



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ και ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία:  
**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ  
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ  
Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ  
Επιβλέπων: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2017

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής απαίτηση των κτιρίων για όλο και περισσότερα ποσά ενέργειας συμβάλλουν καθοριστικά στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Η υποβάθμιση αυτή κάνει αναγκαίο τον επανασχεδιασμό του κτιριακού τομέα της Ελλάδας με βάση τα βιοκλιματικά κριτήρια, δίνοντας περισσότερο έμφαση στα δημόσια κτίρια, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη ενεργειακή αναβάθμιση.

Στην παρούσα έρευνα επιλέγεται να μελετηθεί η ενεργειακή αναβάθμιση ενός υφιστάμενου δημόσιου σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Λαμίας, αφού θεωρείται ότι το σχολείο μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη διαμόρφωση οικολογικής συνείδησης των παιδιών. Με τη βοήθεια των προγραμμάτων Sketch Up και Energy Plus πραγματοποιείται η προσομοίωση του σχολικού κτιρίου και εξάγονται αποτελέσματα για την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση. Έπειτα, προτείνονται ορισμένες βιοκλιματικές επεμβάσεις έχοντας ως στόχο την επίτευξη οικονομικής και ενεργειακής εξοικονόμησης.

## **ABSTRACT**

The demand of buildings for more amounts of energy contribute to pollution and demotion of the natural and constructed environment. Such a demotion makes it necessary to redesign the building sector of Greece based on bioclimatic criteria; giving more emphasis to public buildings, so as to achieve an energy upgrade.

This research selects to study the energy upgrade of an existing public school building in the Lamia, since it is considered that the school can be the basis for developing environmental awareness of children. Using Sketch Up and Energy Plus programs carried out the simulation of the school building and exported results for the current energy situation. Afterwards, some bioclimatic interventions are proposed with the aim of achieving economic and energy savings.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b> .....	10
1.1. Διαχείριση Ενέργειας .....	11
1.2. Κλιματική Αλλαγή .....	21
1.3. Θεσμικό Πλαίσιο .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ</b> .....	27
2.1. Ιστορική Αναδρομή Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής .....	29
2.2. Εφαρμογή Βιοκλιματικών Στοιχείων σε Σχολεία .....	36
2.2.1. Χωροθέτηση – Προσανατολισμός .....	36
2.2.2. Συνθήκες άνεσης .....	38
2.2.3. Ηλιασμός – Ηλιοπροστασία .....	42
2.2.4. Φυσικός φωτισμός .....	44
2.2.5. Φυσικός αερισμός .....	46
2.2.6. Φύτευση .....	49
2.2.7. Οικοδομικά υλικά .....	53
2.3. Κατηγορίες Σχολικών Κτιρίων .....	56
2.4. Παραδείγματα Βιοκλιματικών Σχολείων .....	58

2.4.1. Διεθνής χώρος .....	58
2.4.2. Ελλαδικός χώρος.....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: 4<sup>ο</sup> &amp; 9<sup>ο</sup> ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΛΑΜΙΑΣ .....</b>	<b>67</b>
3.1. Γενικά Στοιχεία Περιοχής Μελέτης .....	68
3.1.1. Γεωγραφικά στοιχεία.....	68
3.1.2. Κλιματολογικές συνθήκες.....	69
3.2. Περιγραφή Σχολικού Συγκροτήματος .....	78
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ «SKETCH UP» ΚΑΙ «ENERGY PLUS» .....</b>	<b>84</b>
4.1. Γενικά.....	85
4.2. Εφαρμογή Προγράμματος «Sketch Up» .....	85
4.3. Εφαρμογή Προγράμματος «Energy Plus».....	90
4.4. Αποτελέσματα Προσομοίωσης .....	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ .....</b>	<b>113</b>
5.1. Προτεινόμενες Βιοκλιματικές Επεμβάσεις .....	114
5.1.1. Θερμοπρόσοψη τοίχων και θερμομόνωση δωματίων .....	114
5.1.2. Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low – emissivity) .....	120
5.1.3. Ενεργειακοί λαμπτήρες LED .....	123
5.1.4. Νυχτερινός αερισμός με εξαεριστήρες .....	126
5.2. Εφαρμογή Προτεινόμενων Επεμβάσεων.....	131
<b>ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ .....</b>	<b>135</b>

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	138
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b> .....	148
Κατάλογος Διαγραμμάτων .....	149
Κατάλογος Πινάκων.....	150
Κατάλογος Σχημάτων .....	152
Κατάλογος Συντομεύσεων .....	155
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ</b> .....	156
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ</b> .....	158

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο ενεργειακός έλεγχος και η αντίστοιχη ενεργειακή αναβάθμιση ενός δημοτικού σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Λαμίας, μέσω της εφαρμογής των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η επιλογή συγκεκριμένα της πρωτοβάθμιας βαθμίδας γίνεται διότι θεωρείται ότι η παιδική ηλικία αλλά και η μνήμη του παιδιού αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του ανθρώπου δίνοντάς του τις πρώτες βάσεις της μετέπειτα εξέλιξής του, και εστιάζεται στην περιοχή της Λαμίας καθώς αποτελεί όχι μόνο τον τόπο καταγωγής μου αλλά και τον τόπο όπου πέρασα ένα μεγάλο μέρος της ζωής μου.

Στόχος της έρευνας είναι η κατανόηση των χαρακτηριστικών εκείνων που συνθέτουν τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ενός κτιρίου καθώς και τις αντίστοιχες ενεργειακές καταναλώσεις που απαιτούνται. Επίσης, θεωρείται ενδιαφέρον η μελέτη των παραπάνω στοιχείων σε υφιστάμενο κτίριο, με την καθοδήγηση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, εξοικονομώντας χρόνο, χρήμα και ενέργεια, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου.

Τα μεθοδολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την εκπλήρωση της έρευνας αφορούν ορισμένα δευτερογενή στοιχεία τα οποία συνέβαλαν στον εμπλουτισμό και την τεκμηρίωση των θεμάτων που αναλύονται παρακάτω, όπως στατιστικές πληροφορίες, άρθρα δημοσιευμένα στο διαδίκτυο από συνέδρια, ερευνητικά προγράμματα και διδακτικές σημειώσεις μαθημάτων καθώς και εκτενή βιβλιογραφία από συγγραφείς με αντίστοιχο υπόβαθρο σε θέματα διαχείρισης ενέργειας και βιοκλιματικού σχεδιασμού. Έπειτα, πολλές από τις πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται κατάλληλα στο πρόγραμμα Sketch Up για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του σχολικού κτιρίου, με την παράλληλη βοήθεια της εργαλειοθήκης Open Studio, ενώ στο πρόγραμμα Energy Plus πραγματοποιείται προσομοίωση του κτιρίου σε συνάρτηση με τις ενεργειακές καταναλώσεις του, για παράδειγμα σε θέρμανση – ψύξη, τεχνητό φωτισμό κ.ά., υπολογίζοντας ταυτόχρονα τα θερμικά φορτία του. Ακόμη, αναπόσπαστο κομμάτι στην όλη διαδικασία αποτελεί η εμπειρική έρευνα που υπήρξε μέσω τηλεφωνικής επικοινωνίας και προσωπικών συναντήσεων με αντίστοιχους φορείς όπως το Δήμο Λαμιέων, τη Διεύθυνση Τεχνικών Έργων – Δόμησης – Δικτύων και Ενέργειας, και συγκεκριμένα το Τμήμα Κτιριακών Έργων και Υπαίθριων Χώρων και το παράρτημα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) στην περιοχή της Λαμίας.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στη συγκεκριμένη εργασία ακολουθεί την εξής δομή:

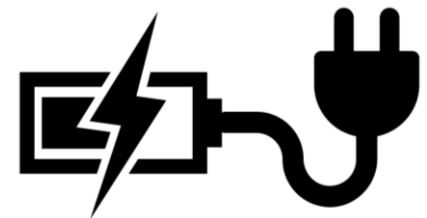
- ✓ Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται το ζήτημα της συνεχώς αυξανόμενης ανάγκης για ενέργεια, τις αιτίες που οδηγούν στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, τις υπάρχουσες ήπιες μορφές ενέργειας καθώς και το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα στην Ελλάδα.



- ✓ Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθεται μία ιστορική αναδρομή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, με βάση τα διάφορα τυπολογικά στοιχεία που εμφανίζει η ελληνική αρχιτεκτονική κληρονομιά, αναλύονται διεξοδικά οι επιμέρους άξονες ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού, μέσα από το παράδειγμα των δημόσιων σχολικών κτιρίων στον ελλαδικό χώρο, και παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα βιοκλιματικών σχολείων στο διεθνή και ελλαδικό χώρο.
- ✓ Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης, όπως γεωγραφικά στοιχεία και κλιματολογικές συνθήκες, και γίνεται μία εκτενής παρουσίαση του σχολικού συγκροτήματος που μελετάται.
- ✓ Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιούνται οι προσομοιώσεις του κτιρίου στα προγράμματα Sketch Up και Energy Plus και παρατίθενται τα αντίστοιχα αποτελέσματα, δηλαδή του θερμικού φορτίου και των ενεργειακών καταναλώσεων της υφιστάμενης κατάστασης.
- ✓ Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο προτείνονται ορισμένες βιοκλιματικές επεμβάσεις, έχοντας ως στόχο την οικονομική και ενεργειακή εξοικονόμηση του κτιρίου, μέσω της πραγματοποίησης εκ νέου προσομοίωσης για την εκάστοτε πρόταση, αναλύοντας τα εξαγόμενα αποτελέσματα.
- ✓ Στο τέλος γίνεται μία κριτική των αποτελεσμάτων που εξάγονται από τις προτεινόμενες επεμβάσεις.

Για την εκπλήρωση της παρούσας έρευνας, κρίνεται απαραίτητη η αποτύπωση του εν λόγω σχολικού συγκροτήματος σε σχέδια, η σύνταξη και η σχεδίαση των οποίων πραγματοποιήθηκε από τον Αργυρόπουλο Επαμεινώνδα και την Νοτοπούλου Ευανθία, αρχιτέκτονες μηχανικοί, τα οποία και παρατίθενται στο Παράρτημα II. Επίσης, εκτός από τον επιβλέπων καθηγητή κ. Τζουβαδάκη Ιωάννη, Αναπληρωτή καθηγητή ΕΜΠ, πολύτιμη ήταν και η βοήθεια που προσέφερε ο κ. Καρτσιώτης Ανέστης, υπάλληλος της Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων – Δόμησης – Δικτύων και Ενέργειας, και συγκεκριμένα του Τμήματος Κτιριακών Έργων και Υπαίθριων Χώρων, οι διευθυντές του σχολικού συγκροτήματος κ. Χαλδούπης Εμμανουήλ και κ. Τσαδήμας Δημήτριος, ο Δήμος Λαμιέων και ιδιαίτερα ο κ. Κλειτσάκης Αθανάσιος, Πρόεδρος Δημοτικού Συμβουλίου, καθώς και ο κ. Στεφανής Κωνσταντίνος, Προϊστάμενος Η/Μ Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών Δήμου Λαμιέων.

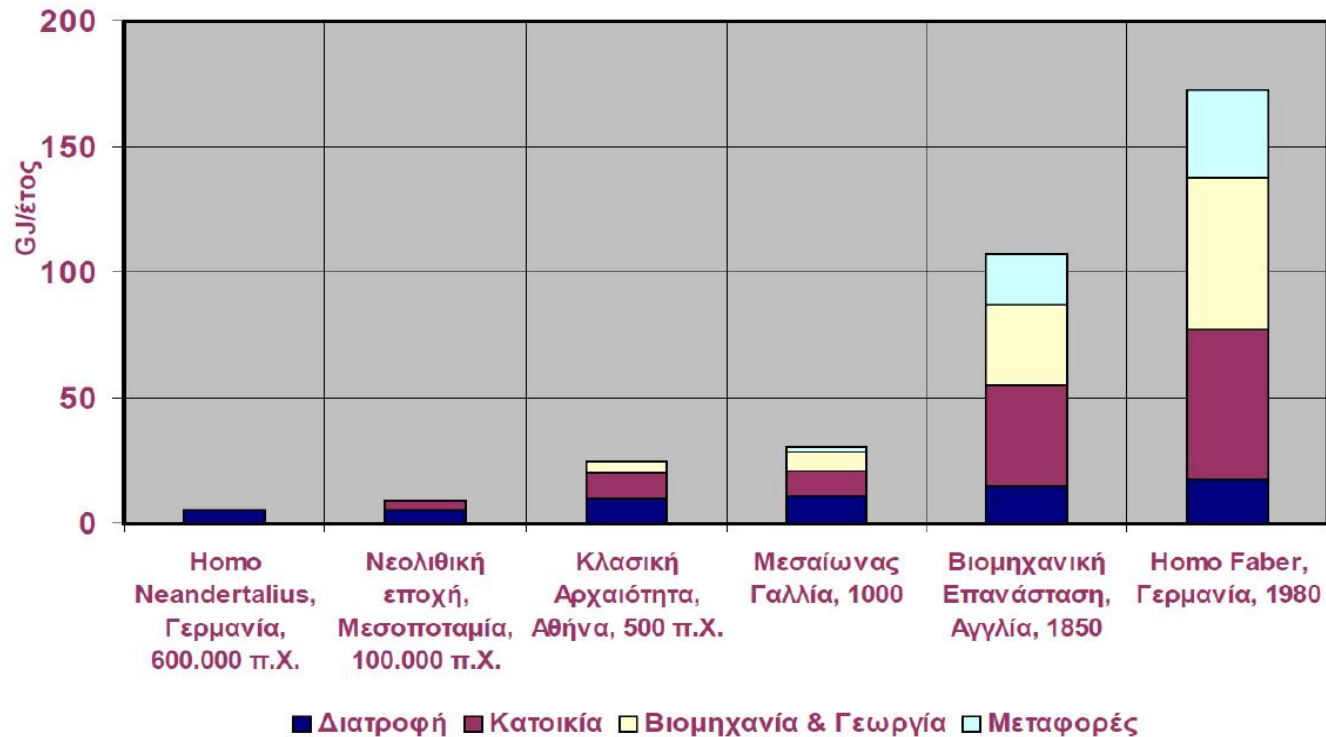
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



### 1.1. Διαχείριση Ενέργειας

Με το πέρασμα των χρόνων συμπεραίνεται ότι η ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας συνεχώς αυξάνεται, έχοντας όπλο τις πολυάριθμες ικανότητες του ανθρώπου για τη διαχείριση της. Η εντατική ανάπτυξη λειτουργιών και δραστηριοτήτων απαιτούν τη συνεχή χρήση ενεργειακών και φυσικών πόρων, με αποτέλεσμα την απρόσκοπτη χρήση και εξάντλησή τους, τα οποία με τη σειρά τους έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, γεγονός που διαπιστώνεται στην παρακάτω απεικόνιση της εξέλιξης της κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο από τα αρχαία χρόνια έως τις πρόσφατες δεκαετίες (Καρβούνης, 2014).

Εικόνα 1. Η εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο



Πηγή: Καρβούνης, 2014

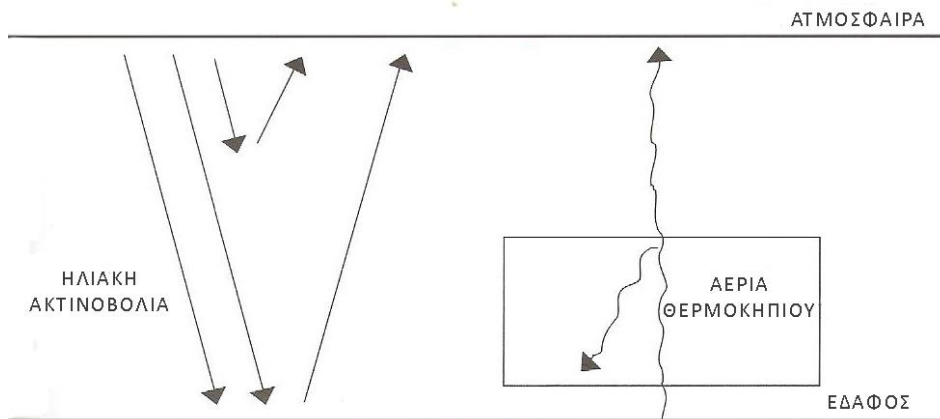
Οι ανάγκες για κίνηση των εργοστασίων και των μέσων μεταφοράς καθώς και οι ανάγκες των κτιρίων για θέρμανση, δροσισμό, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης συνέβαλλαν καθοριστικά στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Η υποβάθμιση αυτή επιδρά, έμμεσα, αρνητικά στον άνθρωπο, αφού οι επιπτώσεις πραγματοποιούνται σε όλους τους τομείς των πόλεων, όπως σε κτίρια, στο δημόσιο χώρο, στη φυσική και πολιτιστική κληρονομιά, στην αρχιτεκτονική, στο τοπίο, στις κοινωνικές σχέσεις και τις παραγωγικές δραστηριότητες. Την ευθύνη για αυτές τις επιπτώσεις φέρουν οι παρακάτω αιτίες, οι οποίες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την οποιαδήποτε προσπάθεια βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου (Καραβασίλη – Χονδρού, 1999).

- ✓ Η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), η οποία προέρχεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Κατά τη διάρκεια της καύσης αυτής συγκεντρώνονται ρυπογόνα αέρια στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας δημιουργώντας διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο, αφού εμφανίζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό είναι ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο τα ρυπογόνα αέρια δεσμεύουν μεγάλη ποσότητα εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τη γη προς το διάστημα, έχοντας ως αποτέλεσμα μέρος της ακτινοβολίας αυτής να εκπέμπεται εκ νέου προς τη γη, αυξάνοντας τη θερμοκρασία σε αυτή. Σήμερα οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> στον πλανήτη έχουν αυξηθεί σε ποσοστό 30% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, γεγονός που εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους, όπως λιώσιμο των πάγων στους πόλους της γης, αλλοίωση της χλωρίδας και της πανίδας και ερημοποίηση αρκετών εκτάσεων του πλανήτη.
- ✓ Η μείωση του πάχους του στρώματος του όζοντος, σε ποσοστό 50% σε σύγκριση με τις προηγούμενες δεκαετίες, που περιβάλλει τη γη εμποδίζοντας τη διείσδυση της επιβλαβούς ακτινοβολίας, η οποία έχει την ικανότητα να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο, όπως διάφορα είδη καρκίνου και ασθένειες των ματιών.
- ✓ Η αύξηση των εκπομπών των οξειδίων του θείου και του αζώτου, που εκλύουν τα εργοστάσια κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων, και τα οποία στην αέρια κατάστασή τους, όταν συναντήσουν νερό ή βροχή, δημιουργούν όξινες ενώσεις προκαλώντας καταστροφές στο δασικό πλούτο, όπως μείωση παραγωγής οξυγόνου και διάβρωση των εδαφών.
- ✓ Η αύξηση των ρύπων στις πόλεις, αφού πραγματοποιείται επικάθηση ενός θερμού στρώματος αέρα σε ένα ψυχρότερο στρώμα παρεμποδίζοντας τη διαφυγή των ρύπων των πόλεων προς την ατμόσφαιρα, εγκλωβίζοντάς τους στο εσωτερικό των πόλεων. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα φωτοχημικό νέφος, το οποίο εμφανίζεται συνήθως όταν δεν υπάρχουν άνεμοι, η θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή και η υγρασία είναι αυξημένη.
- ✓ Η εμφάνιση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, κατά το οποίο στη διάρκεια της ημέρας ο δομημένος χώρος, κυρίως τα κτίρια, η ασφαλτος και οι δρόμοι, συκρατούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας στην κατασκευής τους, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας τελείται

η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή η αποβολή της δεσμευμένης ποσότητας στην ατμόσφαιρα. Όμως, η πυκνή δόμηση των πόλεων, οι ελάχιστοι ελεύθεροι χώροι και η έλλειψη πρασίνου εμποδίζουν τη συνολική εκπομπή της θερμότητας των κατασκευών, με αποτέλεσμα τη συγκράτηση μέρους της θερμότητας καθημερινά, με προσθετικό χαρακτήρα, δημιουργώντας συνθήκες υπερθέρμανσης. Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας γίνεται έντονα αισθητό σε πόλεις με πυκνή και υψηλή δόμηση, λιγότερο σε περιαστικές περιοχές, ενώ στην ύπαιθρο δεν παρατηρείται.

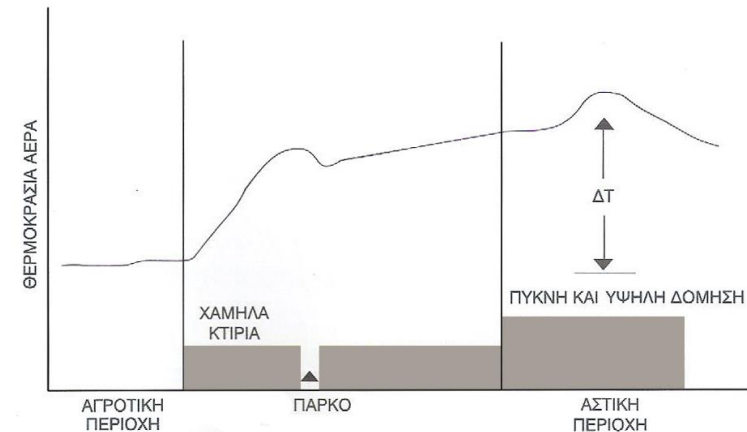
- ✓ Η θερμική μόλυνση, που οφείλεται στο γεγονός ότι όλες οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται υποβαθμίζονται τελικά σε θερμότητα, η οποία με τη σειρά της προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης. Αξιοσημείωτο είναι ότι υπολογίζεται ότι κάθε 35 χρόνια διπλασιάζεται η ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνεται, προκαλώντας αντίστοιχη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης κατά 1°C (Ανδρεαδάκη, 2006, Αριανούτσου κ.ά., 1999).

Εικόνα 2. Γραφική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου



Πηγή: Αριανούτσου κ.ά., 1999

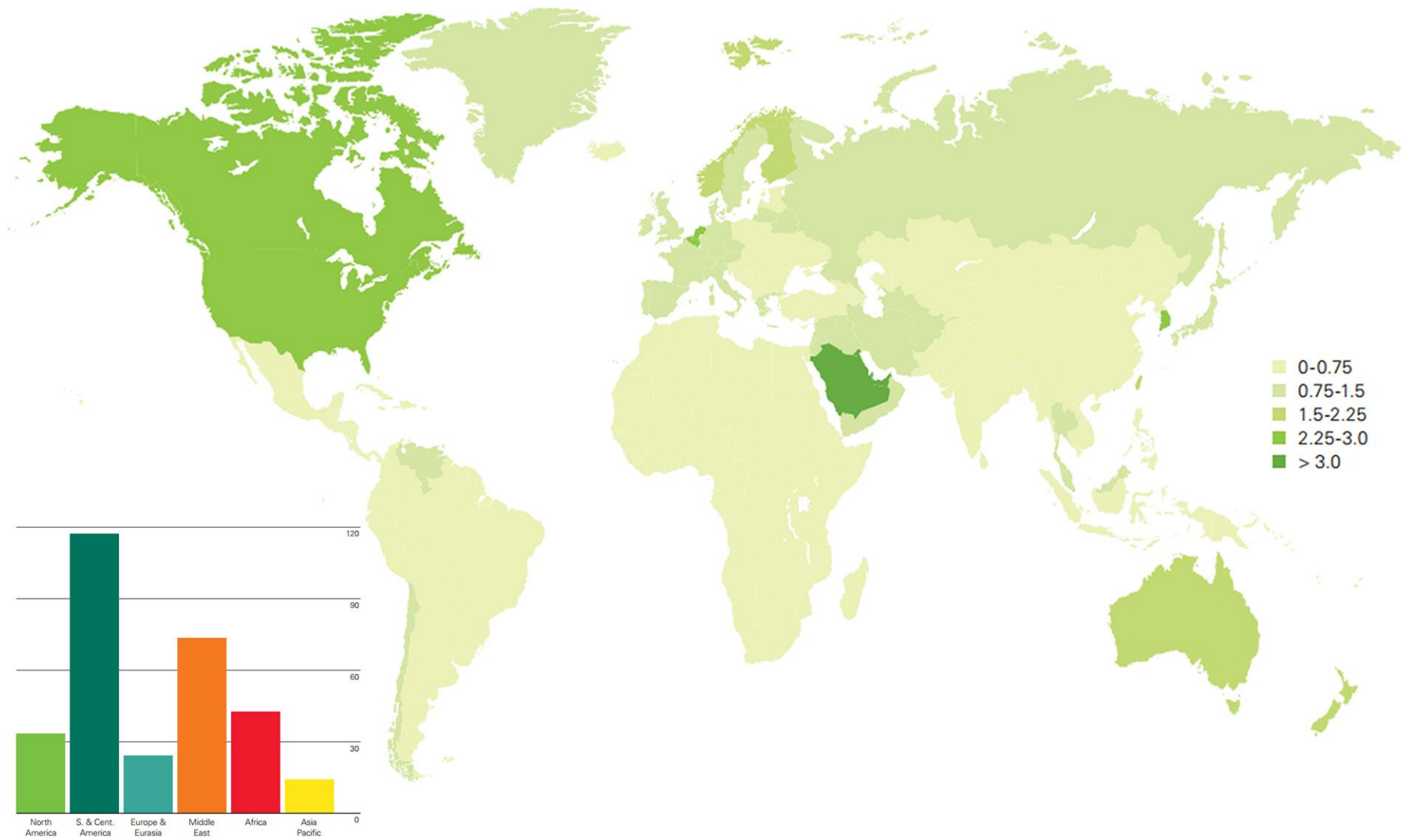
Εικόνα 3. Μεταβολές θερμοκρασίας ανά περιοχή, Θερμική νησίδα



Πηγή: Αριανούτσου κ.ά., 1999

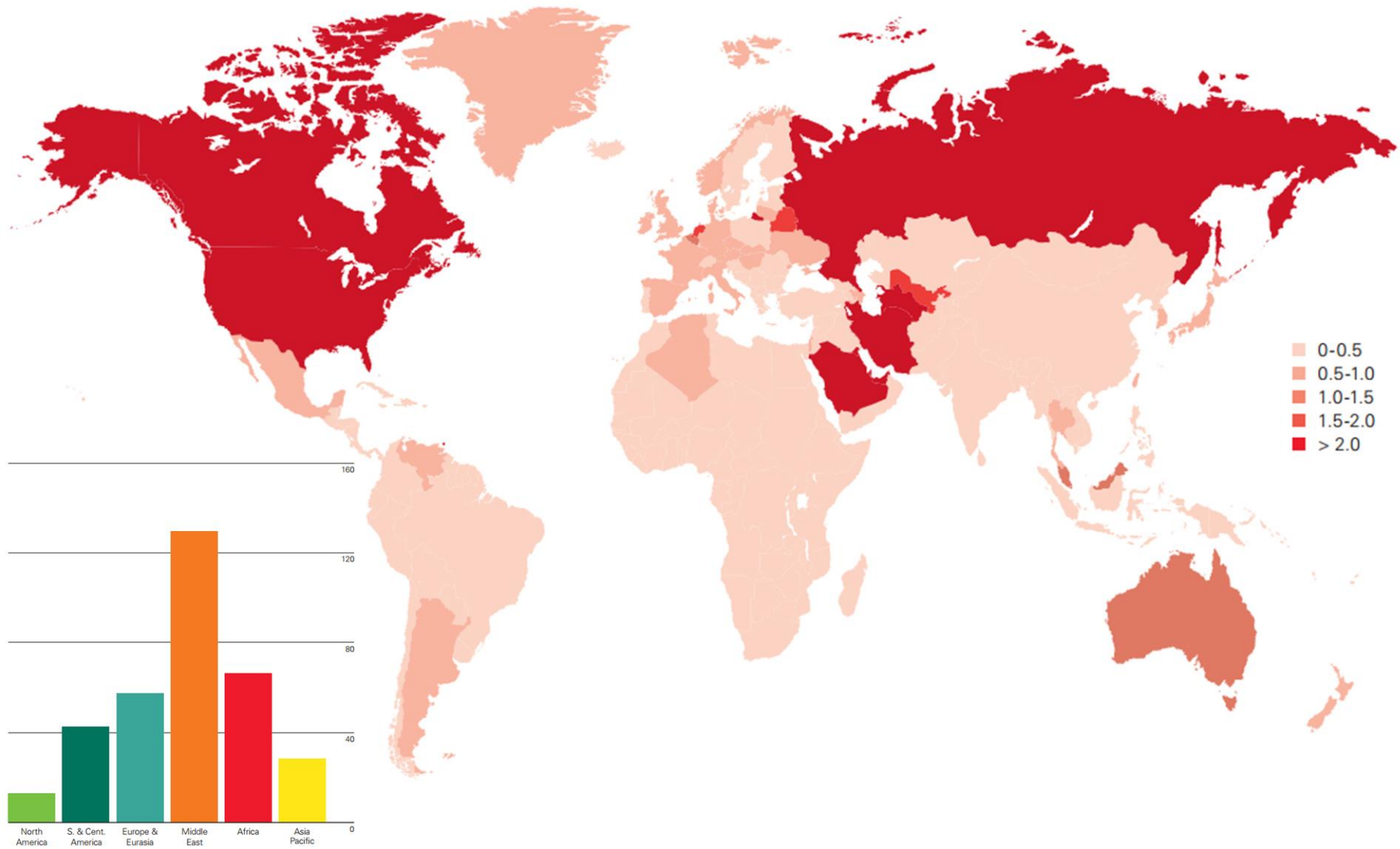
Το ενεργειακό πρόβλημα υφίσταται και μάλιστα σε επικίνδυνο βαθμό, γεγονός που ισχυροποιείται και από την παρακάτω απεικόνιση των ενεργειακών αποθεμάτων του πετρελαίου, του φυσικού αερίου και του άνθρακα, τα οποία διαρκώς μειώνονται ενώ οι απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας συνεχώς αυξάνονται.

Διάγραμμα 1. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα πετρελαίου το 2015



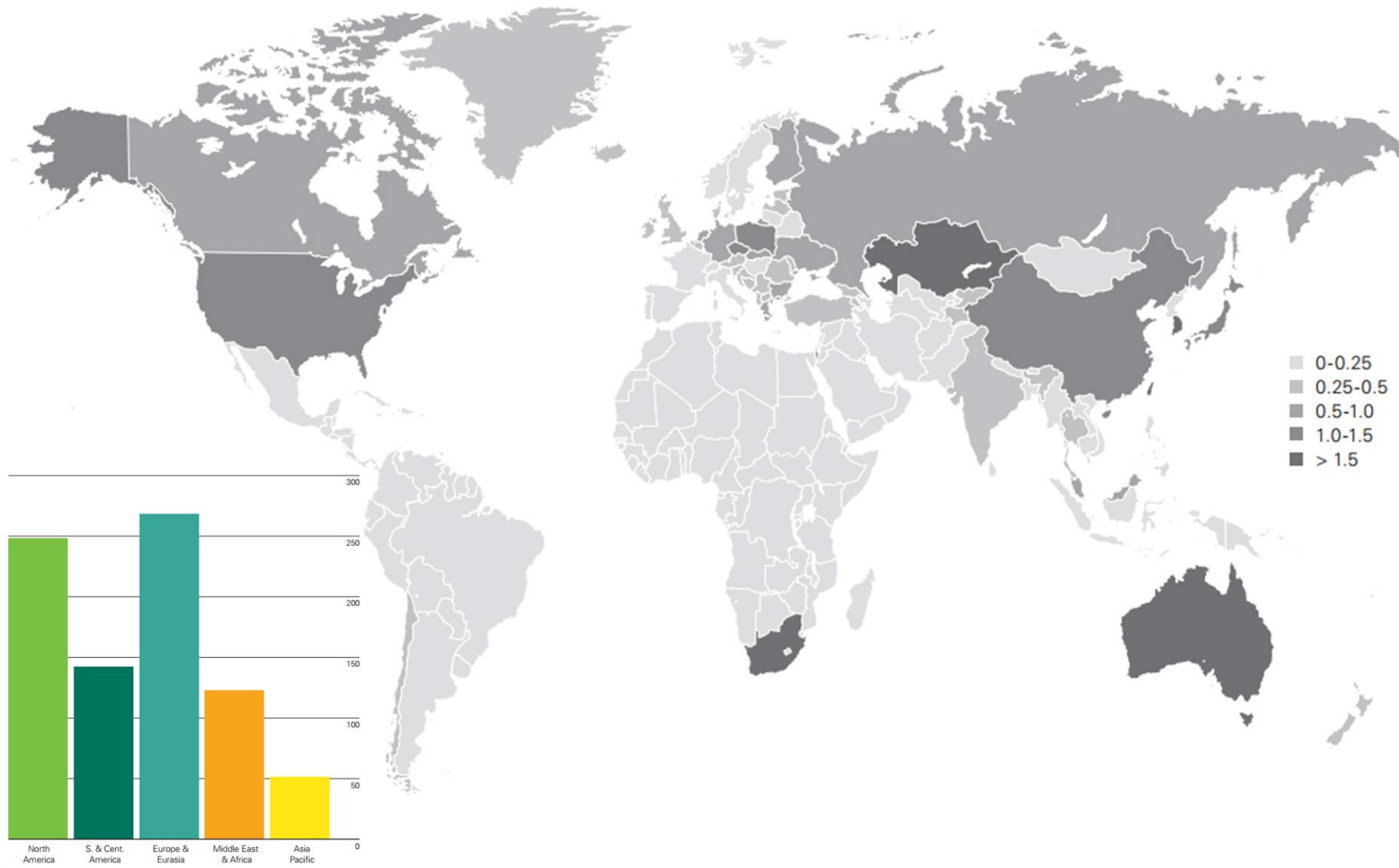
Πηγή: BP, 2016

Διάγραμμα 2. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα φυσικού αερίου το 2015



Πηγή: BP, 2016

Διάγραμμα 3. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα άνθρακα το 2015



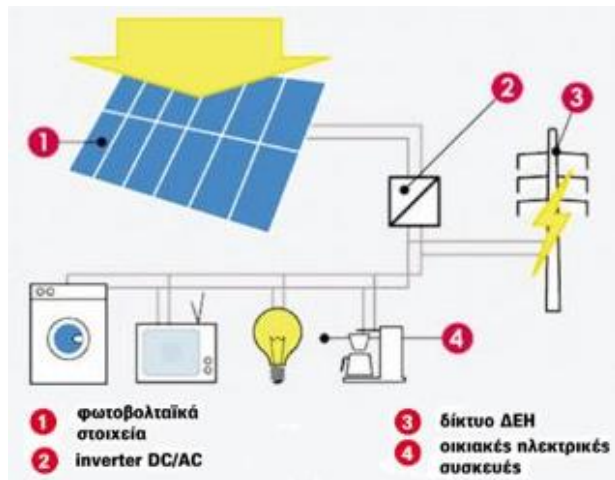
Πηγή: BP, 2016



Οι παραπάνω επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης χρήσης ενέργειας αποτέλεσαν, κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες, το έναυσμα για τη συνειδητοποίηση της ενεργειακής κρίσης, στην οποία εάν δε δοθεί η απαιτούμενη προσοχή θα δημιουργηθούν μη αναστρέψιμα αποτελέσματα. Στη σημερινή εποχή, όπου υπάρχει αύξηση της τιμής του πετρελαίου και αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος, διακρίνεται ότι ο άνθρωπος οδηγείται με δειλά βήματα στη χρησιμοποίηση καθαρών τεχνολογιών και στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Πρόκειται ουσιαστικά για ήπιες μορφές ενέργειας, όπως την ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, τη γεωθερμία, τη βιομάζα και την ενέργεια από τη θάλασσα, οι οποίες προέρχονται από τη φύση, είναι ανεξάντλητες και έχουν πλήρη αρμονία με το περιβάλλον (Καραβασίλη – Χονδρού, 1999).

Πιο συγκεκριμένα, η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται και μετατρέπεται άμεσα σε θερμότητα μέσω των ηλιακών θερμικών συστημάτων, δηλαδή των παθητικών και ενεργητικών συστημάτων, που εκμεταλλεύονται απευθείας τη θερμότητα που εκπέμπει ο ήλιος, και των φωτοβολταϊκών συστημάτων, που μετατρέπουν την ηλιακή δέσμη σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η αιολική ενέργεια παράγεται έμμεσα από την εκμετάλλευση των ανέμων μέσω των ανεμογεννητριών, ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια δημιουργείται σε περιοχές με αρκετές βροχοπτώσεις και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση, αφού επωφελείται την ύπαρξη νερού μέσω της χρήσης υδροηλεκτρικών έργων, όπως φραγμάτων, υδροστρόβιλων και υδατοταμιευτήρων (allaboutenergy.gr, 2016).

Εικόνα 4. Φωτοβολταϊκό σύστημα



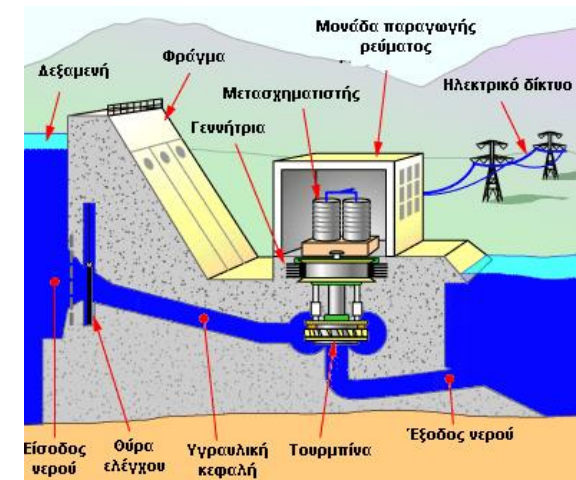
Πηγή: 4green.gr, 2016

Εικόνα 5. Ανεμογεννήτριες



Πηγή: Καϊτατζής, 2014

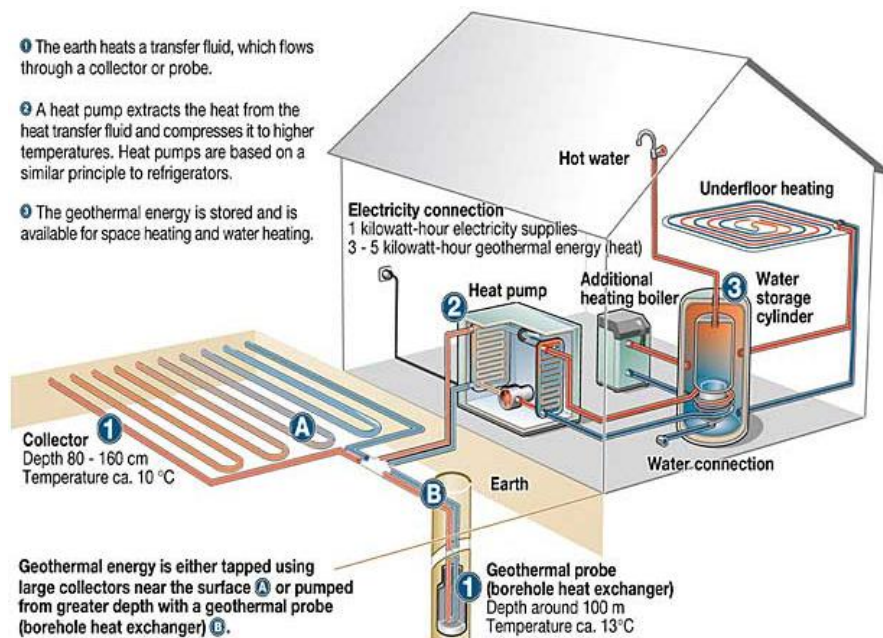
Εικόνα 6. Λειτουργία υδροηλεκτρικής μονάδας



Πηγή: Δήμος Καστοριάς, 2016

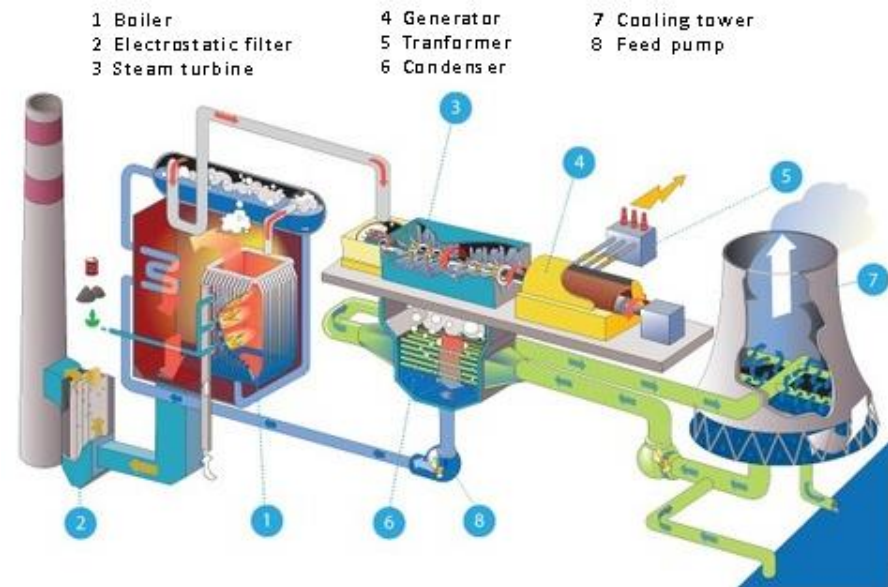
Ως γεωθερμική ενέργεια νοείται το αποθηκευμένο μέρος της θερμότητας στη γη με τη μορφή θερμού νερού, ατμού ή πετρωμάτων, που βρίσκεται σε βάθος έως τρία χιλιόμετρα (3km) από την επιφάνεια της γης, και χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Όσο αφορά τη βιομάζα αποτελεί το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων, όπως της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της δασοκομίας κ.ά., η οποία παράγεται ουσιαστικά μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, αφού τα φυτά δεσμεύουν και μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα, η οποία με τη σειρά της παράγει ενέργεια με τη μέθοδο της αεριοποίησης και των συστημάτων ORC. Τέλος, η ενέργεια που δημιουργείται από τη θάλασσα αφορά την εκμετάλλευση της κίνησης των κυμάτων, τη δέσμευση νερού από τις παλίρροιες και την αξιοποίηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του θερμού επιφανειακού νερού και του ψυχρού νερού του πυθμένα (allaboutenergy.gr, 2016).

Εικόνα 7. Λειτουργία γεωθερμικού συστήματος



Πηγή: me-con.gr, 2016

Εικόνα 8. Διαδικασία αεριοποίησης



Πηγή: proteus-power.gr, 2016

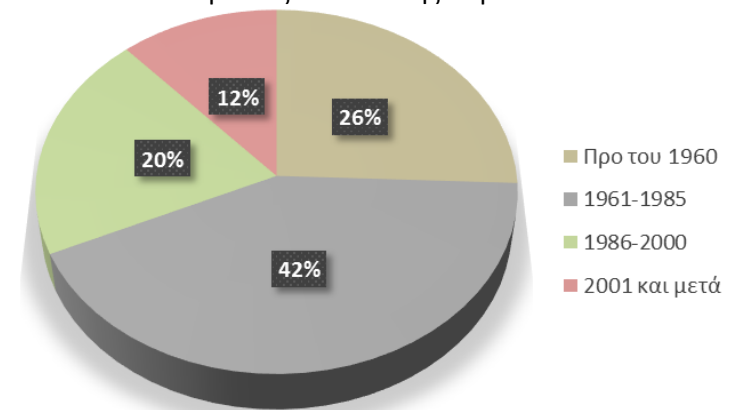
Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία των κτιρίων επιδρά στα αποθέματα των φυσικών πόρων και στην ποιότητα του περιβάλλοντος, αφού ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται, και μάλιστα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο φτάνει σε ποσοστό 40%, έχοντας την τάση συνεχώς να αυξάνεται. Η Ελλάδα διαθέτει ένα σημαντικό κτιριακό απόθεμα το οποίο, βάσει της απογραφής της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής το 2011, ανέρχεται 4.105.637 κτίρια, με σχεδόν το 60% των κτιρίων αυτών να έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980, γεγονός που καταδεικνύει ότι σε ένα μεγάλο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος δεν έχει εφαρμοστεί σχεδόν κανένα σύστημα θερμομόνωσης. Σε αυτό έρχεται να προστεθεί και η εισχώρηση του κλιματισμού τα τελευταία χρόνια στα κτίρια, αυξάνοντας κατά πολύ την ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού αποθέματος (Σανταμούρης, 2011).

Πίνακας 1. Κτιριακό απόθεμα

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ
Προ του 1960	1.051.957
1961-1985	1.746.183
1986-2000	830.990
2001 και μετά (περιλαμβάνονται και τα υπό κατασκευή)	476.507
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4.105.637</b>

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2011 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 9. Περίοδος κατασκευής κτιρίων σε ποσοστά

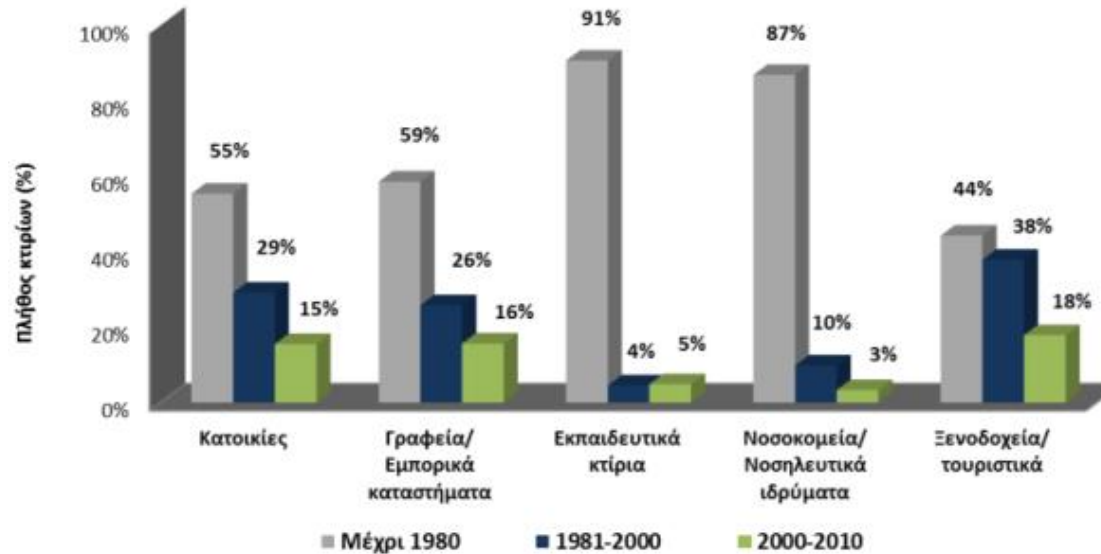


Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2011 (ιδία επεξεργασία)

Συγκεκριμένα, η ενεργειακή κατανάλωση των δημόσιων κτιρίων ποικίλλει, λόγω των ιδιαίτερων λειτουργικών αναγκών τους, με ιδιαίτερη περίπτωση αυτή των σχολικών κτιρίων, όπου η περίοδος λειτουργίας τους διαφέρει κατά πολύ από τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια. Στην Ελλάδα υπάρχουν πάνω από 15.000 δημόσια σχολικά κτίρια όλων των βαθμίδων, τα οποία με τη σειρά τους, εξυπηρετούν συνολικά περισσότερους από 1.600.000 μαθητές. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των σχολικών αυτών κτιρίων ανέρχεται περίπου σε 270.000MWH, ποσό όμως που ουσιαστικά δεν καλύπτει τις πραγματικές ενεργειακές ανάγκες, αφού είναι αρκετές οι περιπτώσεις όπου δεν επικρατούν οι βασικές συνθήκες άνεσης. Αυτό οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει κατά

τη διάρκεια του χρόνου, όπου παρατηρείται το φαινόμενο του ψύχους κατά τους χειμερινούς μήνες και της ζέστης κατά τους θερινούς τόσο από τους μαθητές όσο και από τους διδάσκοντες. Σε αυτό έρχεται να προστεθούν οι δυσμενείς συνθήκες φωτισμού που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους των σχολικών κτιρίων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και η παλαιότητα κατασκευής των περισσότερων κτιρίων, αφού διακρίνονται από έλλειψη εφαρμογής συστημάτων θερμοπροστασίας, όπως μόνωση, διπλοί υαλοπίνακες κ.ά., καθιστώντάς τα αρκετά ενεργοβόρα (Ο.Σ.Κ. – β, 2008).

Διάγραμμα 4. Περίοδος κατασκευής ανά κατηγορία κτιρίου



Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2016 (ιδία επεξεργασία)

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία το ενεργειακό πρόβλημα όχι μόνο υφίσταται, αφού δημιουργείται από την αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων για την κάλυψη συνεχώς αυξανόμενων αναγκών, αλλά οδηγεί αναπόφευκτα στην επιβάρυνση και τελική καταστροφή του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, έτσι ώστε να επιτευχθούν οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία με τη σειρά τους θα βελτιώσουν τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Οι επεμβάσεις στο δομημένο χώρο πρέπει να είναι ήπιες, έχοντας ως βασικό άξονα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι φιλικές με το περιβάλλον και μπορούν να επιφέρουν θετικά αποτελέσματα.

## 1.2. Κλιματική Αλλαγή

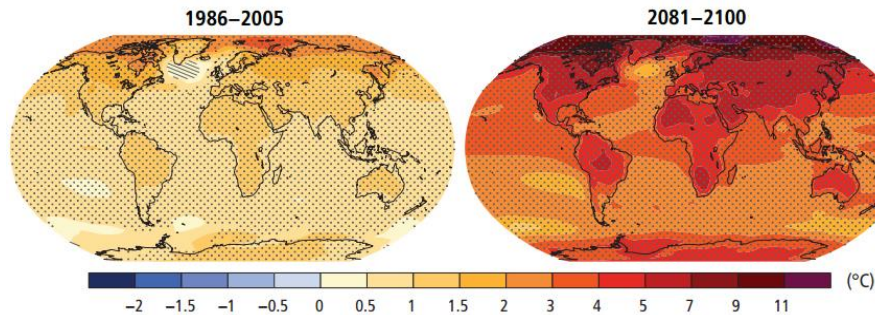
Το κλίμα μιας περιοχής χαρακτηρίζεται από τρία διαφορετικά επίπεδα, το μακροκλίμα, το μεσοκλίμα και το μικροκλίμα του. Το μακροκλίμα χαρακτηρίζεται από τα κλιματικά δεδομένα που έχει μια περιοχή, όπως είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και οι βροχοπτώσεις, ενώ το μεσοκλίμα αποτελεί το μετασχηματισμό του μακροκλίματος μιας περιοχής ως προς τις τοπικές ιδιαιτερότητες του, όπως είναι το ανάγλυφο του εδάφους και η αναλογία ύπαρξης επιφανειών νερού και βλάστησης. Όσο αναφορά το μικροκλίμα αποτελεί τη διαφοροποίηση του μακροκλίματος και μεσοκλίματος λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων, όπως είναι ο δομημένος χώρος και οι καλλιέργειες. Οποιαδήποτε αλλαγή στο σχεδιασμό σε μικροκλιματικό επίπεδο μπορεί να εξασφαλίσει σημαντικά οφέλη, αφού οι κλιματικές συνθήκες ενός τόπου προσδίδουν θετικά και αρνητικά αποτελέσματα τόσο στην άνεση των ενοίκων όσο και στη χρήση ενέργειας (Adriaens et al., 1993).

Οι σημερινές αλλαγές που έχουν καταγραφεί για το κλίμα παγκοσμίως δείχνουν ότι πραγματοποιήθηκαν με ρυθμούς πολύ μεγαλύτερους από εκείνους της φυσικής ροής των κλιματικών μεταβολών των παλαιότερων χρόνων. Η Διακυβερνητική Επιτροπή του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία της διεθνούς κοινότητας για την αντιμετώπιση της ρύπανσης και τον περιορισμό των παραμέτρων που συντελούν στην κλιματική αλλαγή. Το 1990 συνέταξε την 1<sup>η</sup> Έκθεση Εκτίμησης, στην οποία τεκμηριώνεται η μεταβολή του κλίματος λόγω της αλόγιστης ανθρώπινης παρέμβασης στη φύση, επιφέροντας σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μείωση της στοιβάδας του όζοντος κ.ά. που έχουν αναφερθεί στην παραπάνω ενότητα. Η χρήση και διαχείριση των φυσικών πόρων, οι αυξανόμενες αστικές συγκεντρώσεις και οι σύγχρονοι μέθοδοι καλλιέργειας συμβάλλουν στην επιδείνωση των φαινομένων αυτών, έχοντας σαν αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη, τη μεταβολή της σύστασης των εδαφών, των ωκεανών και της ατμόσφαιρας καθώς και τη συρρίκνωση της βιοποικιλότητας (Καραβασίλη – Χονδρού, 1999).

Πιο συγκεκριμένα, οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής μπορεί να είναι άμεσα ορατές ή δύσκολα αντιληπτές αλλά εξίσου σοβαρές για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υπόσταση. Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας, στη λειψυδρία και τη ξηρασία, επιδρώντας αρνητικά στον υδροφόρο ορίζοντα, στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων και δασικών πυρκαγιών, προκαλώντας με αργούς ρυθμούς την κατάρρευση των οικοσυστημάτων. Επίσης, σημαντική είναι η απειλή που επιφέρει στον άνθρωπο με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του, όπως μολυσματικές ασθένειες, υποσιτισμό, αλλεργικές παθήσεις, διαταράσσοντας ακόμη και τη ψυχική του υγεία (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 2003).

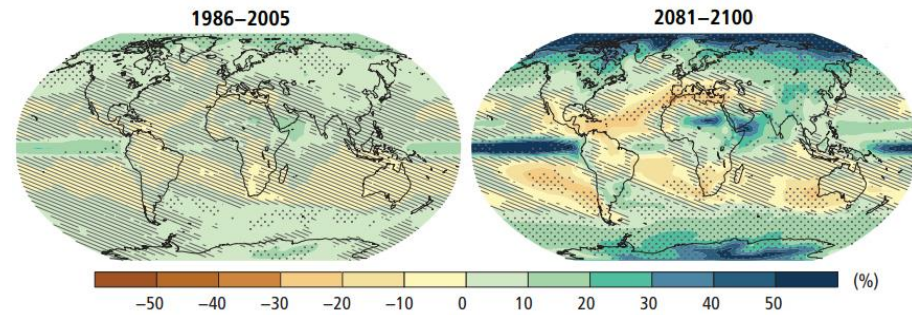
Σε όλα αυτά έρχονται να προστεθούν και οι απαισιόδοξες προβλέψεις της 5<sup>ης</sup> Έκθεσης Αξιολόγησης για την Κλιματική Αλλαγή, οι οποίες κάνουν λόγο για άνοδο της θερμοκρασίας από 1,8 έως 6,4°C, της υγρασίας κατά 5 έως 20%, της στάθμης της θάλασσας κατά 0,30 έως 1 μέτρο, της έντασης και της συχνότητας των βροχοπτώσεων από σήμερα μέχρι το 2100. Εάν οι προβλέψεις αυτές επαληθευτούν θα αποτελέσουν τη μεγαλύτερη κλιματική μεταβολή στον πλανήτη, αρκεί να αναφερθεί ότι μία αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5,5°C, από την εποχή των παγετώνων, γλίτωσε το βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη από τον κίνδυνο να θαφτεί κάτω από τους πάγους, γεγονός που επιφέρει δραματικές συνέπειες στην ύπαρξη ζωής στον πλανήτη (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 2003, IPCC, 2014).

Εικόνα 10. Μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας



Πηγή: IPCC, 2014

Εικόνα 11. Μεταβολή της μέσης βροχόπτωσης



Πηγή: IPCC, 2014

Ειδικότερα, οι προβλέψεις για την Ελλάδα την περίοδο 2020 – 2050, σύμφωνα με επιστημονική μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για λογαριασμό του WWF Ελλάς, δεν είναι ενθαρρυντικές. Κατά τα επόμενα χρόνια οι κάτοικοι των περισσότερων πόλεων θα υπόκεινται ετησίως σε περισσότερες μέρες καύσωνα και σε λιγότερες μέρες βροχοπτώσεις, με μεγαλύτερη όμως ένταση των ακραίων βροχοπτώσεων, αυξάνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιάς και ερημοποίησης αρκετών εκτάσεων καθώς και τη μείωση της διαθεσιμότητας του νερού (Σταμέλλος, 2015, WWF Ελλάς, 2009).

Με βάση τα στοιχεία που παρατίθενται θεωρείται απαραίτητη η παγκόσμια προσπάθεια για την άσκηση πολιτικής και τη λήψη μέτρων, προκειμένου να περιοριστούν οι ανεξέλεγκτες εκπομπές των ρυπογόνων ουσιών και η αναμενόμενη κλιματική μεταβολή. Προωθούνται εθελοντικές συμφωνίες και οικονομικά κίνητρα μεταξύ βιομηχανικών και δημόσιων αρχών, ενώ σημαντικά είναι τα μέτρα που περιλαμβάνουν έρευνα και ανάπτυξη καθώς και πληροφόρηση και εκπαίδευση. Όσο αφορά τον αγροτικό τομέα τα μέτρα

περιλαμβάνουν τη χρήση λιπασμάτων και τη βελτίωση της διαχείρισης των απορριμμάτων, ενώ στον κτιριακό τομέα τα μέτρα εστιάζονται σε νέα πρότυπα φιλικά στο περιβάλλον, όπως ο σχεδιασμός βάσει της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο, καθώς και σε εκστρατείες ενημέρωσης του κοινού. Ουσιαστικά απαιτείται μια συνειδητή αλλαγή στην οργάνωση της δομής και λειτουργίας των πόλεων, στη διαχείριση του χώρου και τη στροφή προς τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας για τη δημιουργία περιβαλλοντικού, κοινωνικού και οικονομικού οφέλους. Όλα αυτά πρέπει να πραγματοποιηθούν με γνώμονα την προσαρμογή στις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες ενός τόπου, έτσι ώστε ο άνθρωπος και κάθε έμβιο όν σε αυτό να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης, ανάπτυξης και αναπαραγωγής του σε πλήρη ισορροπία με τη φύση (Καραβασίλη – Χονδρού, 1999).

### 1.3. Θεσμικό Πλαίσιο

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, διακρίνοντας το μεγάλο κίνδυνο που επιφέρει η Κλιματική Αλλαγή, μέσω της υπερθέρμανσης της επιφάνειας της γης, δεν έμεινε άπραγη αλλά θέσπισε το 2009 μια ολοκληρωμένη πολιτική για την ενέργεια και την Κλιματική Αλλαγή με φιλόδοξους στόχους έως το 2020, όπως:

- ✓ 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/ 29/ΕΚ,
- ✓ 20% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- ✓ 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση 4% σε όλους τους τομείς σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Με το Ν.3851/2010, η Ελλάδα προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης – ψύξης και 10% στις μεταφορές (ΥΠΕΚΑ, 2009). Έως σήμερα, έχει επιτευχθεί μόλις το 55% αυτού του στόχου, ενώ επιτεύχθηκε λιγότερο από το 80% του ενδιάμεσου στόχου που προβλεπόταν για το 2014 (ΣΕΦ, 2011).

Αργότερα, το 2010 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε ακόμη μία Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, έχοντας ως βασικό στοιχείο την επίτευξη των πιο μακροπρόθεσμων στόχων, δηλαδή των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB), και συγκεκριμένα αναφέρεται ότι:

- ✓ έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και

- ✓ μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές η Ευρωπαϊκή Κοινότητα λαμβάνει συνεχώς αρκετές νομοθετικές ρυθμίσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων της Ευρώπης, τις οποίες η ελληνική πλευρά προσπαθεί να εναρμονίσει με το εθνικό της δίκαιο. Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας της αντίστοιχης αυτής εναρμόνισης, έτσι ώστε να κατανοηθεί καλύτερα το δαιδαλώδες θεσμικό πλαίσιο.

Πίνακας 2. Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας βάσει των Ευρωπαϊκών Οδηγιών

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
	<p><b>ΦΕΚ 362Δ/04.07.1979:</b> Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων</p> <p><b>ΦΕΚ 880B/19.08.1998:</b> <u>ΚΥΑ 21475/4707</u></p> <p>«Περιορισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub> με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων»</p>
<p><b>Οδηγία 2002/91</b> για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων</p>	<p><b>ΦΕΚ 89A/19.05.2008:</b> <u>Νόμος 3661/2008</u></p> <p>«Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις»</p> <p><b>ΦΕΚ 85A/04.06.2010:</b> <u>Νόμος 3851/2010</u></p> <p>«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»</p> <p><b>ΦΕΚ 407B/09.04.2010:</b> <u>ΥΑ Δ6/Β/οικ. 5825</u></p> <p>«Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων»</p> <p><b>ΦΕΚ 177A/06.10.2010:</b> <u>ΠΔ 100/2010</u></p> <p>«Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»</p>



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
<p><b>Οδηγία 2006/32</b> για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες</p>	<p><b>ΦΕΚ 1122B/17.06.2008:</b> <u>ΥΑ Δ6/Β/14826</u> «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα»</p> <p><b>Υπουργείο Ανάπτυξης 2008:</b> 1<sup>ο</sup> Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ)</p> <p><b>ΦΕΚ 95A/23.06.2010:</b> <u>Νόμος 3855/2010</u> «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις»</p> <p><b>ΦΕΚ 1228B/14.06.2011:</b> Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών (ESCOs). Λειτουργία, Μητρώο, Κώδικας Δεοντολογίας και συναφείς διατάξεις</p> <p><b>ΥΠΕΚΑ 2011:</b> 2<sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ</p>
<p><b>Οδηγία 2010/31</b> για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων</p>	<p><b>ΦΕΚ 42A/19.02.2013:</b> <u>Νόμος 4122/2013</u> «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις»</p>
<p><b>Οδηγία 2012/27</b> για την ενεργειακή αποδοτικότητα</p>	<p><b>ΦΕΚ 143A/09.11.2015:</b> <u>Νόμος 4342/2015</u> «Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012 «Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ», όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2013/12/ΕΕ του Συμβουλίου της 13ης Μαΐου 2013 «Για την προσαρμογή της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, λόγω της προσχώρησης της Δημοκρατίας της Κροατίας» και άλλες διατάξεις»</p>

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2016 (ιδία επεξεργασία)

Στο πλαίσιο της τελευταίας Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή αποδοτικότητα, τίθεται η επίτευξη ορισμένων εθνικών στόχων, όπως η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας να φτάσει τα 18,4Mtoe το 2020 κ.ά., στοιχεία που δίνονται συγκεντρωτικά στον αμέσως επόμενο πίνακα.

Πίνακας 3. Ενδεικτικός στόχος ενεργειακής απόδοσης σε εθνικό επίπεδο βάσει της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ

	ΕΤΟΣ			
	2007	2009	2011	ΣΤΟΧΟΣ 2020
Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	31,5	30,5	27,8	<b>25,4</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (Mtoe)	30,7	29,6	26,9	<b>24,7</b>
Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	22,1	20,5	18,9	<b>18,4</b>
Ενεργειακή ένταση πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,137	0,128	0,129	<b>0,109</b>
Ενεργειακή ένταση τελικής κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,099	0,089	0,091	<b>0,081</b>

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2016 (ιδία επεξεργασία)

Τα παραπάνω στοιχεία καθιστούν επιτακτική την ανάγκη επανασχεδιασμού του κτιριακού τομέα της Ελλάδας, με βάση τα βιοκλιματικά κριτήρια, με έμφαση τα δημόσια κτίρια, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη ενεργειακή αναβάθμιση. Σύμφωνα με την πρόσφατη πρόταση και στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ποσοστό 20% το 2020 και σε συνδυασμό με τα χρηματοδοτικά εργαλεία που προσφέρει μπορεί να πραγματοποιηθεί μία προσπάθεια εφαρμογής. Όσο αναφορά τις σχολικές υποδομές οι αρμοδιότητες τους ανήκουν στον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων (Ο.Σ.Κ.), ο οποίος τα τελευταία χρόνια έχει χρηματοδοτήσει την ανέγερση βιοκλιματικών σχολείων σε μικρό αριθμό. Επίσης, σημαντική είναι και η πρόσκληση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την υποβολή προτάσεων χρηματοδότησης ανέγερσης βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) και τον Ο.Σ.Κ. Δυστυχώς όμως, οι χρηματοδοτήσεις αυτές αφορούν σε νέες ανεγέρσεις και όχι σε ήδη υπάρχοντα κτίρια, γεγονός που επιβάλλει την προώθηση περαιτέρω δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης παλαιότερων σχολικών μονάδων, τα οποία στην πλειονότητά τους είναι κατασκευασμένα πριν αρκετές δεκαετίες (medsos.gr, 2016).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ



Η αρχιτεκτονική εκφράζεται μέσα από το σεβασμό και την κατανόηση της έννοιας τόπος. Η λέξη «τόπος» ή τοπίο, προσδιορίζει το πολιτισμικό στοιχείο, όπου στην απλή περίπτωση αναφέρεται στην αντίληψη και ερμηνεία του τόπου, ενώ στη σύνθετη περίπτωση περιέχει τη δομική και κατασκευαστική παρέμβαση. Με λίγα λόγια, αποτελεί έναν πολιτισμικά επεξεργασμένο τόπο, όπου συμβιώνει ο φυσικός σχεδιασμός, η υλική παρουσία των αστικών δομών και το πολιτισμικό εύρος του αστικού φαινομένου, το οποίο αντιπροσωπεύει τον αισθητικό χαρακτήρα της περιοχής. Πρόκειται, ουσιαστικά, για το αποτέλεσμα των σχέσεων μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών και πολιτισμικών δραστηριοτήτων, αποτελώντας τη βάση του πολιτισμού. Στη σημερινή εποχή η ενασχόληση με τον τόπο και το τοπίο είναι επιτακτική λόγω της οικολογικής φθοράς που επικρατεί, αναγκάζοντας τον πολιτισμό, και κατ' επέκταση τον άνθρωπο, να δράσει ενεργά για το ευρύτερο περιβάλλον του, εστιάζοντας περισσότερο στη φυσική του διάσταση (Μπαλή και Μπαλή, 2012, Μωραϊτίης, 2015).

Στην ιστορία της αρχιτεκτονικής έχει διαπιστωθεί ότι το ενεργειακό στοιχείο αποτελούσε καθοριστικό παράγοντα για τη δημιουργία ενός ορθότερου σχεδιασμού προσαρμοσμένου, όσο το δυνατόν, στις εκάστοτε ειδικές κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου. Για το λόγο αυτό, η γνώση του «τόπου» αλλά και των ορίων του βοηθά καλύτερα στη σύνθεση ενός οικολογικού σχεδιασμού τόσο των πόλεων όσο και των κτιρίων, επιτυγχάνοντας την προσαρμογή των ανθρώπινων απαιτήσεων χωρίς να απειλείται το φυσικό περιβάλλον. Η χρήση της φυσικής ενέργειας και η αξιοποίηση των φυσικών φαινομένων και της γενικότερης λογικής της φύσης, οδηγούν στο κοινό συμφέρον δημιουργώντας μία αίσθηση μέτρου και ορθολογισμού. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται μια αρμονική συνδιαλλαγή αλλά και συνύπαρξη του ανθρώπου με τη φύση (Κοντορούπης, 2003).

Οι παραπάνω γνώσεις είναι άρρηκτα συνδεδεμένες και αξιοποιούνται επαρκώς από τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, η οποία αποτελεί τον κατ' εξοχήν οικολογικό τρόπο προσέγγισης του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, πληρώνοντας όλα τα κριτήρια προσαρμογής στον τόπο μιας περιοχής. Σύμφωνα και με τον ορισμό του βιοκλιματικού σχεδιασμού:

*«ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές τους ανάγκες όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας» (ΦΕΚ 880B/19.08.1998).*

Με βάσει τον ορισμό διαπιστώνεται ότι βασικός στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί ο περιορισμός της ρύπανσης από τα επικίνδυνα απόβλητα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, λόγω της υπέρμετρης χρήσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην αποτελεσματικότερη προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση των φυσικών πόρων σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα είδος σχεδιασμού που προσπαθεί να περιορίσει τη χρήση

συμβατικών μορφών ενέργειας σε κτίρια προωθώντας τη χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και φιλικών προς το περιβάλλον οικοδομικών υλικών, επιτυγχάνοντας την περιβαλλοντική και ενεργειακή απόδοσή τους. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το εκάστοτε έργο, το οποίο δημιουργείται, να εναρμονίζεται πλήρως στον «τόπο» σεβόμενο τα φυσικά οικοσυστήματα, την ιστορία και τις ιδιαιτερότητές του (Ανδρεαδάκη, 2006).

## 2.1. Ιστορική Αναδρομή Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής

Στη σημερινή εποχή παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων χαρακτηρίζεται από μια ομοιομορφία και τυποποίηση λόγω της έντονης ανάγκης για τη δημιουργία όλο και περισσότερου δομημένου χώρου, παραγκωνίζοντας την αξία του φυσικού περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εφαρμογή κυρίως παθητικών βιοκλιματικών συστημάτων, όπως είναι η κεντρική θέρμανση και ο κλιματισμός, τα οποία ικανοποιούν τη θερμική άνεση των χρηστών, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων. Έτσι, τα κτίρια, στο σύνολό τους, έχουν φτάσει στο σημείο να αποτελούν «άρρωστα» και ενεργοβόρα συστήματα.

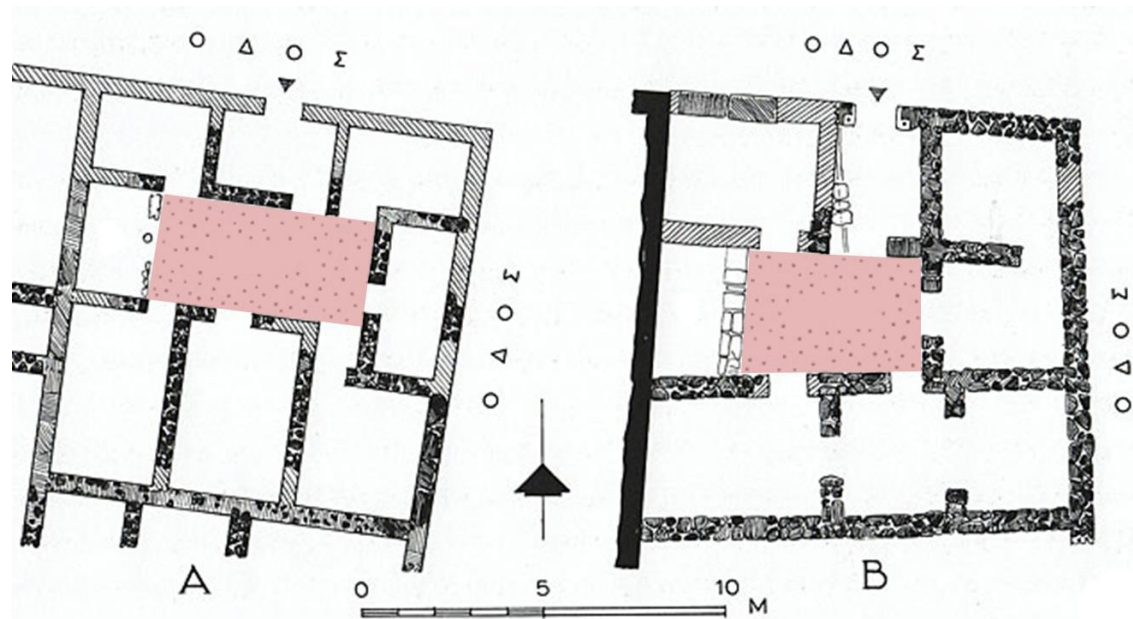
Τις τελευταίες δεκαετίες έρχεται ξανά στο προσκήνιο το βιοκλιματικό στοιχείο, θέλοντας να υπενθυμίσει ότι η φύση και ο πολιτισμός είναι στοιχεία όπου πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους και δεν πρέπει να διαχωρίζονται. Εξάλλου, το κλίμα παίζει καθοριστικό ρόλο στην αρχιτεκτονική σύνθεση, γεγονός που ισχυροποιείται και από τα διάφορα τυπολογικά στοιχεία που εμφανίζει η ελληνική αρχιτεκτονική κληρονομιά. Η ιστορία της αρχιτεκτονικής δείχνει ότι οι ενεργειακές θεωρήσεις έπαιζαν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό χωρίς, ταυτόχρονα, να υποβαθμίζουν άλλους παράγοντες εξίσου σημαντικούς για τον άνθρωπο. Τέτοια στοιχεία του παρελθόντος αποτελούν η εσωτερική περικλειστή αυλή, οι διάφορες μορφές υπόστεγου χώρου, γνωστού και ως ημιυπαίθριου, και το ηλιακό αίθριο – φωταγωγός, όπου και αναλύονται διεξοδικά παρακάτω (Κοντορούπης, 2003).

### ❖ Εσωτερική περικλειστή αυλή

Η εσωτερική περικλειστή αυλή αποτελεί το μακροβιότερο στοιχείο της ελληνικής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς όπου ουσιαστικά πρόκειται για ένα εσωτερικό προστατευμένο χώρο, ο οποίος είναι υπαίθριος. Πιο συγκεκριμένα, οι χώροι διατάσσονται περιμετρικά της αυλής, με την κατοικία να καταλαμβάνει ένα μέρος και το υπόλοιπο να περιστοιχίζεται από υψηλή, φρουριακού χαρακτήρα, περίφραξη. Ο φωτισμός και οι προσπελάσεις πραγματοποιούνται μόνο από την αυλή, στοιχεία που υποδηλώνουν μία τάση απομόνωσης. Τη δημιουργία αυτής της

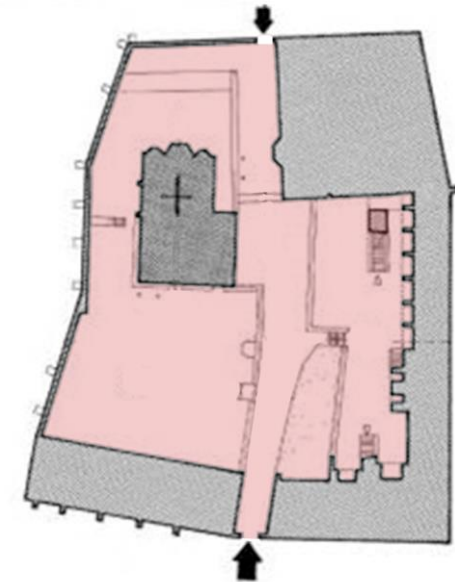
απομόνωσης εκμεταλλεύτηκε η μοναστηριακή αρχιτεκτονική, καθιερώνοντας την εσωτερική περικλειστη αυλή ως βασική αρχή της. Η αυλή είναι ο βασικός πυρήνας, γύρω από τον οποίο αναπτύσσεται η σύνθεση των επιμέρους κτιρίων, αποτελώντας το κέντρο λατρείας και συνάθροισης πιστών και μοναχών. Το τυπολογικό αυτό στοιχείο συναντάται καθ' όλη την ιστορική εξέλιξη, των αρχαίων ελληνικών χρόνων, των ρωμαϊκών, των βυζαντινών και της Τουρκοκρατίας και εκτείνεται σε όλη την ελληνική επικράτεια, σε νησιωτικά και ορεινά μέρη, από το βορρά έως το νότο (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

Εικόνα 12. Οικίες της Αθηναϊκής Αγοράς: Α 5ου αιώνα π.Χ. και Β 12ου αιώνα μ.Χ.



Πηγή: Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 2016 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 13. Μονή Καισαριανής 11<sup>ου</sup> αιώνα, Αθήνα



Πηγή: Μπαλλής, 2015 (ιδία επεξεργασία)

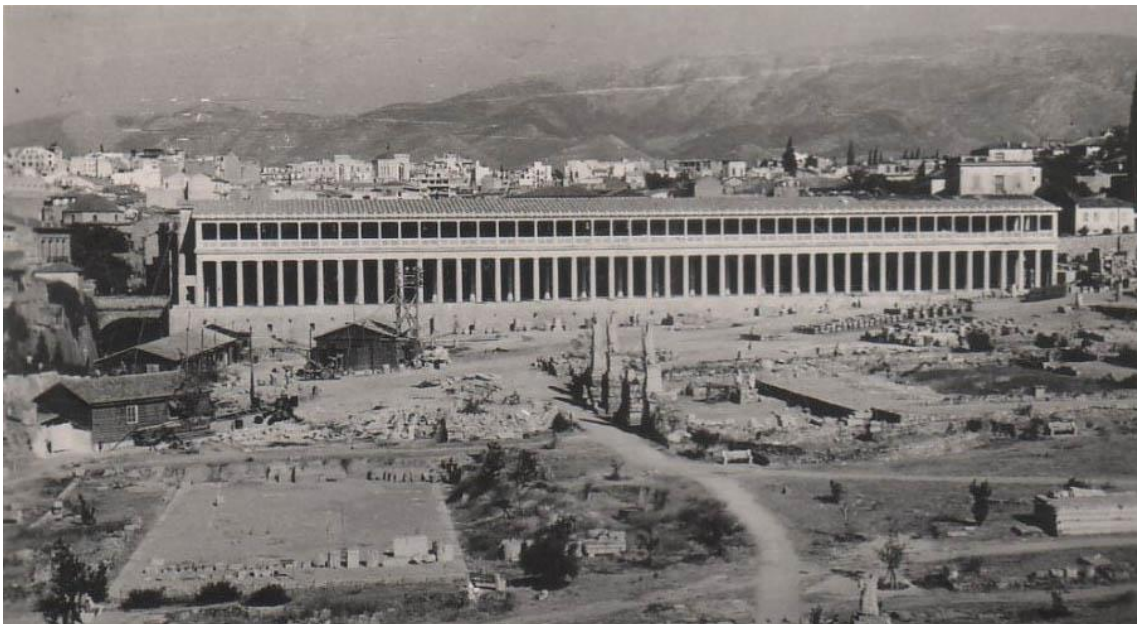
### ❖ Υπόστεγος χώρος

Ο υπόστεγος χώρος, ο οποίος αποτελεί τον ενδιάμεσο χώρο που δημιουργείται μεταξύ του εσωτερικού χώρου και της υπαίθρου, συναντάται σε διάφορες μορφές, που σώζονται έως και σήμερα, δίνοντας στον άνθρωπο την αίσθηση της άνεσης. Η στοά, το χαγιάτι, το

λιακωτό και το στέγαστρο συνθέτουν τις διάφορες αυτές μορφές έχοντας την ικανότητα να προστατεύουν το χρήστη από καιρικές συνθήκες, όπως είναι η βροχή και ο καυτός ήλιος. Παρακάτω αναλύονται συνοπτικά οι μορφές αυτές, έτσι ώστε να κατανοηθεί η μεγάλη αξία που είχε ο υπόστεγος χώρος στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου.

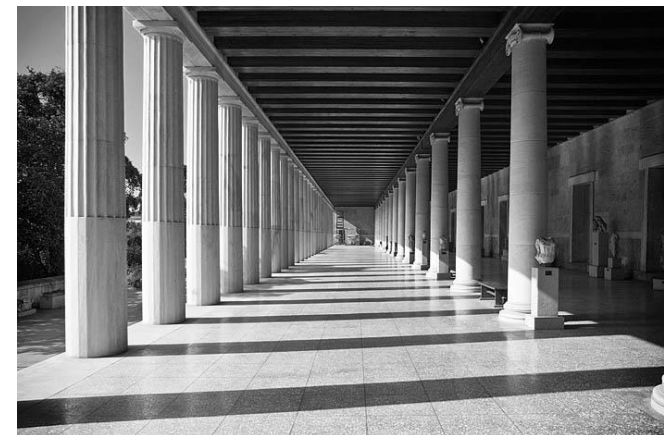
– Η στοά είναι ένα στοιχείο σύνθεσης που αναπτύχθηκε και ως ανεξάρτητο κτίριο στο δημόσιο χώρο και συναντάται σε αγορές, ιερά και γενικότερα σε χώρους συγκεντρώσεων των αρχαίων χρόνων, έχοντας τη μία πλευρά κιονοστήρικτη και ανοιχτή προς την ύπαιθρο. Ενδεικτικό παράδειγμα, τέτοιας μορφής, αποτελεί η Αγορά των Αθηνών, η οποία περιβάλλεται από ανοιχτά στωικά κτίρια συγκεντρώνοντας πλήθος σημαντικών λειτουργιών της εποχής, όπως την ανάπτυξη ρητορικών διαλόγων και την έκθεση επιγραφών και ψηφισμάτων (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

Εικόνα 14. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών



Πηγή: Τσέτσου, 2016

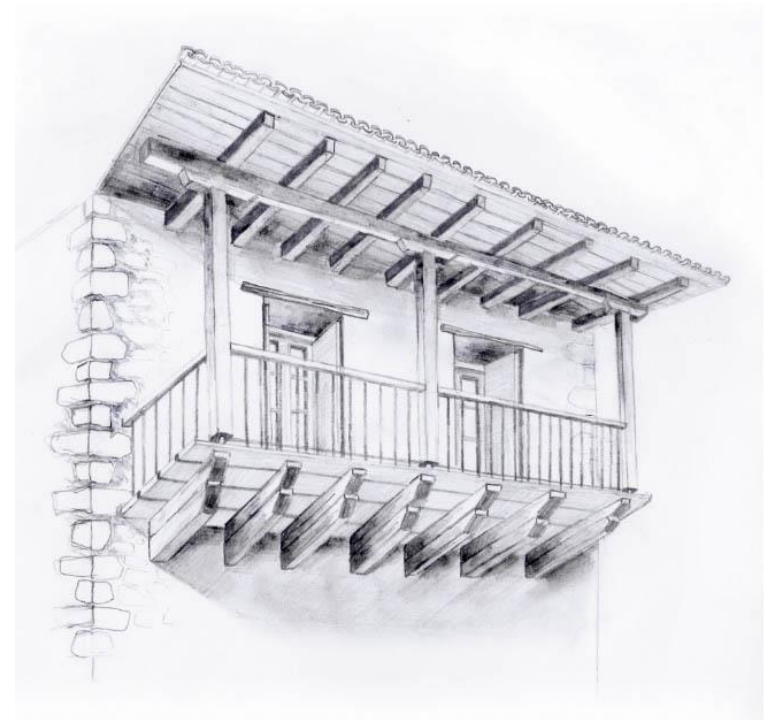
Εικόνα 15. Η Στοά του Αττάλου



Πηγή: exurbe.com, 2014

– Το προστώο ή χαγιάτι είναι ο στεγασμένος χώρος στην όψη ενός κτιρίου όπου η στέγη του από τη μία πλευρά στηρίζεται στο κτίριο και από την άλλη σε κολώνες. Σε αυτό τον χώρο επεκτείνονται και συμπληρώνονται οι λειτουργίες του εκάστοτε εσωτερικού κλειστού χώρου, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να καλύψει πρακτικές ανάγκες της ζωής του χωρίς να χρειαστεί να απομακρυνθεί, εξασφαλίζοντας ένα χώρο υποδοχής διαφόρων χρήσεων, ασφαλή και οικείο. Με λίγα λόγια, το χαγιάτι αποτελεί έναν μεταβατικό χώρο που συμφιλιώνει το εσωτερικό κλειστό χώρο με τον αντίστοιχο εξωτερικό ανοιχτό ως προς το φως, τις φυσικές δυνάμεις και τη θέαση του ορίζοντα. Ο συνδυασμός των κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων δημιουργούν ένα σύστημα πλαισίων, το οποίο λόγω του σκούρου χρώματός του, καδράρει και φωτίζει τις εικόνες του εξωτερικού περιβάλλοντος (Αμούργης κ.ά., 2001).

Εικόνα 16. Απεικόνιση χαγιατιού στην περιοχή Ελληνικό Ν. Αρκαδίας



Πηγή: Μαργώνη κ.ά., 2013



– Το λιακωτό ή θερμοκήπιο αποτελεί μία παραλλαγή του χαγιατιού με τη διαφορά ότι σε αυτόν τον τύπο υπάρχουν υαλοστάσια τα οποία, όταν κλείνουν, διαμορφώνουν έναν ηλιακό χώρο που συγκεντρώνει, αποθηκεύει και μεταφέρει θερμότητα προς τον εσωτερικό κλειστό χώρο. Πρόκειται για ένα ημιανεξάρτητο σύστημα θέρμανσης, που λειτουργεί ως ένας ευχάριστος χώρος διαμονής, συνδυάζοντας συστήματα άμεσου και έμμεσου ενεργειακού κέρδους. Το χειμώνα το θερμικό ισοζύγιο κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι θετικό, δηλαδή τα θερμικά κέρδη είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες, ενώ τη νύχτα αρνητικό, γεγονός που αντιστρέφεται το καλοκαίρι διατηρώντας όλη την ημέρα θετικό θερμικό ισοζύγιο. Η θερμική αυτή απόδοση του λιακωτού εξαρτάται από συγκεκριμένους παράγοντες, όπως είναι ο προσανατολισμός, το επίμηκες σχήμα με το μικρό βάθος καθώς και η άμεση σύνδεση με τον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου και τα ανοίγματά του (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

Εικόνα 17. Λιακωτό – θερμοκήπιο σε κτίριο στην περιοχή των Εξαρχείων



Πηγή: [tripadvisor.com.gr](http://tripadvisor.com.gr), 2016

– Το στέγαστρο προστατεύει τον υποκείμενο χώρο, κυρίως, από τον καυτό ήλιο το καλοκαίρι, και συνήθως κατασκευάζεται πάνω από αυλές, εξώστες και δώματα. Ιδανική μορφή στέγαστρου θεωρείται το φύλλωμα αναρριχητικών φυτών και δέντρων, δηλαδή η φυτική στέγαση, διότι επιτρέπεται η εύκολη κίνηση του αέρα προς όλες τις κατευθύνσεις αποφεύγοντας τον εγκλωβισμό του αέρα σε ένα σημείο. Επίσης, υπάρχει ποικιλία διατάξεων και διαθέσιμων υλικών, με τα στέγαστρα να έχουν οριζόντια ή κατακόρυφη διεύθυνση και να διακρίνονται σε σταθερά ή κινητά, προσφέροντας τον έλεγχο του ηλιασμού εποχιακά ή καθημερινά αντίστοιχα. Ο στεγασμένος σκιερός χώρος που διαμορφώνεται βοηθά στην επέκταση των δραστηριοτήτων του εσωτερικού κλειστού χώρου και στην αναψυχή των χρηστών (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

Εικόνα 18. Στέγαστρο από κληματιριά



Πηγή: arredamento.it, 2016

Εικόνα 19. Στέγαστρο από καλαμωτή



Πηγή: decobook.gr, 2016

Εικόνα 20. Οριζόντια στοιχεία σκίασης



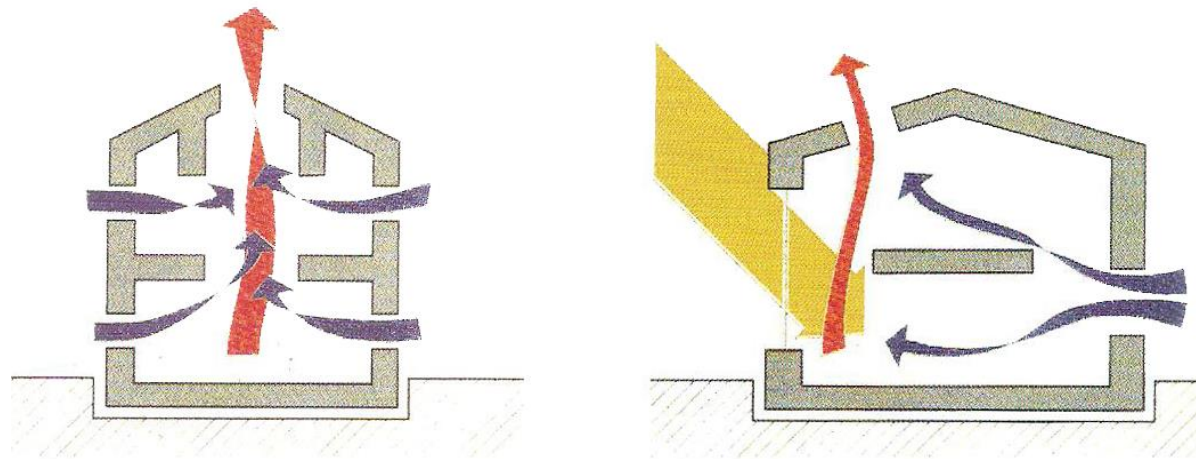
Πηγή: Καρέζος, 2016

Ουσιαστικά όλα τα παραπάνω αποτελούν ημιυπαίθριους χώρους όπου ανάλογα με τις συνθήκες των χρόνων και του εκάστοτε τόπου αποκτούν τις διάφορες μορφές και χρήσεις. Πρόκειται για ένα πλαστικό αρχιτεκτονικό στοιχείο που τονίζει και δίνει έμφαση στην παρουσία του αλλά και σε ολόκληρο το οικοδόμημα, αφού δημιουργείται πλήθος φωτοσκιάσεων κάνοντας τον ημιυπαίθριο χώρο ζωντανή προέκταση του περιβάλλοντός του. Τέλος, ο ημιυπαίθριος χώρος διακρίνεται για τη διαχρονική του παρουσία, λόγω της πλήρους εναρμόνισής του με το κλίμα της χώρας (Αμούργης κ.ά., 2001).

### ❖ Ηλιακό αίθριο

Το ηλιακό αίθριο αποτελεί απόγονο του φωταγωγού της Κνωσού και ουσιαστικά πρόκειται για έναν ενδιάμεσο χώρο, ο οποίος περιτοιχίζεται από κτίρια και προστατεύεται μέσω υαλοστασίων. Οι ακτίνες του ήλιου εισχωρούν στο εσωτερικό του αιθρίου επιτυγχάνοντας το φυσικό φωτισμό και τη θέρμανση τόσο του ίδιου του αιθρίου όσο και των περιβάλλοντα χώρων, συμβάλλοντας ταυτόχρονα σε ηλιακά κέρδη και στην προστασία από τις εξωτερικές συνθήκες. Στο ηλιακό αίθριο υπάρχουν ανοίγματα στη βάση και τη κορυφή του, γεγονός που επιτρέπει την εσωτερική κυκλοφορία του αέρα βάσει των θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων, συνεισφέροντας ταυτόχρονα στον εξαερισμό των χώρων, φαινόμενο το οποίο ονομάζεται φαινόμενο της καμινάδας. Τέτοιου είδους αίθρια συναντώνται σε κτίρια μεγάλης και μικρής κλίμακας, λόγω του ευχάριστου και ευήλιου χώρου που διαμορφώνεται (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 2003).

Εικόνα 21. Το φαινόμενο της καμινάδας



Πηγή: Adriaens et al., 1993

Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι όλα τα παραπάνω τυπολογικά στοιχεία εμφανίζονται στον ελλαδικό χώρο εδώ και περίπου τέσσερις (4) χιλιετίες, όπως για παράδειγμα στην Κνωσό, το 1.700 π.Χ., διαπιστώνεται ότι τα ανάκτορα διατάσσονται περιμετρικά μιας μεγάλης ορθογώνιας κεντρικής αυλής, με τους εσωτερικούς χώρους να επικοινωνούν μέσω πρόπυλων και διαδρόμων. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι Μινωίτες εφηύραν τρόπους έτσι ώστε να εισχωρήσουν το φυσικό φως και τον αέρα έως τα χαμηλά διαμερίσματα του ανακτόρου

δημιουργώντας το λεγόμενο «πηγάδι φωτός», δηλαδή το αίθριο και το φωταγωγό. Τέλος, παρατηρείται, μέσα από το πέρασμα των χρόνων, ότι η καθημερινή ζωή των Ελλήνων και όλες οι δραστηριότητές τους προεκτείνονται και εξελίσσονται σε ημιυπαίθριους αλλά και υπαίθριους χώρους, γεγονός που αναδεικνύει το σημαντικό ρόλο που παίζει το κλίμα της χώρας (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

## **2.2. Εφαρμογή Βιοκλιματικών Στοιχείων σε Σχολεία**

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν διεξοδικά οι επιμέρους άξονες ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού, μέσα από το παράδειγμα των δημόσιων σχολικών κτιρίων στον ελλαδικό χώρο, θέμα που απασχολεί την παρούσα μελέτη. Η αποδόμηση των στοιχείων βοηθά στην καλύτερη κατανόηση αυτού του είδους σχεδιασμού, πληροφορίες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην μετέπειτα προσπάθεια βελτιστοποίησης των επεμβάσεων στη μελέτη περίπτωσης. Τα βασικά στοιχεία – εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού χρησιμοποιούν τις φυσικές πηγές, όπως τον ήλιο και τον αέρα, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε θερμική, για την αποθήκευση της θερμικής αυτής ενέργειας, τη διατήρηση και τη διανομή της στο εσωτερικό του κελύφους, διαδικασία που πραγματοποιείται μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων που παρουσιάζονται παρακάτω (Τσιτσιφλής, 2016).

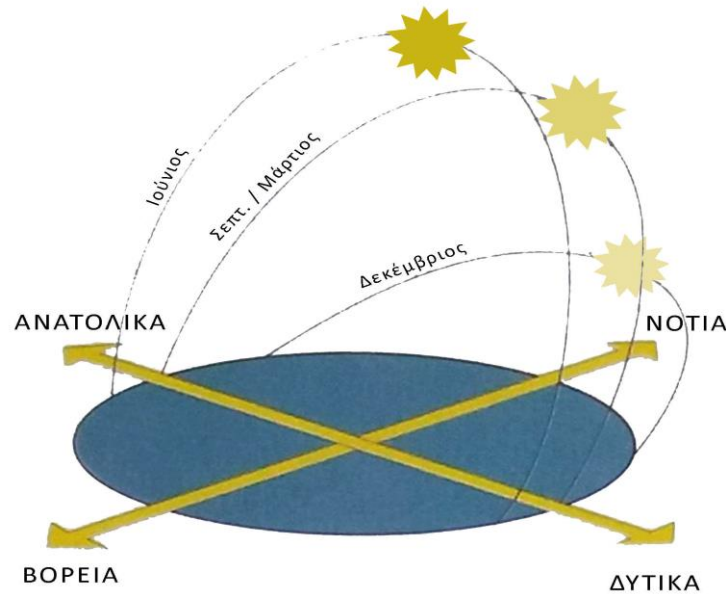
### **2.2.1. Χωροθέτηση – Προσανατολισμός**

Η χωροθέτηση μίας σχολικής μονάδας γίνεται με βάση τον προσανατολισμό, στοιχείο που αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο για την ανάλυση και σύνθεση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Πρόκειται, ουσιαστικά για τη γνώση της τροχιάς του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αφού ο ήλιος έχει διαφορετικές ημερήσιες και εποχιακές θέσεις, όπως απεικονίζεται και στην πιο κάτω εικόνα, δημιουργώντας διακυμάνσεις στην ένταση και τη γωνία της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Έτσι, διαπιστώνεται ότι ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ευνοϊκότερος διότι κατά τη χειμερινή περίοδο ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλό ύψος, εισχωρώντας ευκολότερα στο εσωτερικό του κτιρίου, γεγονός που προσφέρει άμεσα θερμικά κέρδη, ενώ κατά τη θερινή περίοδο ο ήλιος βρίσκεται σε μεγαλύτερα ύψη εμποδίζοντας την άμεση διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, ο βόρειος προσανατολισμός είναι και αυτός ευνοϊκός διότι, εάν εξαιρεθεί ότι από αυτόν προέρχονται αρκετοί ψυχροί άνεμοι, κατά τη διάρκεια της ημέρας παρέχει σταθερές συνθήκες έμμεσου και διάχυτου φωτισμού. Από την άλλη πλευρά, παρατηρείται ότι ο ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός

είναι ανεπιθύμητοι προσανατολισμοί, λόγω της μικρής έως ανύπαρκτης παρουσίας δεσμών ηλιακού φωτός το χειμώνα και την αντίστοιχη έντονη παρουσία τους το καλοκαίρι για μεγάλη διάρκεια της ημέρας υπερθερμαίνοντας τους εσωτερικούς χώρους (Adriaens et al., 1993).

Εικόνα 22. Απεικόνιση ηλιακής τροχιάς κατά τη διάρκεια του έτους



Πηγή: Adriaens et al., 1993

Συγκεκριμένα, βάσει του κλίματος της Ελλάδας, ο κτιριακός τύπος των ελληνικών βιοκλιματικών σχολείων προσπαθεί να έχει το διαμήκη άξονά του στον αντίστοιχο άξονα ανατολή – δύση, αποφεύγοντας τη δημιουργία ανοιγμάτων σε αυτόν, και κατασκευάζοντας τα κύρια ανοίγματα των όψεων στο βορρά και το νότο, επιτυγχάνοντας το διαμπερή αερισμό και φωτισμό των χώρων και την καλύτερη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο του έτους. Στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η χωροθέτηση του κελύφους με το συγκεκριμένο προσανατολισμό, τότε οι λειτουργίες στο εσωτερικό του σχεδιάζονται έτσι ώστε να εγκατασταθούν οι ίδιες στον ευνοϊκότερο, νότιο – βόρειο, προσανατολισμό. Επίσης, για την κατάλληλη χωροθέτηση λαμβάνεται υπόψη, μέσω του προσανατολισμού, η προστασία των εσωτερικών χώρων από τους έντονους εξωτερικούς θορύβους (Ευαγγελινός κ.ά., 1978, Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

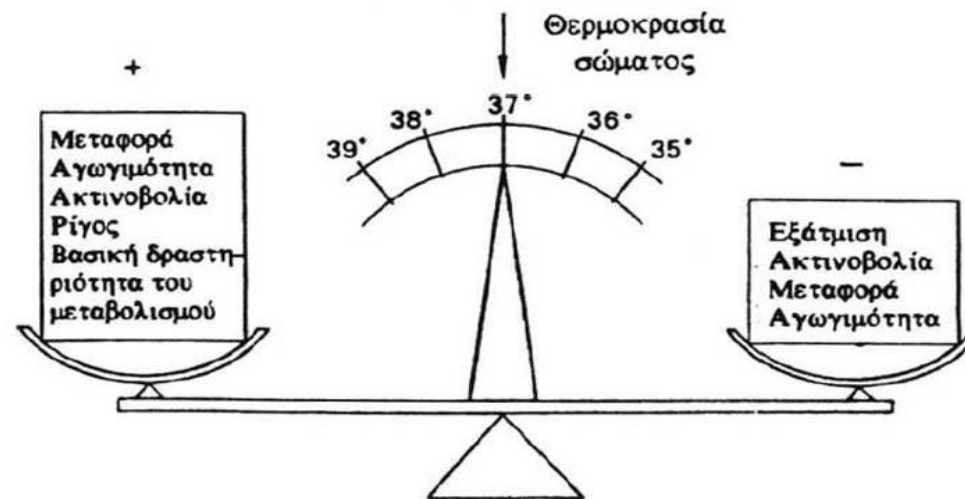
### 2.2.2. Συνθήκες άνεσης

Για την πραγματοποίηση ενός ορθού βιοκλιματικού σχεδιασμού μίας σχολικής δομής απαραίτητο στοιχείο αποτελεί η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, δηλαδή θερμικής, οπτικής και ηχητικής άνεσης, των χρηστών του κτιρίου, όπως μαθητών και διδασκόντων, αυξάνοντας την ικανότητα μάθησης και διδασκαλίας αντίστοιχα. Οι συνθήκες άνεσης εξαρτώνται από τα επιμέρους στοιχεία του κτιριακού κελύφους και τα παθητικά ηλιακά συστήματά του, που αναλύονται παρακάτω, βοηθώντας ουσιαστικά τους χρήστες να αισθάνονται ευχάριστα και άνετα κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο κτίριο ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

#### ❖ Θερμική άνεση

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι λόγω του ότι η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι σταθερή, οποιαδήποτε θερμότητα δημιουργείται σε αυτό πρέπει να διαδοθεί, αφού το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει τρόπους αποθήκευσής της. Έτσι, όταν η παραγόμενη θερμότητα του ανθρώπινου σώματος εξισώνεται με τις αντίστοιχες θερμικές απώλειές του, διακρίνεται ένα αίσθημα θερμικής άνεσης του ατόμου. Η διαδικασία του ανθρώπινου μεταβολισμού απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Κωτσιάνα, 1980).

Εικόνα 23. Παραγωγή θερμότητας και θερμικές απώλειες ανθρώπινου σώματος



Πηγή: Αξαρή, 1995

Η θερμική άνεση των χρηστών αποτελεί πρωτεύων στοιχείο για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική οποιουδήποτε κτιρίου, και χρησιμοποιεί το κέλυφος ως χώρο συλλογής, αποθήκευσης και μεταφοράς θερμότητας μέσω βαρέων και στερεών υλικών, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις δραστηριότητες και τις λειτουργίες που πραγματοποιούνται στον εκάστοτε χώρο. Οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η θερμική άνεση του χρήστη είναι προσωπικοί, όπως ο μεταβολισμός, η ένδυση και η θερμοκρασία του δέρματός του, και περιβαλλοντικοί, όπως η θερμοκρασία του χώρου και των επιφανειών του, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του αέρα (Adriaens et al., 1193).

Γενικότερα, όταν διαπιστώνεται ισορροπία μεταξύ των θερμικών κερδών ενός σχολικού κτιρίου και των αντίστοιχων απωλειών του στο περιβάλλον, τότε διακρίνεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης των χρηστών του. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κατάλληλης διαχείρισης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος, της θερμότητας που εκπέμπουν οι χρήστες μέσω του σώματός τους καθώς και της θερμότητας που αποδίδει ο τεχνικός εξοπλισμός των σχολικών κτιρίων, όπως μηχανές προβολής, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.ά. Με βάση τα στοιχεία αυτά πραγματοποιείται μία συνοπτική περιγραφή των παραμέτρων που διαμορφώνουν τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες άνεσης των χώρων ενός σχολικού κτιρίου, όπως είναι η θερμοκρασία του χώρου, η σχετική υγρασία, ο νωπός αέρας (για χώρους μη καπνιζόντων), η στάθμη φωτισμού και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες και τον εξοπλισμό, καθώς και τις ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες που πρέπει να έχουν οι χώροι αυτοί (Αξαρχή, 1995, Κοντορούπης, 2003).

Πίνακας 4. Παράμετροι επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών χώρων

Χρήση κτιρίου	ΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΩΡΩΝ								
	Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)		Νωπός αέρας		Στάθμη φωτισμού lx (lm/m <sup>2</sup> )	Θερμότητα χρηστών (W/m <sup>2</sup> )	Θερμική ισχύς εξοπλισμού (W/m <sup>2</sup> )
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	m <sup>3</sup> /h/άτομο	m <sup>3</sup> /h/ m <sup>2</sup>			
Πρωτοβάθμια & δευτεροβάθμια εκπαίδευση	20	26	35	45	22	11,00	300	40	5

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5. Ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες σχολικών χώρων

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΤΟΥΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ						
		Αίθουσες διδασκαλίας & πολλαπλών χρήσεων	Γραφεία & βιβλιοθήκη	Λουτρά & αποδυτήρια	W.C., διάδρομοι, κλιμακοστάσια & κλειστοί αύλειοι χώροι	Χώροι εργαστηρίων	Κλειστά γυμναστήρια	Ιατρεία
Χειμερινή περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	18	20	22	5 - 10	15 - 18	15	24
Θερινή περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	25 - 26	25 - 26	-	-	-	-	-
	Σχετική υγρασία (%)	50	45 - 50	-	-	-	-	-

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 2423/1986, 1988 (ιδία επεξεργασία)

Σύμφωνα με τους πιο πάνω πίνακες συμπεραίνεται ότι για να επιτευχθεί θερμική άνεση των μαθητών και διδασκόντων θα πρέπει η θερμοκρασία των χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο να έχουν ένα μέσο όρο 20°C περίπου, ενώ κατά τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία δε πρέπει να ξεπερνά τους 26°C. Επίσης, η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 35% έως 45%, έτσι ώστε να υπάρχει ένα ευχάριστο αίσθημα άνεσης.

#### ❖ Οπτική άνεση

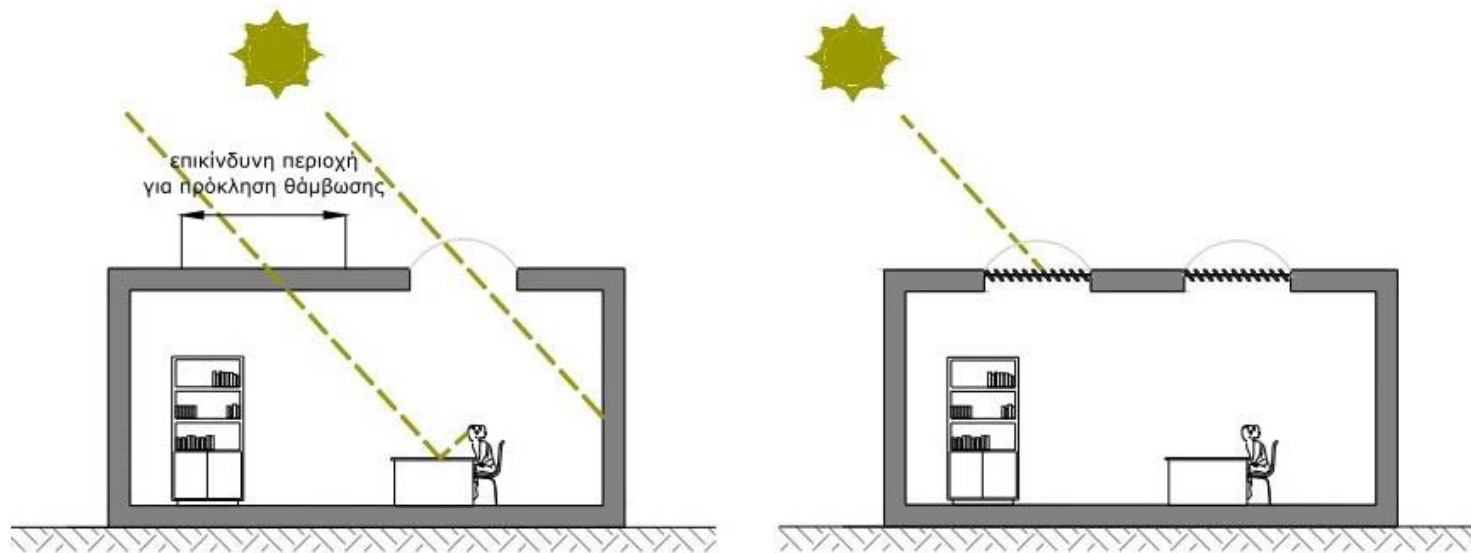
Η οπτική άνεση αποτελεί έναν ακόμη σημαντικό παράγοντα για την άνετη παραμονή των χρηστών σε μία σχολική δομή. Η επίτευξη άνετου φωτισμού, μέσω της ποσότητας, της διανομής και της ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού στους χώρους, δημιουργεί ευδιάκριτη, χωρίς κόπωση, παροχή των αντικειμένων προς θέαση στους χρήστες, οι οποίοι διακρίνονται για την εύκολη προσαρμοστικότητα των οφθαλμών τους. Πιο συγκεκριμένα, η ποσότητα, η ομοιόμορφη κατανομή και η ποιότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κατάλληλη στάθμη αντίθεσης, αφού αφενός δεν πρέπει να παρατηρούνται



υπερβολικές διαφορές μεταξύ φωτός και σιάς και αφετέρου πρέπει να υπάρχει αρκετή αντίθεση, κάνοντας διακριτό οποιοδήποτε είδος αντικείμενου. Η στάθμη της έντασης του φωτός και η αντίθεση εκφράζονται μέσω της λαμπρότητας και της ανακλαστικότητας των διάφορων επιφανειών ενός χώρου, όπως μίας αίθουσας διδασκαλίας (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Σε αυτά έρχεται να προστεθεί η θάμβωση, η οποία προέρχεται από την είσοδο έντονης πηγής φωτισμού στο χώρο προκαλώντας απόσπαση ή τύφλωση του χρήστη. Έτσι, η θάμβωση θα πρέπει να ελαχιστοποιείται, όσο το δυνατόν γίνεται περισσότερο, διότι προκαλεί ένα αίσθημα δυσφορίας και κόπωσης στο χρήστη. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί άμεσα, έμμεσα ή μέσω ανάκλασης επιφανειών και παρατηρείται εντονότερο σε χώρους όπου τα ανοίγματα είτε βρίσκονται μόνο από τη μία πλευρά είτε δε διαθέτουν συστήματα ηλιοπροστασίας. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο κατάλληλος έλεγχος της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας στους χώρους βοηθά στον περιορισμό του φαινομένου της θάμβωσης. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή μόνιμων ή κινητών, εσωτερικών ή εξωτερικών συστημάτων, που ελαττώνουν τη λαμπρότητα, καθώς και με τη χρήση απαλών χρωματισμών στις επιφάνειες, προσφέροντας καλύτερη διανομή του φωτός (Adriaens et al., 1193).

Εικόνα 24. Παράδειγμα φαινομένου θάμβωσης από αντανάκλαση



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

### ❖ Ηχητική άνεση

Ένας ακόμη παράγοντας, που συμβάλλει στις συνθήκες άνεσης των χώρων ενός σχολικού κτιρίου, είναι η ηχητική άνεση, ειδικότερα των αιθουσών διδασκαλίας. Ουσιαστικά, πρόκειται για την εξασφάλιση καλής ποιότητας ήχων και τον περιορισμό των ενοχλητικών ήχων, που προέρχονται είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, είτε από το εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά, υπάρχουν αντικρουόμενα στοιχεία μεταξύ της διαμόρφωσης ηχητικής άνεσης σε ένα χώρο και του παθητικού σχεδιασμού αυτού. Για παράδειγμα, η χρήση βαρέων υλικών σε επιφάνειες για την δημιουργία θερμικής μάζας προκαλεί μείωση της ηχητικής απορρόφησης, οδηγώντας σε φαινόμενα αντήχησης στο χώρο, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων του θορύβου και την καταληπτότητα των ήχων. Επίσης, οποιοσδήποτε σχεδιασμός για το φυσικό αερισμό των χώρων, μέσω ανοιγόμενων παραθύρων και ειδικών κατασκευών, μπορεί τελικά να μην εφαρμοστεί στην πράξη λόγω δυσμενών εξωτερικών συνθηκών. Οι εξωτερικοί θόρυβοι, όπως έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, άσκηση υπαίθριων εργασιών και παραγωγικών δραστηριοτήτων, προέρχονται από διάφορες πηγές και έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους των κτιρίων, μέσω του αέρα, οδηγώντας σε πολλαπλασιασμό του θορύβου στο εσωτερικό (Baker and Steemers, 2000).

Επομένως, για την εξασφάλιση ηχητικής άνεσης των εσωτερικών χώρων των σχολείων, για την ομαλή λειτουργία και διεκπεραίωση των απαιτούμενων μαθημάτων, απαιτείται η ακουστική διόρθωση των χώρων, μέσω της γεωμετρίας και της υφής των εσωτερικών επιφανειών τους. Εάν τα ίδια τα στοιχεία της κατασκευής δεν είναι σε θέση να καλύψουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις αυτές, τότε πραγματοποιούνται ειδικές κατασκευές και επενδύσεις, κυρίως ελαφριές, στις εσωτερικές επιφάνειες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ηχοαπορροφητικά, όπως υφάσματα, ξυλόμαλλες πλάκες και ελαστικά δάπεδα, περιορίζοντας σημαντικά το φαινόμενο της ανάκλασης των ήχων (Παπαμανώλης, 2015).

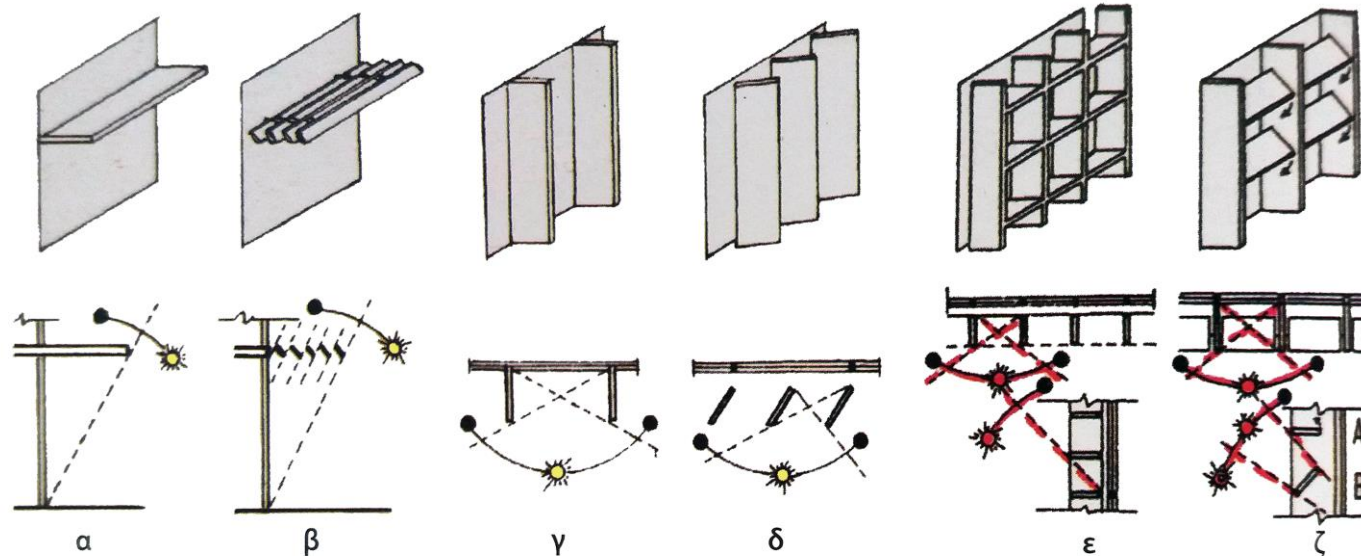
### 2.2.3. Ηλιασμός – Ηλιοπροστασία

Ο ηλιασμός και η ηλιοπροστασία, δηλαδή η σκίαση, ενός σχολικού κελύφους αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους στοιχεία, ιδιαίτερα στις θερμές χώρες όπως είναι η Ελλάδα, έτσι ώστε από τη μία πλευρά να εξασφαλίζεται ο περιορισμός της υπερθέρμανσης των χώρων, και από την άλλη να εξασφαλίζονται οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Ουσιαστικά, με τον ορθό σχεδιασμό του ηλιασμού και της ηλιοπροστασίας επιτυγχάνεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων καθώς και η αύξηση των θερμικών κερδών, μειώνοντας την περαιτέρω ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας. Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο ο

ηλιασμός των εσωτερικών χώρων είναι απαραίτητος για την άμεση θέρμανσή τους, ενώ κατά τη θερινή περίοδο κρίνεται απαραίτητη η αντίστοιχη ηλιοπροστασία τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανσή τους (Wachbergen, 1983).

Για να υπάρξει ο κατάλληλος ηλιασμός και η ηλιοπροστασία των χώρων ενός σχολικού κτιρίου χρησιμοποιούνται, σε πληθώρα συνδυασμών, πρόβολοι και διαφόρων ειδών σκίαστρα, όπως οριζόντια ή κατακόρυφα, σταθερά ή κινητά, εσωτερικά ή εξωτερικά. Στα σταθερά στοιχεία υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ηλιοπροστασίας μόνο εποχιακά, ενώ στα κινητά η δυνατότητα αυτή είναι καθημερινή, με τη διαφορά όμως ότι απαιτείται η προσωπική απασχόληση των χρηστών. Συγκεκριμένα, όταν απαιτείται ηλιοπροστασία των χώρων, κυρίως τη θερινή περίοδο, προτιμάται η ηλιακή ακτινοβολία να μην εισέρχεται από τους υαλοπίνακες των όψεων έτσι ώστε να αποφεύγεται ο περαιτέρω εγκλωβισμός της στους εσωτερικούς χώρους (Ο.Σ.Κ. – α, 2008). Για το λόγο αυτό, ανάλογα με τον προσανατολισμό των όψεων απαιτούνται διαφορετικές μορφές ηλιοπροστασίας, με βάση και την παρακάτω απεικόνιση.

Εικόνα 25. Μορφές ηλιοπροστασίας ανάλογα με τον προσανατολισμό της όψης



Όπου α και β νότια όψη, γ και δ ανατολική ή δυτική όψη, ε και ζ νοτιοανατολική ή νοτιοδυτική όψη

Πηγή: Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985

Σύμφωνα με την απεικόνιση αυτή παρατηρείται ότι για νότιο προσανατολισμό των όψεων, τα σκίαστρα που χρησιμοποιούνται είναι οριζόντια έτσι ώστε οι χώροι να ωφελούνται το χειμώνα από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το καλοκαίρι να εμποδίζεται η κατακόρυφη διέλευσή της στο εσωτερικό. Τα σκίαστρα που τοποθετούνται έχουν τη μορφή προβόλων, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό των όψεων προτιμάται η κατακόρυφη σκίαση, διότι οι δέσμες φωτός βρίσκονται χαμηλά στον ορίζοντα, στον αντίστοιχο άξονα ανατολή – δύση. Γι' αυτούς τους προσανατολισμούς συνίσταται η τοποθέτηση κινητών εξωτερικών πετασμάτων, αλλά λόγω υψηλού κόστους κατασκευής και συντήρησης, προτιμάται η τοποθέτηση σταθερών εξωτερικών στοιχείων σε συνδυασμό με εσωτερικές κινητές περσίδες. Σε όψεις με νοτιοανατολικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων για την καλύτερη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

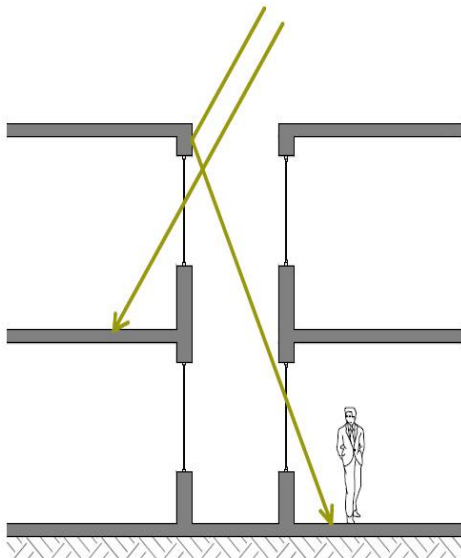
#### **2.2.4. Φυσικός φωτισμός**

Η εξασφάλιση κατάλληλου και επαρκούς φυσικού φωτισμού σε ένα σχολικό κτίριο επιτυγχάνεται μέσω της ορθής εκμετάλλευσής του, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση άνετων συνθηκών λειτουργίας και παραμονής μαθητών και διδασκόντων στο εσωτερικό του κτιρίου. Είναι αξιοσημείωτο ότι έρευνες έχουν δείξει ότι ο κατάλληλος φυσικός φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν τις επιδόσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια διεξαγωγής μαθημάτων και διαγωνισμάτων. Ένας σωστός σχεδιασμός συστήματος φυσικού φωτισμού δίνει τη δυνατότητα περιορισμού της αντίστοιχης χρήσης συστήματος τεχνητού φωτισμού, έχοντας σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80% της ενέργειας που απαιτείται για τη κάλυψη του φωτισμού του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια χρήσης του, η οποία κατεξοχήν γίνεται έως το μεσημέρι (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Γενικά, η ηλιακή ακτινοβολία που εισχωρεί στο κτίριο έχει δύο μορφές, τον άμεσο φυσικό φωτισμό, που χρησιμοποιείται κυρίως σε χώρους κυκλοφορίας – διαδρόμους, και το διάχυτο φυσικό φωτισμό, ο οποίος απαιτείται στους χώρους διδασκαλίας και των γραφείων. Ουσιαστικά, ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω των ανοιγμάτων του κελύφους, τα οποία ιδανικά τοποθετούνται στη βόρεια και νότια πλευρά, εκμεταλλευόμενα την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ενώ στη δυτική και ανατολική πλευρά, εάν δε μπορεί να αποφευχθεί η τοποθέτησή τους, δημιουργούνται όσο το δυνατόν μικρά, σε μέγεθος, ανοίγματα. Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων γίνεται στους τοίχους και τις οροφές του κτιρίου με τη μορφή παραθύρων, πορτών και φεγγιτών, με διαφανή ή ημιδιαφανή χαρακτήρα, χρησιμοποιώντας πληθώρα επιλογών υλικών, όπως για παράδειγμα υαλοπινάκων, υαλότουβλων,

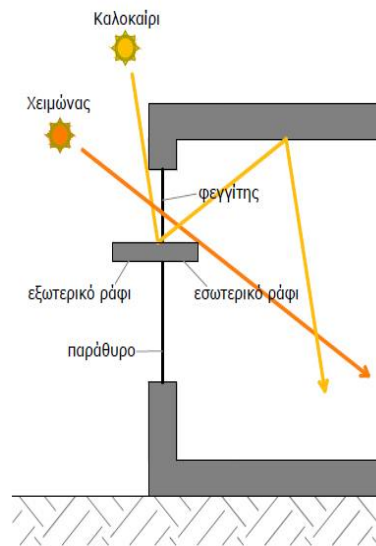
πολυκαρβονικών φύλλων κ.ά. Ειδικότερα στις αίθουσες διδασκαλίας όπου απαιτείται ο ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός ενδείκνυται είτε η δημιουργία αίθριων ή φωταγωγών, είτε η τοποθέτηση φωτιστικών – ανακλαστικών ραφιών ή αμφίπλευρων ανοιγμάτων, μέσω φεγγιτών και ανοιγμάτων στην οροφή ή στην πλευρά του διαδρόμου, όπως απεικονίζονται στις πιο κάτω εικόνες (Αναλυτή, 2010).

Εικόνα 26. Απεικόνιση φωταγωγού



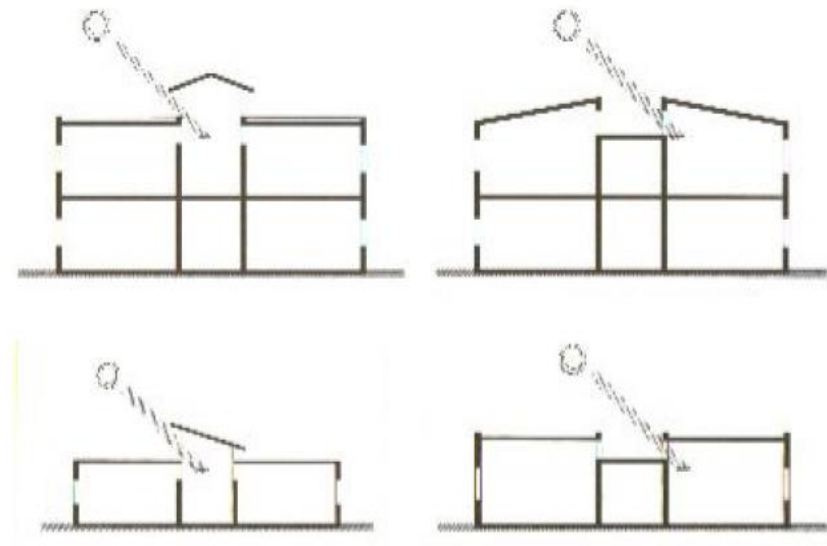
Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

Εικόνα 27. Ανακλαστικά ράφια



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

Εικόνα 28. Διάταξη αμφίπλευρων ανοιγμάτων



Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο βέλτιστος σχεδιασμός των ανοιγμάτων δεν εξαρτάται μόνο από τον προσανατολισμό και το μέγεθός τους, αλλά και από τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και του γειτνιάζοντα δομημένου περιβάλλοντος του σχολικού κτιρίου. Επίσης, βάσει των παραπάνω στοιχείων κρίνεται απαραίτητη η παράθεση της απαιτούμενης ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού των σχολικών χώρων, έτσι ώστε να διαμορφώνονται οι επιθυμητές συνθήκες άνεσης, κατατάσσοντάς την σε πολύ σημαντική, σημαντική και μερικώς σημαντική (Barton, 2007).

Πίνακας 6. Ποιότητα φωτισμού σχολικών χώρων

	Αίθουσα Διδασκαλίας	Αίθουσα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών	Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	Διάδρομοι
Έλεγχος θάμβωσης (αντηλιά)	○	●	○	□
Φωτισμός τοίχων και οροφής	●	●	●	○
Ομοιομορφία φωτισμού και σκιασμού	○	●	○	□
Φυσικός φωτισμός	○	□	○	○
Θερμοκρασία χρωμάτων	○	○	○	○
Αυτοματισμός τεχνητού φωτισμού και προσαρμοστικότητα	●	○	●	□

Όπου ● Πολύ σημαντική ○ Σημαντική □ Μερικώς Σημαντική

Πηγή: Barton, 2007 (ιδία επεξεργασία)

### 2.2.5. Φυσικός αερισμός

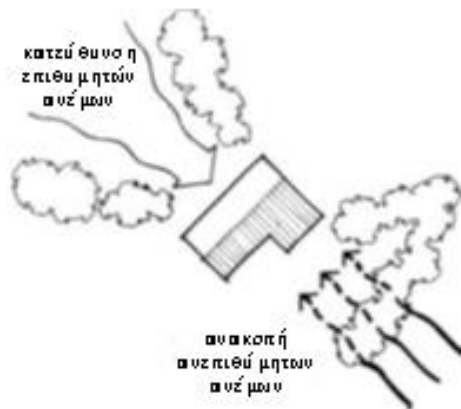
Ο φυσικός αερισμός ενός σχολικού κτιρίου δίνει τη δυνατότητα του φυσικού δροσισμού του και την ανάπτυξη συνθηκών άνεσης, μέσω της απομάκρυνσης της περίσσειας θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτυγχάνοντας τον περιορισμό της υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων καθώς και τη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων του κελύφους. Για τις σχολικές μονάδες, όπου υπάρχει συγκέντρωση αρκετών ατόμων, ο φυσικός αερισμός πρέπει να γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ τις βραδινές ώρες πρέπει να αυξάνεται, προκειμένου να ψύχονται οι χώροι και τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, έτσι ώστε την επόμενη μέρα να μπορεί να γίνεται πιο εύκολα η αποθήκευση και διατήρηση της θερμότητας. Ουσιαστικά, αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα του κτιρίου, η οποία δρα ως ρυθμιστής της εσωτερικής θερμοκρασίας, αφού μπορεί να επιτευχθεί θερμοκρασία χαμηλότερη έως 10°C από την αντίστοιχη θερμοκρασία που επικρατεί στο εξωτερικό περιβάλλον αλλά και μείωση του ψυκτικού φορτίου έως και 75%. Με τον τρόπο αυτόν

αποφεύγεται η αλόγιστη χρήση τεχνικών συστημάτων αερισμού – δροσισμού, μέσω κλιματιστικών εγκαταστάσεων, προσφέροντας εξοικονόμηση ενέργειας και σημαντική μείωση οποιονδήποτε περιβαλλοντικών και οικονομικών προβλημάτων (Λάζαρη, 2002).

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η διαδικασία του φυσικού αερισμού ενός χώρου, παρατίθενται πιο κάτω, και είναι:

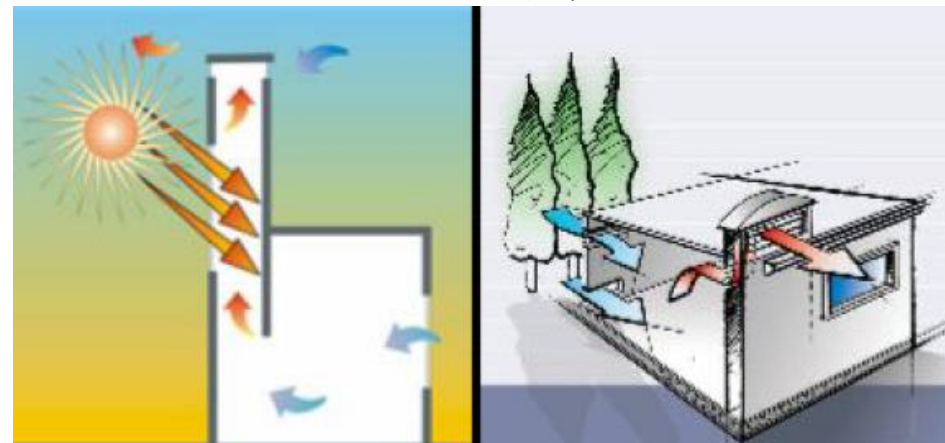
- ✓ η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή, που καθορίζει την αντίστοιχη διείσδυση ή εκτροπή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, σε συνδυασμό με την κατάλληλη διάταξη βλάστησης και αρχιτεκτονικών προεξοχών,
- ✓ οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις του κελύφους, όπως η τοποθέτηση καμινάδας αερισμού (ανεμιστήρας στην κορυφή εξαναγκάζει την κίνηση του αέρα), ηλιακής καμινάδας (προεξέχουσα από το κτίριο κατασκευή με μία πλευρά γυάλινη με περσίδες), διπλής επιδερμίδας (αποτελούμενο από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό στο οποίο κυκλοφορεί αέρας), ή αεριζόμενου κελύφους (διπλού κελύφους στο δώμα ή στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου με ενδιάμεσο κενό στο οποίο κυκλοφορεί αέρας),
- ✓ η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στις κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες, που πρέπει να κατασκευάζονται σε περισσότερους από έναν τοίχους με διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις, για να πραγματοποιείται ομοιόμορφη ροή του αέρα, καθώς και
- ✓ η χρήση του κτηρίου, που στην προκειμένη περίπτωση διατηρεί εκπαιδευτική χρήση, έχοντας την απαίτηση του συνεχούς αερισμού των εσωτερικών χώρων κατά τη διάρκεια όλης της μέρας, από το πρωί έως το βράδυ (Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011).

Εικόνα 29. Κίνηση ανέμων



Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008

Εικόνα 30. Ηλιακή καμινάδα



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

Εικόνα 31. Διπλή επιδερμίδα

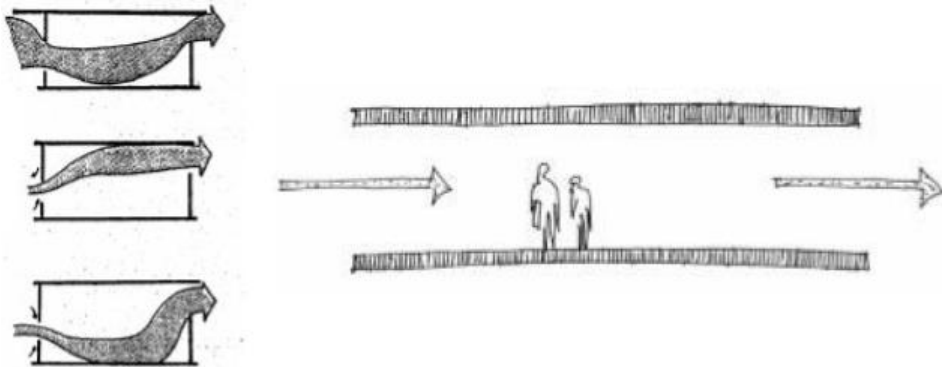


Πηγή: greekarchitects.gr, 2010

Σύμφωνα με τους πιο πάνω παράγοντες, η εξασφάλιση του φυσικού αερισμού των σχολικών χώρων, κυρίως των αιθουσών διδασκαλίας, πραγματοποιείται με δύο τρόπους, το διαμπερή αερισμό και το φυσικό ελκυσμό, λαμβάνοντας όμως υπόψη την τοπογραφία και τους τοπικούς ανέμους της περιοχής. Ο διαμπερής αερισμός δημιουργείται μέσω της εισόδου του αέρα από τα ανοίγματα της προσήνεμης πλευράς και της εξόδου του από τα ανοίγματα της απάνεμης πλευράς ενός χώρου, που σε ιδανικές συνθήκες οι δύο αυτές πλευρές πρέπει να βρίσκονται αντικριστά. Επίσης, η προτεινόμενη διάταξη των ανοιγμάτων είναι η τοποθέτησή τους σε διαφορετικές στάθμες, έτσι ώστε να αποφεύγεται ο εισερχόμενος αέρας να προσπεράσει το χώρο διδασκαλίας.

Στο χώρο διδασκαλίας ο αέρας θερμαίνεται από εσωτερικά θερμικά φορτία, όπως είναι οι μαθητές, τα φώτα και η θέρμανση, έχοντας ως αποτέλεσμα την άνοδό του προς τα επάνω, αφού ο θερμός αέρας λόγω θερμοκρασίας και πυκνότητας είναι ελαφρύτερος από το ψυχρό, και την έξοδό του από τα ανοίγματα της οροφής. Το γεγονός αυτό δημιουργεί φυσικό ελκυσμό, προσφέροντας ανανέωση και αερισμό στο χώρο. Η επίτευξη του φαινομένου του ελκυσμού γίνεται όταν η εσωτερική θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο κτίριο είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, γεγονός που πραγματοποιείται, ως επί τον πλείστον, κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού εσωτερικού αέρα και του ψυχρού εξωτερικού είναι μέγιστη. Όσο αναφορά τους θερινούς μήνες, ο φυσικός ελκυσμός μπορεί να γίνει μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου ο συσσωρευμένος θερμός αέρας της ημέρας διαφεύγει ευκολότερα (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Εικόνα 32. Διαμπερής αερισμός



Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008

Εικόνα 33. Φυσικός ελκυσμός



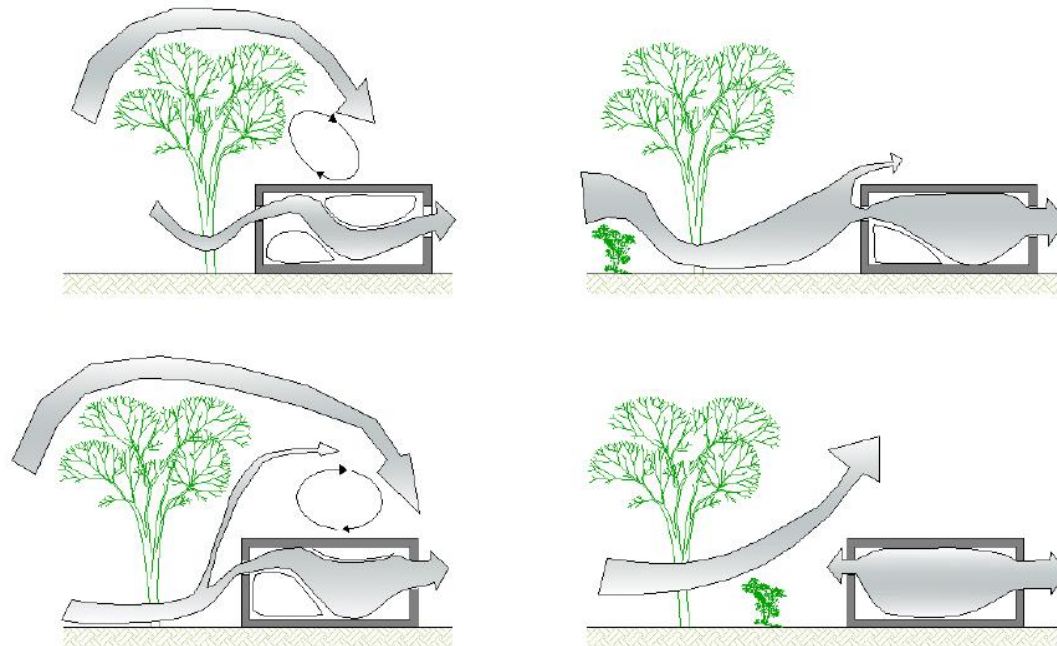
Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008



### 2.2.6. Φύτευση

Η φύτευση παίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία και την αισθητική του δομημένου περιβάλλοντος γενικότερα, με τα διάφορα είδη φυτών να έχουν την ικανότητα να διαμορφώνουν υπαίθριους χώρους και επιφάνειες κτιρίων, όπως δώματα και εξωτερικούς τοίχους. Η χρήση της βλάστησης συνεισφέρει σε καλύτερες συνθήκες άνεσης του ανθρώπου, δηλαδή στη θερμική, οπτική και ηχητική άνεση, καθώς και στη βελτίωση του μικροκλίματος της εκάστοτε περιοχής, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη. Η κατάλληλη τοποθέτηση των φυτών επιτυγχάνεται σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό του κτιρίου. Για παράδειγμα, στη βόρεια, δυτική και ανατολική πλευρά επιλέγονται αιθαλή φυτά, που ενδείκνυται για την ορθή διαχείριση της κατεύθυνσης του ανέμου, ενώ φυλλοβόλα δέντρα επιλέγονται στη νότια πλευρά όπου απαιτείται η προστασία των εσωτερικών χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη θερινή περίοδο και την εύκολη διέλευσή της κατά τη χειμερινή (Παπαμανώλης, 2015).

Εικόνα 34. Κατεύθυνση του ανέμου βάσει της φύτευσης



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

Εικόνα 35. Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων

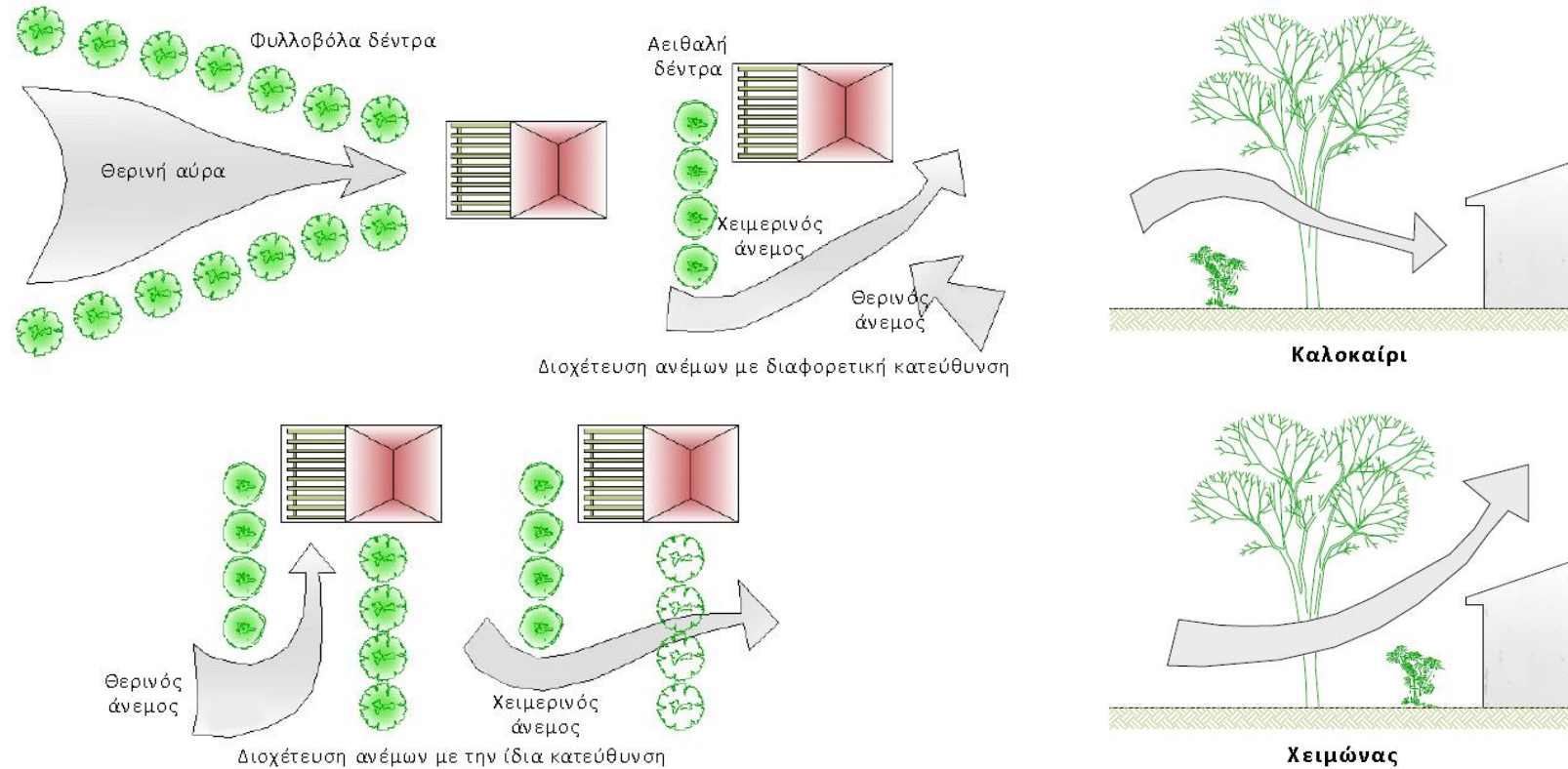


Πηγή: Παπαμανώλης, 2015

Πιο συγκεκριμένα, η τοποθέτηση φύτευσης σε διάφορους χώρους δρα καταλυτικά στη:

– ρύθμιση της κυκλοφορίας του αέρα καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους, έχοντας την ικανότητα να μεταβάλλει την πορεία και τη ροή του ανέμου και να ρυθμίζει την ταχύτητα και την έντασή του ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν. Ουσιαστικά, λειτουργεί ως ανεμοφράκτης κατά τη χειμερινή περίοδο, εκτρέποντας και μειώνοντας τη ταχύτητα του ψυχρού ανέμου, και ως βοηθητικό στοιχείο της ροής του ανέμου στο εσωτερικό του κελύφους κατά τη θερινή, αυξάνοντας την ταχύτητα του ανέμου, κατευθύνοντας ευκολότερα τον άνεμο στο εσωτερικό.

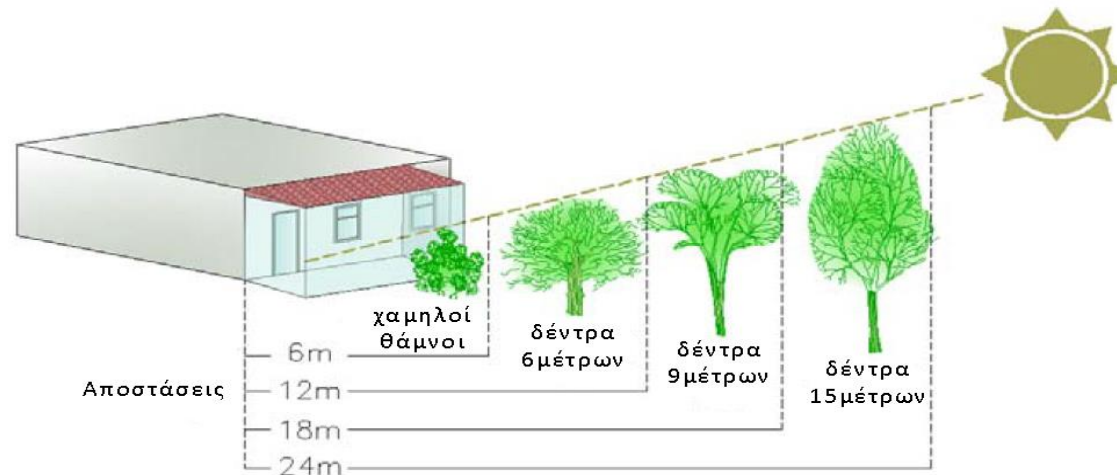
Εικόνα 36. Ρύθμιση ανέμου βάσει της βλάστησης



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

— ρύθμιση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, μετριάζοντας τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους εσωτερικούς χώρους. Έτσι, μέσω των φυτών μπορεί να επιτευχθεί ο επιθυμητός ηλιασμός ή ηλιοπροστασία των χώρων, που εξαρτώνται από το είδος των φυτών, το σχήμα, το ύψος και την απόστασή τους από το κέλυφος του κτιρίου, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι ακόμα και δέντρα χωρίς φύλλωμα εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής δέσμης σε ποσοστό 40 έως 80%. Με τον τρόπο αυτό μετριάζεται η διαφορά θερμοκρασίας, επιτυγχάνοντας μείωση των μέγιστων και αύξηση των ελάχιστων θερμοκρασιών των χώρων.

Εικόνα 37. Προτεινόμενα ύψη φύτευσης και αποστάσεων από το κτίριο σε νότια όψη



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

— εξισορρόπηση της υγρασίας, αφού μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυλλωμάτων των φυτών πραγματοποιείται αύξηση της σχετικής υγρασίας και μείωση της θερμοκρασίας του αέρα. Τα φυτά βοηθούν στη συγκράτηση των όμβριων υδάτων επιτυγχάνοντας τη βραδεία εξάτμιση του νερού, στοιχείο που βοηθά στη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής. Ειδικότερα, σε περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα δημιουργεί ένα αίσθημα θερμικής άνεσης, αφού προκαλεί ένα ευχάριστο και δροσερό περιβάλλον.

- βελτίωση του φωτεινού καθεστώτος, αφού λειτουργεί ως φίλτρο της ηλιακής δέσμης ελέγχοντας τις αντανακλάσεις της. Τα φυτά διαχέουν και μειώνουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας πετυχαίνοντας τη μείωση του φαινομένου της θάμβωσης, εξασφαλίζοντας συνθήκες οπτικής άνεσης.
- καλύτερη ποιότητα του περιβάλλοντος, επιτυγχάνοντας τη δέσμευση των αέριων ρύπων και της σκόνης, με το φύλλωμα των φυτών να έχει την ικανότητα να συγκρατήσει ποσοστό έως και 85%. Η φωτοσυνθετική δραστηριότητά τους συμβάλλει στη συνεχή παροχέτευση οξυγόνου στο περιβάλλον διατηρώντας τη ζωή στον πλανήτη. Επίσης, οι φυτεμένες επιφάνειες συγκρατούν το νερό της βροχής εμπλουτίζοντας τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, αποφορτίζοντας έτσι το δίκτυο αποχέτευσης. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η διάβρωση του εδάφους.
- μείωση του θορύβου, αφού έχει τη δυνατότητα να απορροφά, να ανακλά και να διαχέει τον ήχο. Για παράδειγμα, τα αειθαλή δέντρα βοηθούν στη δημιουργία φράγματος ήχου, ασκώντας ηχομειωτική και ηχομονωτική δράση (Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011).

Παρά το γεγονός της πληθώρας των πλεονεκτημάτων της φύτευσης, η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από συνεχή αύξηση του δομημένου περιβάλλοντος και παντελή έλλειψη των ελεύθερων χώρων, έχοντας σαν αποτέλεσμα την επιτακτική ανάγκη εύρεσης νέων μεθόδων και χώρων, στους οποίους υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης και ανάπτυξης των φυτικών ειδών. Ειδικότερα στα σχολικά κτίρια η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου με διάφορα είδη βλάστησης κρίνεται απαραίτητη, διότι με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ευνοϊκές θερμοκρασιακές και οπτικές συνθήκες, που βοηθούν στην ευχάριστη παραμονή αλλά και στην καλύτερη επίδοση των μαθητών.

Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η φύτευση των δωματίων των κτιρίων δρώντας ως φυσικά φίλτρα και πνεύμονες πρασίνου, προσφέροντας ταυτόχρονα λειτουργικά, αισθητικά και οικολογικά οφέλη. Η διαμόρφωσή τους αποσκοπεί, εκτός των άλλων, στη μετάλλαξη των απρόσωπων δωματίων σε αισθητικά ευχάριστους χώρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία και ψυχαγωγία των χρηστών του εκάστοτε κτιρίου, καθώς ταυτόχρονα δημιουργούν ένα φυσικό περιβάλλον για την αστική πανίδα και χλωρίδα. Στην περίπτωση των σχολικών κτιρίων η εφαρμογή των πράσινων δωματίων αποσκοπεί, επίσης, στην πραγματοποίηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα τη δημιουργία λαχανόκηπων. Κατά την εφαρμογή των φυτεμένων δωματίων απορροφάτε μεγάλη ποσότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, που σε επίπεδο γειτονιάς περιορίζει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, αφού παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας και του ποσοστού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Για τον επιτυχή σχεδιασμό των πράσινων δωματίων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την ορθή κατασκευή τους, η οποία αποτυπώνεται στη

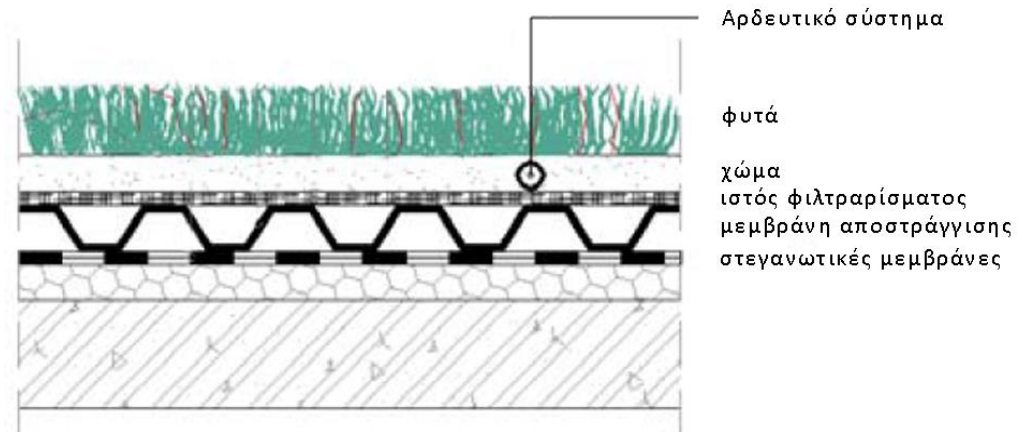
παρακάτω εικόνα, έτσι ώστε να λειτουργήσουν ως καλή μόνωση του κτιρίου, να προσφέρουν κατάλληλη διαχείριση των όμβριων υδάτων και προστασία από θορύβους (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Εικόνα 38. Φυτεμένο δώμα στο νέο κτίριο ερευνών του Α.Π.Θ.



Πηγή: Κοτοπούλη, 2016

Εικόνα 39. Κατασκευή φυτεμένου δώματος



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011

### 2.2.7. Οικοδομικά υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων αλλά και των παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι κοινά οικοδομικά υλικά φιλικά στο περιβάλλον, τα οποία επιλέγονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση και τις κλιματολογικές συνθήκες της αντίστοιχης περιοχής. Τα υλικά αυτά, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και συνδυασμό τους, έχουν την ικανότητα να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να μεταφέρουν το απαιτούμενο ποσό προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κελύφους, επηρεάζοντας αισθητικά και βιοκλιματικά στο σύνολό τους την ποιότητα των ανεγερθέντων σχολικών δομών (Wachbergen, 1983).

Βασικό στοιχείο της κατασκευής αποτελεί η κατάλληλη μόνωση του κελύφους, η οποία τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά, προσφέροντας τόσο προστασία του κελύφους όσο και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής, λόγω διάφορων καιρικών

συνθηκών, ενώ καλύπτεται κυρίως με επίχρισμα, έτσι ώστε να αποφεύγεται αντίστοιχη φθορά. Ένας άλλος τρόπος μόνωσης είναι η έμμεση μόνωση, μέσω της κατασκευής διπλών τοίχων με κενό, στο οποίο επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα. Η μόνωση έχει την ιδιότητα να περιορίζει την εισχώρηση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου αποτρέποντας την υπερθέρμανσή του, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40%. Επίσης, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, για την καλύτερη μόνωση του κελύφους σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των υαλοστασίων των ανοιγμάτων, αφού τα ανοίγματα καταλαμβάνουν αρκετή επιφάνεια των όψεων. Προτιμάται η τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων χαμηλής εκπεψιμότητας (low – e) με θερμοδιακοπή και ξύλινα ή ξύλου-αλουμινίου πλαίσια, ώστε να επιτυγχάνονται τα βέλτιστα θερμοκά αποτελέσματα (Αναλυτή, 2010, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011).

Επίσης, αξιόλογο δομικό υλικό είναι το ξύλο, το οποίο είναι ελαφρύ υλικό που χαρακτηρίζεται από καλή αντισεισμική συμπεριφορά και χρησιμοποιείται για την κατασκευή στεγών, δαπέδων, περγκολών και περσίδων. Οι ξύλινες αυτές κατασκευές διακρίνονται για το αισθητικό τους αποτέλεσμα και τη «ζεστασιά» που εκπέμπουν, στοιχείο απαραίτητο για τους σχολικούς χώρους όπου ζουν και κινούνται παιδιά για αρκετό διάστημα της ημέρας.

Στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των σχολείων γίνεται προσπάθεια χρήσης υλικών, τα οποία δημιουργούν συνθήκες άνετης παραμονής, όπως ψυχρά υλικά με ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες, αποτρέποντας την υπερθέρμανση. Για το λόγο αυτό, κυρίως στον περιβάλλοντα χώρο, αποφεύγεται η χρήση πολύ σκληρών οικοδομικών επιφανειών, και τοποθέτηση αρκετού πρασίνου ώστε να εμποδίζονται φαινόμενα θάμβωσης και ταυτόχρονα να μειώνεται η άμεση απορροή του νερού της βροχής και γενικότερα του θορύβου (Αναλυτή, 2010).

Γενικότερα, είναι σημαντική η επιλογή δομικών υλικών φιλικών στο περιβάλλον, τα οποία προέρχονται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, έχουν την ικανότητα να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν και διακρίνονται για την έλλειψη τοξικότητας. Η χρήση τους εξασφαλίζει υγιεινότερο περιβάλλον στους χρήστες, βελτιώνοντας ταυτόχρονα το μικροκλίμα της περιοχής. Για το λόγο αυτό στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται η προτίμηση στη χρήση ορισμένων υλικών κατασκευής καθώς και η αντίστοιχη αποφυγή κάποιων άλλων (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Πίνακας 7. Ενδεικτική προτίμηση δομικών υλικών

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Μόνωση τοίχων	Φελλός Κυτταρίνη Ξυλόμαλλο Biofiber (βιοπολυμερές από καλαμπόκι)	Πετροβάμβακας	Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) Υαλοβάμβακας	Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) Πολυουρεθάνη
Εσωτερικοί αγωγοί αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP)	-	PVC
Σωληνώσεις νερού	Πολυπροπυλένιο (PP) Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυβουτυλένιο	Ανοξείδωτο ατσάλι	Χαλκός	PVC
Εξωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά	Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης	Αλουμίνιο Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία PVC
Εσωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Κυψελοειδής μοριοσανίδα	Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Νοβοπάν	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Πλακάκια και κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Φελλός	Κεραμικά πλακάκια (κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση) Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικά	Καουτσούκ	PVC Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης
Επιστέγαστρα και διαφανή συστήματα επικαλύψεων	Γυάλινα	Πολυανθρακικά	Ακρυλικά (Plexiglas)	PVC

Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008 (ιδία επεξεργασία)

Σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σχολικών μονάδων, καθώς και οποιουδήποτε άλλου κτιρίου, επιτυγχάνει την προστασία του περιβάλλοντος, τη σωστή διαχείριση των υλικών και του νερού και γενικότερα τη χρήση λιγότερο ενεργοβόρων μεθόδων, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη μείωση των δαπανών και την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών της εκπαίδευσης με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Με λίγα λόγια, οι βιοκλιματικές σχολικές δομές αποτελούν μέρος της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης των παιδιών, διαμορφώνοντάς τους περιβαλλοντική συνείδηση, η οποία θα αποτελεί εφαλτήριο για όλη την μετέπειτα πορεία τους.

### 2.3. Κατηγορίες Σχολικών Κτιρίων

Ο Ο.Σ.Κ. εδώ και περίπου μισό αιώνα χτίζει το περιβάλλον της εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Στο πέρασμα των χρόνων έως και σήμερα έχουν κατασκευαστεί διάφορων ειδών σχολικά κτίρια, με βάση τις ανάγκες που απαιτούσε η εκάστοτε εποχή, γεγονός που συνετέλεσε στη δημιουργία ορισμένων τυπολογιών. Οι τυπολογίες αυτές διαμορφώνονται από παράγοντες, όπως είναι η παλαιότητα, ο τρόπος κατασκευής καθώς και τα υλικά δόμησης, έχοντας σαν αποτέλεσμα, τα υφιστάμενα σχολικά κτίρια να διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες.



– Κατηγορία I: περιλαμβάνονται κτίρια που έχουν υλοποιηθεί έως το 1950 και ξεχωρίζουν για τη συμπαγή μορφή τους. Πρόκειται για κατασκευές με χοντρές τοιχοποιίες από πέτρα ή οπτοπλινθοδομή, με πλάκες από μπετόν και στέγες, επίσης, από μπετόν ή ξύλο χωρίς καμία όμως μόνωση. Τα κουφώματα των ανοιγμάτων είναι μεταλλικά με μονούς υαλοπίνακες και με κακή προσαρμογή. Συνήθως, η διάταξη των χώρων είναι γραμμική, έχοντας από τη μία πλευρά το διάδρομο και από την άλλη παρατεταγμένες τις αίθουσες διδασκαλίας, ενώ πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου ο διάδρομος είναι υπαίθριος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν νεοκλασικά κτίρια, πέτρινα καθώς και κτίρια του μεσοπολέμου.

– Κατηγορία II: περιλαμβάνονται κτίρια που έχουν κατασκευασθεί την περίοδο από το 1950 έως 1980 και ξεχωρίζουν για τη μείωση του πάχους των τοίχων. Τα κουφώματα των ανοιγμάτων είναι μεταλλικά και απουσιάζει, παντελώς, η μόνωση τόσο στους τοίχους όσο και στις στέγες. Επίσης, στην κατηγορία αυτή, όπως και στην κατηγορία I, η διάταξη των χώρων είναι γραμμική με τους χώρους να βρίσκονται σε παράταξη, ενώ την ίδια περίοδο σχολικά κτίρια κατασκεύασε και η Μικτή Ομάδα Μηχανημάτων Ανασυγκρότησης (Μ.Ο.Μ.Α.), τα οποία ήταν προκατασκευασμένα και είχαν μεγάλη θερμική αδράνεια.

– Κατηγορία III: περιλαμβάνονται κτίρια που έχουν υλοποιηθεί από το 1980 και έπειτα και ξεχωρίζουν για την κατασκευή τους με βάση τον κανονισμό θερμομόνωσης. Η θερμομόνωση των σχολικών κτιρίων καλύπτει το 30% του κελύφους δημιουργώντας θερμογέφυρες, ενώ τα ανοίγματα διακρίνονται για τις μεγάλες τους διαστάσεις και την έλλειψη προστασίας από στοιχεία σκίασης. Σε γενικές γραμμές το κέλυφος εντάσσεται στο οικόπεδο χωρίς να δίνεται έμφαση στο σωστό προσανατολισμό, γεγονός που δημιουργεί υπερφωτισμό και υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων.

Είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι από το 2007 και μετά τα νέα σχολικά κτίρια που κατασκευάζονται είναι αυστηρών προδιαγραφών και λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τις βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού. Από τα αρχικά στάδια τις αρχιτεκτονικής σύνθεσης έως την εκπόνηση των υπόλοιπων απαραίτητων μελετών δίνεται προτεραιότητα στη σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και αερισμού καθώς και στην εξασφάλιση όσο το δυνατόν περισσότερων ενεργειακών κερδών, επιτυγχάνοντας τον περιορισμό της εξάρτησης του κελύφους από πρόσθετα στοιχεία. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι με τον τρόπο αυτό διαμορφώνονται οι βέλτιστες συνθήκες εσωτερικής θερμικής άνεσης με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

## 2.4. Παραδείγματα Βιοκλιματικών Σχολείων

Η παραπάνω ανάλυση των βασικών αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής έχει βρει εφαρμογή σε πολλά σχολικά συγκροτήματα τόσο στον διεθνή όσο και στον ελλαδικό χώρο. Προκειμένου να γίνει ακόμα πιο κατανοητός ο βιοκλιματικός σχεδιασμός παρατίθενται από μία περίπτωση σχολικής δομής στο Παρίσι, την Ινδία, τη Θεσσαλονίκη και τον Πειραιά.

### 2.4.1. Διεθνής χώρος

Στην πόλη του Παρισιού, και συγκεκριμένα στην περιοχή των δυτικών προαστίων στην Boulogne Billancourt, κατασκευάστηκε το 2014 από το αρχιτεκτονικό γραφείο Chartier Dalix ένας καινοτόμος τύπος σχολείου.

Εικόνα 40. Γενική άποψη βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου στο Παρίσι



Πηγή: Chartier Dalix, 2016

Ουσιαστικά πρόκειται για προσομοίωση ενός αυτόνομου οικοσυστήματος, με θέα τα γύρω κτίρια, δημιουργώντας ένα πλούσιο πεδίο ανακάλυψης και εξερεύνησης των παιδιών. Το κέλυφός του χαρακτηρίζεται από «ζωή», φιλοξενώντας μεγάλη ποικιλία από την τοπική χλωρίδα και πανίδα καθώς και διάφορα είδη δέντρων και φυτών, προωθώντας τη σημασία της βιοποικιλότητας. Για τη πολύπλοκη αυτή κατασκευή επιλέχθηκε μία απλή, κατά τα άλλα, αρχιτεκτονική, που συνδέει τους όγκους και τις λειτουργίες του κτιρίου σε ένα ρευστό σχήμα. Η τεχνητή αυτή τοπογραφία δημιουργεί χώρους μονοπατιών και προστατευόμενων περιοχών, ενώ η όλη κατασκευή αποτελεί μέρος και συνέχεια του εδάφους. Οι λειτουργίες του σχολείου αναπτύσσονται σε επίπεδα, με το καθένα να απαρτίζεται από παιδική χαρά και δέντρα, ενώ τα ανοίγματα των όψεων έχουν τη δυνατότητα να φιλοξενήσουν διάφορα είδη βλάστησης αλλά και πτηνά. Περιλαμβάνει δεκαοχτώ (18) αίθουσες διδασκαλίας και ένα αθλητικό κέντρο, τα οποία αγκαλιάζουν τους αύλειους χώρους και τις περιοχές με βλάστηση, αυξάνοντας την ικανότητα της επαφής των παιδιών με το περιβάλλον (Αναστασάκη, 2015, Chartier Dalix, 2016).

Εικόνα 41. Λεπτομέρεια των όψεων του σχολείου, Παρίσι



Πηγή: Chartier Dalix, 2016

Εικόνα 42. Αύλειοι χώροι και δώμα σχολείου, Παρίσι



Πηγή: Chartier Dalix, 2016

Στην πόλη Βαντοντάρα της Πολιτείας Γκουτζαράτ της Ινδίας υπάρχει ένα ακόμη παράδειγμα πρότυπου βιοκλιματικού σχολείου, το οποίο κατασκευάστηκε το 2012 από τον αρχιτέκτονα Anil Lau. Το σχολικό κτίριο έχει σχεδιαστεί να φιλοξενεί μία βιωματική εμπειρία, αποτελώντας ένα μικρόκοσμο για τα παιδιά, τα οποία θα αισθάνονται σαν στο σπίτι τους, κάνοντας ευκολότερη την παραμονή τους σε αυτό, αφού τα παιδιά περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους. Πρόθεση του αρχιτέκτονα είναι η δημιουργία ενός σχολείου που θα εμπνέει τη μάθηση και θα εξασφαλίζει μια υγιή σχέση δασκάλου-μαθητή, όπου δάσκαλοι και μαθητές θα περνούν μαζί το χρόνο τους, ενώ ο σχεδιασμός του θα διασφαλίζει τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κυρίαρχο στοιχείο, στην κατασκευή των αιθουσών διδασκαλίας και των αύλειων χώρων, είναι το τριγωνικό σχήμα, το οποίο παραπέμπει στην αντίστοιχη γωνία θέασης του ατόμου. Η μορφή του κτιρίου οδηγεί το χρήστη στην εύκολη μετάβαση από το εξωτερικό στο εσωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα, δεδομένου ότι τα όρια τους δεν είναι ορισμένα αλλά ρευστά, δίνοντας έμφαση στην αλληλεπίδρασή τους (anangpur.org, 2016).

Εικόνα 43. Ισόγεια κάτοψη σχολείου, Ινδία



Πηγή: architecturelive.in, 2016

Εικόνα 44. Άποψη βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου στην Ινδία



Πηγή: anangpur.org, 2016

Εικόνα 45. Είσοδος σχολείου, εσωτερικό, Ινδία



Πηγή: Bhawna, 2016

Στο εσωτερικό του κτιρίου, ο αρχιτέκτονας αγνόησε την κοινή ορθογώνια μορφή των αιθουσών διδασκαλίας και στη θέση του χρησιμοποίησε τριγωνική μορφή, η οποία εξυπηρετεί καλύτερα τους μαθητές, καθώς επιτρέπει τη διάταξη των καθισμάτων σε σχήμα βεντάλιας. Κάθε αίθουσα διδασκαλίας αποτελεί και μία ανεξάρτητη μονάδα, που στο σύνολό τους συνδέονται σε ένα τριγωνικό πλέγμα επιτυγχάνοντας μια διάταξη, στην οποία δημιουργούνται μια σειρά διαδραστικών χώρων. Η αρθρωτή αυτή υποδιαίρεση και διασύνδεση των χώρων αναπτύσσει ρέοντες ανοιχτούς χώρους, όπου οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να καθίσουν, να χαλαρώσουν και να ανταλλάξουν ιδέες (architecturelive.in, 2016).

Επίσης, η κεντρική αυλή δρα ως ένας αποτελεσματικός μηχανισμός φυσικού αερισμού του εσωτερικού κατά τη διάρκεια τόσο της θερινής όσο και χειμερινής περιόδου. Για τον στρατηγικό σχεδιασμό του κτιρίου στην περιοχή τοποθετήθηκαν φυλλοβόλα δέντρα, έτσι ώστε να παρέχεται η απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ παράλληλα το χειμώνα, που πέφτει το φύλλωμά τους, επιτρέπει την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό, επιτυγχάνοντας τη θέρμανση του κτιρίου (Bhawna, 2016).

Εικόνα 46. Αίθουσα διδασκαλίας σχολείου, Ινδία



Πηγή: architecturelive.in, 2016

Εικόνα 47. Ανοιχτός χώρος, Ινδία



Πηγή: Bhawna, 2016

Εικόνα 48. Κεντρική αυλή σχολείου, Ινδία



Πηγή: Bhawna, 2016

#### 2.4.2. Ελλαδικός χώρος

Το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο της Θεσσαλονίκης κατασκευάστηκε το 2012 από τον Ο.Σ.Κ. στο Δήμο Νεάπολης – Συκεών, καλύπτοντας επιφάνεια 2.332 τετραγωνικών μέτρων. Στο σχολικό αυτό συγκρότημα συστεγάζονται το 8<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο παρέχοντας όλα τα σύγχρονα εκπαιδευτικά πρότυπα. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 4.550.000€ ευρώ και εντάσσεται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ) του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) 2007 – 2013. Περιλαμβάνει έξι (6) αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη, αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών, αθλητικές εγκαταστάσεις και αίθουσα πολιτιστικών και καλλιτεχνικών εκδηλώσεων. Το οικόπεδο είναι αρκετά επικλινές με 17 μέτρα κλίση μεταξύ των δύο πλευρών του, ενώ η κύρια είσοδος διαμορφώνεται στο υψηλότερο επίπεδο. Το κτίριο διατάσσεται κλιμακωτά σε 5 επίπεδα, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού (econews.gr, 2012).

Εικόνα 49. Γενική άποψη βιοκλιματικού σχολείου στις Συκεές



Πηγή: [tromaktiko.blogspot.gr](http://tromaktiko.blogspot.gr), 2013

Όσο αναφορά τον προσανατολισμό του σχολικού συγκροτήματος το διδακτήριο αναπτύσσεται στον άξονα Ανατολή – Δύση, δημιουργώντας αίθουσες με ανατολικό προσανατολισμό, ενώ ο αύλειος χώρος χωροθετείται νοτιοδυτικά προστατεύοντάς τον από το βορρά. Μόνωση εφαρμόζεται σε τοίχους πλήρωσης και φέροντα οργανισμό, ενώ σε όλα τα ανοίγματα του κελύφους τοποθετούνται διπλοί υαλοπίνακες. Για την ηλιοπροστασία των εξωτερικών χώρων κατασκευάζονται μεταλλικές πέργκολες, ενώ αντίστοιχα στα ανοίγματα σταθερές κατακόρυφες περσίδες. Ο αερισμός γίνεται από καμινάδες και ο φυσικός φωτισμός πραγματοποιείται από τα ανοίγματα του κελύφους, μέσω παραθύρων και φεγγιτών, με τα εξωτερικά φώτα να διαθέτουν φωτοκύτταρο.

Επίσης, κατά το σχεδιασμό του κτιρίου λαμβάνεται υπόψη η συλλογή των όμβριων υδάτων και η μετέπειτα επαναχρησιμοποίησή τους για τις ανάγκες ποτίσματος, ενώ στα δώμα γίνεται φύτευση διάφορων ειδών φυτών. Χρησιμοποιείται κεντρική θέρμανση με ζώνες αυτονομίας, και γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέσω φωτοβολταϊκών πλαισίων ισχύος 5,76KWp, που εφαρμόζονται στο ψηλότερο δώμα για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας (Κτύπ, 2013).



Εικόνα 50. Μεταλλική πέργκολα, Συκεές



Πηγή: Κτύπ, 2013

Εικόνα 51. Σταθερές κατακόρυφες περσίδες



Πηγή: Τσολάκογλου, 2013

Εικόνα 52. Αερισμός από καμινάδες



Πηγή: Τσολάκογλου, 2013

Ένα ακόμη παράδειγμα σχολικού κτιρίου, το οποίο συμβαδίζει με τα πρότυπα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, είναι το Σχολείο Δημοτικού και Νηπιαγωγείου στη Ζώνη Ενεργού Πολεοδομίας (ΖΕΠ) της Κοζάνης που κατασκευάστηκε το 2016 από τον Ο.Σ.Κ., καλύπτοντας επιφάνεια 4.200 τετραγωνικών μέτρων. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 9.123.000€ ευρώ και εντάσσεται στο πρόγραμμα «Επιδεικτικά Βιοκλιματικά Σχολεία» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ). Το κτίριο διατάσσεται σε 3 επίπεδα, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ενώ η δυναμικότητά του φτάνει τους 350 μαθητές. Περιλαμβάνει αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη, τραπεζαρία, κυλικείο και αίθουσα εκδηλώσεων (Ισπόγλου, 2011).

Στο σχολείο τοποθετούνται μονάδες φυσικού και τεχνητού αερισμού και φωτισμού, ενεργειακά υαλοστάσια και ενισχυμένες μονώσεις μειώνοντας τις λειτουργικές δαπάνες σε ποσοστό 75%. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση, κλιματισμό και ηλεκτρική ενέργεια εξασφαλίζονται από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέσω ενός αλληλοσυμπληρούμενου συστήματος ηλιακής ενέργειας, γεωθερμίας και τηλεθέρμανσης, το οποίο ελέγχεται από ένα κεντρικό σύστημα που είναι αυτόνομο, αφού αρχικά δοθούν ορισμένες ρυθμίσεις από το χρήστη. Υπολογίζεται ότι με την εφαρμογή όλων των παραπάνω στοιχείων εξοικονομείται πρωτογενής ενέργεια σε ποσοστό 45% σε σύγκριση με τα συμβατικά σχολικά κτίρια αντίστοιχου μεγέθους (econews.gr, 2011, kozani.tv, 2016).

Εικόνα 53. Νοτιοανατολική όψη σχολείου στην Κοζάνη



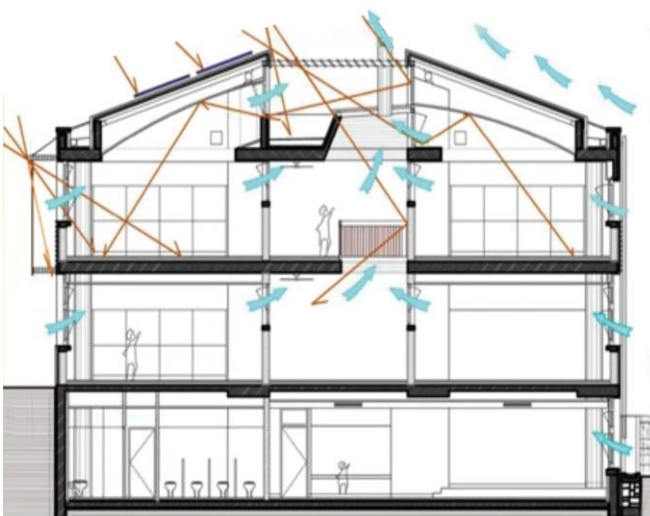
Πηγή: ΔΕΠΕΠΟΚ, 2016

Εικόνα 54. Βόρεια όψη σχολείου στην Κοζάνη



Πηγή: Μουτίδης, 2016

Εικόνα 55. Σχηματική τομή σχολείου, Κοζάνη



Πηγή: ΔΕΠΕΠΟΚ, 2016

Εικόνα 56. Φυσικός φωτισμός σχολείου, Κοζάνη



Πηγή: kozani.tv, 2016

Εικόνα 57. Ημιυπαίθριος χώρος σχολείου,



Πηγή: kozani.tv, 2016

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: 4<sup>ο</sup> & 9<sup>ο</sup> ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΛΑΜΙΑΣ



### 3.1. Γενικά Στοιχεία Περιοχής Μελέτης

#### 3.1.1. Γεωγραφικά στοιχεία

Η περιοχή της Λαμίας ανήκει στο Δήμο Λαμιέων, ενώ σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης υπάγεται διοικητικά στην Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Ο πληθυσμός της Λαμίας, με βάση τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), ανέρχεται σε 52.006 κατοίκους, συγκεντρώνοντας το 69% του συνολικού πληθυσμού του Δήμου (lamia.gr, 2016).

Εικόνα 58. Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης



Πηγή: lifo.gr, 2016

Εικόνα 59. Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας



Πηγή: topographer.gr, 2016

### 3.1.2. Κλιματολογικές συνθήκες

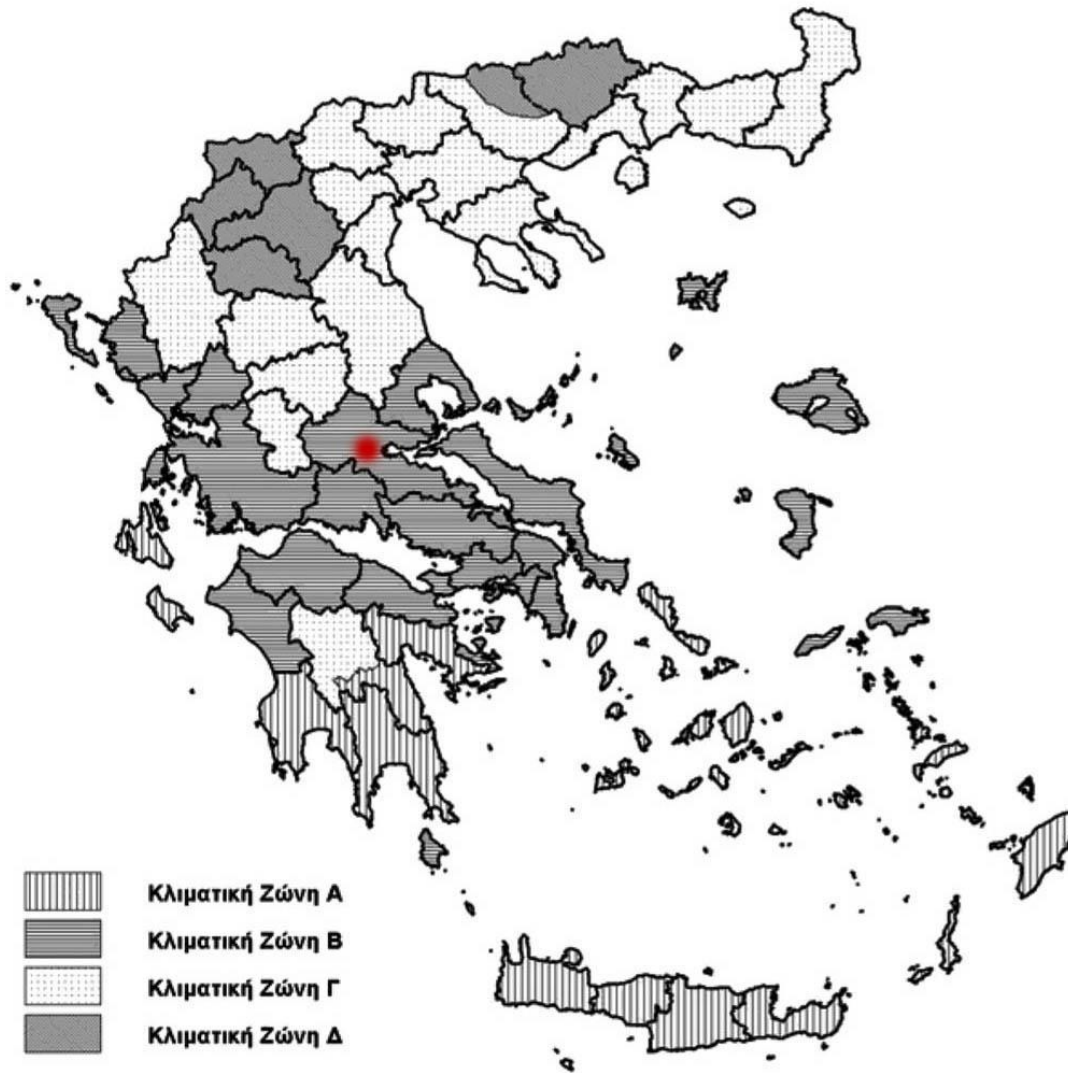
Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το κλίμα μιας περιοχής χαρακτηρίζεται από τρία διαφορετικά επίπεδα, το μακροκλίμα, το μεσοκλίμα και το μικροκλίμα του. Το μακροκλίμα χαρακτηρίζεται από τα κλιματικά δεδομένα που έχει μια περιοχή, όπως είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και οι βροχοπτώσεις, ενώ το μεσοκλίμα αποτελεί το μετασχηματισμό του μακροκλίματος μιας περιοχής ως προς τις τοπικές ιδιαιτερότητες του, όπως είναι το ανάγλυφο του εδάφους και η αναλογία ύπαρξης επιφανειών νερού και βλάστησης. Όσο αναφορά το μικροκλίμα αποτελεί τη διαφοροποίηση του μακροκλίματος και μεσοκλίματος λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων, όπως είναι ο δομημένος χώρος και οι καλλιέργειες.

Επίσης, το κλίμα μιας περιοχής μπορεί να χαρακτηρίσει την ικανοποίηση ενός ατόμου ως προς το θερμικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται, το οποίο ονομάζεται θερμική άνεση. Επομένως, η θερμική άνεση επηρεάζεται από την ταχύτητα του αέρα, τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, καθώς και από την ηλιακή ακτινοβολία όταν πρόκειται για υπαίθριο χώρο. Όμως, παρόλο που τα όρια της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων είναι απόλυτα προσδιορισμένα, αυτό δεν ισχύει για τους υπαίθριους χώρους, αφού σε αυτούς δεν υπάρχει κανένα όριο (Μπουγιατιώτη, 2010).

Η περιοχή της Λαμίας, που βρίσκεται στο κέντρο του ηπειρωτικού κορμού της χώρας, βάσει της παρακάτω απεικόνισης εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β έχοντας ξηρό μεσογειακό κλίμα. Ουσιαστικά πρόκειται για δύο κυρίως εποχές, η μία των υγρών χειμώνων και η άλλη των θερμών καλοκαιριών. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχουν εξίσου οι ίδιες ανάγκες σε θέρμανση και σε ψύξη (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Σύμφωνα με τα πιο πάνω, κρίνεται απαραίτητο η ανάλυση των επιμέρους δεδομένων που συνθέτουν το κλίμα της περιοχής μελέτης, της Λαμίας, στοιχεία που είναι σημαντικά τόσο για την αναγνώριση της υφιστάμενης κατάστασης, όσο και για την περαιτέρω διαδικασία των βιοκλιματικών επεμβάσεων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι μετρήσεις της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) οι οποίες έγιναν στη Λαμία κατά την τελευταία πεντηκονταετία, οι οποίες συνοδεύονται από αντίστοιχα διαγράμματα για την καλύτερη κατανόησή τους.

Εικόνα 60. Απεικόνιση κλιματικών ζωνών Ελλάδος



Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

## ❖ Θερμοκρασία

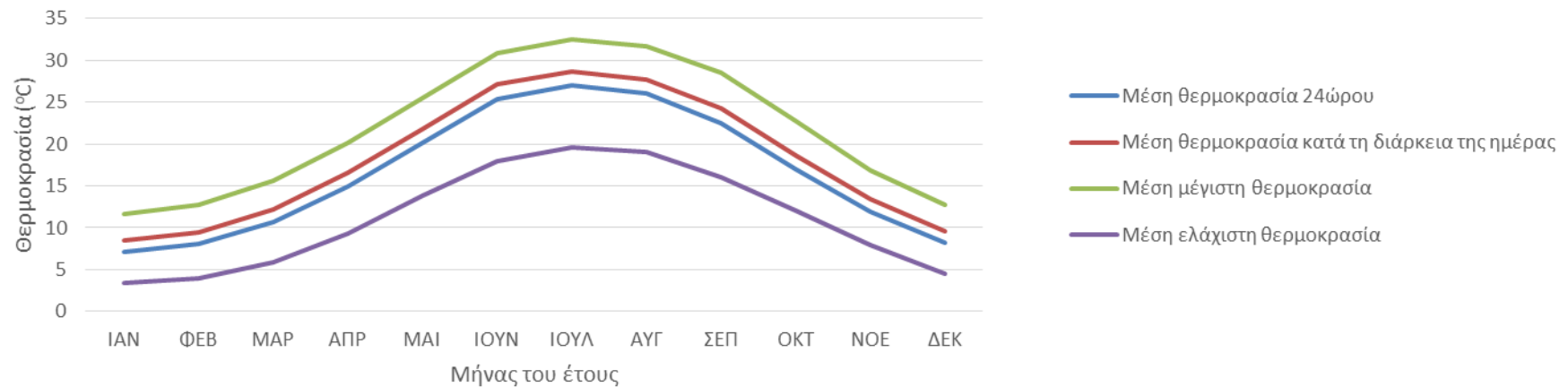
Με βάσει τις μετρήσεις της Ε.Μ.Υ. που διεξήχθησαν στη Λαμία, παρατηρείται στην περιοχή μέτριο θερμοκρασιακό εύρος, με θερμά έως ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα στον οποίο απεικονίζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία του 24ώρου και κατά τη διάρκεια της ημέρας, η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία, οι βαθμομέρες θέρμανσης και οι βαθμοώρες ψύξης, που πρόκειται για μεθόδους υπολογισμού των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου αντίστοιχα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014).

Πίνακας 8. Μετρήσεις θερμοκρασιακών δεδομένων στην περιοχή της Λαμίας

	ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
Μέση θερμοκρασία 24ώρου (°C)	7,1	8,1	10,7	15,0	20,2	25,4	27,0	26,0	22,5	17,0	11,9	8,2	16,6
Μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (°C)	8,5	9,5	12,2	16,6	21,8	27,1	28,7	27,7	24,3	18,7	13,4	9,6	18,2
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	11,6	12,8	15,6	20,2	25,5	30,9	32,5	31,7	28,5	22,7	16,9	12,7	21,8
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	3,4	3,9	5,9	9,3	13,8	17,9	19,6	19,1	16,1	12,1	8,0	4,5	11,1
Βαθμομέρες θέρμανσης (θερμοκρασία αναφοράς 18°C)	338	277	226	90	-	-	-	-	-	31	183	304	207,0
Βαθμοώρες ψύξης (θερμοκρασία αναφοράς 26°C)	-	-	-	-	-	921	1.496	1.181	181	-	-	-	944,8

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 5. Απεικόνιση των θερμοκρασιακών δεδομένων στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

### ❖ Άνεμοι

Όσο αναφορά το στοιχείο του ανέμου παρατηρείται ότι οι ταχύτητες στη Λαμία κυμαίνονται από 2,4 έως 3,4m/s, γεγονός που κατατάσσει την περιοχή στην κλίμακα 2 (μποφόρ) της κλίμακας έντασης του ανέμου. Με λίγα λόγια, πρόκειται για πολύ ασθενής ταχύτητα, με τον άνεμο να γίνεται αισθητός στη ξηρά στο δέρμα και στην κίνηση των φύλλων των φυτών, ενώ στη θάλασσα από μικρά κύματα και την υαλώδη μορφή της χωρίς αφρό (Giles, 2016).

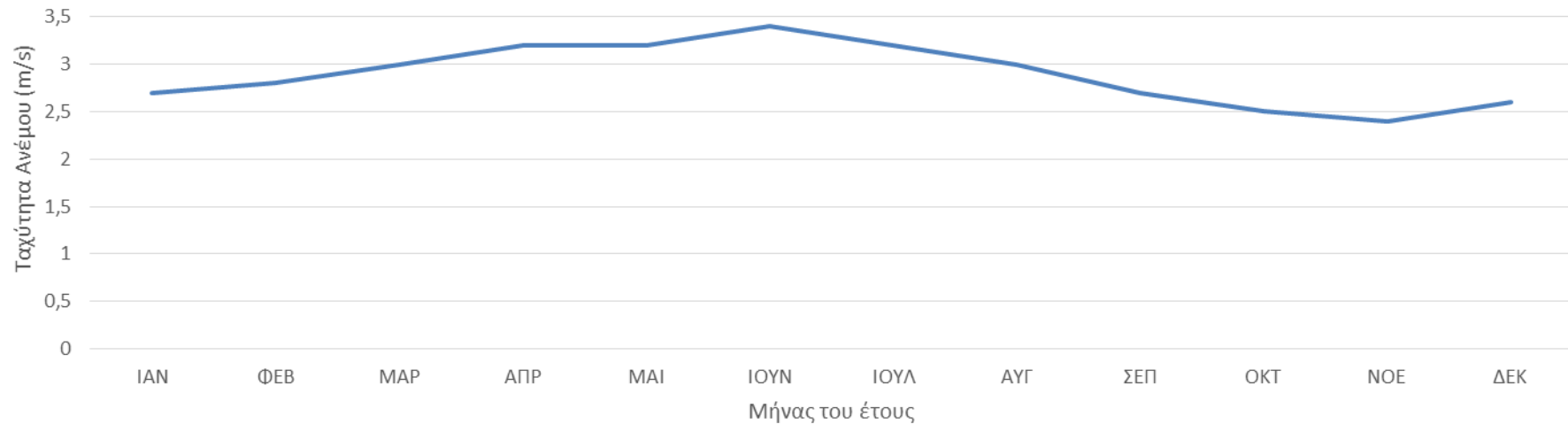
Πίνακας 9. Μετρήσεις του ανέμου στην περιοχή της Λαμίας

	ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												Μ.Ο.
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	2,7	2,8	3,0	3,2	3,2	3,4	3,2	3,0	2,7	2,5	2,4	2,6	2,9

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 6. Απεικόνιση της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

### ❖ Υγρασία

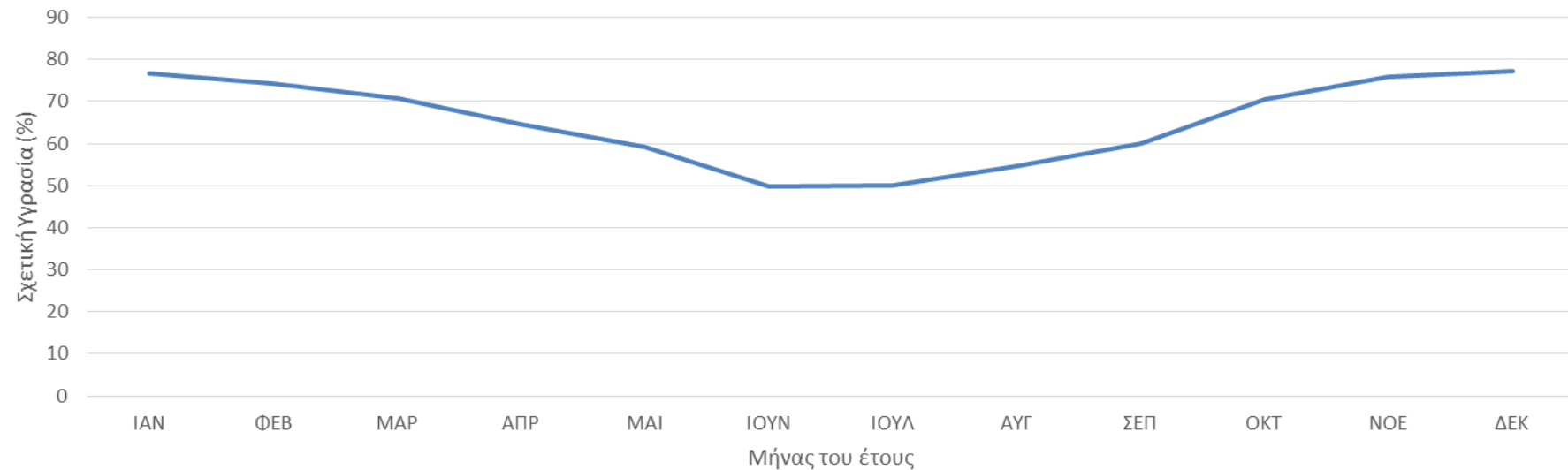
Για το κλιματικό δεδομένο της υγρασίας στην περιοχή μελέτης παρατίθενται οι μετρήσεις της Ε.Μ.Υ. για το ποσοστό της σχετικής υγρασίας, βάσει του οποίου υπολογίζεται και η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Γενικά όσο η σχετική υγρασία πλησιάζει το 100% τόσο περισσότερο δημιουργείται κορεσμός στην ατμόσφαιρα, δηλαδή πληρότητα υδρατμών σε αυτήν, μη μπορώντας να συγκρατήσει άλλους. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η σχετική υγρασία της περιοχής βρίσκεται σε καλό επίπεδο με μέσο όρο (Μ.Ο.) 65,3% (Βικιπαίδεια, 2016).

Πίνακας 10. Μετρήσεις της υγρασίας στην περιοχή της Λαμίας

	ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
Μέση σχετική υγρασία (%)	76,6	74,4	70,8	64,6	59,1	49,7	50,1	54,5	60,1	70,5	75,8	77,1	65,3

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 7. Απεικόνιση της υγρασίας στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### ❖ Ηλιακή ακτινοβολία

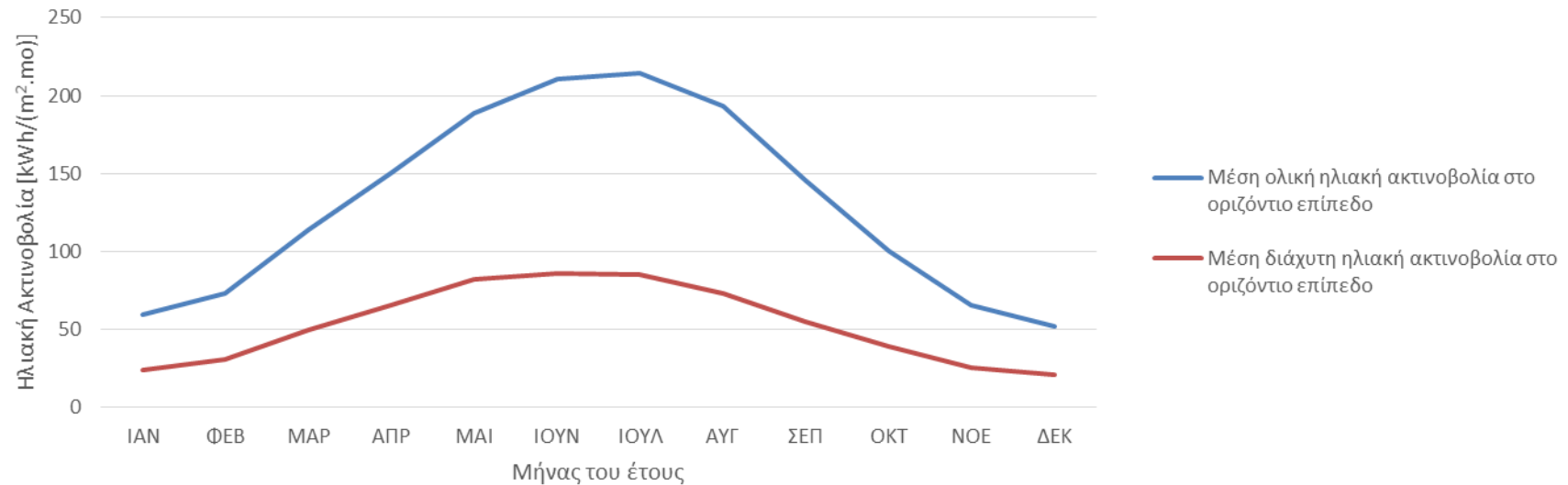
Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια αποτελείται από δύο παράγοντες, την άμεση και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία αφορά τη δέσμη παράλληλων ακτίνων, οι οποίες προέρχονται κατευθείαν από τον ήλιο, ενώ η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία καταλήγει στο έδαφος έπειτα από τη σκέδασή της (αλλαγή κατεύθυνσης) στην ατμόσφαιρα (Αριανούτσου κ.ά., 1999). Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, η ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή της Λαμίας λαμβάνει τις μέγιστες τιμές κατά τη θερινή περίοδο και τις ελάχιστες κατά τη χειμερινή, γεγονός που οφείλεται τόσο στη θέση του ήλιου όσο και στις ώρες ηλιοφάνειας.

Πίνακας 11. Μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Λαμίας

	ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
Μέση ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m <sup>2</sup> .mo)]	59,4	73,1	113,9	150,5	188,8	210,3	214,1	193,4	145,5	100,3	65,3	52,1	130,6
Μέση διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m <sup>2</sup> .mo)]	24,0	31,0	49,4	65,3	82,0	85,9	85,5	73,5	54,8	38,9	25,3	20,8	53,0

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 8. Απεικόνιση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο αποτελεί η γνώση του ποσού της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο, και αυτό διότι θεωρείται απαραίτητο για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οποιαδήποτε άλλη κεκλιμένη επιφάνεια. Το στοιχείο αυτό βοηθά στην καλύτερη αξιοποίηση συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως είναι για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι ηλιακοί συλλέκτες (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014). Οι παρακάτω μετρήσεις της Ε.Μ.Υ. αφορούν την ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες με τυχαίο προσανατολισμό και κλίση 0°, 90° και 45° μοιρών της περιοχής μελέτης, όπου και διαπιστώνεται ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη θερινή περίοδο είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τη χειμερινή καθώς και ότι όσο πιο κάθετα η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της.

Πίνακας 12. Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία επιφανειών με τυχαίο προσανατολισμό στην περιοχή της Λαμίας (kWh/m<sup>2</sup>)

		ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												
		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
Οριζόντιο επίπεδο 0°		59	73	114	151	189	210	214	193	146	100	65	52	130,5
Κλίση επιφάνειας 90°	B	18	23	36	50	68	77	76	62	42	29	19	16	43,0
	BA/ΒΔ	20	26	46	68	89	100	101	87	58	35	22	17	55,8
	A/Δ	41	45	69	90	107	117	120	114	87	61	45	38	77,8
	NA/ΝΔ	73	68	87	95	103	106	111	115	104	88	77	70	91,4
	N	92	82	94	89	87	86	91	101	107	105	97	90	93,4
Κλίση επιφάνειας 45°	B	22	29	50	92	137	161	160	125	69	36	24	19	77,0
	BA/ΒΔ	28	40	72	108	145	166	166	141	93	54	31	23	88,9
	A/Δ	55	64	100	131	163	179	184	169	127	87	60	49	114,0
	NA/ΝΔ	85	89	123	145	169	181	187	182	151	118	91	79	133,3
	N	100	100	131	148	167	176	184	182	160	132	106	94	140,0

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

## ❖ Υετός

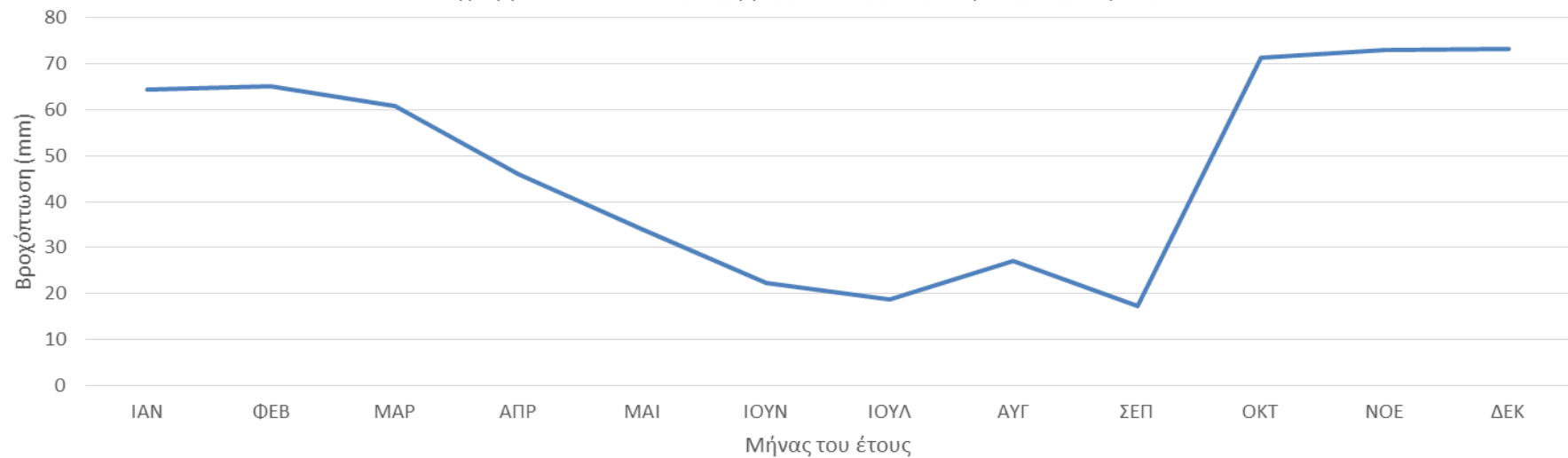
Ο υετός εκφράζει όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τα οποία με τη μορφή του νερού, υγρή ή στερεή, καταλήγουν στην επιφάνεια της Γης. Η βροχή, το χιόνι, το χιονόνερο και το χαλάζι αποτελούν μερικά από τα είδη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Τσάμης, 2016). Με βάση τις παρακάτω μετρήσεις της Ε.Μ.Υ. διαπιστώνεται ότι η Λαμία αποτελείται από υγρή χειμερινή περίοδο και ξηρά καλοκαίρια.

Πίνακας 13. Μετρήσεις του υετού στην περιοχή της Λαμίας

	ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ												
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
Μέση βροχόπτωση (mm)	64,4	65,2	60,9	46,0	34,1	22,4	18,8	27,0	17,4	71,4	72,9	73,3	47,8
Συνολικές μέρες βροχής	13,3	13,1	12,6	10,6	8,7	5,2	3,7	4,2	4,3	10,5	11,1	13,1	9,2

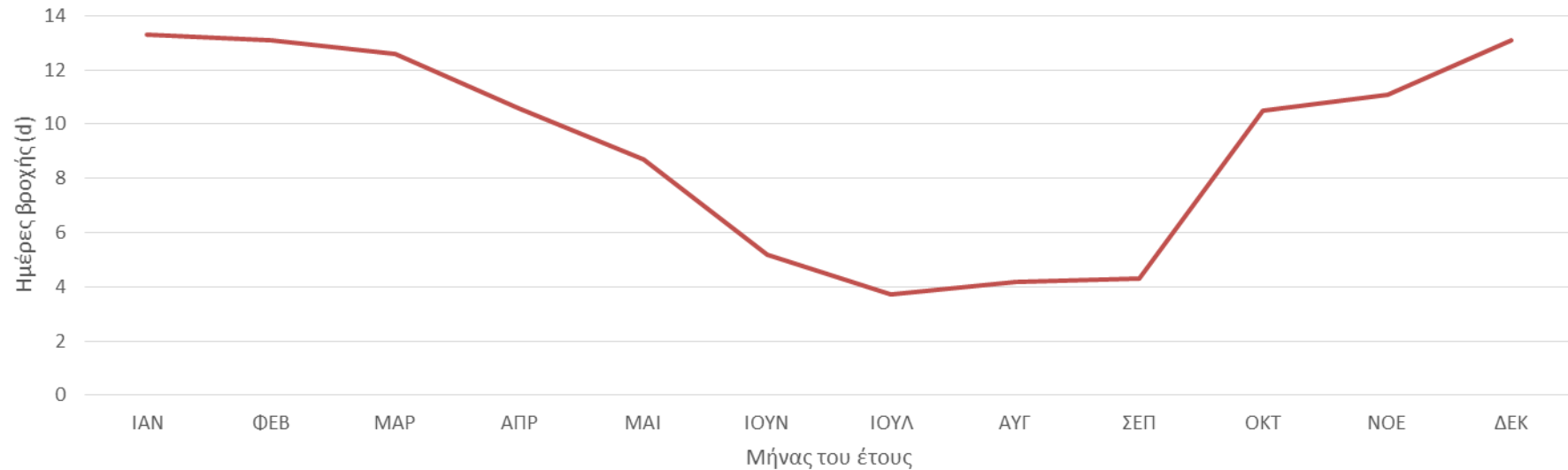
Πηγή: Ε.Μ.Υ., 2016 (ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 9. Απεικόνιση της βροχόπτωσης στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 10. Απεικόνιση των ημερών βροχόπτωσης στην περιοχή της Λαμίας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 3.2. Περιγραφή Σχολικού Συγκροτήματος

Όσο αναφορά τη γεωγραφική θέση του σχολικού συγκροτήματος που ερευνάται βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, συγκεκριμένα στην οδό Σατωβριάνδου, και σε αυτό συστεγάζονται το 4<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Λαμίας. Κατασκευάστηκε το 1931 από τον γνωστό αρχιτέκτονα Κίμωνα Λάσκαρη, στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης του 1929, με τη φόρμα και τη λειτουργικότητα του να έχουν επιρροές από το μοντερνισμό του μεσοπολέμου (altpressfthiotida.com, 2016).

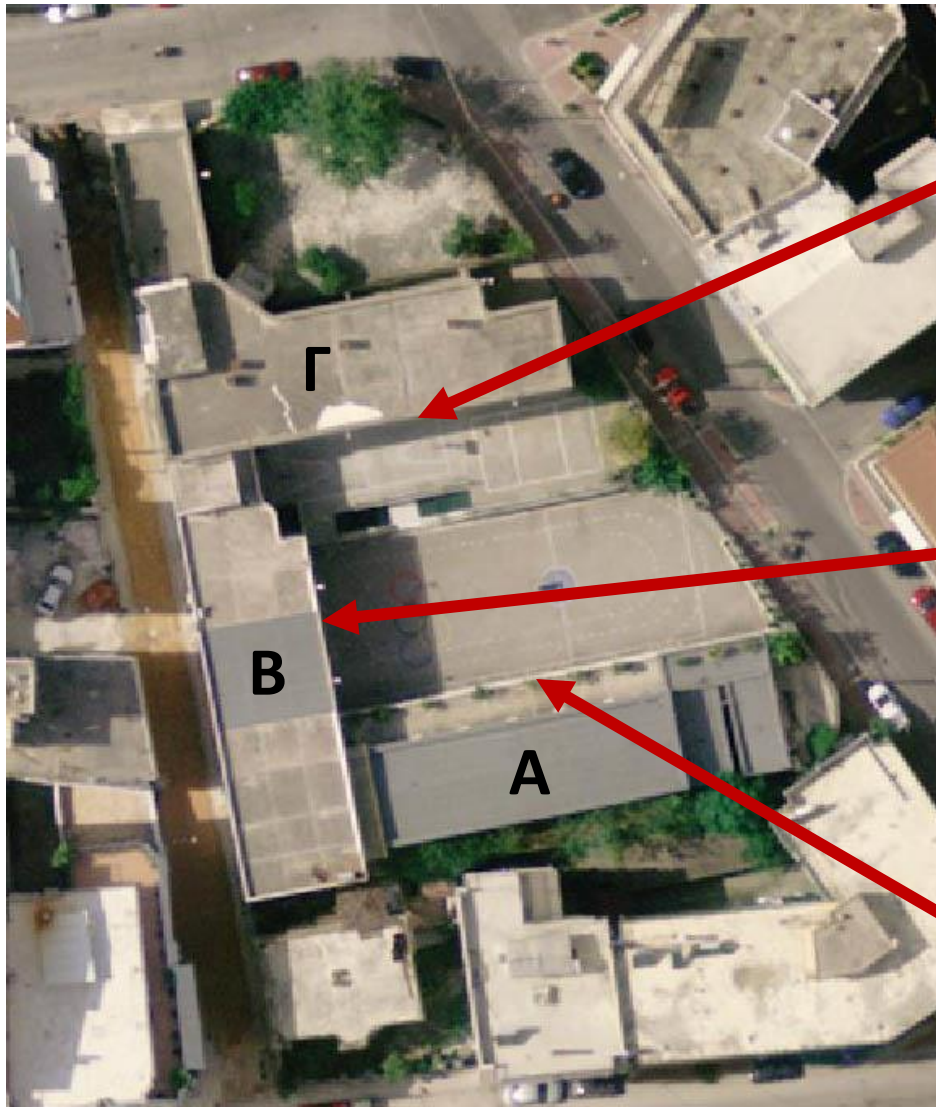
Στο σύνολό του αποτελεί Ολοήμερο Εξατάξιο Δημοτικό Σχολείο, και σύμφωνα με την πρόσφατη απόφαση του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, το ωράριο λειτουργίας χωρίζεται σε δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος, του υποχρεωτικού προγράμματος, είναι από τις 08:00π.μ. έως τις 13:15μ.μ., ενώ έπειτα πραγματοποιείται η δεύτερη περίοδος, του ολόημερου προγράμματος, από τις 13:20μ.μ. έως τις 16:00μ.μ. Από τις 16:00μ.μ. έως τις 20:00μ.μ. διεξάγεται κοινωνικό φροντιστήριο για τους μαθητές όλων των βαθμίδων, γεγονός που καθιστά την παρουσία μαθητών και διδασκόντων στο κτίριο καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας (ΦΕΚ 1324B/11.05.2016).

Εικόνα 61. Δήμος Λαμιέων και σημείο ενδιαφέροντος



Πηγή: googlemaps, 2016 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 62. Αεροφωτογραφία Δημοτικού Σχολείου



Πηγή: Ε.Κ.ΧΑ., 2009 (ιδία επεξεργασία)

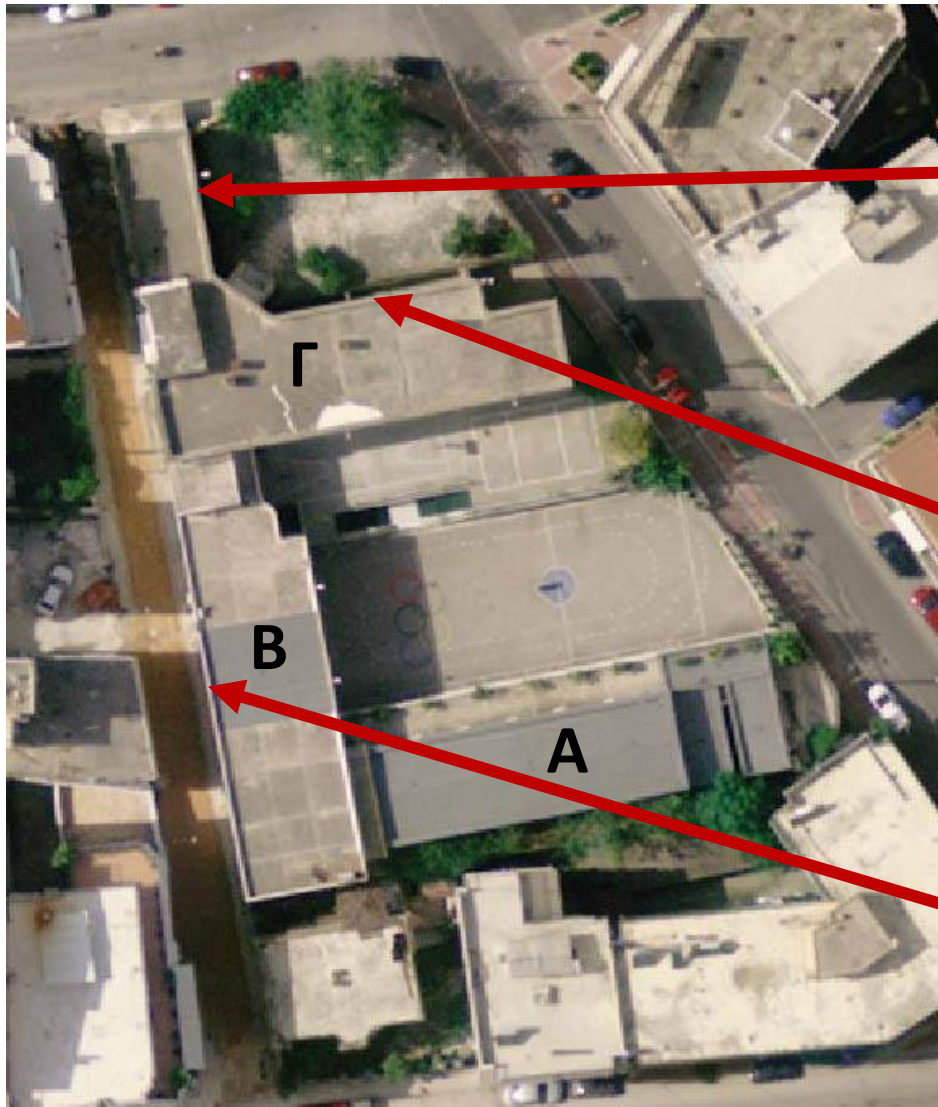
Εικόνα 63. Όψεις Συγκροτήματος



Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 2016



Εικόνα 64. Αεροφωτογραφία Δημοτικού Σχολείου



Πηγή: Ε.Κ.ΧΑ., 2009 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 65. Όψεις Συγκροτήματος



Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 2016

Εικόνα 66. Κεντρικός αύλειος χώρος



Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 2016

Εικόνα 67. Δευτερεύων αύλειος χώρος



Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 2016

Το σχολικό συγκρότημα αποτελείται από ένα (1) μονώροφο (κτίριο Α) και δύο (2) διώροφους (κτίριο Β και Γ) όγκους δημιουργώντας ένα σχήμα Π το οποίο αγκαλιάζει τον έναν από τους δύο αύλειους χώρους όπου ασκούν τις σχολικές δραστηριότητες οι 370 περίπου σε δυναμικότητα μαθητές. Το συνολικό εμβαδόν του δομημένου χώρου είναι περίπου 1.900 τετραγωνικά μέτρα, ενώ των ανοιχτών – αύλειων χώρων περίπου 940,00 τετραγωνικά μέτρα. Διαθέτει δεκαοχτώ (18) αίθουσες διδασκαλίας, μία (1) αίθουσα για την υλοποίηση του ολοήμερου προγράμματος, δύο (2) γραφεία καθηγητών και δύο (2) γραφεία διευθυντών, ένα (1) κυλικείο, τέσσερις (4) αποθηκευτικούς χώρους, λεβητοστάσιο καθώς και τουαλέτες μαθητών και καθηγητών. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι το συγκρότημα, λόγω στενότητας χώρου, δε διαθέτει αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, ανάγκη η οποία καλύπτεται κάθε φορά από εξωσχολικό ενοικιαζόμενο χώρο.

Ο προσανατολισμός του συγκροτήματος είναι βορειοανατολικός, γεγονός που δεν ευνοεί την ύπαρξη συνθηκών άνεσης. Στα κτίρια Α και Β η διάταξη των χώρων είναι γραμμική με τον διάδρομο να είναι υπαίθριος, ενώ στο κτίριο Γ οι διατεταγμένοι γραμμικοί χώροι έχουν από τη

μία πλευρά το διάδρομο και από την άλλη παρατεταγμένες τις αίθουσες διδασκαλίας. Οι δύο αύλειοι χώροι που διαθέτει το συγκρότημα είναι προστατευμένοι από τα κτίρια και την παρουσία αρκετής βλάστησης, ιδιαίτερα φυλλοβόλων δέντρων.

Όσο αναφορά την κατασκευή του κελύφους ανήκει στην κατηγορία Ι των σχολικών κτιρίων, δηλαδή πριν το 1950, με τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή, φέρων οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και παντελή έλλειψη θερμομόνωσης. Τα αρχικά κουφώματα των ανοιγμάτων ήταν μεταλλικά, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες αντικαταστάθηκαν σταδιακά από κουφώματα αλουμινίου με διπλά τζάμια. Στις οροφές όλων των χώρων είναι τοποθετημένες κοινοί λαμπτήρες πυρακτώσεως, ενώ τα δάπεδα είναι κατασκευασμένα από μωσαϊκό. Τα δώματα είναι επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα και δε φέρουν μόνωση, με εξαίρεση το κτίριο Α όπου εφαρμόστηκε μόνωση πριν από 15 περίπου χρόνια. Στα δώματα των κτιρίων Β και Γ έχουν τοποθετηθεί και λειτουργούν από τα τέλη 2011 φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος 20 κιλοβάτ (kW) έκαστος, τα οποία λόγω του μεγέθους της εγκατάστασης και του υψηλού κόστους υλοποίησης και συντήρησής τους, ενοικιάζονται σε ιδιώτη για είκοσι (20) χρόνια έναντι ετήσιου μισθώματος 20.000€ ευρώ, με τη συνολική απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων να ανέρχεται σε 27.000 κιλοβατώρες (kWh) ετησίως. Επίσης, η θέρμανση των χώρων κατά τους χειμερινούς μήνες γίνεται μέσω της καύσης πετρελαίου, έχοντας ετήσια κατανάλωση 12.000 λίτρα (lt), ενώ τη θερινή περίοδο δε διατίθενται κανένα σύστημα ψύξης των χώρων. Όσο αναφορά το ηλεκτρικό ρεύμα που καταναλώνεται ανέρχεται περίπου σε 20.000 κιλοβατώρες (kWh) ετησίως.

Εικόνα 68. Εξωτερικός και εσωτερικός διάδρομος

Εικόνα 69. Αίθουσα ολοήμερου

Εικόνα 70. Τυπική αίθουσα

Εικόνα 71. Φωτοβολταϊκά, κτίριο Β



Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 2016

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ «SKETCH UP» ΚΑΙ «ENERGY PLUS»



#### 4.1. Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί προσομοίωση του εν λόγω σχολικού συγκροτήματος, μέσω των εξειδικευμένων προγραμμάτων Sketch Up και Energy Plus, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για την υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων, όσο αναφορά την απόδοση των μηχανολογικών εγκαταστάσεων και την θερμική άνεση των μαθητών και των διδασκόντων.

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθούν ορισμένα βασικά στοιχεία για τα επιμέρους προγράμματα προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας εφαρμογής τους.

- ✓ Το Sketch Up αποτελεί πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης διάφορων αντικειμένων, ακόμα και κτιρίων, όπου με την παράλληλη βοήθεια της εργαλειοθήκης Open Studio, έχει την ικανότητα να πραγματοποιεί γραφικά την ενεργειακή απεικόνιση οποιουδήποτε τρισδιάστατου μοντέλου, μέσω της δημιουργίας θερμικών ζωνών, επιφανειών σκίασης και φωτισμού εσωτερικών χώρων. Το πρόγραμμα αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει αρχείο με χρήσιμες ενεργειακές πληροφορίες, τις οποίες μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω στο πρόγραμμα Energy Plus (EliteSoft Europe, 2016).
- ✓ Το Energy Plus, με τη σειρά του, χρησιμοποιεί τις παραπάνω πληροφορίες έτσι ώστε να βελτιώσει τον υφιστάμενο σχεδιασμό του κτιρίου, εξασφαλίζοντας βέλτιστα ενεργειακά οφέλη. Έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται αρκετές παραμέτρους, όπως είναι ο φωτισμός και αερισμός των χώρων καθώς και η συνολική θέρμανση και ψύξη του κτιρίου που μελετάται, εξάγοντας ενδιαφέροντα συμπεράσματα για τις αντίστοιχες καταναλώσεις (Energy Plus, 2017).

#### 4.2. Εφαρμογή Προγράμματος «Sketch Up»

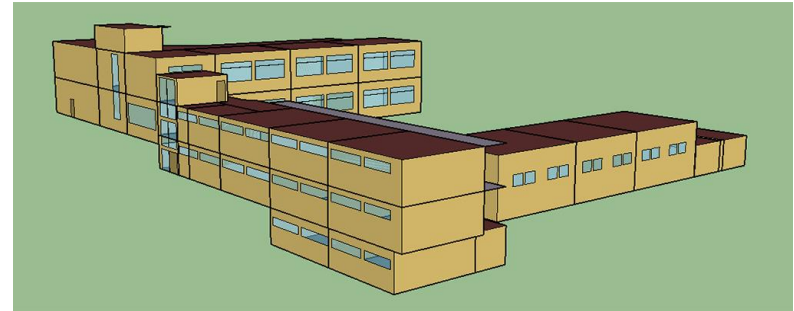
Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση του σχολικού συγκροτήματος στο πρόγραμμα Sketch Up, με τη βοήθεια της εντολής “Create Spaces From Diagram”, όπου ορίστηκε το ύψος του εκάστοτε ορόφου και της εντολής “Project Loose Geometry”, όπου προέκυψαν τα ανοίγματα του κτιρίου. Το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες.

Εικόνα 72. Βορειοανατολική άποψη



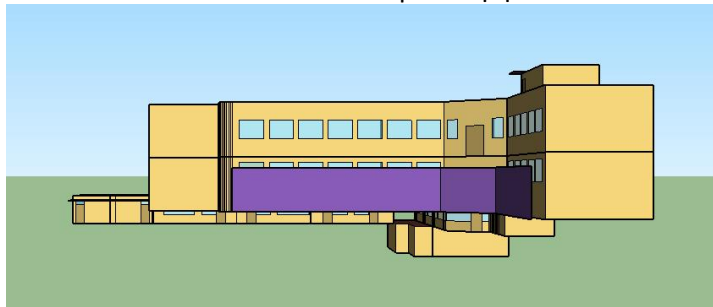
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 73. Νοτιοδυτική άποψη



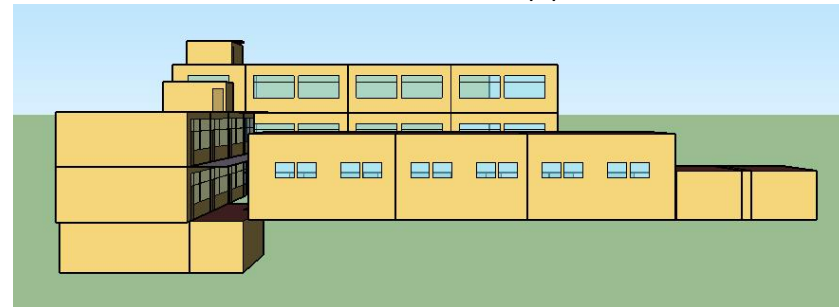
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 74. Βόρεια όψη



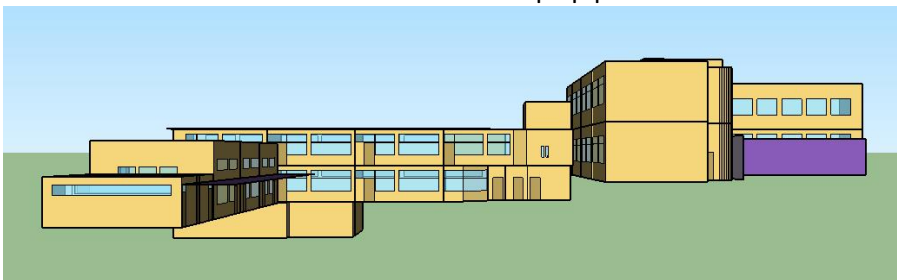
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 75. Νότια όψη



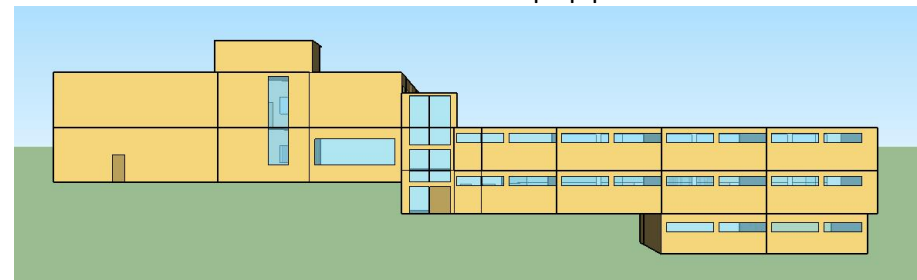
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 76. Ανατολική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 77. Δυτική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Το επόμενο βήμα είναι ο διαχωρισμός του σχολικού συγκροτήματος σε θερμικές ζώνες, σύμφωνα με της Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.). Ως θερμικές ζώνες νοούνται χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, ενώ για τον αντίστοιχο διαχωρισμό τους συνίσταται:

- ✓ η δημιουργία, όσο το δυνατό, μικρότερου αριθμού ζωνών για οικονομία του πλήθους των εισαγόμενων στοιχείων και του χρόνου υπολογισμού τους, καθώς και
- ✓ η ένταξη τμημάτων του κτιρίου, με ποσοστό όγκου έως 10% του συνολικού όγκου του κελύφους, σε παρόμοιες θερμικές ζώνες, ακόμα και στην περίπτωση που η λειτουργία τους δικαιολογεί τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητη ζώνη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, 2014).

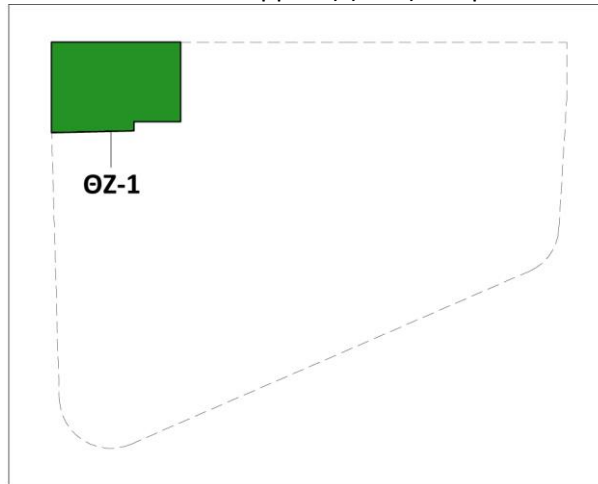
Με βάση τα πιο πάνω στοιχεία δημιουργήθηκαν δέκα (10) θερμικές ζώνες για το σχολικό συγκρότημα, οι οποίες αποτυπώνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα, ενώ έπειτα παρατίθενται οι επιμέρους κατόψεις του.

Πίνακας 14. Κατηγοριοποίηση σχολικού χώρου σε θερμικές ζώνες

ΟΡΟΦΟΣ	ΧΩΡΟΙ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ	ΕΜΒΑΔΟΝ (τ.μ.)
Υπόγειο	Μηχανολογικοί – Αποθηκευτικοί χώροι	ΘΖ-1	164,60
Ισόγειο	Αίθουσες διδασκαλίας	ΘΖ-2	403,82
	Γραφεία καθηγητών	ΘΖ-3	37,00
	Κοινόχρηστοι χώροι	ΘΖ-4	94,18
Α' όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας	ΘΖ-5	469,32
	Γραφεία καθηγητών	ΘΖ-6	190,64
	Κοινόχρηστοι χώροι	ΘΖ-7	62,04
Β' όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας	ΘΖ-8	304,23
	Κοινόχρηστοι χώροι	ΘΖ-9	159,77
Δώμα	Κοινόχρηστοι χώροι	ΘΖ-10	30,92

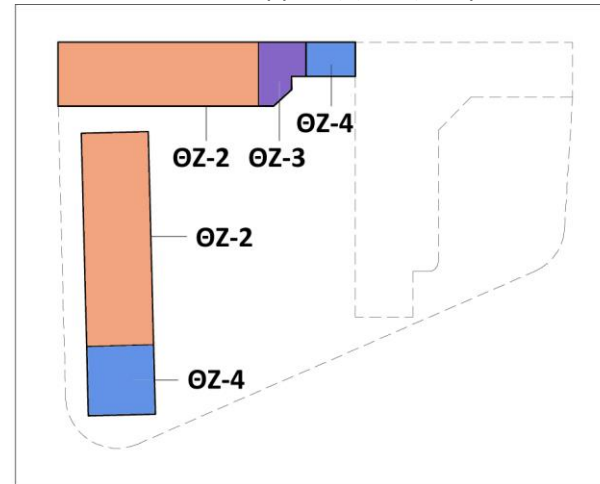
Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 78. Θερμικές ζώνες υπογείου



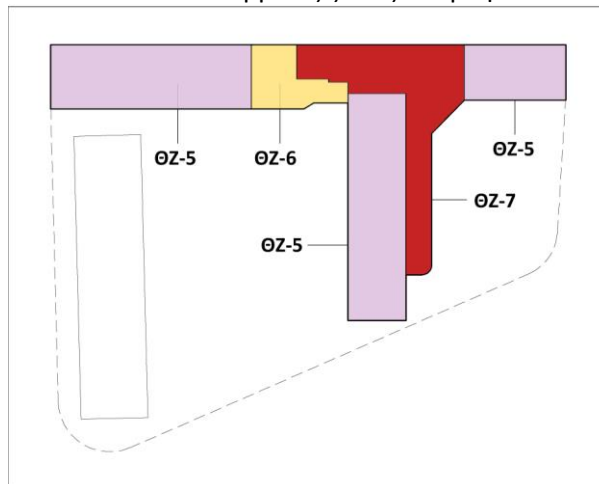
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 79. Θερμικές ζώνες ισογείου



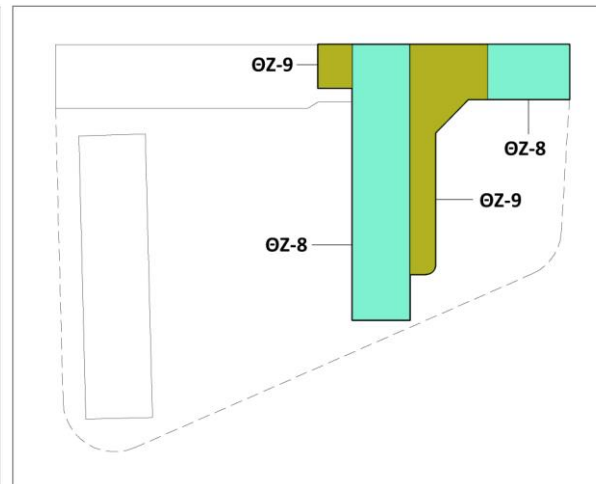
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 80. Θερμικές ζώνες Α' ορόφου



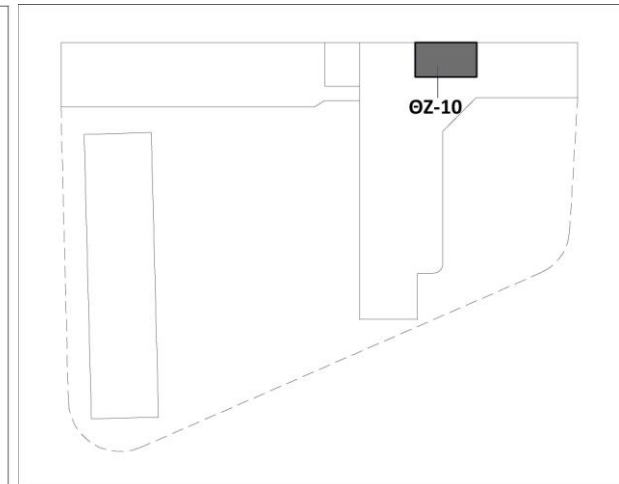
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 81. Θερμικές ζώνες Β' ορόφου



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 82. Θερμικές ζώνες δώματος

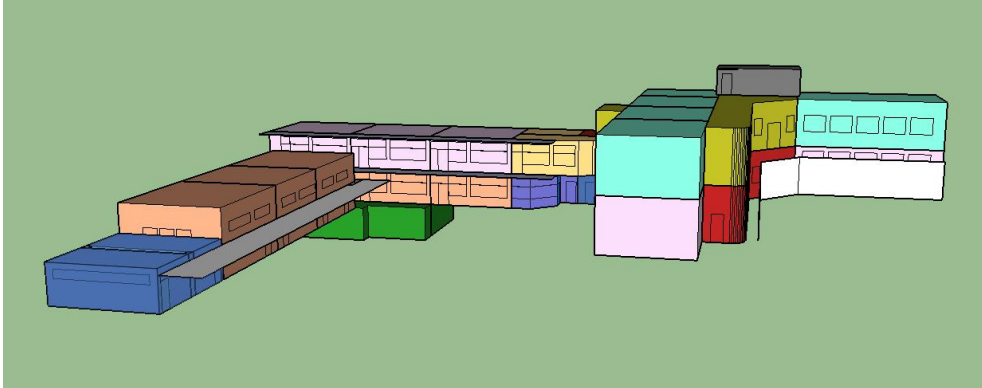


Πηγή: ίδια επεξεργασία



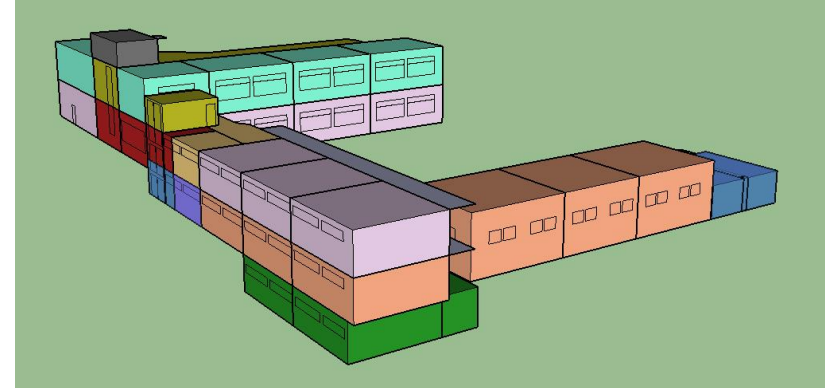
Έπειτα, οι 10 θερμικές αυτές ζώνες ορίστηκαν στο πρόγραμμα Sketch Up μέσω της εντολής “Set Attributes for Selected Spaces” – “Thermal Zone” – “New Thermal Zone”. Η τρισδιάστατη μορφή του μοντέλου, σε σχέση με τις θερμικές ζώνες του συγκροτήματος, προέκυψε με την εντολή “Render By Thermal Zone” και δίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Εικόνα 83. Θερμικές ζώνες από βορειοανατολική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

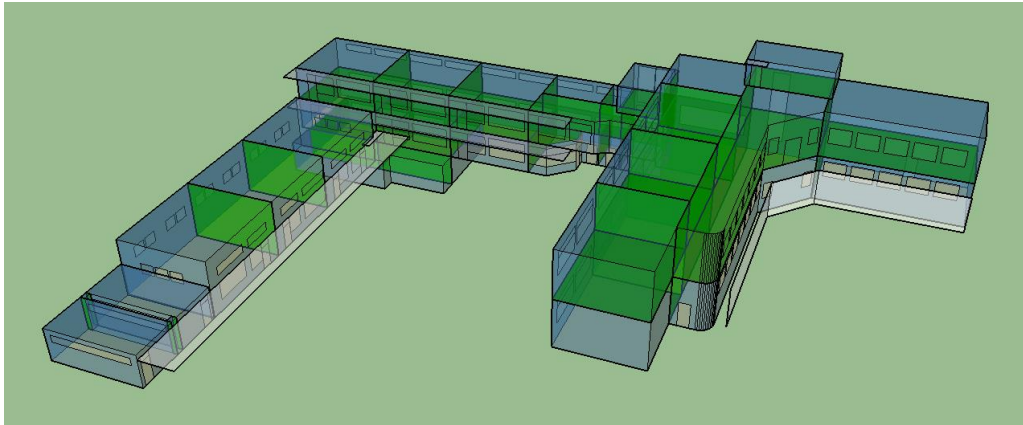
Εικόνα 84. Θερμικές ζώνες από νοτιοδυτική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

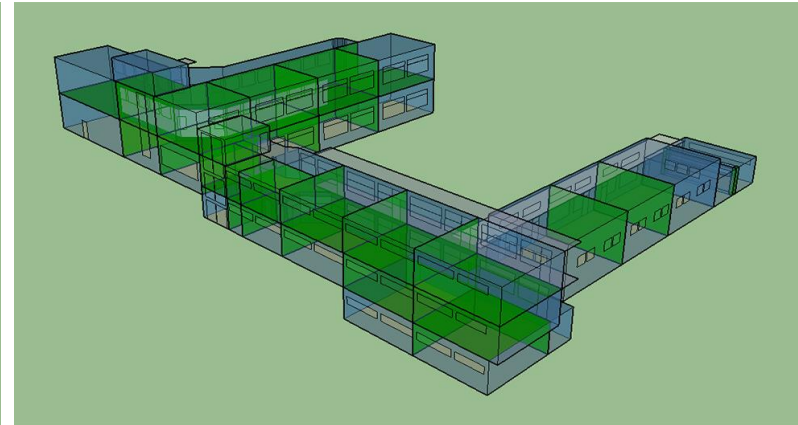
Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία επιπλέον γεωμετρίας στους τοίχους και τα δάπεδα – οροφές του κτιρίου καθώς και στα περαιτέρω στοιχεία τους, όπως πόρτες και παράθυρα, μέσω της κατηγοριοποίησής τους σε εξωτερικά ή εσωτερικά στοιχεία. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω της εντολής “Surface Matching”, και ειδικότερα των επιλογών “Intersect In Entire Model” και “Match In Entire Model”, με το αποτέλεσμα να εμφανίζεται χρησιμοποιώντας το εργαλείο “View Model in X-Ray Mode” ενώ το τρισδιάστατο μοντέλο βρίσκεται σε κατάσταση “Render by Boundary Condition”. Στις παρακάτω εικόνες παρατίθεται το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής, όπου με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι εξωτερικές επιφάνειες, με πράσινο οι εσωτερικές, ενώ με γκρι το έδαφος.

Εικόνα 85. X-Ray mode από βορειοανατολική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Εικόνα 86. X-Ray mode από νοτιοδυτική όψη



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, μέσω της εντολής “Export EnergyPlus Idf”, εξάγεται ένα αρχείο σε μορφή .idf που εμπεριέχει όλες τις παραπάνω πληροφορίες, το οποίο με τη σειρά του εισάγεται και επεξεργάζεται περαιτέρω στο πρόγραμμα Energy Plus.

### 4.3. Εφαρμογή Προγράμματος «Energy Plus»

Αρχικά, εισάγεται το πιο πάνω αρχείο σε μορφή .idf στο πρόγραμμα Energy Plus (EP – Launch) και μέσω του “Edit – IDF Editor” πραγματοποιείται η επεξεργασία των παρακάτω κατηγοριών.

#### ❖ Παράμετροι Προσομοίωσης (Simulation Parameters)

Στη συγκεκριμένη κατηγορία εισάγονται ορισμένες πληροφορίες για το ίδιο το πρόγραμμα καθώς και για το κτίριο που μελετάται. Έτσι, στην υποκατηγορία “Version” ορίζεται η έκδοση που χρησιμοποιείται (Version Identifier: 8.4) και στην υποκατηγορία “Simulation Control” επιλέγονται τα πεδία που θα υπολογίσει το πρόγραμμα (Run Simulation for Sizing Periods και Run Simulation for Weather File Run Periods). Έπειτα, στην υποκατηγορία “Building” ορίζεται το όνομα του κτιρίου (Name: dimotiko sxoleio lamias), η απόκλισή του από τον άξονα του βορρά (North Axis: 10deg), ο τύπος του εδάφους (Terrain: City) και ο μηχανισμός διανομής της ηλιακής ακτινοβολίας (Solar Distribution:

MinimalShadowing). Τέλος, στην υποκατηγορία “Timestep” εισάγεται το βασικό χρονικό βήμα της προσομοίωσης, βάσει του οποίου θα υπολογιστεί η μεταφορά θερμότητας (Number of Timesteps per Hour: 6).

#### ❖ Τοποθεσία και Κλίμα (Location and Climate)

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται οι συνθήκες του ευρύτερου περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης. Έτσι, στην υποκατηγορία “Site:Location” δίνονται οι συντεταγμένες του σχολικού συγκροτήματος (Latitude: 38,9deg και Longitude: 22,4deg), η ζώνη ώρας (Time Zone: +02:00hr) και το υψόμετρο της περιοχής (Elevation: 60m). Επίσης, στην υποκατηγορία “RunPeriod” ορίζεται όλη η περίοδος του έτους (Begin: 1/1 και End: 12/31 και στην υποκατηγορία “Site: Ground Temperature: Building Surface” η μέση θερμοκρασία του εδάφους για όλο το έτος (Ground Temperature: 18°C).

#### ❖ Χρονοδιαγράμματα (Schedules)

Η συγκεκριμένη κατηγορία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να προγραμματίσει αρκετές παραμέτρους, τις οποίες μπορεί να διαχωρίσει σε χρονικά διαστήματα ενός εικοσιτετράωρου, και συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η υποκατηγορία “Schedule: Compact”. Για τη διαδικασία του προγραμματισμού ορίζεται ως διάστημα λειτουργίας του σχολείου οι δέκα (10) μήνες του έτους (Through: 6/30, Through: 8/31 και Through: 12/31), ενώ τα πεδία της υποκατηγορίας αυτής παίρνουν τις τιμές συντελεστής (Fraction), θερμοκρασία (Temperature) και οποιαδήποτε άλλη τιμή με την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης. Με βάση τα παραπάνω ορίζονται τα παρακάτω χρονοδιαγράμματα:

##### ▪ Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης

Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται χρονοδιαγράμματα που αποτυπώνουν την πυκνότητα της ανθρώπινης ύπαρξης, σε τιμή συντελεστή (Fraction), για χώρους που παρουσιάζουν παρόμοια πυκνότητα κατά τη διάρκεια μίας τυπικής μέρας στο σχολείο, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Γενικά, λαμβάνεται υπόψη ότι στο σχολικό συγκρότημα η ανθρώπινη παρουσία ξεκινά στις 08:00π.μ. και τελειώνει στις 20:00μ.μ. με τη λήξη των μαθημάτων του κοινωνικού φροντιστηρίου, ενώ η κλίμακα μέτρησης λαμβάνει την ελάχιστη τιμή 0 έως 1 τη μέγιστη τιμή.

Πίνακας 15. Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		SchClassPeople	SchCommonPeople	SchOfficePeople
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 6/30	Through: 6/30	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 4	varies	0	0	0
Field 5	varies	Until 13:00	Until 13:00	Until 13:00
Field 6	varies	1	.3	.3
Field 7	varies	Until 16:00	Until 16:00	Until 16:00
Field 8	varies	.2	.1	.1
Field 9	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 10	varies	.3	.1	.1
Field 11	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 12	varies	0	0	0
Field 13	varies	Through: 8/31	Through: 8/31	Through: 8/31
Field 14	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 15	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 16	varies	0	0	0
Field 17	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 18	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 19	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 20	varies	0	0	0
Field 21	varies	Until 13:00	Until 13:00	Until 13:00
Field 22	varies	1	.3	.3
Field 23	varies	Until 16:00	Until 16:00	Until 16:00
Field 24	varies	.2	.1	.1
Field 25	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 26	varies	.3	.1	.1
Field 27	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 28	varies	0	0	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Όπου: **SchClassPeople**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τους χώρους διδασκαλίας, όπου έως τις 13:00μ.μ. λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 1 αφού διεξάγονται μαθήματα σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας, έως τις 16:00μ.μ. δίνεται μία ελάχιστη τιμή αφού λειτουργεί μία μόνο αίθουσα για την υλοποίηση του ολοήμερου προγράμματος, ενώ μέχρι τις 20:00μ.μ. δίνεται μία ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή αφού λειτουργούν ορισμένες αίθουσες παραπάνω για τη διεξαγωγή του κοινωνικού φροντιστηρίου.

**SchCommonPeople**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τους κοινόχρηστους χώρους, όπου έως τις 13:00μ.μ. λαμβάνει μία τιμή 0,3 λόγω της παρουσίας μαθητών κατά τη διάρκεια των διαλειμάτων, ενώ μέχρι τις 20:00μ.μ. δίνεται μία ελάχιστη τιμή αφού υπάρχει η παρουσία λιγοστών ατόμων όπως καθαριστριών.

**SchOfficePeople**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τους χώρους γραφείων καθηγητών και διευθυντών, όπου έως τις 13:00μ.μ. λαμβάνει μία τιμή 0,3 λόγω της παρουσίας καθηγητών κατά τη διάρκεια των διαλειμάτων, ενώ μέχρι τις 20:00μ.μ. δίνεται μία ελάχιστη τιμή αφού υπάρχει η παρουσία λιγοστών ατόμων.

- Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας

Για την υλοποίηση των χρονοδιαγραμμάτων ανθρώπινης δραστηριότητας ορίζονται τιμές με μονάδα μέτρησης Watt/person, ενώ λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται στους χώρους, όπως κάθισμα σε κατάσταση ηρεμίας, αργό και έντονο περπάτημα, δουλειά γραφείου κ.ά. (engineeringtoolbox.com, 2017).

Πίνακας 16. Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας

Field	Units	Obj4	Obj5	Obj6
Name		SchClassActivity	SchCommonActivity	SchOfficeActivity
Schedule Type Limits Name		ActivityLevel	ActivityLevel	ActivityLevel
Field 1	varies	Through: 6/30	Through: 6/30	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 4	varies	0	0	0
Field 5	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 6	varies	100	210	130
Field 7	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 8	varies	0	0	0
Field 9	varies	Through: 8/31	Through: 8/31	Through: 8/31
Field 10	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 11	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 12	varies	0	0	0
Field 13	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 14	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 15	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 16	varies	0	0	0
Field 17	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 18	varies	100	210	130
Field 19	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 20	varies	0	0	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

Τα χρονοδιαγράμματα της κατηγορίας αυτής δημιουργούνται βάσει ενός τυπικού μέσου όρου λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού καθ' όλη την περίοδο διεξαγωγής των μαθημάτων, αφού είναι διαφορετική η χρήση του κατά τη διάρκεια της χειμερινής και θερινής περιόδου.

Όπου: **SchClassActivity**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά την ανθρώπινη δραστηριότητα μαθητών και διδασκόντων στους χώρους διδασκαλίας κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων, όπου λαμβάνει την τιμή 100.

**SchCommonActivity**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη δραστηριότητα που παρατηρείται στους κοινόχρηστους χώρους κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων, λαμβάνοντας την τιμή 210.

**SchOfficeActivity**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά την δραστηριότητα των καθηγητών στους χώρους των γραφείων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων, όπου λαμβάνει την τιμή 130.

Πίνακας 17. Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

Field	Units	Obj7	Obj8	Obj9
Name		SchClassLights	SchCommonLights	SchOfficeLights
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 6/30	Through: 6/30	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 4	varies	.1	.1	.1
Field 5	varies	Until 13:00	Until 13:00	Until 13:00
Field 6	varies	.7	.7	.7
Field 7	varies	Until 16:00	Until 16:00	Until 16:00
Field 8	varies	.2	.2	.1
Field 9	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 10	varies	.3	.3	.1
Field 11	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 12	varies	.1	.1	.1
Field 13	varies	Through: 8/31	Through: 8/31	Through: 8/31
Field 14	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 15	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 16	varies	0	0	0
Field 17	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 18	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 19	varies	Until 08:00	Until 08:00	Until 08:00
Field 20	varies	.1	.1	.1
Field 21	varies	Until 13:00	Until 13:00	Until 13:00
Field 22	varies	.7	.7	.7
Field 23	varies	Until 16:00	Until 16:00	Until 16:00
Field 24	varies	.2	.2	.1
Field 25	varies	Until 20:00	Until 20:00	Until 20:00
Field 26	varies	.3	.3	.1
Field 27	varies	Until 24:00	Until 24:00	Until 24:00
Field 28	varies	.1	.1	.1

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Όπου: **SchClassLights**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη χρήση του τεχνητού φωτισμού στους χώρους διδασκαλίας, όπου λαμβάνει τη μεγαλύτερη τιμή από τις 08:00π.μ. έως τις 13:00μ.μ., ώρες που πραγματοποιούνται όλα τα μαθήματα.

**SchCommonLights**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους, όπου αναγκαστικά ακολουθεί την ίδια λογική με τους χώρους διδασκαλίας.

**SchOfficeLights**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη χρήση του τεχνητού φωτισμού στους χώρους των γραφείων, όπου λαμβάνει μεγάλη τιμή από τις 08:00π.μ. έως τις 13:00μ.μ., ώρες υλοποίησης όλων των ειδών των μαθημάτων.

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

Για τη διαμόρφωση των χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών ορίζεται ότι οι ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης των χώρων που είναι τοποθετημένες.

Πίνακας 18. Χρονοδιαγράμματα ηλεκτρικών συσκευών

Field	Units	Obj10	Obj11
Name		SchClassEIEq	SchOfficeEIEq
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 6/30	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until 13:00	Until 08:00
Field 4	varies	0	0
Field 5	varies	Until 16:00	Until 20:00
Field 6	varies	1	.7
Field 7	varies	Until 24:00	Until 24:00
Field 8	varies	0	0
Field 9	varies	Through: 8/31	Through: 8/31
Field 10	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 11	varies	Until 24:00	Until 24:00
Field 12	varies	0	0
Field 13	varies	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 14	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 15	varies	Until 13:00	Until 08:00
Field 16	varies	0	0
Field 17	varies	Until 16:00	Until 20:00
Field 18	varies	1	.7
Field 19	varies	Until 24:00	Until 24:00
Field 20	varies	0	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

- Χρονοδιαγράμματα αερισμού θερμικών ζωνών

Σε όλους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος υπάρχει η δυνατότητα φυσικού αερισμού. Επίσης, λαμβάνεται ως δεδομένο η επιθυμία αερισμού όλων των χώρων καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας, γι' αυτό δημιουργείται ένα κοινό χρονοδιάγραμμα για όλες τις

Όπου: **SchClassEIEq**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στην αίθουσα του ολοήμερου προγράμματος, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 1 από τις 13:00μ.μ. έως τις 16:00μ.μ., ώρες που λειτουργεί η συγκεκριμένη αίθουσα, έχοντας συσκευές όπως ψυγείο, φουρνάκι κ.ά.

**SchOfficeEIEq**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους των γραφείων, όπου λαμβάνεται ένας μέσος όρος για όλο το 12ωρο που παραμένει ανοιχτό το σχολικό συγκρότημα, έχοντας συσκευές όπως φωτοτυπικό μηχάνημα, τηλεομοιοτυπία, ηλεκτρονικό υπολογιστή κ.ά.

Θερμικές ζώνες. Τέλος, λαμβάνεται ένας τυπικός μέσος όρος φυσικού αερισμού, αφού είναι διαφορετικές οι ανάγκες κατά τη διάρκεια της χειμερινής και θερινής περιόδου.

Πίνακας 19. Χρονοδιάγραμμα αερισμού

Field	Units	Obj12
Name		SchVent
Schedule Type Limits Name		Fraction
Field 1	varies	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays
Field 3	varies	Until 08:00
Field 4	varies	.1
Field 5	varies	Until 13:00
Field 6	varies	.5
Field 7	varies	Until 16:00
Field 8	varies	.1
Field 9	varies	Until 20:00
Field 10	varies	.2
Field 11	varies	Until 24:00
Field 12	varies	.1
Field 13	varies	Through: 8/31
Field 14	varies	For: AllDays
Field 15	varies	Until 24:00
Field 16	varies	0
Field 17	varies	Through: 12/31
Field 18	varies	For: AllDays
Field 19	varies	Until 08:00
Field 20	varies	.1
Field 21	varies	Until 13:00
Field 22	varies	.5
Field 23	varies	Until 16:00
Field 24	varies	.1
Field 25	varies	Until 20:00
Field 26	varies	.2
Field 27	varies	Until 24:00
Field 28	varies	.1

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Όπου: **SchVent**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τον αερισμό όλων των χώρων του σχολείου, λαμβάνοντας τη μεγαλύτερη τιμή από τις 08:00μ.μ. έως τις 13:00μ.μ., ώρες πλήρης λειτουργίας του σχολικού συγκροτήματος, ενώ κατά τις πρώτες πρωινές και βραδινές ώρες λαμβάνει την ελάχιστη τιμή που πραγματοποιείται ένας υποτυπώδης αερισμός.



- Χρονοδιαγράμματα διήθησης αέρα

Πίνακας 20. Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα

Field	Units	Obj13
Name		Always On
Schedule Type Limits Name		Fraction
Field 1	varies	Through: 6/30
Field 2	varies	For: AllDays
Field 3	varies	Until 24:00
Field 4	varies	1
Field 5	varies	Through: 8/31
Field 6	varies	For: AllDays
Field 7	varies	Until 24:00
Field 8	varies	0
Field 9	varies	Through: 12/31
Field 10	varies	For: AllDays
Field 11	varies	Until 24:00
Field 12	varies	1

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Το χρονοδιάγραμμα της κατηγορίας αυτής δημιουργείται βάσει του προτεινόμενου χρονοδιαγράμματος **Always On**, με το οποίο ορίζεται σταθερή διαφυγή αέρα για όλους τους χώρους καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του σχολείου.

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας συστήματος θέρμανσης – ψύξης

Κατά την περιγραφή του σχολικού συγκροτήματος αναφέρεται ότι το κτίριο δε διαθέτει σύστημα θέρμανσης – ψύξης, παρά μόνο τους χειμερινούς μήνες η θέρμανση των χώρων γίνεται μέσω της καύσης πετρελαίου. Έτσι, για να πραγματοποιηθεί η μετατροπή του καύσιμου πετρελαίου σε αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας ορίζονται, στο συγκεκριμένο πρόγραμμα προσομοίωσης, οι παράμετροι λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ενώ για τη λειτουργία του συστήματος ψύξης δίνονται παράδοξες τιμές, υποδηλώνοντας ανενεργή λειτουργία.

Πίνακας 21. Χρονοδιαγράμματα συστήματος θέρμανσης – ψύξης

Field	Units	Obj14	Obj15
Name		SchHeat	SchCool
Schedule Type Limits Name		Temperature 3	Temperature 4
Field 1	varies	Through: 6/30	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until 08:00	Until 24:00
Field 4	varies	10	60
Field 5	varies	Until 20:00	
Field 6	varies	25	
Field 7	varies	Until 24:00	
Field 8	varies	10	
Field 9	varies	Through: 8/31	
Field 10	varies	For: AllDays	
Field 11	varies	Until 24:00	
Field 12	varies	10	
Field 13	varies	Through: 12/31	
Field 14	varies	For: AllDays	
Field 15	varies	Until 08:00	
Field 16	varies	10	
Field 17	varies	Until 20:00	
Field 18	varies	25	
Field 19	varies	Until 24:00	
Field 20	varies	10	

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Όπου: **SchHeat**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά το σύστημα θέρμανσης των χώρων του σχολείου, όπου τίθεται κατώτατο όριο θερμοκρασίας 25°C για τις ώρες 08:00π.μ. έως 20:00μ.μ., που πραγματοποιούνται μαθήματα, με το οποίο θα ενεργοποιείται το σύστημα αυτό, ενώ τις υπόλοιπες ώρες τίθεται κατώτατο όριο θερμοκρασίας 10°C με το οποίο επίσης θα ενεργοποιείται, θερμοκρασία που υποδηλώνει ουσιαστικά ότι το σύστημα θα παραμένει ανενεργό.

**SchCool**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά το σύστημα ψύξης των χώρων, όπου ορίζεται κατώτατο όριο θερμοκρασίας 60°C για όλη τη χρονική περίοδο, με το οποίο θα ενεργοποιείται το σύστημα αυτό, θερμοκρασία η οποία υποδηλώνει ότι το σύστημα δε θα λειτουργεί καθόλου.

#### ❖ Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών (Surface Construction Elements)

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται οι φυσικές ιδιότητες και η σύνθεση των επιμέρους δομικών υλικών κατασκευής των εξωτερικών και των εσωτερικών επιφανειών του σχολικού συγκροτήματος. Ουσιαστικά, προσδιορίζονται αναλυτικά οι εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι, τα εξωτερικά και εσωτερικά δάπεδα, οι εξωτερικές και εσωτερικές οροφές και πόρτες καθώς και τα παράθυρα του κτιρίου.

Αρχικά, στην υποκατηγορία “Materials” ορίζονται όλα τα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια κατασκευής του κτιρίου και συγκεκριμένα για κάθε υλικό συμπληρώνονται, στα πεδία της υποκατηγορίας, οι πέντε (5) βασικές θερμικές του ιδιότητες, δηλαδή η τραχύτητα, το πάχος, η αγωγιμότητα, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα. Οι τιμές λαμβάνονται βάσει των προδιαγραφών που δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 22. Δομικά υλικά κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος

ΥΛΙΚΑ (material)	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ				
	Τραχύτητα (roughness)	Πάχος (thickness)	Αγωγιμότητα (conductivity)	Πυκνότητα (density)	Ειδική Θερμότητα (specific heat)
		m	W/m*k	Kg/m <sup>3</sup>	J/(kg*K)
Αλουμίνιο	λίγο	0,0015	160,00	2.800	880
Αμμοχάλικο	πολύ	0,30	2,00	2.200	1.000
Ασβεστοκονίαμα	μεσαία	0,20	0,87	1.800	1.000
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	μεσαία	0,04	0,30	1.250	1.000
Ασφαλτόπανο	μεσαία	0,01	0,23	1.100	1.000
Γκρο-μπετόν	μεσαία	0,15	1,15	1.800	1.000
Γυαλί	λίγο	0,012	1,00	2.500	750
Κισσηρομπετόν	μεσαία	0,05	0,20	500	1.000
Μωσαϊκό	λίγο	0,02	1,20	1.900	800
Ξύλο	λίγο	0,05	0,13	500	1.600
Οπλισμένο σκυρόδεμα	μεσαία	0,30 και 0,18	2,50	2.400	1.000

ΥΛΙΚΑ (material)	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ				
	Τραχύτητα (roughness)	Πάχος (thickness)	Αγωγιμότητα (conductivity)	Πυκνότητα (density)	Ειδική Θερμότητα (specific heat)
		m	W/m*k	Kg/m <sup>3</sup>	J/(kg*K)
Οπτοπλινθοδομή	μεσαία	0,19 και 0,09	0,49	1.200	1.000
Τσιμεντοκονίαμα	λίγο	0,02	1,40	2.000	1.100
Τσιμεντόπλακες	μεσαία	0,025	0,30	1.250	1.000

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 87. Ορισμός παραμέτρων των δομικών υλικών κατασκευής του κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		Alouminio	Ammoxaliko	Asbestokoniama	AsbTsimKon	Asfaltopano	GroMpeton	Guali	Kissirompeton
Roughness		MediumSmooth	Rough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0,0015	0,3	0,2	0,04	0,01	0,15	0,012	0,05
Conductivity	W/m-K	160	2	0,87	0,3	0,23	1,15	1	0,2
Density	kg/m <sup>3</sup>	2800	2200	1800	1250	1100	1800	2500	500
Specific Heat	J/kg-K	880	1000	1000	1000	1000	1000	750	1000
Field	Units	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16
Name		Mwsaiko	Ksulo	OpIskurodema	OpIskurodema	Optoplinthodomi	Optoplinthodomi	Tsimentokoniama	Tsimentoplakes
Roughness		MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0,02	0,05	0,3	0,18	0,19	0,09	0,02	0,025
Conductivity	W/m-K	1,2	0,13	2,5	2,5	0,49	0,49	1,4	0,3
Density	kg/m <sup>3</sup>	1900	500	2400	2400	1200	1200	2000	1250
Specific Heat	J/kg-K	800	1600	1000	1000	1000	1000	1100	1000

Πηγή: ιδία επεξεργασία

Στην υποκατηγορία “WindowMaterial: Glazing” ορίζεται το υλικό των παραθύρων του κτιρίου, που στην προκειμένη περίπτωση πρόκειται για γυαλί 3 χιλιοστών (mm), δίνοντας παράλληλα τιμές για ορισμένα χαρακτηριστικά του, όπως είναι ο συντελεστής διαπερατότητας, διάχυσης και εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας. Έπειτα, στην υποκατηγορία “WindowMaterial: Gas” καθορίζεται το πάχος του αέρα που περιέχεται μεταξύ των διπλών υαλοπινάκων των παραθύρων, και συγκεκριμένα ορίζεται πάχος 8 χιλιοστών (mm). Τέλος, στην υποκατηγορία “Construction” συμπληρώνεται η δομή της κάθε εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, δηλαδή για τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές, τις πόρτες και τα παράθυρα. Η σειρά που ακολουθείται κάθε φορά είναι από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό, ενώ το σύνολο των στοιχείων αντλείται από τις παραπάνω υποκατηγορίες.

Πίνακας 23. Δομή κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος

<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ</b>			
ΤΟΙΧΟΣ	Ασβεστοκονίαμα 2cm Οπτοπλινθοδομή 9cm Ασβεστοκονίαμα 2cm	ΟΡΟΦΗ	Μωσαϊκό 2cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Ασβεστοκονίαμα 2cm
ΔΑΠΕΔΟ	Ασβεστοκονίαμα 2cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Μωσαϊκό 2cm	ΠΟΡΤΑ	Ξύλο 5cm
<b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ</b>			
ΤΟΙΧΟΣ	Ασβεστοκονίαμα 2cm Οπτοπλινθοδομή 19cm Ασβεστοκονίαμα 2cm	ΟΡΟΦΗ	Τσιμεντόπλακες 2,5cm Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 4cm Ασφαλτόπανο 1cm Κισηρομπετόν 5cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Ασβεστοκονίαμα 2cm
ΤΟΙΧΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	Τσιμεντοκονία 2cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 30cm Ασβεστοκονίαμα 2cm		
ΔΑΠΕΔΟ	Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Μωσαϊκό 2cm	ΠΟΡΤΑ	Αλουμίνιο 1,5mm
ΔΑΠΕΔΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	Αμμοχάλικο 30cm Γκρο-μπετόν 15cm Μωσαϊκό 2cm	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	Καθαρό τζάμι 3mm Αέρας 8mm Καθαρό τζάμι 3mm

Πηγή: ίδια επεξεργασία

### ❖ Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες (Thermal Zones and Surfaces)

Σε αυτή την κατηγορία παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών, που προέκυψαν μέσω του προγράμματος Sketch Up, και οι επιμέρους λεπτομέρειες των επιφανειών του κτιρίου. Στην υποκατηγορία “Zone” παρατίθενται οι 10 θερμικές ζώνες, οι παράμετροι των οποίων αναγνωρίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα Energy Plus. Έπειτα, στην υποκατηγορία “ZoneList” γίνεται ομαδοποίηση των θερμικών ζωνών με κοινά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Στην περίπτωση του σχολικού συγκροτήματος προκύπτουν τρεις (3) ομάδες θερμικών ζωνών, και συγκεκριμένα οι ομάδες των αιθουσών διδασκαλίας, των γραφείων και των κοινόχρηστων χώρων, οι οποίες παρατίθενται στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 24. Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus

ΟΜΑΔΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ		
Αίθουσες διδασκαλίας	Γραφεία	Κοινόχρηστοι χώροι
ΘΖ-2 / ΘΖ-5 / ΘΖ-8	ΘΖ-3 / ΘΖ-6	ΘΖ-1 / ΘΖ-4 / ΘΖ-7 / ΘΖ-9 / ΘΖ-10

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, στις υποκατηγορίες “BuildingSurface: Detailed” και “FenestrationSurface: Detailed” ορίζονται οι λεπτομέρειες των επιφανειών δόμησης και των ανοιγμάτων του κτιρίου αντίστοιχα, σύμφωνα με όσα δηλώνονται στην κατηγορία “Surface Construction Elements” και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία “Construction”, έτσι ώστε να καθοριστούν οι αλληλεπιδράσεις των στοιχείων της κατασκευής με το εξωτερικό περιβάλλον και οι απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων.

### ❖ Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη (Internal Gains)

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται οι παράμετροι που καθορίζουν τον υπολογισμό των εσωτερικών θερμικών κερδών της εκάστοτε ομαδοποιημένης θερμικής ζώνης του σχολικού συγκροτήματος, οι οποίες είναι ο αριθμός, το ωράριο παραμονής και το είδος της δραστηριότητας των χρηστών των χώρων, η λειτουργία του φωτισμού καθώς και το είδος, ο αριθμός και ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών. Συγκεκριμένα στην υποκατηγορία “People”, εκτός των άλλων, ορίζονται και τα χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης και ανθρώπινης δραστηριότητας που δημιουργήθηκαν πιο πάνω.

Πίνακας 25. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από τους χρήστες στο πρόγραμμα Energy Plus

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		PeopleClass	PeopleCommon	PeopleOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Koin Xwroi	Grafeia
Number of People Schedule Name		SchClassPeople	SchCommonPeople	SchOfficePeople
Number of People Calculation Method		People/Area	People/Area	People
Number of People				
People per Zone Floor Area	person/m2	0,33	0,7	0,11
Zone Floor Area per Person	m2/person			
Fraction Radiant		0,25	0,25	0,25
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		SchClassActivity	SchCommonActivity	SchOfficeActivity
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name				
Work Efficiency Schedule Name				
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Έπειτα, στην υποκατηγορία “Lights” εισάγονται πληροφορίες για τον υπολογισμό των εσωτερικών θερμικών κερδών που αφορούν τον τεχνητό φωτισμό της εκάστοτε ομαδοποιημένης θερμικής ζώνης του κτιρίου, όπως η ισχύς και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού που δημιουργήθηκαν πιο πάνω. Ειδικότερα, το πεδίο “Watts per Zone Floor Area” συμπληρώνεται σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές της T.O.T.E.E.

Πίνακας 26. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από το φωτισμό στο πρόγραμμα Energy Plus

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		LightsClass	LightsCommon	LightsOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Koin Xwroi	Grafeia
Schedule Name		SchClassLights	SchCommonLights	SchOfficeLights
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	9,6	6,4	16
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0,42	0,42	0,42
Fraction Visible		0,18	0,18	0,18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No

Πηγή: T.O.TEE 20701-1/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Τέλος, στην υποκατηγορία “Electric Equipment” ορίζονται οι παράμετροι υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών των ομαδοποιημένων θερμικών ζωνών από τη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρικού εξοπλισμού των χώρων, όπως η ισχύς και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών που προγραμματίστηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, οι τιμές του πεδίου “Watts per Zone Floor Area” δίνονται βάσει των προτεινόμενων τιμών της T.O.T.E.E.



Πίνακας 27. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από τις ηλεκτρικές συσκευές

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		EIEqClass	EIEqOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Grafeia
Schedule Name		SchClassEIEq	SchOfficeEIEq
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	5	15
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant		0,35	0,35
Fraction Lost		0	0
End-Use Subcategory		General	General

Πηγή: T.O.TEE 20701-1/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

#### ❖ Ροή Αέρα (Zone Airflow)

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται οι παράμετροι που σχετίζονται με τη ροή του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του σχολικού συγκροτήματος. Γενικά, η ροή του αέρα αναφέρεται στον έμμεσο και άμεσο αερισμό των χώρων. Ο έμμεσος αερισμός δημιουργείται μέσω της ακούσιας ροής αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας στο εσωτερικό που προκαλείται από ρωγμές περιμετρικά των ανοιγμάτων ή από το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρών ή γενικότερα από αστοχίες στην κατασκευή. Όσο αναφορά τον άμεσο αερισμό των χώρων πραγματοποιείται μέσω ανοιχτών παραθύρων και οποιουδήποτε άλλου στοιχείου εισόδου και εξόδου για την εισαγωγή αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον.

Προκειμένου να οριστούν οι παράμετροι αυτοί, αρχικά στην υποκατηγορία “ZoneInfiltration: DesignFlowRate” δίνονται τα στοιχεία για τον υπολογισμό του έμμεσου αερισμού, όπως η εκάστοτε ομάδα θερμικών ζωνών, το χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα, ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα κ.ά. Έπειτα στην υποκατηγορία “ZoneVentilation: DesignFlowRate” υπολογίζεται ο άμεσος αερισμός των ομάδων θερμικών ζωνών, μέσω της εισαγωγής του χρονοδιαγράμματος αερισμού και άλλων στοιχείων όπως ο αριθμός εναλλαγής του φυσικού αέρα ανά ώρα, ο οποίος είναι πολλαπλάσιος του όγκου του χώρου κ.ά. Τα πεδία αυτά παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες αναλυτικότερα.

Πίνακας 28. Υπολογισμός έμμεσου αερισμού χώρων στο πρόγραμμα Energy Plus

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		InfilClass	InfilCommon	InfilOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Koin Xwroi	Grafeia
Schedule Name		Always On	Always On	Always On
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s			
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2			
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2			
Air Changes per Hour	1/hr	0,5	0,5	0,5
Constant Term Coefficient		1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Πίνακας 29. Υπολογισμός άμεσου αερισμού χώρων στο πρόγραμμα Energy Plus

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		VentilClass	VentilCommon	VentilOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Koin Xwroi	Grafeia
Schedule Name		SchVent	SchVent	SchVent
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s			
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2			
Flow Rate per Person	m3/s-person			
Air Changes per Hour	1/hr	5	5	5
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa	0	0	0
Fan Total Efficiency		1	1	1
Constant Term Coefficient		1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

❖ Πρότυπα Θέρμανσης – Αερισμού – Κλιματισμού (HVAC Templates)

Πίνακας 30. Παράμετροι θερμοστάτη

Field	Units	Obj1
Name		ConstantSetPoint
Heating Setpoint Schedule Name		SchHeat
Constant Heating Setpoint	C	18
Cooling Setpoint Schedule Name		SchCool
Constant Cooling Setpoint	C	50

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Η κατηγορία αυτή δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού ενός ιδανικού συστήματος θέρμανσης – ψύξης των χώρων του κτιρίου μέσω της εφαρμογής ενός πρότυπου θερμοστάτη, ο οποίος τίθεται σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τα κατώτατα όρια που έχουν οριστεί στα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τους. Για την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας στην υποκατηγορία “HVACTemplate: Thermostat” εισάγονται τα χρονοδιαγράμματα θέρμανσης – ψύξης καθώς και το σημείο ενεργοποίησης του συστήματος, δηλαδή κάτω από τους 18°C ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης και πάνω από τους 50°C ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης, που υποδηλώνει ουσιαστικά ότι παραμένει ανενεργός.

Τέλος, στην υποκατηγορία “HVACTemplate: Zone: IdealLoadsAirSystem” εισάγεται το ιδανικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης για κάθε θερμική ζώνη του σχολικού συγκροτήματος, βάσει του πιο πάνω πρότυπου θερμοστάτη, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι ίδιος για όλους τους χώρους του κτιρίου.

Πίνακας 31. Ιδανικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης

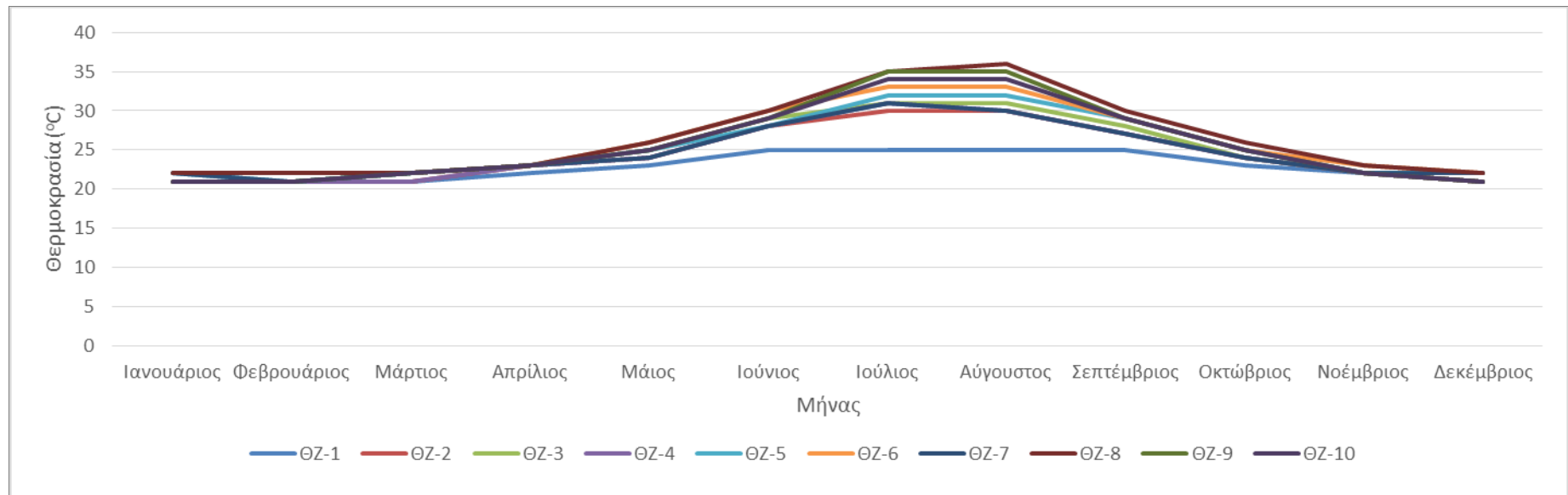
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5
Template Thermostat Name		ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint
System Availability Schedule Name						
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077
Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Zone Name		Thermal Zone 6	Thermal Zone 7	Thermal Zone 8	Thermal Zone 9	Thermal Zone 10
Template Thermostat Name		ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint	ConstantSetPoint
System Availability Schedule Name						
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077

Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### 4.4. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Έπειτα από την πραγματοποίηση των παραπάνω σταδίων προσομοίωσης του σχολικού συγκροτήματος, μέσω του προγράμματος Energy Plus, στην κατηγορία “Output Reporting” ορίζονται τα επιθυμητά αποτελέσματα τα οποία θα εξαχθούν από το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Ειδικότερα, στην υποκατηγορία “Output: Variable” εισάγεται το είδος των αποτελεσμάτων και η συχνότητα αναφοράς (Variable Name: Zone Mean Air Temperature και Reporting Frequency: Monthly), ενώ στην υποκατηγορία “Output: Meter” ζητούνται η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό (Name: District Heating: Facility, InteriorLights: Electricity, InteriorEquipment: Electricity και Reporting Frequency: Monthly). Τα αποτελέσματα που εξάγονται παρατίθενται παρακάτω με τη μορφή διαγραμμάτων.

Διάγραμμα 11. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικών ζωνών

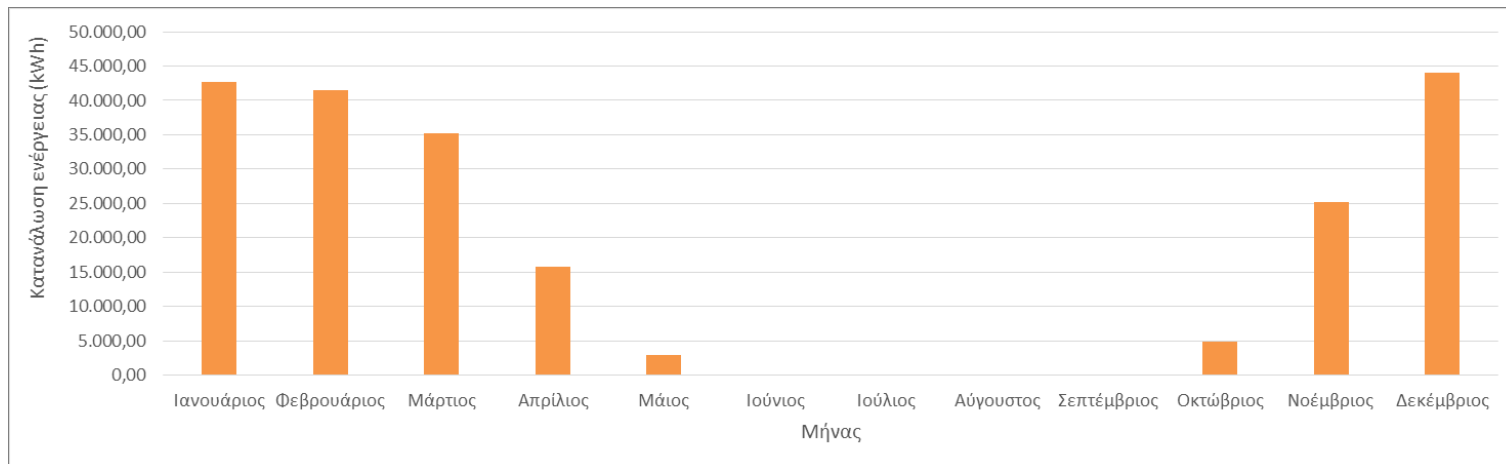


Πηγή: ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου διαπιστώνεται ότι η ΘΖ-1 παρουσιάζει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, γεγονός που δικαιολογείται αφού η συγκεκριμένη θερμική ζώνη βρίσκεται στο υπόγειο του σχολικού συγκροτήματος, ενώ η ΘΖ-8 παρουσιάζει τις μέγιστες θερμοκρασίες, αφού βρίσκεται στο ανώτερο επίπεδο που δέχεται ευκολότερα τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης παρατηρείται, όπως είναι φυσικό, ότι τους θερινούς μήνες η θερμοκρασία αγγίζει τις μέγιστες τιμές, ενώ κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου σημειώνονται χαμηλότερες θερμοκρασίες, στοιχείο της έλλειψης ολοκληρωμένου συστήματος θέρμανσης – ψύξης.

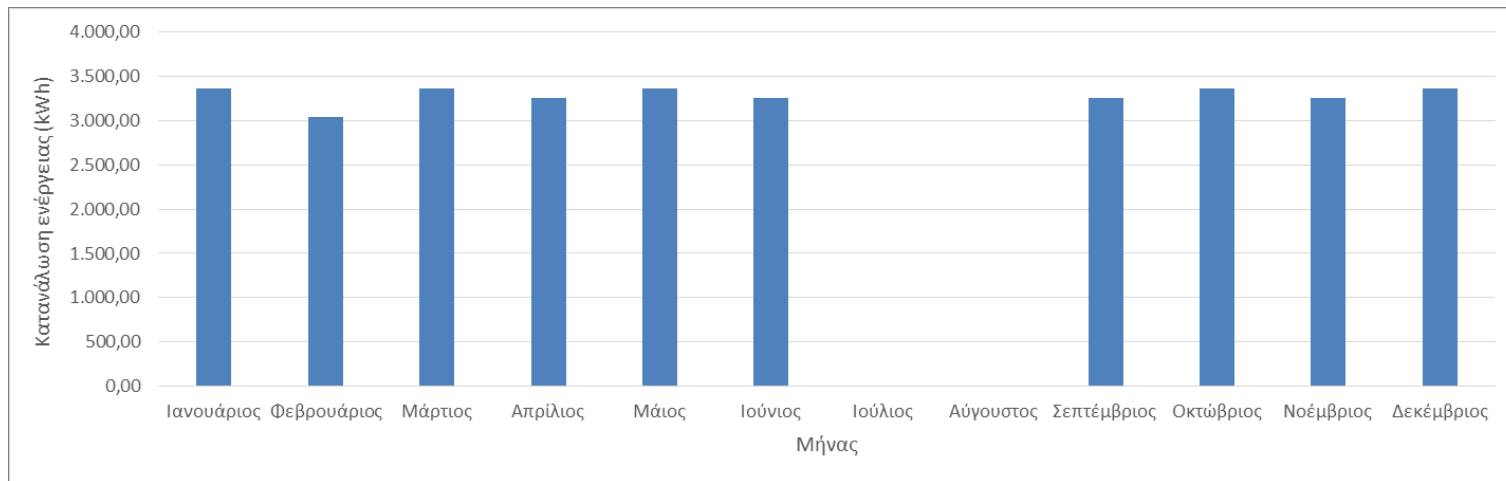
Όσο αναφορά τα αποτελέσματα της κατανάλωσης ενέργειας σε θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό δίνονται στα πιο κάτω διαγράμματα. Αξίζει, όμως, να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα Energy Plus εξάγει τα αποτελέσματα των ενεργειακών καταναλώσεων με μονάδα μέτρησης τα Joules (J), γι' αυτό και τα αποτελέσματα της μελέτης μετατρέπονται σε μονάδα μέτρησης τις κιλοβατώρες (kWh), όπου  $1J = 2.777778 \times 10^{-7} kWh$  (rapid tables, 2017).

Διάγραμμα 12. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση



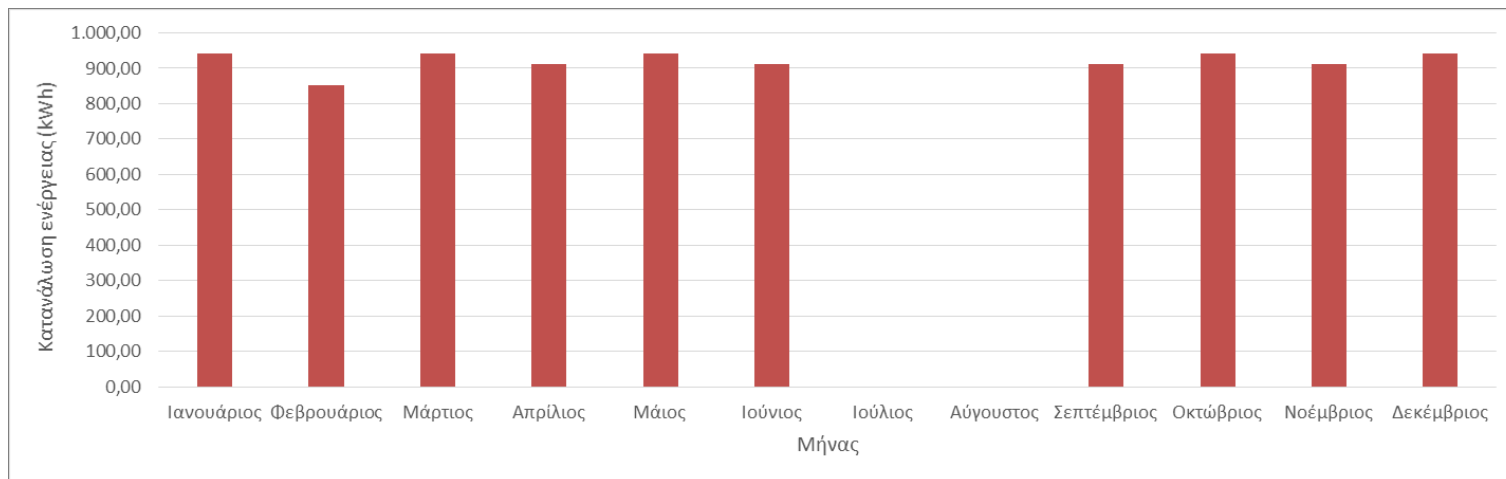
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 13. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε τεχνητό φωτισμό



Πηγή: ίδια επεξεργασία

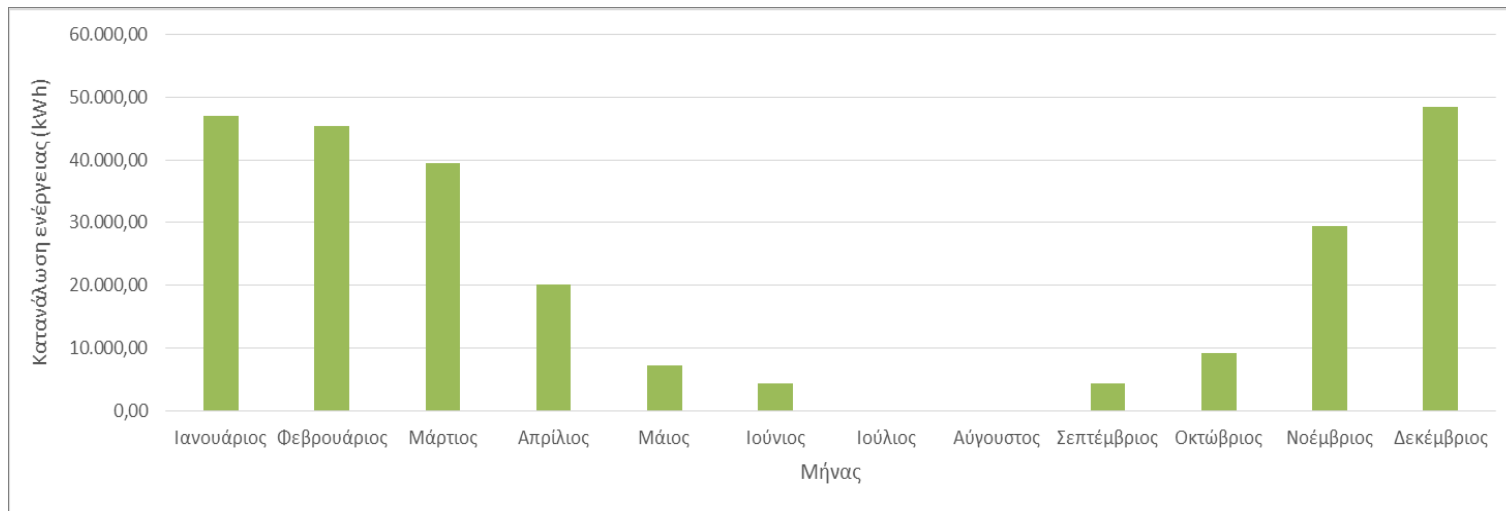
Διάγραμμα 14. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε ηλεκτρικό εξοπλισμό



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Συνολικά οι ετήσιες επιμέρους καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση ανέρχονται σε ποσοστό 83%, για τεχνητό φωτισμό σε ποσοστό 13%, ενώ για ηλεκτρικό εξοπλισμό σε ποσοστό 4%. Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα οι ενεργειακές καταναλώσεις τον Ιούλιο και Αύγουστο είναι μηδενικές αφού το σχολικό συγκρότημα δε λειτουργεί και παραμένει κλειστό λόγω καλοκαιρινών διακοπών. Έπειτα, δίνεται το διάγραμμα της συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου, όπου και εδώ διαπιστώνονται τα ίδια συμπεράσματα.

Διάγραμμα 15. Συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, υπολογίζεται το συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας, βάσει του πίνακα τιμολογίων της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) όπου η τιμή της κιλοβατώρας (kWh) για το 2016 ανέρχεται σε 0,08259€. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι παρατηρούνται μηδενικές καταναλώσεις ενέργειας τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, όπως συμβαίνει και στα παραπάνω διαγράμματα.

Πίνακας 32. Συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας και κόστος

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)				ΚΟΣΤΟΣ (€)
	Θέρμανση	Τεχνητό Φωτισμό	Ηλεκτρικό Εξοπλισμό	Συνολικά	
Ιανουάριος	42.700,97	3.370,04	941,79	47.012,80	3.882,79
Φεβρουάριος	41.552,04	3.043,91	850,65	45.446,60	3.753,44
Μάρτιος	35.160,63	3.370,04	941,79	39.472,47	3.260,03
Απρίλιος	15.858,95	3.261,33	911,41	20.031,70	1.654,42
Μάιος	2.909,68	3.370,04	941,79	7.221,52	596,42
Ιούνιος	140,20	3.261,33	911,41	4.312,95	356,21
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	97,82	3.261,33	911,41	4.270,57	352,71
Οκτώβριος	4.913,81	3.370,04	941,79	9.225,65	761,95
Νοέμβριος	25.174,44	3.261,33	911,41	29.347,19	2.423,78
Δεκέμβριος	44.099,70	3.370,04	941,79	48.411,54	3.998,31
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>212.608,23</b>	<b>32.939,47</b>	<b>9.205,29</b>	<b>254.752,99</b>	<b>21.040,05</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία κρίνεται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί ένας ολοκληρωμένος ανασχεδιασμός του κτιρίου, στο ποσοστό που το επιτρέπει η ήδη υφιστάμενη κατασκευή, βάσει των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη και ορθή λειτουργία του σχολικού συγκροτήματος, βελτιώνοντας την ενεργειακή συμπεριφορά του και μειώνοντας παράλληλα το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ



Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται μία προσπάθεια εκμετάλλευσης των αποτελεσμάτων της παραπάνω προσομοίωσης προς όφελος της ενεργειακής αναβάθμισης του σχολικού κτιρίου. Ουσιαστικά προτείνονται ορισμένες επεμβάσεις, τα αποτελέσματα των οποίων με τη σειρά τους αξιολογούνται σε σχέση με την αρχική προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου. Για κάθε προτεινόμενη επέμβαση πραγματοποιείται νέα προσομοίωση στο πρόγραμμα Energy Plus, υπολογίζεται το αντίστοιχο κόστος υλοποίησής της καθώς και εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης του κόστους αυτού. Οι επεμβάσεις που προτείνονται είναι τέσσερις (4) και αφορούν την προσθήκη θερμοπρόσοψης στους εξωτερικούς τοίχους και θερμομόνωσης στα δώματα, την αντικατάσταση των υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low – emissivity), την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED και την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού με εξαεριστήρες.

## **5.1. Προτεινόμενες Βιοκλιματικές Επεμβάσεις**

### **5.1.1. Θερμοπρόσοψη τοίχων και θερμομόνωση δωματίων**

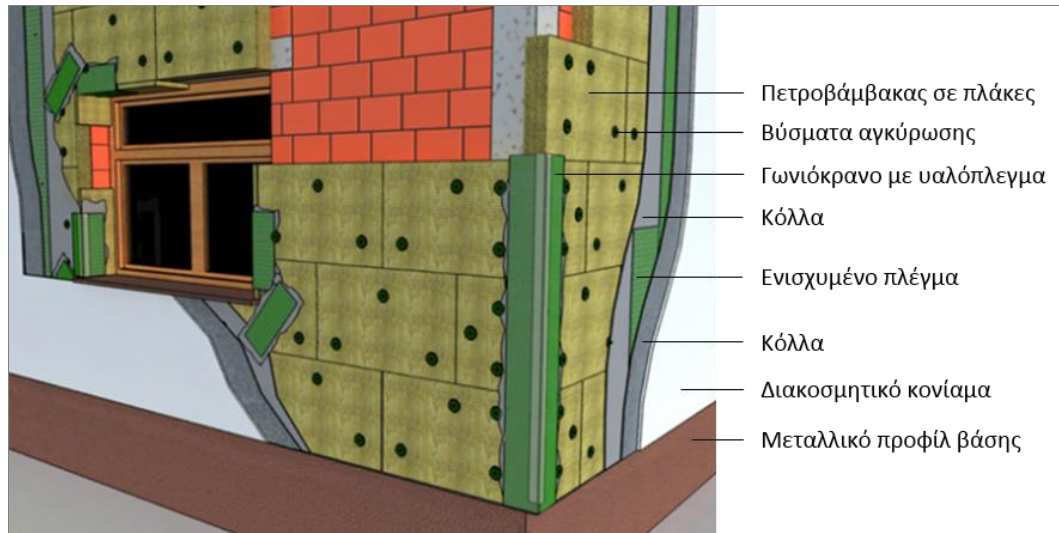
Η προσθήκη θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου θα βοηθήσει στον περιορισμό των θερμικών απωλειών και της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου καθώς και στην προστασία του κελύφους από τις καιρικές καταπονήσεις. Για το λόγο αυτό προτείνεται για την θερμοπρόσοψη των εξωτερικών τοίχων η τοποθέτηση μονωτικών πλακών από πετροβάμβακα, ενώ για την εξωτερική θερμομόνωση των δωματίων του σχολικού συγκροτήματος προτείνεται η εγκατάσταση διογκωμένης πολυστερίνης σε πλάκες.

Πιο συγκεκριμένα, για την εφαρμογή της θερμοπρόσοψης απαιτείται αρχικά η τοποθέτηση ενός μεταλλικού προφίλ στο κάτω μέρος της πρόσοψης, έτσι ώστε να προστατεύεται το κάτω άκρο της πλάκας και να λειτουργεί ως βάση για την τοποθέτηση των πλακών πετροβάμβακα με κόλλα, οι οποίες στερεώνονται περαιτέρω με βύσματα αγκύρωσης. Έπειτα, οι γωνίες και τα ανοίγματα του κτιρίου ενισχύονται με γωνιόκρανα με υαλόπλεγμα, ενώ μετά εφαρμόζεται κόλλα στην οποία εγκιβωτίζεται ένα ενισχυμένο πλέγμα. Τέλος, εφαρμόζεται κατάλληλο αστάρι έχοντας ως τελικό στρώμα της πρόσοψης διακοσμητικό κονίαμα (knaufinsulation.gr, 2017).

Όσο αναφορά τη θερμομόνωση των υφιστάμενων δωματίων ακολουθείται η μέθοδος της ανεστραμμένης θερμομόνωσης, κατά την οποία αφού καθαριστεί η επιφάνεια εφαρμόζεται ένα στρώμα υγρομόνωσης πάνω στο οποίο τοποθετείται ελαφρομετόν για τη δημιουργία ρύσεων. Έπειτα, εφαρμόζεται το μονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης και δεύτερη στρώση υγρομόνωσης, έτσι ώστε να φιλτράρεται το νερό της βροχής και να προστατεύεται η θερμομονωτική στρώση από τον ήλιο. Τέλος, λόγω του γεγονότος ότι το δώμα δε

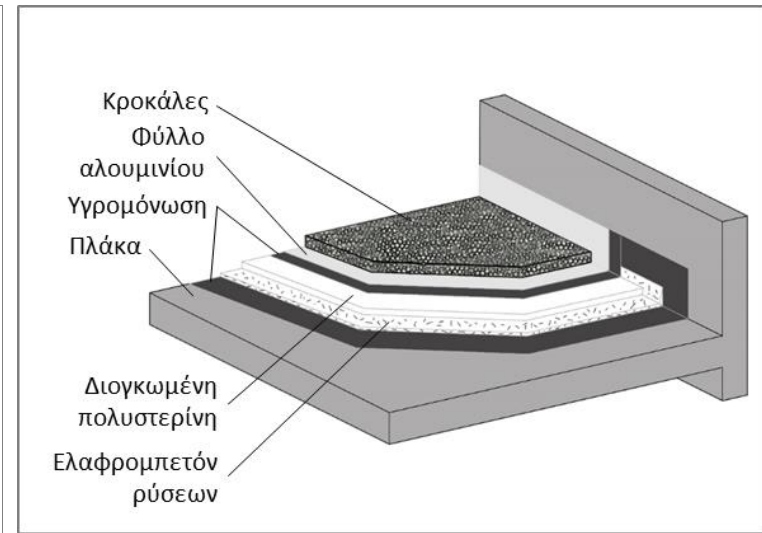
χρησιμοποιείται συχνά τοποθετούνται φύλλα αλουμινίου και γίνεται χρήση κροκάλας ως τελικό στρώμα. Λεπτομέρειες των δύο παραπάνω εφαρμογών παρατίθενται στις επόμενες εικόνες (stouaspainting.pblogs.gr, (2017)).

Εικόνα 88. Λεπτομέρεια εφαρμογής θερμοπρόσοψης



knaufinsulation.gr, 2017 (ιδία επεξεργασία)

Εικόνα 89. Λεπτομέρεια εφαρμογής θερμομόνωσης δώματος



Πηγή: stouaspainting.pblogs.gr, 2017 (ιδία επεξεργασία)

#### ❖ Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Energy Plus

Για την πραγματοποίηση αυτής της επέμβασης στο πρόγραμμα προσομοίωσης εισάγονται στην κατηγορία “Surface Construction Elements” και ειδικότερα στην υποκατηγορία “Material” τα υλικά του πετροβάμβακα, της διογκωμένης πολυστερίνης, των κροκάλων και του φύλλου αλουμινίου με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Επίσης, στην υποκατηγορία “Construction” δηλώνεται η νέα πλέον δομή των εξωτερικών τοίχων και των δωματίων έπειτα από την τοποθέτηση της θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης.

Πίνακας 33. Χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά για την εξωτερική θερμομόνωση

ΥΛΙΚΑ (material)	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ				
	Τραχύτητα (roughness)	Πάχος (thickness)	Αγωγιμότητα (conductivity)	Πυκνότητα (density)	Ειδική Θερμότητα (specific heat)
		m	W/m*k	Kg/m <sup>3</sup>	J/(kg*K)
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	μεσαία	0,05	0,033	12	1.500
Κροκάλες	μεσαία	0,075	2,3	2.600	1.000
Πετροβάμβακας σε πλάκες	μεσαία	0,05	0,033	50	840
Φύλλο αλουμινίου	Λίγο	0,004	54	2.500	-

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010, 2014 (ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 34. Δομή κατασκευής για την εξωτερική θερμομόνωση

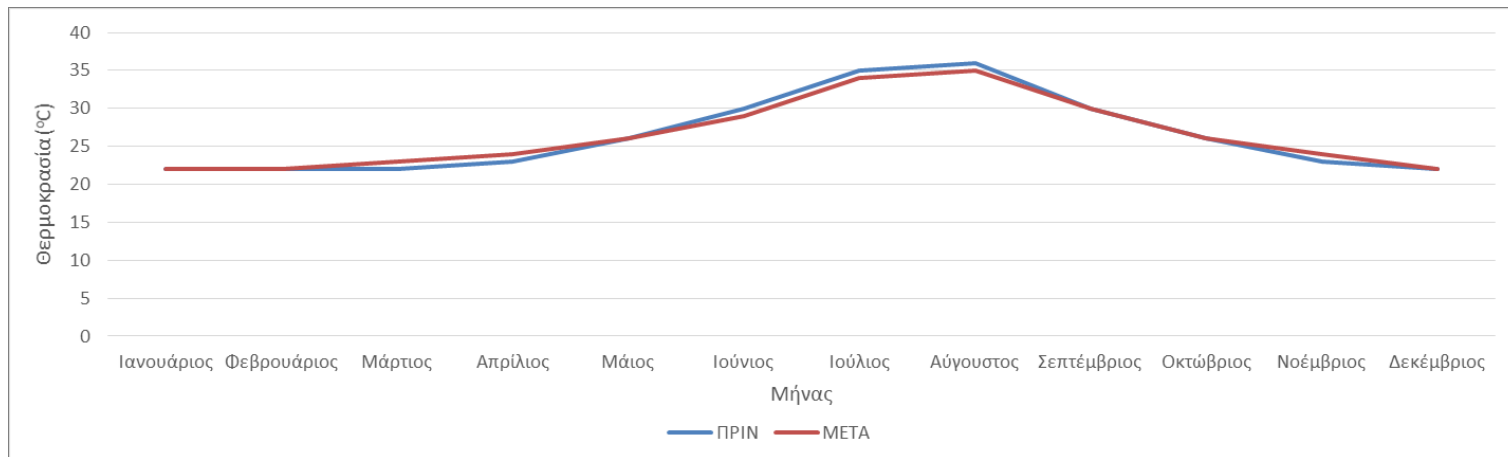
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ			
ΤΟΙΧΟΣ	Ασβεστοκονίαμα 2cm Πετροβάμβακας 5cm Ασβεστοκονίαμα 2cm Οπτοπλιθοδομή 19cm Ασβεστοκονίαμα 2cm	ΟΡΟΦΗ	Κροκάλες 7,5cm Φύλλο αλουμινίου 0,4cm Στρώμα υγραμόνωσης 1cm Διογκωμένη πολυστερίνη 5cm Κισηρομπετόν 5cm Στρώμα υγραμόνωσης 1cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Ασβεστοκονίαμα 2cm

Πηγή: ίδια επεξεργασία

## ❖ Αποτελέσματα προσομοίωσης

Έπειτα από τη νέα προσομοίωση, λόγω της τοποθέτησης θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης, προκύπτουν νέα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας πριν και μετά τη συγκεκριμένη επέμβαση για τη θερμική ζώνη ΘΖ-8 όπου δε διαθέτει υπερκείμενο όροφο και είναι πανταχόθεν ελεύθερο, έχοντας ως αποτέλεσμα την προσθήκη θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους και το δώμα.

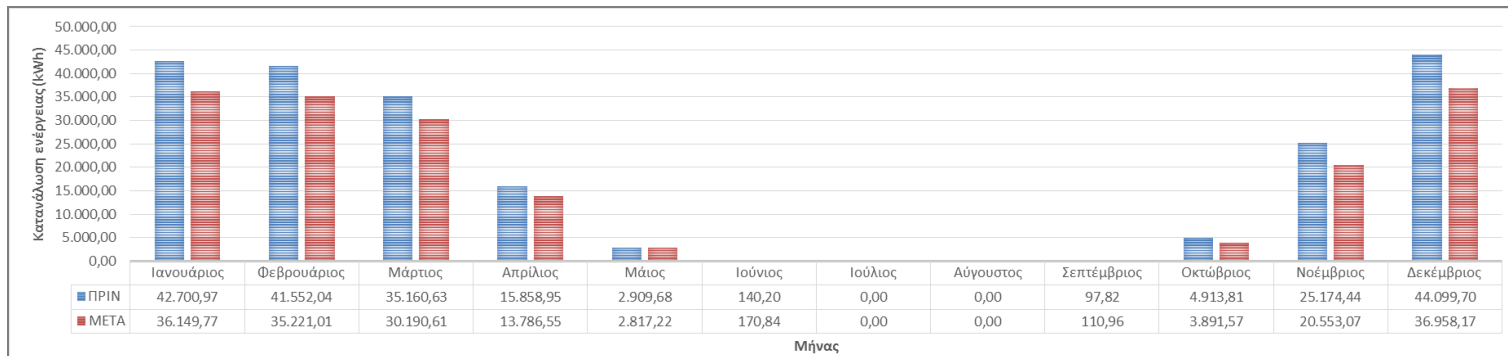
Διάγραμμα 16. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 πριν και μετά την θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Από το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της ΘΖ-8 διαπιστώνεται ότι μετά την προσθήκη η θερμοκρασία χαρακτηρίζεται από μικρή αύξηση τους χειμερινούς μήνες, ενώ τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία των χώρων ελαφρώς μειώνεται. Επίσης, στο πιο κάτω διάγραμμα της μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση παρατηρείται αισθητή μείωση της κατανάλωσης αυτής.

Διάγραμμα 17. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά τη θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, παρατίθενται οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε θέρμανση πριν και μετά την προσθήκη καθώς και η μηνιαία εξοικονόμηση ενέργειας από τη συγκεκριμένη επέμβαση και το αντίστοιχο όφελος αυτής, έχοντας ως δεδομένο ότι το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 0,08259€/kWh.

Πίνακας 35. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά τη θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιανουάριος	42.700,97	36.149,77	6.551,20	541,06
Φεβρουάριος	41.552,04	35.221,01	6.331,03	522,88
Μάρτιος	35.160,63	30.190,61	4.970,02	410,47
Απρίλιος	15.858,95	13.786,55	2.072,40	171,16
Μάιος	2.909,68	2.817,22	92,45	7,64
Ιούνιος	140,20	170,84	-30,64	-2,53

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	97,82	110,96	-13,13	-1,08
Οκτώβριος	4.913,81	3.891,57	1.022,24	84,43
Νοέμβριος	25.174,44	20.553,07	4.621,37	381,68
Δεκέμβριος	44.099,70	36.958,17	7.141,53	589,82
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>212.608,23</b>	<b>179.849,76</b>	<b>32.758,47</b>	<b>2.705,52</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### ❖ Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους εφαρμογής της θερμοπρόσοψης των εξωτερικών τοίχων και της θερμομόνωσης των δωματίων αρχικά υπολογίζονται οι επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων και δωματίων, οι οποίες εκτίθενται στον ήλιο και τον άνεμο. Έπειτα υπολογίζεται το κόστος της εργασίας και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, στοιχεία που δίνονται στον επόμενο πίνακα (monosi-fragoulakis.gr/a, 2017, monosi-fragoulakis.gr/b, 2017).

Πίνακας 36. Κόστος και απόσβεση προσθήκης θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης

ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΞΩΤΕΡ.ΤΟΙΧΩΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ ΔΩΜΑΤΩΝ (m <sup>2</sup> )	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ - ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Εξωτερικοί Τοίχοι) (€/m <sup>2</sup> )	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ - ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Δώματα) (€/m <sup>2</sup> )	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)
1.830,00	1.010,00	45,00	38,00	120.730,00	2.705,52	45

Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 5.1.2. Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low – emissivity)

Στην επέμβαση αυτή προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low – emissivity), οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα να διατηρείται η θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα και να αποτρέπεται η εισχώρηση θερμότητας και ακτινοβολίας UV τη θερινή περίοδο. Με λίγα λόγια, δυσχεραίνουν τη μεταφορά θερμότητας από τη μία πλευρά στην άλλη, γεγονός που οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας.

#### ❖ Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Energy Plus

Για την πραγματοποίηση αυτής της επέμβασης στο πρόγραμμα προσομοίωσης εισάγεται στην κατηγορία “Surface Construction Elements” και ειδικότερα στην υποκατηγορία “WindowMaterial: Glazing” ένα νέο αντικείμενο με χαρακτηριστικά που λαμβάνονται από τη βιβλιοθήκη “DataSet” του προγράμματος και συγκεκριμένα από το αρχείο “WindowGlassMaterials.idf”. Από το αρχείο αυτό επιλέγονται να εισαχθούν τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου “LoE CLEAR 3MM Rev”. Έπειτα, στην υποκατηγορία “WindowMaterial: Gas” ορίζεται το φυσικό αέριο που θα παρεμβάλλεται μεταξύ των νέων υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, τα χαρακτηριστικά του οποίου λαμβάνονται επίσης από τη βιβλιοθήκη “DataSet” του προγράμματος και συγκεκριμένα από το αρχείο “WindowGasMaterials.idf”, από το οποίο επιλέγεται το ευγενές αέριο αργό “ARGON 13MM” με τα χαρακτηριστικά του. Τέλος, στην υποκατηγορία “Construction” δηλώνεται η νέα πλέον δομή των παραθύρων, η οποία παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 37. Νέα δομή παραθύρων από την αντικατάσταση

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	LoE Clear 3mm Αργό 13mm Καθαρό τζάμι 3mm

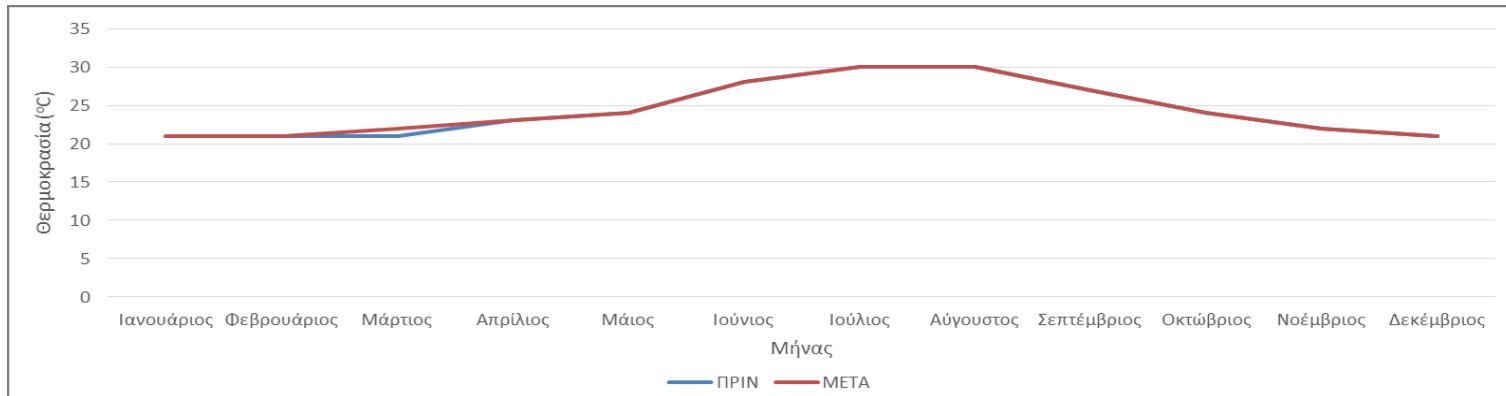
Πηγή: ίδια επεξεργασία



### ❖ Αποτελέσματα προσομοίωσης

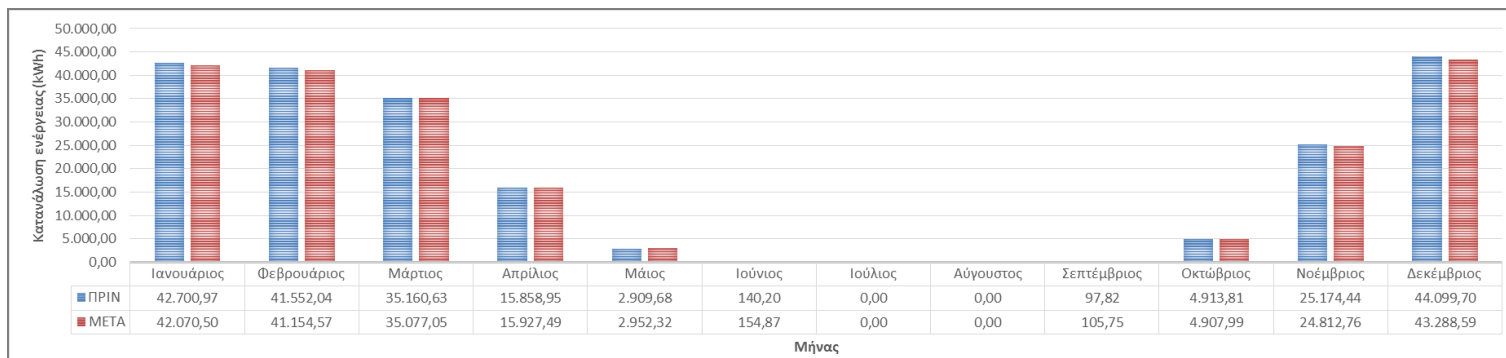
Έπειτα από τη νέα προσομοίωση, προκύπτει σχεδόν μηδενική διαφορά στη μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας πριν και μετά τη συγκεκριμένη επέμβαση για τη θερμική ζώνη ΘΖ-2, όπου διαθέτει διαμπερή ανοίγματα. Το ίδιο αποτέλεσμα διαπιστώνεται και για την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, όπως απεικονίζεται παρακάτω.

Διάγραμμα 18. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-2 μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 19. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, παρατίθενται οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε θέρμανση έπειτα από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων καθώς και η μηνιαία εξοικονόμηση ενέργειας από τη συγκεκριμένη επέμβαση και το αντίστοιχο όφελος αυτής, έχοντας ως δεδομένο ότι το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 0,08259€/kWh.

Πίνακας 38. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιανουάριος	42.700,97	42.070,50	630,46	52,07
Φεβρουάριος	41.552,04	41.154,57	397,47	32,83
Μάρτιος	35.160,63	35.077,05	83,58	6,90
Απρίλιος	15.858,95	15.927,49	-68,53	-5,66
Μάιος	2.909,68	2.952,32	-42,65	-3,52
Ιούνιος	140,20	154,87	-14,67	-1,21
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	97,82	105,75	-7,93	-0,65
Οκτώβριος	4.913,81	4.907,99	5,82	0,48
Νοέμβριος	25.174,44	24.812,76	361,67	29,87
Δεκέμβριος	44.099,70	43.288,59	811,11	66,99
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>212.608,23</b>	<b>210.451,89</b>	<b>2.156,34</b>	<b>178,09</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

## ❖ Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους αντικατάστασης των υαλοπινάκων αρχικά υπολογίζεται η συνολική επιφάνεια τους και έπειτα το κόστος της εργασίας και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, στοιχεία που μέσω έρευνας αγοράς δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 39. Κόστος και απόσβεση αντικατάστασης υαλοπινάκων

ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ (m <sup>2</sup> )	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ - ΕΡΓΑΣΙΑΣ (€/m <sup>2</sup> )	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)
260,00	57,00	14.820,00	178,09	83

Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 5.1.3. Ενεργειακοί λαμπτήρες LED

Στην επέμβαση αυτή προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED, καθώς αποτελεί ελκυστικό και εύκολο τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των ενεργοβόρων συμβατικών λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας επηρεάζει σημαντικά τη μέση κατανάλωση ενέργειας, βελτιώνει την ποιότητα του φωτισμού, ενώ χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια ζωής. Η απόδοση του ενεργειακού φωτισμού δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας για φωτισμό έως ποσοστό 95%, σε σχέση με το συμβατικό φωτισμό των λαμπτήρων πυρακτώσεως. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ενέργεια που καταναλώνεται μέσω της χρήσης ενεργειακών λαμπτήρων αντιστοιχεί στο 1/6 της ενέργειας που καταναλώνεται από τη χρήση των συμβατικών (energylab.gr, 2017).

## ❖ Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Energy Plus

Στην κατηγορία “Internal Gains” και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία “Lights” εισάγεται στο πεδίο “Watts per Zone Floor Area” το 1/6 της αντίστοιχης αρχικής τιμής, αφού όπως ειπώθηκε παραπάνω οι ενεργειακοί λαμπτήρες καταναλώνουν το 1/6 της ενέργειας των συμβατικών. Έτσι, οι αρχικές τιμές του πεδίου αυτού, δηλαδή LightsClass: 9,6 και LightsCommon: 6,4 και LightsOffice: 16, γίνονται LightsClass: 1,6 και LightsCommon: 1,07 και LightsOffice: 2,67 αντίστοιχα.

Πίνακας 40. Υπολογισμός εσωτερικών θερμικών κερδών από το φωτισμό μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων

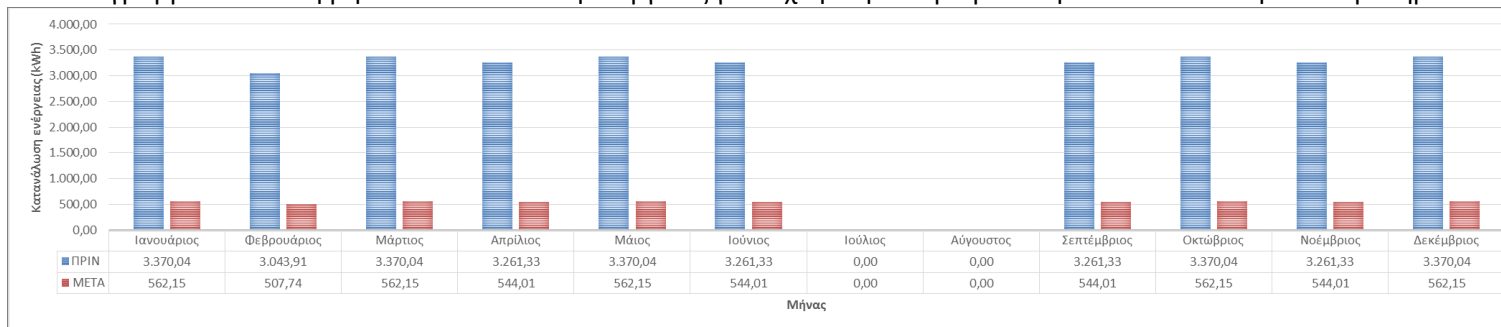
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		LightsClass	LightsCommon	LightsOffice
Zone or ZoneList Name		Aithouses Didaskalias	Koin Xwroi	Grafeia
Schedule Name		SchClassLights	SchCommonLights	SchOfficeLights
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	1,6	1,07	2,67
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0,42	0,42	0,42
Fraction Visible		0,18	0,18	0,18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No

Πηγή: ίδια επεξεργασία

### ❖ Αποτελέσματα προσομοίωσης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της νέας προσομοίωσης για τη μέση μηνιαία κατανάλωσης ενέργειας σε τεχνητό φωτισμό διαπιστώνεται, από το επόμενο διάγραμμα, ότι υπάρχει υπερβολικά μεγάλη μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Διάγραμμα 20. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Επίσης, στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται αναλυτικά οι τιμές της μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας σε τεχνητό φωτισμό από την αντικατάσταση των λαμπτήρων καθώς και η μηνιαία εξοικονόμηση ενέργειας από τη συγκεκριμένη επέμβαση και το αντίστοιχο όφελος αυτής, έχοντας ως δεδομένο ότι το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 0,08259€/kWh.

Πίνακας 41. Ενεργειακές καταναλώσεις σε τεχνητό φωτισμό και όφελος μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιανουάριος	3.370,04	562,15	2.807,90	231,90
Φεβρουάριος	3.043,91	507,74	2.536,17	209,46
Μάρτιος	3.370,04	562,15	2.807,90	231,90
Απρίλιος	3.261,33	544,01	2.717,32	224,42
Μάιος	3.370,04	562,15	2.807,90	231,90
Ιούνιος	3.261,33	544,01	2.717,32	224,42
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	3.261,33	544,01	2.717,32	224,42
Οκτώβριος	3.370,04	562,15	2.807,90	231,90
Νοέμβριος	3.261,33	544,01	2.717,32	224,42
Δεκέμβριος	3.370,04	562,15	2.807,90	231,90
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>32.939,47</b>	<b>5.494,52</b>	<b>27.444,95</b>	<b>2.266,68</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

### ❖ Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους αντικατάστασης των λαμπτήρων αρχικά υπολογίζονται οι επιφάνειες που έχουν τις ίδιες ανάγκες φωτισμού, δηλαδή το εκάστοτε εμβαδόν των τριών (3) ομάδων θερμικών ζωνών. Έπειτα, βάσει των επιφανειών αυτών υπολογίζεται η εκάστοτε ισχύς των χώρων αυτών, με την τελική συνολική ισχύ να ανέρχεται σε 3.038,91W. Για την αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων αποφασίζεται μετά από έρευνα αγοράς η τοποθέτηση λαμπτήρων LED 18W με τιμή ανά τεμάχιο 3,85€ και διάρκεια ζωής τα δέκα (10) χρόνια. Έτσι, απαιτούνται 169 λαμπτήρες αυτού του τύπου, επιτυγχάνοντας απόσβεση της συγκεκριμένης επένδυσης από το πρώτο έτος.

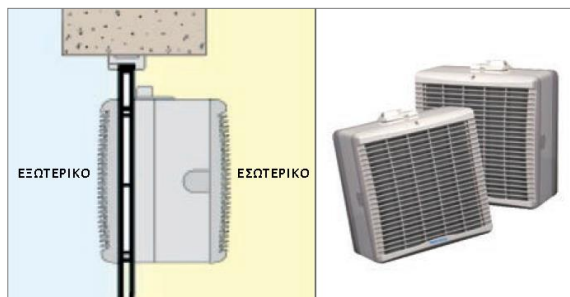
Πίνακας 42. Κόστος και απόσβεση αντικατάστασης συμβατικών λαμπτήρων

ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ Εμβαδόν x Watts/T.Z. CLASS (W)	ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΙ ΧΩΡΟΙ Εμβαδόν x Watts/T.Z. COMMON (W)	ΓΡΑΦΕΙΑ Εμβαδόν x Watts/T.Z. OFFICE (W)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)
1.177,37 x 1,60 1.883,79	511,51 x 1,07 547,32	227,64 x 2,67 607,80	650,65	2.266,68	1

Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### 5.1.4. Νυχτερινός αερισμός με εξαεριστήρες

Εικόνα 90. Εξαεριστήρες ανοιγμάτων



Πηγή: sivar.gr, 2017

Η επένδυση αυτή αφορά την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες των ανοιγμάτων, και ειδικότερα στους φεγγίτες αυτών, παρέχοντας τη δυνατότητα νυχτερινού αερισμού των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό απομακρύνεται η πλεονάζουσα θερμότητα και επιτυγχάνεται ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό, κατά τους θερινούς μήνες, ενώ η επιλογή της νυχτερινής λειτουργίας γίνεται διότι τη συγκεκριμένη περίοδο παρουσιάζονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες της ημέρας. Οι εξαεριστήρες θα λειτουργούν με αυτόματο μηχανισμό, ο οποίος θα ρυθμίζει τη διάρκεια και την ένταση λειτουργίας τους.

## ❖ Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Energy Plus

Πίνακας 43. Χρονοδιάγραμμα νυχτερινού αερισμού

Field	Units	Obj16
Name		SchNightVent
Schedule Type Limits Name		Fraction
Field 1	varies	Through: 4/30
Field 2	varies	For: AllDays
Field 3	varies	Until 24:00
Field 4	varies	0
Field 5	varies	Through: 6/30
Field 6	varies	For: AllDays
Field 7	varies	Until 06:00
Field 8	varies	1
Field 9	varies	Until 22:00
Field 10	varies	0
Field 11	varies	Until 24:00
Field 12	varies	1
Field 13	varies	Through: 8/31
Field 14	varies	For: AllDays
Field 15	varies	Until 24:00
Field 16	varies	0
Field 17	varies	Through: 9/30
Field 18	varies	For: AllDays
Field 19	varies	Until 06:00
Field 20	varies	1
Field 21	varies	Until 22:00
Field 22	varies	0
Field 23	varies	Until 24:00
Field 24	varies	1
Field 25	varies	Through: 12/31
Field 26	varies	For: AllDays
Field 27	varies	Until 24:00
Field 28	varies	0

Πηγή: ίδια επεξεργασία

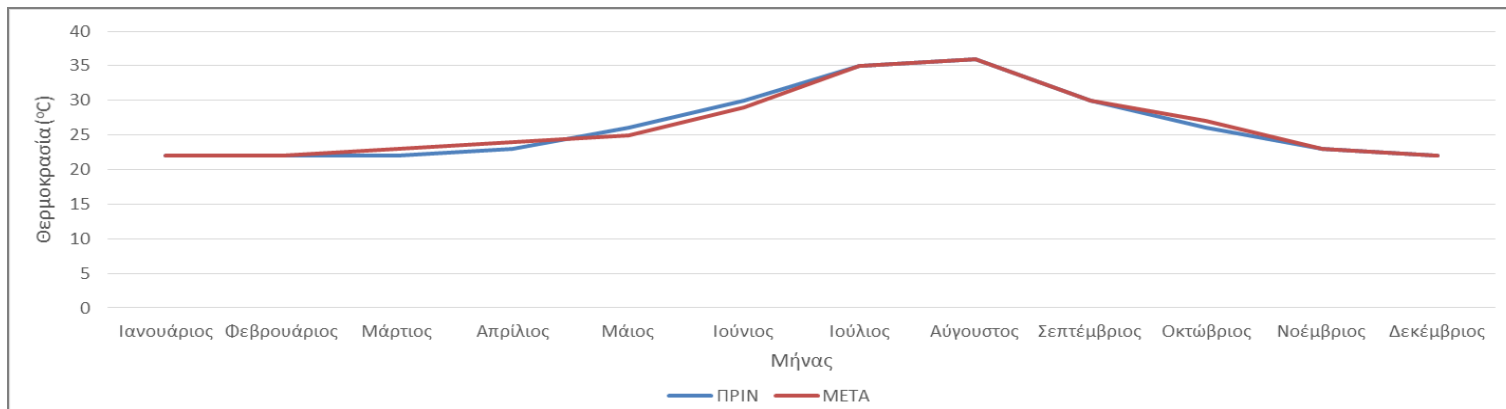
Στην κατηγορία “Schedules”, και ειδικότερα στην υποκατηγορία “Schedule: Compact” ορίζεται το χρονοδιάγραμμα του νυχτερινού αερισμού, το οποίο δίνεται στην παρακάτω εικόνα, ενώ στην κατηγορία “Zone Airflow” και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία “ZoneVentilation: DesignFlowRate” εισάγεται το νέο χρονοδιάγραμμα στις αντίστοιχες ομάδες θερμικών ζωνών.

Όπου: **SchNightVent**, το χρονοδιάγραμμα που αφορά τον νυχτερινό αερισμό όλων των χώρων του σχολείου, κατά το οποίο οι εξαεριστήρες θα λειτουργούν τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Σεπτέμβριο, που παρατηρούνται οι υψηλότερες θερμοκρασίες, και βραδινές ώρες 10:00μ.μ. έως τις 06:00π.μ., όπου η θερμοκρασία μειώνεται. Την υπόλοιπη περίοδο του έτους οι εξαεριστήρες δε θα λειτουργούν, γι’ αυτό το λόγο λαμβάνονται μηδενικές τιμές.

## ❖ Αποτελέσματα προσομοίωσης

Έπειτα από τη νέα προσομοίωση, λόγω της τοποθέτησης εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες για τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, προκύπτουν νέα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας πριν και μετά τη συγκεκριμένη επέμβαση ενδεικτικά για τη θερμική ζώνη ΘΖ-8 όπου δε διαθέτει υπερκείμενο όροφο, είναι πανταχόθεν ελεύθερο και έχει αρκετά ανοίγματα.

Διάγραμμα 21. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού

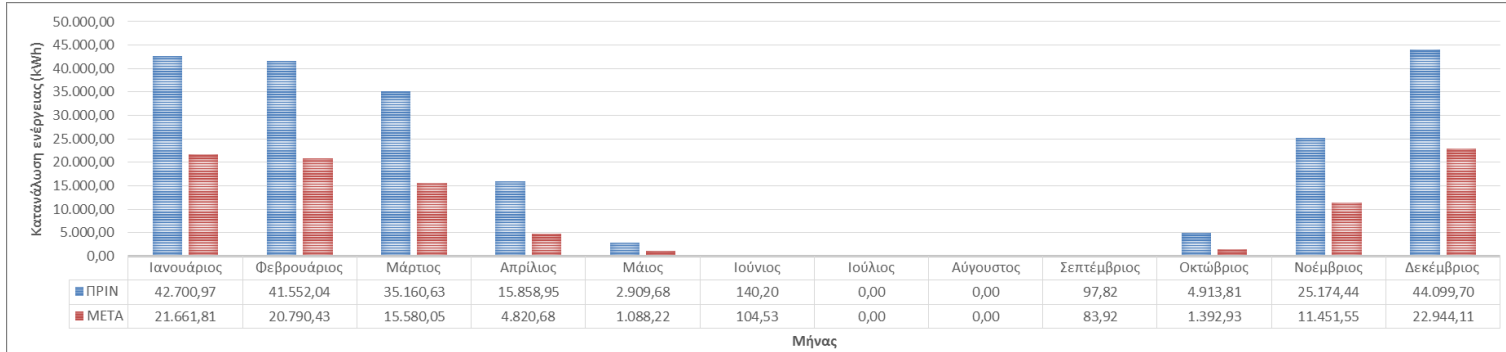


Πηγή: ίδια επεξεργασία

Από το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της ΘΖ-8 διαπιστώνεται ότι μετά την προσθήκη η θερμοκρασία χαρακτηρίζεται από μικρή αύξηση τους χειμερινούς μήνες, ενώ τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία των χώρων ελαφρώς μειώνεται. Επίσης, στο πιο κάτω διάγραμμα της μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση παρατηρείται αισθητή μείωση της κατανάλωσης αυτής.



Διάγραμμα 22. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, παρατίθενται οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε θέρμανση πριν και μετά την προσθήκη καθώς και η μηνιαία εξοικονόμηση ενέργειας από τη συγκεκριμένη επέμβαση και το αντίστοιχο όφελος αυτής, έχοντας ως δεδομένο ότι το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 0,08259€/kWh.

Πίνακας 44. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιανουάριος	42.700,97	21.661,81	21.039,15	1.737,62
Φεβρουάριος	41.552,04	20.790,43	20.761,61	1.714,70
Μάρτιος	35.160,63	15.580,05	19.580,58	1.617,16
Απρίλιος	15.858,95	4.820,68	11.038,27	911,65
Μάιος	2.909,68	1.088,22	1.821,45	150,43

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιούνιος	140,20	104,53	35,67	2,95
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	97,82	83,92	13,90	1,15
Οκτώβριος	4.913,81	1.392,93	3.520,88	290,79
Νοέμβριος	25.174,44	11.451,55	13.722,89	1.133,37
Δεκέμβριος	44.099,70	22.944,11	21.155,59	1.747,24
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>212.608,23</b>	<b>99.918,24</b>	<b>112.690,00</b>	<b>9.307,07</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### ❖ Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους της επέμβασης αυτής αρχικά υπολογίζεται ο συνολικός όγκος των χώρων που επιθυμείται εξαερισμός και ορίζεται ο αριθμός των ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα, βάσει του τύπου απαιτούμενη ροή αέρα ( $m^3/h$ ) = όγκος χώρου ( $m^3$ ) x ανανεώσεις αέρα ανά ώρα (1/h). Οι εξαεριστήρες που θα τοποθετηθούν αποφασίζεται μετά από έρευνα αγοράς να είναι εξαεριστήρες τύπου TX7WW–190 με τιμή ανά τεμάχιο 264,00€. Οι συγκεκριμένοι εξαεριστήρες, λόγω του κινητήρα που διαθέτουν, συνδυάζουν μέγιστη απόδοση με χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, έχοντας ισχύ 40 Watt, δυνατότητα παροχής αέρα τριών (3) ταχυτήτων, δηλαδή 305, 395 και  $485m^3/h$ , και στάθμη θορύβου 37dB (sivar.gr, 2017).

Πίνακας 45. Κόστος και απόσβεση εφαρμογής νυχτερινού αερισμού

ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΧΩΡΩΝ (m <sup>3</sup> )	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΡΟΗ ΑΕΡΑ (m <sup>3</sup> /h)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)
7.436,71	2 x 7.436,71 14.873,42	14.873,42/485 31	8.184,00	9.307,07	1

Πηγή: ίδια επεξεργασία

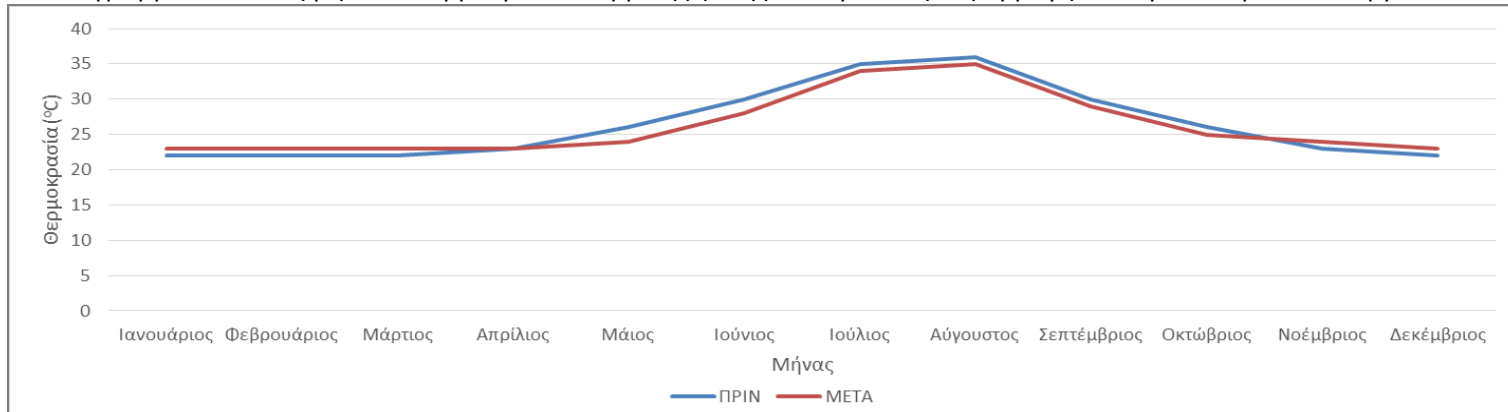
## 5.2. Εφαρμογή Προτεινόμενων Επεμβάσεων

Στη συγκεκριμένη ενότητα γίνεται μία προσπάθεια εφαρμογής όλων των παραπάνω προτεινόμενων επεμβάσεων, δηλαδή την προσθήκη θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης, την τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low – emissivity), την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED και την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού μέσω εξαεριστήρων, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται πιο κάτω.

### ❖ Αποτελέσματα προσομοίωσης

Έπειτα από τη νέα προσομοίωση, λόγω της εφαρμογής όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων, προκύπτουν νέα δεδομένα για τη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας πριν και μετά την συνολική επέμβαση για τη θερμική ζώνη ΘΖ-8 όπου δε διαθέτει υπερκείμενο όροφο και είναι πανταχόθεν ελεύθερο, έχοντας ως αποτέλεσμα την εφαρμογή συνολικά όλων των επεμβάσεων.

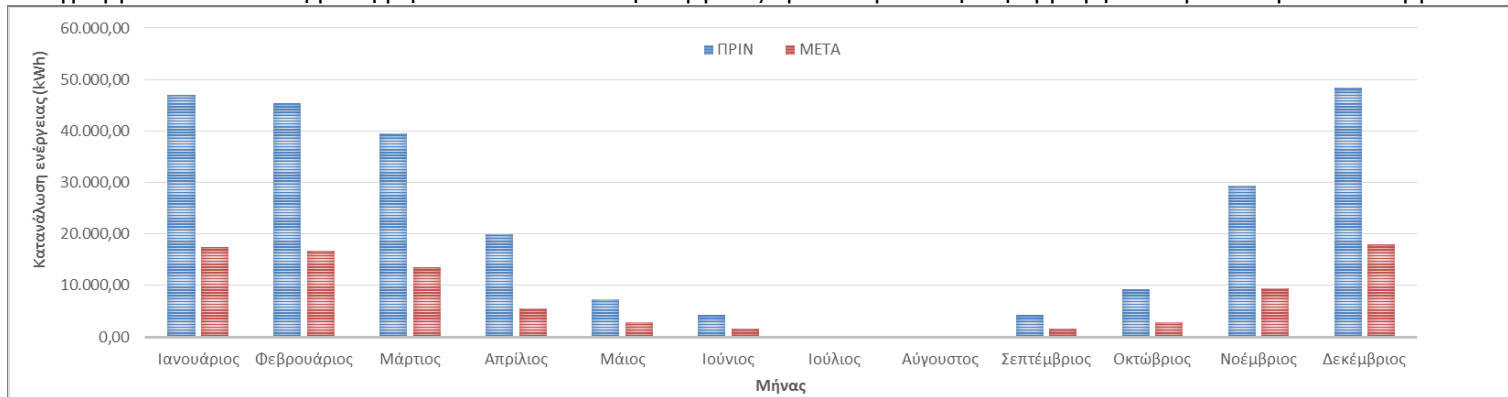
Διάγραμμα 23. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται μείωση της μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και ελαφριά αύξηση της θερμοκρασίας τους χειμερινούς μήνες. Έπειτα, δίνονται τα αποτελέσματα των συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων σε ενέργεια πριν και μετά την εφαρμογή των συνολικών επεμβάσεων για θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό, παρατηρώντας εμφανή μείωση.

Διάγραμμα 24. Συνολική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται αναλυτικά οι τιμές της συνολικής μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας καθώς και η μηνιαία εξοικονόμηση ενέργειας από τη συγκεκριμένη επέμβαση και το αντίστοιχο όφελος αυτής, έχοντας ως δεδομένο ότι το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 0,08259€/kWh. Συνολικά η εξοικονόμηση ενέργειας που πραγματοποιείται ανέρχεται σε ποσοστό 64,92%.

Πίνακας 46. Ενεργειακές καταναλώσεις και όφελος μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων

ΜΗΝΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ		
Ιανουάριος	47.012,80	17.445,15	29.567,66	2.441,99
Φεβρουάριος	45.446,60	16.690,31	28.756,29	2.374,98
Μάρτιος	39.472,47	13.520,06	25.952,41	2.143,41
Απρίλιος	20.031,70	5.476,09	14.555,61	1.202,15
Μάιος	7.221,52	2.811,16	4.410,36	364,25
Ιούνιος	4.312,95	1.657,47	2.655,47	219,32
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	4.270,57	1.615,58	2.654,99	219,28
Οκτώβριος	9.225,65	2.822,90	6.402,75	528,80
Νοέμβριος	29.347,19	9.396,25	19.950,94	1.647,75
Δεκέμβριος	48.411,54	17.925,56	30.485,98	2.517,84
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>254.752,99</b>	<b>89.360,53</b>	<b>165.392,46</b>	<b>13.659,76</b>

Πηγή: ίδια επεξεργασία

## ❖ Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους εφαρμογής όλων επεμβάσεων αθροίζονται τα επιμέρους κόστη, ενώ η απόσβεση υπολογίζεται ανά δεκαετία, αφού λαμβάνεται υπόψη η διάρκεια ζωής των ενεργειακών λαμπτήρων, δηλαδή τα δέκα (10) χρόνια.

Πίνακας 47. Κόστος και απόσβεση εφαρμογής των προτεινόμενων επεμβάσεων

ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (€)
0 έως 10	144.384,65	13.659,76	136.597,60	7.787,05
11	(7.787,05 + 650,65) 8.437,70	13.659,76	8.437,70	0,00

Πηγή: ίδια επεξεργασία

## ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ



Η παλαιότητα της κατασκευής του σχολικού συγκροτήματος με τα αντίστοιχα προβλήματα που συνεπάγεται, όπως η έλλειψη θερμομόνωσης, έκαναν επιτακτική την ανάγκη ανασχεδιασμού του κτιρίου βάσει των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Sketch Up και Energy Plus, όπου έπειτα από την όλη διαδικασία της προσομοίωσης διεξήχθησαν αποτελέσματα για την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου σε σχέση με τις συνθήκες θερμικής άνεσης καθώς και τα ποσά καταναλισκόμενης ενέργειας. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά προτάθηκαν ορισμένες επεμβάσεις, οι οποίες με την εφαρμογή τους θα μπορούσαν να επιτύχουν οικονομική και ενεργειακή εξοικονόμηση. Οι επεμβάσεις αυτές αφορούν την προσθήκη θερμοπρόσοψης στους εξωτερικούς τοίχους και θερμομόνωσης στα δώματα του κελύφους, την αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής, την αντικατάσταση των ενεργοβόρων λαμπτήρων με ενεργειακούς λαμπτήρες LED, την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες για νυχτερινό αερισμό καθώς και την ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων αυτών. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα παρατίθενται συγκεντρωτικά στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 48. Υπολογισμός εφαρμογής των προτεινόμενων επεμβάσεων

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ (%)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)
Θερμοπρόσοψη & Θερμομόνωση	32.758,47	12,86	120.730,00	2.705,52	45
Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής	2.156,34	0,85	14.820,00	178,09	83
Ενεργειακοί λαμπτήρες LED	27.444,95	10,77	650,65	2.266,68	1
Νυχτερινός αερισμός με εξαεριστήρες	112.690,00	44,24	8.184,00	9.307,07	1
Σύνολο προτεινόμενων	165.392,46	64,92	145.035,30	13.659,76	11

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή του συνόλου των προτεινόμενων επεμβάσεων επιφέρει σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας, της τάξεως του 65% περίπου, το οποίο είναι ικανό να δημιουργήσει συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του σχολικού συγκροτήματος. Επίσης, αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι μετά τη λήξη της εκμετάλλευσης των φωτοβολταϊκών



συστημάτων από τον ιδιώτη και την ανάληψη της εκμετάλλευσης αυτών από το Δήμο Λαμιέων θα μπορούν να πραγματοποιηθούν περαιτέρω πράσινες ενέργειες. Με αυτόν τον τρόπο το 4<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Λαμίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα πρότυπο οικολογικό κτίριο, το οποίο ταυτόχρονα συνεισφέρει στη διαμόρφωση οικολογικής συνείδησης των μαθητών, αφού τα παιδιά θα περνούν το μεγαλύτερο μέρος της μέρας τους σε ένα οικολογικό κτίριο. Η διαδικασία αυτή μπορεί εύκολα να τους γίνει βίωμα, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να υιοθετήσουν αντίστοιχες οικολογικές πρακτικές και εκτός σχολικού περιβάλλοντος.

Γενικότερα, η παρούσα έρευνα αναδεικνύει το γεγονός ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν είναι ένα απλό εργαλείο που βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά αποτελεί ένα τρόπο σκέψης μέσω του οποίου προσπαθεί να επιτευχθεί η θερμική και οπτική άνεση του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να εξοικειώσει τον άνθρωπο με το χώρο και να αποτυπώσει στον τόπο τις ποικίλες εκφάνσεις της ζωής. Βασική προϋπόθεση, όμως, για όλα αυτά αποτελεί η κοινωνική αποδοχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και η ενεργός συμμετοχή του ανθρώπου στη διαμόρφωση του δομημένου περιβάλλοντος, μέσα από τη διαδικασία της πληροφόρησης και της συνειδητοποίησης του σύνθετου προβλήματος της εξοικονόμησης ενέργειας, έχοντας ως προοπτική τη συνετή διαχείριση των φυσικών πόρων και την ισορροπία με τα οικοσυστήματα (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



## ❖ Ελληνόγλωσση

- Αμούργης Σ., Γιάννας Σ., Ευαγγελινός Ε., Καλογεράς Ν., Καλογήρου Ν. και Helmle P., (2001), «Τόμος Α: Περιβαλλοντική Τεχνολογία», Θεματική Ενότητα: Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοικτών Χώρων, Εκδόσεις: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Αναλυτή Β., (2010), «Βιοκλιματικός σχεδιασμός: Εφαρμογή βιοκλιματικών μεθόδων στα ελληνικά σχολικά κτίρια», Διατριβή, Πανεπιστήμιο Kingston, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Διαχείριση Κατασκευών», Λονδίνο.
- Ανδρεαδάκη Ε., (2006), «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», Εκδόσεις: University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., (2003), «Περιβάλλον και Δομημένος χώρος: Βιοκλιματική Προσέγγιση», Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.
- Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., (1985), «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική: Παθητικά – Ηλιακά συστήματα», Εκδόσεις: University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Αξαρή Κ., (1995), «Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κελύφους και η αξιοποίηση του “απευθείας κέρδους” στα σχολικά κτίρια – Καθοριστικές παράμετροι σχεδιασμού για τον ελληνικό χώρο», Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Αριανούτσου Μ., Γεωργίου Κ., Δημητρακόπουλος Α., Καρτάλης Κ., Παναγιωτίδης Π. και Σταματόπουλος Κ., (1999), «Τόμος Α: Το Φυσικό Περιβάλλον», Θεματική Ενότητα: Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον, Εκδόσεις: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Ευαγγελινός Β., Κοντορούπης Γ. και Μαΐστρου Ε., (1978), «Διερεύνηση μεθόδων θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια: Πρόταση εφαρμογής σε σχολικά κτίρια», Εκδόσεις: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Αρχιτεκτόνων, Αθήνα.
- Καραβασίλη – Χονδρού Μ., (1999), «Κτίρια για έναν Πράσινο Κόσμο», Εκδόσεις: π – SYSTEMS International ΑΕ, Αθήνα.
- Καρβούνης Γ., (2014), Ενέργεια και πράσινη ανάπτυξη: Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για τη μετάβαση στην πράσινη οικονομία», Διδακτορική Διατριβή, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Κοινωνιολογίας, Αθήνα.
- Κοντορούπης Γ., (2003), «Ενεργειακός – Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών», Εκδόσεις: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κωτσιάνα Φ., (1980), «Θερμική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας: ηλιακά σπίτια – ηλιακή θέρμανση», Εκδόσεις: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Λάζαρη Ε., (2002), «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής», Εκδόσεις: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – ΚΑΠΕ, Αθήνα.
- Μάντζιου Λ. και Πετρουλάκη Μ., (2009), «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα», Εκδόσεις: Έργον IV, Αθήνα.
- Μαργώνη Χ., Παρίση Δ., Τζανίδης Μ., Τζουτζίδης Ν., Τσόλου Γ., Χαβάκης Κ., Χουδάλη Δ., Deluzarches C. και Fleytoux V., (2013), «Οικισμός Ελληνικού του Ν. Αρκαδίας Πελοποννήσου», Εργασία Μαθήματος: Αρχιτεκτονική ανάλυση παραδοσιακών κτιρίων και συνόλων (5α), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πρόγραμμα Ψηφιοποίησης Διατομεακού Μαθήματος 5<sup>ου</sup> Εξαμήνου, Αθήνα.
- Μπαλή Μ. και Μπαλή Χρ., (2012), «Κτήριο ή Τοπίο;», Διάλεξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Επιβλέπων: Μωραΐτης Κ., Αθήνα.
- Μπουγιατιώτη Φ.Μ., (2010), «Το αστικό μικροκλίμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του», Διάλεξη – Σημειώσεις Μαθήματος: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ΔΠΜΣ «Σχεδιασμός του Χώρου Κατεύθυνση Α΄: Σχεδιασμός – Χώρος – Πολιτισμός», Αθήνα
- Μωραΐτης Κ., (2015), «Η Τέχνη του Τοπίου: Πολιτιστική επισκόπηση των νεωτερικών τοπιακών θεωρήσεων και διαμορφώσεων», Εκδόσεις: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Αθήνα.
- Οδηγία 2009/29/ΕΚ, «Τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας», Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο.
- Ο.Σ.Κ. – α, (2008), «Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων», Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε., Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων, Αθήνα.
- Ο.Σ.Κ. – β, (2008), «Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης», Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε., Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων, Αθήνα.
- Παπαμανώλης Ν., (2015), «Δομική φυσική και αρχές περιβαλλοντικού σχεδιασμού κτιρίων», Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εκδόσεις: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα (kallipos), Αθήνα.
- Σανταμούρης Μ., (2011), «Πράσινα κτίρια, μια ευκαιρία για ανάπτυξη», Περιοδικό “ΤΑΣΕΙΣ”, Τεύχος Ιανουαρίου 2011, Αθήνα.
- ΣΕΦ, (2011), Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, «Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα Φωτοβολταϊκά», Αθήνα.

Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, (2014), «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Έκδοση Γ', Αθήνα.

Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010, (2014), «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Έκδοση Β', Αθήνα.

Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, (2014), «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Έκδοση Γ', Αθήνα.

Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, (2011), «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων», Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Έκδοση Α', Αθήνα.

Τ.Ο.ΤΕΕ 2423/1986, (1988), «Εγκαταστάσεις σε κτίριο – Κλιματισμός κτιριακών χώρων», Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, ΦΕΚ 177Β/31.03.1988, Έκδοση Γ', Αθήνα.

ΥΠΕΚΑ, (2009), Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, «5η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010», Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, Αθήνα.

ΦΕΚ 880Β/19.08.1998, «Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», ΥΑ 21475/4707, Άρθρο 2 – παρ. 8.

ΦΕΚ 1324Β/11.05.2016, «Ωρολόγιο πρόγραμμα ενιαίου τύπου Ολοήμερου Δημοτικού Σχολείου», αριθμ. Φ12/657/70691/Δ1.

WWF Ελλάς, (2009), «Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον», Αθήνα.

#### ❖ Ξενόγλωσση

Adriaens B., Boisdenghien M., Gratia E., Meersseman B., Dehut M.H. and Saelen M., (1993), «Energy Conscious Design: a primer for architects», Published by John R. Goulding – J. Owen Lewis – Theo C. Steemers, London.

- Baker N. and Steemers K., (2000), «Energy and Environment in Architecture: a technical design guide», Published by E & FN Spon, London.
- Barton R., (2007), «Technical synthesis report – Retrofitting in educational buildings: Energy concept adviser for technical retrofit measures», International Energy Agency, Published by Faber Maunsell Ltd, United Kingdom.
- BP, (2016), «Statistical Review of World Energy – June 2016», Published by Pureprint Group, United Kingdom.
- Wachbergen M., (1983), «Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην κατασκευή των κτιρίων», (μετάφραση Μαλασπίνας Δ.), Εκδόσεις: Γκιούρδας Μ., Αθήνα.

#### ❖ Διαδικτυακοί Τόποι

- Αναστασάκη Ε., (2015), «Ένα πράσινο σχολείο στα αστικό Παρίσι», <http://perierga.gr/2015/01/%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%BF-%CF%83%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%BF-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%AF%CF%83%CE%B9/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- Βικιπαίδεια, (2016), «Υγρασία ατμόσφαιρας», [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1\\_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82#.CE.A3.CF.87.CE.B5.CF.84.CE.B9.CE.BA.CE.AE\\_.CF.85.CE.B3.CF.81.CE.B1.CF.83.CE.AF.CE.B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82#.CE.A3.CF.87.CE.B5.CF.84.CE.B9.CE.BA.CE.AE_.CF.85.CE.B3.CF.81.CE.B1.CF.83.CE.AF.CE.B1), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 09.11.2016
- Δήμος Καστοριάς, (2016), «Υδροηλεκτρική ενέργεια», <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/hydropower.htm>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016
- Ε.Ι.Ε., (2016), Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, «Αρχαιολογία της πόλης των Αθηνών – Ιδιωτικές κατοικίες», [http://www.eie.gr/archaeologia/gr/02\\_DELTIA/Private\\_houses.aspx](http://www.eie.gr/archaeologia/gr/02_DELTIA/Private_houses.aspx), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.10.2016
- Ε.Κ.ΧΑ., (2009), Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε., «Θέαση ορθοφωτογραφιών», <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 10.11.2016

- ΕΛΣΤΑΤ, (2016), «Γενικές Απογραφές Κτιρίων και Πληθυσμού – Κατοικιών 2011», <http://www.statistics.gr/interactive-map>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 02.10.2016
- Ε.Μ.Υ., (2016), «Κλιματολογία – Λαμία», [http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology\\_region\\_diagrams\\_html?dr\\_city=Lamia](http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Lamia), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 10.11.2016
- Ισπόγλου Κ., (2011), «Κοζάνη ένα σχολείο πολύ ... πράσινο!», <http://www.tovima.gr/society/article/?aid=418044>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016
- Καϊτατζής Φ., (2014), «Ψιθυρίζουν ή φωνάζουν οι ανεμογεννήτριες;», <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=443762>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016
- ΚΑΠΕ, (2016), «Εφαρμόζοντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες στην Ελλάδα», <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.4.html>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 15.12.2016
- Καρέζος Γ., (2016), <http://www.skepes.gr/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016
- Κοτοπούλη Γ., (2016), «Σχολικοί πνεύμονες πρασίνου», [http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview\\_news/101168.asp](http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/101168.asp), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 02.12.2016
- Μουτίδης Σ., (2016), «Πρότυπο Βιοκλιματικό Σχολείο στη ΖΕΠ – Ένα σχολείο “στολίδι” αναζητά μαθητές», <http://xronos-kozanis.gr/protipo-vioklimatiko-scholio-sti-zep-ena-scholio-stolidi-anazita-mathites/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016
- Μπαλλής Κ., (2015), «Μοναστηριακή Αρχιτεκτονική», <http://slideplayer.gr/slide/3729423/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.10.2016
- Σταμέλλος Σ., (2015), «Αντιμέτωπη η Λαμία και η Φθιώτιδα με τις επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής», <http://www.lamiareport.gr/index.php/apopseis/item/29671-antimetopi-i-lamia-kai-i-fthiotida-me-tis-epiptoseis-tis-klimatikis-allagis>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 14.12.2016
- Τσάμης Χ., (2016), «Ο υετός», <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Yetos.htm>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 10.11.2016
- Τσέτσου Α, (2016), «Η παλιά Αθήνα», <http://i-selida-moy7.webnode.gr/i-palia-athina/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016

- Τσιτσιφλής Θ., (2016), «Βιο-δομή: Προτάσεις βιοκλιματικών κατοικιών», <http://biodomegr.blogspot.gr/2009/10/build-your-own-small-home.html#more>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 14.11.2016
- Τσολάκογλου Γ., (2013), «8<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Συκεών: Φωτογραφίες», <http://george23820.blogspot.gr/2013/12/8.html>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016
- allaboutenergy.gr, (2016), «Περιβάλλον και διαχείριση ενέργειας», <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016
- altpressfthiotida.com, (2016), «Τα 4 σχολικά κτίρια στη Λαμία επηρεασμένα από τον μοντερνισμό του μεσοπολέμου», <http://altpressfthiotida.com/%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82/%CF%84%CE%B1-4-%CF%83%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BB%CE%B1%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%AD/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 18.08.2016
- anangpur.org, (2016), «Ashok Raje Gaekwad School, Vadodara», <http://www.anangpur.org/school-at-vadodara>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- architecturelive.in, (2016), «Bioclimatic school at Vadodara», <http://www.architecturelive.in/project/321/bioclimatic-school-at-vadodara-Vadodara-Anangpur-Building-Centre/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- arredamento.it, (2016), «Case di campagna arredamento: Tendenze casa: lo stile country», <http://www.arredamento.it/case-di-campagna-arredamento.asp>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016
- Bhawna J., (2016), «Bioclimatic School at Vadodara, Gujarat», <http://www.futurarc.com/index.cfm/web-exclusive/online-projects/bioclimatic-school-at-vadodara-gujarat/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- Chartier Dalix, (2016), «18 classrooms school and sporthall», <http://chartier-dalix.com/portfolio/gs-18classes/?lang=en>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- decobook.gr, (2016), <http://www.decobook.gr/index.php?start=18>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016



- econews.gr, (2012), «Το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο στη Θεσσαλονίκη», <http://www.econews.gr/2012/08/01/vioklimatiko-sxoleio-thessaloniki/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 05.12.2016
- econews.gr, (2011), «Βιοκλιματικό σχολείο στην Κοζάνη», <http://www.econews.gr/2011/09/02/vioklimatiko-sxoleio-kozani/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016
- EliteSoft Europe, (2016), «Sketch Up», <https://sites.google.com/site/sketchupgreece/genike-perigraphe>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.01.2017
- energylab.gr, (2017), «Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας», <http://www.energylab.gr/products/energy-saving-lightbulbs/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 24.01.2017
- Energy Plus, (2017), «Energy Plus», <https://energyplus.net/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.01.2017
- energyplus.net, (2017), «Κλιματικά δεδομένα Αθήνας», [https://energyplus.net/weather-region/europe\\_wmo\\_region\\_6/GRC%20%20](https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/GRC%20%20), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 20.02.2017
- engineeringtoolbox.com, (2017), «Metabolic Heat Gain from persons», [http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d\\_706.html](http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 17.01.2017
- exurbe.com, (2014), «Sketches of a history of Skepticism, Part I: Classical Eudaimonia», <http://www.exurbe.com/?p=2725>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016
- Giles B., (2016), «BBC Weather – Beaufort scale», [http://web.archive.org/web/20050427010340/http://www.bbc.co.uk/weather/features/understanding/beaufort\\_scale.shtml](http://web.archive.org/web/20050427010340/http://www.bbc.co.uk/weather/features/understanding/beaufort_scale.shtml), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 09.11.2016
- googlemaps, (2016), «Δήμος Λαμιέων», <https://www.google.gr/maps/place/%CE%9B%CE%B1%CE%BC%CE%AF%CE%B1+351+00/@38.904036,22.4315118,14z/data=!4m5!3m4!1s0x135f45553b3f43f1:0x5344ba71e6c6fec7!8m2!3d38.8959734!4d22.4349003>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 27.09.2016

- greekarchitects.gr, (2010), «Πολυχώρος ΘΕΑΤΡΟΝ», [http://www.greekarchitects.gr/site\\_parts/articles/print.php?article=2838&language=gr](http://www.greekarchitects.gr/site_parts/articles/print.php?article=2838&language=gr), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 30.11.2016
- IPCC, (2014), «Climate Change 2014 – Synthesis report: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 14.12.2016
- knaufinsulation.gr, (2017), «Οδηγίες για εφαρμογή εξωτερικής θερμοπρόσοψης», <http://www.knaufinsulation.gr/el/odigies-efarmogis-gia-eksoteriki-thermoprosopsi>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 30.01.2017
- lamia.gr, (2016), «Χωροθέτηση του Δήμου Λαμιέων», <http://www.lamia.gr/el/content/horothetisi-tis-polis>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 27.09.2016
- lifo.gr, (2016), «Ο χάρτης της Ελλάδος», <http://www.lifo.gr/team/readersdigest/31893>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 27.09.2016
- me-con.gr, (2016), «Γεωθερμία», <http://me-con.gr/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1/>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016
- medsos.gr, (2016), «Βιοκλιματικά σχολεία», <http://medsos.gr/medsos/2010-02-04-19-14-14/1007-2010-10-26-15-07-48.html>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 15.12.2016
- monosi-fragoulakis.gr/a, (2017), «Εξωτερική θερμομόνωση τιμές», <http://monosi-fragoulakis.gr/eksoteriki-thermomonosi/thermomonosi-times>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 23.01.2017
- monosi-fragoulakis.gr/b, (2017), «Μονώσεις ταρατσών τιμές», <http://monosi-fragoulakis.gr/monosi-taratsas/monosis-taratson-times>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 23.01.2017
- proteus-power.gr, (2016), «Παραγωγή ρεύματος», <http://www.proteus-power.gr/index.php/services-greek/energy-production-greek>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016
- rapid tables, (2017), «Joules to kWh conversion», [http://www.rapidtables.com/convert/energy/Joule\\_to\\_kWh.htm](http://www.rapidtables.com/convert/energy/Joule_to_kWh.htm), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 20.01.2017

sivar.gr, (2017), «Εξαεριστήρες τζαμιού – τοίχου σειράς ΤΧWW», <http://www.sivar.gr/wp-content/uploads/2016/09/020.01.pdf>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 30.01.2017

stouaspainting.pblogs.gr, (2017), «Τρόποι στεγάνωσης ταράτσας», <http://stouaspainting.pblogs.gr/tags/monosi-gr.html>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 30.01.2017

topographer.gr, (2016), «Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας», [http://www.topographer.gr/greek\\_site/f8iotida.htm](http://www.topographer.gr/greek_site/f8iotida.htm), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 27.09.2016

tripadvisor.com.gr, (2016), «Νεοκλασικό κτίριο στα Εξάρχεια Αθηνών», [https://www.tripadvisor.com.gr/LocationPhotoDirectLink-g189400-d6124710-i117544041-Zaxari\\_Alati\\_Wine\\_Restaurant-Athens\\_Attica.html](https://www.tripadvisor.com.gr/LocationPhotoDirectLink-g189400-d6124710-i117544041-Zaxari_Alati_Wine_Restaurant-Athens_Attica.html), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.11.2016

tromaktiko.blogspot.gr, (2013), «Σχολικά έργα 7 εκατομμύρια ευρώ στο δήμο Νεάπολης – Συκεών», [http://tro-ma-ktiko.blogspot.gr/2013/08/7\\_5156.html](http://tro-ma-ktiko.blogspot.gr/2013/08/7_5156.html), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016

4green.gr, (2016), «Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά – Υβριδικά ηλιακά συστήματα», [http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview\\_news/89477.asp](http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/89477.asp), τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 12.12.2016

#### ❖ Οπτικοακουστικό υλικό

Δημοτική Επιχείρηση Ενέργου Πολοδομίας (ΔΕΠΕΠΟΚ), (2016), «Πρότυπο Βιοκλιματικό Δημοτικό Νηπιαγωγείο στη ΖΕΠ Κοζάνης», <https://www.youtube.com/watch?v=grVrdg41hPg>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016

Κτιριακές Υποδομές Α.Ε. (Κτύπ), (2013), «8ο Δημοτικό Σχολείο Συκεών, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ)», <http://www.osk.gr/index.php?page=868>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016

kozani.tv, (2016), «Το www.kozani.tv στο βιοκλιματικό σχολείο της ΖΕΠ», <https://www.youtube.com/watch?v=CWI71KAg9nk>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 06.12.2016

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα πετρελαίου το 2015.....	14
Διάγραμμα 2. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα φυσικού αερίου το 2015 .....	15
Διάγραμμα 3. Κατανάλωση κατά άτομο και αποθέματα άνθρακα το 2015 .....	16
Διάγραμμα 4. Περίοδος κατασκευής ανά κατηγορία κτιρίου .....	20
Διάγραμμα 5. Απεικόνιση των θερμοκρασιακών δεδομένων στην περιοχή της Λαμίας .....	72
Διάγραμμα 6. Απεικόνιση της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Λαμίας .....	73
Διάγραμμα 7. Απεικόνιση της υγρασίας στην περιοχή της Λαμίας .....	74
Διάγραμμα 8. Απεικόνιση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Λαμίας .....	75
Διάγραμμα 9. Απεικόνιση της βροχόπτωσης στην περιοχή της Λαμίας .....	77
Διάγραμμα 10. Απεικόνιση των ημερών βροχόπτωσης στην περιοχή της Λαμίας.....	78
Διάγραμμα 11. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικών ζωνών.....	108
Διάγραμμα 12. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση.....	109
Διάγραμμα 13. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε τεχνητό φωτισμό .....	110
Διάγραμμα 14. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε ηλεκτρικό εξοπλισμό .....	110
Διάγραμμα 15. Συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας.....	111
Διάγραμμα 16. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 πριν και μετά την θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση .....	117
Διάγραμμα 17. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά τη θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση.....	118
Διάγραμμα 18. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-2 μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων.....	121
Διάγραμμα 19. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων .....	121
Διάγραμμα 20. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων .....	124
Διάγραμμα 21. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού.....	128
Διάγραμμα 22. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού .....	129
Διάγραμμα 23. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης ΘΖ-8 μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων.....	132
Διάγραμμα 24. Συνολική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων .....	132

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Κτιριακό απόθεμα .....	19
Πίνακας 2. Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας βάσει των Ευρωπαϊκών Οδηγιών .....	24
Πίνακας 3. Ενδεικτικός στόχος ενεργειακής απόδοσης σε εθνικό επίπεδο βάσει της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ .....	26
Πίνακας 4. Παράμετροι επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών χώρων .....	39
Πίνακας 5. Ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες σχολικών χώρων .....	40
Πίνακας 6. Ποιότητα φωτισμού σχολικών χώρων .....	46
Πίνακας 7. Ενδεικτική προτίμηση δομικών υλικών .....	55
Πίνακας 8. Μετρήσεις θερμοκρασιακών δεδομένων στην περιοχή της Λαμίας .....	71
Πίνακας 9. Μετρήσεις του ανέμου στην περιοχή της Λαμίας .....	72
Πίνακας 10. Μετρήσεις της υγρασίας στην περιοχή της Λαμίας .....	73
Πίνακας 11. Μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Λαμίας .....	75
Πίνακας 12. Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία επιφανειών με τυχαίο προσανατολισμό στην περιοχή της Λαμίας (kWh/m2) .....	76
Πίνακας 13. Μετρήσεις του υετού στην περιοχή της Λαμίας .....	77
Πίνακας 14. Κατηγοριοποίηση σχολικού χώρου σε θερμικές ζώνες .....	87
Πίνακας 15. Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης .....	92
Πίνακας 16. Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας .....	93
Πίνακας 17. Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού .....	94
Πίνακας 18. Χρονοδιαγράμματα ηλεκτρικών συσκευών .....	95
Πίνακας 19. Χρονοδιάγραμμα αερισμού .....	96
Πίνακας 20. Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα .....	97
Πίνακας 21. Χρονοδιαγράμματα συστήματος θέρμανσης – ψύξης .....	98
Πίνακας 22. Δομικά υλικά κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος .....	99
Πίνακας 23. Δομή κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος .....	101
Πίνακας 24. Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus .....	102
Πίνακας 25. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από τους χρήστες στο πρόγραμμα Energy Plus .....	103
Πίνακας 26. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από το φωτισμό στο πρόγραμμα Energy Plus .....	104
Πίνακας 27. Παράμετροι υπολογισμού εσωτερικών θερμικών κερδών από τις ηλεκτρικές συσκευές .....	105

Πίνακας 28. Υπολογισμός έμμεσου αερισμού χώρων στο πρόγραμμα Energy Plus .....	106
Πίνακας 29. Υπολογισμός άμεσου αερισμού χώρων στο πρόγραμμα Energy Plus .....	106
Πίνακας 30. Παράμετροι θερμοστάτη .....	107
Πίνακας 31. Ιδανικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης .....	107
Πίνακας 32. Συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας και κόστος .....	112
Πίνακας 33. Χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά για την εξωτερική θερμομόνωση .....	116
Πίνακας 34. Δομή κατασκευής για την εξωτερική θερμομόνωση .....	116
Πίνακας 35. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά τη θερμοπρόσοψη και θερμομόνωση .....	118
Πίνακας 36. Κόστος και απόσβεση προσθήκης θερμοπρόσοψης και θερμομόνωσης.....	119
Πίνακας 37. Νέα δομή παραθύρων από την αντικατάσταση.....	120
Πίνακας 38. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων .....	122
Πίνακας 39. Κόστος και απόσβεση αντικατάστασης υαλοπινάκων .....	123
Πίνακας 40. Υπολογισμός εσωτερικών θερμικών κερδών από το φωτισμό μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων .....	124
Πίνακας 41. Ενεργειακές καταναλώσεις σε τεχνητό φωτισμό και όφελος μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων .....	125
Πίνακας 42. Κόστος και απόσβεση αντικατάστασης συμβατικών λαμπτήρων .....	126
Πίνακας 43. Χρονοδιάγραμμα νυχτερινού αερισμού.....	127
Πίνακας 44. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού.....	129
Πίνακας 45. Κόστος και απόσβεση εφαρμογής νυχτερινού αερισμού .....	131
Πίνακας 46. Ενεργειακές καταναλώσεις και όφελος μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων επεμβάσεων .....	133
Πίνακας 47. Κόστος και απόσβεση εφαρμογής των προτεινόμενων επεμβάσεων .....	134
Πίνακας 48. Υπολογισμός εφαρμογής των προτεινόμενων επεμβάσεων .....	136

## Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1. Η εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο .....	11
Εικόνα 2. Γραφική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου .....	13
Εικόνα 3. Μεταβολές θερμοκρασίας ανά περιοχή, Θερμική νησίδα .....	13
Εικόνα 4. Φωτοβολταϊκό σύστημα .....	17
Εικόνα 5. Ανεμογεννήτριες.....	17
Εικόνα 6. Λειτουργία υδροηλεκτρικής μονάδας.....	17
Εικόνα 7. Λειτουργία γεωθερμικού συστήματος.....	18
Εικόνα 8. Διαδικασία αεριοποίησης .....	18
Εικόνα 9. Περίοδος κατασκευής κτιρίων σε ποσοστά .....	19
Εικόνα 10. Μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας.....	22
Εικόνα 11. Μεταβολή της μέσης βροχόπτωσης .....	22
Εικόνα 12. Οικίες της Αθηναϊκής Αγοράς: Α 5ου αιώνα π.Χ. και Β 12ου αιώνα μ.Χ. ....	30
Εικόνα 13. Μονή Καισαριανής 11 <sup>ου</sup> αιώνα, Αθήνα.....	30
Εικόνα 14. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών .....	31
Εικόνα 15. Η Στοά του Αττάλου.....	31
Εικόνα 16. Απεικόνιση χαγιατιού στην περιοχή Ελληνικό Ν. Αρκαδίας.....	32
Εικόνα 17. Λιακωτό – θερμοκήπιο σε κτίριο στην περιοχή των Εξαρχείων .....	33
Εικόνα 18. Στέγαστρο από κληματαριά .....	34
Εικόνα 19. Στέγαστρο από καλαμωτή .....	34
Εικόνα 20. Οριζόντια στοιχεία σκίασης .....	34
Εικόνα 21. Το φαινόμενο της καμινάδας .....	35
Εικόνα 22. Απεικόνιση ηλιακής τροχιάς κατά τη διάρκεια του έτους.....	37
Εικόνα 23. Παραγωγή θερμότητας και θερμικές απώλειες ανθρώπινου σώματος .....	38
Εικόνα 24. Παράδειγμα φαινομένου θάμβωσης από αντανάκλαση .....	41
Εικόνα 25. Μορφές ηλιοπροστασίας ανάλογα με τον προσανατολισμό της όψης.....	43
Εικόνα 26. Απεικόνιση φωταγωγού .....	45
Εικόνα 27. Ανακλαστικά ράφια .....	45



Εικόνα 28. Διάταξη αμφίπλευρων ανοιγμάτων .....	45
Εικόνα 29. Κίνηση ανέμων .....	47
Εικόνα 30. Ηλιακή καμινάδα .....	47
Εικόνα 31. Διπλή επιδερμίδα .....	47
Εικόνα 32. Διαμπερής αερισμός .....	48
Εικόνα 33. Φυσικός ελκυσμός.....	48
Εικόνα 34. Κατεύθυνση του ανέμου βάσει της φύτευσης .....	49
Εικόνα 35. Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων .....	49
Εικόνα 36. Ρύθμιση ανέμου βάσει της βλάστησης.....	50
Εικόνα 37. Προτεινόμενα ύψη φύτευσης και αποστάσεων από το κτίριο σε νότια όψη.....	51
Εικόνα 38. Φυτεμένο δώμα στο νέο κτίριο ερευνών του Α.Π.Θ. ....	53
Εικόνα 39. Κατασκευή φυτεμένου δώματος .....	53
Εικόνα 40. Γενική άποψη βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου στο Παρίσι.....	58
Εικόνα 41. Λεπτομέρεια των όψεων του σχολείου, Παρίσι .....	59
Εικόνα 42. Αύλειοι χώροι και δώμα σχολείου, Παρίσι.....	60
Εικόνα 43. Ισόγεια κάτοψη σχολείου, Ινδία .....	61
Εικόνα 44. Άποψη βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου στην Ινδία .....	62
Εικόνα 45. Είσοδος σχολείου, εσωτερικό, Ινδία .....	62
Εικόνα 46. Αίθουσα διδασκαλίας σχολείου, Ινδία .....	63
Εικόνα 47. Ανοιχτός χώρος, Ινδία.....	63
Εικόνα 48. Κεντρική αυλή σχολείου, Ινδία.....	63
Εικόνα 49. Γενική άποψη βιοκλιματικού σχολείου στις Συκεές .....	64
Εικόνα 50. Μεταλλική πέργκολα, Συκεές.....	65
Εικόνα 51. Σταθερές κατακόρυφες περσίδες .....	65
Εικόνα 52. Αερισμός από καμινάδες .....	65
Εικόνα 53. Νοτιοανατολική όψη σχολείου στην Κοζάνη.....	66
Εικόνα 54. Βόρεια όψη σχολείου στην Κοζάνη.....	66
Εικόνα 55. Σχηματική τομή σχολείου, Κοζάνη .....	66

Εικόνα 56. Φυσικός φωτισμός σχολείου, Κοζάνη.....	66
Εικόνα 57. Ημιυπαίθριος χώρος σχολείου, Κοζάνη.....	66
Εικόνα 58. Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης.....	68
Εικόνα 59. Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας.....	68
Εικόνα 60. Απεικόνιση κλιματικών ζωνών Ελλάδος.....	70
Εικόνα 61. Δήμος Λαμιέων και σημείο ενδιαφέροντος.....	79
Εικόνα 62. Αεροφωτογραφία Δημοτικού Σχολείου.....	80
Εικόνα 63. Όψεις Συγκροτήματος.....	80
Εικόνα 64. Αεροφωτογραφία Δημοτικού Σχολείου.....	81
Εικόνα 65. Όψεις Συγκροτήματος.....	81
Εικόνα 66. Κεντρικός αύλειος χώρος.....	82
Εικόνα 67. Δευτερεύων αύλειος χώρος.....	82
Εικόνα 68. Εξωτερικός και εσωτερικός διάδρομος.....	83
Εικόνα 69. Αίθουσα ολοήμερου.....	83
Εικόνα 70. Τυπική αίθουσα.....	83
Εικόνα 71. Φωτοβολταϊκά, κτίριο Β.....	83
Εικόνα 72. Βορειοανατολική άποψη.....	86
Εικόνα 73. Νοτιοδυτική άποψη.....	86
Εικόνα 74. Βόρεια όψη.....	86
Εικόνα 75. Νότια όψη.....	86
Εικόνα 76. Ανατολική όψη.....	86
Εικόνα 77. Δυτική όψη.....	86
Εικόνα 78. Θερμικές ζώνες υπογείου.....	88
Εικόνα 79. Θερμικές ζώνες ισογείου.....	88
Εικόνα 80. Θερμικές ζώνες Α' ορόφου.....	88
Εικόνα 81. Θερμικές ζώνες Β' ορόφου.....	88
Εικόνα 82. Θερμικές ζώνες δώματος.....	88
Εικόνα 83. Θερμικές ζώνες από βορειοανατολική όψη.....	89

Εικόνα 84. Θερμικές ζώνες από νοτιοδυτική όψη .....	89
Εικόνα 85. X-Ray mode από βορειοανατολική όψη .....	90
Εικόνα 86. X-Ray mode από νοτιοδυτική όψη .....	90
Εικόνα 87. Ορισμός παραμέτρων των δομικών υλικών κατασκευής του κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus .....	100
Εικόνα 88. Λεπτομέρεια εφαρμογής θερμοπρόσοψης .....	115
Εικόνα 89. Λεπτομέρεια εφαρμογής θερμομόνωσης δώματος .....	115
Εικόνα 90. Εξαεριστήρες ανοιγμάτων .....	126

### Κατάλογος Συντομεύσεων

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Δ.Ε.Η.	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΠΕΠΟΚ	Δημοτική Επιχείρηση Ενεργού Πολεοδομίας
ΕΣΔΕΑ	Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης
Ε.Κ.ΧΑ	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση
ΕΛ.ΣΤΑΤ.	Ελληνική Στατιστική Αρχή
Ε.Μ.Υ.	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΚτΥπ	Κτιριακές Υποδομές Α.Ε.
Μ.Ο.	Μέσος Όρος
Μ.Ο.Μ.Α	Μικτή Ομάδα Μηχανημάτων Ανασυγκρότησης
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
Ο.Σ.Κ.	Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων
ΕΠΠΕΡΑΑ	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.	Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
WWF	World Wildlife Fund

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Στο συγκεκριμένο παράρτημα θα αναφερθεί αναλυτικά η δημιουργία του κατάλληλου αρχείου κλιματικών δεδομένων της περιοχής μελέτης, της Λαμίας, για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων στο πρόγραμμα Energy Plus, μιας και ο διαδικτυακός τόπος με τα κλιματικά δεδομένα των περιοχών της Ελλάδας περιέχει μόνο της Αθήνας, Θεσσαλονίκης και Αδραβίδας (energyplus.net, 2017).

Αρχικά, αποθηκεύονται από τον παραπάνω διαδικτυακό τόπο τα κλιματικά δεδομένα της κοντινότερης περιοχής, δηλαδή της Αθήνας. Έπειτα, στο σημείο που έχει εγκατασταθεί το πρόγραμμα Energy Plus στον υπολογιστή, γίνεται μετάβαση στο φάκελο PreProcess και συγκεκριμένα στο φάκελο WeatherConverter. Στο πρόγραμμα WeatherConverter επιλέγεται το αρχείο που πρέπει να μετατραπεί, στη συγκεκριμένη περίπτωση το αρχείο με τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας, και ορίζεται η μορφή του εξερχόμενου αρχείου (Select Output Format: CSV format of EPW data). Στη συνέχεια ορίζεται το όνομα και το σημείο όπου θα αποθηκευτεί το αρχείο και πραγματοποιείται η μετατροπή του.

Στο επόμενο στάδιο γίνεται μετάβαση στο εν λόγω εξερχόμενο αρχείο, που είναι σε μορφή excel, και εισάγονται τα κλιματικά δεδομένα της Λαμίας, όπως η θερμοκρασία ξηρού βολβού, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία κ.ά., και πραγματοποιείται αποθήκευση. Έπειτα, στο πρόγραμμα WeatherConverter εισάγεται το νέο αρχείο και ορίζεται στο Override Default Type η μορφή EnergyPlus Comma Separated Variable (CSV) format. Τέλος, επιλέγεται η μορφή του νέου εξερχόμενου αρχείου [Select Output Format: EnergyPlus weather format (EPW)], καθώς και το όνομα και το σημείο αποθήκευσης.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ