικές τους εγκαταστάσεις για να ανταποκριθούν στις μεγάλες ανάγκες, που είχαν προκύψει. Η προκυμαία της προηγούμενης εταιρείας Parion Roux et Cie επεκτάθηκε το 1881 απ' τη διάδοχο εταιρεία, την Ελληνική, και το 1888 έφθασε τα 6.000μ². Ήταν λιθόκτιστη, με αποθήκες χωρητικότητας 20.000 τόννων. Επ' αυτής κατασκευάσθηκαν: το κτίριο με το ρολόι(1875) που στέγαζε την υπηρεσία εποπτείας των λιμενικών της εργασιών, το Χημείο (στο αρχικό της προκατόχου εταιρείας έγιναν δύο επεκτάσεις, το 1874 και το 1877) για την ανάλυση των εισερχομένων και εξερχομένων υλών και

προϊόντων και ο επιστήλιος σιδηρόδρομος. Δηλαδή λιθόστικτοι τοίχοι ανά διαστήματα, πάνω από τους οποίους διερχόταν σιδηρόδρομος για τις φορτώσεις και εκφορτώσεις, η λεγόμενη ελληνική σκάλα (Wharf) με εγκατάσταση ατμοκίνητων γερανών. Αυτά τα μηχανικά μέσα επέτρεπαν φορτοεκφορτώσεις 100τόνων την ώρα. Υπήρχαν επίσης αυτόματες πλάστιγγες για τη ζύγιση των διαφόρων υλών και προϊόντων. Η Ελληνική Εταιρεία διέθετε για τις τοπικές ανάγκες της ένα ατμόπλοιο, το Νικίας, χωρητικότητας 40τόνων, βυθοκόρο (drague, ντράγκα) για την ανάσυρση απ' τις παράλιες θέσεις των αρχαίων σκωριών, αρκετές μεγάλες φορτηγίδες (μαούνες) και πολλές μικρές.



Εικόνα 4.9 Λιμάνι Λαυρίου Φωτό αρχείου[71]



Εικόνα 4.10 Λιμάνι Λαυρίου Φωτό αρχείου[72]

4.5.2.1 Χαρακτήρας Λιμανιού

Ο χαρακτήρας του λιμανιού των Εργαστηρίων ήταν βιομηχανικός-εμπορικός αλλά και επιβατικός. Με την έναρξη των εργασιών το ατμόπλοιο της εταιρείας Parion Roux et Cie Λαύρειον είχε τακτική γραμμή, εντός δύο ωρών προς και από τον Πειραιά. Το 1878 το επώλησε η διάδοχος Ελληνική Εταιρεία. Μετά η συγκοινωνία γινόταν με τα προσεγγίζοντα ατμόπλοια των διαφόρων ελληνικών ατμοπλοϊκών εταιρειών και απ' το 1885 και με τον Αττικό Σιδηρόδρομο. Μικρά δε ιστιοφόρα μετέφεραν απ' τις παράλιες πόλεις της Πελοποννήσου και τα νησιά τροφές για τον πληθυσμό του Λαυρείου.

Απ' το λιμάνι εξάγονταν στη Ευρώπη τα προϊόντα των εταιρειών: μεταλλικός αργυρούχος μόλυβδος, μεταλλεύματα, πυρωμένη καλαμίνα, σιδηρούχα και σιδηρομαγγανιούχα. Αργότερα διετίθεντο και στην ελληνική αγορά τα υποπροϊόντα του σκληρού μολύβδου: αρσενικώδες οξύ, μαλακός μόλυβδος, μόλυβδος σε φύλλα, λιθάργυρος, μίνιο και άργυρος. Εισάγονταν απ' την Ευρώπη καύσιμη ύλη, λιθάνθρακας, κοκ, μηχανήματα και διάφορα υλικά, από δε τη Μ. Ασία και τις μεσογειακές χώρες μεταλλεύματα.

Αναφέρουμε ενδεικτικά ότι κατά το 1888 τα ατμόπλοια που κατέπλεαν ήταν 120 για να φτάσουν τα 231 το 1899. Και η κίνηση του λιμανιού από τους 40.000τόννους της δεκαετίας του 1860 έφθασε τους 450.000 τόννους το 1899, η δε χωρητικότητα των καταπλεόντων ατμόπλοιων ανήλθε μέχρι και τους 5.000 τόννους.

4.5.2.2 Η Γαλλική Σκάλα

Το 1887 η Γαλλική Εταιρεία άρχισε να κατασκευάζει τη δική της μεταλλική σκάλα φορτοεκφόρτωσης (wharf) στη βόρεια πλευρά του λιμανιού, η οποία περατώθηκε με τα συμπληρωματικά έργα το 1888. Έφερε δύο ατμοκίνητους γερανούς ανυψωτικής ικανότητας 1.000τόνων την ημέρα και αυτόματες πλάστιγγες, πετυχαίνοντας οικονομικότερα, ταχύτερα και σε μεγάλες ποσότητες την φορτοεκφόρτωση των διαφόρων υλικών και των μεταλλευτικών-μεταλλουργικών προϊόντων της προς και από τα πλοία.

Η γαλλική σκάλα είχε μήκος 48,5μέτρα, πλάτος 7,5μέτρα και ύψος πάνω απ' τη θάλασσα 8 μέτρα, το δε βάθος της θάλασσας μπροστά απ' την αποβάθρα ήταν 6,5μέτρα. Έφερε 19 σιδερένιες κολόνες πακτωμένες στο βυθό και ανάμεσά τους, χιαστί, σιδερένια στηρίγματα. Αργότερα στην ανατολική πλευρά της, στην αφετηρία της, προστέθηκε χοάνη υποδοχής του μεταλλεύματος και στη συνέχεια η σιδερένια κατασκευή που έφερε την ταινία μεταφοράς του προς τα πλοία. Σε περιόδους αιχμής, ιδιαίτερα εξαγωγής μεγάλων ποσοτήτων σιδηρομαγνητιούχων, χρησιμοποιούσε και τις ξύλινες σκάλες κατά μήκος της προκυμαίας και τις μαούνες για τη φόρτωση των πλοίων. Η όλη λιμενική εγκατάσταση της Γαλλικής Εταιρείας συμπληρωνόταν με στεγασμένες και υπαίθριες αποθήκες με τις διατάξεις των μεταλλευτικών προϊόντων και του κοκ, επίσης με τις κατοικίες του εργατικού προσωπικού και το σιδηροδρομικό δίκτυο που συνδεόταν με το μεταλλουργείο της στη θέση Κυπριανός (το αντίστοιχο της Ελληνικής Εταιρείας στο λιμάνι) και τον Αττικό Σιδηρόδρομο.

4.5.2.3 Ιστορικά Γεγονότα

Αξίζει να σημειώσουμε ορισμένα ιστορικά γεγονότα, που συνδέονται άμεσα με το λιμάνι των Εργαστηρίων :

Στη μεγάλη απεργία-εξέγερση των μεταλλωρύχων του Λαυρείου το 1896, η παρουσία του γαλλικού θωρηκτού *Cosma* στο λιμάνι θα λειτουργήσει κατασταλτικά, όπως και των ελληνικών πολεμικών πλοίων *Πηνειός* και *Ευρώτας* στην απεργία του 1906.

Εδώ κατέπλευσαν στις 13/9/1922 τα πλοία με τα επαναστατημένα ελληνικά στρατεύματα, ύστερα απ' τα δραματικά γεγονότα της μικρασιατικής καταστροφής, επικεφαλής των οποίων ήταν οι Ν. Πλαστήρας, Σ. Γονατάς και Δ. Φωκάς, και διεμήνυσαν ότι απαιτούν, μεταξύ των άλλων, την παραίτηση του βασιλιά Κωνσταντίνου και την απομάκρυνσή του απ' τη χώρα. Όλο το Λάυρειο αγρυπνά με τους επαναστάτες τη νύχτα της 24/9/1922. Τα αιτήματα γίνονται δεκτά το πρωί. Είναι η επανάσταση που θα οδηγήσει ουσιαστικά στην ανακήρυξη, στις 25/4/1924, της Ελληνικής Δημοκρατίας.

Αυτό το λιμάνι πρωτοαντίκρισαν οι Έλληνες Μικρασιάτες πρόσφυγες: 3.100 μέχρι το 1923 –τις επόμενες χρονιές προστέθηκαν και άλλοι- και έτυχαν της πρώτης περίθαλψης, για να παραμείνουν τελικά και να ριζώσουν στο Λάυρειο 1.364 (απογραφή 1928). Είναι αυτοί που έδωσαν τη νέα κοινωνική, οικονομική, πολιτιστική και πολιτική πνοή στη νέα τους πατρίδα, το Λάυρειο.

Οι Γερμανοί ανατίναξαν τις δύο καμινάδες της Ελληνικής Εταιρείας στον νότιο λόφο του λιμανιού –σώζονται οι βάσεις τους- το 1944, διότι αποτελούσαν για τα αγγλικά αεροπλάνα σημείο αναγνώρισης του λιμανιού για τον βομβαρδισμό των γερμανικών πλοίων.

Απ' αυτό το λιμάνι πέρασαν χιλιάδες Έλληνες, κατά τα δύσκολα χρόνια του εμφύλιου πολέμου (1946-1949), για να μεταφερθούν ως κρατούμενοι στη Μακρόνησο, άλλοι για τελευταία φορά και άλλοι, όσοι σώθηκαν εδώ πρωτοπάτησαν το πόδι τους αναπνέοντας τον αέρα της ελευθερίας. Σ' αυτή την ακτή, εκεί που συγκεντρώνονταν τότε συγγενείς των κρατουμένων με τον πόνο και την αγωνία στα μάτια για τους ανθρώπους τους, έχει ανεγερθεί το σχετικό μνημείο(1989).[INT 4]

5. Ενεργειακή Προσομοίωση Λιμένα Λαυρίου με το λογισμικό Energy Plus

5.1 Προσομοίωση Λιμένα με το λογισμικό Energy Plus

5.1.1 Περιγραφή Κτιρίου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή του μοντελοποιημένου κτιρίου. Το κτίριο αυτό αποτελεί την βάση πάνω στην οποία θα εφαρμοστούν κάποιες συγκεκριμένες ενεργειακές αλλαγές, με στόχο να εξοικονομηθεί ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού που διαθέτει το κτίριο.

Ο σταθμός αναχωρήσεων αφίξεων των πλοίων High Speed στο λιμάνι Λαυρίου, έχει έκταση περίπου 2750 τετρ.μέτρα. Περιλαμβάνει δύο διώροφα κτίρια από ωπλισμένο σκυροδέμα. Τα κτίρια βρίσκονται σε απόσταση περίπου έντεκα μέτρων. Μεταξύ τους δημιουργείται χώρος στον οποίο βρίσκονται κλιμακοστάσιο, ανελκυστήρας και γέφυρες επικοινωνίας των δύο κτιρίων με φορέα από κοιλοδοκούς. Ο χώρος καλύπτεται από μεταλλικό στέγαστρο οκτακοσίων σαράντα τετρ.μέτρων σε ανάπτυγμα. Όλο το σύμπλεγμα εδράζεται σε ενιαία θεμελίωση. Ο φορέας της θεμελίωσης είναι σχάρα κεφαλοδοκών με πασσάλους. Οι τοιχοποιίες του κτιρίου αποτελούνται τα εξής δομικά υλικά (από έξω προς τα μέσα): επίχρισμα, θερμομόνωση fibran eco εξωτερικού τοίχου, τούβλα, ασβεστοκονίαμα εξωτερικού τοίχου, τούβλα και επίχρισμα. Επίσης το ενδιάμεσο κτίριο είναι κατασκευασμένο με μεταλλικά πάνελ και υαλοστάσια.



Εικόνα 5.1 Επιβατικός Σταθμός Λιμένα Λαυρίου [73]

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται διάφορες όψεις του ύπο μελέτη κτίριου, καθώς και μια κάτοψη.



Εικόνα 5.1.1 Ανατολική Όψη



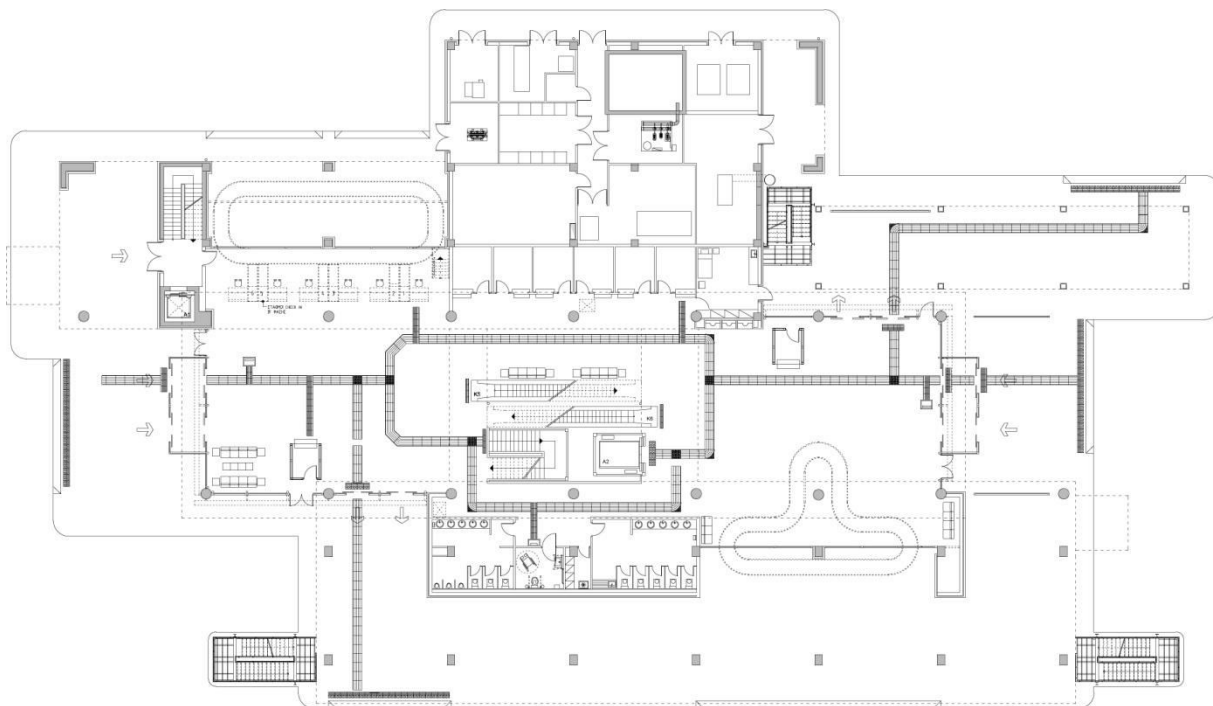
Εικόνα 5.1.2 Βόρεια Όψη



Εικόνα 5.1.3 Δυτική Όψη



Εικόνα 5.1.4 Νότια Όψη



Εικόνα 5.1.5 Κάτοψη

5.1.2 Energy Plus

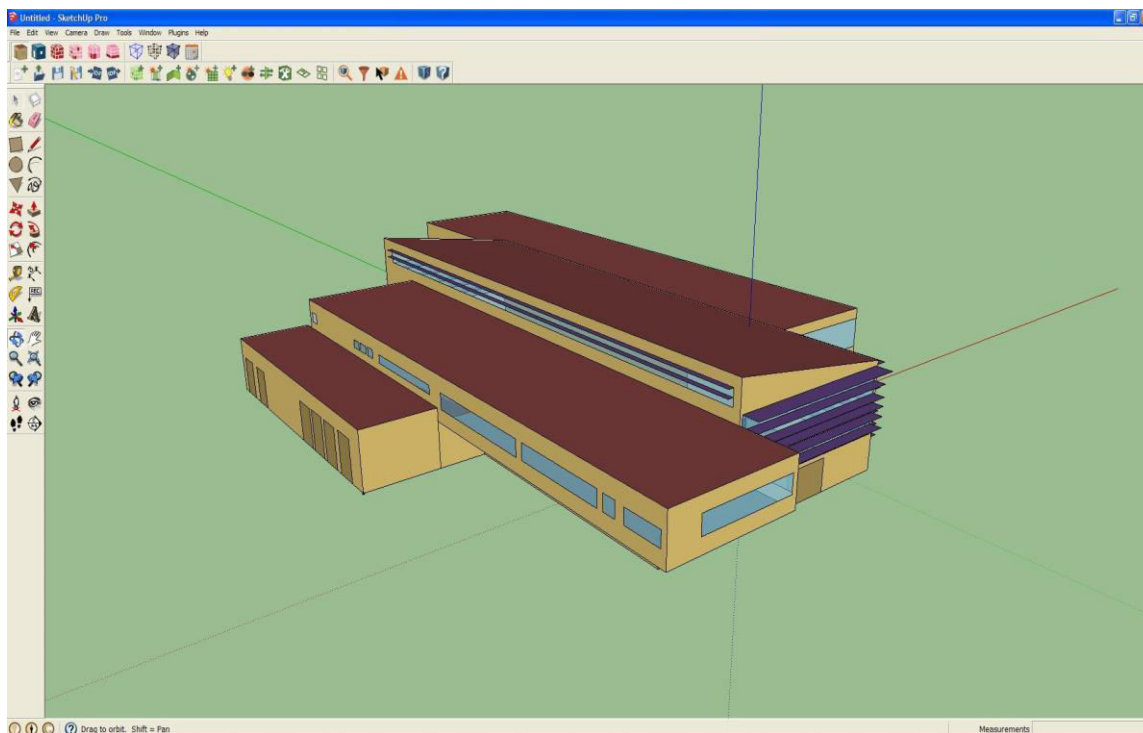
Το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης κτιρίων Energy Plus αποτελεί ένα εξαιρετικά ευέλικτο και προσαρμοστικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο παρέχεται χωρίς χρέωση. Η λειτουργία του απαιτεί την φυσική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου μέσω σχεδιαστικού λογισμικού CAD. Η παρούσα εργασία έχει γίνει μέσω του Google Sketch Up, η εισαγωγή των κατασκευαστικών του δεδομένων, ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες, η αναλυτική εισαγωγή των εσωτερικών θερμικών κερδών (άνθρωποι, συσκευές κλπ.), η εισαγωγή των μετεωρολογικών δεδομένων, η ενσωμάτωση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, κλπ.

Το λογισμικό Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κατανάλωσης ενέργειας για τη μοντελοποίηση θέρμανσης κτιρίων, ψύξης, φωτισμού, αερισμού, και άλλων ροών ενέργειας και έχει αναπτυχθεί από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ. Αν και βασίζεται στα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των BLAST και DOE-2, περιλαμβάνει πολλές καινοτόμες δυνατότητες προσομοίωσης, που μπορούν να πραγματοποιηθούν με χρονικό βήμα ανά ώρα.

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού σε ωριαία βάση, των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου, της ενεργειακής κατανάλωσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, τον υπολογισμό των θερμοκρασιών των θερμικών ζωνών καθώς και των επιφανειακών εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών των δομικών στοιχείων, κλπ.


5.1.3 Google Sketch Up

Για να προσομοιωθεί ένα σπίτι στο Energy Plus, πρέπει να εισαχθεί η γεωμετρία του σπιτιού από ένα λογισμικό με μια πιο κατάλληλη επιφάνεια εργασίας. Το Open Studio, το οποίο στην πραγματικότητα είναι το γνωστό λογισμικό Google Sketch Up με ένα επιπλέον plug-in που εκδίδετε από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, είναι το κατάλληλο λογισμικό. Το Google Sketch Up είναι ένα λογισμικό ικανό να δημιουργήσει 3D μοντέλα πιο εύκολα από οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα CAD. Είναι κατάλληλο για αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς. Με το Open Studio plug-in ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τα εργαλεία του Energy Plus για να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί ενεργειακές ζώνες και επιφάνειες. Η γεωμετρία του κτιρίου συμπεριλαμβανομένων σχεδιαστικών υλικών τα οποία είναι διαθέσιμα από το Google Sketch Up παρουσιάζεται στην επόμενη Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2 Σχεδιασμός λιμένα στο Google Sketch Up.

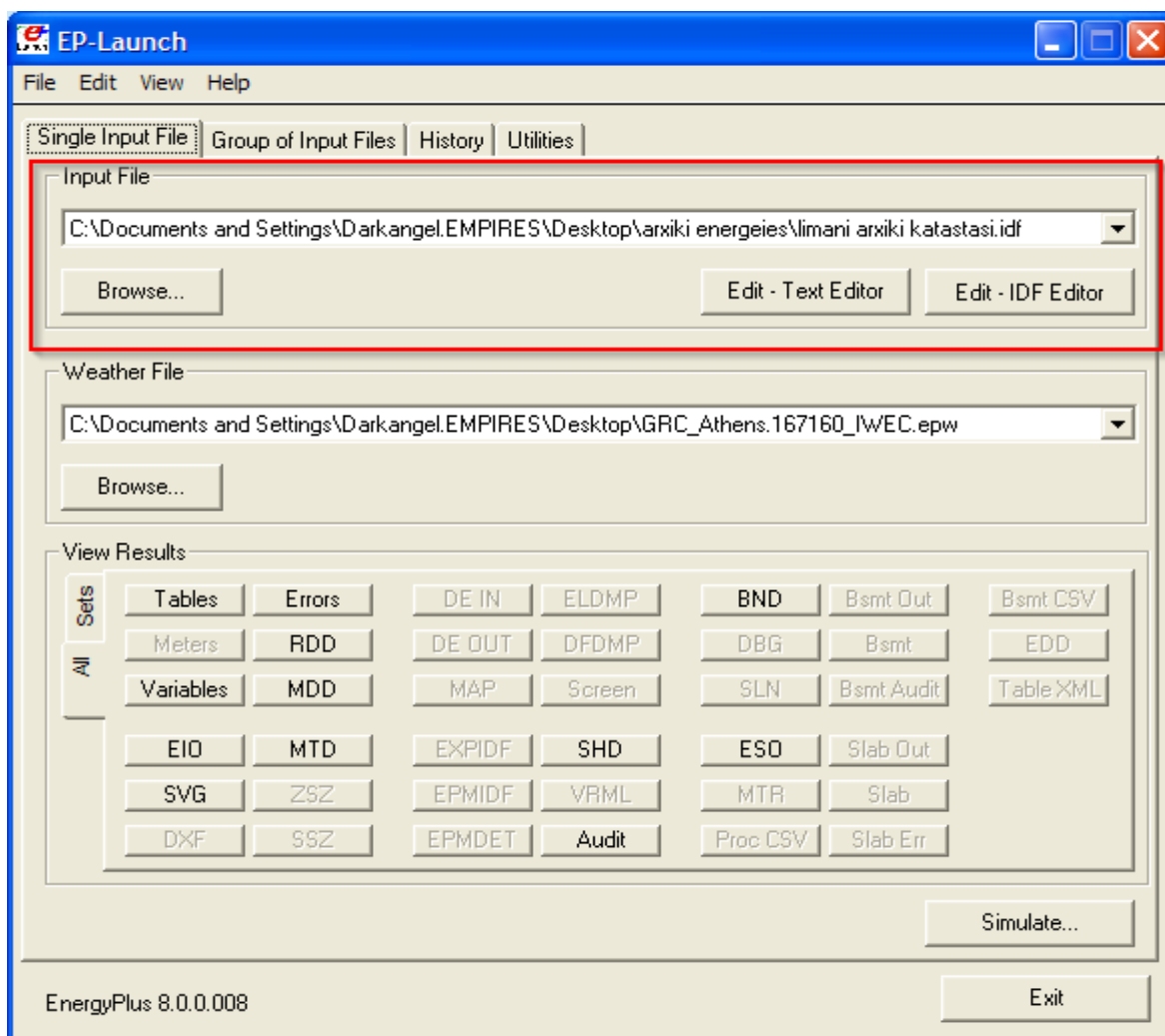
Ο σχεδιασμός στο Google Sketch Up είναι εύκολος και προσιτός στον κάθε χρήστη χωρίς να είναι εξειδικευμένος σε πρόγραμμα cad.

Αρχικά, καθορίζουμε ότι το μοντέλο που πρόκειται να σχεδιάσουμε θα είναι εισερχόμενο δεδομένο του Energy Plus χρησιμοποιώντας το εικονίδιο  που βρίσκεται στη δεύτερη σειρά επιλογών.

Το πρώτο βήμα στο σχεδιασμό είναι η χωροθέτηση της επιφάνεια του κτιρίου και ακολούθως με το εικονίδιο push/pull θέτουμε το ύψος. Τα παράθυρα, οι πόρτες, και γενικά επιφάνειες με μεγάλο ποσοστό μεταφοράς θερμότητας (U Value), εισέρχονται ως δεδομένα στο πρόγραμμα Energy Plus. Με απλούς χειρισμούς σχεδιάστηκε το κτίριο του λιμένα.

Το σχεδιαστικό, περιέχει πολλές πληροφορίες όπως ο όγκος του κτιρίου, ο προσανατολισμός, οι επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας. Όλες αυτές οι πληροφορίες, με την βοήθεια του plug-in Open Studio, του Google Sketch up, εισέρχονται ως δεδομένα στο Energy Plus.

Στην κύρια κονσόλα του λογισμικού (Εικόνα 5.3) εισέρχεται το σχεδιαστικό ως Input File.

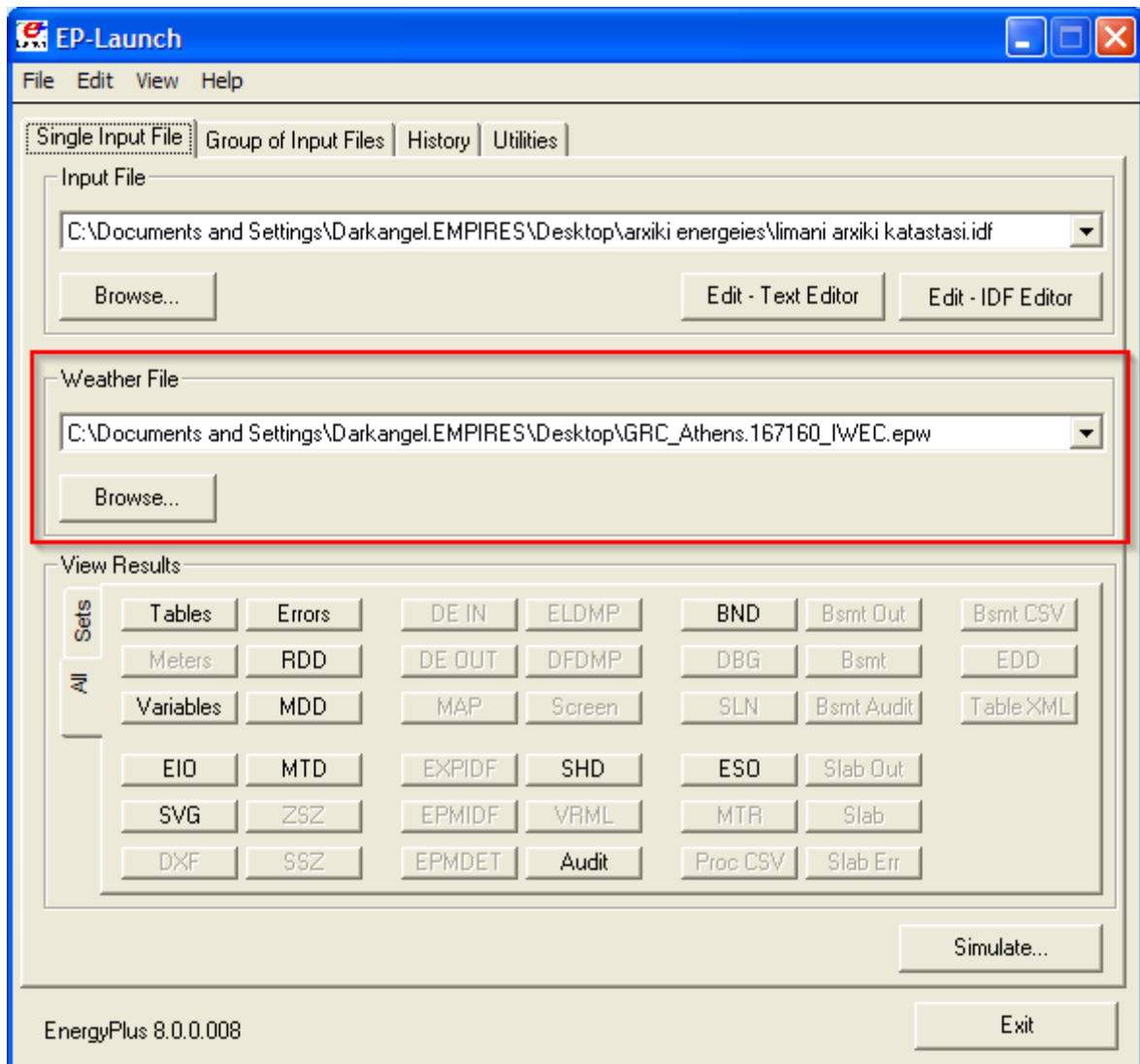


Εικόνα 5.3 : Εισαγωγή κατασκευαστικών δεδομένων στο Energy Plus.

5.1.4 Μετεωρολογικά Δεδομένα (Weather data/ Energy Plus)

Για την προσομοίωση και τον υπολογισμό της ηλεκτρικής και θερμικής απαίτησης του κτιρίου, χρειαζόμαστε πακέτα μετεωρολογικών δεδομένων τα οποία θα εισαχθούν στο λογισμικό ώστε να γίνει η κατάλληλη προσομοίωση. Στην ιστοσελίδα του Energy Plus μπορούμε να βρούμε καιρικά στοιχεία για περισσότερες από 2100 τοποθεσίες παγκόσμια, από τις οποίες για την Ελλάδα βρίσκουμε τις πόλεις των Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Ανδραβίδας και για την Κύπρο την πόλη της Λάρνακας.

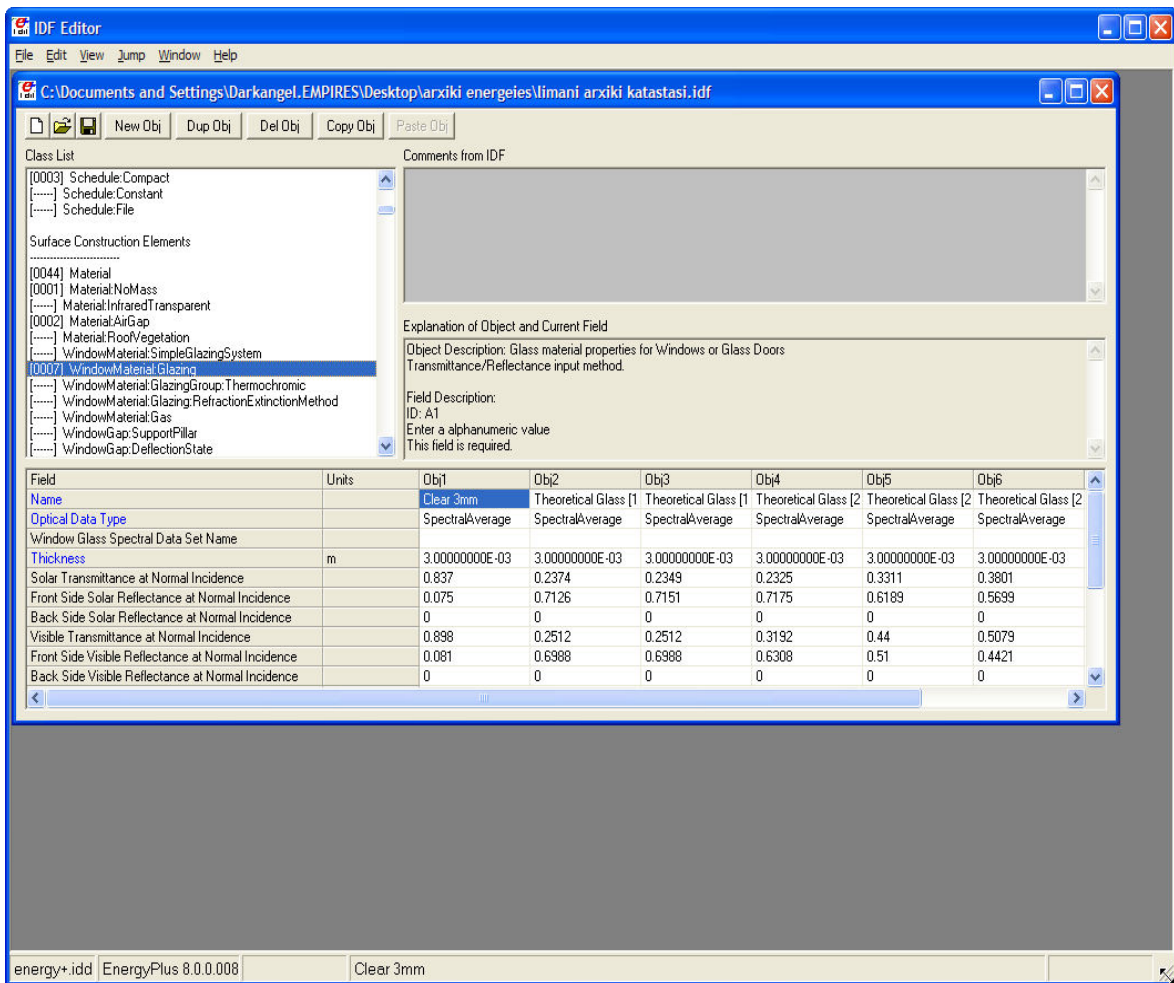
Τα μετεωρολογικά δεδομένα εισέρχονται κι αυτά μέσω της κύριας κονσόλας, (Εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.4 : Εισαγωγή μετεωρολογικών δεδομένων στο Energy Plus.

5.1.5 Εισαγωγή Δεδομένων (IDF Editor)

Το IDF Editor παρέχει στο χρήστη ένα απλό και εύκολο τρόπο για την δημιουργία ή επεξεργασία των εισερχόμενων αρχείων δεδομένων (IDF). Κάθε εισερχόμενο δεδομένο μπορεί να μελετηθεί και να επεξεργαστεί χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό φύλλο σε μορφή πλέγματος. Για δεδομένα με ορισμένες επιλογές, οι επιλογές αυτές παρέχονται σε λίστα για την εύκολη επιλογή τους από το χρήστη. Όταν το δεδομένο είναι αριθμητικό, εμφανίζεται το εύρος στο οποίο πρέπει να βρίσκεται. Παρέχει επίσης αυτόματα μια λίστα με τα ονόματα των αντικειμένων, όταν ένα αντικείμενο πρέπει να συνδέεται με ένα άλλο. Με την εμφάνιση όλων των αντικειμένων του ίδιου τύπου το ένα δίπλα στο άλλο σε ένα πλέγμα, είναι εύκολο να δούμε τις διαφορές των δεδομένων στο κτίριο.



Εικόνα 5.5 : IDF Editor.

Τα κύρια κεφάλαια εισαγωγής δεδομένων είναι:

- Παράμετροι προσομοίωσης
- Τοποθεσίας και κλίματος
- Δομικά στοιχεία επιφάνειας
- Θερμικές ζώνες και επιφάνειες

Από τα οποία όσα έχουν σχέση με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές και την γεωμετρία του κτιρίου εισάγονται αυτόματα μέσω google sketch up, καθώς επίσης και τα μετεωρολογικά δεδομένα.

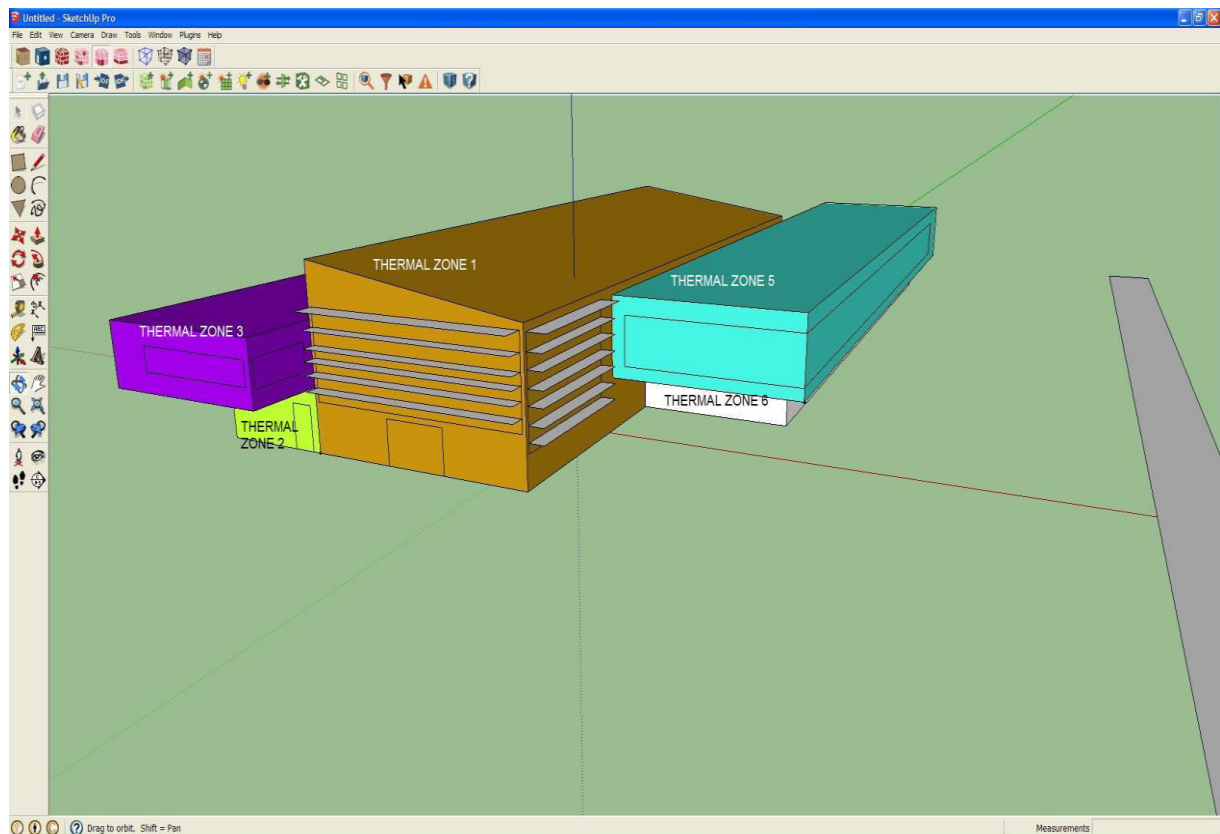
5.2 Προσομοίωση Λιμένα

Το λιμάνι περιλαμβάνει διάφορους χώρους με ποικίλες χρήσεις. Για να είναι η προσομοίωση όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική στην πραγματικότητα, το κτίριο χωρίστηκε σε διάφορες θερμικές ζώνες. Για κάθε θερμική ζώνη εξάγαμε συμπεράσματα π.χ. για την θερμοκρασία του αέρα, κατανάλωση ενέργειας κ.α. όπως θα δούμε παρακάτω.

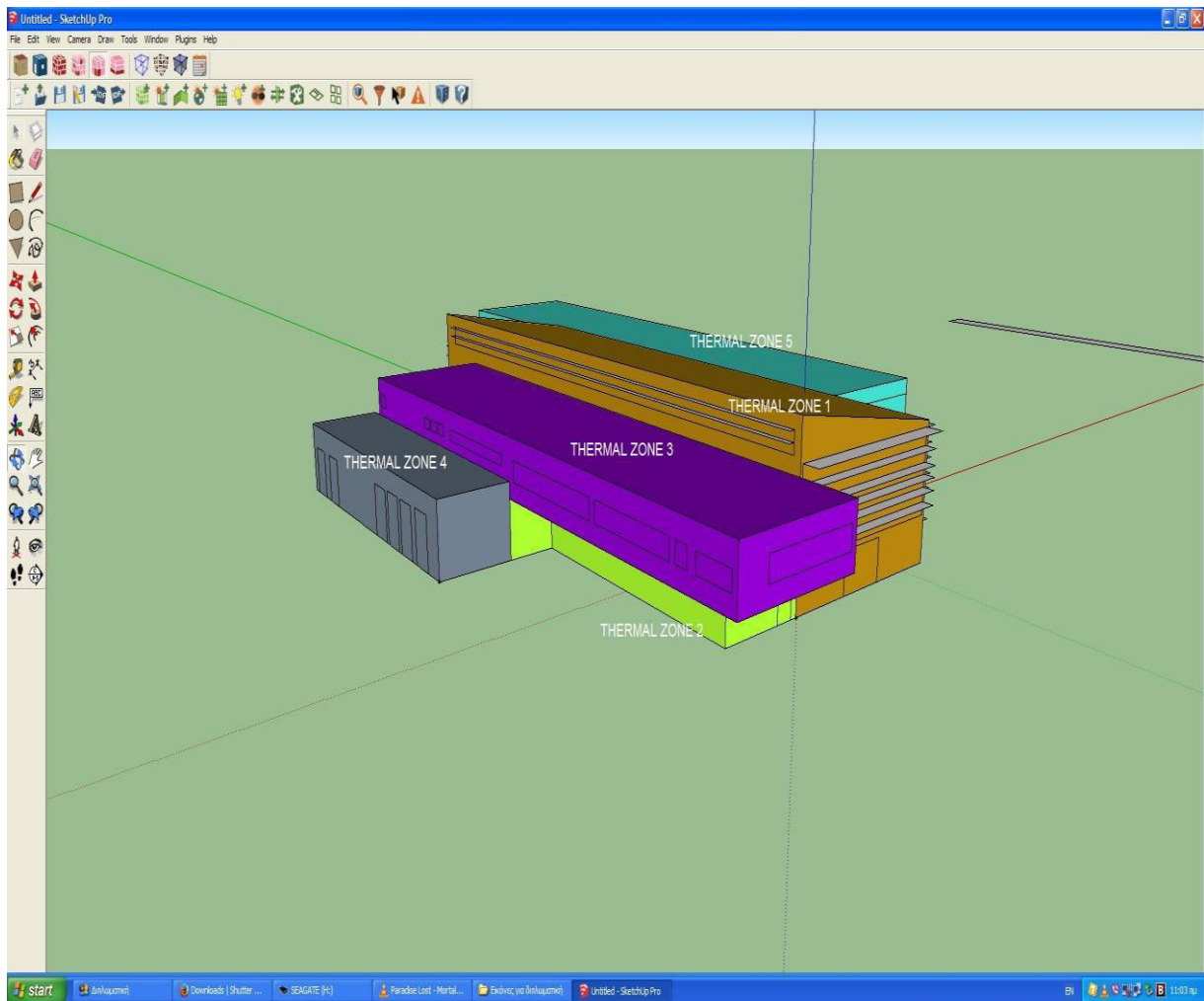
Ο σχεδιασμός της γεωμετρίας του κτιρίου έγινε με την βοήθεια των προγραμμάτων Google sketch up και Open Studio. Εφόσον δώσουμε στο πρόγραμμα μας την γεωμετρία του κτιρίου μας τότε ανοίγουμε το πρόγραμμα Energy plus ώστε να δώσουμε τα υλικά, φυσικό-τεχνητό αερισμό, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, χρήστες κ.α.

5.2.1 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες.

Αρχικά πρέπει να χωρίσουμε το κτίριο μας σε θερμικές ζώνες ώστε να τις μελετήσουμε και να εξάγουμε αποτελέσματα για αυτές. Με τον όρο θερμικές ζώνες ορίζεται ο όγκος του αέρα που έχει παραπλήσιες τιμές θερμοκρασίας. Έτσι χωρίσαμε το κτίριο σε 6 θερμικές ζώνες για την όσο το δυνατόν καλύτερη ανάλυση. Παρακάτω παρατίθενται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου:



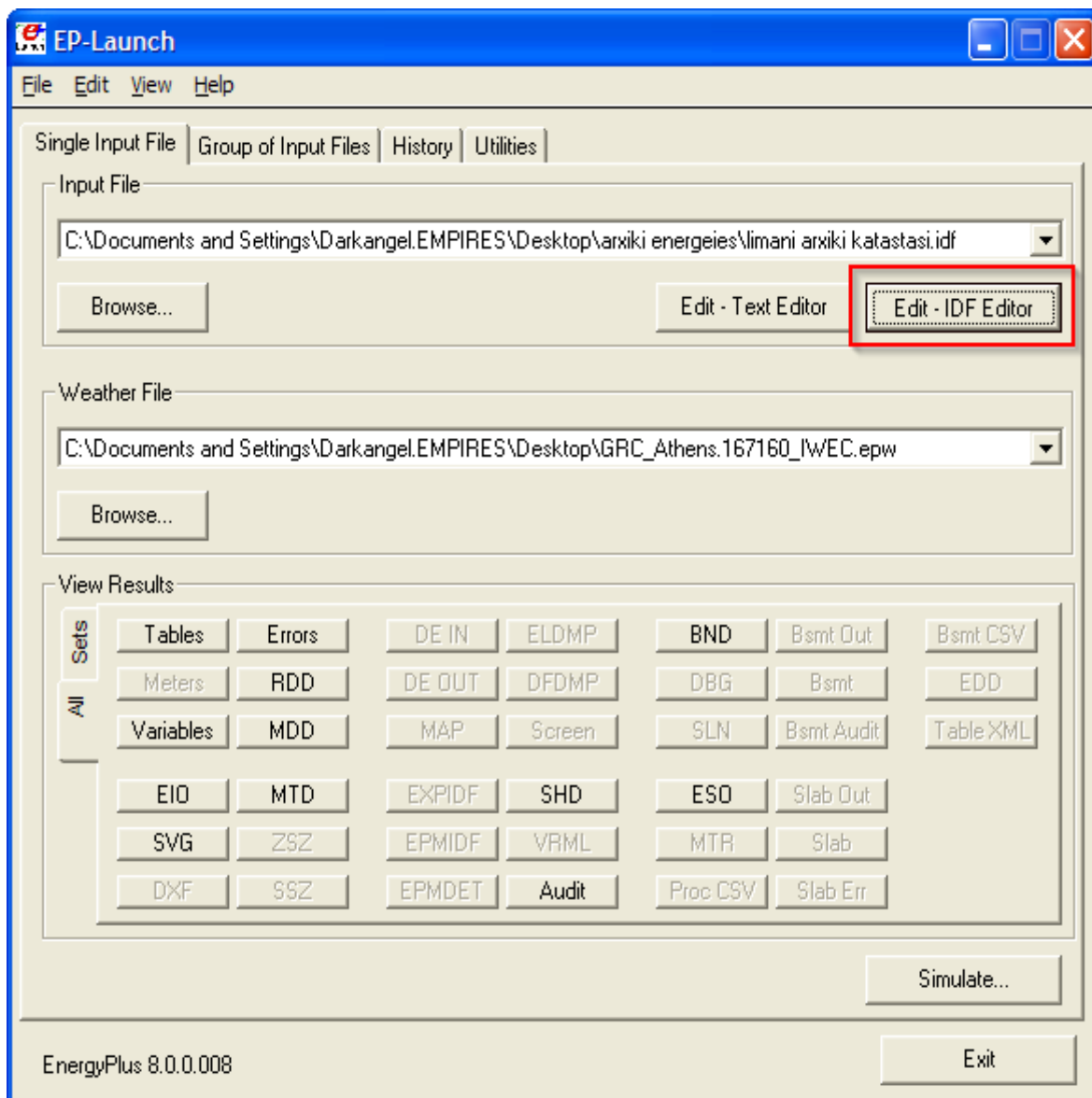
Εικόνα 5.6 : Θερμικές ζώνες λιμένα



Εικόνα 5.6 : Θερμικές ζώνες λιμένα

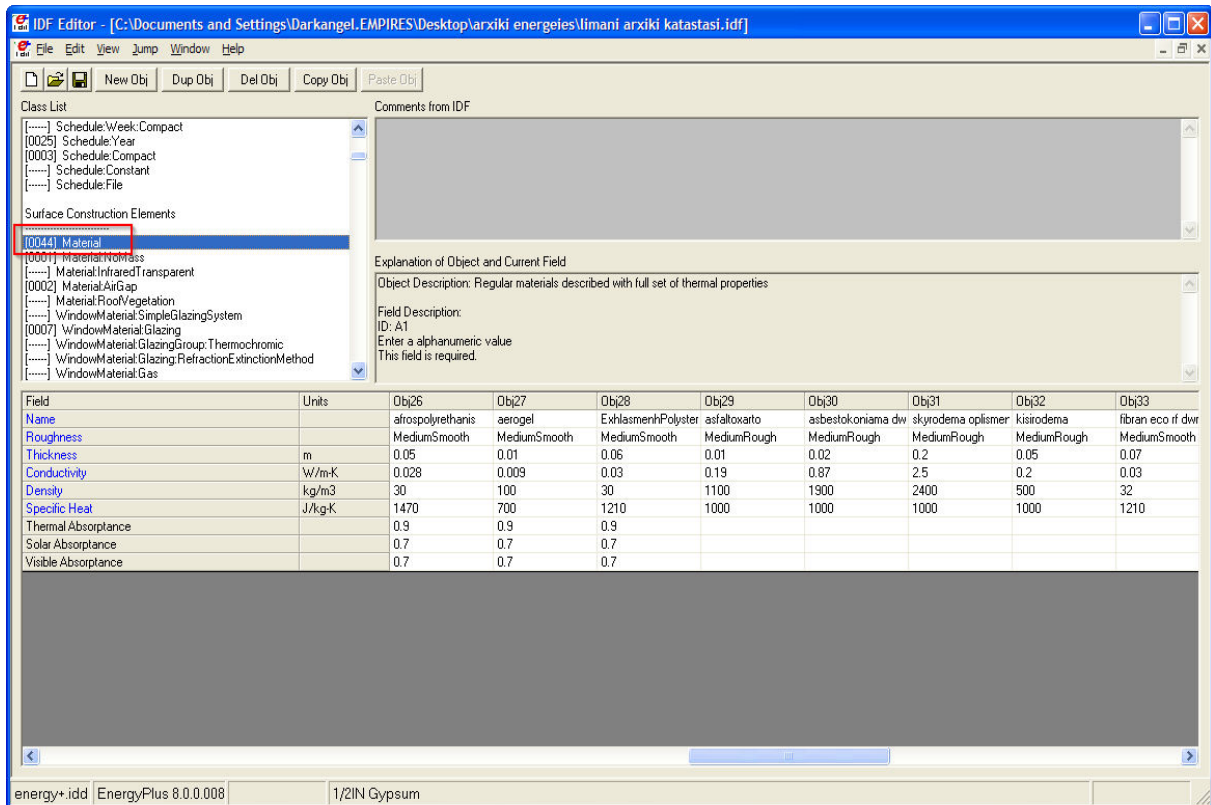
5.2.2 Εισαγωγή των υλικών

Έχοντας ολοκληρώσει με την γεωμετρία του κτιρίου και τις θερμικές του ζώνες τώρα είμαστε σε θέση να δώσουμε τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο (καθώς και τα υπόλοιπα δεδομένα όπως φυσικό-τεχνητό αερισμό, τεχνητό φωτισμό, ηλεκτρονικές συσκευές κ.α). Η εισαγωγή των υλικών γίνεται από το λογισμικό Energy Plus το περιβάλλον του οποίου φαίνεται στην Εικόνα.



Εικόνα 5.7 : Περιβάλλον λογισμικού Energy Plus.

Για να εισάγουμε τα υλικά στο πρόγραμμα ανοίγουμε την επιλογή Edit-IDF Editor. Μετά πηγαίνουμε στην καρτέλα Material για να φτιάξουμε τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Στην Εικόνα φαίνονται τα προαναφερθέντα.



Εικόνα 5.8 : IDF-Editor (Material)

Το πρόγραμμα απαιτεί την εισαγωγή των στοιχείων που εμφανίζονται στην καρτέλα με μπλε χρώμα. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των υλικών τα οποία χρειάζεται να εισάγουμε για να τρέξει το πρόγραμμα είναι τα εξής:

Name: Εισάγουμε το όνομα του υλικού που φτιάχνουμε ώστε να το χρησιμοποιήσουμε όταν θα φτιάξουμε Construction (θα δούμε στην συνέχεια τι είναι αυτό).

Roughness: Εισάγουμε την σχετική τραχύτητα του συγκεκριμένου υλικού. Αυτή η παράμετρος επηρεάζει μόνο τον εξωτερικό συντελεστή συναγωγής. Μπορεί να πάρει τιμές Very Rough, Rough, Medium Rough, Medium Smooth, Smooth, Very Smooth.

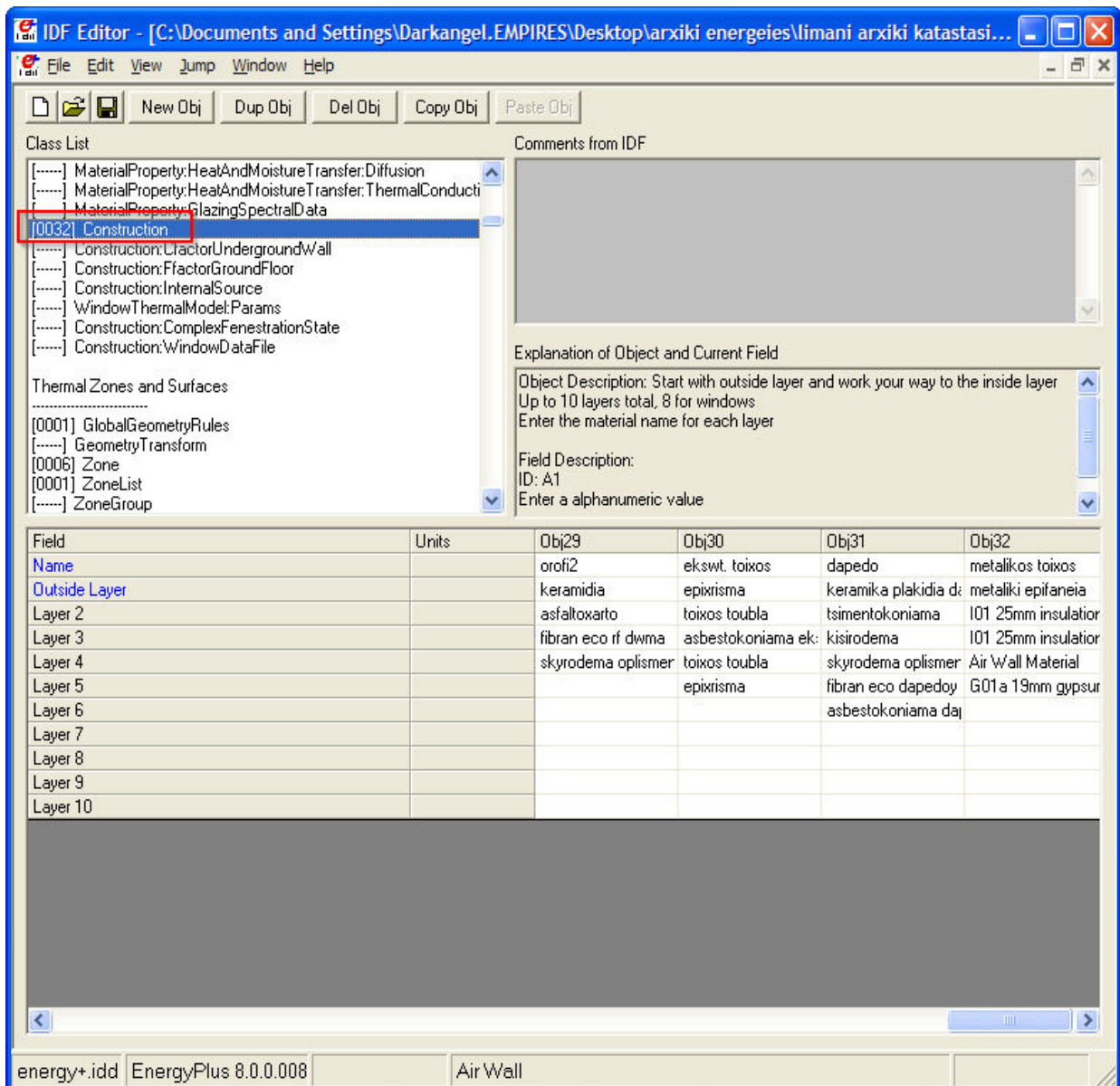
Thickness: Εισάγουμε το πάχος του υλικού που φτιάχνουμε.

Density: Εισάγουμε την πυκνότητα του υλικού σε kg/m^3 .

Specific Heat: Εισάγουμε την ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού σε J/(g-K) .

Conductivity: Εισάγουμε τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού σε $(\text{W/m}^*\text{k})$.

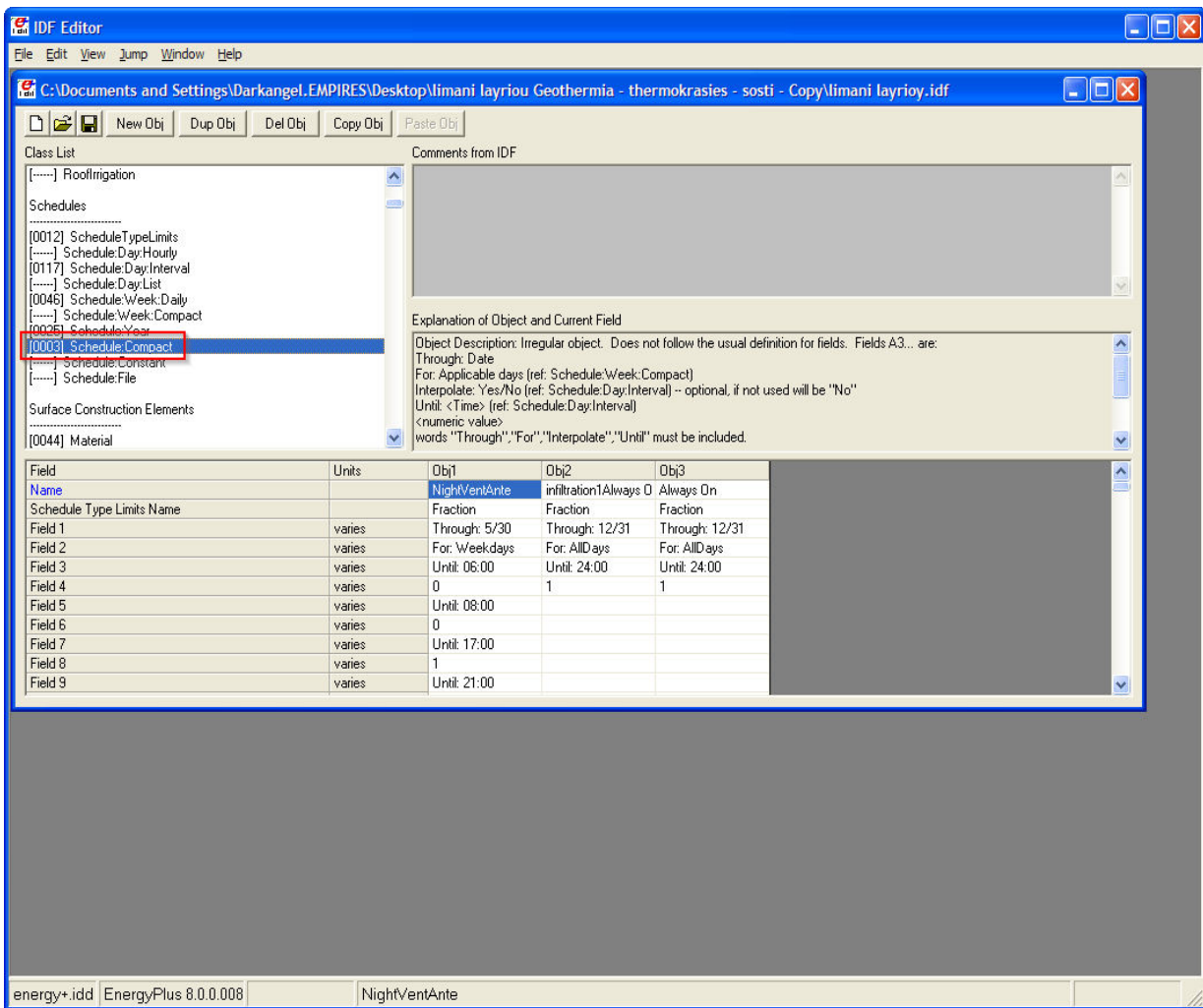
Μετά την εισαγωγή των υλικών πηγαίνουμε στην καρτέλα construction για να φτιάξουμε όλες τις διαφορετικές στρώσεις από τις οποίες αποτελείται το κτίριο. Τα construction που χρησιμοποιήσαμε καθώς και η ονομασία τους στο energy plus φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα.



Εικόνα 5.9 : IDF-Editor (construction)

5.2.3 Φυσικός Αερισμός

Ύστερα δηλώσαμε στο πρόγραμμα τον φυσικό αερισμό των χώρων ο οποίος είναι συνάρτηση της χρήσης του χώρου. Δηλαδή οι χρήστες σπάνια αφήνουν ανοιχτό το παράθυρο χωρίς να είναι μέσα οπότε υποθέσαμε ότι θα ανοίγουν το παράθυρο τους μόνο την διάρκεια που θα είναι μέσα. Γι' αυτό χρησιμοποιήσαμε κατάλληλα schedules ώστε να παραστήσουμε τον αερισμό καλύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Θεωρήσαμε ότι φυσικό αερισμό θα έχουμε καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Τα schedules που δημιουργήσαμε φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα.



Εικόνα 5.10 : IDF-Editor (Schedule Compact).

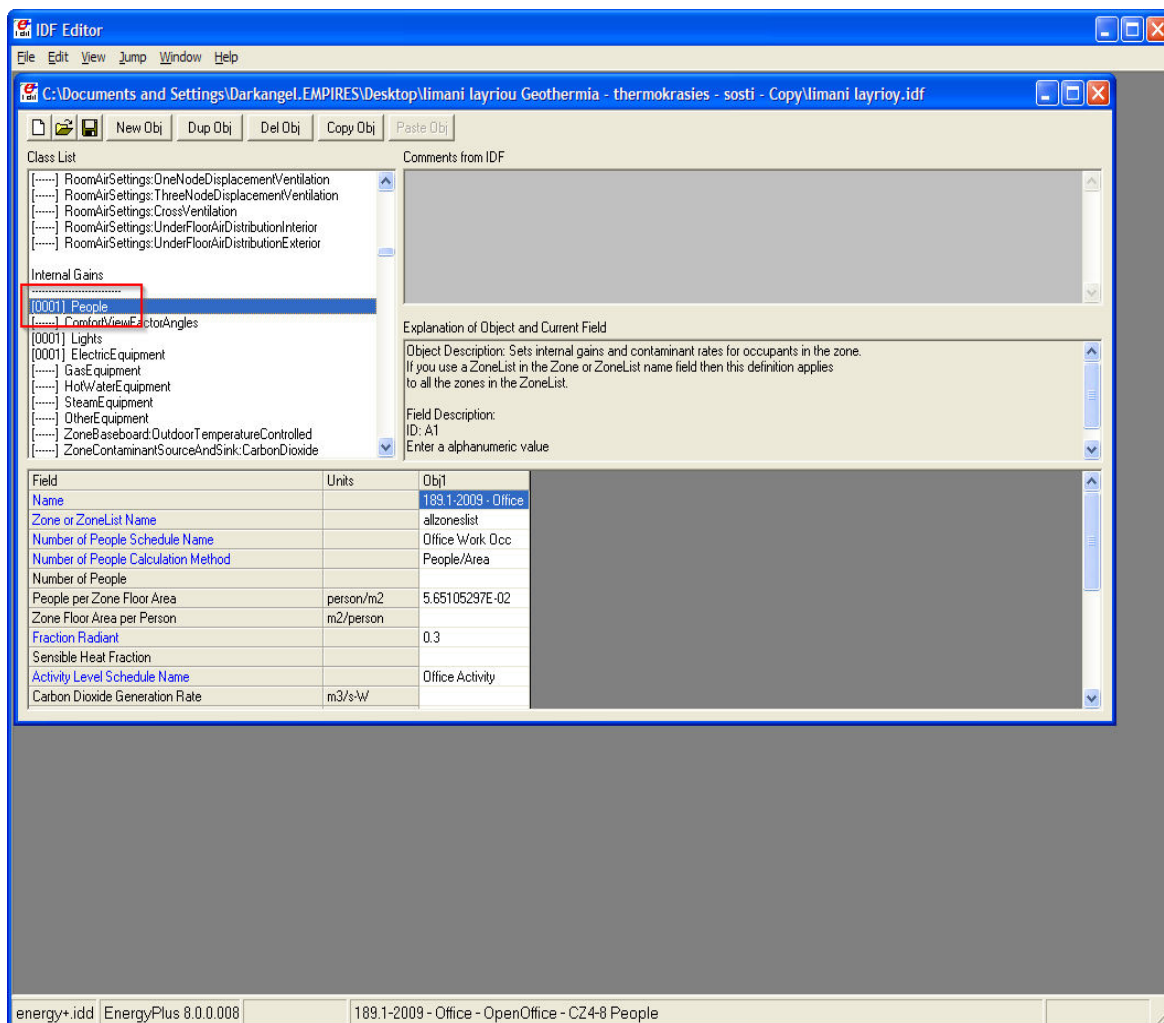
5.2.4 Εισαγωγή εσωτερικών θερμικών κερδών

Εκτός από το εξωτερικό περιβάλλον και τα δομικά στοιχεία που αποτελείται το κτίριο, η θερμική άνεση των χρηστών επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες που ονομάζονται εσωτερικά θερμικά κέρδη. Εσωτερικά θερμικά κέρδη έχουμε για παράδειγμα από τους χρήστες του κτιρίου, των τεχνητό φωτισμό, τις ηλεκτρομηχανολογικές συσκευές όπως κουζίνες, τηλεοράσεις, ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.α. Προκειμένου να γίνει η προσομοίωση ακόμα πιο αντιπροσωπευτική στην πραγματικότητα θα εισάγουμε δεδομένα στο πρόγραμμα για τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του τεχνητού φωτισμού, των χρηστών και των ηλεκτρονικών συσκευών.

5.2.5 Εισαγωγή χρηστών στο κτίριο

Για να εισάγουμε χρήστες στο Energy Plus πηγαίνουμε στην καρτέλα People και δηλώνουμε σε κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών τον αντίστοιχο αριθμό των ανθρώπων, το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας (Fraction Radiant) και το αντίστοιχο Schedule που ακολουθούν. Το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας (Fraction Radiant) υποδηλώνει το ποσοστό της ακτινοβολία που έρχεται σε επαφή με τον άνθρωπο και επιστρέφει στην θερμική ζώνη ως θερμότητα. Η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ του 0 και το 1. Έγινε η υπόθεση ότι η τιμή αυτή θα

είναι 0.25, δηλαδή το 25%. Το επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας ορίστηκε σε 120Watt ανά άνθρωπο με βάση τις τιμές του ASHRAE. Παρακάτω στην Εικόνα φαίνονται όλες οι τιμές που δόθηκαν στο Πρόγραμμα στην καρτέλα People.

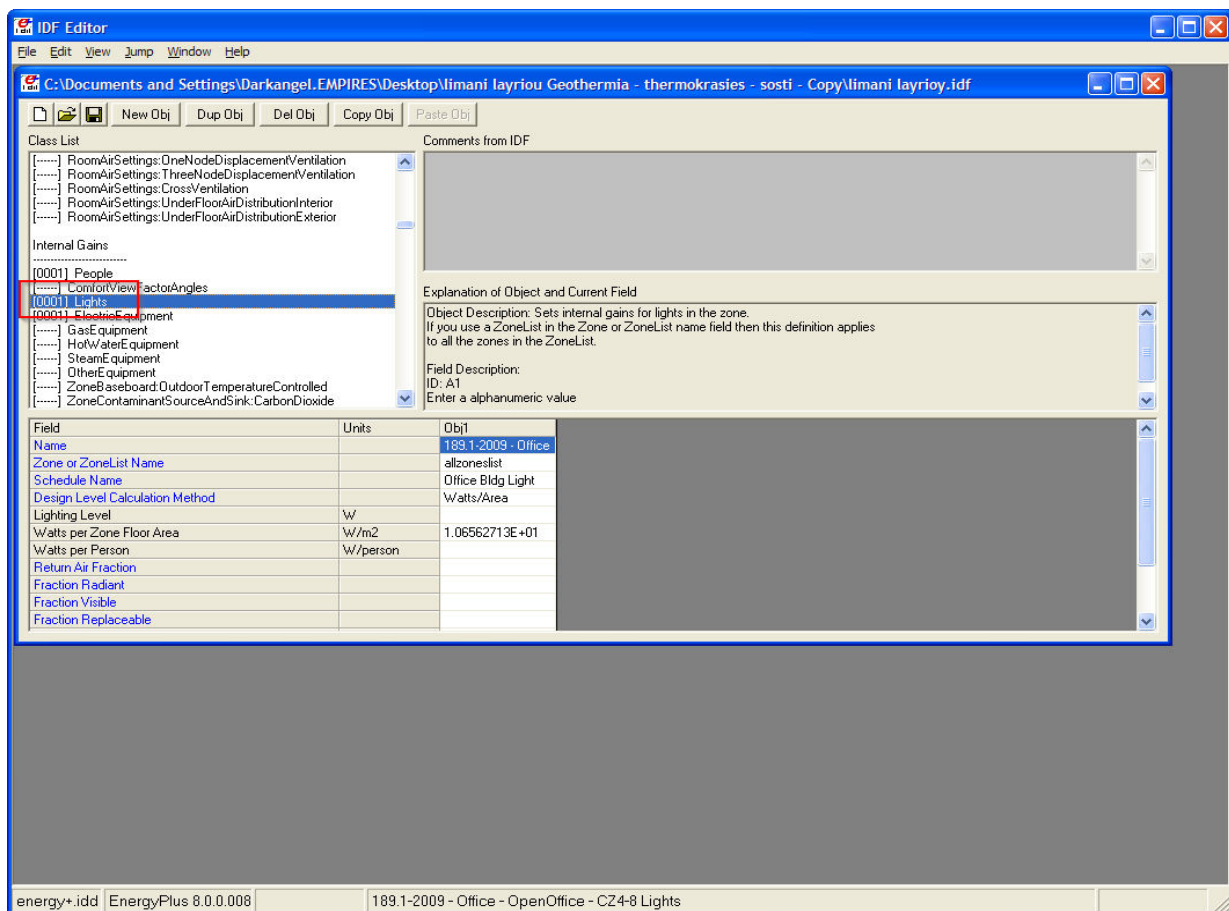


Εικόνα 5.11 : IDF-Editor (People).

5.2.6 Τεχνητός φωτισμός κτιρίου

Όπως και οι χρήστες έτσι και ο τεχνητός φωτισμός που υπάρχει σε ένα κτίριο προσδίδει θερμικά κέρδη. Το Fraction Radiant που δόθηκε στο πρόγραμμα είναι το κλάσμα της θερμότητας που εισχωρεί στη ζώνη, όπως μεγάλου μήκους κύματος (θερμική) ακτινοβολία. Το πρόγραμμα υπολογίζει πόσες φορές αυτή η ακτινοβολία απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες. Τυπική τιμή είναι 0.42. Το Fraction Visible είναι το κλάσμα της θερμότητας από τα φώτα που εισχωρεί στη θερμική ζώνη ως ορατή (βραχεία κύματα) ακτινοβολίας. Το πρόγραμμα υπολογίζει πόσες φορές αυτή η ακτινοβολία απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες τις θερμικής ζώνης. Τυπική τιμή είναι 0.18 [<http://www.designbuilder.co.uk>]

Παρακάτω στην Εικόνα φαίνονται οι τιμές τις οποίες δώσαμε σε κάθε θερμική ζώνη στο πρόγραμμα για να τρέχει. Επίσης δεν έχει γίνει η παραδοχή ότι όλοι οι λαμπτήρες θα βρίσκονται σε λειτουργία όταν ο χώρος είναι σε χρήση. Δηλαδή ένα μέρος αυτών θα είναι σε λειτουργία.



Εικόνα 5.12 : IDF-Editor (Lights).

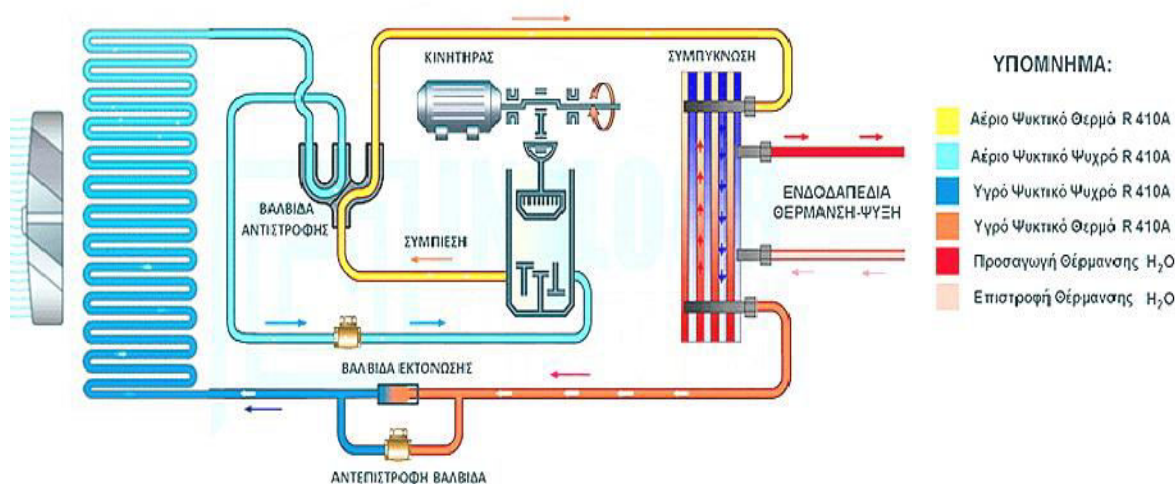
5.3 Προτάσεις Βελτίωσης Θερμικής Συμπεριφοράς με Παθητικά Συστήματα

5.3.1 Εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας.

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας γίνεται με δύο τρόπους[10]:

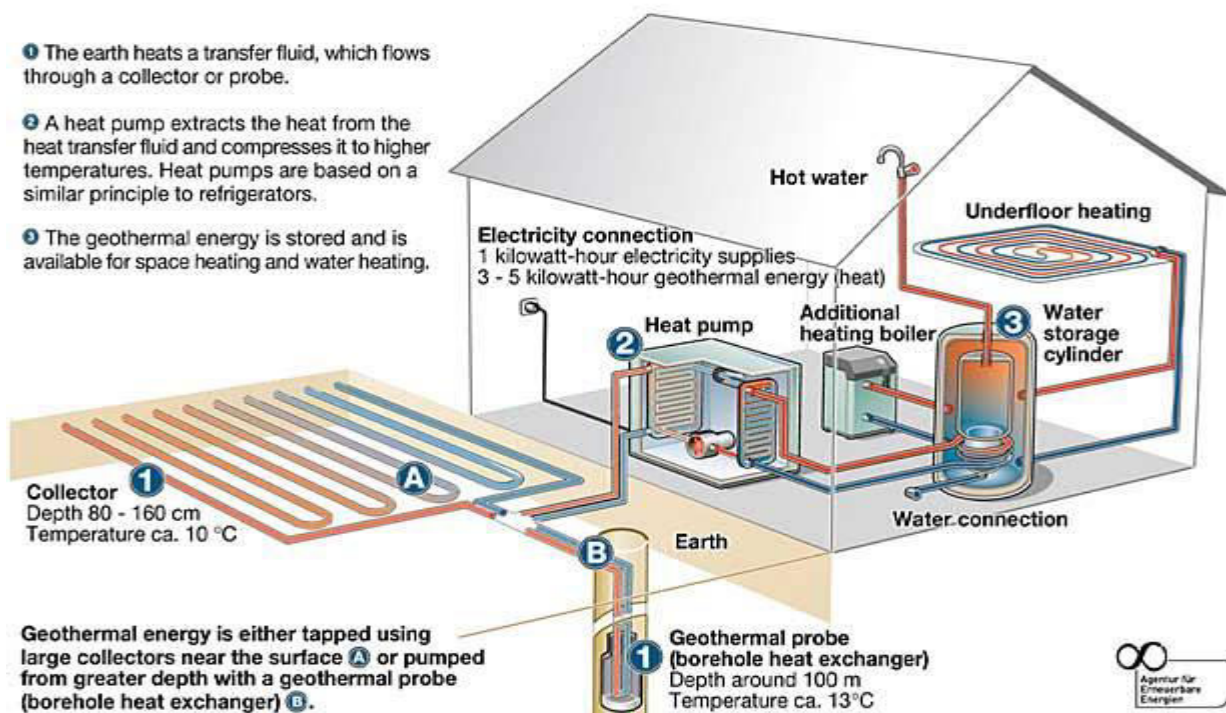
- Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0.04-0.06 W/m²
- Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μεταφέρεται ζεστό νερό με γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά και τροφοδοτεί τουρμπίνες που κινούν γεννήτριες.

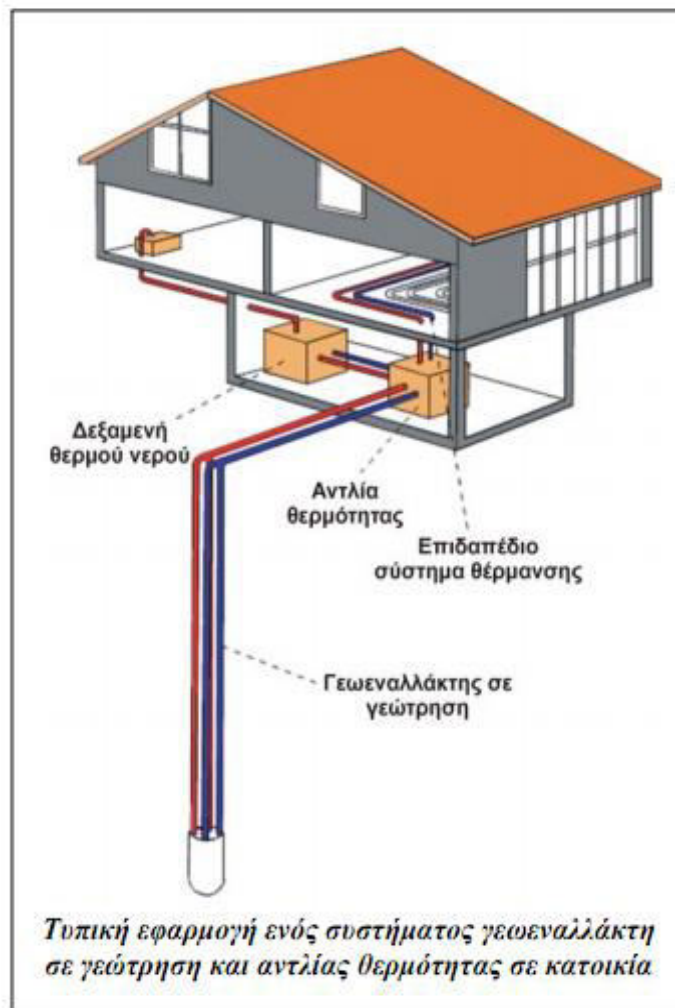


Εικόνα 5.13 : Γεωθερμική εγκατάσταση [74]

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση ή ψύξη του σπιτιού μας. Η αρχή του γεωθερμικού συστήματος είναι εξαιρετικά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι μόλις λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή περίπου 18-20 °C. Συνεπώς εκμεταλλευόμενοι την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας μπορούμε να θερμάνουμε χώρους το χειμώνα ή να τους ψύξουμε το καλοκαίρι. Αυτό γίνεται με την χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας η οποία μεταδίδει την θερμότητα μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων που βρίσκεται είτε σε οριζόντια διάταξη και χαμηλό βάθος είτε σε κατακόρυφη διάταξη εκμεταλλευόμενοι μια γεώτρηση που γίνεται γι' αυτό το λόγο.

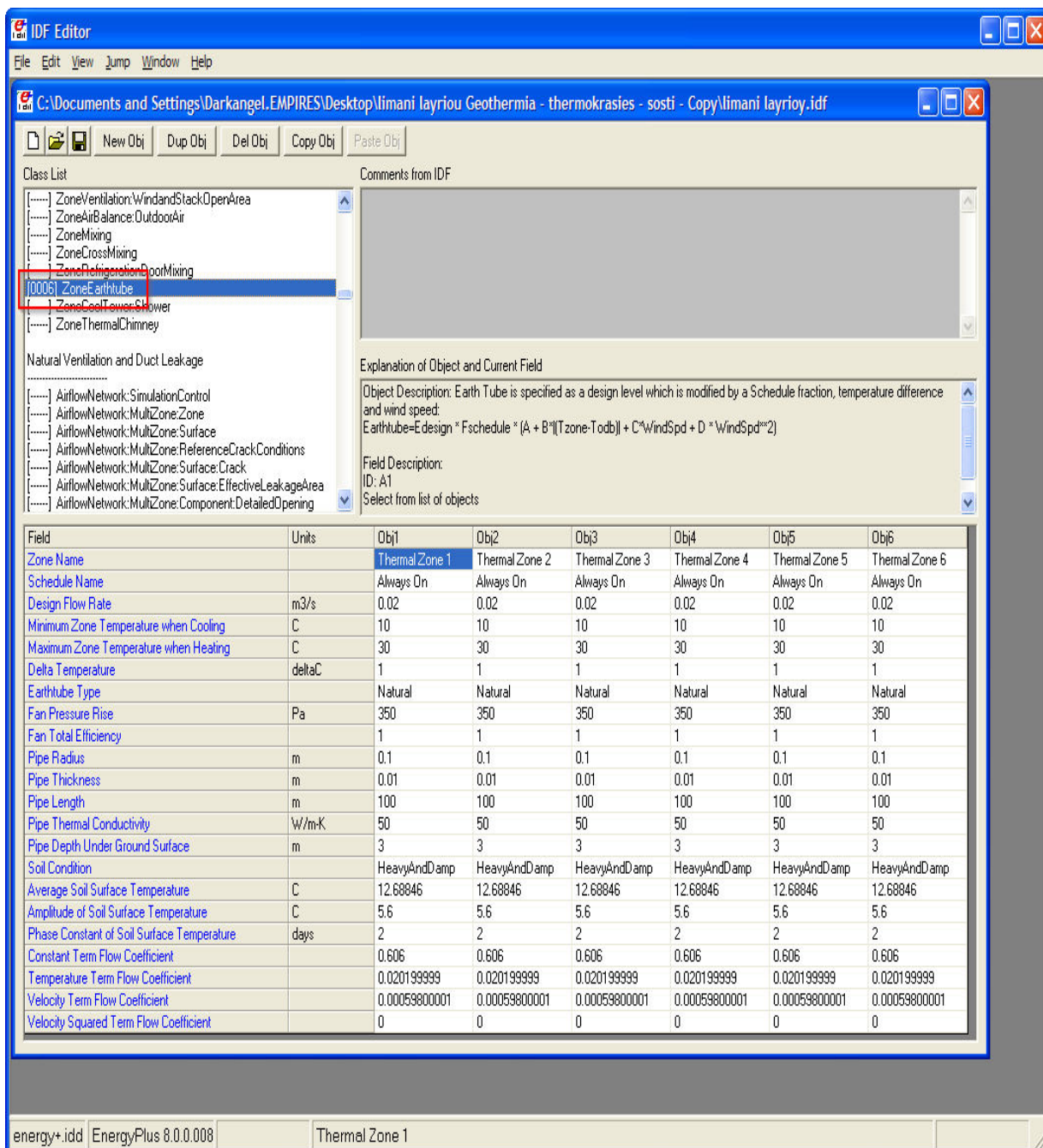


Εικόνα 5.14: Σύστημα οριζόντιου γεωεναλλακτή[75]



Εικόνα 5.15 : Σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλάκτη [76]

Στην περίπτωση του κτιρίου χρησιμοποιήσαμε οριζόντια γεωθερμία. Παρακάτω φαίνονται οι ρυθμίσεις του προγράμματος.



Εικόνα 5.16: Ρυθμίσεις γεωθερμίας.

5.3.2 Αναλυτικότερα οι Ρυθμίσεις της Γεωθερμίας

- **Field: Earthtube Type**

Αυτή η επιλογή καθορίζει τον τύπο του σωλήνα ως μια από τις παρακάτω επιλογές : Φυσικό , εξάτμισης ή εισαγωγής . Ένα φυσικό σωλήνας υποτίθεται ότι είναι κίνησης / ανταλλαγής αέρα που δεν θα καταναλώνει την ενέργεια του ανεμιστήρα ή θα είναι το αποτέλεσμα της φυσικής ροής αέρα μέσω του σωλήνα και μέσα στο κτίριο . Οι τιμές για την πίεση του αέρα και της αποτελεσματικότητας για ένα σωλήνα γη φυσική ροή αγνοούνται . Για είτε εξάτμισης ή εισαγωγής , οι τιμές για την πίεση του ανεμιστήρα και της αποτελεσματικότητας του καθορίζουν την κατανάλωση ηλεκτρικού ανεμιστήρα . Για τους φυσικούς και Exhaustearth

σωλήνες , οι συνθήκες του αέρα που εισέρχεται στο χώρο πρέπει να είναι ισοδύναμα με τον αέρα που ψύχεται ή θερμαίνεται με πέρασμα κατά μήκος του σωλήνα . Πρόσληψης σωλήνες γη , μια κατάλληλη ποσότητα θερμότητας ανεμιστήρα προστίθεται στο ρεύμα αέρα.

- **Field: Fan Pressure Rise**

Αυτή είναι η αύξηση της πίεσης που παρατηρείται κατά μήκος των ανεμιστήρα σε Pascals (N /m²). Αυτή είναι μια λειτουργία του ανεμιστήρα και παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της ενέργειας που καταναλώνεται από τον ανεμιστήρα .

- **Field: Fan Total Efficiency**

Αυτή είναι η συνολική απόδοση του ανεμιστήρα (ένας δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0,0 και 1,0). Αυτή είναι μια λειτουργία του ανεμιστήρα και παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό της ποσότητας της ενέργειας που καταναλώνεται από τον ανεμιστήρα .

- **Field: Pipe Radius**

Αυτή είναι η ακτίνα του σωλήνα της γεωθερμίας (σε μέτρα) . Αυτό παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της θερμότητας που μεταφέρεται από το περιβάλλον έδαφος προς το πέρασμα αέρα κατά μήκος του σωλήνα. Εάν ο σωλήνας έχει μη κυκλική διατομή , ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την έννοια της υδραυλικής διαμέτρου ως εξής

$$D=4 \times (\text{Εμβαδό περιοχής}) / \text{Περίμετρος}$$

Ωστόσο , δεδομένου ότι αυτό το πεδίο απαιτεί την ακτίνα του σωλήνα , η υδραυλική διάμετρος πρέπει να διαιρείται δια δύο.

- **Field: Pipe Thickness**

Αυτό είναι το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα (σε μέτρα) . Αυτό παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της θερμότητας που μεταφέρεται από το περιβάλλον έδαφος προς το πέρασμα αέρα κατά μήκος του σωλήνα.

- **Field: Pipe Length**

Αυτό είναι το συνολικό μήκος του σωλήνα (σε μέτρα) . Αυτό παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της θερμότητας που μεταφέρεται από το περιβάλλον έδαφος προς το πέρασμα αέρα κατά μήκος του σωλήνα. Καθώς το μήκος του σωλήνα γίνεται μεγαλύτερο, το ποσό της μεταφοράς θερμότητας γίνεται μεγαλύτερο .

- **Field: Pipe Thermal Conductivity**

Αυτή είναι η θερμική αγωγιμότητα του σωλήνα (σε W / MC) . Αυτό παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της θερμότητας που μεταφέρεται από το περιβάλλον έδαφος προς το πέρασμα αέρα κατά μήκος του σωλήνα.

- **Field: Pipe Depth Under Ground Surface**

Αυτό είναι το βάθος του σωλήνα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (σε μέτρα) . Αυτό παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του εδάφους που περιβάλλει το σωλήνα.

- **Field: Soil Condition**

Αυτός ο χαρακτήρας ορίζει την πραγματική κατάσταση του εδάφους που περιβάλλει το σωλήνα γη και μπορεί να είναι ένα από οποιαδήποτε από τις ακόλουθες επιλογές: HeavyAndSaturated , HeavyAndDamp , HeavyAndDry ή LightAndDry . Αυτό καθορίζει τη θερμική διαχύση και θερμική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος εδάφους , τα οποία παίζουν ένα ρόλο στον καθορισμό του ποσού της θερμότητας που μεταφέρεται από το περιβάλλον έδαφος προς τον αεραγωγό κατά μήκος του σωλήνα.

- **Field: Average Soil Surface Temperature**

Αυτή είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από το σωλήνα της γεωθερμίας , η οποία παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του εδάφους που περιβάλλει το σωλήνα. Αυτό το πεδίο θα πρέπει να υπολογιστεί εκ των προτέρων, χρησιμοποιώντας το ξεχωριστό πρόγραμμα CalcSoilSurfTemp.

- **Field: Amplitude of Soil Surface Temperature**

Αυτό είναι το εύρος της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους πάνω από το σωλήνα γη , η οποία παίζει ένα ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του εδάφους που περιβάλλει το σωλήνα. Αυτή είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας επιφάνεια του εδάφους για το σύνολο του χρόνου διαιρείται δια δύο . Αυτό το πεδίο θα πρέπει να υπολογιστεί εκ των προτέρων , χρησιμοποιώντας το ξεχωριστό πρόγραμμα CalcSoilSurfTemp.

- **Field: Phase Constant of Soil Surface Temperature**

Αυτή είναι η συνεχής φάση της θερμοκρασίας επιφάνειας του εδάφους ευθεία πάνω από το σωλήνα της γεωθερμίας , η οποία παίζει ένα ρόλο στον προσδιορισμό της θερμοκρασίας του εδάφους που περιβάλλει το σωλήνα κατά τη συγκεκριμένη στιγμή . Αυτό είναι το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την αρχή του χρόνου μέχρι η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους να φτάσει την ελάχιστη τιμή του έτους . Αυτό το πεδίο θα πρέπει να υπολογιστεί εκ των προτέρων , χρησιμοποιώντας το ξεχωριστό πρόγραμμα CalcSoilSurfTemp.

- **Field: Constant Term Flow Coefficient**

Ο αριθμός αυτός είναι η βασική "A" παράμετρος στην παραπάνω εξίσωση για την γεωθερμία. Είναι κομμάτι των παραμέτρων που καθορίζονται από τον χρήστη και είναι συνάρτηση των περιβαλλοντικών παραγόντων . Αυτή η παράμετρος , ωστόσο , είναι μια σταθερά υπό όλες τις συνθήκες και δεν έχει τροποποιηθεί από οποιοδήποτε περιβαλλοντικό αποτέλεσμα . Ως αποτέλεσμα , είναι αδιάστατο.

- **Field: Temperature Term Flow Coefficient**

Ο αριθμός αυτός είναι ο "B" βασική παράμετρος στην παραπάνω εξίσωση για την γεωθερμία. Είναι κομμάτι των παραμέτρων που καθορίζονται από τον χρήστη και είναι συνάρτηση των περιβαλλοντικών παραγόντων . Αυτή η παράμετρος έχει τροποποιηθεί από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των εξωτερικών και εσωτερικών θερμοκρασιών αέρα ξηρού βολβού . Οι μονάδες για την παράμετρο αυτή είναι αντίστροφη Κελσίου.

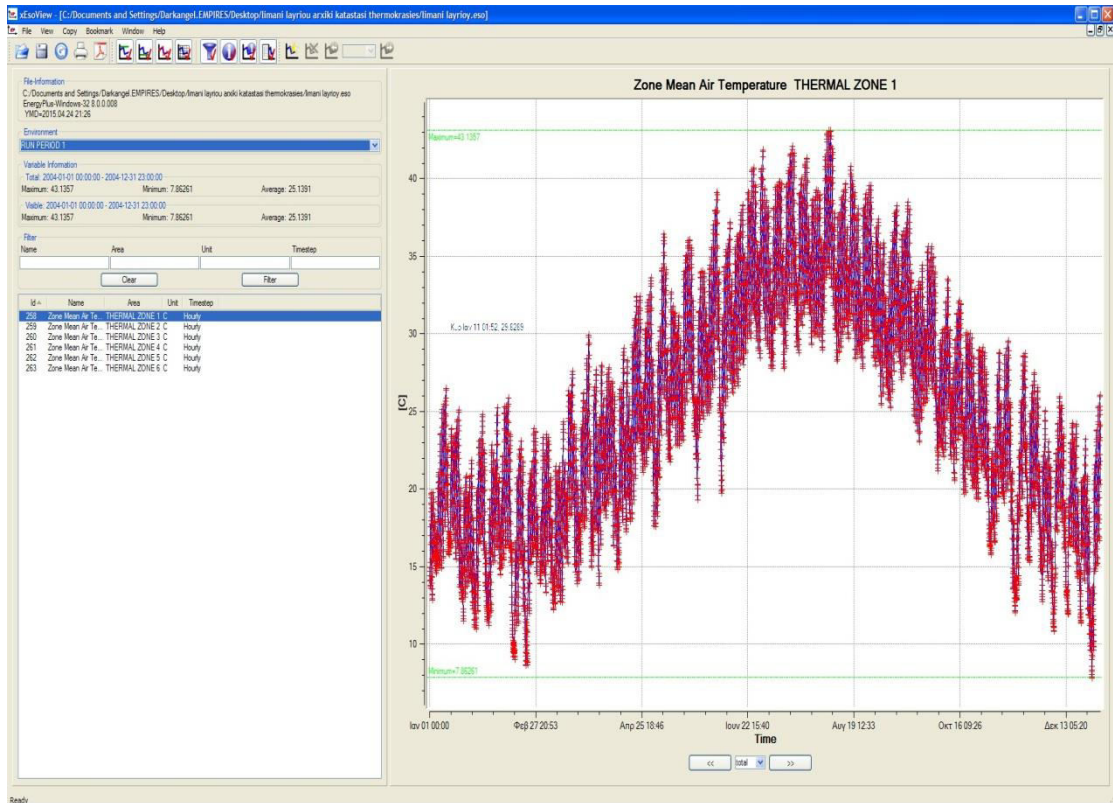
- **Field: Velocity Term Flow Coefficient**

Ο αριθμός αυτός είναι ο "C" βασική παράμετρος στην εξίσωση της γεωθερμίας. Είναι κομμάτι των παραμέτρων που καθορίζονται από τον χρήστη και είναι συνάρτηση των περιβαλλοντικών

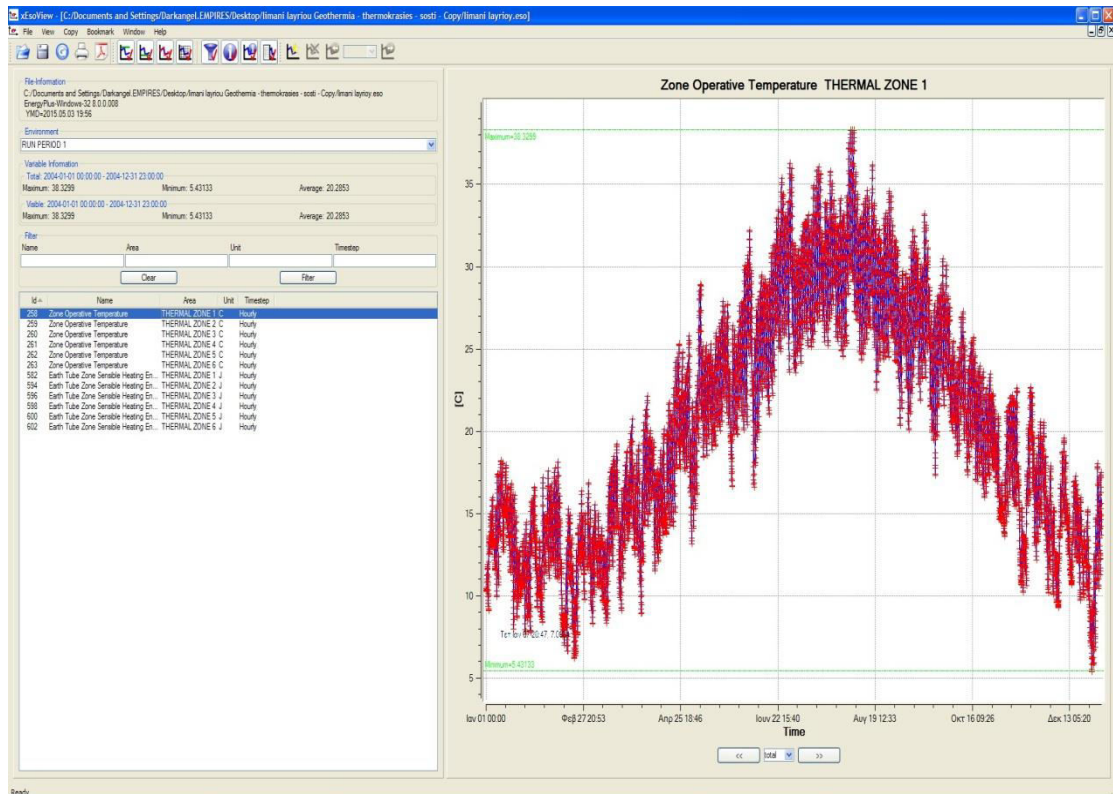
παραγόντων . Αυτή η παράμετρος τροποποιείται με την ταχύτητα του ανέμου που πέφτει πάνω στο εξωτερικό του κτιρίου . Οι μονάδες για την παράμετρο αυτή είναι s / m .

- **Field: Velocity Squared Term Flow Coefficient**

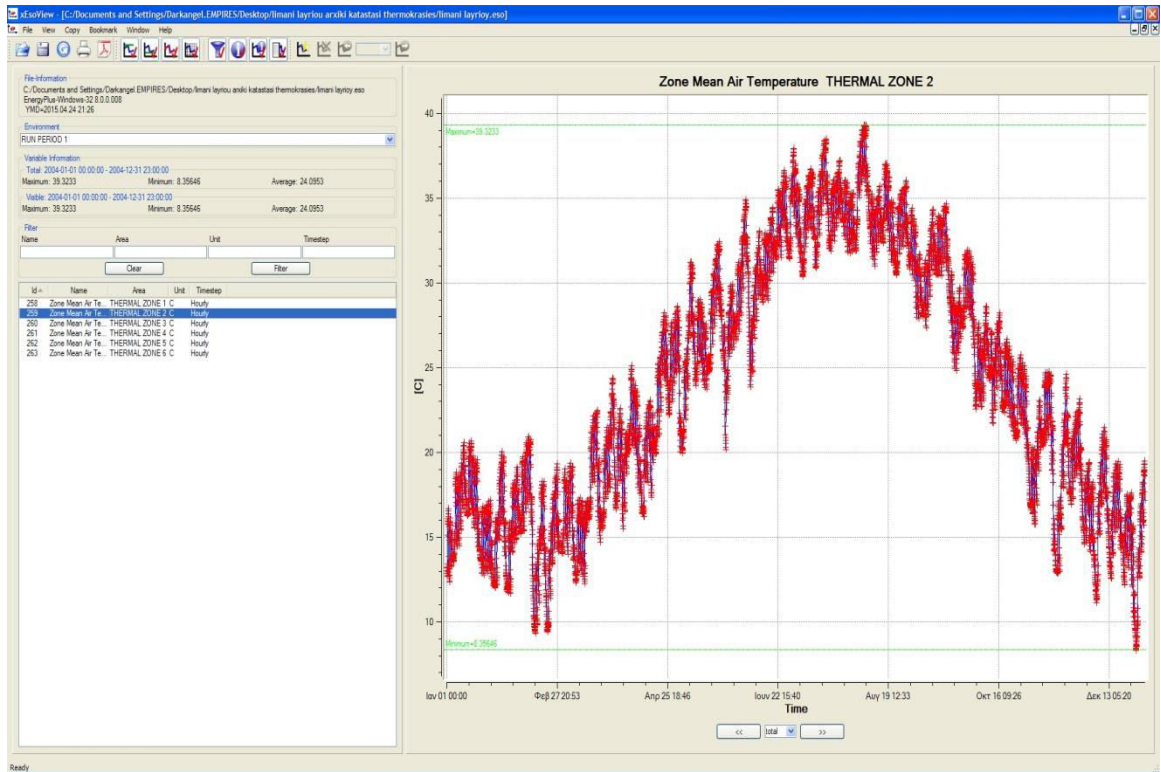
Ο αριθμός αυτός είναι ο "D" βασικός παράμετρος στην εξίσωση της γεωθερμίας. Είναι κομμάτι των παραμέτρων που καθορίζονται από τον χρήστη και είναι συνάρτηση των περιβαλλοντικών παραγόντων . Αυτή η παράμετρος είναι τροποποιημένη με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου που βρίσκεται το εξωτερικό του κτιρίου . Οι μονάδες για την παράμετρο αυτή είναι S^2 / m^2 .



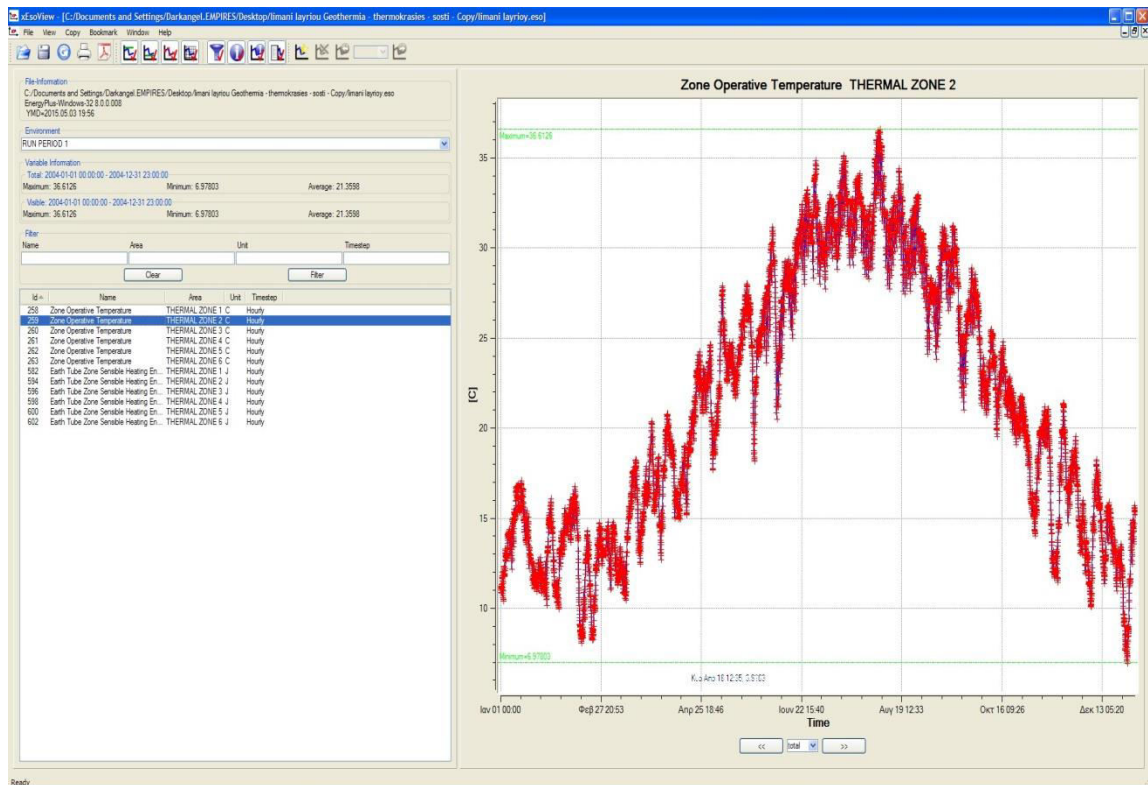
Εικόνα 5.17 θερμοκρασίες Ζώνης 1 πριν



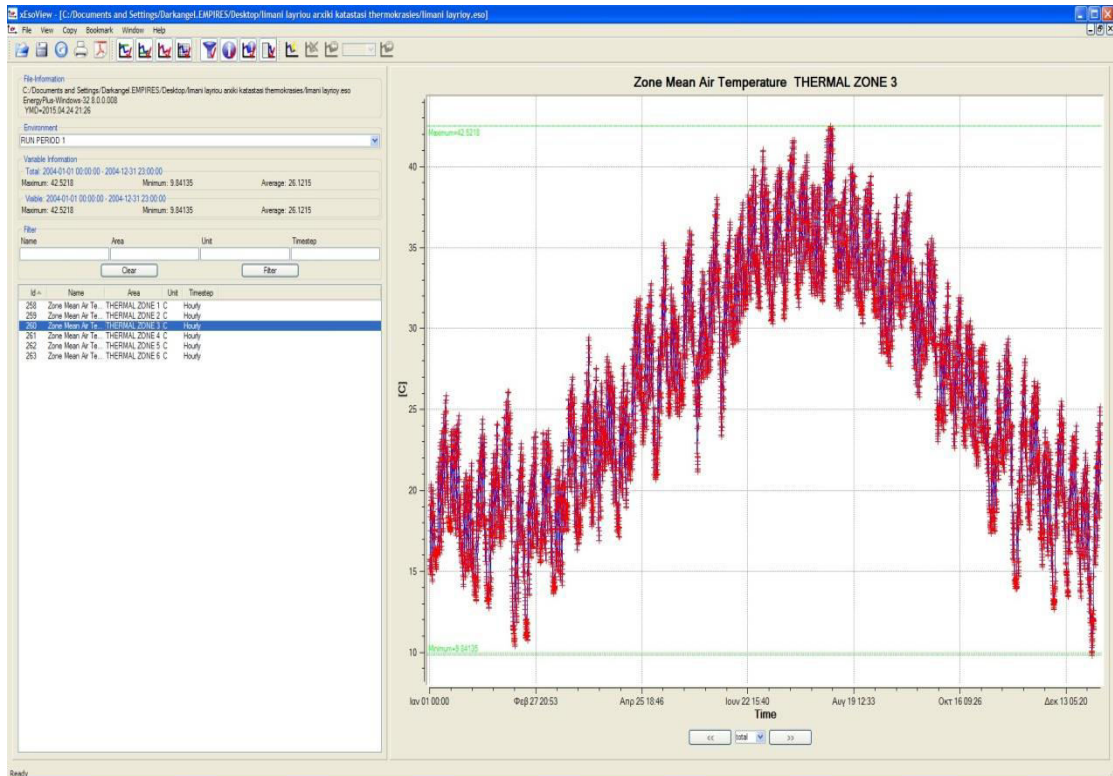
Εικόνα 5.18 Θερμοκρασίες Ζώνης 1 με την χρήση γεωθερμίας



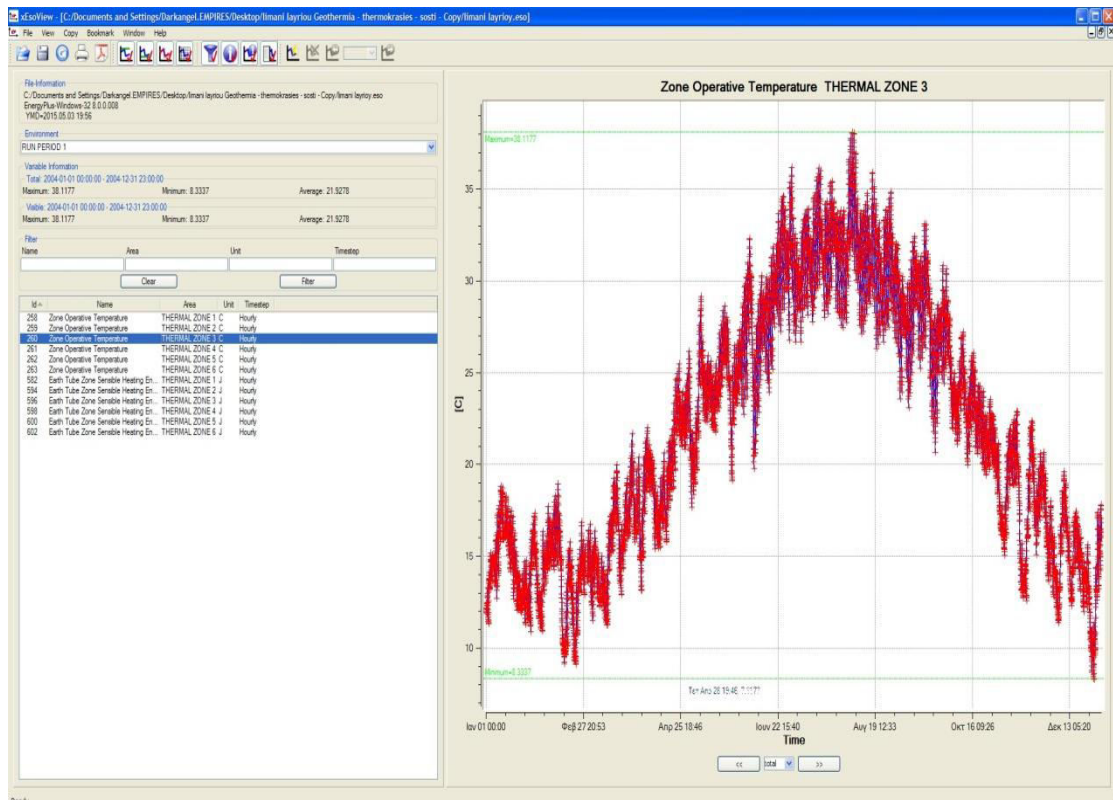
Εικόνα 5.19 θερμοκρασίες Ζώνης 2 πριν



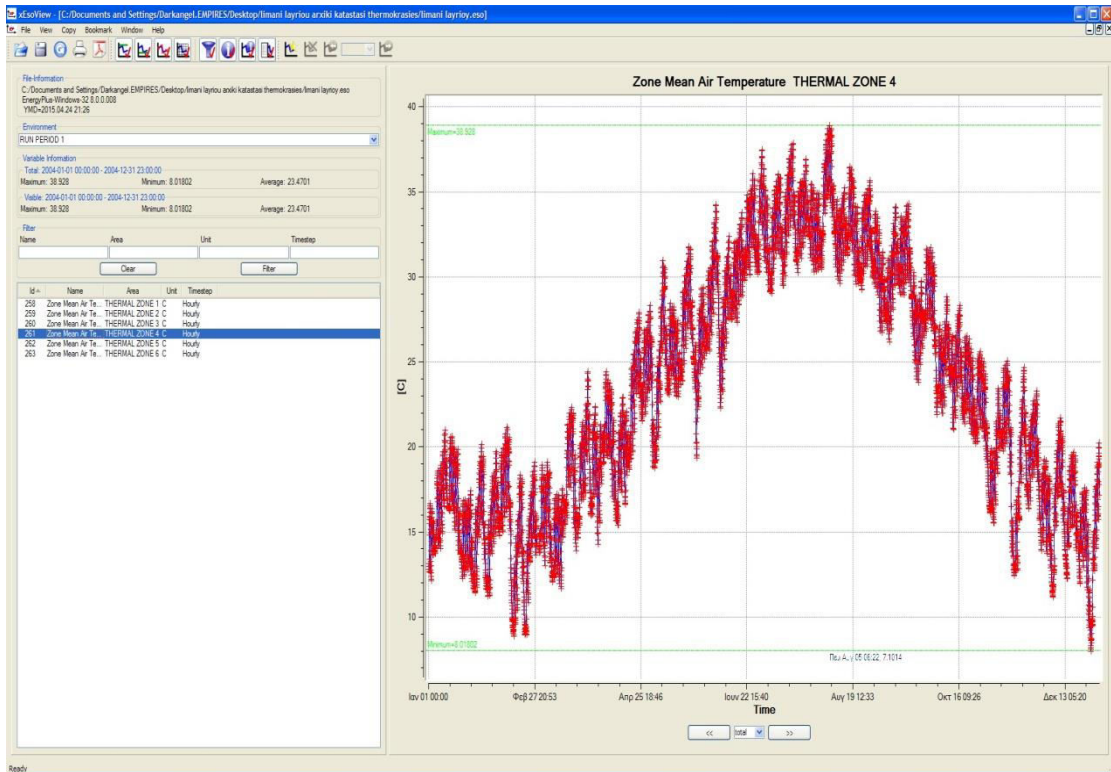
Εικόνα 5.20 Θερμοκρασίες Ζώνης 2 με την χρήση γεωθερμίας



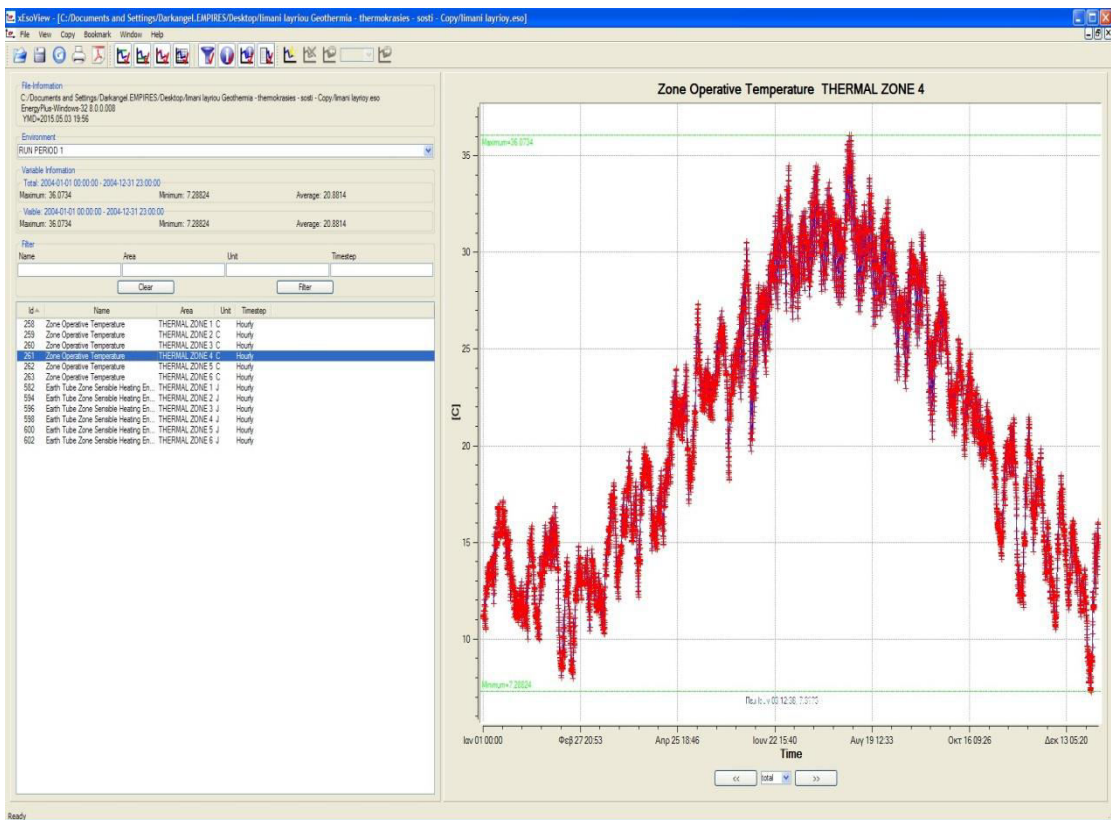
Εικόνα 5.21 θερμοκρασίες Ζώνης 3 πριν



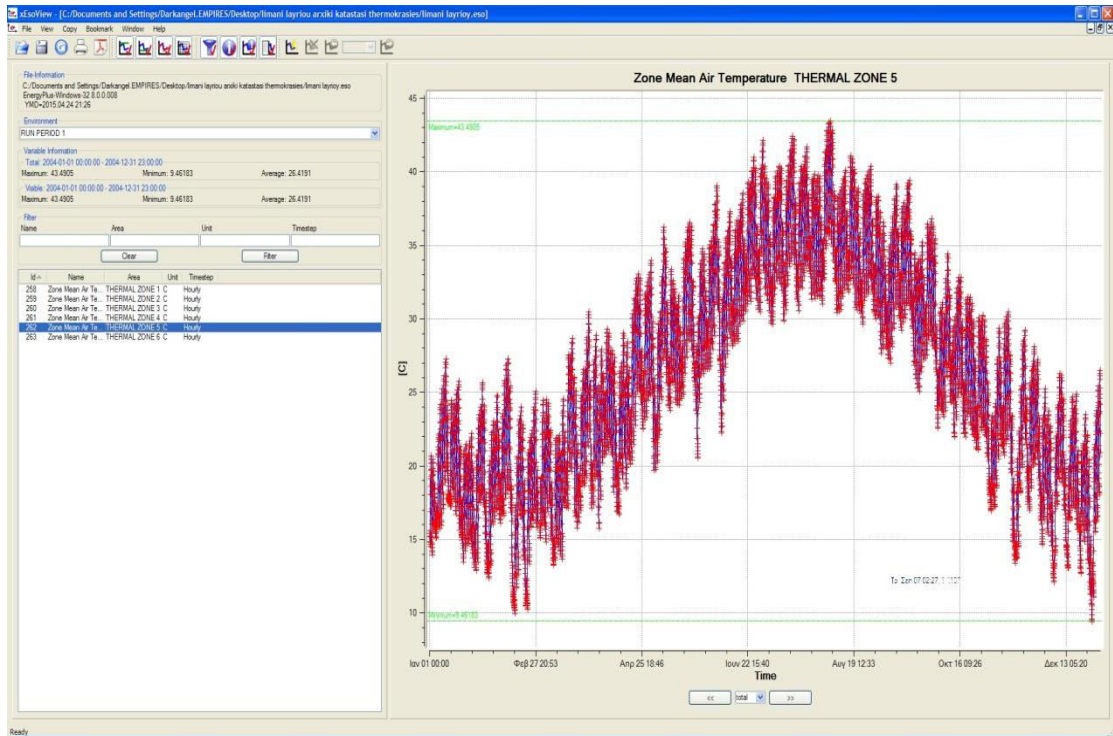
Εικόνα 5.22 Θερμοκρασίες Ζώνης 3 με την χρήση γεωθερμίας



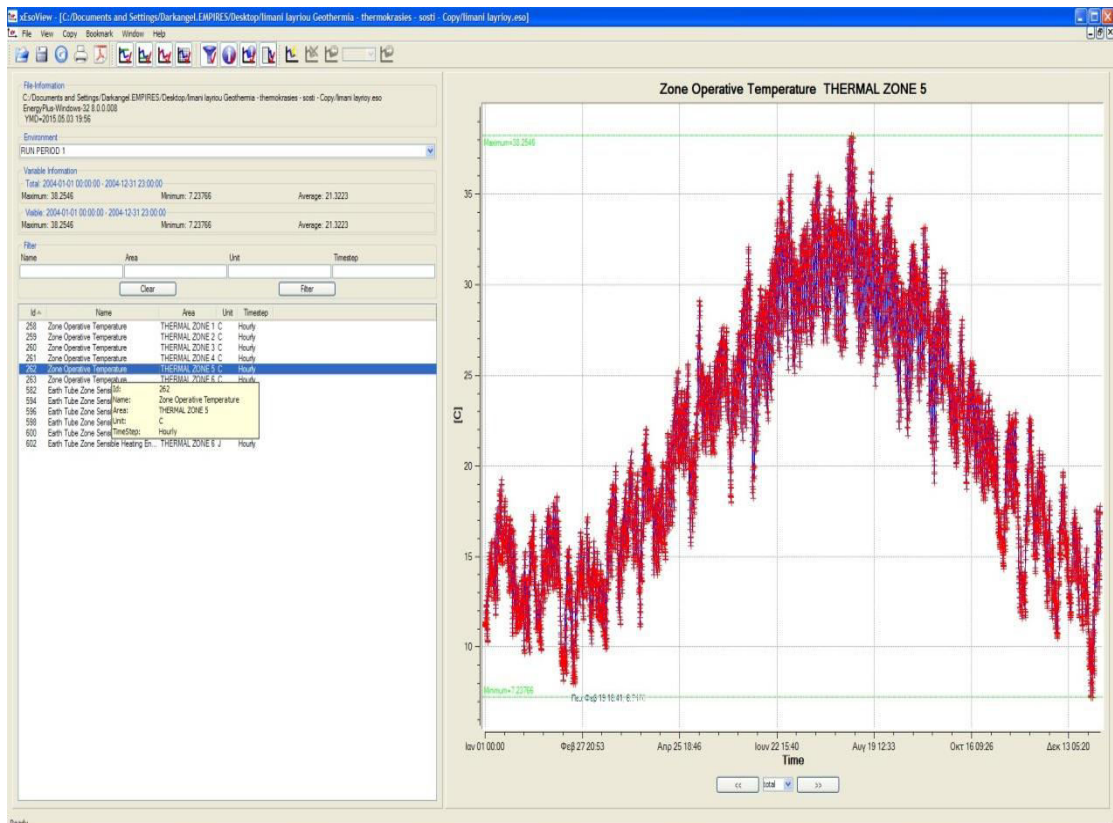
Εικόνα 5.23 θερμοκρασίες Ζώνης 4 πριν



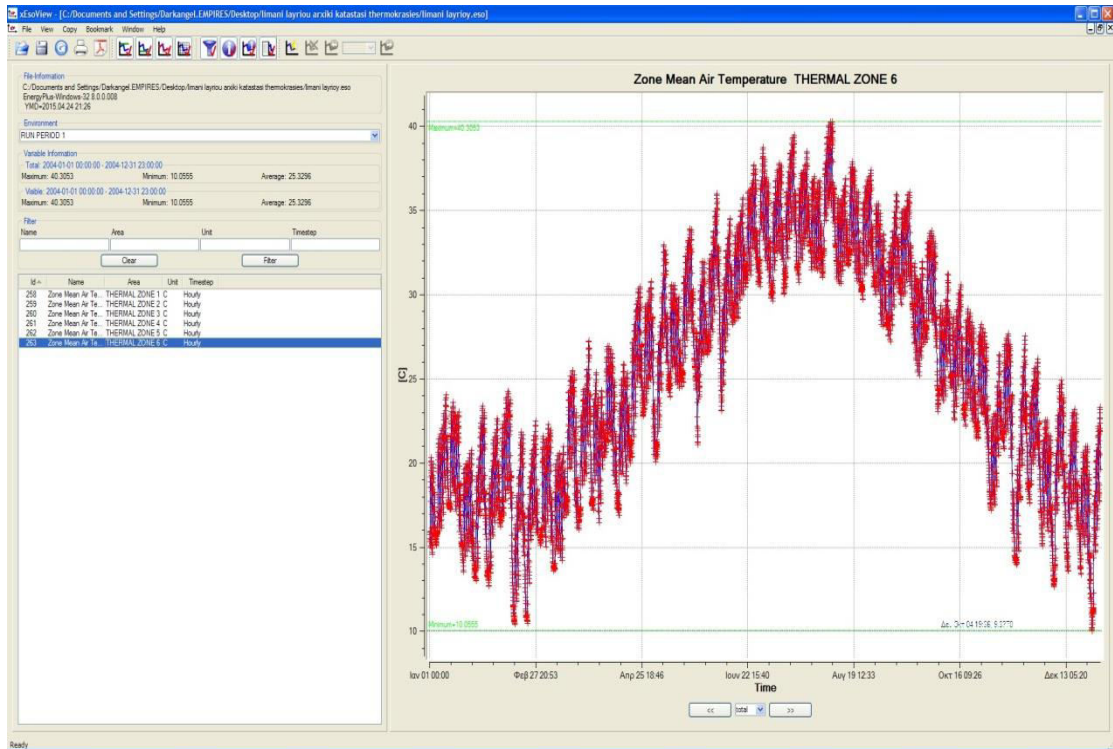
Εικόνα 5.24 Θερμοκρασίες Ζώνης 4 με την χρήση γεωθερμίας



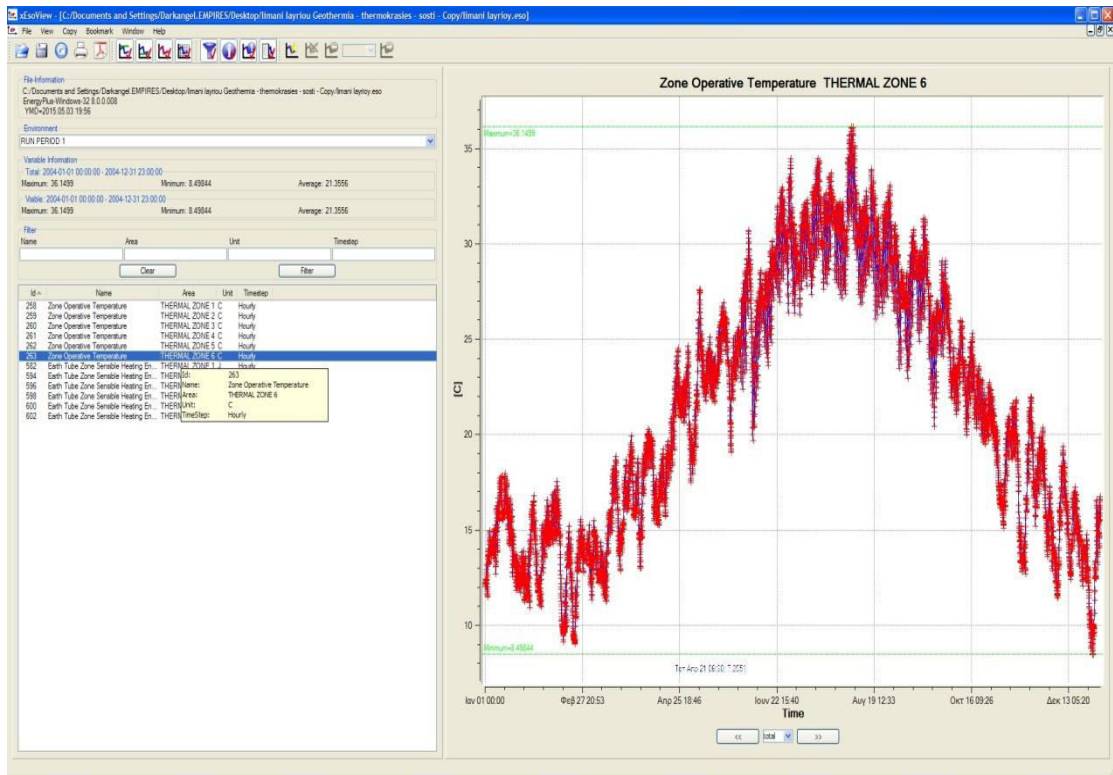
Εικόνα 5.25 θερμοκρασίες Ζώνης 5 πριν



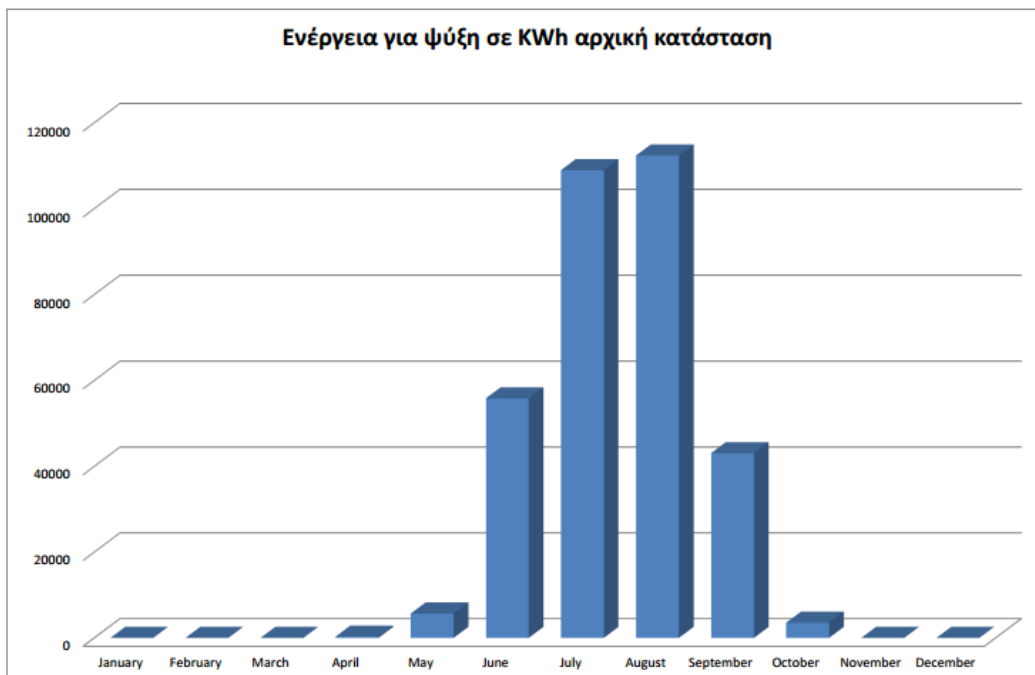
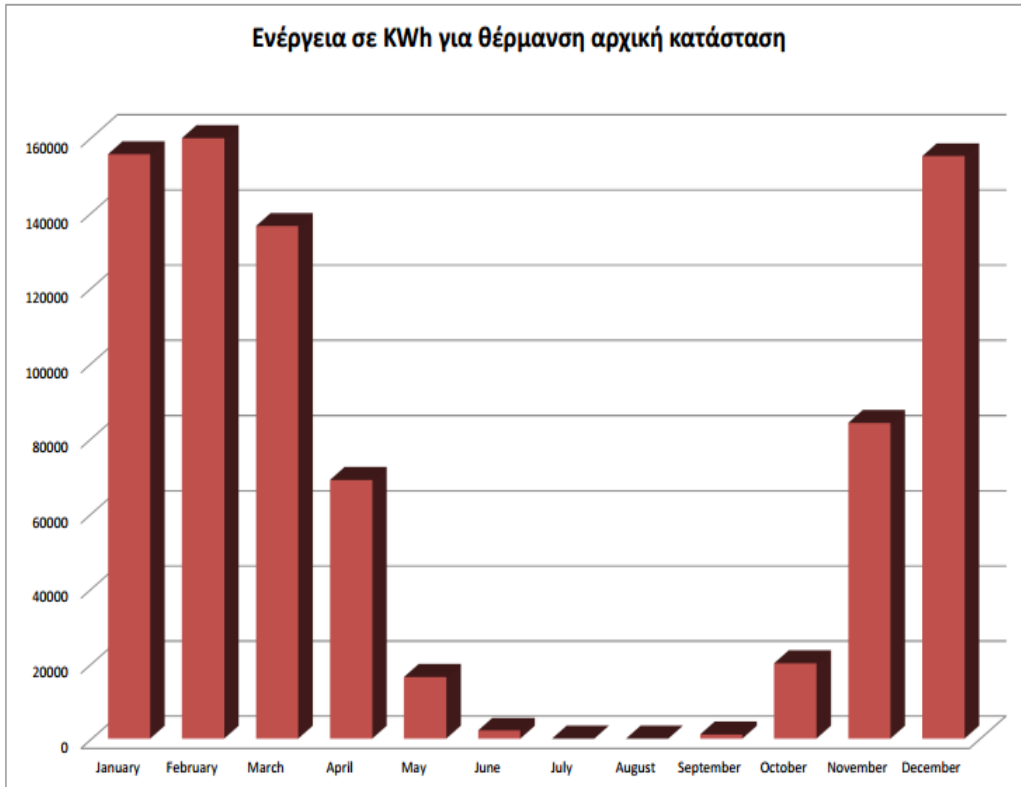
Εικόνα 5.26 θερμοκρασίες Ζώνης 5 με την χρήση γεωθερμίας

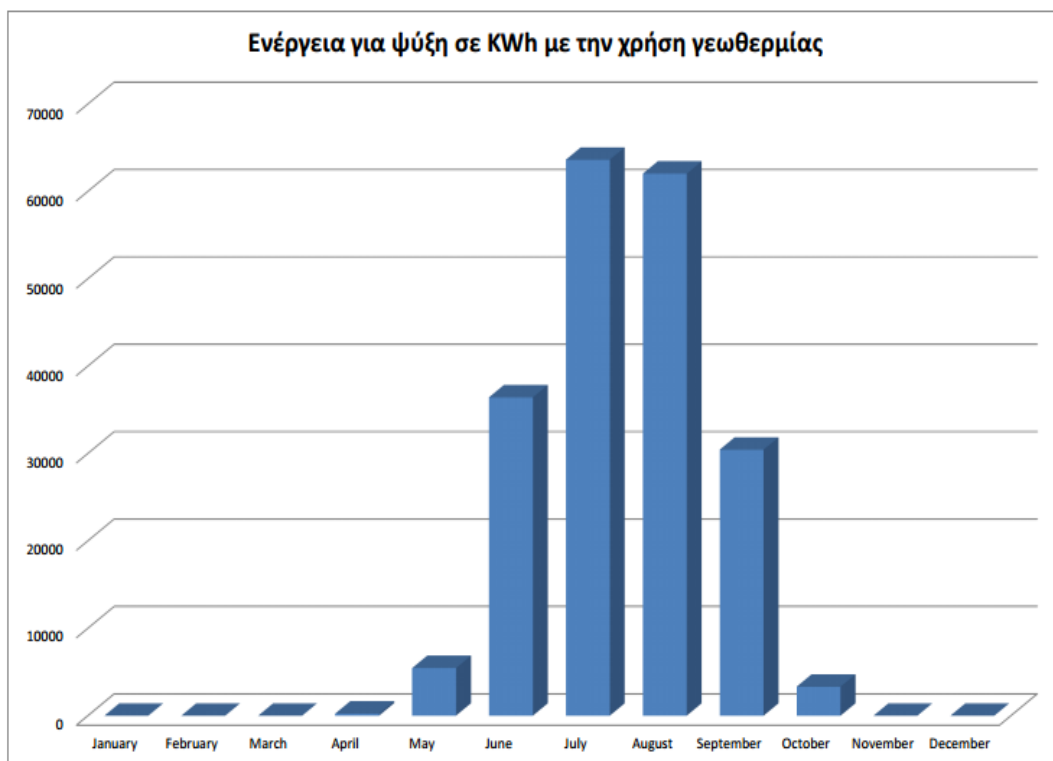
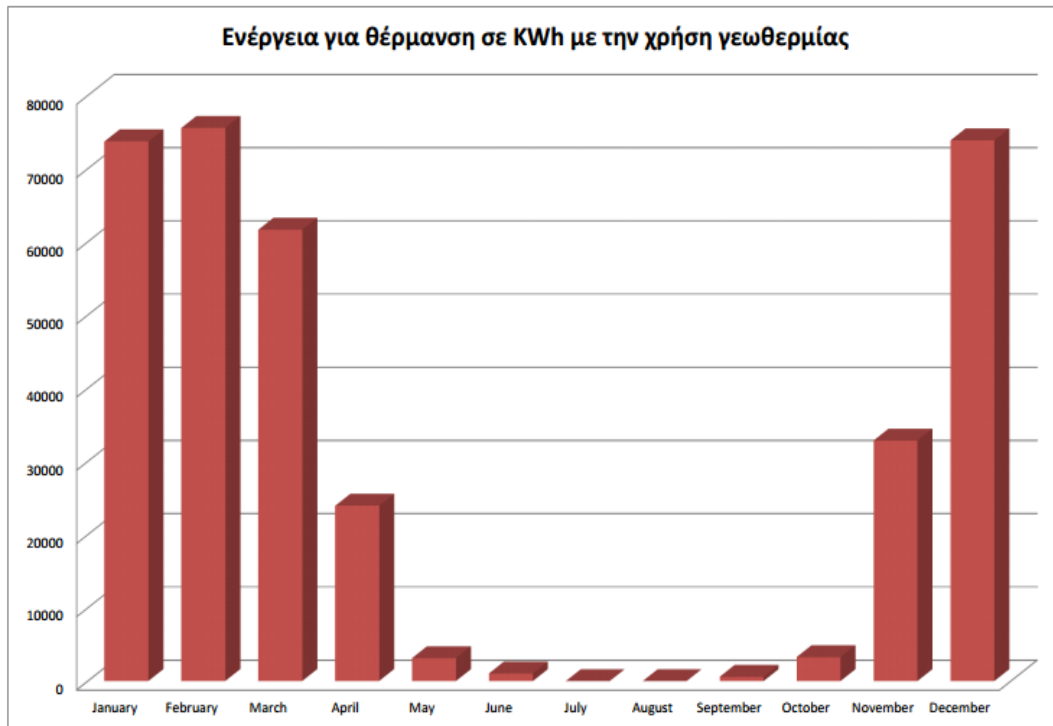


Εικόνα 5.27 θερμοκρασίες Ζώνης 6 πριν

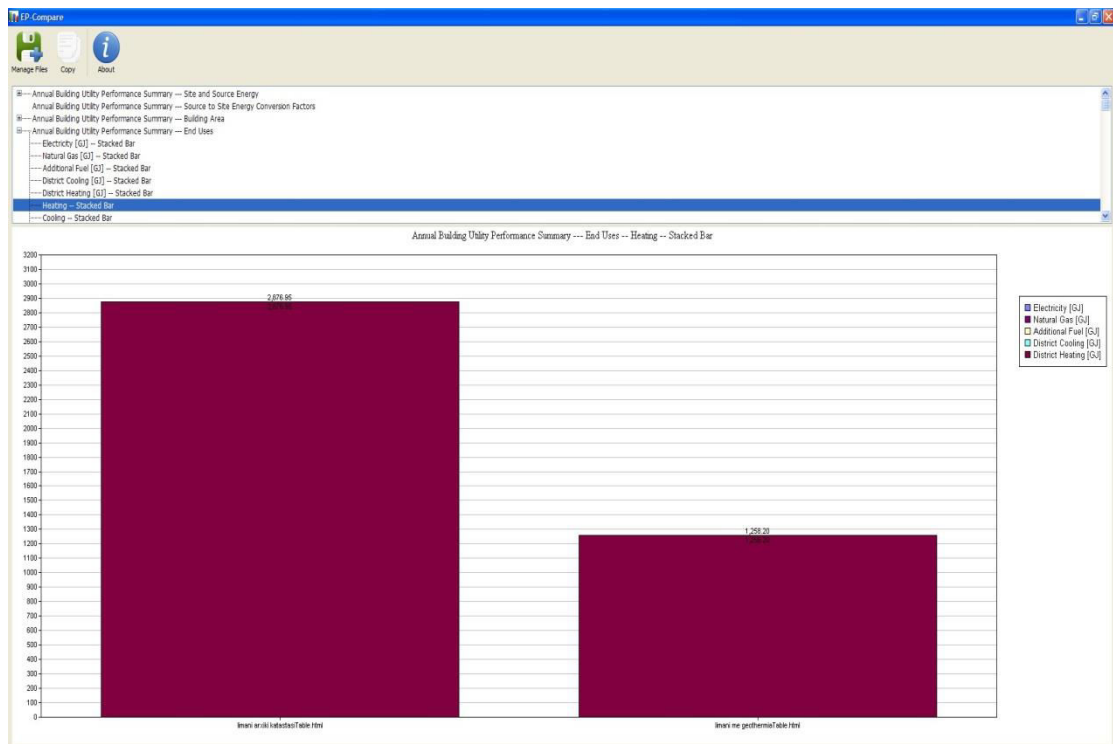


Εικόνα 5.28 θερμοκρασίες Ζώνης 6 με την χρήση γεωθερμίας

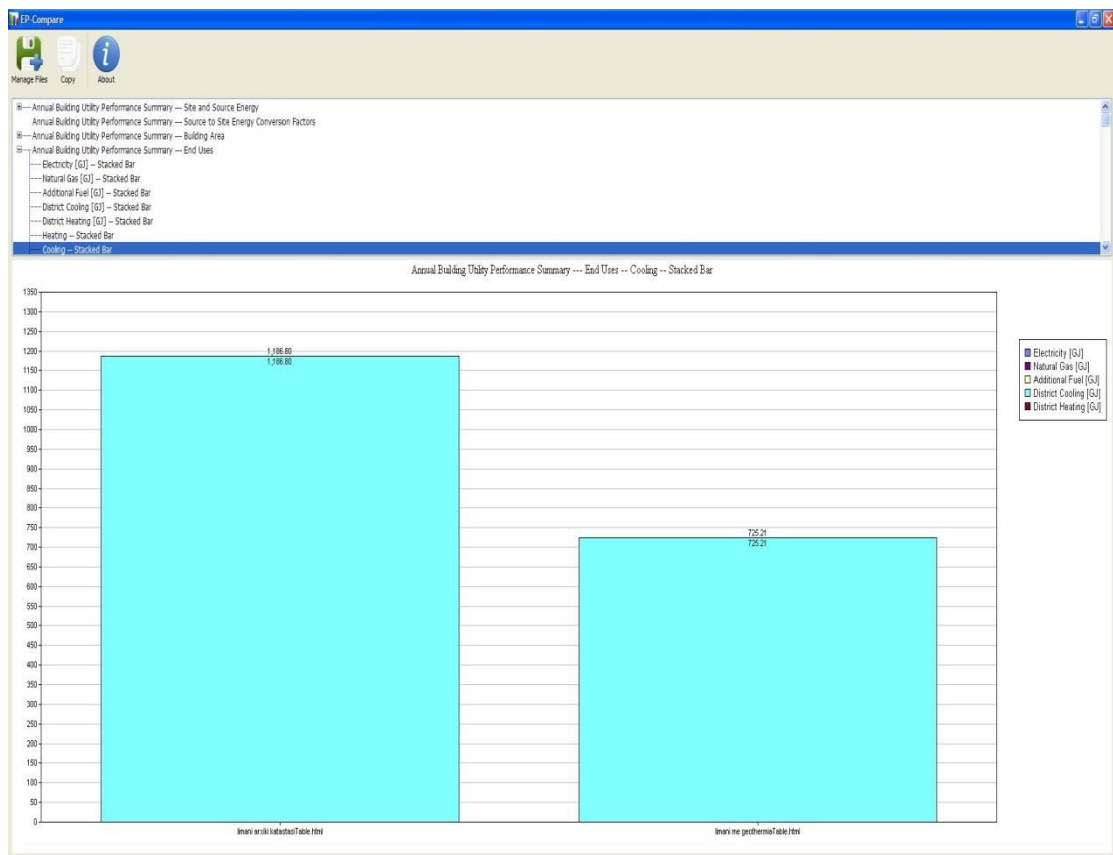




Συγκεντρωτικά οι διαφορές στην ψύξη μέσω του λογισμικού EP-Compare



Εικόνα 5.29 Οι ενέργειες που καταναλώθηκαν σε θέρμανση πριν και μετά (σε GJ)



Εικόνα 5.30 Οι ενέργειες που καταναλώθηκαν σε ψύξη πριν και μετά (σε GJ)

5.4 Συμπεράσματα

Αρχικά παρατηρήσαμε στα αποτελέσματα που εξήγαγε το πρόγραμμα, ότι σε όλες τις θερμικές ζώνες έχουμε μια μείωση της μέσης θερμοκρασίας των ζωνών, της τάξεως των 3 με 5 βαθμούς κελσίου. Αυτό συνέβη αμέσως μετά την εγκατάσταση των παραμέτρων (ρυθμίσεων) της γεωθερμίας. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν πριν την "ενεργοποίηση" των συστημάτων ψύξης/θέρμανσης των δύο καταστάσεων (πριν και μετά) είχαν το αναμενόμενο αποτέλεσμα, δεν είχαμε σχεδόν κάποια μεταβολή της θερμοκρασίας του κτιρίου.

Στους πίνακες των ενεργειών παρατηρήσαμε ότι συγκριτικά πριν και μετά την χρήση της γεωθερμίας είχαμε μια μεταβολή της τάξεως του 54% περίπου στην θέρμανση και του 39% περίπου στην ψύξη μεσοσταθμικά στην διάρκεια του έτους. Μεμονωμένα σε κάποιους μήνες παρατηρείται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι το συνολικό ετήσιο κέρδος που επιτυγχάνεται.

Για να πάρουμε τα συγκεκριμένα ενεργειακά αποτελέσματα, ορίσαμε ως θερμοκρασία θερμικής άνεσης το διάστημα 20 με 25 βαθμών κελσίου. Θέσαμε αυτό το διάστημα, διότι κάτω από τους 20 βαθμούς ο χρήστης το καλοκαίρι κρυώνει και δεν αισθάνεται καλά όπως και επίσης τον χειμώνα άνω των 25 βαθμών αισθάνεται δυσφορία.

Υπό αυτές τις συνθήκες έχουμε εξοικονομήσει 28.727€ ετησίως στην θέρμανση και 8.976€ στην ψύξη του κτιρίου (με τιμή μονάδος KWh 0.07€, διότι λόγω υψηλών καταναλώσεων το κτίριο κατατάσσεται στους πελάτες υψηλής ενέργειας), δηλαδή έχουμε περίπου συνολικό ετήσιο κέρδος 37.700€

Η τιμή εγκατάστασης του προτεινόμενου γεωθερμικού συστήματος ανέρχεται περίπου στις 120.000€ (προσεγγιστικά αναλογούν περίπου 40.000€ για φορτίο 120 Watt) και κρίνεται συμφέρουσα διότι με την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που πετυχαίνεται η επένδυση δύναται να αποσβεστεί σε 4 χρόνια.

6. Συμπεράσματα και πρόταση υλοποίησης

6.1 Συμπεράσματα προσομοίωσης

Αρχικά παρατηρήσαμε στα αποτελέσματα που εξήγαγε το πρόγραμμα, ότι σε όλες τις θερμικές ζώνες έχουμε μια μείωση της μέσης θερμοκρασίας των ζωνών, της τάξεως των 3 με 5 βαθμούς κελσίου. Αυτό συνέβη αμέσως μετά την εγκατάσταση των παραμέτρων (ρυθμίσεων) της γεωθερμίας. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν πριν την "ενεργοποίηση" των συστημάτων ψύξης/θέρμανσης των δύο καταστάσεων (πριν και μετά) είχαν το αναμενόμενο αποτέλεσμα, δεν είχαμε σχεδόν κάποια μεταβολή της θερμοκρασίας του κτιρίου.

Στους πίνακες των ενεργειών παρατηρήσαμε ότι συγκριτικά πριν και μετά την χρήση της γεωθερμίας είχαμε μια μεταβολή της τάξεως του 54% περίπου στην θέρμανση και του 39% περίπου στην ψύξη μεσοσταθμικά στην διάρκεια του έτους. Μεμονωμένα σε κάποιους μήνες παρατηρείται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι το συνολικό ετήσιο κέρδος που επιτυγχάνεται.

6.2 Πρόταση υλοποίησης

Για την επίτευξη αυτών των αποτελεσμάτων προτείνεται στην περίπτωση του κτιρίου επιβατών του λιμένα Λαυρίου η χρησιμοποίηση συστήματος ανοικτού κυκλώματος γεωθερμίας νερού-νερού και χρήση ομοαξονικών εναλλακτών Χαλκού/Νικελίου.

Οι ομοαξονικοί εναλλάκτες λόγω της υψηλής περιεκτικότητας άλατος στο θαλασσίνο νερό είναι προτιμότεροι ως μεγαλύτερης αντοχής στις διαβρώσεις. Επίσης, απαιτείται η χρήση ενός συστήματος HRP (Hotwater Recovery Package) το οποίο θα αξιοποιεί την περίσσεια θερμότητας από τον συμπιεστή ώστε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού, συνεισφέροντας επιπλέον στην εξοικονόμηση χρημάτων. Η Θέρμανση/ψύξη θα γίνεται μέσω της χρήσης Fan Coils στους χώρους των γραφείων, στους κοινόχρηστους χώρους με την χρήση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων και τέλος με την χρήση θερμαντικών σωμάτων στα δημόσια αποχωρητήρια.

Ενδεικτικά ο τρόπος υλοποίησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σκαρίφημα:



Εικόνα 6.1 Σκαρίφημα υλοποίησης πρότασης [77]

Όπου :

1. Το σημείο γεώτρησης
2. Η Γεωθερμική Αντλία θερμότητας από όπου περνάει το νερό
3. Το σημείο όπου το νερό διαχέεται στην θάλασσα

Αναλυτικά τα χρησιμοποιούμενα συστήματα:

6.2.1 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας H₂O - H₂O

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας νερού-νερού χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιπτώσεις κεντρικού κλιματισμού κατοικιών, ξενοδοχείων, κτιρίων γραφείων κ.α. Εφαρμόζονται όταν είναι επιθυμητή η θέρμανση ή ψύξη του χώρου, με διανομή θερμού ή ψυχρού νερού, μέσω ενδοδαπέδιας θέρμανσης, fan coil units ή σώματα χαμηλών θερμοκρασιών. Ο συντελεστής απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας νερού - νερού είναι υψηλότερος όταν η μονάδα συνδυαστεί με ενδοδαπέδια θέρμανση. Αυτό συμβαίνει λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας νερού-νερού είναι εκείνες, που κατά κανόνα, προτιμούνται στην Ελληνική αγορά. Οι μονάδες νερού-νερού μπορούν να συνδυαστούν με οποιοδήποτε γεωθερμικό σύστημα, είτε αυτό είναι ανοικτού/κλειστού είτε υβριδικού τύπου.[INT 5]



Εικόνα 6.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας H₂O - H₂O [78]

6.2.2 Ομοαξονικοί εναλλάκτες Χαλκού/Νικελίου

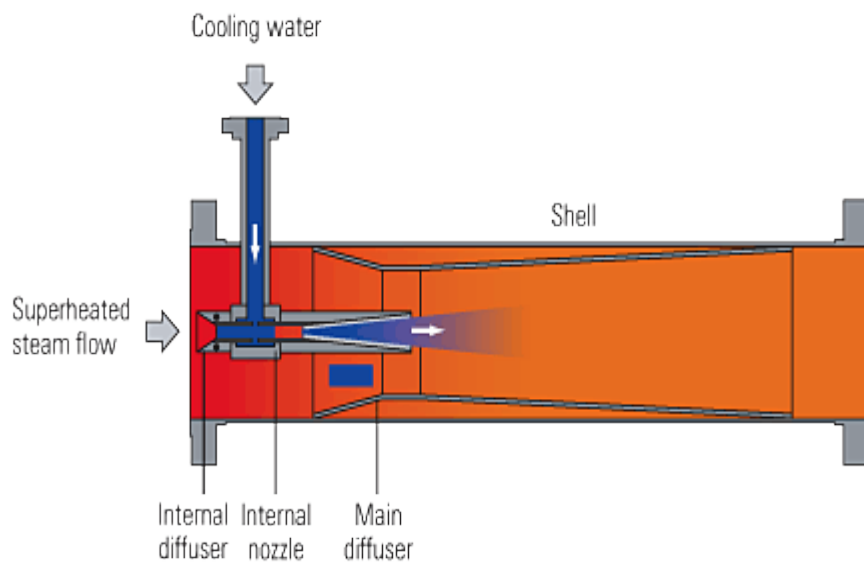
Οι εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου-νερού είναι στάνταρ στοιχεία σε όλες τις μονάδες. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής εναλλακτών χαλκού ή νικελίου/χαλκού. Ο τρόπος σχεδιασμού των βρόχων επιτρέπει την βέλτιστη μεταφορά θερμότητας, ενώ προσφέρει χαμηλή πτώση πίεσης. Ο μοναδικός σχεδιασμός για χαμηλή πτώση πίεσης μειώνει το ποσό της ισχύος άντλησης που απαιτείται για την επίτευξη βέλτιστης ροής, ώστε η μονάδα να είναι αποδοτική. Όλες οι γεωθερμικές μονάδες έχουν υποχρεωτικά έναν μονωμένο περιτυλιγμένο εναλλάκτη θερμότητας. Το τύλιγμα της μόνωσης προλαμβάνει την συμπύκνωση λόγω λειτουργίας σε χαμηλές θερμοκρασίες.[INT 5]



Εικόνα 6.3 Ομοαξονικοί εναλλάκτες Χαλκού/Νικελίου [79]

6.2.3 Desuperheater ή HRP

Ένας desuperheater ή HRP (Hotwater Recovery Package) είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο αξιοποιεί την περίσσεια θερμότητας από τον συμπιεστή και την χρησιμοποιεί για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το ζεστό νερό χρήσης παράγεται χρησιμοποιώντας έναν ομοαξονικό εναλλάκτη διπλού τοιχώματος. Το θερμό αέριο ρέει στον εξωτερικό σωλήνα ενώ το ζεστό νερό χρήσης ρέει στον εσωτερικό σωλήνα ο οποίος θερμαίνεται από το θερμό αέριο. Το HRP θερμαίνει το νερό με το αέριο από τον desuperheater το οποίο παράγεται από τον συμπιεστή καθώς πραγματοποιείται θέρμανση ή ψύξη του χώρου, με αποτέλεσμα την χρηματική εξοικονόμηση στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.[INT 5]



Εικόνα 6.4 desuperheater ή HRP (Hotwater Recovery Package) (1 Stage)[80]

6.3 Κόστος εγκατάστασης

Η τιμή εγκατάστασης του προτεινόμενου γεωθερμικού συστήματος ανέρχεται περίπου στις 120.000€ και κρίνεται συμφέρουσα διότι με την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που πετυχαίνεται η επένδυση δύναται να αποσβεστεί σε 4 χρόνια.

6.4 Επίλογος

Σήμερα λόγω του ενεργειακού προβλήματος και της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, στα πλαίσια εξοικονόμησης δαπανών του ελληνικού δημοσίου, κρίνεται αναγκαία η ενεργειακή αναβάθμιση κρατικών κτιρίων με συστήματα ΑΠΕ.

Η γεωθερμία αποτελεί μια οικονομική και αποτελεσματική λύση για την επίτευξη του παραπάνω ‘‘στόχου’’ για στροφή προς τις ΑΠΕ και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Βιβλιογραφία

1. Αθανάσιος Δ. Καρλής, Λέκτορας Πολυτεχνικής σχολής, Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης, "Το ενεργειακό πρόβλημα και οικολογικά οχήματα"
2. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας Γκαρδιακός, Χρήστος Π (2010)
3. Αρβανίτης Λ. (2006), «Γεωχημική μελέτη σε επιφανειακά ιζήματα του επιβατικού τμήματος του Λιμένα Πειραιώς», Πανεπιστήμιο Πάτρας, σελ.31-34.
4. Γεωθερμία και τυποποίηση / Μ. Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, Ρ. Δρακούλης
5. Εκμεταλλεύσιμη Ηλιογενής και Γηγενής Θερμότητα στο Αβαθές Υπέδαφος της Αττικής / Μ. Γρ. Βραχόπουλος, Ι. Παπαγεωργάκης (1998)
6. Ευθυμίουπουλος Η., Κτίριο και Περιβάλλον, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2005
7. Καραβασίλη Μ., Κτίρια για έναν Πράσινο Κόσμο, οικολογική δόμηση , βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, systems international ΑΕ, Αθήνα, 1999
8. Λάζαρη Ε., Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, Καπε, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002,
9. Μαλλιάρης, Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, - Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994
10. Μόνιμες ροές με ελεύθερη επιφάνεια Κωνσταντίνος Κατσιφαράκης εκδόσεις Χριστοδουλίδη 2009 ISBN 978-960-8183-77-3
11. Παπαγεωργάκης Ι. (1992) : "Θέρμανση – Ψύξη κτιρίων με αβαθή γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα"
12. Παρδάλη Α.(2001) «Το Λιμάνι του Πειραιά και η συμβολή του στην Οικονομική ανάπτυξη της πόλης κατά το 19ο και 20ο αιώνα». Στην έκδοση του Δήμου Πειραιά : Πειραιάς ιστορία και πολιτισμός.
13. Παρδάλη Α.,(1997) «Οικονομική και Πολιτική των λιμένων », Εκδόσεις Interbooks, Αθήνα
14. Τσιπήρας Κ. & Θ., Οικολογική Αρχιτεκτονική , Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, , Εκδόσεις Κέδρος, 2005
15. Τσόγκας Χ., (1993) «Υδραυλικά έργα»η, Ίδρυμα Ευγενίδου-1954, Αθήνα
16. Φυτίκας, Μ., Ανδρίτσος, Ν., (2004). Γεωθερμία. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 960-418019-3.
17. <http://www.diplomatikoperiskopio.com> "Το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα" Ι. Παλούμπης
18. Amerini G. (2010), "European Port Activity 2009 hit by the general economic crisis", Transport Statistics in Focus Eurostat, 65/2010,9-10.
19. D. Mendrinou, C. Karytsas, N. Kolios, N. Arvanitidis, and M. Fytikas, "Use of Geothermal Energy at the new building installations of the airport «Makedonia»", presented in the 1st International Conference Airports: Planning, Design and Operation, Thessaloniki, Greece, 11-12 June 2003
20. Derruau M., (2001) 'Ανθρωπογεωγραφία', Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα

21. Energy Research Group University College Dublin, Bioclimatic Architecture, The Demonstration Component of the Joule Thermie Programme, European Commission, Ireland, Published by: LIOR E.E.I.G., 1997
22. European Commission, 'EU Energy and Transport in figures, Statistical Pocketbook 2007/08'
23. Geothermal Energy: Utilization and Technology Barbier and Fanelli, 1977 Google Books Link
24. <http://www.energeia.gr> "Υψηλή ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας"
25. Kolios St, Anastopoulos D., Stylios C. (2011), "How will Greek ports become green ports", to Geo-Eco-Marina, 17/2011, p. 73-80.
26. What is Geothermal Energy? Mary H. Dickson and Mario Fanelli Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy (2004) (http://www.geothermal-energy.org/what_is_geothermal_energy.html)
27. What is geothermal energy? Mary H. Dickson and Mario Fanelli (1995)
28. White, D.E., 1973, Characteristics of geothermal resources, in Kruger, P. and Otte, C., Geothermal Energy: Resources, Production, Stimulation, Stanford Univ. Press

Πηγές Internet

INT 1 www.iea.org

INT 2 www.wikipedia.org

INT 3 www.athensguide.org

INT 4 www.oll.gr

INT 5 www.aidengineering.gr

Πηγές Εικόνων

- [1]http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/3016/skoutarism_plantedroof.pdf?sequence=3 (10-7-2015)
- [2]http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/3016/skoutarism_plantedroof.pdf?sequence=3 (10-7-2015)
- [3]http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/3016/skoutarism_plantedroof.pdf?sequence=3 (10-7-2015)
- [4] <http://leonidasbeis.gr/βιοκλιματικη-αρχιτεκτονικη/>
- [5] www.controlglobal.com (12-7-2015)
- [6] <http://thepaper.gr/wp-content/uploads/2013/10/fotovoltaika-parka-456x300.jpg> (12-7-2015)
- [7]<http://1.bp.blogspot.com/y5QbbpdBx8k/TVRH15nn1II/AAAAAAAAAPM/6jZaR4wfU1I/s1600/PA251097.JPG>(12-7-2015)
- [8] http://www.creteplus.gr/assets/pages/68e99-_1.jpg(2-7-2015)
- [9] <http://blog.moudaniwn.gr>(2-7-2015)
- [10]http://d32ogogqmya1dw8.cloudfront.net/images/integrate/teaching_materials/energy_sustain/student_materials/thrombe_wall.v2_456.jpg (10-7-2015)
- [11]http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/images/pathitika_iliaka_systemata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi_clip_image006.gif(10-7-2015)
- [12] <http://www.anelixi.org/wp-content/uploads/66%CE%B1%CE%B2a.jpg>
- [13] <http://www.anelixi.org/wp-content/uploads/68a.jpg> (10-7-2015)
- [14]http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/fysikos_drosismos_kaminada1.jpg (10-7-2015)
- [15] <http://www.anelixi.org/wp-content/uploads/53a.jpg> (10-7-2015)
- [16] <http://www.anelixi.org/wp-content/uploads/50a.jpg> (10-7-2015)
- [17]<https://sklantzithres.files.wordpress.com/2012/05/ce94ce9fcea7ce95ce99ce9fcea91ce94cea1ce91ce9dce99ce91cea3.jpg> (10-7-2015)
- [18]http://www.4green.gr/jpg/4green/390/NEWS/Ensomatomena_tx07_2012_10.jpg (10-7-2015)
- [19] <http://langexterior.com/images/lowe-inside-outside-full.jpg> (12-7-2015)
- [20] http://www.geowarn.ethz.ch/images/project/geological_history/Fig37_large.jpg
- [21]<http://www.brainykey.com/wp-content/uploads/2013/08/INTERNAL-STRUCTURE-OF-INDIA.jpg> (5-7-2015)
- [22]<http://s5.favim.com/orig/51/volcano-eruption-lava-magma-fireFavim.com561908.jpg> (5-7-2015)
- [23] <http://www.hellenica.de/Griechenland/Ort/NisyrosStefanosKrater.jpg> (5-7-2015)
- [24]<http://www.youmagazine.gr/wordpress/wpcontent/uploads/2014/04/01358906389163.jpg> (5-7-2015)
- [25] http://farm2.static.flickr.com/1372/792796173_fa33318da8_b.jpg (5-7-2015)
- [26]<http://cdn.tourisontheedge.com/wp-content/uploads/2010/08/beautiful-pamukkale.jpg> (5-7-2015)
- [27] <http://www.wyojones.com/smell1tb.jpg> (5-7-2015)
- [28]<http://www.oceanlight.com/stock-photo/old-faithful-geyser-erupting-yellowstone-national-park-wyoming-picture-26945-621282.jpg> (5-7-2015)
- [29] <http://www.geofhermal-energy.org> (5-7-2015)
- [Πινακας 1] <http://www.energy.kth.se/compedu/webcompedu/WebHelp/image30.jpg>
- [30] www.geothermal-energy.org (5-7-2015)
- [31] http://www.geo.auth.gr/763/ch4_files/p4.jpg(5-7-2015)
- [32] http://www.geo.auth.gr/763/ch4_files/p3.jpg(5-7-2015)
- [33] www.geothermal-energy.org(5-7-2015)

- [34] http://www.geosyndicate.com/image_b/watsgeotherm.jpg (5-7-2015)
- [35] <http://slideplayer.gr/slide/2872625/> (5-7-2015)
- [36] <http://heatpumpnew.net/heat-pump-reversing-valves/> (5-7-2015)
- [37] <http://slideplayer.gr/slide/2872625/> (5-7-2015)
- [38] http://www.gns.cri.nz/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/page-16/32454-1-eng-GB/page-16_reference.jpg (6-7-2015)
- [39] http://4.bp.blogspot.com/5bTiPBir9g0/URFyflhC_3I/AAAAAAAAAMI/GdSnY0L5IWQ/s1600/eikona+7.jpg (6-7-2015)
- [40] <http://3.bp.blogspot.com/JDqaefxYY2U/URFywIBpdfI/AAAAAAAAAMQ/X4vqRGJ8zUQ/s1600/eikona+8.jpg> (6-7-2015)
- [41] <http://3.bp.blogspot.com/SdUOu9gQhiE/URFzNxdMiTI/AAAAAAAAAMY/H486DnguR2g/s1600/eikona+9.jpg> (6-7-2015)
- [42] www.geothermal-energy.org (6-7-2015)
- [43] <http://www.artinaid.com/wp-content/uploads/2013/02/PlantaGeot%C3%83%C2%A9rmica.jpg> (6-7-2015)
- [44] http://images.slideplayer.gr/7/1972024/slides/slide_36.jpg (6-7-2015)
- [45] <http://bygreenenergy.com/wp-content/uploads/2014/11/bygreenenergy-heat-pupm-230x300.png> (6-7-2015)
- [46] http://images.slideplayer.gr/7/1972024/slides/slide_57.jpg (6-7-2015)
- [47] http://www.unionegeotermica.it/images/What_is_geothermal_en_html_3be3d4e7.jpg (6-7-2015)
- [48] http://www.unionegeotermica.it/images/What_is_geothermal_en_html_m681adc6c.jpg (6-7-2015)
- [49] http://images.slideplayer.gr/7/1972024/slides/slide_39.jpg (6-7-2015)
- [50] http://images.slideplayer.gr/7/1972024/slides/slide_40.jpg (6-7-2015)
- [51] http://geologia-e.igg.cnr.it/Geologia%20e%20Geotermia_file/Fig11.jpg (7-7-2015)
- [52] http://ag.arizona.edu/azaqua/aquaculture_images/tilapia/Aug05_01.jpg (7-7-2015)
- [53] <http://dias.library.tuc.gr/view/manf/22889> (7-7-2015)
- [54] http://images.slideplayer.gr/7/1972024/slides/slide_55.jpg (7-7-2015)
- [55] <https://naturehumanity.files.wordpress.com/2014/04/cebbcebfcf85cf84cf81ceacceb1ceb9ceb4ceb7cf88cebfcf8d-2.jpg> (7-7-2015)
- [56] http://www.home-heating-systems-and-solutions.com/images/closed_loop.jpg (7-7-2015)
- [57] <http://www.hotearthenergysystems.com/uploads/4/8/9/7/4897315/9100138.jpg?378> (7-7-2015)
- [58] <http://www.hotearthenergysystems.com/uploads/4/8/9/7/4897315/9100138.jpg?378> (7-7-2015)
- [59] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20\(%CC%DC%E9%EF%F2%202012\)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20(%CC%DC%E9%EF%F2%202012)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf) (7-7-2015)
- [60] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20\(%CC%DC%E9%EF%F2%202012\)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20(%CC%DC%E9%EF%F2%202012)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf) (7-7-2015)
- [61] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20\(%CC%DC%E9%EF%F2%202012\)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/%D3%C5%CC%C9%CD%C1%D1%C9%C1%20%CC%C9%CA%D1%C7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20(%CC%DC%E9%EF%F2%202012)%20%D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20%D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf) (7-7-2015)

[7%D3%20%C4%C9%C1%D1%CA%C5%C9%C1%D3%20\(%CC%DC%E9%EF%F2%202012\)%20D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf](http://www.d3c4c9c1d1ca%20(%CC%DC%E9%EF%F2%202012)%20D3%FD%E3%F7%F1%EF%ED%E5%F2%20D4%E5%F7%ED%EF%EB%EF%E3%DF%E5/Tab1/%CC%F0%EF%F5%F3%E3%EF%EB%DF%F4%E7%F2_HP.pdf.pdf) (7-7-2015)

[62] www.egec.org (7-7-2015)

[63] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[64] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[65] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[66] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[67] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[68] <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/5160/1/Ipsilanti.pdf> (7-7-2015)

[69] http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSDIME100/692/4595,20815/images/imgC4_4.jpg (8-7-2015)

[70] http://www.oll.gr/images/stories/istorikes_photografies/IMG_6911_800x600.jpg (8-7-2015)

[71] http://www.oll.gr/images/stories/istorikes_photografies/IMG_6943_800x600.jpg (8-7-2015)

[72] http://www.oll.gr/images/stories/istorikes_photografies/IMG_6912_800x600.jpg (8-7-2015)

[73] [http://content-mcdn.feed.gr/filesystem/images/20140130/engine/pegasus_LARGE t_160_14204935_type1263_3.jpg](http://content-mcdn.feed.gr/filesystem/images/20140130/engine/pegasus_LARGE_t_160_14204935_type1263_3.jpg) (8-7-2015)

[74] <http://me-con.gr/γεωθερμία> (8-7-2015)

[75] <http://me-con.gr/γεωθερμία> (8-7-2015)

[76] <http://me-con.gr/γεωθερμία> (8-7-2015)

[77] google Earth (11-7-2015)

[78] <http://www.aidengineering.gr/gr/Products.aspx> (11-7-2015)

[79] <http://www.smartclima.com/wp-content/uploads/2013/09/Coaxial-condenser2.jpg> (11-7-2015)

[80] http://www2.spiraxsarco.com/images/resources/steam-engineering-tutorials/15/3/Fig_15_3_1.gif (11-7-2015)

Παράρτημα Α

Κοινοτικό νομικό πλαίσιο

Οδηγία 89/106/ΕΟΚ της 21ης Δεκεμβρίου 1988: ορίζει να γίνονται οι δομικές κατασκευές και οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού κατά τρόπο ώστε η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρησιμοποίηση του έργου να είναι χαμηλή, ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα του τόπου αλλά και τους χρήστες.

Οδηγία 93/76/ΕΟΚ της 13ης Δεκεμβρίου 1993 : ορίζει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα και να υποβάλουν σχετικές εκθέσεις για την ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα. 30 Μαΐου 2000 και 5 Δεκεμβρίου 2000 : εγκρίνεται πρόγραμμα δράσης της Κοινότητας για την ενεργειακή απόδοση και ζητείται λήψη ειδικών μέτρων στον τομέα των κτιρίων.

Οδηγία 2002/91/ΕΚ της 16ης Δεκεμβρίου 2002 : Στο άρθρο 1 αναφέρεται ο στόχος της οδηγίας, ο οποίος είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Κοινότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους. Επίσης, επισημαίνεται το δυναμικό εξοικονόμησης σε σχέση με τον σχεδιασμό και τον προσανατολισμό του κτιρίου.

Η πρόταση καλύπτει τέσσερα βασικά στοιχεία:

- 1) Καθιέρωση γενικού πλαισίου κοινής μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- 2) Εφαρμογή προτύπων ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και ορισμένα υφιστάμενα κτίρια κατά την ανακαίνισή τους.
- 3) Προγράμματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια βάσει των ανωτέρω προτύπων και δημόσια επίδειξη των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.
- 4) Ειδική επιθεώρηση και αξιολόγηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης.

Παρακάτω, παρατίθεται το γενικό πλαίσιο που προβλέπεται από την παρούσα οδηγία και αφορά τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Γενικό πλαίσιο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

1) Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων πρέπει τουλάχιστον να περιλαμβάνει τους ακόλουθους παράγοντες:

- θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου
- εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσία θερμού νερού
- εγκατάσταση κλιματισμού
- αερισμό
- ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού
- θέση και προσανατολισμό των κτιρίων
- παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία

- φυσικό αερισμό
- εσωτερικές κλιματικές συνθήκες, στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.

2) Στον υπολογισμό αυτόν θα συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων παραγόντων:

- ενεργά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρικά συστήματα βασιζόμενα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη με ΣΠΗΘ
- συστήματα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης
- φυσικός φωτισμός

3) Για το σκοπό αυτού του υπολογισμού, τα κτίρια θα κατατάσσονται σε κατηγορίες, όπως:

- οικογενειακές κατοικίες διαφόρων τύπων
- συγκροτήματα διαμερισμάτων
- γραφεία
- εκπαιδευτικά κτίρια
- νοσοκομεία
- ξενοδοχεία και εστιατόρια
- αθλητικές εγκαταστάσεις
- κτίρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου
- άλλα είδη κτιρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

Πράσινη βίβλος 2005 : εκτιμά ότι η εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας 2002/91 θα αποδώσει κέρδος 40 Μταπ μέχρι το 2020. Ακόμη αναφέρει ότι, καθώς το 1/3 της ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα αντιστοιχεί στο φωτισμό, η Κοινότητα πρέπει να προωθήσει τη χρήση πιο μοντέρνου, ενεργειακά οικονομικού και «έξυπνου» φωτισμού.

Πράσινη βίβλος 2006 : προτείνει μακροχρόνιες στοχοθετημένες εκστρατείες για την ενεργειακή απόδοση, συμπεριλαμβανομένης της απόδοσης στα κτίρια, ιδίως στα δημόσια.

Οδηγία 2006/32/EK : στο άρθρο 1 αναφέρεται ότι σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι να ενισχυθεί η οικονομικώς αποτελεσματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση στα κράτη μέλη.

Σύμφωνα με την παρούσα οδηγία, τα κράτη μέλη θεσπίζουν και προσπαθούν να επιτύχουν εθνικό ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας 9 % για το ένατο έτος εφαρμογής της, με τη βοήθεια ενεργειακών υπηρεσιών και άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Λευκή βίβλος 2006 : αναφέρει ότι η κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα και τον τομέα των υπηρεσιών μπορεί να μειωθεί σημαντικά αν ληφθούν μέτρα ορθολογικής χρήσης της ενέργειας τόσο για το κέλυφος των κτιρίων, όσο και για το φωτισμό, τη θέρμανση, τον αερισμό και την ψύξη, χρησιμοποιώντας επίσης τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Συγκεκριμένα η μείωση υπολογίζεται ότι μπορεί να φτάσει το 50% στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το 2010 και προτείνονται ειδικότερα μέτρα για εισαγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στα κτίρια :

- χρήση ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό
- εγκατάσταση παραθύρων και σκιάστρων υψηλής αποδοτικότητας
- χρήση φυσικού αερισμού
- προώθηση οικολογικών δομικών υλικών

Σχέδιο δράσης 2007-2012 : προτείνεται σχέδιο δράσης με σκοπό να αξιοποιηθεί το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Στο σχέδιο απαριθμείται σειρά μέτρων που συμφέρουν οικονομικά και προτείνονται κατά προτεραιότητα δράσεις προς άμεση ανάληψη, και άλλες προς σταδιακή δρομολόγηση στη διάρκεια των έξι ετών εφαρμογής του σχεδίου. Θα απαιτηθούν περαιτέρω δράσεις ώστε να αξιοποιηθεί το πλήρες δυναμικό μέχρι το 2020.

Μεταξύ άλλων ορίζεται η "παθητική κατοικία": συνήθως σπίτι χωρίς παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης και χωρίς ενεργητική ψύξη. Αυτό μπορεί να σημαίνει πολύ καλά επίπεδα μόνωσης και ένα σύστημα μηχανικού αερισμού με πολύ υψηλής απόδοσης ανάκτηση θερμότητας. Ως πρώτη προτεραιότητα ορίζεται η ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα [11,12].

Εθνικό νομικό πλαίσιο

ΦΕΚ 320Δ/1979 - Κανονισμός θερμομόνωσης : εγκρίθηκε το 1979 και σύμφωνα με αυτόν η χώρα χωρίζεται σε 3 κλιματικές ζώνες : Α, Β, Γ . Η ζώνη Γ είναι αυτή με τις μεγαλύτερες θερμομονωτικές απαιτήσεις. Κριτήρια για το διαχωρισμό αυτό ήταν η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα και η μέση διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

Βάσει του κανονισμού καθορίζονται :

- οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες πόλεων-περιοχών.
- οι συνιστώμενες επιθυμητές θερμοκρασίες των χώρων διαμονής και εργασίας.
- οι θερμοκρασίες για τους μη θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου και για τυχόν γειτονικά κτίσματα.

Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης ορίζει :

- Ανώτατο όριο για το συντελεστή θερμοπερατότητας K_{max} για κάθε δομικό στοιχείο του κελύφους του κτιρίου
- Μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας K_m των εξωτερικών τοιχωμάτων (τοιχών και ανοιγμάτων) του κάθε ορόφου του κτιρίου. ($K_m (W,F) = 1,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } \text{oC}$)
- Μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας K_m ολόκληρου του κτιρίου, ο οποίος αναφέρεται σε όλο το κέλυφος του κτιρίου, που το διαχωρίζει από το περιβάλλον ή από μη θερμαινόμενους χώρους και είναι συνάρτηση της ζώνης που ανήκει το κτίριο και του λόγου F/V (όπου: F , η εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου μέσω της οποίας γίνεται η συναλλαγή θερμότητας και V , ο όγκος που περικλείει η επιφάνεια F).

ΦΕΚ 4/Α του 1985 , ν.1512/85 : περιλαμβάνει διατάξεις που αφορούν «κίνητρα για εξοικονόμηση ενέργειας»

ΦΕΚ 210/Α/18-12-1985 , ν.1577/85 : Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός

ΦΕΚ 59/Β του 1989 : Κτιριοδομικός Κανονισμός : Σύμφωνα με το άρθρο 11 του Κτιριοδομικού Κανονισμού, όλοι οι χώροι κύριας χρήσης των κτιρίων και δομικών έργων πρέπει να έχουν επαρκή φυσικό φωτισμό και αερισμό, άμεσο ή έμμεσο. Ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου οι ανάγκες θα καλύπτονται στο απαιτούμενο ποσοστό από φυσικό φωτισμό και αερισμό. Ιδιαίτερα άμεσο φωτισμό και αερισμό πρέπει να έχουν οι χώροι άθλησης, οι θάλαμοι νοσηλείας ή περίθαλψης, τα μαγειρεία, τα αναγνωστήρια βιβλιοθηκών, τα εργαστήρια, τα εστιατόρια κ.α.

ΦΕΚ 880/Β της 19ης Αυγούστου 1998 - εμπεριέχεται ο Κανονισμός για την Ορθολογική Χρήση και Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ): εκδίδεται με σκοπό την ενσωμάτωση στο εθνικό δίκαιο της κοινοτικής οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του 1993. Στο άρθρο 4 του ΦΕΚ θεσπίζεται ο Κανονισμός για την Ορθολογική Χρήση και Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) :

Ο ΚΟΧΕΕ αντικαθιστά τον ισχύοντα κανονισμό θερμομόνωσης και έχει εφαρμογή σε όλα τα νεοανεγερμένα κτίρια για την μελέτη και κατασκευή τους, καθώς και σε υφιστάμενα κτίρια για τη μελέτη των αναγκαίων επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης. Επιβάλλει την ενεργειακή μελέτη και ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων για την πιστοποίηση του πραγματοποιούμενου βαθμού ενεργειακής απόδοσης και την κατάταξη τους στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία (βαθμονόμηση). Τα στοιχεία της ενεργειακής μελέτης και της επιθεώρησης αναγράφονται στο ειδικό έντυπο (ΔΕΤΑ), το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της οικοδομικής άδειας του κτιρίου και είναι απαραίτητο σε όλες τις δικαιοπραξίες που καταρτίζονται για το ακίνητο.

Στόχοι του ΚΟΧΕΕ είναι :

- Η εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας για την θέρμανση, την ψύξη, τον αερισμό, τον φωτισμό και το ζεστό νερό χρήσης, με συγκεκριμένους κανόνες και διατάξεις που περιορίζουν τις ενεργειακές ανάγκες.
- Η υποκατάσταση της συμβατικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη μέρους ή του συνόλου των αναγκών σε ενέργεια στα κτίρια σε συνδυασμό με εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού.
- Η εξασφάλιση υγιεινής και άνετης διαβίωσης των ενοίκων του κτιρίου με τη διατήρηση των επιπέδων θερμικής και οπτικής άνεσης, καθώς και της καλής ποιότητας του εσωτερικού αέρα.
- Η οικονομία στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας (αποδοτικής) των εγκαταστάσεων θέρμανσης - κλιματισμού.

Τα περιεχόμενα του ΚΟΧΕΕ είναι:

- Οι όροι και προϋποθέσεις για τον βέλτιστο σχεδιασμό των κτιρίων και τη θερμική τους προστασία και ο καθορισμός των ορίων θερμικής άνεσης.
- Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας .
- Κλιματικές ζώνες για όλη τη χώρα.
- Παράμετροι θερμικών απωλειών του κτιρίου, απαιτήσεις σε θερμομόνωση του κελύφους, μέγιστοι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμοπερατότητας.
- Παράμετροι θερμικών συνεισφορών στα κτίρια .
- Παράμετροι για τη φυσική ψύξη του κτιρίου.
- Χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής .
- Υπολογισμοί ενεργειακών αναγκών του κτιρίου και τρόπος εκπόνησης μελετών, όπως ενεργειακή μελέτη για την εκτίμηση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης.

- Παράμετροι και κριτήρια για την εκπόνηση μελέτης βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου ως συμπληρώματος της αρχιτεκτονικής μελέτης του κτιρίου και στοιχείου της ενεργειακής μελέτης αυτού.
- Παράμετροι για τη συμπλήρωση της μελέτης Η/Μ εγκαταστάσεων με τη μελέτη εγκατάστασης και ένταξης ΕΗΣ ή / και Φ/Β, εφόσον προβλέπονται, ως στοιχεία της ενεργειακής μελέτης του κτιρίου.
- Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων μελέτης φωτισμού - φυσικού και τεχνητού - με βάση τη χρήση του κτιρίου.
- Ειδικό έντυπο ΔΕΤΑ, όπου αναγράφονται τα αποτελέσματα όλων των υπολογισμών των σχετικών μελετών και όπου καταγράφεται ο σχεδιαζόμενος βαθμός ενεργειακής απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου.
- Τρόποι διενέργειας περιοδικών ενεργειακών επιθεωρήσεων.
- Σύστημα και διαδικασία ενεργειακής πιστοποίησης και βαθμονόμησης κτιρίων.
- Έντυπο - πιστοποιητικό που συμπληρώνεται κατά τις περιοδικές ενεργειακές επιθεωρήσεις.

ΦΕΚ 89/Α της 19ης Μαΐου 2008 : με τις διατάξεις του νόμου 3661, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων».

Συγκεκριμένα :

- εγκρίνεται Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που ορίζονται στον Κανονισμό.
- στα υφιστάμενα κτίρια συνολικής επιφάνειας άνω των 1.000 m², που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, η ενεργειακή απόδοσή τους αναβαθμίζεται, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό, ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, όπως αυτές καθορίζονται στον Κανονισμό.
- με την ολοκλήρωση της κατασκευής νέου κτιρίου ή την ριζική ανακαίνιση υφιστάμενου κτιρίου, ο ιδιοκτήτης υποχρεούται να ζητήσει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, το οποίο εκδίδεται από διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές και ισχύει, κατά ανώτατο όριο, για δέκα (10) έτη.
- ορίζεται ενεργειακή επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων κλιματισμού με σκοπό τη μείωση των εκπομπών CO₂.

ΦΕΚ 140/Α της 13ης Ιουνίου 2000 : τροποποιεί τον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό

Σχέδιο Δράσης «Ενέργεια 2001» : εκπονήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ αρχές 1996 σε συνεργασία με το ΚΑΠΕ και εκπροσώπους Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της χώρας, ερευνητικών κέντρων, Κλαδικών Συλλόγων αρμόδιων Οργανισμών, κ.ά. και από ομάδες εξειδικευμένων επιστημόνων. Με βάση αυτό το σχέδιο :

- Αναμορφώνεται και συμπληρώνεται ο ισχύον Κανονισμός Θερμομόνωσης με τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) για την εισαγωγή περιβαλλοντικών και ενεργειακών δεικτών, προτύπων και προδιαγραφών για τον σχεδιασμό και τη κατασκευή νέων κτιρίων, καθώς και νέων διαδικασιών και μεθόδων ελέγχου, όπως είναι η διενέργεια ενεργειακής

πιστοποίησης της ενεργειακής ταυτότητας των κτιρίων (του βαθμού ενεργειακής απόδοσης) και η κατάταξή τους στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία .

- Η ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου θα αναγράφεται σε σχετικό δελτίο.
- Θεσπίζεται η εκπόνηση ενεργειακής μελέτης.
- Σε όλα τα υφιστάμενα κτίρια του ευρύτερου δημόσιου τομέα εφαρμόζονται υποχρεωτικά επεμβάσεις ενεργειακής απόδοσης μέσω της χρηματοδότησης εκ μέρους τρίτων.
- Θεσπίζονται υποχρεωτικοί ενεργειακοί έλεγχοι και επιθεωρήσεις για την ενεργειακή πιστοποίηση και βαθμονόμηση των κτιρίων, αλλά και των πολύ ενεργοβόρων επιχειρήσεων, κανονισμοί εγκατάστασης ενεργειακού εξοπλισμού και προδιαγραφές ενεργειακής κατανάλωσης.
- Καθορίζονται διαδικασίες και κανονισμοί ενεργειακής πιστοποίησης και πιστοποίησης ποιότητας.
- Προβλέπεται η εφαρμογή του ισχύοντος κανονισμού κατανομής δαπανών θέρμανσης.
- Προβλέπονται θεσμικά, οικονομικά και διοικητικά κίνητρα για την εφαρμογή επεμβάσεων ενεργειακής απόδοσης σε υφιστάμενα κτίρια.

Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Με τον Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων,
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων,
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης),
- Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης και θα εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία αναφέρεται:

- στην απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στο σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και
- στη σύγκρισή του με κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς νοείται κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο που πληροί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ισχύει για δέκα χρόνια και αφορά σε όλα τα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50 τ.μ., νέα ή υφιστάμενα που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, τα υφιστάμενα κτίρια επιφάνειας άνω των 50 τ.μ. ή τμήματα αυτών όταν πωλούνται ή εκμισθώνονται, καθώς και σε όλα τα κτίρια του δημόσιου & ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η

απαίτηση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης στην περίπτωση αγοροπωλησίας και ενοικίασης τίθεται σε εφαρμογή από 9 Ιανουαρίου 2011.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Η έκδοση του πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική. Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της, αλλά και της εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων. Ο ιδιώτης Ενεργειακός Επιθεωρητής, που θα ενταχθεί σε Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών του ΥΠΕΚΑ, επιθεωρεί το κτίριο και το κατατάσσει σε ενεργειακή κατηγορία, βάσει του λόγου της κατανάλωσης του κτιρίου προς την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Ο έλεγχος για την ορθή εφαρμογή του θεσμικού πλαισίου θα γίνεται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, που συγκροτείται στην Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης & Ενέργειας του ΥΠΕΚΑ και στελεχώνεται με υπαλλήλους του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα.

Τα οφέλη από τον Κ.Εν.Α.Κ. είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη αφορούν κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων, αλλά και στην αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Παράρτημα Β

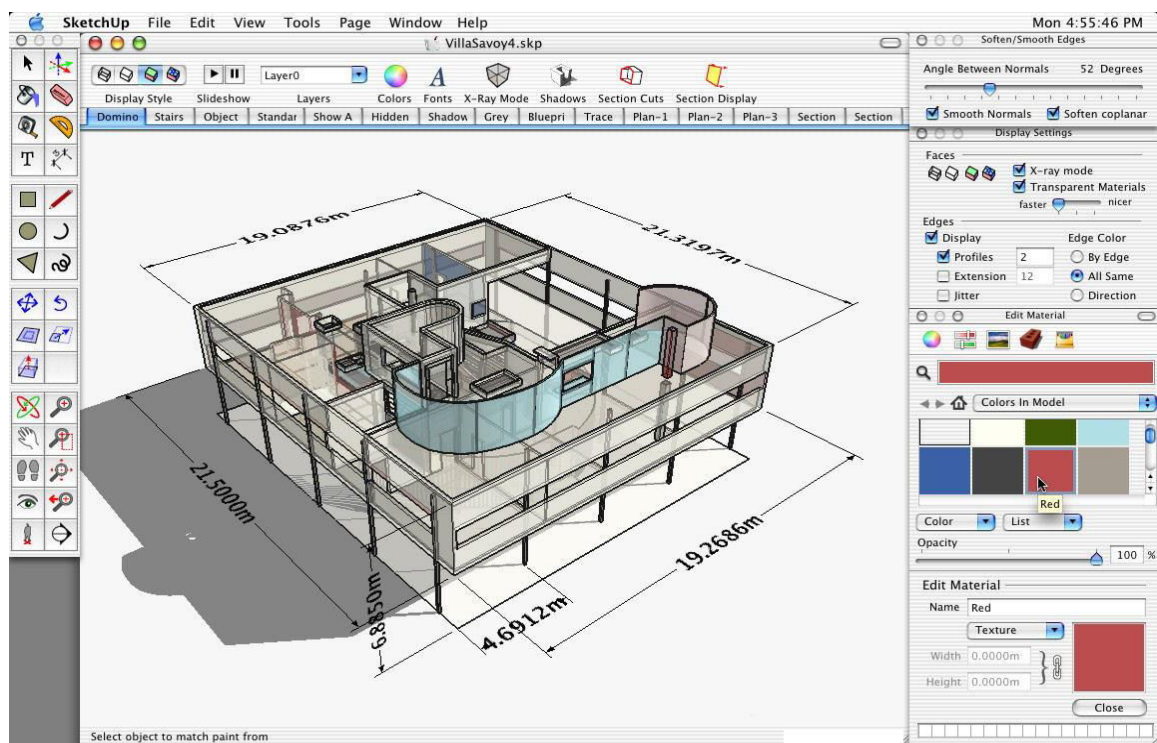
Google Sketchup

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση του λιμένα είναι το Google Sketchup. Η Google είναι μια εταιρεία που αρέσκεται στις προκλήσεις και αυτό φαίνεται ακόμη και στον τρόπο που κάνει την τέχνη του 3D προσβάσιμη ακόμη και στον πιο άπειρο δημιουργό μέσω του λογισμικού σχεδίασης της το Google SketchUp.



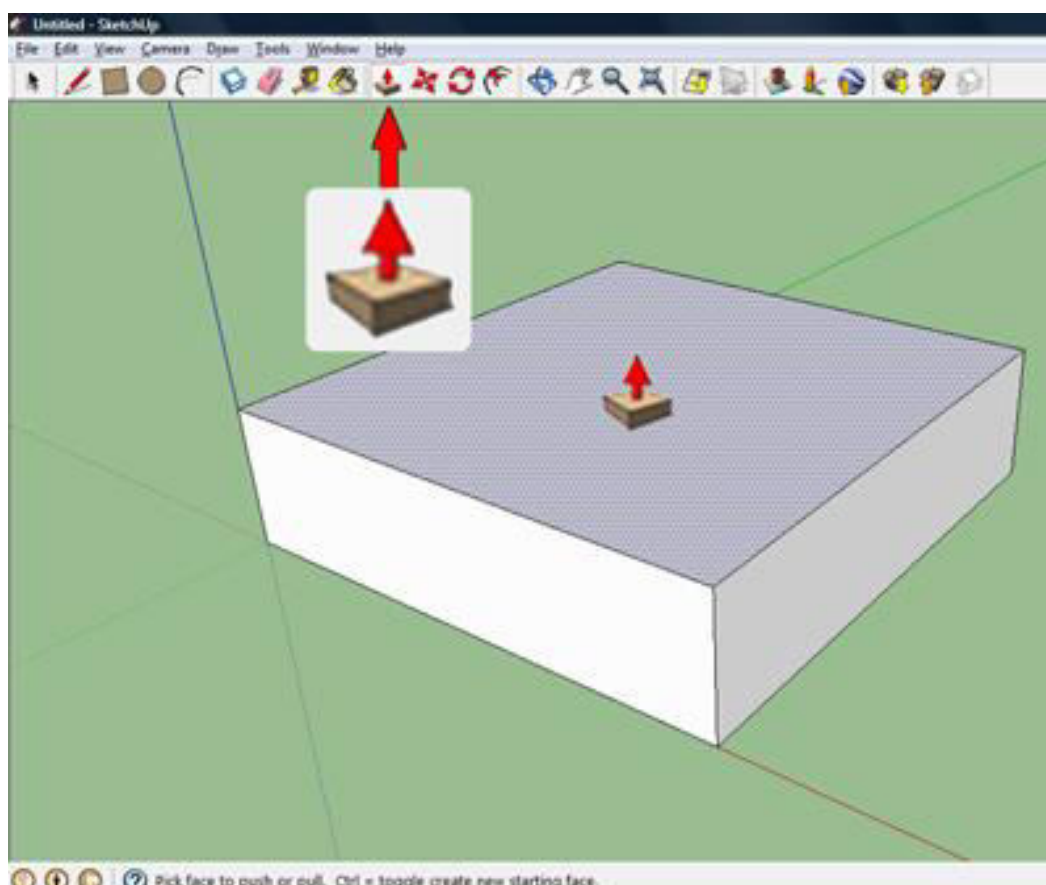
Εικόνα 1 Λογότυπο λογισμικού Sketchup

Το Google SketchUp αντιτίθεται στην μόδα των ακριβών προγραμμάτων δημιουργίας 3D μοντέλων, όπως το 3DSMax και το Cinema4D και παρουσιάζει μία δωρεάν, εύκολη στη χρήση εναλλακτική με την οποία μπορούμε ακόμα και να ανεβάσουμε τις δημιουργίες μας στο Google Earth για πιο εύκολη πρόσβαση και από άλλους χρήστες. Η τελευταία έκδοση ενσωματώνει μέχρι τους Χάρτες Google ώστε η γεωγραφική επισήμανση των μοντέλων μας να είναι πιο εύκολη από ποτέ.



Εικόνα 2 Σχεδιασμός κατοικίας στο Sketchup

Υπάρχει μία “συνειδητή” έλλειψη τεχνικών όρων στο Google SketchUp και άγνωστοι στους αρχάριους όροι, όπως για παράδειγμα το εργαλείο Εξώθησης (Extrude) μετονομάστηκε στο πιο προφανές «Σπρώξιμο/Τράβηγμα» (Push/Pull). Υπάρχουν πολλές βοηθητικές συμβουλές και οδηγοί που βοηθάνε στο να κάνουμε εκτενέστερη χρήση του εργαλείου προσκόλλησης (snapping) όταν σχεδιάζουμε ορθογώνια, κύκλους και άλλα σχήματα. Το Google Sketchup επίσης προβλέπει έξυπνα το πού θέλουμε να ενωθούν οι άκρες και τις ενώνει κλείνοντάς τες, γλιτώνοντας πολύ χρόνο αναζήτησης και κόπου.

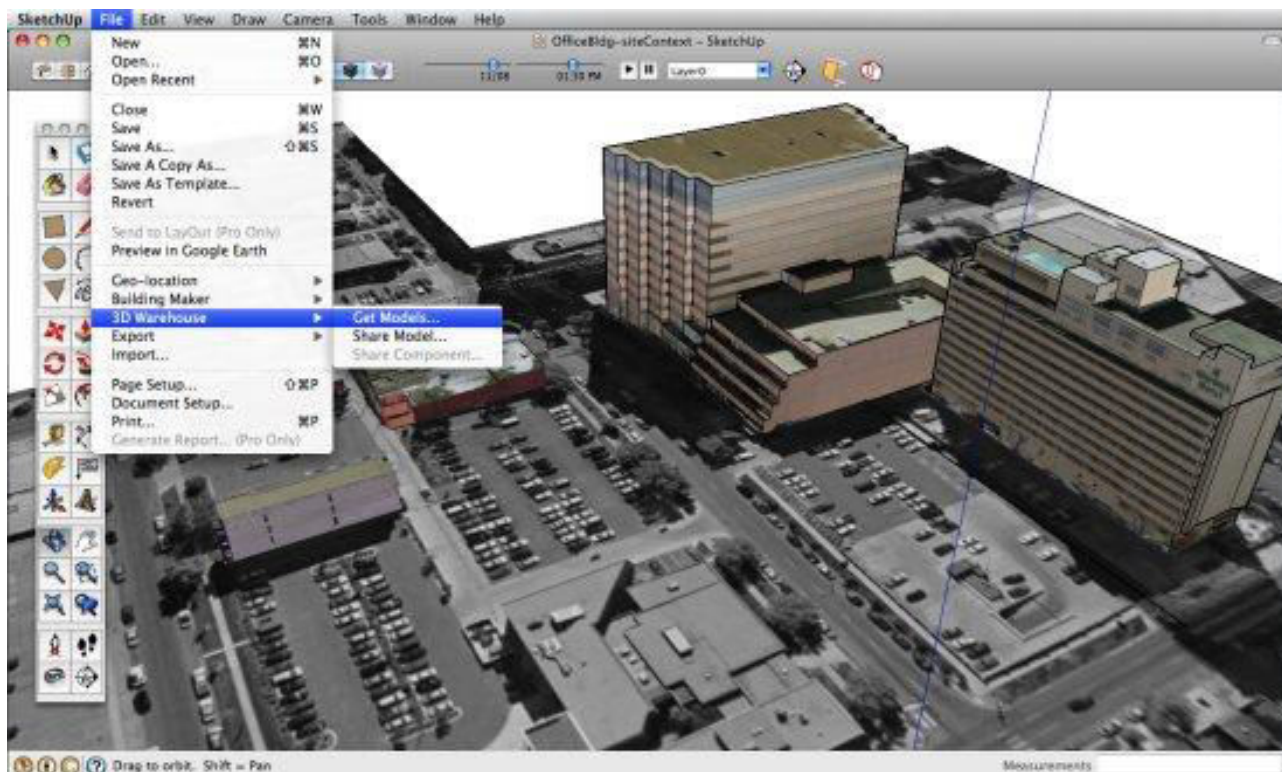


Εικόνα 3 Χρήση εργαλείου Push/Pull

Το SketchUp δεν υπολείπεται σε λειτουργικότητα παρόλη την ευκολία χρήσης του και περιέχει τη συνηθισμένη συλλογή σχεδίων και εργαλείων γεμίσματος που θα περίμενε κανείς, εύκολα προσβάσιμη στη γραμμή εργαλείων κατά μήκος της κορυφής της οθόνης. Οι συμβουλές του Εκπαιδευτή εμφανίζονται στα δεξιά της οθόνης, όταν πιστεύει ότι τις έχουμε ανάγκη. Άλλες επιλογές είναι προσβάσιμες μέσω του μενού, ή μπορείτε να τοποθετήσουμε επιπλέον παλέτες στο περιβάλλον εργασίας σας για να αποφύγουμε την άσκοπη αναζήτηση στα μενού. Άξια προσοχής είναι η παλέτα Υλικών (Materials), που περιέχει πάνω από 100 διαφορετικά προκαθορισμένα δείγματα, όπως για παράδειγμα βλάστηση, μέταλλα και γυαλί. Η παλέτα Ρυθμίσεων Σκιών αξίζει να βρίσκεται πρόχειρη μιας και επιτρέπει την εφαρμογή ρεαλιστικών σκιών με απλές μπάρες.

Το πραγματικά ωραίο κομμάτι, είναι όταν εξάγουμε τα σχέδιά μας Google SketchUp στο Google Earth. Μπορείτε να στέλνετε εικόνες των 3D σχεδίων μας μέσω email ή να τα ανεβάσουμε σε μία δωρεάν αποθήκη στο 3D Web Warehouse της Google. Διαφορετικά, μπορούμε να τα επισημάνουμε γεωγραφικά με μια κίνηση χρησιμοποιώντας τους Χάρτες

Google που πλέον ενσωματώθηκαν στο Google Sketchup. Όταν προσθέτουμε γεωγραφικό σημείο στο μοντέλο μας, λαμβάνουμε μια εικόνα που πλέον περιέχει 3D πληροφορίες εδάφους με έγχρωμη εναέρια φωτογραφία.



Εικόνα 4 Απεικόνιση μοντέλου Sketchup στο Google Maps

Παρόλα τα θετικά του Google SketchUp έχει κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Το πιο ενοχλητικό είναι να προσπαθούμε να κατασκευάσουμε θολωτές επιφάνειες λόγω της δυσκίνητης φύσης του εργαλείου Extrude, παρόλο που να τραβάμε και να σπρώχνουμε ευθείες γραμμές είναι αρκετά πιο εύκολο. Δεδομένου του ότι είναι δωρεάν, προφανώς δεν διαθέτει κάποια από τα προχωρημένα χαρακτηριστικά σαν αυτά που έχουν οι μεγάλοι του αντίπαλοι.

Κλείνοντας το Google SketchUp παρέχει μια φρέσκια και απλοϊκή προσέγγιση στον σχεδιασμό τρισδιάστατων γραφικών και μοντέλων και είναι ιδανικό για αρχάριους στην τεχνολογία σχεδιασμού μέσω υπολογιστή (CAD)

Σχετικά με EnergyPlus



Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης και θερμικής προσομοίωσης. Με βάση την περιγραφή του κτιρίου από τον χρήστη από την άποψη της δομικής κατάστασης του κτιρίου και σε συνδυασμό με μηχανικά και άλλα συστήματα, το EnergyPlus δύναται να υπολογίζει τη θέρμανση και την ψύξη καθώς και τα απαραίτητα φορτία για τη διατήρηση των επιθυμητών τιμών σε αυτές, τις συνθήκες του δευτερεύοντος συστήματος HVAC και την ενεργειακή κατανάλωση του πρωτογενούς εξοπλισμού της μονάδας. Η ταυτόχρονη ενσωμάτωση αυτών και πολλών άλλων λεπτομερειών, εγγυούνται ότι η προσομοίωση στο EnergyPlus εκτελείται όπως θα εκτελούνταν στο πραγματικό κτίριο.

Δυνατότητες EnergyPlus

Παρακάτω είναι μια αντιπροσωπευτική λίστα των δυνατοτήτων του EnergyPlus:

- Ολοκληρωμένη λύση όπου η συμπεριφορά του κτιρίου στα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα συστήματα είναι στενά συνδεδεμένη μεταξύ τους (η επανάληψη εκτελείται όταν είναι απαραίτητο)
- Υπο-ωριαία, χρονικά βήματα καθορισμένα από τον χρήστη για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και το περιβάλλον, μεταβλητά χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων κλιματισμού (μεταβάλλεται αυτόματα για να διασφαλιστεί η σταθερότητα)
- Αρχεία καιρού, εισόδου και εξόδου που περιλαμβάνουν ωριαία ή υπο-ωριαία περιβαλλοντικά δεδομένα
- Θερμική ισορροπία με βάση την τεχνική λύση για την κατασκευή θερμικών φορτίων που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό της ακτινοβολίας και της επιπτώσεις αυτής τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική επιφάνεια κατά τη διάρκεια κάθε χρονικού βήματος.
- Θερμική αγωγιμότητα μέσα από δομικά στοιχεία όπως τοίχοι, στέγες, πατώματα, κλπ, με την χρήση συναρτήσεων μεταφοράς αγωγιμότητας
- Βελτιωμένη μοντελοποίηση εδάφους για μεταφορά θερμότητας μέσω των συνδέσεων με τρισδιάστατα μοντέλα πεπερασμένων διαφορών μεταξύ του εδάφους και των απλοποιημένων αναλυτικών τεχνικών
- Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και μοντέλου μάζας μεταφοράς που αντιπροσωπεύει την υγρασία προσρόφησης / εκρόφησης, είτε ως ένα στρώμα με στρώμα ενσωμάτωσης με λειτουργίες μεταφοράς ηλεκτρικού ερεθίσματος ή ως μοντέλο βάθους για αποτελεσματική διεύθυνση της υγρασίας (EMPD)
- Μοντέλα θερμικής άνεσης με βάση τη δραστηριότητα, εντός ξηρού βολβού, υγρασίας, κ.λπ.
- Ανισοτροπικό μοντέλο για ουρανό για βελτιωμένο υπολογισμό της διάχυσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες υπό κλίση
- Σύνθετος υπολογισμός σκιάστρον συμπεριλαμβανομένων και ελεγχόμενα στόρια, ηλεκτροχρωμικούς υαλοπίνακες, στρώμα με στρώμα εξισορρόπησης θερμότητας που επιτρέπει την σωστή αντιστοίχιση της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τα τζάμια των παραθύρων, και μια βιβλιοθήκη επιδόσεων για πολλές εμπορικά διαθέσιμες μάρκες παραθύρων
- Έλεγχος του φυσικού φωτισμού, συμπεριλαμβανομένων του εσωτερικού υπολογισμού φωτισμού, αντηλιά προσομοίωσης και ελέγχου, τους έλεγχους φωτιστικών, και την επίδραση της μείωσης του τεχνητού φωτισμού για τη θέρμανση και την ψύξη

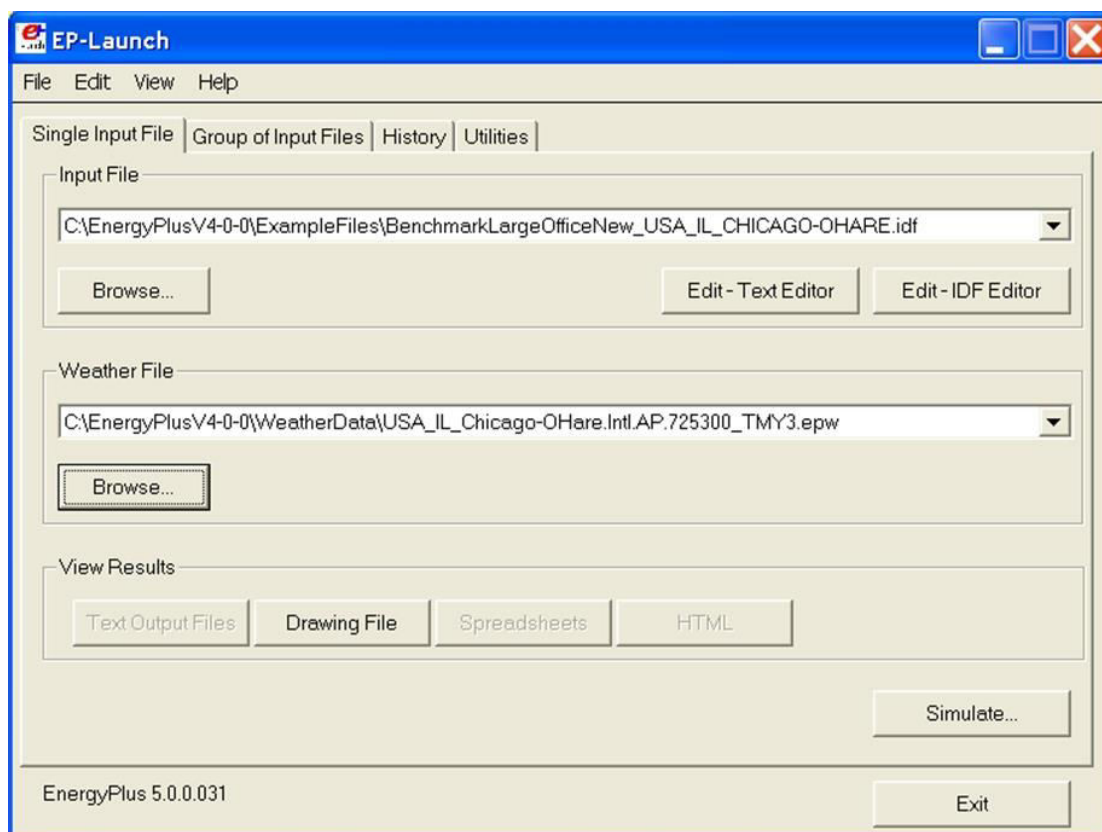
- Ατμοσφαιρική ρύπανση με υπολογισμούς που προβλέπουν CO₂, SO_x, NO_x, CO, σωματίδια, και παραγωγή υδρογονανθράκων στο χώρο και απομακρυσμένη μετατροπή ενέργειας.

EnergyPlus Utilities

Το EnergyPlus έρχεται με πολλές λειτουργίες για να σας βοηθήσει να δημιουργήσετε αρχεία εισόδου και να εκτελέσετε τις προσομοιώσεις, συμπεριλαμβανομένων των IDF Editor και EP-Launch.

EP-Launch

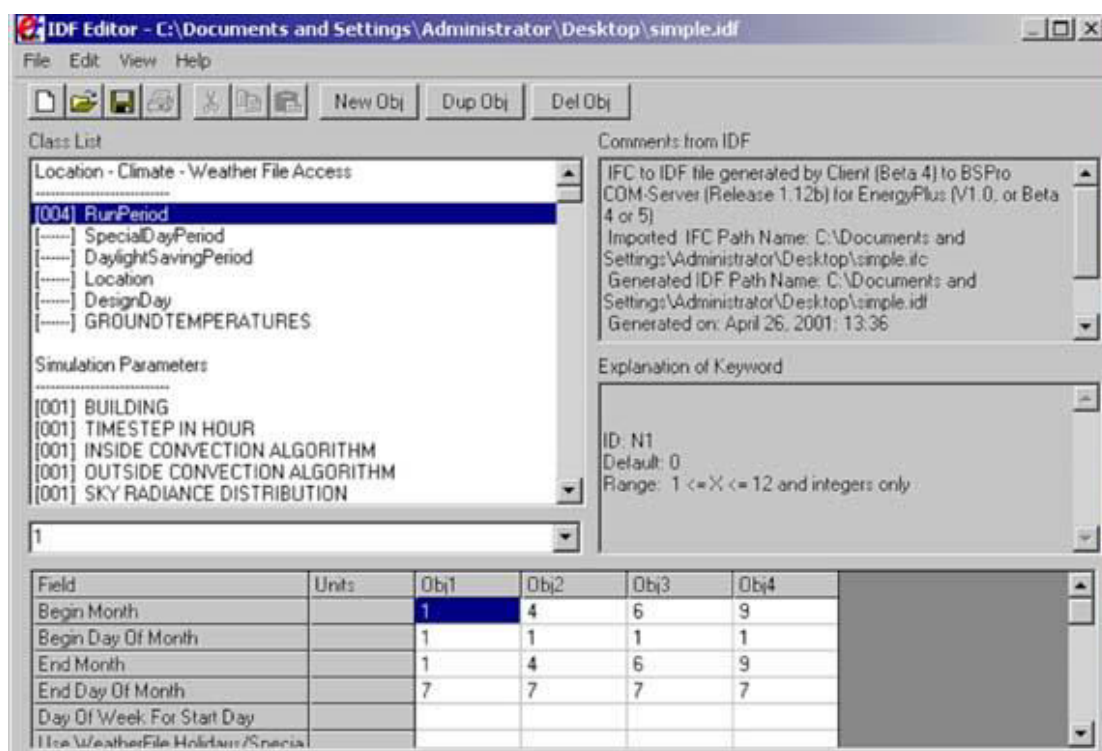
Το EP-Launch παρέχει μια απλούστερη εναλλακτική λύση για το τρέξιμο EnergyPlus σε σχέση με τα batch files. Το EP-Launch επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει άμεσα ή από μια λίστα πρόσφατα ή δείγμα αρχεία το αρχείο εισόδου. Επίσης, επιτρέπει την εύκολη επιλογή για τα αρχεία δεδομένων καιρού. Μετά το τρέξιμο το EnergyPlus εξάγει εκθέσεις αν το EP-Launch παρουσίασε τυχόν σφάλματα ή προειδοποιήσεις. Επιπλέον, το EP-Launch ενεργεί ως διαχειριστής αρχείων για κάθε τρέξιμο και μπορεί να βοηθήσει να ανοίξει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου για οποιοδήποτε από τα αρχεία εισόδου και εξόδου, ενώ ανοίγει φύλλο για αρκετά αρχεία αποτελεσμάτων, και ξεκινά ένα πρόγραμμα προβολής για το αρχείο σχεδιασμού του κτιρίου.



Εικόνα 5 Στιγμιότυπο προγράμματος EP-Launch

IDF Εκδότης

Για τους χρήστες που θέλουν έναν απλό τρόπο για τη δημιουργία ή επεξεργασία EnergyPlus αρχείων δεδομένων εισόδου (IDF), ο IDF Editor παρέχει αυτή την ευκολία. Κάθε αντικείμενο EnergyPlus μπορεί να εποπτευθεί και να επεξεργαστεί χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό φύλλο που μοιάζει με πλέγμα. Για ειδήσους με πολλές επιλογές, παρέχεται μια λίστα. Όταν μια εισαγωγή αριθμητικών έχει εύρος εντός των έγκυρων τιμών, οι τιμές αυτές εμφανίζονται. Παρέχει επίσης αυτόματα μια λίστα ονομάτων αντικειμένων όταν ένα αντικείμενο πρέπει να συνδέεται σε ένα άλλο. Εμφανίζοντας όλα τα αντικείμενα του ίδιου είδους δίπλα στο άλλο σε ένα πλέγμα, είναι εύκολο να δούμε πώς οι εισοδοί είναι διαφορετική μεταξύ τους στο υφιστάμενο κτίριο. Ο IDF Επεξεργαστής εξάγει ένα EnergyPlus αρχείο εισόδου με σωστή σύνταξη και τα σχόλια για να βοηθήσει το χρήστη να καταλάβει τις τιμές εισόδου. Επιπλέον, ο IDF Editor μετατρέπει τις πρότυπες μονάδες ιντσών-λιβρών σε μονάδες SI οι οποίες είναι συμβατές με το EnergyPlus.

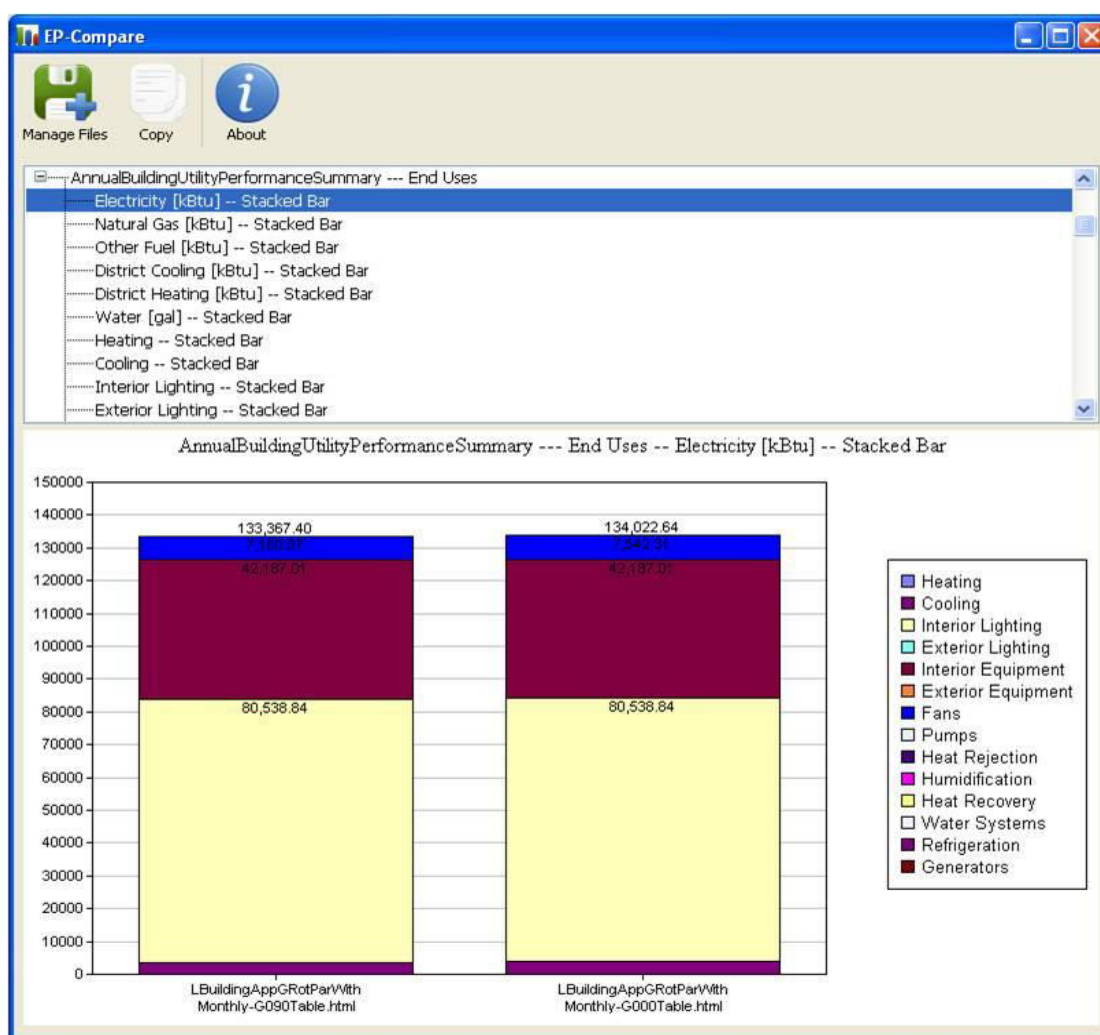


Εικόνα 6 Στιγμιότυπο οθόνης IDF Editor

EP-Compare

Με το EP-Compare μας επιτρέπεται η άμεση σύγκριση των πινάκων με τα αποτελέσματα από πολλαπλές προσομοιώσεις EnergyPlus. Δύο ή περισσότερα αρχεία μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τη χρήση ραβδογραμμάτων, γραφημάτων συσσωρευμένων μπαρ, side-by-side γραφήματα, και μηνιαία γραφήματα γραμμών. Τα γραφήματα βασίζονται σε πίνακες και παρουσιάζονται με τη χρήση του πίνακα επιλογής έκθεσης EnergyPlus. Ο μακρύς κατάλογος των γραφημάτων που διατίθενται αντιπροσωπεύει τιμές από τα αποτελέσματα που δημιουργούνται από EnergyPlus. Από τα μηνιαία αποτελέσματα πινάκων που μπορούν να καθορίζονται από το χρήστη για κάθε μεταβλητή σε EnergyPlus, το EP-Compare παρέχει μία μέθοδο για να συγκρίνετε οποιεσδήποτε τιμές αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την προσομοίωση.

Επιπλέον, οι γραφικές παραστάσεις μπορούν να αντιγραφούν να τοποθετηθεί σε άλλα έγγραφα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε Windows, Linux και Macintosh συστήματα.



Εικόνα 7 Στιμιότυπο προγράμματος EP-Compare

Openstudio Plugin

Το OpenStudio είναι μια cross-platform (Windows, Mac και Linux) συλλογή εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη των ενεργειακών μοντέλων που χρησιμοποιούνται στο EnergyPlus και προηγμένη ανάλυση της ημέρας χρησιμοποιώντας το λογισμικό Radiance. Το OpenStudio είναι ένα πρόγραμμα ανοικτού πηγαίου κώδικα για να διευκολύνει την ανάπτυξη της κοινότητας, την επέκτασή του. Το OpenStudio περιλαμβάνει γραφικές διεπαφές μαζί με ένα κιτ ανάπτυξης λογισμικού (SDK).

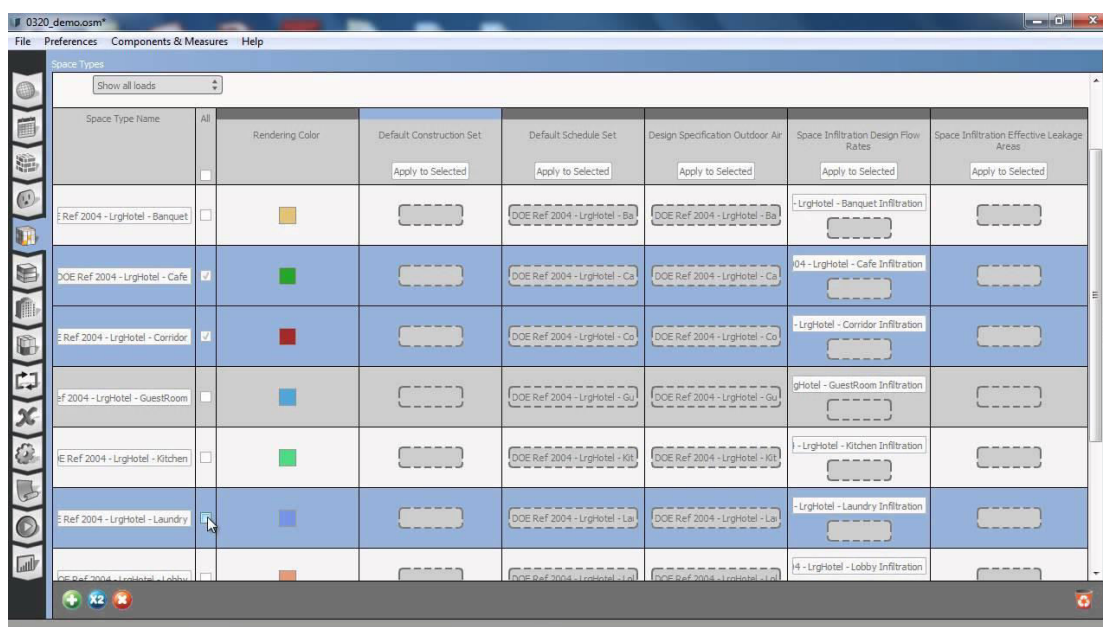
Οι γραφικές εφαρμογές περιλαμβάνουν την Trimble SketchUp Plug-in, RunManager, και ResultsViewer. Το Trimble SketchUp Plug-in είναι μια επέκταση στο δημοφιλές εργαλείο μοντελοποίησης 3D της Trimble που προσθέτει τις δυνατότητες του EnergyPlus στο πρόγραμμα σχεδίασης SketchUp. Το plug-in επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν γρήγορα την γεωμετρία που απαιτείται για το EnergyPlus χρησιμοποιώντας την ενσωματωμένη λειτουργικότητα της Trimble SketchUp συμπεριλαμβανομένων των υφιστάμενων εργαλείων σχεδίασης, ενοποίηση με το Google Earth, καθώς και απεικόνιση σε αυτό των μοντελοποιημένων κτιρίων με Φωτογραφίες. Το RunManager διαχειρίζεται προσομοιώσεις και

ροές εργασίας και παρέχει στους χρήστες πρόσβαση στα αρχεία εξόδου μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος. Το ResultsViewer επιτρέπει την περιήγηση, τη σχεδίαση, και συγκρίνοντας τα δεδομένα εξόδου EnergyPlus, ειδικά χρονοσειρών.

Το OpenStudio επιτρέπει την τους επιθεωρητές κτιρίων και προγραμματιστές λογισμικού να ξεκινήσουν γρήγορα την χρήση του προγράμματος μέσα από πολλαπλά επίπεδα εισόδου του, συμπεριλαμβανομένης της πρόσβασης μέσω C ++, Ruby, και C #.

Χαρακτηριστικά του Openstudio

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του OpenStudio 1.7.0 είναι η προσθήκη της πολυεπεξεργασία σε μορφή πλέγματος στην εφαρμογή OpenStudio. Η υλοποίηση αυτή εμφανίζεται σε μορφή καρτελών και εμφανίζει πληροφορίες για την θερμική ζώνη και τύπος χώρου, αυτό το νέο χαρακτηριστικό επιτρέπει στους χρήστες να αλλάξουν τις ιδιότητες πολλών αντικειμένων ταυτόχρονα. Το νέο αυτό χαρακτηριστικό φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 8 Πολυεπεξεργασία στο Openstudio σε μορφή πλέγματος

Το OpenStudio υποστηρίζει επίσης Radiance προσομοίωση 3 φάσεων των δυναμικών ελέγχων σκίαση των παράθυρων. Επί του παρόντος, οι συσκευές σκίασης έχουν προσομοιωθεί ως περσίδες, χρησιμοποιώντας προκαθορισμένα BSDFs που υπάρχουν στο BCL. Η λειτουργία των σκίαστρων είναι αυτοματοποιημένη, με τα σκίαστρα να έχουν ανασυρθεί από προεπιλογή, και να καλύπτουν το παράθυρο, όταν ο φωτισμός στο παράθυρο (α) σκιά ελεγχόμενη υπερβαίνει 2000 lux. Υποστήριξη για BSDFs ορίζονται από το χρήστη.

Το OS:WindowFrameAndDivider αντικείμενο WindowFrameAndDivider προστέθηκε για να επιτρέψει την εισαγωγή των λεπτομερών ιδιοτήτων του παραθύρου από το πρόγραμμα. Επί του παρόντος, μόνο μεσοσταθμικά δεδομένα από το παράθυρο δύναται να εισαχθούν στο OpenStudio. Το πάχος των τοιχωμάτων γύρω από τα παράθυρα μπορούν να ρυθμιστούν σε μοντέλα με φυσικό φωτισμό, χρησιμοποιώντας τις επιλογές window reveal και sill dimensions

που καθορίζονται στην επιλογή OS: WindowFrameAndDivider. Αυτές οι διαστάσεις μετατρέπονται σε format που δουλεύει στο EnergyPlus.

Αναλυτικά Χαρακτηριστικά του Openstudio

Building Geometry/3D CAD

- Γρήγορος σχεδιασμός 3D γεωμετρίας του κτιρίου, με την χρήση δωρεάν plug-in για το SketchUp
- Κτιριακό κέλυφος, σκίαση σε παράθυρα, σκίαση από άλλα κτίρια, κ.λπ.
- Σχεδιασμός λεπτομερών σχημάτων, ιχνοστοιχεία κατόψεις, ή ένα συνδυασμό
- Χρήση οδηγού για τη δημιουργία πρότυπων σχημάτων (H, L, E, τετράγωνο, ορθογώνιο)
- Εισαγωγή από αρχεία gbXML (από Revit, GreenBuildingStudio, Trace700, κλπ)
- Εισαγωγή από αρχεία EnergyPlus (IDF)
- Εισαγωγή από αρχεία AXE (California Επιτροπή Ενέργειας)
- Εκχώρηση και επιθεώρηση χώρων
- Καθορισμός θερμικών ζωνών και να προσθήκη / αφαίρεση χώρων
- Εκχώρηση και επόπτευση της του φακέλου κατασκευής του κτιρίου
- Προσθήκη αισθητήρων φυσικού φωτισμού

Building Constructions and Materials

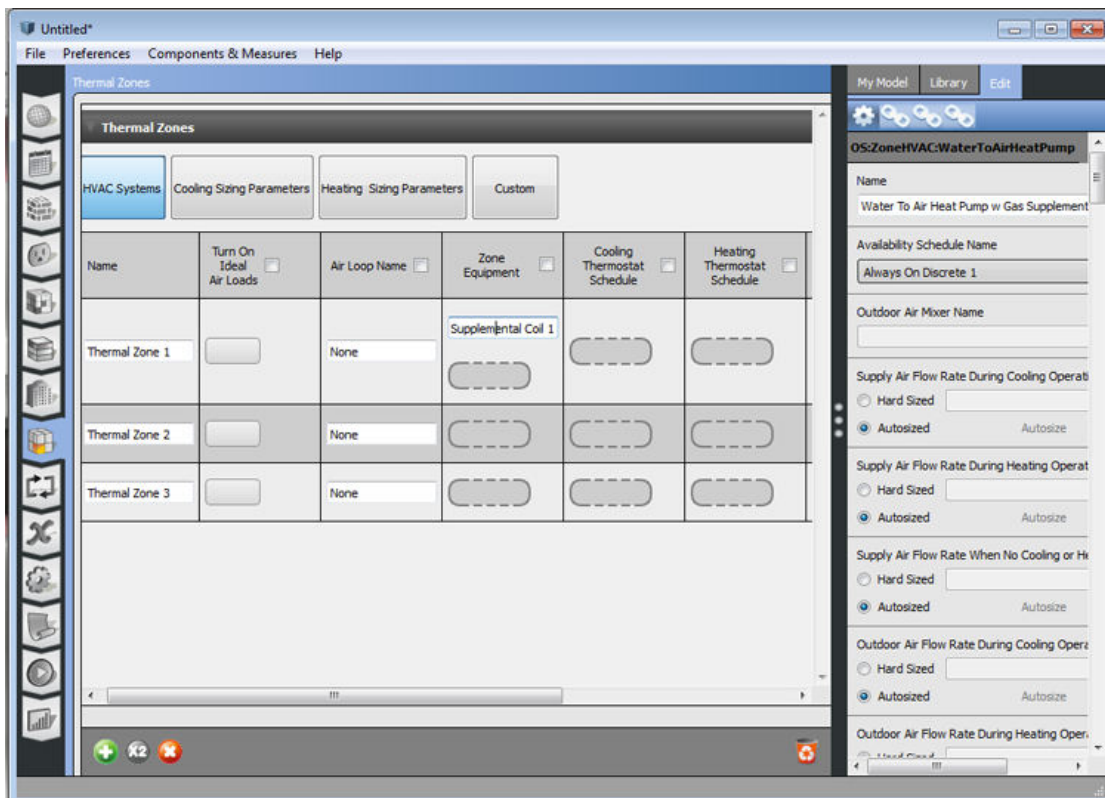
- Καθορισμός προεπιλεγμένων υλικών για κάθε τύπο επιφανειακών και υπόγειων χώρων (εσωτ τοίχους, παράθυρα, πατώματα, κλπ)
- Καθορισμός λεπτομερών ή απλών ιδιοτήτων
- Ενσωματωμένη βιβλιοθήκη των κατασκευών (τοιχους, παράθυρα, πόρτες, δάπεδα, κλπ) για όλους τους τύπους DOE για κτήρια αναφοράς και χρονιές (πριν από το 1980, 1980-2004 και 2004), καθώς και ASHRAE 189,1 - 2009, ASHRAE 90,1 έως 2007, και ASHRAE 90,1 - 2010
- Ηλεκτρονική βιβλιοθήκη των οικοδομικών υλικών και των ιδιοτήτων τους από εγχειρίδιο της ASHRAE

Building Loads

- Καθορισμός των ενεργειακών φόρτων από ανθρώπους, τα φώτα, , φορτία φυσικού αερίου (μαγειρέμα, κλπ), τα φορτία ατμού, εσωτερική μάζα, εξοπλισμού χρήσης του νερού, απαιτήσεις εξαερισμού και διήθησης
- Εισαγωγή φορτίων εισόδου ανά περιοχή ή να προσθήκη πραγματικών ποσοτήτων για λεπτομερή σχεδιασμός
- Χτισμένο στη βιβλιοθήκη τύπων χώρου (φορτία και τις συναφείς προγράμματα) για DOE κτήρια αναφοράς για όλες τις χρονιές (πριν από το 1980, 1980-2004 και 2004), καθώς και ASHRAE 189,1 έως 2009, ASHRAE 90,1 - 2007, και ASHRAE 90,1 - 2010
- Μπορούν να εφαρμοστεί ο φόρτος σε ένα μέρος του κτιρίου (τον τύπο χώρου) και να ισχύει σε όλο το κτίριο

Grid View for Thermal Zones and Space Types

- Προηγούμενος διαθέσιμα για ψύξη Walk Ins και θήκες ψύξης, σε εμφάνιση πλέγματος έχουν ήδη εφαρμοστεί στην καρτέλα Τύποι χώρου, καθώς και από στην καρτέλα θερμικές ζώνες.
- Προβολή και επεξεργασία θερμικών ζωνών σας και τους τύπους χώρου σε προβολή πλέγματος όπου επιτρέπει να εποπτευθούν όλες οι θερμικές ζώνες με τη μία και να συγκρίνετε τις ρυθμίσεις.



Εικόνα 9 Προβολή και επεξεργασία θερμικών ζωνών σας και τους τύπους χώρου σε προβολή πλέγματος

HVAC

- Γραφική αναπαράσταση των συστημάτων HVAC, ζωνών, και τις συνδέσεις τους
- drag-and-drop αντικειμένων στο διάγραμμα και κάντε κλικ για να επεξεργαστείτε
- HVAC πρότυπα του συστήματος για την ASHRAE Παράρτημα Z τύπους συστημάτων

Hot, Chilled, and Condenser Water Systems

- Λέβητες (όλα τα καύσιμα)
- Τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης
- Εξατμιστικοί υγρό ψύκτες
- Ενιαία, δύο ταχυτήτων, και οι πύργοι ψύξης μεταβλητής ταχύτητας
- Ψύκτες (ηλεκτρικά)
- Εναλλάκτη θερμότητας Κάθετη έδαφος
- Σωλήνες παράκαμψης
- Σταθερή και μεταβλητή ταχύτητα αντλίες
- Fluid-to-fluid εναλλάκτες θερμότητας (για την πρωτοβάθμια / δευτεροβάθμια άντλησης και εξοικονομητές στο νερό, κλπ)

Air System Components

- Προμήθεια και επιστροφή συλλεκτών
- Ενωπιημένος εξοπλισμός
- Ενιαίο εξοπλισμό πολλαπλών σταδίων (χρησιμοποιείται με σταδιακούς θερμοστάτες)

- Εξωτερική εισαγωγή αέρα με economizers (όλοι οι τύποι) Παγωμένο νερό, DX μία ταχύτητα και δύο ταχυτήτων DX fan-coils
- Θέρμανση ή / και προθέρμανσης αέριο, ηλεκτρικό, ζεστό νερό, και DX (αντλία θερμότητας) fan-coils
- Μεταβλητή και σταθερή Ταχύτητα Ανεμιστήρων
- Υγραντήρες ατμού (ηλεκτροκίνητο) όπου χρησιμοποιείται με humidistats ανα ζώνη
- Αισθητή και λανθάνουσα ανάκτηση θερμότητας
- VAV-ζέσταμα και CAV-Ζέσταμα τερματικά (φυσικό αέριο, ηλεκτρικό πηνία, και ζεστό νερό αναθέρμανσης)
- VAV δεν τερματικά αναθέρμανσης
- Διαχύτες
- Διατηρημένα με ψύξη δοκάρια (ενεργητικά και παθητικά)
- Τερματικά επαγωγή τεσσάρων σωλήνων

Air System Controls

- On demand ελεγχόμενο αερισμό
- Χειρισμός κύκλου νύχτας (ολόκληρο το σύστημα ή / και των τερματικών)
- Ανά-ζώνη VAV έλεγχος του συστήματος (μία ζώνη ελέγχου,)

Zone-level Heating and Cooling Systems

- Αερόθερμα (όλα τα καύσιμα)
- Χαμηλής θερμοκρασίας εκπομπή θέρμανση (ηλεκτρική, μεταβλητή και σταθερή ροή του νερού)
- Χαμηλή θερμοκρασία εκπομπή ψύξης (μεταβλητή και σταθερή ροή του νερού)
- PTAC (DX ψύξης + ανεμιστήρα + όλα τα καύσιμα θέρμανσης)
- Αντλία θερμότητας νερού
- Αντλία θερμότητας αέρα
- Ανεμιστήρες εξάτμισης
- Τέσσερις μονάδες fan coil αγωγού (μπορούν να παρέχονται μέσω του συστήματος DOAS)
- Ηλεκτρικά και ζεστού νερού baseboards
- Υψηλή θερμοκρασίας θερμαντήρες εκπομπής (φυσικού αερίου και ηλεκτρική)

Commercial Refrigeration

- DX Συστήματα Ψύξης
- Cascading DX Συστήματα Ψύξης
- Γεμάτες με υγρό DX Δευτεροβάθμιας Συστήματα Ψύξης
- Walk-in καταψύκτες
- Συμπιεστές
- συμπυκνωτές αέρος, νερού, και εξάτμισης
- εναλλάκτες θερμότητας με υγρό αναρρόφησης και μηχανικά subcoolers
- Ανάκτησης θερμότητας σε συστήματα ζεστού νερού (θερμαντήρας νερού)
- Ανάκτησης θερμότητας με ενιαία συστήματα αέρα (θερμαντήρας νερού)

Domestic Water Systems

- Θερμοσίφωνες (όλα τα καύσιμα)
- Εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ζεστό νερό (ντους, βρύσες, κλπ), ούτως ώστε να καθορίσετε μικτή θερμοκρασία νερού
- Εξοπλισμός που χρησιμοποιεί μόνο κρύο νερό
- Επανακυκλοφορίας, χωρίς αντλία, ή στιγμιαίας θέρμανσης νερού

Daylighting

- Προσθέστε σημεία ελέγχου φυσικού φωτισμού μέσω του plugin SketchUp
- Εκτελέστε ανάλυση ηλιακού φωτός χρησιμοποιώντας Radiance, state-of-the-art ray-tracing μηχανή προσομοίωσης για το φως της ημέρας, χωρίς να την δημιουργία ξεχωριστού μοντέλο
- Τα φώτα στο EnergyPlus μοντέλο ελέγχεται με βάση το φως της ημέρας

Location-Specific Information

- Βρείτε τυπικά δεδομένα, καιρικές συνθήκες για το σχεδιασμό κατά ASHRAE για τις περισσότερες περιοχές του κόσμου
- Χρησιμοποιήστε τα πραγματικά δεδομένα του καιρού (AMY) από μια ποικιλία από πηγές

Economics

- Πλήρης κοστολόγηση του κύκλου ζωής (NIST Handbook 135 συμβατό)
- Ρυθμιζόμενη ανάλυση κατά την διάρκεια της περιόδου
- Ο κύκλος ζωής είναι ρυθμιζόμενο ανά κόστος (δηλαδή τα παράθυρα μπορεί να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες)
- Τα ποσοστά χρησιμότητας μπορεί να περιλαμβάνει την ώρα της χρήσης, τα τέλη της ζήτησης, εποχιακές τιμές, κ.α.

Import and Export Options

- IDF εισαγωγής (γεωμετρία, κατασκευές, φορτία, θερμικές ζώνες, και τα προγράμματα)
- IDF εξαγωγής (πλήρες μοντέλο συμπεριλαμβανομένης HVAC)
- gbXML εισαγωγής (γεωμετρία, κατασκευές, θερμικές ζώνες, και τα προγράμματα)
- gbXML εξαγωγής (γεωμετρία, κατασκευές, και θερμικές ζώνες)
- AXE εισαγωγής (σε μορφή προσομοίωσης - πλήρες μοντέλο συμπεριλαμβανομένης HVAC)
- AXE εξαγωγής (μορφή εισόδου - γεωμετρία, κατασκευές, και θερμικές ζώνες μόνο)

Analysis of Existing Buildings

- Εισάγετε τους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας για όλους τους τύπους καυσίμων στο κτίριο
- Τρέξτε το μοντέλο, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα του καιρού (AMY)
- Αυτόματη σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τους λογαριασμούς και δείχνει ποιότητα ανά τύπο καυσίμου

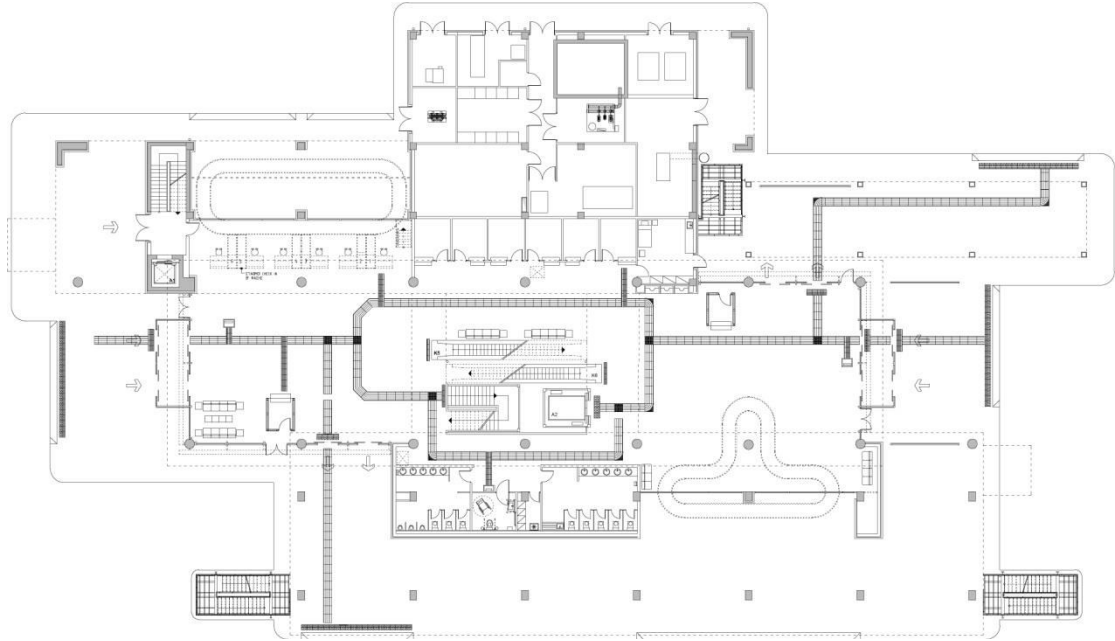
Parametric Analysis

- Το OpenStudio παρέχει αξιόπιστους και επαναλαμβανόμενους μηχανισμούς για την εφαρμογή ECMs για τα μοντέλα
- Εξαλείφει ασάφεια και των λάθη των χρηστών
- Εγγραφή μέτρηση μια φορά και εφαρμογή αυτών σε πολλά έργα
- Εκτελέστε πολύπλοκα ECMs, όπως η πλήρης αντικατάσταση HVAC, εύκολα
- Γρήγορη πρόσβαση στο διαδίκτυο και τις τοπικές βιβλιοθήκες των ρυθμίσεων από drag-and-drop
- Επεξεργασία δεδομένων που έχουν εισαχθεί από τον χρήστη ώστε να φαίνεται πως οι ρυθμίσεις τροποποιούν το μοντέλο
- Δημιουργεί ουσιαστικά αποτελέσματα, έτοιμη για ένταξη στις εκθέσεις για το σχεδιασμό του κτιρίου, για τους ιδιοκτήτες κτιρίων, κ.λπ.

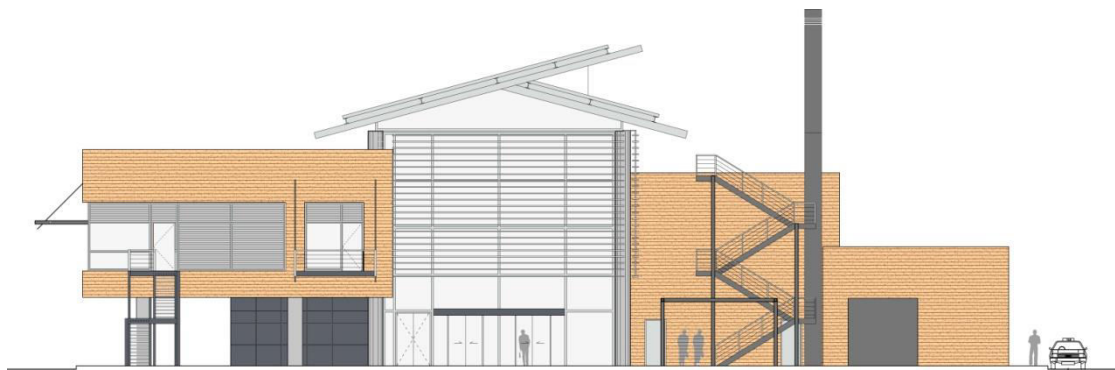
Reporting

- Τα μέτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προσαρμοσμένων αναφορών σε μορφή HTML (προβολή σε οποιοδήποτε web browser)
- Επιτρέπει στους χρήστες να απεικονίσει γρήγορα και συνοπτικά στοιχεία
- Οι εκθέσεις δύναται να διαμοιραστούν με email
- Οι αναφορές μπορούν να είναι απλές ή άκρως διαδραστικές

Παράρτημα Γ



ΚΑΤΟΨΗ



ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ



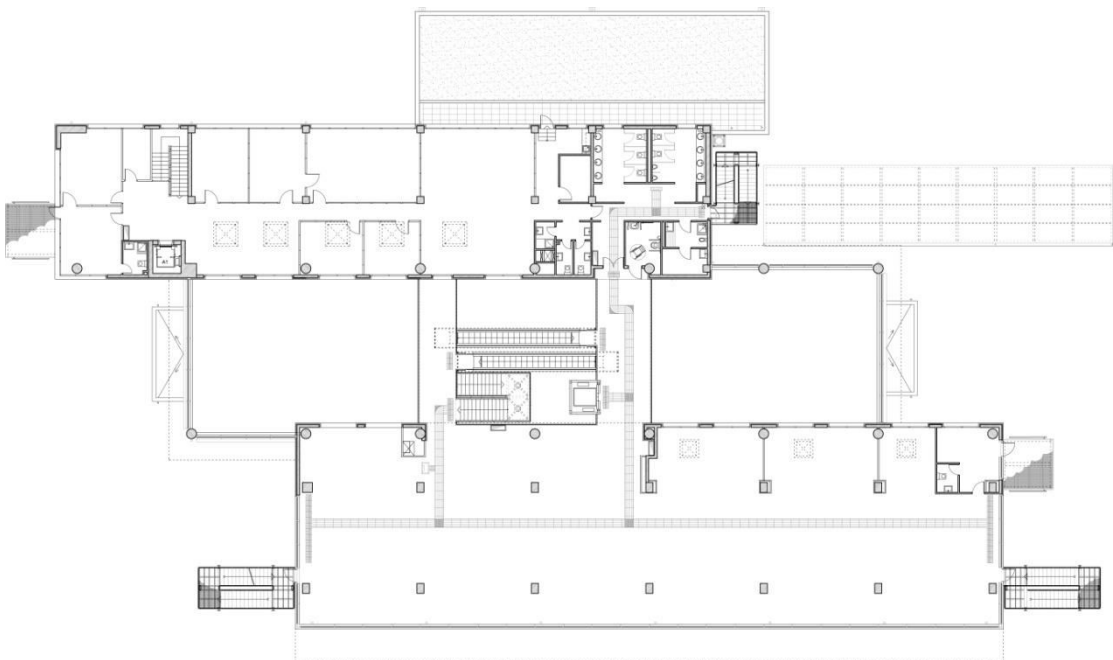
ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ



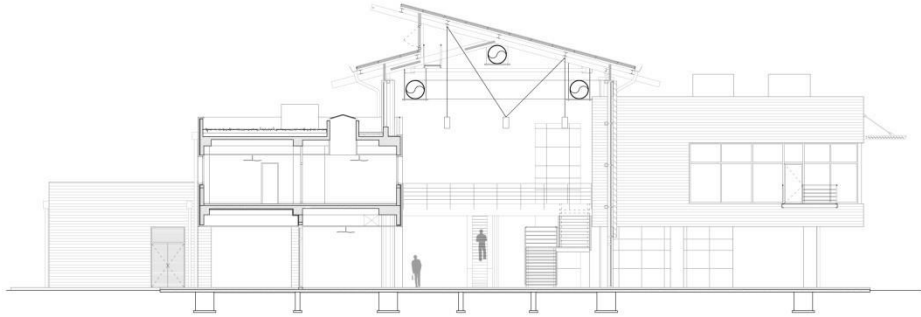
ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ



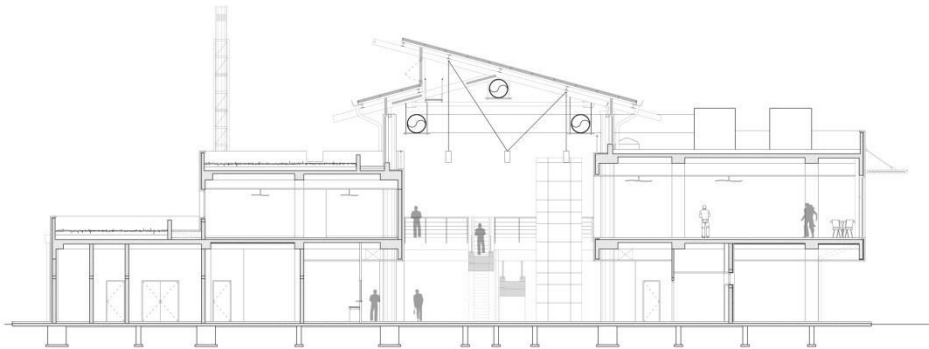
ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ



ΟΡΟΦΟΣ Α



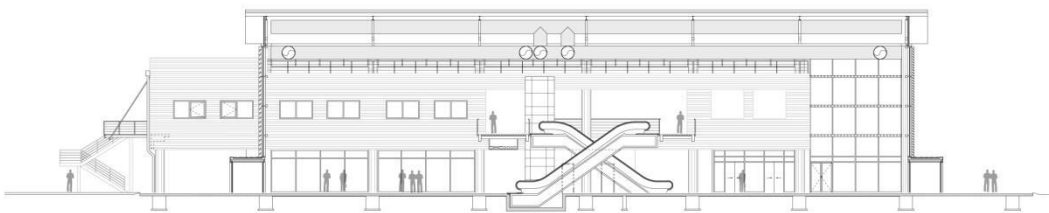
SECTION A-A



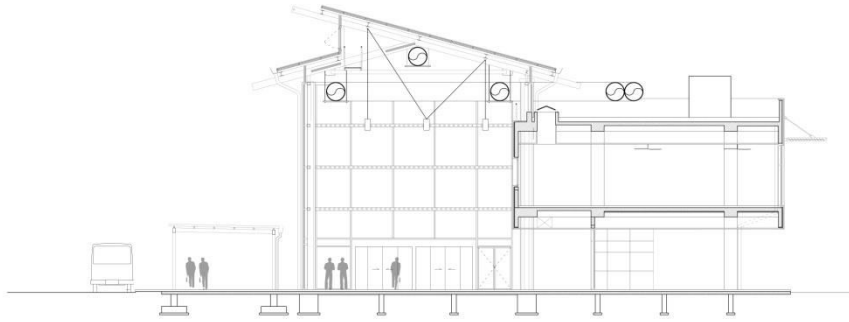
SECTION B-B



SECTION D-D



SECTION E-E



SECTION G-G

