

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Διδακτορική διατριβή

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΕΣΗ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΙΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Μάρθα Καταφυγιώτου

Λεμεσός 2014

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΕΣΗ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΙΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

της
Μάρθας Καταφυγιώτου

Λεμεσός 2014

ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Διδακτορική διατριβή

**Ενέργεια και άνεση σχολικών κτιρίων στις
κλιματικές ζώνες της Κύπρου**

Παρουσιάστηκε από τη

Μάρθα Καταφυγιώτου

Επιβλέπουσα ακαδημαϊκός, Λέκτορας Δέσποινα Σεργίδη

Μέλος επιτροπής (Πρόεδρος), Καθηγητής Ματθαίος Σανταμούρης

Μέλος επιτροπής, Καθηγητής Διόφαντος Χατζημιτσής

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Μάρτιος, 2014

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Μάρθα Καταφυγιώτου, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους ανθρώπους που χωρίς την παρουσία, την υποστήριξη και τη βοήθεια τους δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα ακαδημαϊκό και μέντορα μου Δρ. Δέσποινα Σεργίδη για την πολύτιμη υποστήριξη, καθοδήγηση και ενθάρρυνση σε όλη τη διάρκεια της έρευνας. Η εμπιστοσύνη της από την πρώτη στιγμή της συνεργασία μας, όλα όσα με δίδαξε καθώς και οι πολύτιμες συμβουλές της με ενέπνευσαν όχι μόνο στην εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής μου αλλά και στη ζωή μου γενικότερα.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, ακαδημαϊκούς Δρ. Κώστα Κώστα και Δρ. Αλέξανδρο Χαραλαμπίδη για τις εύστοχες παρεμβάσεις τους στο στάδιο της περιεκτικής εξέτασης της διατριβής, καθώς επίσης και τους ακαδημαϊκούς Δρ. Ματθαίο Σανταμούρη και Δρ. Διόφαντο Χατζημιτσή, σημειώνοντας ότι είναι τιμή μου να συμμετέχουν στην εξεταστική επιτροπή. Ευχαριστώ ακόμη την Υπηρεσία Ενέργειας, τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας, τις σχολικές εφορείες και τις διευθύνσεις των σχολείων μέσης εκπαίδευσης για τη συνεργασία και τις πληροφορίες που μου παρείχαν για την εκπόνηση της έρευνας.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους συναδέλφους υποψήφιους διδάκτορες Μάριο Θεοφίλου και Σωτήρη Παπαντωνίου, καθώς και τον αδερφό μου Χρίστο για την πολύτιμη και ανιδιοτελή βοήθεια που μου προσέφεραν σε στιγμές αδιεξόδου.

Μεγάλη ευγνωμοσύνη θέλω να εκφράσω στην οικογένεια μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου, Κωνσταντίνο και Αναστασία, που μου πρόσφεραν τις βάσεις και τα μέσα, τα υλικά και πνευματικά αποθέματα για να επιδιώξω και να πραγματοποιήσω τις επιθυμίες και τα όνειρα μου. Ευχαριστώ από καρδιάς το σύντροφο της ζωής μου Δημήτρη, για τη ψυχολογική υποστήριξη, την απεριόριστη υπομονή και την πίστη του σε μένα καθ' όλη τη διάρκεια της απαιτητικής αυτής πορείας. Παράληψη θα ήταν να μην ευχαριστήσω τους φίλους μου, που η συντροφιά τους με γέμισε όλη αυτή την περίοδο με γέλιο, κέφι, διασκέδαση και ζωντάνια.

Το «ταξίδι» ενός διδακτορικού είναι μια διαδικασία πολυσύνθετη, επίπονη αλλά και εκθαμβωτική. Με κούραση αλλά και με εξάρσεις ανείπωτης χαράς κάθε φορά που κατακτάς ένα στόχο. Μια συνεχής κόντρα με χρονοδιαγράμματα που δε σου βγαίνουν, με διλήμματα και ανησυχίες. Γι' αυτό και η παρουσία ανθρώπων δίπλα σου είναι απαραίτητη για να κατακτήσεις αυτή την εμπειρία ζωής. Σας ευχαριστώ όλους!

*Αφιερωμένο,
Σ' αυτούς που αγαπώ
και με δίδαξαν να αγωνίζομαι
για τα όνειρα μου.....!*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματεύεται την ενεργειακή απόδοση και εσωτερική, κυρίως θερμική άνεση, των σχολικών κτιρίων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ανά κλιματική περιοχή στην Κύπρο. Η ενεργειακή αξιολόγηση με στόχο τη βέλτιστη αναβάθμιση των κτιρίων και την εξοικονόμηση ενεργειακών καταναλώσεων μελετάται στη συνέχεια της έρευνας. Η διατριβή στοχεύει επίσης στην πληρέστερη καταγραφή και αξιολόγηση του κτιριακού αποθέματος και των ενεργειακών αναγκών και καταναλώσεων των σχολικών κτιρίων μέσα από τη βιοκλιματική ανάλυση στις τρεις κλιματικές περιοχές, παράλια, ενδοχώρα και ορεινά. Στη συνέχεια γίνεται συνοπτική αναφορά στα κεφάλαια στα οποία διαρθρώνεται η διατριβή.

Το πρώτο μέρος αναφέρεται στο γενικό πλαίσιο της διατριβής. Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό πλαίσιο με περιγραφή των γενικών χαρακτηριστικών της Κύπρου καθώς και της ενεργειακής πολιτικής του νησιού. Γίνεται αναφορά στις εξελίξεις στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και μια πρώτη εισαγωγή στα εκπαιδευτικά κτίρια της Κύπρου. Τέλος παρουσιάζεται ο σκοπός και ο στόχος της μελέτης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση του ερευνητικού πεδίου της διατριβής. Διεξάγεται αρχικά μια ιστορική αναδρομή σχετική με τη δόμηση των σχολικών κτιρίων και στη συνέχεια γίνεται εισαγωγή στην ενεργειακή απόδοση των σχολείων. Οι ερευνητικές μελέτες χωρίζονται σε αυτές που έγιναν στην Κύπρο και την Ελλάδα αλλά και στο διεθνές σκηνικό. Παρουσιάζεται ο συσχετισμός της εσωτερικής άνεσης και της ενεργειακής κατανάλωσης των σχολικών κτιρίων. Αναλύονται οι μέθοδοι διεξαγωγής ενεργειακής επιθεώρησης και θερμικής άνεσης που χρησιμοποιούνται ευρύτερα στη βιβλιογραφία και στη συνέχεια οι επεμβάσεις που προτείνονται από τους ερευνητές για ενεργειακή αναβάθμιση και άνεση.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία της διατριβής και γίνεται λεπτομερής ανάλυση για κάθε στάδιο της έρευνας. Παρουσιάζονται οι μέθοδοι, τα εργαλεία και τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή της έρευνας σε όλα τα στάδια της μελέτης.

Συνέχεια έχει το δεύτερο μέρος της διατριβής το οποίο αφορά την έρευνα υφιστάμενης κατάστασης των σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Κύπρου. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά και λειτουργικά στοιχεία των σχολείων με στόχο την

πρώτη καταγραφή του σχολικού κτιριακού αποθέματος μέσης εκπαίδευσης της Κύπρου. Στόχος είναι η εύρεση των χαρακτηριστικών των τυπικών σχολικών κτιρίων ανά κλιματική περιοχή. Προσδιορίζοντας το τυπικό σχολικό κτίριο μέσης εκπαίδευσης οι έρευνες που ακολουθούν θα ανταποκρίνονται ευρύτερα στο σχολικό απόθεμα.

Παράλληλα με την καταγραφή και για να διαφανεί ο ουσιαστικός λόγος της παρούσας μελέτης διεξάγεται μια πιλοτική έρευνα εννιά σχολικών κτιρίων στο πέμπτο κεφάλαιο. Η πιλοτική έρευνα χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και την ενεργειακή απόδοση των εννιά σχολικών κτιρίων και το δεύτερο μέρος την εσωτερική περιβαλλοντική ποιότητα (θερμική, ακουστική, οπτική και ποιότητα αέρα) των σχολείων που επηρεάζει την άνεση, την υγεία αλλά και την παραγωγικότητα των χρηστών του. Στόχος είναι να διαφανεί η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των σχολείων μέσω προσομοιώσεων με το λογισμικό iSBEMcy και οι συνθήκες άνεσης που επικρατούν μέσω έρευνας ερωτηματολογίων. Με αυτό τον τρόπο εντοπίζονται τα προβλήματα τα οποία αναμένεται να καλύψει η διατριβή στη συνέχεια εστιάζοντας στα τυπικά σχολικά κτίρια.

Έπειτα παρουσιάζεται το τρίτο μέρος της διατριβής το οποίο αφορά τη βιοκλιματική και ενεργειακή ανάλυση των τυπικών σχολικών κτιρίων στις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου και την ιεράρχηση των βέλτιστων στρατηγικών και τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης. Το έκτο κεφάλαιο αφορά τη βιοκλιματική ανάλυση των τριών κλιματικών περιοχών με τη μέθοδο Olgyay. Βασισμένη στην βιοκλιματική μελέτη γίνεται αξιολόγηση επάρκειας της ηλιακής ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στις τρεις κλιματικές περιοχές οι οποίες φαίνεται να ικανοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από την υπάρχουσα ηλιακή ακτινοβολία. Στη συνέχεια του κεφαλαίου οι βιοκλιματικοί χάρτες μετατρέπονται για πρώτη φορά σε πολυωνυμικές εξισώσεις 2^{ου} βαθμού. Δημιουργείται ένα μοντέλο γρήγορου υπολογισμού των παθητικών θερμικών αναγκών της κάθε κλιματικής περιοχής. Οι πολυωνυμικές εξισώσεις που ονομάζονται «bioforms» είναι η πρόταση μιας απλοποιημένης τεχνικής κατάλληλης για την προκαταρκτική μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων.

Στο έβδομο κεφάλαιο και δεδομένων των στρατηγικών ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων που εντοπίστηκαν από τη βιοκλιματική ανάλυση γίνεται η μελέτη τριών τυπικών σχολείων της Κύπρου, ένα σε κάθε κλιματική περιοχή. Με το λογισμικό iSBEMcy προσομοιώνονται σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων και βάσει των αποτελεσμάτων εξοικονόμησης ενέργειας ταξινομούνται οι βέλτιστες τεχνικές ενεργειακής αναβάθμισης ανά κλιματική περιοχή.

Όλα τα προηγούμενα αποτελέσματα και συμπεράσματα επαληθεύονται στο τελευταίο μέρος της μελέτης. Η ενεργειακή απόδοση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν καθώς και η θερμική άνεση των σχολικών κτιρίων επαληθεύονται στα κεφάλαια οκτώ και εννιά. Η ενεργειακή απόδοση επαληθεύεται με τη χρήση ενός επιπλέον λογισμικού (Energy Plus) και προσομοίωση ενός τυπικού σχολείου. Καθώς τα αποτελέσματα τους συγκλίνουν επαληθεύεται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της διατριβής. Η θερμική άνεση επαληθεύεται με έρευνες ερωτηματολογίων, βάσει του προτύπου ASHRAE 55, και επιτόπου μετρήσεις στο ίδιο επίσης τυπικό σχολείο. Στόχος της επαλήθευσης είναι να αποδειχτεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ώστε αυτά να μπορούν να αξιοποιηθούν από την ευρύτερη ερευνητική κοινότητα.

Τέλος παρουσιάζεται η σύνοψη των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση των επιμέρους κεφαλαίων, ενώ παράλληλα δίνονται και οι μελλοντικοί στόχοι βάσει των ερωτημάτων και αναγκών που ενέκυψαν στο σύνολο της διατριβής.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Επιστημονικά Περιοδικά με κρίση

- 2014: Katafygiotou, M., Serghides, D. “Analysis of structural elements and energy consumption of school building stock in Cyprus: Energy simulations and upgrade scenarios of a typical school.” *Energy and Buildings*, Published Online, Volume 72, April 2014, Pages 8–16.
- 2014: M. C. Katafygiotou, D.K. Serghides, “Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus”, Article in Press in *Sustainable Cities and Society Journal*. (Published Online).
- 2014: M. C. Katafygiotou, D.K.Serghides, “Bioclimatic chart analysis in three climate zones in Cyprus”, Article in Press in *Indoor and Built Environment Journal*. (Published Online).
- 2013: M.C Katafygiotou, D.K. Serghides, "Indoor comfort and energy performance of buildings in relation to occupants' satisfaction: Investigation in secondary schools of Cyprus" Article in Press in *Advances in Building Energy Research Journal*.
- 2013: M. C. Katafygiotou, D.K.Serghides, “Preliminary bioclimatic analysis using “bioforms” instead of bioclimatic charts”, is accepted with minor changes and is in process for publication.

Διεθνή Συνέδρια

- 2012: Katafygiotou M.C., Serghides D.K. Bioclimatic charts' analysis in coastal areas of Cyprus. In proceedings of “IRENEC2012” Renewable Energy Sources, International Conference. June 28-30. Istanbul, Turkey.
- 2011: Katafygiotou M.C., Serghides D.K. Critical assessment of the school performance on the mountainous climatic zone in Mediterranean area for zero energy schools. In proceedings of “IRENEC2011” Renewable Energy Sources, International Conference, Pp. 149-154. October 6-8. Istanbul, Turkey.

- 2011: Katafygiotou M.C., Serghides D.K. Critical assessment of the school performance on the coastal climatic zone in Mediterranean area. In proceedings of “ELCAS” International Conference & Symposium (Energy, Life Cycle Assessment and Sustainability) Pp. 427-435, 19-21 June, Nisyros, Greece.
- 2011: Katafygiotou M.C., Serghides D.K, Energy Auditing in Three Schools in the Mountainous Climatic Zone in Cyprus. In proceedings of “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”, Pp. 435-444, May 19-20, Nicosia, Cyprus.
- 2011: Katafygiotou M.C , Serghides D.K. Energy Auditing in Three Schools in the Inland Climatic Zone in Cyprus. In proceedings of “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”, Pp. 445-454, May 19-20, Nicosia, Cyprus.
- 2011: Katafygiotou M.C., Serghides D.K, Energy Auditing in Three Schools in the Coastal Climatic Zone in Cyprus. In proceedings of “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”, Pp. 456-464, May 19-20, Nicosia, Cyprus.
- 2011: Καταφυγιώτου Μ.Κ., Σεργίδη Δ.Κ. Αξιολόγηση ποιότητας δόμησης και ενεργειακής απόδοσης σχολείων στην Κύπρο σε περιοχές της ενδοχώρας. In proceedings of ARENEP 2011 “Architecture, Energy & Environment in Buildings and Cities” PanHellenic Conference. May 3-4. Athens. Greece.
- 2011: Καταφυγιώτου Μ.Κ., Σεργίδη Δ.Κ. Αξιολόγηση ποιότητας δόμησης και ενεργειακής απόδοσης σχολείων στις ορεινές περιοχές της Κύπρου. In proceedings of ARENEP 2011 “Architecture, Energy & Environment in Buildings and Cities” PanHellenic Conference. May 3-4. Athens. Greece.
- 2011: Καταφυγιώτου Μ.Κ., Σεργίδη Δ.Κ. Αξιολόγηση ποιότητας δόμησης και ενεργειακής απόδοσης σχολείων στις παράλιες περιοχές της Κύπρου. In proceedings of ARENEP 2011 “Architecture, Energy & Environment in Buildings and Cities” PanHellenic Conference. May 3-4. Athens. Greece.

Αφίσεις σε Διεθνή Συνέδρια

- 2011: Katafygiotou M.K., Serghides D.K. TEENERGY Schools – “Cyprus Pilot Schools - Energy Efficient Refurbishment“ Poster in “TEENERGY International Conference”. April 6-8. Lucca, Italy.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ.....	ix
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xviii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xxiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xxxii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xxxiv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xxxvi
Α' ΜΕΡΟΣ – ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	38
1 Θεωρητικό πλαίσιο και στόχος της διατριβής	39
1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά της Κύπρου	39
1.1.1 Κύρια Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά	39
1.1.2 Κλιματολογικές Συνθήκες.....	39
1.1.3 Πληθυσμός	41
1.1.4 Ιστορία.....	41
1.1.5 Οικονομία.....	42
1.2 Ενεργειακό σκηνικό στην Ευρώπη.....	42
1.2.1 Ενέργεια και Κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση	43
1.2.2 Εκπομπές αέριων ρύπων	45
1.3 Ενεργειακή Πολιτική της Κύπρου.....	49
1.3.1 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων στην Κύπρο	50
1.3.1.1 Ελάχιστες Απαιτήσεις Ενεργειακής Απόδοσης	52
1.3.1.2 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης	53
1.4 Μελλοντικές εξελίξεις στην Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων	54

1.5	Ενέργεια και εκπαιδευτικά κτίρια στην Κύπρο.....	58
1.6	Σκοπός και στόχος διατριβής	59
	Βιβλιογραφία 1^{ου} κεφαλαίου.....	60
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	62
2.1	Ιστορική αναδρομή δόμησης σχολικών κτιρίων	62
2.2	Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων.....	69
2.2.1	Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Κύπρο	70
2.2.2	Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα.....	70
2.2.3	Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Ευρώπη.....	75
2.2.4	Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων σε Αμερική, Ασία, Αφρική και Ωκεανία.	78
2.3	Συσχετισμός εσωτερικής άνεσης και κατανάλωσης ενέργειας σχολικών κτιρίων .	80
2.4	Μέθοδοι διεξαγωγής ενεργειακής επιθεώρησης και θερμικής άνεσης	82
2.5	Προτάσεις επεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εσωτερικής ποιότητας κτιρίων	85
2.6	Το κενό στη βιβλιογραφία και η καινοτομία της παρούσας μελέτης.....	88
	Βιβλιογραφία 2^{ου} κεφαλαίου	90
3	Μεθοδολογία.....	99
3.1	Εύρεση δεδομένων και βιβλιογραφική ανασκόπηση	99
3.2	Καταγραφή και ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης σχολικών κτιρίων	99
3.3	Πιλοτική έρευνα σε εννιά σχολικά κτίρια	101
3.4	Έρευνα βιοκλιματικής ανάλυσης	103
3.5	Έρευνα τυπικών σχολικών κτιρίων και σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης	107
3.6	Επαλήθευση αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων.....	110
3.7	Επαλήθευση αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης σχολικών κτιρίων.....	112
	Βιβλιογραφία 3^{ου} κεφαλαίου.....	116

B' ΜΕΡΟΣ: ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	118
4 Κατασκευαστικά και λειτουργικά στοιχεία κτιριακού αποθέματος μέσης εκπαίδευσης.....	119
4.1 Γενικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων.....	120
4.2 Στοιχεία κατασκευής σχολείων.....	120
4.3 Στοιχεία ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.....	125
4.4 Στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων.....	127
4.5 Πληροφορίες ενεργειακής απόδοσης	134
4.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων έρευνας κτιριακού αποθέματος	135
4.7 Αξιολόγηση και συμπεράσματα	140
Βιβλιογραφία 4^{ου} κεφαλαίου.....	144
5 Πιλοτική έρευνα εννιά σχολικών κτιρίων	145
1 ^ο Μέρος Πιλοτικής Έρευνας.....	147
5.1 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και ενεργειακή απόδοση των εννιά σχολικών κτιρίων.....	147
5.1.1 Γενικές πληροφορίες σχολείων.....	147
5.1.1.1 Γενικές πληροφορίες σχολείων στα παράλια.....	149
5.1.1.2 Γενικές πληροφορίες σχολείων στην ενδοχώρα	149
5.1.1.3 Γενικές πληροφορίες σχολείων στα ορεινά	150
5.1.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες	150
5.1.2.1 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στα παράλια	151
5.1.2.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στην ενδοχώρα	155
5.1.2.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στα ορεινά	158
5.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	161
5.1.3.1 Συστήματα ψύξης και θέρμανσης	161
5.1.3.2 Ζεστό νερό χρήσης.....	164

5.1.3.3	Φωτισμός.....	165
5.1.3.4	Γραφειακός Εξοπλισμός.....	166
5.1.4	Ενεργειακές καταναλώσεις	167
5.1.4.1	Ηλεκτρική κατανάλωση.....	169
5.1.4.2	Κατανάλωση πετρελαίου	170
5.1.5	Πιλοτικές προσομοιώσεις των εννιά σχολείων.....	171
5.1.5.1	Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στα παράλια	173
5.1.5.2	Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στην ενδοχώρα	177
5.1.5.3	Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στα ορεινά.....	181
5.1.6	Συνοπτική ανάλυση αποτελεσμάτων των εννιά σχολικών μονάδων	184
5.1.7	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα	187
2 ^ο	Μέρος Πιλοτικής Έρευνας.....	191
5.2	Εσωτερική άνεση σχολικών κτιρίων.....	191
5.2.1	Καταγραφή αποτελεσμάτων υφιστάμενης εσωτερικής άνεσης μέσω έρευνας ερωτηματολογίων προς τους μαθητές.....	192
5.2.1.1	Γενικά στοιχεία του σχολικού περιβάλλοντος	192
5.2.1.2	Θερμική άνεση.....	197
5.2.1.3	Οπτική άνεση	203
5.2.1.4	Ακουστική άνεση	208
5.2.1.5	Ασφάλεια και υγεία.....	211
5.2.1.6	Ψυχική και σωματική ευεξία.....	212
5.2.2	Σύγκριση αποτελεσμάτων εσωτερικής άνεσης με ενεργειακή απόδοση κτιρίων	214
5.2.3	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα	221

Βιβλιογραφία 5 ^{ου} κεφαλαίου	223
Γ' ΜΕΡΟΣ: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΙ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ.....	225
6 Βιοκλιματική ανάλυση τριών κλιματικών περιοχών	226
6.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός	226
6.1.1 Κλιματικά στοιχεία.....	226
6.1.2 Θερμική άνεση	227
6.1.3 Κλίμα και κτίριο	228
6.2 Η μέθοδος Olgay	231
6.2.1 Ανάλυση βιοκλιματικού χάρτη.....	233
6.2.2 Ανάλυση χρήσιμων παραμέτρων βιοκλιματικής ανάλυσης.....	236
6.3 Βιοκλιματική ανάλυση παράλιας κλιματικής περιοχής	239
6.3.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα.....	239
6.3.1.1 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών	242
6.4 Ανάλυση κλιματικής περιοχής ενδοχώρας.....	247
6.4.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα.....	248
6.4.2 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών	250
6.5 Βιοκλιματική ανάλυση ορεινής κλιματικής περιοχής	254
6.5.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα.....	255
6.5.2 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών	258
6.6 Ανάλυση και επεξεργασία αποτελεσμάτων βιοκλιματικών χαρτών	261
6.7 Αξιολόγηση επάρκειας ηλιακής ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στις τρεις κλιματικές περιοχές	266
6.8 Δημιουργία πολυωνυμικών εξισώσεων για βιοκλιματική ανάλυση περιοχών	272
6.8.1 Ανάγκες ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές ζώνες.....	279
6.8.2 Ανάγκες αερισμού	281

6.8.3	Ανάγκες υγρασίας για δροσισμό	283
6.8.4	Ανάγκες σκίασης για δροσισμό.....	284
6.8.5	Επαλήθευση βιοκλιματικών εξισώσεων «Bioforms»	286
6.9	Αξιολόγηση και συμπεράσματα	290
	Βιβλιογραφία 6 ^{ου} κεφαλαίου	293
7	Λεπτομερής μελέτη τυπικών σχολείων ανά κλιματική περιοχή: Προσομοιώσεις ενεργειακής αναβάθμισης.....	294
7.1	Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης τυπικών σχολικών κτιρίων.....	296
7.1.1	Τυπικό σχολικό κτίριο στην παράλια κλιματική ζώνη.....	297
7.1.2	Τυπικό σχολικό κτίριο στην ενδοχώρα	300
7.1.3	Τυπικό σχολικό κτίριο στα ορεινά	302
7.2	Υφιστάμενες ενεργειακές αποδόσεις επιλεγμένων τυπικών σχολικών κτιρίων ...	305
7.2.1	Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Νεάπολης	306
7.2.2	Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Αγίου Δομετίου.....	310
7.2.3	Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Αγρού	314
7.3	Προσομοιώσεις ενεργειακής αναβάθμισης	319
7.3.1	Θερμομόνωση κελύφους.....	320
7.3.2	Αλλαγή υαλοπινάκων	329
7.3.3	Προσθήκη σκιάστρων	335
7.3.4	Ενεργειακή αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων	339
7.3.5	Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης	341
7.3.6	Εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	344
7.4	Ιεράρχηση βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής εξοικονόμησης στα τυπικά σχολικά κτίρια	349
7.5	Συμπεράσματα σεναρίων προσομοίωσης.....	353
	Βιβλιογραφία 7 ^{ου} κεφαλαίου	355

Δ' ΜΕΡΟΣ: ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	358
8 Επαλήθευση αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων	359
8.1 Συμπεράσματα επαλήθευσης.....	365
Βιβλιογραφία 8 ^{ου} κεφαλαίου	366
9 Επαλήθευση αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης σχολικών κτιρίων	367
9.1 Όρια και δείκτες θερμικής άνεσης	367
9.2 Δείκτες θερμικής άνεσης για το τυπικό σχολείο	371
9.3 Ανάλυση και επαλήθευση θερμικών αποτελεσμάτων με επιτόπου μετρήσεις	382
9.4 Αποτελέσματα επαλήθευσης θερμικής άνεσης και συμπεράσματα.....	397
Βιβλιογραφία 9 ^{ου} κεφαλαίου	400
Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις	401
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	408
I. Υλικό και άδεια συλλογής στοιχείων των σχολικών κτιρίων μέσης εκπαίδευσης.....	408
II. Ερωτηματολόγιο εσωτερικής άνεσης TENNERGY Project	415
III. Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης και προτεινόμενων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης τυπικών σχολείων.....	419
IV. Αποτελέσματα λογισμικού iSBEMcy για σεναρία ενεργειακής αναβάθμισης.....	460
V. Αποτελέσματα επαλήθευσης Energy Plus.....	492
VI. Ερωτηματολόγιο θερμικής άνεσης.....	495

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά θερμοκάμερας FLIR T335	109
Πίνακας 2: Δομικά στοιχεία σχολείων ανά κλιματική περιοχή	123
Πίνακας 3: Συνολικά στοιχεία δομικών στοιχείων των σχολικών κτιρίων.....	124
Πίνακας 4: Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις σχολείων ανά κλιματική περιοχή	127
Πίνακας 5: Ενεργειακές καταναλώσεις σχολίων δείγματος.....	128
Πίνακας 6: Ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά .	130
Πίνακας 7: Ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά	131
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά στοιχεία τυπικών σχολικών κτιρίων ανά κλιματική περιοχή..	137
Πίνακας 9: Τυπικό σχολικό κτίριο μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο.....	139
Πίνακας 10: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αμερικανικής Ακαδημίας	152
Πίνακας 11: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου.....	153
Πίνακας 12: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνασίου Παναγίας Θεοσκεπάστης	154
Πίνακας 13: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου	155
Πίνακας 14: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνασίου Αγίου Δομετίου.....	156
Πίνακας 15: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αθηνών	157
Πίνακας 16: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων.....	158
Πίνακας 17: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνασίου Ομόδους.....	159
Πίνακας 18: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων.....	160
Πίνακας 19: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού.....	166
Πίνακας 20: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού.....	167
Πίνακας 21: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού.....	167
Πίνακας 22: Τελική κατανάλωση σχολείων 2009-2010.....	168
Πίνακας 23: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στα παράλια	169

Πίνακας 24: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στην ενδοχώρα	169
Πίνακας 25: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στα ορεινά.....	169
Πίνακας 26: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα παράλια σχολεία.....	170
Πίνακας 27: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα σχολεία στην ενδοχώρα	170
Πίνακας 28: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα σχολεία στα ορεινά	170
Πίνακας 29: Ποσοστά κατανάλωσης ανά τομέα σε κάθε σχολείο βάση iSBEMcy.....	185
Πίνακας 30: Βασικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων.....	186
Πίνακας 31: Προτεινόμενες ωριαίες εναλλαγές αέρα.....	231
Πίνακας 32: Θερμοκρασία άνεσης αέρα ανάλογα με το είδος της δραστηριότητας και το ρουχισμό.....	237
Πίνακας 33: Αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας ενδυμάτων	238
Πίνακας 34: Θερμική μόνωση διαφόρων χαρακτηριστικών συνδυασμών ρούχων	238
Πίνακας 35: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στη Λεμεσό.....	240
Πίνακας 36: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στη Λεμεσό.....	240
Πίνακας 37: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m ²	240
Πίνακας 38: Σχετική υγρασία (RH%) στη Λεμεσό.....	241
Πίνακας 39: Αποτελέσματα ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λεμεσού	244
Πίνακας 40: Αποτελέσματα ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λεμεσού.....	245
Πίνακας 41: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στη Λευκωσία.....	248
Πίνακας 42: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στη Λευκωσία.....	249
Πίνακας 43: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m ² Λευκωσία.....	249
Πίνακας 44: Σχετική υγρασία (RH%) στη Λευκωσία.....	250
Πίνακας 45: Ανάλυση ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λευκωσίας.....	252
Πίνακας 46: Ανάλυση ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λευκωσίας.....	253
Πίνακας 47: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στον Πρόδρομο.....	255

Πίνακας 48: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στον Πρόδρομο.....	256
Πίνακας 49: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m^2 -Πρόδρομος..	256
Πίνακας 50: Σχετική υγρασία (RH%) στον Πρόδρομο.....	257
Πίνακας 51: Ανάλυση ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Προδρόμου	259
Πίνακας 52: Ανάλυση ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Προδρόμου	260
Πίνακας 53: Συνδυασμός αποτελεσμάτων ποσοτικών βιοκλιματικών χαρτών από τρεις περιοχές	262
Πίνακας 54: Συνδυασμός αποτελεσμάτων ποιοτικών βιοκλιματικών χαρτών από τρεις περιοχές	263
Πίνακας 55: Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	266
Πίνακας 56: Ηλιακή ακτινοβολία κατά την 12 ^η μεσημβρινή στις τρεις κλιματικές ζώνες .	268
Πίνακας 57: Μέγιστες τιμές παθητικών αναγκών όπως εξάχθηκαν από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες για Λεμεσό, Λευκωσία και Πρόδρομο.....	277
Πίνακας 58: Μέγιστες τιμές παθητικών αναγκών όπως εξάχθηκαν από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες για Λάρνακα, Αστρομερίτη και Αγρό.....	277
Πίνακας 59: Μέσες τιμές παθητικών αναγκών στα παράλια, ενδοχώρα και ορεινά.	278
Πίνακας 60: Χαρακτηριστικά θερμοκάμερας FLIR T335	295
Πίνακας 61: Χαρακτηριστικά τυπικού παράλιου σχολείου και γυμνασίου Νεάπολης.....	297
Πίνακας 62: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Νεάπολης (υπολογιστική μέθοδος)	299
Πίνακας 63: Χαρακτηριστικά τυπικού σχολείου ενδοχώρας και γυμνασίου Αγίου Δομετίου.....	300
Πίνακας 64: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Νεάπολης (υπολογιστική μέθοδος)	301
Πίνακας 65: Χαρακτηριστικά τυπικού σχολείου ενδοχώρας και γυμνασίου Αγρού	302
Πίνακας 66: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Νεάπολης (υπολογιστική μέθοδος)	304
Πίνακας 67:Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων της Νεάπολης (τοιχοποιία από τούβλο).....	307

Πίνακας 68: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις της Νεάπολης (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου)	307
Πίνακας 69: Θερμικές ζώνες γυμνασίου Νεάπολης.....	308
Πίνακας 70:Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων Αγίου Δομετίου (τοιχοποιία από τούβλο)	311
Πίνακας 71: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις του Αγίου Δομετίου (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου).....	311
Πίνακας 72: Θερμικές ζώνες γυμνασίου Αγ. Δομετίου	312
Πίνακας 73:Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων του γυμνασίου Αγρού (τοιχοποιία από τούβλο)	315
Πίνακας 74: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις του γυμνασίου Αγρού (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου)	316
Πίνακας 75: Διαχωρισμός ζωνών γυμνασίου Αγρού	316
Πίνακας 76: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας στα σενάρια προσθήκης θερμομόνωσης στο κέλυφος των τυπικών σχολείων.....	321
Πίνακας 77: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία.....	323
Πίνακας 78: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή.....	325
Πίνακας 79: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις των κτιρίων.....	328
Πίνακας 80: Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων	331
Πίνακας 81: Αποτελέσματα σεναρίου αναβάθμισης υαλοπινάκων στα τρία τυπικά σχολεία	331
Πίνακας 82: Σενάρια αλλαγής μονών με διπλούς (απλούς) υαλοπίνακες σε διαφορετικές όψεις των τυπικών σχολικών κτιρίων	333
Πίνακας 83: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης με την προσθήκη σκιάστρων σε διαφορετικές όψεις του κτιρίου	337

Πίνακας 84: Εξοικονόμηση ενεργειακών αναγκών με την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα τυπικά σχολεία	340
Πίνακας 85: Εξοικονόμηση ενεργειακών καταναλώσεων με την αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων στα τυπικά σχολεία	342
Πίνακας 86: Ενεργειακή αναβάθμιση σχολικών κτιρίων με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις οροφές τους, ποσοστά αντικατάστασης συμβατικής ενέργειας με ανανεώσιμη.	348
Πίνακας 87: Ιεράρχηση βέλτιστων σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στα τυπικά σχολικά κτίρια των τριών κλιματικών περιοχών.....	349
Πίνακας 88: Επιθυμητή θερμοκρασία χώρων για το χειμώνα στα σχολεία.....	368
Πίνακας 89: Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα-καλοκαίρι	368
Πίνακας 90: Κυριότερα αποτελέσματα θερμικής άνεσης.....	399

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Αύξηση του κτιριακού αποθέματος στην Ευρώπη.....	44
Διάγραμμα 2: Αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη	45
Διάγραμμα 3: Ποσοστά ανόδου διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη από το 1960 έως σήμερα.....	46
Διάγραμμα 4: Ποσοστά αερίων θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ των 27	47
Διάγραμμα 5: Ενεργειακή εξάρτηση μιας οικονομίας που εξαρτάται από τις εισαγωγές, προκειμένου να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες.....	50
Διάγραμμα 6: Ποσοτικός βιοκλιματικός χάρτης.....	105
Διάγραμμα 7: Ποιοτικός βιοκλιματικός χάρτης	106
Διάγραμμα 8: Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD) σε συνάρτηση με το (PMV).....	113
Διάγραμμα 9: Μέση τελική κατανάλωση ενέργειας σχολείων.....	133
Διάγραμμα 10: Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας σχολείων.....	133
Διάγραμμα 11: Διαφοροποίηση τελικής κατανάλωσης ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	134
Διάγραμμα 12: Διαφοροποίηση τελικής κατανάλωσης ανάλογα με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα	134
Διάγραμμα 13: Αμερικανική Ακαδημία/ Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	173
Διάγραμμα 14: Αμερικανική Ακαδημία - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα	173
Διάγραμμα 15: Αμερικανική Ακαδημία Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία	173
Διάγραμμα 16: Άγιος Αθανάσιος - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	174
Διάγραμμα 17: Άγιος Αθανάσιος - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	174
Διάγραμμα 18: Άγιος Αθανάσιος- Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία	174

Διάγραμμα 19: Παναγία Θεοσκέπαστη/Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	175
Διάγραμμα 20: Παναγία Θεοσκέπαστη /Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	175
Διάγραμμα 21: Παναγία Θεοσκέπαστη –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	175
Διάγραμμα 22: Πέρα Χωρίο Νήσου - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	177
Διάγραμμα 23: Πέρα Χωρίο Νήσου – Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	177
Διάγραμμα 24: Πέρα Χωρίο Νήσου –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	177
Διάγραμμα 25: Άγιος Δομέτιος - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	178
Διάγραμμα 26: Άγιος Δομέτιος – Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	178
Διάγραμμα 27: Άγιος Δομέτιος – Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	178
Διάγραμμα 28: Αθηνένου - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	179
Διάγραμμα 29: Αθηνένου - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	179
Διάγραμμα 30: Αθηνένου –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	179
Διάγραμμα 31: Αγρός - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂	181
Διάγραμμα 32: Αγρός - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	181
Διάγραμμα 33: Αγρός –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	181
Διάγραμμα 34: Όμοδος - Κατηγοριοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης και Εκπομπές CO ₂ .	182
Διάγραμμα 35: Όμοδος - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	182
Διάγραμμα 36: Όμοδος – Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	182
Διάγραμμα 37: Λεύκαρα - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO ₂ ...	183
Διάγραμμα 38: Λεύκαρα - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα.....	183
Διάγραμμα 39: Λεύκαρα –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία.....	183
Διάγραμμα 40: Μέσος όρος γενικών χαρακτηριστικών των εννιά σχολείων.....	193
Διάγραμμα 41: Γενικά χαρακτηριστικά δημόσιων και ιδιωτικών σχολείων.....	194

Διάγραμμα 42: Σύγκριση γενικών χαρακτηριστικών παλιού και νέου σχολείου στην ενδοχώρα.....	195
Διάγραμμα 43: Σύγκριση περιβαλλοντικών παραμέτρων σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές.....	196
Διάγραμμα 44: Ικανοποίηση διαθέσιμου χώρου ανά άτομο.....	197
Διάγραμμα 45: Θερμική άνεση εντός σχολικών αιθουσών στα εννιά πιλοτικά σχολεία.....	199
Διάγραμμα 46: Θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στα σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών.....	200
Διάγραμμα 47: Θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χειμώνα στα σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών.....	201
Διάγραμμα 48: Τι ποσοστό μαθητών αισθάνεται ζέστη κατά τη διάρκεια του χειμώνα στις τρεις κλιματικές περιοχές.....	202
Διάγραμμα 49: Ποσοστά πολύ ζεστών ημερών κατά τη διάρκεια του χειμώνα στις τρεις κλιματικές περιοχές.....	202
Διάγραμμα 50: Συχνότητα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού σε μέρες με επαρκή ηλιοφάνεια στον εξωτερικό χώρο.....	205
Διάγραμμα 51: Κατά πόσο υπάρχει αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού στα πιλοτικά σχολεία.....	205
Διάγραμμα 52: Κατά πόσο είναι ικανοποιητικός ο φυσικός φωτισμός που φθάνει στο θρανίο των μαθητών.....	206
Διάγραμμα 53: Πότε ανάβουν τα τεχνητά φώτα στα πιλοτικά σχολεία.....	207
Διάγραμμα 54: Πότε σβήνουν τα φώτα στα πιλοτικά σχολεία.....	208
Διάγραμμα 55: Πόσο συχνά ακούγονται εξωτερικοί θόρυβοι (εκτός σχολείου) στις αίθουσες διδασκαλίας.....	209
Διάγραμμα 56: Πόσο συχνά ακούγονται εξωτερικοί θόρυβοι (εντός σχολείου) στις αίθουσες διδασκαλίας.....	210
Διάγραμμα 57: Πόσο καλά ακούγεται ο καθηγητής στην αίθουσα διδασκαλίας.....	210
Διάγραμμα 58: Μέσος όρος παραμέτρων που επηρεάζουν την ασφάλεια και υγεία των μαθητών.....	211

Διάγραμμα 59: Ψυχοσωματική ευεξία μαθητών στα εννιά πιλοτικά σχολεία	214
Διάγραμμα 60: Σύγκριση σχολείων στα παράλια ενεργειακής κλάσης E και F κατά τη χειμερινή περίοδο.	215
Διάγραμμα 61: Σύγκριση σχολείων στα παράλια ενεργειακής κλάσης E και F κατά την καλοκαιρινή περίοδο.	216
Διάγραμμα 62: Σύγκριση σχολείων στην ενδοχώρα ενεργειακής κλάσης D και F κατά τη χειμερινή περίοδο.	217
Διάγραμμα 63: Σύγκριση σχολείων στην ενδοχώρα ενεργειακής κλάσης D και F κατά την καλοκαιρινή περίοδο	218
Διάγραμμα 64: Σύγκριση σχολείων στα ορεινά ενεργειακής κλάσης E και G κατά τη χειμερινή περίοδο.	219
Διάγραμμα 65: Σύγκριση σχολείων στα ορεινά ενεργειακής κλάσης E και G κατά τη καλοκαιρινή περίοδο.	220
Διάγραμμα 66: Πορεία ήλιου για 35°N-Κύπρος.....	230
Διάγραμμα 67: Ποσοτικός βιοκλιματικός χάρτης.....	232
Διάγραμμα 68: Ποιοτικός βιοκλιματικός χάρτης.....	235
Διάγραμμα 69: Ζώνες και αντίστοιχες στρατηγικές στο βιοκλιματικό χάρτη	236
Διάγραμμα 70: Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα στη Λεμεσό	239
Διάγραμμα 71: Χρωματισμοί ανά μήνα στις γραμμικές εξισώσεις βιοκλιματικών χαρτών .	242
Διάγραμμα 72: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Λεμεσού.....	243
Διάγραμμα 73: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Λεμεσού	243
Διάγραμμα 74: Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα στην Αθαλάσσα.....	248
Διάγραμμα 75: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Λευκωσίας.....	251
Διάγραμμα 76: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Λευκωσίας.....	251
Διάγραμμα 77: Μηνιαία μεταβολή θερμοκρασίας αέρα στον Πρόδρομο	255
Διάγραμμα 78: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Προδρόμου.....	258
Διάγραμμα 79: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Προδρόμου.....	258

Διάγραμμα 80: Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.....	267
Διάγραμμα 81: Σύγκριση αναγκών ηλιακής ακτινοβολίας και μέγιστης ακτινοβολίας σε τρεις κλιματικές περιοχές κατά την 12 ^η μεσημβρινή για του μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο και Αύγουστο.....	268
Διάγραμμα 82: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στη Λεμεσό.....	269
Διάγραμμα 83.: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στη Λευκωσία.....	270
Διάγραμμα 84: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στον Πρόδρομο.....	271
Διάγραμμα 85: Ποσοτικοί βιοκλιματικοί χάρτες έξι κλιματικών περιοχών.....	276
Διάγραμμα 86: Μέση ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ των μηνών Οκτώβριος - Μάιος για τις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.....	280
Διάγραμμα 87: Μηνιαίες ανάγκες δροσισμού σε ταχύτητα αέρα στις τρεις κλιματικές περιοχές.....	282
Διάγραμμα 88: Μηνιαίες ανάγκες υγρασίας σε (g/kg).....	283
Διάγραμμα 89: Μηνιαίες ανάγκες σκιασμού σε ποσοστιαίες ανάγκες ανά μήνα.....	285
Διάγραμμα 90: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου. ...	286
Διάγραμμα 91: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη αερισμού στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.....	287
Διάγραμμα 92: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη υγρασίας στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.....	288
Διάγραμμα 93: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη σκίασης στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.....	289
Διάγραμμα 94: Διαχωρισμός ζωνών στην κάτοψη ισογείου του γυμνασίου Νεάπολης.....	309
Διάγραμμα 95: Διαχωρισμός ζωνών στον 1 ^ο όροφο του γυμνασίου Νεάπολης.....	309
Διάγραμμα 96: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης γυμνασίου Νεάπολης.....	310

Διάγραμμα 97: Διαχωρισμός ζωνών ισογείου γυμνασίου Αγίου Δομετίου	313
Διάγραμμα 98: Διαχωρισμός ζωνών ισογείου γυμνασίου Αγίου Δομετίου	313
Διάγραμμα 99: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης Γυμνασίου Αγίου Δομετίου	314
Διάγραμμα 100: Διαχωρισμός ζωνών σε ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο γυμνασίου Αγρού	318
Διάγραμμα 101: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης γυμνασίου Αγρού .	318
Διάγραμμα 102: Αποτελέσματα πρωτογενούς συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία	324
Διάγραμμα 103: Αποτελέσματα πρωτογενούς συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην οροφή	326
Διάγραμμα 104: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις των κτιρίων.....	329
Διάγραμμα 105: Μειώσεις συνολικών πρωτογενών ενεργειακών καταναλώσεων με την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς.	332
Διάγραμμα 106: Μειώσεις συνολικών πρωτογενών ενεργειακών καταναλώσεων με την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς σε διαφορετικές όψεις των σχολικών κτιρίων.....	334
Διάγραμμα 107: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης με την προσθήκη σκιάστρων σε διαφορετικές όψεις του κτιρίου	338
Διάγραμμα 108: Εξοικονόμηση ενεργειακών αναγκών με την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα τυπικά σχολεία	341
Διάγραμμα 109: Εξοικονόμηση ενεργειακών καταναλώσεων με την αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων στα τυπικά σχολεία	343
Διάγραμμα 110: Ενεργειακή αναβάθμιση σχολικών κτιρίων με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις οροφές τους	348
Διάγραμμα 111: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στα παράλια.....	352
Διάγραμμα 112: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στην ενδοχώρα	352
Διάγραμμα 113: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στα ορεινά	353

Διάγραμμα 114: Τρισδιάστατη μορφή γυμνασίου Νεάπολης στο Google SketchUp.....	360
Διάγραμμα 115: Τρισδιάστατη μορφή γυμνασίου Νεάπολης, Google SketchUp and Open Studio Plug-in version.	360
Διάγραμμα 116: Παρουσίαση θερμικής ζώνης Γυμνασίου Νεάπολης στο SketchUp και στο Open Studio.	362
Διάγραμμα 117: Θερμικές ζώνες και σκιάσεις Γυμνασίου Νεάπολης στο SketchUp και στο Open Studio.	362
Διάγραμμα 118: Εισαγωγή δεδομένων το Open Studio Plug-in.....	363
Διάγραμμα 119: Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ των λογισμικών iSBEMcy, Energy Plus και των πραγματικών καταναλώσεων.	364
Διάγραμμα 120: Σύγκριση εξοικονόμησης ενέργειας σε κοινά σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης Γυμνασίου Νεάπολης.....	365
Διάγραμμα 121: Τυπικά διαγράμματα θερμικής άνεση που δείχνουν την περιοχή θερμικής άνεσης για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας.....	369
Διάγραμμα 122: Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD) σε συνάρτηση με το (PMV).....	370
Διάγραμμα 123: Θερμική άνεση χρηστών το χειμώνα	374
Διάγραμμα 124: Συσχετισμός PPD και PMV το χειμώνα	374
Διάγραμμα 125: Θερμική άνεση χρηστών την άνοιξη.....	375
Διάγραμμα 126: Συσχετισμός PPD και PMV την άνοιξη.....	376
Διάγραμμα 127: Θερμική άνεση χρηστών το καλοκαίρι	377
Διάγραμμα 128: Συσχετισμός PPD και PMV το καλοκαίρι	377
Διάγραμμα 129: Θερμική άνεση χρηστών το φθινόπωρο.....	378
Διάγραμμα 130: Συσχετισμός PPD και PMV το φθινόπωρο	379
Διάγραμμα 131: Θερμική άνεση ανδρών και γυναικών το χειμώνα.....	380
Διάγραμμα 132: Συσχετισμός PPD και PMV το χειμώνα μεταξύ ανδρών και γυναικών.....	380
Διάγραμμα 133: Θερμική άνεση ανδρών και γυναικών το καλοκαίρι.....	381

Διάγραμμα 134: Συσχετισμός PPD και PMV το καλοκαιριού μεταξύ ανδρών και γυναικών.....	381
Διάγραμμα 135: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για 24 ώρες	383
Διάγραμμα 136: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για το δώρο λειτουργίας του.....	383
Διάγραμμα 137: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για 24 ώρες.....	384
Διάγραμμα 138: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για το δώρο λειτουργίας του.....	384
Διάγραμμα 139: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το χειμώνα.....	386
Διάγραμμα 140: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για 24 ώρες	386
Διάγραμμα 141: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για το δώρο λειτουργίας του.....	387
Διάγραμμα 142: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για 24 ώρες.....	388
Διάγραμμα 143: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για το δώρο λειτουργίας του.....	388
Διάγραμμα 144: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας την άνοιξη.....	389
Διάγραμμα 145: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για 24 ώρες.....	390
Διάγραμμα 146: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για το δώρο λειτουργίας του.....	390
Διάγραμμα 147: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για 24 ώρες.....	391
Διάγραμμα 148: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για το δώρο λειτουργίας του.....	391
Διάγραμμα 149: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το καλοκαίρι.....	393
Διάγραμμα 150: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για 24 ώρες.....	393

Διάγραμμα 151: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για το δώρο λειτουργίας του.....	394
Διάγραμμα 152: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για 24 ώρες.....	394
Διάγραμμα 153: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για το δώρο λειτουργίας του	395
Διάγραμμα 154: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το φθινόπωρο.	397

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χάρτης της Κύπρου	41
Εικόνα 2: Παράδειγμα πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.....	54
Εικόνα 3: Τυπικό σχέδιο σχολείου στην ύπαιθρο της Αγγλίας στα μέσα του 19 ^{ου} αιώνα.....	64
Εικόνα 4: Τυπικό σχέδιο σχολείων της Ελληνικής επαρχίας (Δαδί) κατά το 18 ^ο και 19 ^ο αιώνα	64
Εικόνα 5: Κάτοψη σχολείου στη Βρετανία για 304 μαθητές.....	64
Εικόνα 6: Το σχολείο L'école de Sécheron στη Γενεύη, Απρίλιος 1914.....	64
Εικόνα 7: Σχολείο του κινήματος “open air school movement” στη Μεγ. Βρετανία	65
Εικόνα 8: Τμήμα της Σχολής του Bauhaus στο Dessau της Γερμανίας.....	65
Εικόνα 9: Ανώτερο Παρθεναγωγείο.....	66
Εικόνα 10: Διδακτήριο οδού Κωλέττη, Αθήνα, 1932. Αρχιτέκτων: Ν. Μητσάκης.....	66
Εικόνα 11: Αίθουσα με ελάχιστο φυσικό φωτισμό σε σχολείο στις Η.Π.Α	68
Εικόνα 12: Το πρώτο «παθητικό ηλιακό σχολείο» St. Mary’s School (1961).	68
Εικόνα 13: Μετρήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας με Uvalue-Calculator σε κατασκευαστικά στοιχεία κτιρίων.....	108
Εικόνα 14: Θερμοκάμερα μοντέλο FLIR T335.....	109
Εικόνα 15: Αισθητήρας - Extech RHT10 Humidity And Temperature USB Datalogger	115
Εικόνα 16: Τα υπό μελέτη σχολεία της πιλοτικής μελέτης στο χάρτη της Κύπρου	148
Εικόνα 17: Κλιματικές περιοχές της Κύπρου	148
Εικόνα 18: Εύκρατη ζώνη, περιοχές στις κόκκινες ζώνες	233
Εικόνα 19: Ένταση ανέμου (%)στη Λεμεσό.....	241
Εικόνα 20: Ένταση ανέμου (%) στη Λευκωσία.....	250
Εικόνα 21: Ένταση ανέμου (%) στον Πρόδρομο	257
Εικόνα 22: Επιλεγμένες περιοχές για βιοκλιματική ανάλυση.....	274

Εικόνα 23: Επιλεγμένες περιοχές για βιοκλιματική ανάλυση χωρισμένες στο χάρτη της Κύπρου	275
Εικόνα 24: Μετρήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας σε δομικά στοιχεία του κτιρίου ...	295
Εικόνα 25: Θερμοκάμερα μοντέλο FLIR T335	295
Εικόνα 26: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και βόρεια όψη (δεξιά) Γυμνασίου Νεάπολης	297
Εικόνα 27: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και βόρεια πίσω όψη (δεξιά)	300
Εικόνα 28: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και πίσω βόρεια όψη (δεξιά)	302
Εικόνα 29: Θερμογραφίες Γυμνασίου Νεάπολης	307
Εικόνα 30: Θερμογραφίες Γυμνασίου Αγίου Δομετίου	311
Εικόνα 31: Θερμογραφίες Γυμνασίου Αγρού	315
Εικόνα 32: Χάρτης Φ/Β δυναμικού στην Κύπρο	344

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.H.K:	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου
ASHRAE:	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
Bioforms:	Bioclimatic Formulas
C:	Comfort
CAC:	Conventional air conditioning
CD:	Conventional dehumidification
D:	Dehumidification
EC:	Evaporative Cooling
EPBD:	Energy Performance of Building Directive
H:	Humidification
HTMNV:	High thermal mass & night ventilation
HVAC:	Heating, Ventilation and Air Condition
ISO:	International Organization for Standardization
MH:	Mechanical Heating
NV:	Natural Ventilation
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration
P.M.V:	Predicted Mean Vote
P.P.D:	Predicted Percentage Dissatisfied
PHL:	Prevent heat loss
PPSH:	Promote passive solar heating
RCHTM:	Radiative cooling & high thermal mass
RH:	Relative Humidity
S:	Shading

SBEM:	Simplified Building Energy Model
T:	Temperature
TEENERGY:	Energy Efficient Schools in Mediterranean Area
ΑΠΕ:	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Ε.Ε:	Ευρωπαϊκή Ένωση
Ε.Κ:	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
Η.Β.	Ηνωμένο Βασίλειο
NZEB:	Nearly Zero Energy Buildings
ΟΠΕΚ:	Οργανισμός εξαγωγών πετρελαιοπαραγωγών Χωρών
ΠΕΑ:	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΤΕΕ:	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
ΤΕΠΑΚ.:	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΤΙΠ:	Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
Φ/Β:	Φωτοβολταϊκά
ΧΘΖΝ:	Χαμηλή θέρμανση ζεστού νερού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στροφή προς μια νέα ενεργειακή πολιτική οφείλεται στην ολοένα αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση και είναι ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος. Οι κύριοι λόγοι είναι κατά πρώτον η μείωση των κοιτασμάτων πετρελαίου, καθώς προβλέπεται από τους ερευνητές ότι η ζήτηση θα υπερβεί κατά πολύ της παραγωγής τα επόμενα χρόνια. Δεύτερος λόγος της ενεργειακής κρίσης είναι η κλιματική αλλαγή η οποία επηρεάζει άμεσα τις ενεργειακές καταναλώσεις. Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή, ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, και με ταυτόχρονη σημαντική συνεισφορά στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά τη λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων. Αν και πολύ ενεργοβόρος ο κτιριακός τομέας παρουσιάζει τεράστια περιθώρια βελτίωσης.

Η Ευρώπη πρωτοπορώντας στα περιβαλλοντικά θέματα θέσπισε σειρά μέτρων και οδηγιών που τα κράτη μέλη υποχρεούνται να ακολουθήσουν. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων και νεόδμητων κτιρίων έχει ήδη κοινοποιήσει τρεις οδηγίες. Αρχικά θεσπίζεται η Οδηγία 2002/91/EK η οποία αφορά την ενεργειακή απόδοση και κατηγοριοποίηση κτιρίων. Στη συνέχεια ανακοινώνεται η Οδηγία 2006/32/EK για ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τέλος γίνεται αναθεώρηση της πρώτης Οδηγίας και με αυστηρότερες πλέον προδιαγραφές με νέες έννοιες όπως τα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εκδίδεται η Οδηγία 2010/30/EK. Τα νεόδημητα κτίρια στην Ευρώπη ακολουθούν πλέον αυστηρές προδιαγραφές ούτως ώστε να μειώσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Η κατάσταση όμως δεν θα βελτιωθεί αρκετά αν το τεράστιο απόθεμα υφιστάμενων κτιρίων δεν αναβαθμιστεί. Με τη χρήση κατάλληλων στρατηγικών τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη.

Ως εκ τούτου υπάρχει μεγάλη ανάγκη μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των νέων αλλά και των υφιστάμενων κτιρίων όπως σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία κ.α. Κυρίως για τα σχολικά κτίρια η ενεργειακή απόδοση είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα καθώς είναι ουσιαστικά ο κυριότερος παράγοντας εξόδων τους. Ο μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών κτιρίων με τον ακόμη μεγαλύτερο αριθμό χρηστών τους, τα

καθιστά πολύ σημαντικούς καταναλωτές ενέργειας. Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα σχολικό κτίριο συνεπάγεται άμεσα και μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας του. Επίσης η ενεργειακή απόδοση καθώς και η εσωτερική ποιότητα και άνεση είναι οι τρεις πυλώνες που επηρεάζουν το σχολικό περιβάλλον και την απόδοση των μαθητών. Πρέπει να αναφερθεί ότι ποσοστό πέραν του 25% των Κυπρίων βρίσκεται περίπου το ένα τρίτο της κάθε μέρας στα σχολικά κτίρια και όπως υπολογίστηκε στην Ευρώπη τα παιδιά βρίσκονται για περισσότερες από 800 ώρες το χρόνο σε αίθουσες διδασκαλίας.

Δεδομένων των προαναφερθέντων η παρούσα διδακτορική διατριβή θα ενδιατρίψει στη μελέτη υφιστάμενης κατάστασης των σχολικών κτιρίων, την εύρεση των κατασκευαστικών τους χαρακτηριστικών και τον ορισμό των τυπικών σχολικών κτιρίων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε τρεις κλιματικές περιοχές. Μελετάται η πορεία που πρέπει να ακολουθείται για εντοπισμό και ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών (βιοκλιματικών, παθητικών αλλά και ενεργητικών) για ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας και εσωτερική άνεση στα σχολικά κτίρια. Η έρευνα είναι η πρώτη ολιστική μελέτη στο εν λόγω αντικείμενο, βασισμένη στο ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο TEENERGY, Energy Efficient Schools in the Mediterranean Region. Το πρόγραμμα TEENERGY μελέτησε για πρώτη φορά τα τρωτά σημεία των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο και εν γενεί των Μεσογειακών χωρών. Στο έργο συμμετείχαν τέσσερις μεσογειακές χώρες, η Ιταλία, η Ισπανία, η Ελλάδα και η Κύπρος. Την Κύπρο εκπροσωπούσε το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο, με συντονίστρια τη Δρ. Δέσποινα Σεργίδη. Το εν λόγω έργο υπήρξε εφалτήριο στο να γεννηθεί η ιδέα και η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης και άνεσης των σχολικών κτιρίων.

Η έρευνα αυτή αναμένεται να προσφέρει ενεργειακές λύσεις για υφιστάμενα αλλά και νέα σχολικά κτίρια ανά κλιματική περιοχή, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού αλλά και τον ιδιωτικό τομέα για αναβάθμιση σχολείων και κτιρίων με παρόμοιες χρήσεις. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μια αποδοτικά ενεργειακή συμπεριφορά των σχολείων θα προωθήσει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και κυρίως των μαθητών και θα προάγει την αειφόρο ανάπτυξη στα μάτια των μικρών παιδιών οι οποίοι θα είναι άλλωστε οι αυριανοί συνεχιστές αυτού του έργου.

Α' ΜΕΡΟΣ – ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

1 Θεωρητικό πλαίσιο και στόχος της διατριβής

1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά της Κύπρου

1.1.1 Κύρια Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά

Η Κύπρος είναι το τρίτο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Μεσογείου μετά τη Σικελία και τη Σαρδηνία. Βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 34°33' και 35°42' Βόρεια και των μεσημβρινών 32°16' και 34°35' Ανατολικά. Καταλαμβάνει έκταση 9.251 τετραγωνικών χιλιομέτρων (3.572 τετραγωνικών μιλίων). Έχει μέγιστο μήκος 225 χιλιόμετρα (απόσταση μεταξύ των ακρωτηρίων Δρέπανον και Απόστολος Ανδρέας) και πλάτος 94 χιλιόμετρα (απόσταση μεταξύ των ακρωτηρίων Κορμακίτη και Γάτας). Το συνολικό μήκος των ακτών της είναι 782 χιλιόμετρα [1]. Η Κύπρος είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το έτος 2004 [2]. Γεωγραφικά η Κύπρος είναι σήμερα το νοτιοανατολικότερο άκρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της Ευρώπης ολόκληρης. Τα μορφολογικά της χαρακτηριστικά καθορίζονται από τις δύο μεγάλες οροσειρές, του Τροόδου που δεσπόζει στο κεντρικό τμήμα του νησιού με μέγιστο υψόμετρο 1 952 μέτρα, και του Πενταδάκτυλου που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα με μέγιστο υψόμετρο 1 085 μέτρα [3].

1.1.2 Κλιματολογικές Συνθήκες

Η Κύπρος χαρακτηρίζεται από εύκρατο μεσογειακό κλίμα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος της Κύπρου είναι το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τα μέσα του Μάη ως τα μέσα του Σεπτεμβρη, ο βροχερός αλλά ήπιος χειμώνας από τα μέσα του Νοεμβρίου ως τα μέσα του Μάρτη και οι δύο ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές, το φθινόπωρο και η άνοιξη.

Στη διάρκεια του καλοκαιριού η Κύπρος και γενικά η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου βρίσκεται κάτω από την επίδραση του εποχιακού βαρομετρικού χαμηλού, που έχει το κέντρο του στη νοτιοδυτική Ασία. Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής είναι οι ψηλές θερμοκρασίες και ο καθαρός ουρανός. Η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή με μέση τιμή που δεν ξεπερνά το 5% της μέσης ολικής βροχόπτωσης του χρόνου ολόκληρου [4].

Στη διάρκεια του χειμώνα η Κύπρος επηρεάζεται από το συχνό πέρασμα μικρών υφέσεων και μετώπων που κινούνται στη Μεσόγειο με κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Οι καιρικές αυτές διαταραχές διαρκούν συνήθως από μια μέχρι τρεις μέρες κάθε φορά και δίνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες βροχής. Η συνολική μέση βροχόπτωση στους

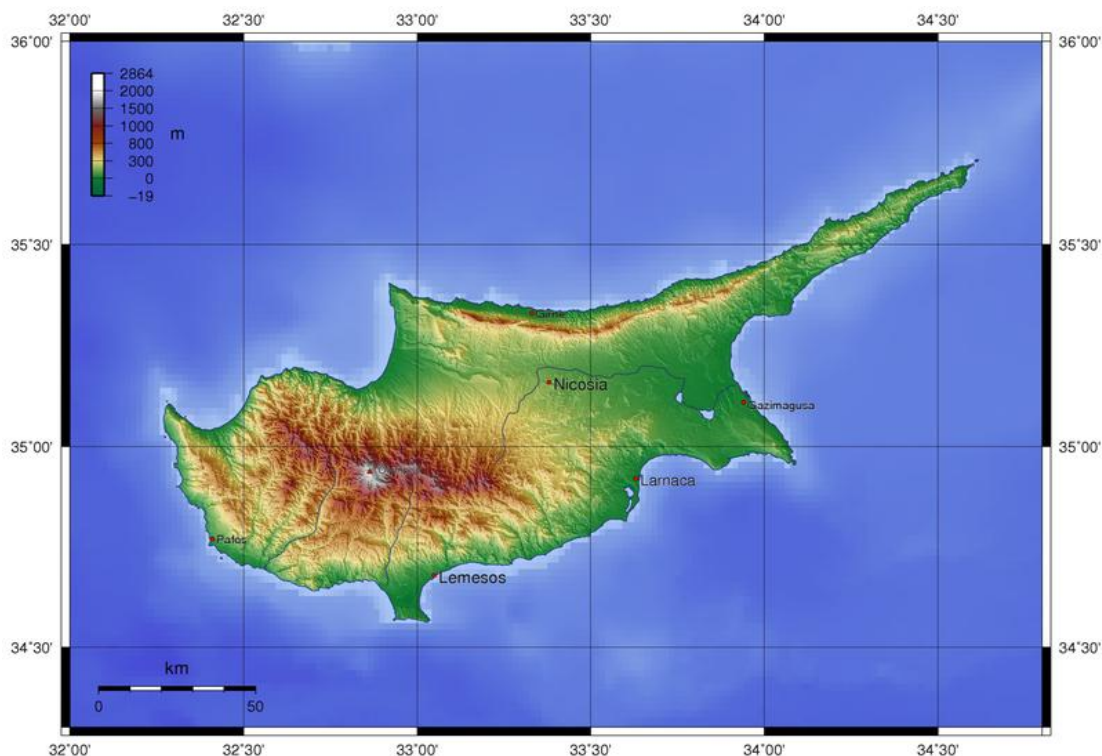
μήνες Δεκέμβρη, Γενάρη και Φλεβάρη αντιστοιχεί περίπου με το 60% της βροχόπτωσης του χρόνου ολόκληρου.

Η οροσειρά του Τροόδους και σε μικρότερο βαθμό η οροσειρά του Πενταδακτύλου παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των μετεωρολογικών συνθηκών στις διάφορες περιοχές της Κύπρου και στη δημιουργία τοπικών φαινομένων. Η παρουσία επίσης της θάλασσας που περιβάλλει το νησί είναι αιτία δημιουργίας τοπικών φαινομένων στις παράλιες περιοχές.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 468 χιλιοστόμετρα με εύρος από 300 χιλιοστόμετρα στις κεντρικές πεδιάδες και τα νοτιοανατολικά παράλια, μέχρι 1100 χιλιοστόμετρα στην οροσειρά του Τροόδους, και 550 χιλιοστόμετρα στην οροσειρά του Πενταδάκτυλου. Η ανομοιομορφία στην κατανομή της βροχόπτωσης δεν είναι μόνο γεωγραφική αλλά και διαχρονική, συχνά δε παρατηρούνται συνεχείς ανομβρίες δύο και τριών χρόνων [3].

Όλες οι περιοχές της Κύπρου έχουν μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας σε σύγκριση με πολλές χώρες. Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το χρόνο είναι 75% των ωρών που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Σε όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιοφάνεια είναι κατά μέσο όρο 11.5 ώρες την ημέρα, ενώ στους μήνες Δεκέμβρη και Γενάρη που έχουν την πιο μεγάλη νέφωση η διάρκεια της ηλιοφάνειας ελαττώνεται μόνο στις 5.5 ώρες την ημέρα. Ακόμα και στις πιο ψηλές περιοχές του Τροόδους στους χειμερινούς μήνες με πολύ μεγάλη νέφωση, η μέση ηλιοφάνεια είναι περίπου 4 ώρες την ημέρα και στους μήνες Ιούνη και Ιούλη η τιμή αυτή φτάνει στις 11 ώρες. Η μεγαλύτερη δυνατή διάρκεια της ηλιοφάνειας (δηλαδή από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου) στην Κύπρο κυμαίνεται από 9.8 ώρες την ημέρα το Δεκέμβρη σε 14.5 ώρες την ημέρα τον Ιούνη [4].

Κατά τον Ιανουάριο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία πέφτει στους 5°C στις πεδιάδες και 0°C στο Τρόοδο. Η μεγάλη διάρκεια της ηλιοφάνειας, η σχετική ξηρασία και η διαρκής κίνηση του αέρα έχουν ως αποτέλεσμα την εξατμισοδιαπνοή μεγάλων ποσοτήτων νερού που σε ετήσια βάση, αντιστοιχεί στο 80% της βροχόπτωσης [3]. Πιο κάτω παρατίθενται ο χάρτης της Κύπρου στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Χάρτης της Κύπρου [Πηγή: Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου]

1.1.3 Πληθυσμός

Σύμφωνα με την ετήσια Δημογραφική Έκθεση της Στατιστικής Υπηρεσίας ο πληθυσμός της Κύπρου στα τέλη του 2008 υπολογίζεται σε 885 600 κατοίκους που αντιστοιχεί σε πυκνότητα πληθυσμού περίπου 96 κατοίκων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

1.1.4 Ιστορία

Η κυπριακή ιστορία είναι αρχαιότατη και ποικιλόμορφη και εκτείνεται μέχρι και 10000 χρόνια πριν [5]. Αρχές της 2^{ης} χιλιετηρίδας π.Χ. οι Αχαιοί Έλληνες εγκαταστάθηκαν στο νησί και εισήγαγαν την ελληνική γλώσσα και κουλτούρα, που μέχρι σήμερα επικρατούν. Λόγω της στρατηγικής της θέσης και του φυσικού της πλούτου, η Κύπρος υπήρξε σ' όλη τη διάρκεια της μακραίωνης και πολυτάραχης ιστορίας της στόχος επιβουλών και κατακτητών. Ασύριοι, Αιγύπτιοι, Πέρσες, Πτολεμαίοι, Ρωμαίοι, Άραβες, Λουζινιανοί, Ενετοί και Τούρκοι άφησαν τα ίχνη τους εδώ, καθιστώντας το νησί ένα μεγάλο υπαίθριο μουσείο.

Οι τελευταίοι νοίκιασαν το νησί στη Μ. Βρετανία το 1878. Το 1914 η Κύπρος έγινε βρετανική αποικία μέχρι και την ανεξαρτησία της το 1960, οπότε και εγκαθιδρύθηκε η Κυπριακή Δημοκρατία. Τον Ιούλιο - Αύγουστο του 1974 η Τουρκία εισέβαλε στην Κύπρο.

Οι τουρκικές δυνάμεις κατοχής κατέλαβαν το 37% του κυπριακού εδάφους και εκτόπισαν 200 000 Ελληνοκύπριους από τις πατρογονικές τους εστίες [3].

1.1.5 Οικονομία

Ιστορικά η Κυπριακή Οικονομία χαρακτηρίζεται από σημαντικό βαθμό ανάπτυξης, τα τελευταία 50 χρόνια. Η τουρκική εισβολή στην Κύπρο, ενώ ήταν ένα μεγάλο πλήγμα, δεν κατάφερε να ανακόψει την ανοδική πορεία του νησιού που στηρίζεται κυρίως στις υπηρεσίες τουρισμό, ναυτιλία, χρηματοοικονομικά. Την 1^η Ιανουαρίου 2008 η χώρα εντάχθηκε στην Ευρωζώνη μετά από σειρά διαθρωπικών αλλαγών. Το εθνικό νόμισμα της χώρας είναι πλέον το ευρώ, το οποίο αντικατέστησε την κυπριακή λίρα [1]. Τα τελευταία τρία χρόνια αλλά ειδικότερα το τελευταίο έτος η χώρα επηρεάστηκε από την Παγκόσμια οικονομική κρίση με αποτέλεσμα τον κλυδωνισμό του οικονομικού συστήματος και τα αυξημένα ποσοστά ανεργίας.

1.2 Ενεργειακό σκηνικό στην Ευρώπη

Είναι γεγονός ότι η εκβιομηχάνιση και η αστικοποίηση υπήρξαν η αφετηρία της συνεχούς αύξησης των ενεργειακών απαιτήσεων και κατά επέκταση της αύξησης της έντασης των ενεργειακών καταναλώσεων, ως αποτέλεσμα της βιομηχανικής ανάπτυξης και της βελτίωσης του επιπέδου ζωής, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες οικονομικά χώρες.

Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει σε υψηλή προτεραιότητα την προώθηση ενεργειακής πολιτικής στα κράτη μέλη της. Η Ευρωπαϊκή κοινότητα, αντιλαμβανόμενη τον οικονομικό αντίκτυπο που μπορεί να επιφέρουν οι εξελίξεις που επικρατούν στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο, με την αύξηση της κατανάλωσης και την εκτόξευση των τιμών του πετρελαίου, την ευμεταβλητότητα των τιμών στο χρηματιστήριο ενέργειας, την πολιτική αστάθεια στις πετρελαιοπαραγωγές χώρες του αραβικού κόσμου και την εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, έθεσε τον τομέα της ενέργειας ως πρώτο θέμα στην πολιτική της ατζέντα.

Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν παραβλέπει την άλλη μεγάλη κρίση της εποχής μας, την κλιματική αλλαγή. Πρωτοπόρος στον τομέα αυτό, η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιουργεί μία νέα εποχή στον περιβαλλοντικό και ενεργειακό τομέα, στοχεύοντας στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε), στην εξοικονόμηση ενέργειας, στη μείωση των αερίων ρύπων, στην ποιότητα των καυσίμων και στην ενίσχυση της τεχνολογικής έρευνας.

Τα χρόνια που θα ακολουθήσουν η Ένωση θα αντιμετωπίσει μια μεγάλη πρόκληση, η οποία συνιστάται στην πολυπλοκότητα και την ποικιλία των στόχων που έχει θέσει και στην επίτευξή τους. Το Ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης για την ενεργειακή αποδοτικότητα στοχεύει σε 9% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2016 και σε 20% μείωση ως το 2020, ενώ παράλληλα σε αύξηση της παραγόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας στο 20% της συνολικής παραγωγής και της ενέργειας προερχόμενης από βιοκαύσιμα στο 10% , μέχρι το 2020 .

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ως ηγετική δύναμη, σε εθνικό επίπεδο, στην ανάπτυξη ενεργειακών και περιβαλλοντικών μέτρων, προσβλέπει σε ένα μέλλον εστραμμένο στη βιώσιμη ανάπτυξη. Κλειδί στην προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για στροφή σε μια πιο φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή πολιτική, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η επίτευξη ενεργειακής επάρκειας και η διαθεσιμότητα της στο μέλλον.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας ο τομέας που ενδείκνυται περισσότερο είναι ο κτιριακός (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας). Για αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια, το θέμα της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων έχει τεθεί σε υψηλή προτεραιότητα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από μια σειρά σχετικών αποφάσεων και οδηγιών, μεταξύ των οποίων η Οδηγία 2002/91 [6] για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και η αυστηρότερη αναδιατύπωση της με την Οδηγία 2010/31 [7] και η Οδηγία 2006/32 [8] για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες.

1.2.1 Ενέργεια και Κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση

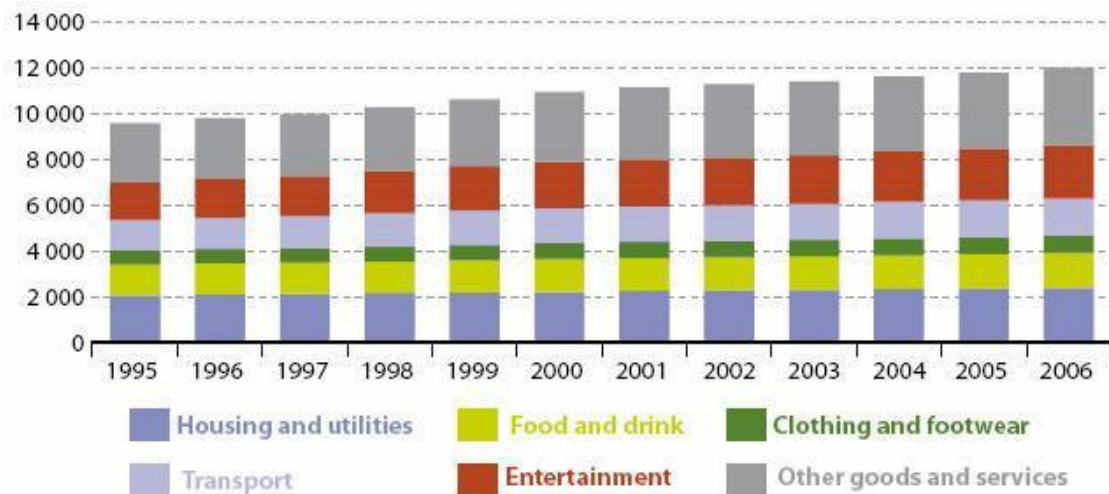
Σήμερα τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν περίπου το 75% της παραγόμενης ενέργειας, με κύριους τομείς το κτιριακό και τις μεταφορές. Ο κύκλος εργασιών του κτιριακού τομέα της παγκόσμιας οικονομίας ανέρχεται σε 300 δισεκατομμύρια δολάρια και αντιπροσωπεύει το 10% της παγκόσμιας οικονομίας. Το 30% αυτού του τεράστιου ποσού αφορά την Ευρώπη, ενώ οι Η.Π.Α κατέχουν το 22% και ακολουθεί η Ιαπωνία με το 21%. Ταυτόχρονα η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτίρια ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα περίπου ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ (Οργανισμός εξαγωγών πετρελαιοπαραγωγών Χωρών).

Στην Ε.Ε. ο κτιριακός τομέας αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας αφού απορροφά το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με ανάλογα ποσοστά εκπομπής CO₂. Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών κυμαίνεται μεταξύ 150 και 230 kWh/m². Βάσει του σεναρίου αναφοράς με χρονικό ορίζοντα το 2030 εικάζεται ότι

η ενεργειακή κατανάλωση στον τριτογενή τομέα θα αυξηθεί περίπου στο 75% συγκριτικά με τώρα που βρίσκεται περίπου στο 30%. Συγκεκριμένα, η τελική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe (Million Tonnes of Oil Equivalent) ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

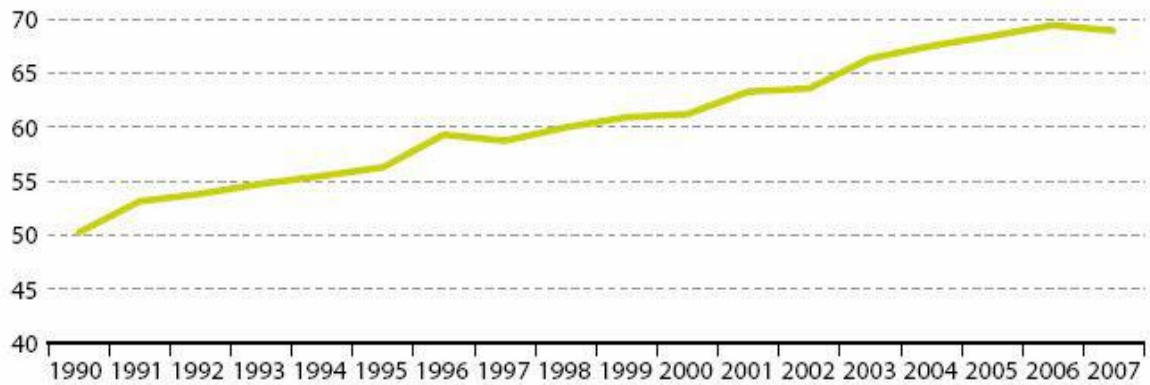
Ο κτιριακός τομέας ενδείκνυται για την εφαρμογή των στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας καθώς κάτι τέτοιο έχει πολλαπλά οφέλη. Αφενός μεν έχει μεγάλο αντίκτυπο στην μείωση της καταναλωμένης ενέργειας λόγω του μεγάλου ποσοστού που καταλαμβάνει, αφετέρου δε επιδρά θετικά στη διαμόρφωση συνθηκών υγιεινής και άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

Η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις στο επίπεδο διαβίωσης. Μεταξύ του 2003 και το 2007 το κτιριακό απόθεμα στην Ευρώπη των 27 αυξήθηκε κατά 5%, προσεγγίζοντας σχεδόν τα 200 εκατομμύρια κτίρια.



Διάγραμμα 1: Αύξηση του κτιριακού αποθέματος στην Ευρώπη [Πηγή: Eurostat]

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζει μια παρομοίως ανοδική εικόνα από τα έτη 2000 με 2007. Το αξιοσημείωτο είναι ότι το 2007 παρουσίασε μια μικρή πτώση σε σχέση με το 2006. Ειδικότερα στην Ευρώπη των 27 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κτιριακό τομέα αντιστοιχούσε σε 69 εκατομμύρια ΤΠΠ (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) κατά το έτος 2007. Την προηγούμενη δεκαετία, από το 1990 έως το 2000 τα επίπεδα αυξάνονταν με ένα ρυθμό 2% ανά έτος. Η αύξηση αυτή συνεχίστηκε και κατά τα χρόνια 2000 με 2007 ελαφρώς χαμηλότερη, της τάξης του 1.7%.



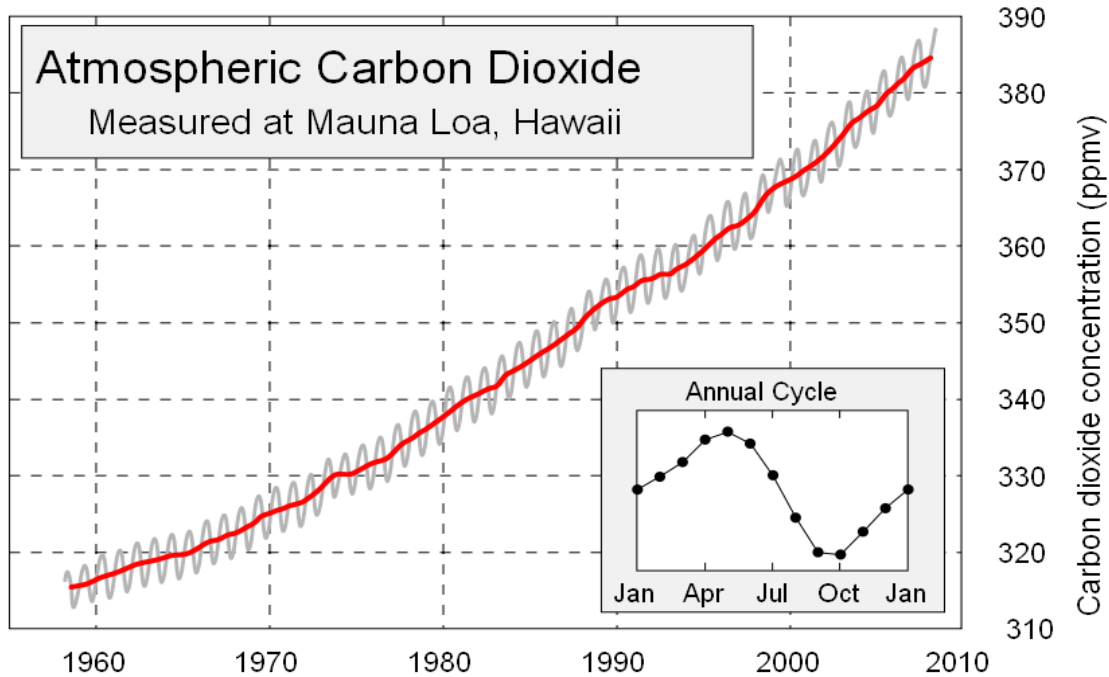
NB: Provisional value 2005 – 2007.

Διάγραμμα 2: Αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη [Πηγή: Eurostat]

Το έτος 2007 σε σχέση με το 2006 παρατηρήθηκε μια μείωση της τάξης του 0.7%. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται στο *φαινόμενο αναπήδησης*, τα κέρδη δηλαδή της αποδοτικότητας αντισταθμίστηκαν από την αύξηση της ζήτησης που προκύπτει από αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών. Συμβαδίζοντας με την αύξηση πληθυσμού των κτιρίων, η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης επηρεάστηκε από την αύξηση οικιακών ηλεκτρικών συσκευών. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια αφορά κυρίως τη θέρμανση και τη ψύξη των χώρων, την παραγωγή θερμού νερού, το φωτισμό και τη χρήση διάφορων ηλεκτρικών συσκευών.

1.2.2 Εκπομπές αέριων ρύπων

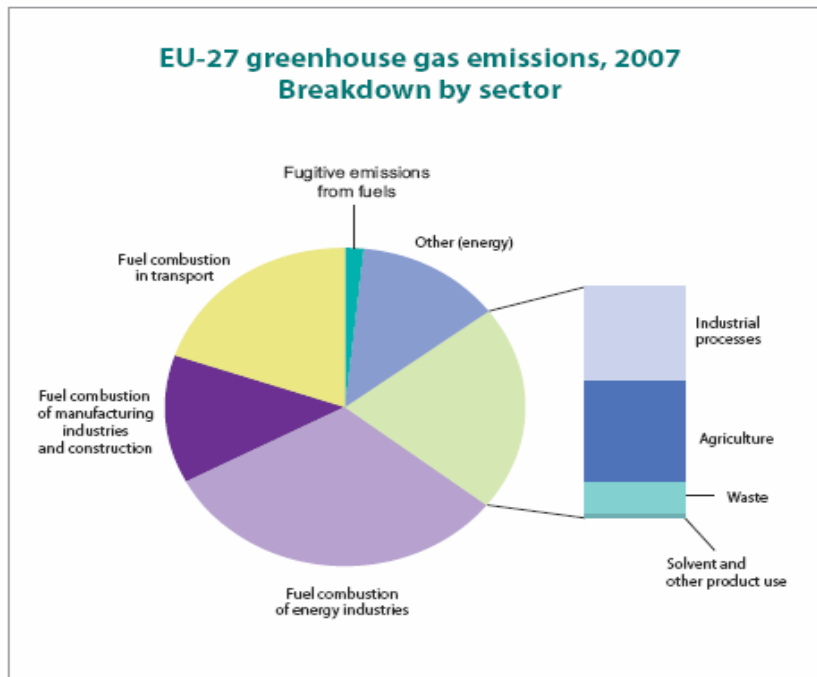
Οι εκπομπές αέριων ρύπων προερχόμενων από την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα. Οι πολύ αυξημένες εκπομπές των αερίων αυτών και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της γενικότερης μεταβολής του οικοσυστήματος. Από το ανθρωπογενές διοξείδιο του άνθρακα, που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Από την αρχή της περιόδου εκβιομηχάνισης μέχρι και σήμερα εκτιμάται ότι τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί κατά 35%.



Διάγραμμα 3: Ποσοστά ανόδου διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη από το 1960 έως σήμερα [Πηγή: wikipedia]

Ο πιο σημαντικός ανθρωπογενής τομέας παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με ποσοστό 80%. Στο ποσοστό αυτό συμπεριλαμβάνεται και η ηλεκτρική ενέργεια που προορίζεται για τον κτιριακό τομέα, ο οποίος προκαλεί σχεδόν το 13% των συνολικών εκπομπών.

Στο διάγραμμα 4, με τον όρο άλλες μορφές ενέργειας (other energy) αναφέρεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στον οικιστικό τομέα. Παρατηρούμε δηλαδή ότι τα κτίρια συνεισφέρουν σε σημαντικό ποσοστό στις εκπομπές αερίων ρύπων και ειδικά διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κτίρια δεν εκπέμπουν μόνο κατά τη διάρκεια κατοίκησης τους από ανθρώπους αλλά καθ' όλη την διάρκεια ζωής τους. Όλες οι εμπλεκόμενες με την κατασκευή ενός κτιρίου διαδικασίες όπως η παραγωγή και η μεταφορά των δομικών υλικών από το εργοστάσιο, και η ίδια η κατασκευή προκαλούν την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα.



Sector	% of total
Fuel combustion of energy industries	31.9
Fuel combustion of manufacturing industries and construction	12.7
Fuel combustion in transport	19.5
Fugitive emissions from fuels	1.7
Other (energy)	13.4
Industrial processes	8.5
Agriculture	9.2
Waste	2.8
Solvent and other product use	0.2

Διάγραμμα 4: Ποσοστά αερίων θερμοκηπίου ανά τομέα στην ΕΕ των 27 [Πηγή: Eurostat]

Όπως αναφέρθηκε ήδη, στα κτίρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναλογεί το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και το 70% εκπομπών CO₂ του κτιριακού τομέα παγκοσμίως. Αντίστοιχα στην Κύπρο τα κτίρια καταναλώνουν περίπου το 37% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο [9], της 11/12/1997, οι βιομηχανικές χώρες συνολικά υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά τη διάρκεια της πρώτης «περιόδου δέσμευσης», η οποία καλύπτει τα έτη 2008 έως 2012. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν καθορίζονται στόχοι ως προς τις εκπομπές. Αναφέρεται ότι προτιμήθηκε ο καθορισμός πενταετούς περιόδου δέσμευσης αντί ενός έτους στόχου για να εξομαλυνθούν οι ετήσιες διακυμάνσεις των εκπομπών αερίων που οφείλονται σε ανεξέλεγκτους παράγοντες, όπως ο καιρός. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο πλέον ένθερμος υποστηρικτής του Πρωτοκόλλου του Κιότο,

αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά την εμπορία εκπομπών εντός της κοινότητας πριν από την επίσημη έναρξη του διεθνούς συστήματος και να ενσωματώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις *Οδηγίες 2003/87/EK και 2004/101/EK*. Σύμφωνα με αυτές, η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περιόδους εμπορίας ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κ.ο.κ.). Τα κράτη μέλη οφείλουν μέσα σε συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα να εκπονήσουν εθνικά σχέδια κατανομής. Έτσι η Ε.Ε. παρουσιάζει μια μείωση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από το 1990 έως το 2005. Η μείωση αυτή είναι της τάξης του 4.3% και κυρίως οφείλεται στην εντυπωσιακή μείωση των εκπομπών των δύο μεγάλων ρυπαντών της Ευρώπης : τη Γερμανία κατά -21.3% και το Ηνωμένο Βασίλειο κατά -17.4%.

Δεδομένου του μεγάλου ποσοστού κατανάλωσης ενέργειας η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε τη οδηγία ενεργειακής κτιρίων 2002/91/EK (EPBD= Energy Performance of Building Directive) [6]. Η EPBD αποτελεί το εργαλείο της Ένωσης για μια αποτελεσματική προσέγγιση στη βελτίωση της χρήσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Ο κύριος στόχος της οδηγίας είναι η οικονομικά συμφέρουσα βελτίωση των συνολικών ενεργειακών επιδόσεων των κτιρίων. Οι διατάξεις της καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, ψύξη, αερισμό και φωτισμό για νέα και υφιστάμενα κτίρια κατοικιών και μη. Οι περισσότερες από τις υφιστάμενες διατάξεις εφαρμόζονται σε όλα τα κτίρια ανεξαρτήτως μεγέθους είτε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες είτε όχι. Ορισμένες διατάξεις εφαρμόζονται μόνο σε συγκεκριμένους τύπους κτιρίων. Η οδηγία συνδυάζει σε ένα νομικό κείμενο διάφορα μέσα κανονιστικής (όπως η υποχρέωση των κρατών μελών να καθορίζουν απαιτήσεις για τις ενεργειακές επιδόσεις νέων και μεγάλων υφιστάμενων κτηρίων που υποβάλλονται σε ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας) και πληροφοριακής φύσης (όπως τα πιστοποιητικά ενεργειακών επιδόσεων και οι απαιτήσεις για επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού).

Η EPBD δεν καθορίζει επίπεδα για ολόκληρη την Ε.Ε., αλλά υποχρεώνει τα κράτη μέλη να θεσπίσουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις και τους συναφείς μηχανισμούς. Συνεπώς, η οδηγία λαμβάνει πλήρως υπόψη τις εθνικές/περιφερειακές οριακές συνθήκες όπως το εξωτερικό κλίμα και τις μεμονωμένες παραδόσεις κατασκευής κτηρίων. Τα κράτη μέλη μπορούν να υπερβούν τις ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζονται στην οδηγία και να είναι πιο φιλόδοξα. Έχει σημειωθεί καθυστέρηση στην εφαρμογή της EPBD, αλλά σήμερα 22 κράτη μέλη δηλώνουν ότι την έχουν ενσωματώσει πλήρως (υπό αξιολόγηση από την

Επιτροπή). Μέχρι τώρα, μία από τις κύριες επιτυχίες της EPBD ήταν η ένταξη της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στο πολιτικό θεματολόγιο, η ενσωμάτωση της στους κτιριοδομικούς κανονισμούς και η ευαισθητοποίηση των πολιτών για το θέμα αυτό. Είναι σημαντικές οι ελάχιστες συνολικές επιπτώσεις των εναλλακτικών επιλογών που προτείνει η οδηγία που θεωρήθηκαν ως οι πλέον επωφελείς :

- εξοικονόμηση ενέργειας 60 – 80 εκατ. TΠΠ ετησίως μέχρι το 2020, δηλαδή μείωση κατά 5- 6% της τελικής ενέργειας της E.E. το 2020,
- εξοικονόμηση 160 έως 210 εκατ. τόνων CO₂ ετησίως μέχρι το 2020, δηλ. 4-5% των συνολικών εκπομπών CO₂ της E.E. το 2020,
- 280.000 (έως 450.000) πιθανές νέες θέσεις εργασίας μέχρι το 2020, κυρίως στον τομέα των δομικών κατασκευών, των εταιρειών ενεργειακής πιστοποίησης και ελέγχου καθώς και των εταιρειών επιθεώρησης συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

1.3 Ενεργειακή Πολιτική της Κύπρου

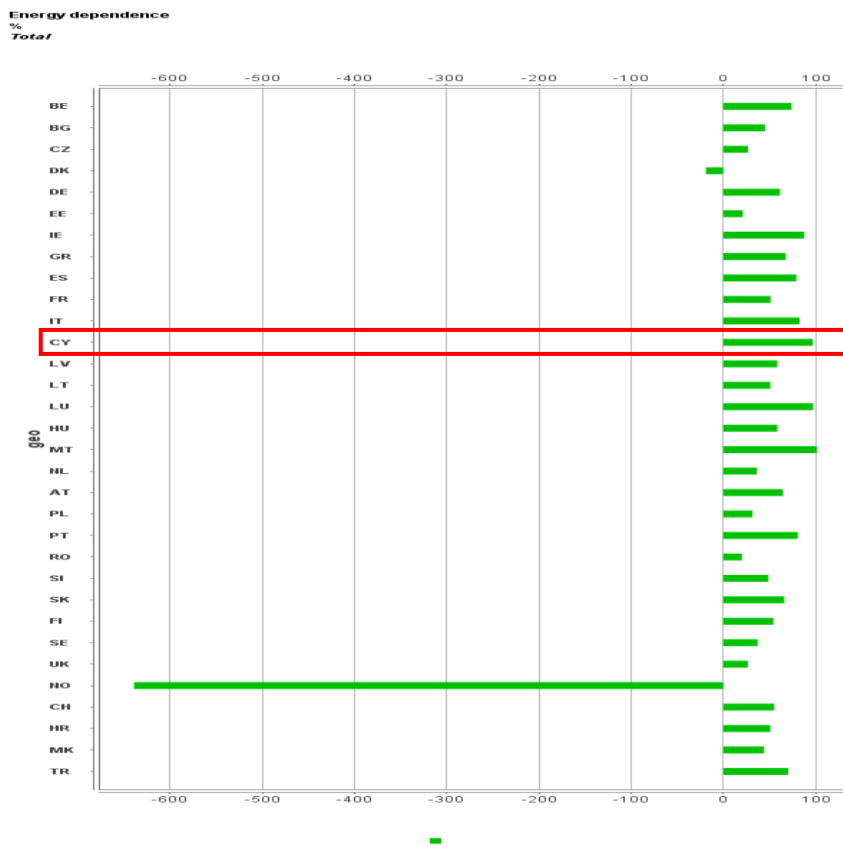
Η ενεργειακή πολιτική της Κύπρου είναι πλήρως εναρμονισμένη με αυτή της Ευρωπαϊκής Ένωσης με κύριους άξονες την εξασφάλιση υγιούς ανταγωνισμού στην αγορά, τη διασφάλιση προμήθειας της ενέργειας και την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας με όσο το δυνατό μικρότερη επιβάρυνση στην οικονομία και στο περιβάλλον. Βασικά κεφάλαια της ενεργειακής πολιτικής του νησιού είναι:

- Εξοικονόμηση Ενέργειας και Αποδοτική Χρήση Ενέργειας
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- Βιομηχανία και Περιβάλλον
- Φυσικό Αέριο
- Πετρελαιοειδή
- Ηλεκτρισμός

Η Κύπρος διαθέτει ένα μικρό και απομονωμένο ενεργειακό σύστημα χωρίς διασυνδέσεις με άλλα δίκτυα. Δεν διαθέτει ακόμη εγχώριες πηγές ενέργειας παρά μόνο ελάχιστη συνεισφορά από τα ηλιακά και είναι πλήρως εξαρτημένη σε εισαγωγές ενέργειας όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5. Πριν την ένταξη το 2004 δεν εφάρμοζε ολοκληρωμένη ενεργειακή πολιτική για την εξοικονόμηση ενέργειας και δεν είχε οικοδομικούς κανονισμούς με ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Οι μελέτες και ενεργειακές επιθεωρήσεις που έχουν γίνει μέχρι σήμερα δείχνουν ότι υπάρχει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα αλλά και στις μεταφορές. Ο βιομηχανικός

τομέας που έχει μικρότερο δυναμικό και οι μεταφορές είναι ο πιο ενεργοβόρος τομέας (52%) με σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Η Κύπρος δεν έχει μεταφορές σταθερής τροχιάς ενώ το σύστημα δημοσίων μεταφορών (λεωφορεία) είναι υποβαθμισμένο.

Τα μερίδια των τομέων στην τελική κατανάλωση ενέργειας είναι : νοικοκυριά 20%, τριτογενής 14%, μεταφορές 52%, βιομηχανία 11%, γεωργία 3%. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί το 25% της τελικής κατανάλωσης. Η τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας έχει αυξηθεί την περίοδο 1995-2005 περίπου 80%. Η αύξηση αυτή βαρύνει περισσότερο τα νοικοκυριά και τον τριτογενή τομέα [10].



Διάγραμμα 5: Ενεργειακή εξάρτηση μιας οικονομίας που εξαρτάται από τις εισαγωγές, προκειμένου να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες. [Πηγή: Eurostat]

1.3.1 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων στην Κύπρο

Τις τελευταίες δεκαετίες, η μεγέθυνση της τουριστικής βιομηχανίας, καθώς και η αλματώδης οικιστική ανάπτυξη καθόρισαν τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, όπως και τις προτεραιότητες σε πρώτες ύλες του τομέα της ενέργειας. Σημαντική είναι επίσης και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής της, τόσο κατά το στάδιο της κατασκευής όσο και κατά τη χρήση ενός κτιρίου.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε, για την κατασκευή νέων οικιστικών μονάδων στην Κύπρο βρέθηκε ότι καταναλώνονται ετησίως 3.080 εκατομμύρια kWh, που αντιστοιχούν σε 4.467 kWh ανά κάτοικο. Επιπρόσθετα, η ενεργειακή κατανάλωση για σκοπούς θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών των μονάδων αυτών μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 690 kWh ανά κάτοικο το χρόνο. Εκτιμάται ότι ο κτιριακός τομέας θα αυξήσει την ενεργειακή του κατανάλωση [11]. Συνεπώς η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών στον κτιριακό τομέα αποτελούν σημαντικά μέτρα που απαιτούνται για την μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου και την ενδυνάμωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού.

Το γεγονός ότι στην Κύπρο μέχρι πρότινος δεν ήταν θεσμοθετημένη η θερμομόνωση κτιρίων, έχει σαν αποτέλεσμα το δυναμικό εξοικονόμησης που προκύπτει με την υιοθέτηση των νέων μέτρων για θερμομόνωση να είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Η μακρόχρονη απουσία υποχρεωτικών κανονισμών θερμομόνωσης για τα νέα κτίρια στην Κύπρο είχε ως αποτέλεσμα την ανέγερση μεγάλου αριθμού κτιρίων με κακή έως μέτρια θερμική συμπεριφορά και με ψηλές ενεργειακές ανάγκες για τη διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών άνεσης με αποτέλεσμα τη υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με την Κυπριακή νομοθεσία που ρυθμίζει την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, από 21/12/2007 εφαρμόστηκαν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και για όλα τα κτίρια άνω των 1000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, επιβάλλοντας ουσιαστικά υποχρέωση για τη θερμομόνωση του κελύφους όλων των νέων κτιρίων. Από την 1/1/2010, οι ελάχιστες απαιτήσεις διευρύνονται με πιο σημαντική την υποχρέωση για έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), στο οποίο η ενεργειακή κατηγορία πρέπει να είναι τουλάχιστον Β. Αυτό σημαίνει ότι από 1/1/2010 ο ιδιοκτήτης κάθε κτιρίου πρέπει να διαθέτει προς τους ενδιαφερόμενους αγοραστές ή ενοικιαστές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης, ενώ για τα νέα κτίρια, πριν αυτά κατασκευαστούν θα πρέπει μαζί με την αίτηση που υποβάλλεται για άδεια οικοδομής να επισυνάπτεται και το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ είναι η κύρια νομοθετική αναφορά για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [3] και βάση αυτής έχει θεσπιστεί και το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο στην Κύπρο [10]. Με τον Νόμο που Ρυθμίζει την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (142(I)/2006 και Ν.30(I)/2009) η Κύπρος έχει ενσωμάτωση στο εθνικό της δίκαιο την Οδηγία 2002/91/ΕΚ που στοχεύει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με τη λήψη διαφόρων μέτρων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις εξωτερικές

κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων καθώς και τη σχέση κόστους-οφέλους. Τα μέτρα αυτά είναι:

- α) Καθορισμός απαιτήσεων ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και για κτίρια άνω των 1000τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση.
- β) Καθορισμός μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου.
- γ) Η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται και για όλα τα κτίρια που ενοικιάζονται ή πωλούνται.
- δ) Καθιέρωση τακτικών επιθεωρήσεων των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην Κύπρο για ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων βασίζεται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα. [2,7,9,11,12] σύμφωνα πάντα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό πιστοποίησης [6,8,13,14]. Η ενεργειακή απόδοση του κάθε κτιρίου καθορίζεται ως το συνολικό ποσό ενέργειας που χρειάζεται μια οικοδομή για θέρμανση-ψύξη, αερισμό, παραγωγή ζεστού νερού και φωτισμό.

1.3.1.1 Ελάχιστες Απαιτήσεις Ενεργειακής Απόδοσης

Σύμφωνα με το άρθρο 15 του Νόμου ο Υπουργός Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού με διάταγμα καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Το διάταγμα τέθηκε σε εφαρμογή για πρώτη φορά την 21^η Δεκεμβρίου 2007 και σύμφωνα με αυτό οι συντελεστές θερμοπερατότητας για το κέλυφος και τα κουφώματα σε όλα τα νέα κτίρια και όλα τα κτίρια άνω των 1000τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση δεν πρέπει να υπερβαίνουν συγκεκριμένες τιμές θερμοπερατότητας, καθιστώντας ουσιαστικά υποχρεωτική την θερμομόνωση του κτιρίου. Το διάταγμα καθορίζει μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας U για:

- Τους εξωτερικούς τοίχους και στοιχεία φέρουσας κατασκευής του κτιρίου (κολόνες, δοκοί και τοιχία) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου $U \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Τα εξωτερικά οριζόντια δομικά στοιχεία (δώματα, στέγες, εκτεθειμένα δάπεδα) και οροφές που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου $U \leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Τα εξωτερικά κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου $U \leq 3,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m κελύφους εξαιρουμένων δαπέδων, δωματίων, στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους: Για κτίρια

που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες $Um \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες $Um \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

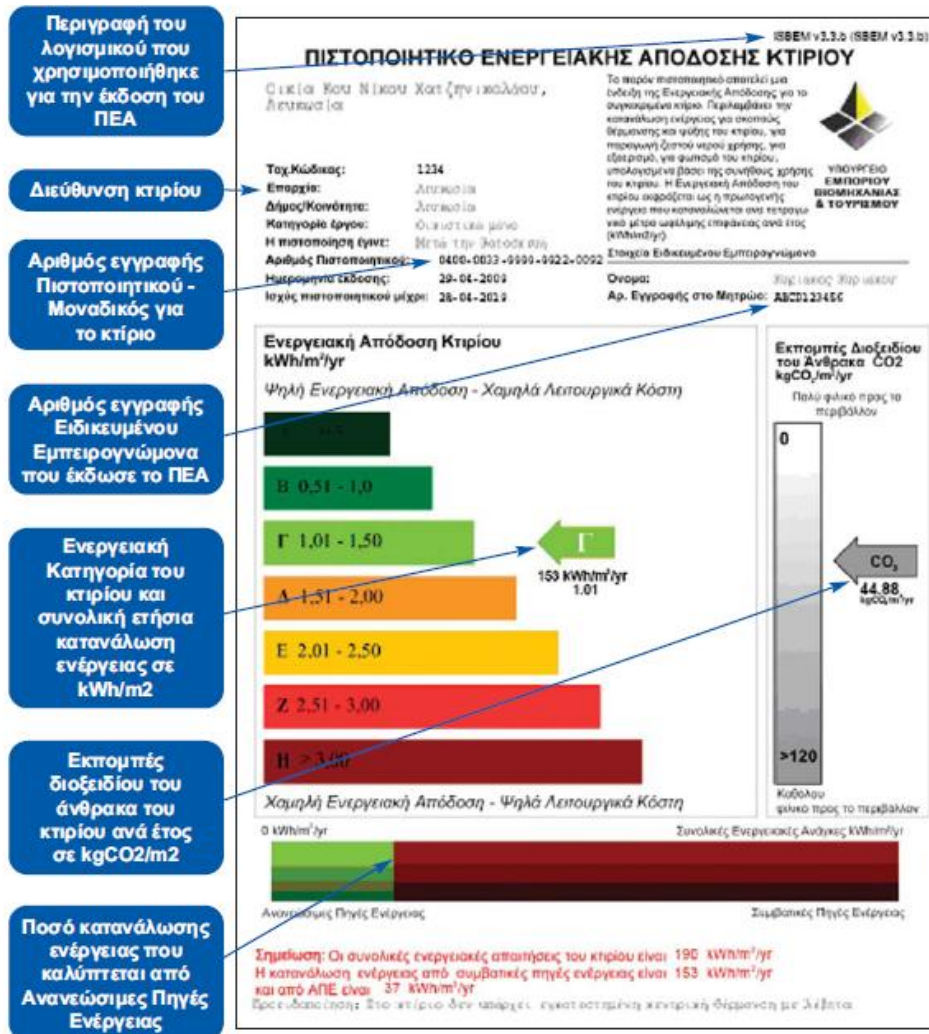
Με το αναθεωρημένο διάταγμα που τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2010 περιλαμβάνεται επίσης η απαίτηση για συμμόρφωση με το μέγιστο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας, η πρόνοιας για χρήση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η εγκατάσταση ηλιακού για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες και η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης με ενεργειακή κατηγορία τουλάχιστον Β. Αρχές του 2014 ανακοινώνεται το νέο νομοθετικό πλαίσιο με αυστηρότερες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.

1.3.1.2 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου έχει μορφή παρόμοια με τις ενεργειακές ετικέτες που χρησιμοποιούνται για τη σήμανση ηλεκτρικών συσκευών όπως ψυγεία και πλυντήρια βλ. εικόνα 2. Σκοπός του είναι να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη συνολική ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου και να δείχνει πόσο αποδοτικό είναι από ενεργειακή άποψη το συγκεκριμένο κτίριο σε σύγκριση με άλλο παρόμοιο (κτίριο αναφοράς). Οι ενεργειακές κατηγορίες που περιλαμβάνονται στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) είναι τυποποιημένες και διαμορφωμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε κάποιος να μπορεί εύκολα να συγκρίνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου με κάποιο άλλο.

Το ΠΕΑ απαιτείται να υποβάλλεται με την αίτηση για έκδοση άδειας οικοδομής για ένα νέο κτίριο και για ένα κτίριο άνω των 1000τ.μ. που υφίσταται ριζική ανακαίνιση. Επίσης κατά την πώληση ή την ενοικίαση κτιρίου ο ιδιοκτήτης πρέπει να παρουσιάζει στον υποψήφιο αγοραστή ή ενοικιαστή Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης. Το ΠΕΑ απαραίτητα συνοδεύεται από συστάσεις για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης χρησιμοποιείται το λογισμικό πρόγραμμα SBEMcy το οποίο διατίθεται δωρεάν από την Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου.



Εικόνα 2: Παράδειγμα πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης

1.4 Μελλοντικές εξελίξεις στην Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων 2002/91 αναδιατυπώνεται με την οδηγία 2010/31 [7] και τίθεται σε ισχύ από τις 19/05/2010. Σκοπός της είναι να προωθήσει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Ένωσης λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους. Βασικοί άξονες της οδηγίας είναι:

- το άρθρο 3 για τη θέσπιση μεθοδολογίας
- το άρθρο 4 για τον καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων
- το άρθρο 5 για τα βέλτιστα επίπεδα (κόστος) ελάχιστων απαιτήσεων
- το άρθρο 6 για τις πρόνοιες για τα νέα κτίρια
- το άρθρο 7 για την ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων

- το άρθρο 8 για τα τεχνικά συστήματα κτιρίων
- το άρθρο 9 για τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας
- το άρθρο 10 για τα χρηματοδοτικά κίνητρα
- το άρθρο 11-13 για τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης
- τα άρθρα 14 και 16 για την επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης
- τα άρθρα 15-16 για την επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού
- τα άρθρα 17-18 για την ανεξαρτησία συστήματος και εμπειρογνομόνων
- το άρθρο 20 για την πληροφόρηση του κοινού
- το άρθρο 21 για τη διαβούλευση και
- το άρθρο 27 για τη μεταφορά στο εθνικό δίκαιο.

Βάσει του άρθρου 3 για τη θέσπιση της μεθοδολογίας υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, τα κράτη μέλη εφαρμόζουν τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων βάσει του κοινού γενικού πλαισίου που ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο προσδιορισμός γίνεται με βάση την υπολογιζόμενη ή την πραγματική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται και περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής απόδοσης και αριθμητικό δείκτη για χρήση πρωτογενούς ενέργειας, με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Λαμβάνει υπόψη τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και το φωτισμό, την αεροστεγανότητα και τον αερισμό, το σχεδιασμό, τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία, τις κλιματικές συνθήκες του εσωτερικού χώρου και τα εσωτερικά φορτία.

Βάσει του άρθρου 4 για καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να καθοριστούν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για κτίρια ή κτιριακές μονάδες, με στόχο να επιτευχθούν βέλτιστα από πλευράς κόστους επίπεδα. Βάσει του άρθρου 5 για τον υπολογισμό των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, τα κράτη μέλη υποχρεωτικά κοινοποιούν στην επιτροπή όλα τα δεδομένα και τις παραδοχές για τον υπολογισμό του βέλτιστου κόστους σε τακτά χρονικά διαστήματα, δηλαδή ανά πενταετία. Στο άρθρο 6 για τις πρόνοιες στα νέα κτίρια ορίζεται ότι τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Πριν από την έναρξη της κατασκευής ότι έχει μελετηθεί και ληφθεί υπόψη η τεχνική (μεμονωμένα ή για μια ομάδα κτιρίων) περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων υψηλής απόδοσης.

Οι απαιτήσεις της οδηγίας εφαρμόζονται και σε περίπτωση ανακαίνισης υφιστάμενων μονάδων στο σύνολο του ανακαινισμένου κτιρίου ή της ανακαινισμένης κτιριακής μονάδας

(άρθρο 7). Στην περίπτωση δομικού στοιχείου που αποτελεί τμήμα του κελύφους του κτιρίου και έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους, η ενεργειακή απόδοση να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. «Ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας» εννοούμε την ανακαίνιση κτιρίου κατά την οποία η συνολική δαπάνη της που αφορά το κέλυφος του κτιρίου ή τα τεχνικά συστήματα του υπερβαίνει το 25% της αξίας του κτιρίου, εξαιρούμενης της αξίας του οικοπέδου επί του οποίου έχει κατασκευαστεί το κτίριο ή υφίσταται ανακαίνιση άνω του 25% της επιφάνειας του κελύφους του κτιρίου.

Βάσει του άρθρου 8 για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, τα κράτη μέλη θεσπίζουν συστηματικές απαιτήσεις όσον αφορά τη συνολική ενεργειακή απόδοση, την ορθή εγκατάσταση και τη σωστή διαστασιολόγηση, ρύθμιση και έλεγχο των τεχνικών συστημάτων κτιρίων που εγκαθίστανται σε νέα και υφιστάμενα κτίρια. Τα τεχνικά συστήματα των κτιρίων όταν λέμε εννοούμε συστήματα θέρμανσης, παραγωγής ζεστού νερού, κλιματισμού και εξαερισμού μεγάλης κλίμακας. Βάσει του άρθρου 9 για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε: μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, μετά τις 21 Δεκεμβρίου του 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Τα κράτη μέλη εκπονούν εθνικά σχέδια δράσης τα οποία περιλαμβάνουν τουλάχιστον τα ακόλουθα: λεπτομέρειες περιλαμβανομένου αριθμητικού δείκτη της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m²/yr, ενδιάμεσους στόχους έως το 2015, πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα που έχουν ληφθεί. Τα κράτη μέλη μπορούν να αποφασίσουν να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ανάλυση της σχέσης κόστους-οφέλους για τον οικονομικό κύκλο ζωής έχει αρνητικό αποτέλεσμα.

Βάσει του άρθρου 10 για τα χρηματοδοτικά κίνητρα, τα κράτη μέλη, αναγνωρίζοντας τη σημασία της παροχής κατάλληλων χρηματοδοτικών και άλλων μέσων με καταλυτικό αποτέλεσμα στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και στη μετάβαση σε κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, εξασφαλίζουν δεόντως την εξέταση των πλέον ενδεδειγμένων μέσων του τύπου αυτού ανάλογα με τις εθνικές περιστάσεις.

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν έως τις 30 Ιουλίου 2011 κατάλογο των υφιστάμενων και κατά περίπτωση των προτεινόμενων μέτρων και μέσων, περιλαμβανομένων των χρηματοδοτικών, εκτός των απαιτούμενων βάσει της παρούσας οδηγίας, προς προώθηση των στόχων της παρούσας αξίας. Τα κράτη μέλη ενημερώνουν τον κατάλογο αυτό ανά

τριετία. Τα κράτη μέλη κοινοποιούν τους σχετικούς καταλόγους στην Επιτροπή, ενδεχομένως μέσω των σχεδίων δράσης ενεργειακής απόδοσης.

Τα άρθρα 11,12,13 τα οποία αναφέρονται στα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης και είναι πολύ σημαντικά και δηλώνουν στο ότι τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι εκδίδεται το πιστοποιητικό για κτίρια ή κτιριακές μονάδες που κατασκευάζονται, πωλούνται ή εκμισθώνονται σε νέο ενοικιαστή και για κτίρια στα οποία η συνολική επιφάνεια άνω των 500 τ.μ. χρησιμοποιείται από δημόσια αρχή και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό. Στις 9/7/2015 αυτό το κατώτατο όριο θα μειωθεί σε 250 τ.μ. Τα κράτη μέλη απαιτούν, κατά την κατασκευή, πώληση ή εκμίσθωση κτιρίων ή κτιριακών μονάδων, να επιδεικνύεται το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης στον υποψήφιο νέο ενοικιαστή ή αγοραστή. Κατά την πώληση ή εκμίσθωση κτιρίου πριν από την κατασκευή του ο πωλητής παρέχει εκτίμηση της μελλοντικής του ενεργειακής απόδοσης. Όταν διατίθενται προς πώληση ή προς εκμίσθωση κτίρια που έχουν πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης του ΠΕΑ θα πρέπει να δηλούται σε όλες τις εμπορικές διαφημίσεις (εφημερίδες κλπ.) Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης έχει διάρκεια ισχύος 10 έτη.

Βάσει του άρθρου 14 για την επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης, τα κράτη μέλη καθιερώνουν την τακτική επιθεώρηση των προσιτών τμημάτων συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων, όπως μονάδες παραγωγής θερμότητας, το σύστημα ελέγχου και η αντλία ή οι αντλίες κυκλοφορίας, με λέβητες ονομαστικής ισχύος εξόδου προς θέρμανση χώρων άνω των 20 kW. Η επιθεώρηση αυτή περιλαμβάνει αξιολόγηση του βαθμού απόδοσης του λέβητα και της εκτίμησης του μεγέθους του σε σύγκριση με τις θερμαντικές ανάγκες του κτιρίου. Τα κράτη μέλη μπορούν να θεσπίσουν διαφορετική συχνότητα για τις επιθεωρήσεις ανάλογα με τον τύπο και την ενεργό ονομαστική ισχύ εξόδου του συστήματος θέρμανσης και την εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενεργειακής δαπάνης που μπορεί να προκύψει από την επιθεώρηση.

Τα συστήματα θέρμανσης με λέβητες ενεργού ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος εξόδου μεγαλύτερης των 100kW επιθεωρούνται τουλάχιστον ανά δύο έτη. Για τους λέβητες αερίου η περίοδος δύναται να επεκταθεί σε τέσσερα έτη. Βάσει του άρθρου 16 για τις εκθέσεις σχετικά με τις επιθεωρήσεις συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, συντάσσεται έκθεση επιθεώρησης έπειτα από κάθε επιθεώρηση συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού. Η έκθεση επιθεώρησης περιέχει το αποτέλεσμα της επιθεώρησης που διενεργήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 14 ή 15 και περιλαμβάνει συστάσεις για την οικονομικά συμφέρουσα βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ισχύουσα νομοθεσία. Οι συστάσεις μπορούν να βασίζονται σε

σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης του επιθεωρούμενου συστήματος με εκείνη του βέλτιστου διαθέσιμου εφικτού συστήματος παρόμοιου τύπου για το οποίο όλα τα συναφή στοιχεία επιτυγχάνουν το επίπεδο ενεργειακής απόδοσης που απαιτείται από την ισχύουσα νομοθεσία. Η έκθεση επιθεώρησης επιδίδεται στον ιδιοκτήτη ή τον ενοικιαστή του κτιρίου.

Τέλος, πολύ σημαντικό είναι το άρθρο 20 για την ενημέρωση. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα για την ενημέρωση των ιδιοκτητών και των ενοικιαστών των κτιρίων σχετικά με τις διάφορες μεθόδους και πρακτικές που συμβάλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, μεριμνούν ώστε να παρέχεται καθοδήγηση και κατάρτιση στους αρμόδιους για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας, Αυτή η καθοδήγηση και κατάρτιση θα έχει ως αντικείμενο τη σημασία της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και θα επιτρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο βέλτιστος συνδυασμός βελτιώσεων από άποψη ενεργειακής απόδοσης, χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ και χρήσης τηλεθέρμανσης και της ψύξης κατά το χωροταξικό σχεδιασμό, το σχεδιασμό κτιρίων, την οικοδόμηση και ανακαίνιση βιομηχανικών ζωνών ή ζωνών κατοικίας [7].

1.5 Ενέργεια και εκπαιδευτικά κτίρια στην Κύπρο

Η Κύπρος απαριθμεί 1227 εκπαιδευτικά ιδρύματα [15,16]. Σχολικές μονάδες δημόσιες και ιδιωτικές όλων των βαθμίδων, νηπιαγωγεία-προδημοτικές σχολές, δημοτικά (κύκλος Α και Β), γυμνάσια, λύκεια και τεχνικές σχολές, ειδικές μονάδες και πανεπιστημιακά ιδρύματα. Ο αριθμός των σχολικών μονάδων είναι αρκετά μεγάλος και ένα από τα κυριότερα έξοδα της κάθε μονάδας αφορά κυρίως τις ενεργειακές τους καταναλώσεις. Οι Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού έχουν την εποπτεία της υφιστάμενης υλικοτεχνικής υποδομής της Δημόσιας Εκπαίδευσης και την υλοποίηση των έργων που περιλαμβάνονται στον ετήσιο προϋπολογισμό (νέες σχολικές μονάδες, επεκτάσεις, βελτιώσεις, συντηρήσεις).

Στην παρούσα διατριβή θα εξετασθούν τα σχολεία μέσης εκπαίδευσης της Κύπρου τα οποία αριθμούνται στα 156, 120 δημόσια γυμνάσια και λύκεια και 36 ιδιωτικά. Είναι αρκετά σημαντικός ο αριθμός των σχολείων αλλά και ο πληθυσμός ο οποίος φοιτά σε αυτά. Το 57% των σχολείων μέσης εκπαίδευσης εδράζεται στα παράλια, το 37% στην ενδοχώρα και 6% στα ορεινά. Τη σχολική χρονιά 2009-2010, 64611 μαθητές φοιτούσαν στα δημόσια και ιδιωτικά γυμνάσια και λύκεια της χώρας και εργοδοτούνταν 7693 άτομα διδακτικού προσωπικού και 1547 μη διδακτικού. Αναλυτικά 53366 μαθητές φοιτούσαν σε δημόσια σχολεία εκ των οποίων 29944 σε γυμνάσια και 23422 σε λύκεια. Σε ιδιωτικά σχολεία μέσης

εκπαίδευσης φοιτούσαν 11245 εκ των οποίων 5541 σε γυμνάσια και 5704 σε λύκεια. Επίσης εκτός από τους μαθητές το κάθε σχολείο απαρτίζεται και από το εκπαιδευτικό και διοικητικό προσωπικό. Στα δημόσια σχολεία εργάζονται 6505 καθηγητές και 1173 άτομα διοικητικού προσωπικού και στα ιδιωτικά σχολεία εργάζονται 1187 καθηγητές και 374 άτομα διοικητικού προσωπικού [16].

Ο συνδυασμός του μεγάλου αριθμού σχολικών κτιρίων αλλά και ο ακόμη μεγαλύτερος αριθμός χρηστών που συγκεντρώνονται σε αυτά καθιστά τα σχολεία σημαντικούς καταναλωτές ενέργειας. Αναλογιζόμενοι επίσης ότι η πλειοψηφία των σχολείων δεν έχει κατασκευαστεί με βιοκλιματικές πρόνοιες, αλλά ούτε και με πρόνοιες εξοικονόμησης ενέργειας αυξάνει κατά πολύ την κατανάλωση ενέργειας σε κάθε σχολικό κτίριο [16].

Στόχος του Υπουργείου Παιδείας αλλά και των Τεχνικών Υπηρεσιών είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται και έχει αρχίσει να εφαρμόζεται η ενεργειακή αναβάθμιση ορισμένων σχολικών κτιρίων με την προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος των κτιρίων και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επίσης η Υπηρεσία Ενέργειας αλλά και το Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών αναγνωρίζοντας τη σημασία της καλλιέργειας ενεργειακής συνείδησης στα παιδιά, που θα είναι οι μελλοντικοί πολίτες της χώρας, εκπονούν ειδικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για παιδιά σε ηλεκτρονική και έντυπη μορφή. Επιπλέον διεξάγονται συστηματικές διαλέξεις σε σχολεία της Κύπρου με σκοπό την εκπαίδευση των μαθητών όλων των ηλικιών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [13,14].

1.6 Σκοπός και στόχος διατριβής

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη του κτιριακού αποθέματος σχολείων στην Κύπρο με στόχο την εύρεση βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Αναλύονται εις βάθος όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση αλλά και την εσωτερική θερμική άνεση σε σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών της Κύπρου, τα παράλια, την ενδοχώρα και τα ορεινά.

Είναι μια ολιστική μελέτη η οποία θα διαχωρίζει τα σχολικά κτίρια κυρίως βάσει του κλίματος της περιοχής που εδράζονται δίνοντας λύσεις και τεχνικές που θα υιοθετούνται ανά κλιματική περιοχή για ενεργειακή αναβάθμιση. Οι λύσεις αυτές διαφέρουν σε κάθε περιοχή και για αυτό το λόγο δίνονται πρακτικές κατηγοριοποιημένες ανά κλίμα.

Η αξία της μελέτης είναι πολύ μεγάλη τόσο για την Κύπρο αλλά και για το εξωτερικό. Όσον αφορά τη διεθνή βιβλιογραφία είναι η πρώτη ολοκληρωμένη ενεργειακή μελέτη

σχολικών συγκροτημάτων η οποία δίνει ταξινομημένες λύσεις σε όλες τις περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες με την Κύπρο. Η Κύπρος παρά το μικρό της μέγεθος χωρίζεται ξεκάθαρα σε τρεις κλιματικές περιοχές οι οποίες απαιτούν εξειδικευμένες μελέτες.

Στην Κύπρο η έρευνα αυτή αναμένεται να βοηθήσει τα υφιστάμενα αλλά και τα νέα σχολικά κτίρια έτσι ώστε να κατασκευάζονται με βιοκλιματικές και ενεργειακά αποδοτικές τεχνικές, κατηγοριοποιημένες βάσει της απόδοσης τους ανά κλιματική περιοχή, με στόχο τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων. Υπουργείο Παιδείας, Τεχνικές Υπηρεσίες αλλά και ιδιωτικός τομέας αναμένεται να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα για αναβάθμιση των σχολείων αλλά και άλλων παρόμοιων κτιρίων (πανεπιστημιακά κτίρια). Οι Τεχνικές υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας αναμένουν τα αποτελέσματα και υπάρχει στενή συνεργασία από την αρχή και καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας.

Από τη διάχυση των αποτελεσμάτων αναμένεται η υιοθέτηση των ευρημάτων και η χρησιμοποίησή τους σαν κριτήρια πλέον για οποιαδήποτε ανακαίνιση ή ανέγερση ενός σχολικού συγκροτήματος. Μέσα από την εύρεση και αποκρυστάλλωση των βέλτιστων τεχνικών που πρέπει να ακολουθούνται θα δημιουργηθούν οι βάσεις για να ανταπεξέλθει η Κύπρος και συγκεκριμένα ο οικοδομικός τομέας στις ολοένα και αυστηρότερες προδιαγραφές που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση και να προετοιμαστεί έτσι ώστε να ανταπεξέλθει στις αυξανόμενες ανάγκες της νέας εποχής.

Βιβλιογραφία 1^ο κεφαλαίου

- [1] Wikipedia Online Encyclopedia. (2013). Cyprus. Retrieved 02,15, 2010, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyprus>
- [2] European Union. (2013). Cyprus EU country. Retrieved 2,15, 2010, from http://europa.eu/about-eu/countries/member-countries/cyprus/index_el.htm
- [3] Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων.Για την Κύπρο. Retrieved 2,15, 2010, from http://www.cyprus.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/profile_gr/profile_gr?OpenDocument
- [4] Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου. Το κλίμα της Κύπρου. Retrieved 2,15, 2010, from http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument
- [5] Cyprus Tourism Organisation. (2012). *Cyprus: 10000 years of history and civilization*. Nicosia, Cyprus: Cyprus Tourism Organisation.

- [6] European Council. (2002). Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Communities, 4,L1.
- [7] European Council. (2010). Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, (recast), Official Journal of the European Communities.
- [8] European Council. (2006). Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC.
- [9] Europa. Summaries of EU legislation. Retrieved 2,16, 2010, from http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28060_en.htm
- [10] Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, Κυπριακή Δημοκρατία (Ιούνιος 2007).
- [11] Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.Υπηρεσία Ενέργειας, Τομέας Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Retrieved 2,16, 2010, from http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?OpenDocument
- [12] Economic and Social Commission for Western Asia. (2011). Escwa. Retrieved 2,16, 2010, from <http://www.escwa.un.org/divisions/ecw.asp?division=ecw>
- [13] Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου.Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την ενέργεια. Retrieved 2,20, 2010, from <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu4-12>.
- [14] Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών.Εκπαιδευτική Γωνιά. Retrieved 2,20, 2010, from http://www.cea.org.cy/Educational_corner.html.
- [15] Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.Στοιχεία Σχολείων. Retrieved 1,11, 2011, from http://www.moec.gov.cy/schools_info.html
- [16] Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου. Στατιστικές της εκπαίδευσης. Retrieved 1,21, 2011, from <http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/84D7E3796C0E824CC22577E0002D6164?OpenDocument&sub=4&sel=1&e=&print>

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Σκοπός της βιβλιογραφικής ανασκόπησης υπήρξε η διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης και εσωτερικής θερμικής άνεσης των σχολικών κτιρίων. Μελετήθηκαν όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές που αφορούσαν την Κύπρο, την Ελλάδα, την Ευρώπη αλλά και το διεθνή χώρο. Χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις κλειδιά «ενεργειακή απόδοση», «σχολικά κτίρια», «κατανάλωση ενέργειας», «εξοικονόμηση ενέργειας», «εσωτερική ποιότητα και άνεση», «θερμική άνεση» και «επεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας». Για την ταξινόμηση, την καταγραφή και τις αναφορές στη βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα RefWorks. Σε όλη την έκταση της διατριβής οι αναφορές εμφανίζονται στο κείμενο αριθμημένες μέσα σε παραθέσεις και παραθέτονται με αριθμητική σειρά στο τέλος κάθε κεφαλαίου.

2.1 Ιστορική αναδρομή δόμησης σχολικών κτιρίων

Το σχολικό κτίριο αποτελεί διαχρονικά θεμελιώδες σημείο αναφοράς το οποίο ταυτίζεται με την εκπαίδευση και την αγωγή. Αποτελεί το χώρο στον οποίο συμβιώνουν καθημερινά παιδιά και δάσκαλοι διαφόρων ηλικιών με διαφορετικά ενδιαφέροντα και εκπαιδευτικές ανάγκες. Είναι ο πρωτεύον χώρος παροχής γνώσης και αγωγής, καλλιέργειας δεξιοτήτων, κοινωνικοποίησης και επικοινωνίας. Στην πορεία εξελίχθη και σαν χώρος διεξαγωγής παιχνιδιού και πραγματοποίησης εκδηλώσεων και κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει ότι το σχολείο είναι το εργαστήριο προετοιμασίας του παιδιού για την ενήλικη ζωή του. Για αυτό το λόγο η προσέγγιση ενός τόσο σημαντικού αλλά και πολυδιάστατου χώρου όσον αφορά κυρίως τα δομικά και λειτουργικά του χαρακτηριστικά αποτελεί πολύ σημαντική και συλλογική διεργασία.

Το κτιριακό μοντέλο ενός σύγχρονου και ενεργειακά αυτόνομου σχολικού κτιρίου είναι ο στόχος της παρούσας μελέτης. Πίσω από το ζητούμενο αυτό πηγάζουν καίρια ερωτήματα στα οποία επιχειρείται να δοθούν απαντήσεις στη συνέχεια της μελέτης. Η αντιμετώπιση των αναγκών της εκάστοτε εποχής καθοδηγεί πάντοτε τη δόμηση και λειτουργικότητα των κτιρίων. Συγκεκριμένα η μελέτη της ιστορίας της εκπαίδευσης όπως αυτή καταγράφεται μέσα από τις υποδομές των σχολικών κτηρίων, την αρχιτεκτονική, τη διαρρύθμιση των χώρων και τις αίθουσες διδασκαλίας αναφορικά πάντα με την επάρκεια σε αριθμό και επιφάνεια, το φωτισμό, τον αερισμό, την ηχητική, την ασφάλεια των μαθητών, οδηγεί σε πολλές παρατηρήσεις.

Οι πρώτες πληροφορίες για να αντιληφθεί κανείς σφαιρικά το θέμα των σχολικών κτιρίων προέρχονται μέσα από την ιστορική αναδρομή. Η ιστορική αναδρομή δόμησης των σχολείων παρουσιάζει τις παραμέτρους οι οποίες επηρέασαν σημαντικά το σχεδιασμό των σχολείων. Η παρουσίαση γίνεται με χρονολογική σειρά. Παρουσιάζονται κυρίως οι εξελίξεις στη δόμηση των σχολικών κτιρίων στη Δύση, με έμφαση στον ελληνικό χώρο από την εποχή της Αρχαιότητας και του Βυζαντίου έως και σήμερα.

Αρχαιότητα και βυζάντιο

Στην αρχαιοελληνική όσο και στη βυζαντινή εποχή δεν υπήρχε δημόσια εκπαίδευση. Η εκπαίδευση αποτελούσε προνόμιο των λίγων και κυρίως οικονομικά εύπορων οικογενειών και ήταν ιδιωτική. Η διδασκαλία διεξαγόταν είτε στο σπίτι του μαθητή είτε στο σπίτι του δασκάλου, χώρων ουσιαστικά διδακτικά ακατάλληλων. Παρόμοια και κατά τους βυζαντινούς χρόνους κατά τους οποίους η εκπαίδευση τελούσε, ουσιαστικά, υπό την εποπτεία της εκκλησίας κυρίως στους εκκλησιαστικούς χώρους.

Εξελίξεις κατά τον 18^ο και 19^ο αιώνα

Δύσκολα θα μπορούσε να γίνει λόγος την εποχή αυτή για σχολικό κτίριο. Η συνηθέστερη δόμηση σχολείων στο δυτικό κόσμο κατά τον 18^ο αιώνα ήταν το ενιαίο κτίριο-αίθουσα [1]. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, η αστικοποίηση αλλά και η βιομηχανοποίηση των κρατών οδήγησε στην ανάγκη αναζήτησης συγκεκριμένων χώρων για τις εκπαιδευτικές ανάγκες της νέας κοινωνικής τάξης που δημιουργείται. Έτσι αρχικά τα σχολεία στεγάζονται σε εκκλησίες, σε αγροτόσπιτα της υπαίθρου, ή ακόμη και σε βιομηχανικά κτίρια. Στα σχολικά κτίρια υπήρχε συνήθως μια μόνο σχολική αίθουσα η οποία χρησιμοποιούταν για την ταυτόχρονη διδασκαλία όλων των μαθητών.

Στον Κυπριακό και Ελλαδικό χώρο συνήθως, σε χώρος διδασκαλίας αξιοποιούνταν χώροι μοναστηριών, εκκλησιών ή χώρων ιδιωτικών κατοικιών [2]. Τα ελάχιστα σχολεία αυτής της περιόδου χτίζονταν στον περίβολο της εκκλησίας ώστε να εξυπηρετείται ο δάσκαλος, ο οποίος ήταν συνήθως κληρικός [3]. Τα κτήρια αυτά αποτελούνταν από έναν ή δυο χώρους σε ορθογώνια κάτοψη. Ήταν απλά και προσαρμοσμένα στα υλικά και τη μορφή της τοπικής αρχιτεκτονικής. Αναφορικά με το σχολικό εξοπλισμό αξίζει να σημειωθεί ότι, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, ήταν σχεδόν ανύπαρκτος.

Ο τύπος σχολικών κτιρίων αλλάζει όταν ο σχολικός πληθυσμός αρχίζει να αυξάνεται ραγδαία με αποτέλεσμα να απαιτείται ξεχωριστός χώρος διδασκαλίας για μαθητές διαφορετικών ικανοτήτων και ηλικιών. Επίσης άλλη μια καθοριστική παράμετρος της

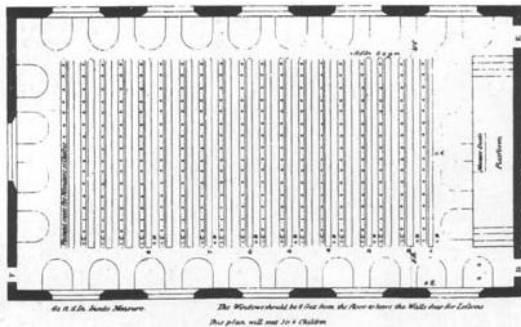
αλλαγής δόμησης των σχολικών κτιρίων ήταν η άνοδος του βιοτικού επιπέδου που απαιτούσε καλύτερες συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας για τους μαθητές [1].



Εικόνα 3: Τυπικό σχέδιο σχολείου στην ύπαιθρο της Αγγλίας στα μέσα του 19^{ου} αιώνα [4].



Εικόνα 4: Τυπικό σχέδιο σχολείων της Ελληνικής επαρχίας (Δαδί) κατά το 18^ο και 19^ο αιώνα [5].



Εικόνα 5: Κάτοψη σχολείου στη Βρετανία για 304 μαθητές [4].



Εικόνα 6: Το σχολείο L'école de Sécheron στη Γενεύη, Απρίλιος 1914 [4].

Το 1874 η έκδοση ενός βιβλίου του E. R. Robson με τίτλο “School Architecture: Being practical remarks on the planning, designing, building and furnishing of school-houses” αποτελεί ορόσημο στην κατασκευή σχολικών κτιρίων καθώς καταθέτει προτάσεις σχετικά με το σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων [1]. Ο συγγραφέας υποστήριζε ότι ο σχεδιασμός της σχολικής αίθουσας θα πρέπει να αποσκοπεί στην υγιεινή διαβίωση των μαθητών και την αποτελεσματική διδασκαλία τους.

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για την οργάνωση της εκπαίδευσης στην Ελλάδα έγινε από τον κυβερνήτη Ι.Καποδίστρια [3]. Για πρώτη φορά στην Ελλάδα έγινε οργανωμένη προσπάθεια για την ανέγερση διδακτηρίων που να ικανοποιούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις στέγασης του εκπαιδευτικού συστήματος.

Τα σχολεία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα

Από το 1900 έως το 1930, στο Ηνωμένο Βασίλειο κυριάρχησε το κίνημα σχολείων «με καθαρό αέρα και ήλιο» (“Open-air School Movement”) [1]. Το κίνημα έδινε έμφαση σε θέματα υγιεινής, φυσικού αερισμού, φυσικού φωτισμού και ηλιασμού των σχολικών αιθουσών στοχεύοντας σε μια προσπάθεια να ξεπεραστούν οι υγρές και μουντές αίθουσες διδασκαλίας των προηγούμενων δεκαετιών. Προϋπόθεση για τα σχολεία του εν λόγω κινήματος ήταν η χωροθέτηση του σχολικού κτιρίου σε μεγάλο οικόπεδο έτσι ώστε το άνοιγμα της μίας πλευράς των αιθουσών να βρίσκεται στον εξωτερικό χώρο. Επίσης, για να επιτευχθεί ο διαμπερής αερισμός και η αύξηση της επιφάνειας των παραθύρων, ήταν απαραίτητη μια πιο ανοιχτή μορφή οργάνωσης των αιθουσών, με διαδρόμους και ημιυπαίθριους χώρους να χωρίζουν τις αίθουσες. Έτσι καθιερώθηκε και ο αμφίπλευρος φωτισμός [6]. Στις νέες κατασκευές τα σχολικά κτίρια προσανατολίζονται στο νότο και χρησιμοποιούνται ευρέως τα συρόμενα και αναδιπλούμενα παράθυρα. Με αυτόν τον τρόπο οι αίθουσες διδασκαλίας είχαν πρόσβαση σε καθαρό αέρα και άμεσο ηλιακό φως.

Λίγο πριν και αμέσως μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο υπήρχε έντονη επιρροή του κινήματος «open-air school», έτσι ο φωτισμός και αερισμός έπαιζαν πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό κτιρίων στη Μεγάλη Βρετανία. Οι αρχές του κινήματος αυτού συμπίπτουν, σε γενικές γραμμές, και με τις αρχές του μοντέρνου κινήματος, το οποίο έδωσε έμφαση στη χρήση μεγάλων υαλοστασίων, εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες των μεταλλικών κατασκευών που άκμαζαν εκείνη την εποχή. Ένα χαρακτηριστικό εκπαιδευτικό κτίριο εκείνης της εποχής, είναι η Σχολή Bauhaus στο Dessau της Γερμανίας που χαρακτηρίζεται από τεράστιες επιφάνειες υαλοστασίων.



Εικόνα 7: Σχολείο του κινήματος “open air school movement” στη Μεγ. Βρετανία [6]

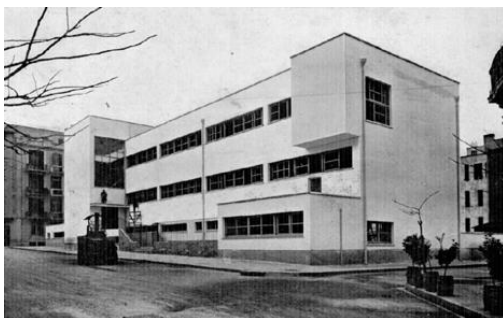


Εικόνα 8: Τμήμα της Σχολής του Bauhaus στο Dessau της Γερμανίας Πηγή: www.bauhaus.co.il/the-school.html

Αυτές δημιούργησαν πολλά προβλήματα, όπως υπερθέρμανση το καλοκαίρι και κρύο το χειμώνα. Επίσης, παρόλο που προσέφεραν άπλετο φυσικό φως, προκαλούσαν θάμβωση

στους χρήστες. Έτσι, μετά από χρόνια σε κάποια τμήματα των υαλοστασίων προστέθηκαν μαύρα πάνελ, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

Κατά την περίοδο του μοντέρνου κινήματος, κτίστηκαν και στην Ελλάδα τα λεγόμενα «σχολεία του '30», που αποτέλεσαν επανάσταση στο σχεδιασμό σχολικών κτιρίων για τα ελληνικά δεδομένα. Πραγματοποιείται τότε μια σημαντική εκπαιδευτική μεταρρύθμιση και ένα πρόγραμμα κατασκευής σχολικών κτιρίων πολύ πρωτοποριακό για την εποχή. Δημιουργείται μια υπηρεσία για να μελετήσει τα κτιριολογικά, μορφολογικά, κατασκευαστικά και οικονομικά προβλήματα σύμφωνα με τις νέες συνθήκες που είχαν διαμορφωθεί και τις σχολικές ανάγκες. Με το πρώτο αυτό σημαντικό πρόγραμμα ανέγερσης σχολικών κτιρίων καθιερώθηκαν δύο βασικοί τύποι σχολείων βασισμένοι κυρίως στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες [7]. Ο «βορεινός» (ορεινός) τύπος με γραμμική διάταξη των αιθουσών διδασκαλίας στο νότο, κλειστό βορεινό διάδρομο προσπέλασης και μονόπλευρο φωτισμό. Αυτός ο τύπος ήταν κατάλληλος κυρίως για τις ορεινές και βόρειες περιοχές με ψυχρό κλίμα, αλλά εφαρμόστηκε και σε περιοχές με ηπιότερο κλίμα. Ο «μεσημβρινός» (πεδινός) τύπος με γραμμική διάταξη των αιθουσών διδασκαλίας προσανατολισμένων προς το νότο και με ανοικτό νότιο διάδρομο προσπέλασης. Ο φωτισμός είναι μονόπλευρος από τα νότια ανοίγματα των αιθουσών ή αμφίπλευρος όταν υπάρχουν και βορινά ανοίγματα. Ο μεσημβρινός τύπος εφαρμόστηκε στις πεδινές και νότιες περιοχές της χώρας με ήπιο κλίμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το πλάτος του διαδρόμου μεγάλωσε και πήρε τη μορφή ημιυπαίθριας στοάς, ιδίως σε μονόροφα σχολικά κτίρια. Τα «Σχολεία του '30» εξακολούθησαν να κτίζονται στην Ελλάδα έως τον β' παγκόσμιο πόλεμο. Το τέλος της περιόδου των «Σχολείων του '30» ήρθε τυπικά το 1962 με την ίδρυση του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων (Ο.Σ.Κ.) [3].



Εικόνα 9: Ανώτερο Παρθεναγωγείο Θεσσαλονίκης (οδός Καρ. Ντηλ), 1933. Αρχιτέκτων: Ν. Μητσάκης



Εικόνα 10: Διδακτήριο οδού Κωλέττη, Αθήνα, 1932. Αρχιτέκτων: Ν. Μητσάκης

Τα σχολεία στα τέλη του 20^{ου} αιώνα

Στην πορεία, αλλαγές στο εκπαιδευτικό σύστημα κυρίως στην Ευρώπη άλλαξαν και τον τρόπο χρήσης του σχολικού χώρου. Σταδιακά, και με τη χρήση μηχανικού κλιματισμού στα σχολεία, διαμορφώθηκε η άποψη ότι μικρότερα παράθυρα θα βελτιώναν την ενεργειακή απόδοση [8]. Επίσης οι θεωρητικοί της εκπαίδευσης θεωρούσαν ότι τα παράθυρα ήταν υπεύθυνα για την απόσπαση της προσοχής των μαθητών [9]. Έτσι το αποτέλεσμα ήταν πολλά νεόκτιστα σχολεία χρησιμοποιούσαν ελάχιστα το φυσικό φως. Γεγονός είναι επίσης ότι από τη δεκαετία του 1970 και μετά, παρουσιάστηκαν και σχολεία χωρίς παράθυρα [1]. Μάλιστα, στη Φλόριδα των Η.Π.Α. ψηφίστηκε νόμος που απαιτούσε να έχουν όλα τα σχολεία μηχανικό κλιματισμό και καθόλου παράθυρα [10]. Τα παραπάνω σχολεία χωρίς παράθυρα ανήκουν στην κατηγορία των κτιρίων που κατασκευάστηκαν ώστε να αποκλείουν τις επιδράσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το κύριο χαρακτηριστικό των κτιρίων αυτών ήταν η συμπαγής τους μορφή και η περιορισμένη επιφάνεια παραθύρων, των οποίων ο προσανατολισμός είχε μικρή σημασία [1].

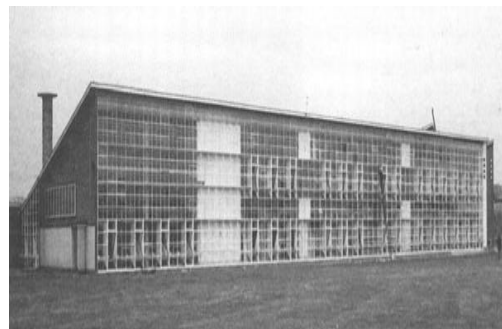
Σε αντίθεση με τα παραπάνω έρχονταν εκείνα που προσπαθούσαν να μεγιστοποιήσουν την εκμετάλλευση των περιβαλλοντικών πηγών ενέργειας (ηλιακά κέρδη, φυσικός φωτισμός, κ.λ.π.) Τα σχολεία που ανήκαν στην κατηγορία χωρίς παράθυρα προκάλεσαν τη διενέργεια ερευνών σχετικά με την επίδραση του τεχνητού αυτού περιβάλλοντος στην υγεία και ψυχολογία των μαθητών. Οι πρώτες από αυτές τις έρευνες (δεκαετίες '60, '70, '80) δεν οδήγησαν σε καθαρά συμπεράσματα. Για παράδειγμα, σύμφωνα με έρευνα του Collins η απουσία παραθύρων στα σχολεία ούτε χειροτερεύει και ούτε βελτιώνει την επίδοση των μαθητών. Παρόλα αυτά, ο ίδιος ερευνητής δεν προτείνει το σχεδιασμό σχολείων χωρίς παράθυρα γιατί, όπως υποστηρίζει, δεν είναι γνωστές οι μακροχρόνιες επιδράσεις τους στα παιδιά [11]. Στη συνέχεια στις αρχές του 1979, ο Tikkanen μελέτησε 400 μαθητές ηλικίας 16 ετών σε 5 σχολεία της Σουηδίας [12]. Ανακάλυψε πως η συχνότητα κούρασης των ματιών ήταν πολύ μεγαλύτερη στις αίθουσες που φωτιζόνταν μόνο μέσω ανοιγμάτων στην οροφή σε σύγκριση με αυτές που είχαν τα κλασσικά ανοίγματα στον πλαϊνό τοίχο τα οποία πρόσφεραν θέα ακόμα και από καθιστή θέση. Στη συνέχεια ο Stewart μελέτησε τη συμπεριφορά μαθητών ως προς το φυσικό φωτισμό σε 350 νηπιαγωγεία του Ηνωμένου Βασιλείου [13]. Στην έρευνα αυτή εξετάστηκαν κοινωνικοί παράγοντες, στοιχεία του χαρακτήρα κάθε μαθητή καθώς και τα χαρακτηριστικά της κάθε τάξης. Ο Stewart συμπέρανε πως ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών επέλεγε να καθίσει κοντά στα παράθυρα, κυρίως λόγω της παρουσίας περισσότερου φυσικού φωτισμού. Επίσης, διαπιστώθηκε πως η

θέα προς τα έξω καθώς και η θερμική και οπτική άνεση είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή της αγαπημένης θέσης των μαθητών.

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 εμφανίζονται με αυξητική τάση τα σχολεία με παθητικά ηλιακά συστήματα. Τα γενικά τους χαρακτηριστικά ήταν η απλωμένη κάτοψη και η προσεκτική χωροθέτηση των τάξεων σε σχέση με τον προσανατολισμό. Στο νότο δημιουργούνταν μεγάλα ανοίγματα για την αξιοποίηση των ηλιακών κερδών, ενώ τα βορινά ανοίγματα ήταν περιορισμένα. Αξίζει να σημειωθεί το πρώτο «παθητικό» σχολείο, το St. Mary's School στο Wallasey της Μεγ. Βρετανίας, που κτίστηκε το 1961 και λειτουργεί μέχρι και σήμερα. Το κτίριο αυτό αποτέλεσε ένα γενναίο πειραματικό εγχείρημα προσπαθώντας να καλύψει τις θερμαντικές ανάγκες των τάξεων αποκλειστικά μέσω των ηλιακών κερδών, των θερμικών κερδών από τους χρήστες και από τον τεχνητό φωτισμό. Ενώ αρχικά η έμφαση δόθηκε στη θερμική συμπεριφορά του σχολείου, αργότερα διεξήχθη έρευνα σχετικά με τα επίπεδα φωτισμού και τη συμπεριφορά των χρηστών στις σχολικές αίθουσες.



Εικόνα 11: Αίθουσα με ελάχιστο φυσικό φωτισμό σε σχολείο στις Η.Π.Α [14].



Εικόνα 12: Το πρώτο «παθητικό ηλιακό σχολείο» St. Mary's School (1961).

Από το τέλος της δεκαετίας του '80 μέχρι και σήμερα παρατηρείται σταδιακά μια ποιοτική αναβάθμιση στο σχεδιασμό των σχολείων, δεδομένου ότι αρχιτέκτονες και εκπαιδευτικοί ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες και νέες θεωρίες της εκπαίδευσης.

Παράλληλα και στην Ελλάδα εμφανίστηκε το βιοκλιματικό σχολείο και αντίστοιχα στις ορεινές περιοχές της Κύπρου υιοθετούνται παθητικές τεχνικές θέρμανσης των σχολικών κτιρίων. Ένας νέος τύπος προηγμένου τεχνολογικά και κατασκευαστικά σχολείου που αξιοποιεί κυρίως την ηλιακή ενέργεια για την αντιμετώπιση λειτουργικών του αναγκών. Η σημερινή εποχή θα αποτελέσει σημείο αναφοράς στις μελλοντικές γενιές καθώς θα εισαχθούν στις δυτικές κοινωνίες τα σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης σχολικά κτίρια ένεκα της ενεργειακής κρίσης που επηρεάζει την εποχή.

2.2 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων

Η βιωσιμότητα του δομημένου περιβάλλοντος βασίζεται σε τρεις πυλώνες: τα βιώσιμα υλικά στις κατασκευές, τη βιώσιμη χρήση της ενέργειας και τη διαχείριση των αποβλήτων [15]. Η εσωτερική ποιότητα του αέρα, η ενεργειακή απόδοση και οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι οι τρεις κύριες πτυχές που επηρεάζουν τα κτίρια [16,17]. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση στις μέρες μας προκαλεί σοβαρά προβλήματα ανά τον κόσμο. Τα κτίρια ευθύνονται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον πλανήτη [18]. Είναι αδύνατο να βελτιωθεί αυτή η κατάσταση, χωρίς μια ενεργειακά αποδοτική ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων [19]. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των νέων αλλά και των υφιστάμενων κτιρίων όπως σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία κ. α. και αυτός είναι ο λόγος που ερευνητές ανά τον κόσμο ασχολούνται με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος.

Τα εκπαιδευτικά κτίρια όπως νηπιαγωγεία, σχολεία και πανεπιστήμια αποτελούν ένα αξιόλογο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος που αφορά τις μη οικιστικές κατασκευές. Τα σχολικά κτίρια αποτελούν μια μάλλον ιδιαίτερη κατηγορία κτιρίων καθώς το κόστος για θέρμανση, ψύξη και αερισμό είναι οι κύριες δαπάνες τους. Επιπλέον, τα σχολεία παρέχουν την ευκαιρία για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για τους πολίτες του μέλλοντος με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.

Τα σχολεία καταναλώνουν αυξημένα ποσοστά ενέργειας σε όλες τις χώρες. Ενδεικτική είναι η έρευνα των Perez, Ortiz & Pout στη οποία φαίνεται ότι τα σχολεία στην Αμερική καταναλώνουν κατά μέσο όρο το 13% της συνολικής ενέργειας στην Ισπανία το 4% και στο Ηνωμένο Βασίλειο το 10% [20]. Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα σχολικό κτίριο συνεπάγεται άμεσα και μείωση του ετήσιου κόστους του. Επίσης η εσωτερική άνεση, η ποιότητα αέρα καθώς και η ενεργειακή απόδοση είναι οι τρεις τομείς που επηρεάζουν άμεσα το σχολικό περιβάλλον [21, 22].

Ο ενεργειακός έλεγχος των κτιρίων αποτελεί πια επιτακτική ανάγκη. Ήδη μερικές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν στοιχεία δεκαετιών για την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τους αποθέματος και διενεργούν συγκριτικές μελέτες για βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης [23,24,25]. Στην Κύπρο όπως και σε κάποιες άλλες χώρες δεν υπάρχουν καταγραφές για τις καταναλώσεις και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κατά τα προηγούμενα έτη με αποτέλεσμα η έλλειψη στοιχείων να είναι τροχοπέδη στις όποιες ενέργειες και έρευνες προσπαθούν να υλοποιηθούν.

2.2.1 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Κύπρο

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν έχουν γίνει σχεδόν καθόλου καταγραφές που να αφορούν την ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων της Κύπρου. Εξαιρέση αποτελούν κάποιες καταγραφές σε συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά οι οποίες αποτελούν και μέρος της παρούσας διατριβής. Κάποιες πρώτες ενδείξεις διαφάνηκαν μετά από έρευνα σε μικρό αριθμό σχολείων [26]. Τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά και έδειξαν ότι τα σχολικά κτίρια στην Κύπρο καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής πρόνοιες εξοικονόμησης ενέργειας και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των σχολικών συγκροτημάτων δεν ευνοούν στην καλή ενεργειακή τους απόδοση [27,28]. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων, με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος iSBEMcy, κατατάσσεται σε επίπεδα κατώτερα της Δ κλάσης. Η νομοθεσία της Ε.Ε. επιβάλλει σήμερα τα νέα κτίρια να είναι κλάσης Β ή καλύτερης οπότεν διαφαίνεται άμεσα το πρόβλημα ως προς την ενεργειακή απόδοση που αντιμετωπίζουν τα σχολικά συγκροτήματα. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο κατά το έτος 2009 κυμάνθηκε σε τιμές μεταξύ των 40 και 150 kWh/m² με μέσο όρο τις 70,24 kWh/m² [29,30,31] τιμές που συνάδουν όπως θα φανεί στη συνέχεια και με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Η συλλογή στοιχείων του σχολικού κτιριακού τομέα και οι αναφορές στην ενεργειακή κατανάλωση θα δημιουργήσει μια βάση δεδομένων η οποία θα φανεί πολύ χρήσιμη και βοηθητική σε μεταγενέστερες έρευνες. Η συσχέτιση επίσης της ενεργειακής κατανάλωσης με την ποιότητα και θερμική κυρίως άνεσης εντός των σχολικών χώρων επηρεάζει άμεσα την ομαλή λειτουργία των σχολείων. Ως εκ τούτου η μελέτη θα πρέπει να καλύψει ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων οι οποίες θα πρέπει να συνυπολογίζονται κατά το σχεδιασμό ή την ανακαίνιση των σχολικών συγκροτημάτων. Για να επιτευχθεί η αλλαγή της τεχνογνωσίας και της τεχνοτροπίας που χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή στο νησί, καθώς και για να εφαρμοστούν νέες μέθοδοι οι οποίες θα επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα θα πρέπει πρώτα απ' όλα να γίνουν οι απαραίτητες έρευνες και μελέτες έτσι ώστε να υπάρξουν οι βάσεις για μια ορθή ανάπτυξη με γνώμονα την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, την ποιότητα αλλά και την άνεση στο εσωτερικό χώρο. Αυτό το κενό στη βιβλιογραφία έπεται να καλύψει η παρούσα έρευνα.

2.2.2 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα

Στην γειτονική μας Ελλάδα ομάδες ερευνητών ασχολούνται κατά κόρον με την ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων κυρίως τις τελευταίες δυο δεκαετίες. Στις αρχές της

δεκαετίας του 1990 πραγματοποιήθηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας της Ελλάδας μια βραχυπρόθεσμη εκστρατεία παρακολούθησης σχολείων με στόχο να εντοπιστούν τα προβλήματα και οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας τους, σε σχέση πάντα με την ενεργειακή απόδοση και την εσωτερική άνεση. Σε αυτή τη μελέτη συγκεντρώθηκε υλικό από σχολεία όλων των βαθμίδων από πολλές περιοχές της χώρας. Έγινε καταγραφή και ταξινόμηση των διαφόρων κατηγοριών και τύπων σχολικών κτιρίων καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών τους τα οποία επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση. Η κατανάλωση ενέργειας η οποία αντιστοιχεί στο σύνολο των σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα είναι της τάξης των 270000 MWh ετησίως. Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία εκτιμήθηκε γύρω στις 92 kWh/m² θερμαινόμενου χώρου αλλά πολύ συχνά φτάνει τις 100 έως και 200 kWh/m². Μέσα από την έρευνα βρέθηκε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με έναν σωστό συνδυασμό επεμβάσεων είναι τουλάχιστον 30% [32]. Στην Ελλάδα έγινε επίσης μια πενταετής έρευνα κατά τη δεκαετία του 1990 σε 238 σχολεία βάσει της κατασκευής τους, της θέρμανσης-ψύξης, του φωτισμού και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Η έρευνα έγινε βάσει συμπλήρωσης ερωτηματολογίων και επιτόπου παρακολούθησης. Βάσει αυτής της μελέτης δημοσιεύτηκαν πολλά επιστημονικά άρθρα και εκδόθηκε και ειδικό εγχειρίδιο- Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας σε σχολικά κτίρια [33,34]. Η έρευνα έδειξε ότι 27% των σχολείων που μελετήθηκαν κατανάλωναν λιγότερο από 100kWh/m² και το 47% καταναλώνει μεταξύ 100 και 200 kWh/m². Η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για το 57% των σχολείων είναι λιγότερη από 20kWh/m², ενώ 20% των σχολείων καταναλώνει μεταξύ 20 και 40 kWh/m². Το 45% των σχολείων καταναλώνει λιγότερες από 40 kWh/m² για θέρμανση ενώ το 33% καταναλώνει μεταξύ 40 και 80 kWh/m². Τα περισσότερα σχολεία στην Ελλάδα δεν έχουν κεντρικό σύστημα ψύξης (μονάδες διαιρεμένου τύπου). Στην μελέτη που έγινε αποδεικνύεται πόσο ενεργοβόρος είναι ο κλιματισμός. Έγινε σύγκριση μεταξύ 222 φυσικά αεριζόμενων κτιρίων και 16 κτιρίων με συστήματα ψύξης. Η ετήσια κατανάλωση των σχολείων με φυσικό αερισμό ήταν 119kWh/m² σε αντίθεση με τα άλλα σχολεία όπου η κατανάλωση ανέβαινε στις 180kWh/m². Η θερμομόνωση των κτιρίων αποδείχτηκε ακόμη ένας σημαντικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας. Τα θερμομονωμένα σχολικά κτίρια παρουσίασαν 40% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σχετικά με τα μη θερμομονωμένα. Άλλος ένας κύριος παράγοντας κατανάλωσης ενέργειας είναι ο φωτισμός. Το 75% των σχολείων καταναλώνει μέχρι και 20 kWh/m² για φωτισμό. Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός των σχολείων (H/Y, φωτοτυπικές μηχανές,

ανελκυστήρες κ.α) καταναλώνει περίπου 20% την συνολικής ζήτησης. Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε ότι τα ελληνικά σχολεία καταναλώνουν μέσο όρο 93 kWh/m²[35].

Σε πιο πρόσφατες μελέτες που έγιναν μετά το 2000 αναφέρονται νέα δεδομένα για το κτιριακό απόθεμα. Στον ποσοτικό προσδιορισμό των δυνητικών πλεονεκτημάτων και τον προσδιορισμό των προτεραιοτήτων για την ανάπτυξη στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό μη οικιστικό τομέα αναφέρεται το άρθρο [36]. Στη μελέτη καταγράφηκαν στοιχεία για σχολεία, γραφεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κτλ. Ο τριτογενής τομέας (μη οικιστικός και γεωργικός) φαίνεται ότι θα αυξήσει τις ενεργειακές του απαιτήσεις κατά 1,2% μεταξύ 2000 και 2030. Επίσης ο μη οικιστικός τομέας στη Ελλάδα καταναλώνει (2006) 47,6% για ηλεκτρισμό και 8,2% για θέρμανση, ποσοστά επί της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται. Στην παρούσα μελέτη τα στοιχεία που αφορούν τα σχολεία βασίζονται σε επίσημα στοιχεία που δόθηκαν από τον Ελληνικό Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων και σχετικές υπάρχουσες μελέτες. Το κτιριακό απόθεμα ομαδοποιείται σε τρεις χρονικές κατηγορίες ανάλογα με το έτος κατασκευής, δηλαδή πριν το 1980, μεταξύ 1980-2001 και 2002-2010. Μια τεχνικό οικονομική ανάλυση δείχνει τα οφέλη από την εφαρμογή 14 διαφορετικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Το 2006 η ερευνητική ομάδα Santamouris et al [23], δημοσίευσε μια μελέτη με δεδομένα από συνολικά 320 σχολεία και στοιχεία τριών χρόνων τα οποία αναλύθηκαν με βάση την ενεργειακή τους απόδοση και ανέπτυξαν κάποιες καινοτόμες τεχνικές ομαδοποίησης. Από τα 320 σχολεία μελετήθηκαν λεπτομερώς και προσομοιώθηκαν 10 σχολεία με το λογισμικό TRNSYS. Η μέση κατανάλωση για θέρμανση ήταν 68 kWh/m²/yr και η μέση κατανάλωση για ηλεκτρικό ρεύμα 27 kWh/m²/yr. Φάνηκε ότι υπάρχουν δυνατότητες μείωσης του θερμικού φορτίου σε ποσοστό 36% με 72% και ψυκτικού φορτίου σε ποσοστό 60% με 78% έπειτα από ένα συνδυασμό μέτρων.

Αριθμός μελετών εστιάστηκε και στη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα στη Γ' κλιματική ζώνη η οποία παρουσιάζει χαμηλές θερμοκρασίες [37,38]. Εντοπίστηκε σε αυτές τις μελέτες φτωχή εσωτερική ποιότητα κυρίως λόγω της απουσίας θερμομόνωσης και κακής διαχείρισης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για κλιματισμό και φωτισμό. Η μελέτη [37] διεξήγαγε έλεγχο στο 62% των δημόσιων νηπιαγωγείων και δημοτικών σχολείων της Κοζάνης και η μέση κατανάλωση για θέρμανση βρέθηκε να είναι 135,9 kWh/m² για τα νηπιαγωγεία και 105,8 kWh/m² για τα δημοτικά. Τα νηπιαγωγεία καταναλώνουν σε αυτή την περιοχή 28% περισσότερη ενέργεια για θέρμανση ανά ώρα λειτουργίας. Επίσης η μέση κατανάλωση ηλεκτρισμού ήταν 7,5

kWh/m² για τα νηπιαγωγεία και 9,3 kWh/m² για τα δημοτικά. Σε αυτή την έρευνα φαίνονται ξεκάθαρα οι αυξημένες ανάγκες (σε σύγκριση με προηγούμενες βιβλιογραφικές αναφορές) σε θέρμανση και οι μειωμένες ανάγκες για ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό οφείλεται στις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής οι οποίες παίζουν καταλυτικό ρόλο στις ανάγκες κλιματισμού των κτιρίων. Η μελέτη [38] αναφέρεται επίσης στη Γ' κλιματική ζώνη της Ελλάδας και συγκεκριμένα στην πόλη των Γρεβενών. Η έρευνα διεξήχθη με επιτόπου μετρήσεις και προσομοιώσεις με το λογισμικό Thermal model SUMMER 2. Η συνολική κατανάλωση για θέρμανση στο υπό προσομοίωση σχολείο βρέθηκε 125,32 kWh/m² ποσό το οποίο επαλήθευσε προηγούμενη έρευνα των ιδίων, Kostarela και Dimoudi, στην ίδια κλιματική περιοχή [39]. Η προηγούμενη μελέτη η οποία αφορούσε της πραγματικές καταναλώσεις σχολείων της υπό εξέταση περιοχής έδειξε ένα μέσο όρο κατανάλωσης για θέρμανση 123,31 kWh/m² και πιο συγκεκριμένα 115,38 kWh/m² στα θερμομονωμένα σχολεία και 139,16 kWh/m² στα μη θερμομονωμένα και ηλεκτρική κατανάλωση με μέσο όρο 14,31 kWh/m².

Η Γ' κλιματική ζώνη της Ελλάδας απασχόλησε πολύ του ερευνητές σε μια προσπάθεια να βρουν τις κατάλληλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας σε περιοχές με αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης. Το 2010 σε συνέδριο το οποίο πραγματοποιήθηκε στη Ρόδο παρουσιάστηκαν μελέτες σχετικές με τις περιοχές του Εύρου και των Σερρών [40,41]. Στη μελέτη των F, Vagi & A. Dimoudi [40] η έρευνα έγινε σε δέκα δημοτικά σχολεία στον Εύρο. Μελετήθηκαν οι καταναλώσεις από το 2001 μέχρι και το 2005 και δημιουργήθηκαν ερωτηματολόγια που αφορούσαν τις εσωτερικές συνθήκες, τη θερμική άνεση, την ποιότητα αέρα και το θόρυβο και δόθηκαν στους δασκάλους των δημοτικών σχολείων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι απαιτείται μέση συνολική ενέργεια για κάθε σχολείο 79,82 kWh/m² από την οποία οι 71,18 kWh/m² απαιτούνται για θέρμανση και οι 8,64 kWh/m² για ηλεκτρικό ρεύμα. Στην παρούσα μελέτη έγινε επίσης σύγκριση τριών διαφορετικών τύπων σχολείων. Μη θερμομονωμένα σχολεία, θερμομονωμένα και παλαιά σχολεία με νέες προσθήκες. Τα μη θερμομονωμένα σχολεία καταναλώνουν για θέρμανση 89,40 kWh/m², τα θερμομονωμένα 56,65 kWh/m² και τα παλαιά σχολεία με νέες προσθήκες 72,32 kWh/m². Σε πανελλαδικό επίπεδο 72% του συνολικού ποσοστού ενέργειας αφορά τη θέρμανση των σχολείων ενώ στον Εύρο αυτό το ποσοστό ανέρχεται στο 89%. Είναι φανερό και σε αυτή τη μελέτη οι αυξημένες ανάγκες ενέργειας για θέρμανση λόγω χαμηλών θερμοκρασιών.

Στη μελέτη [41] μελετήθηκαν 52 σχολεία της περιοχής των Σερρών τα οποία αποτελούν το 91% των σχολείων της περιοχής. Τα σχολεία διαχωρίστηκαν βάσει χρονολογίας κατασκευής και μεγέθους και έγιναν επιτόπου μετρήσεις και συλλογή στοιχείων 3

συνεχόμενων χρόνων. Η έρευνα απέδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση των σχολείων εξαρτάται από την παλαιότητα τους. Όσα κτίστηκαν πριν από το 1950 καταναλώνουν μέσο όρο 86kWh/m^2 , όσα κτίστηκαν μεταξύ 1950 και 1990 καταναλώνουν 102kWh/m^2 και τα νεόδμητα κτίρια μετά το 1990 καταναλώνουν 61kWh/m^2 . Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν επίσης ότι η μέγιστη τιμή για θέρμανση στα σχολεία είναι 212kWh/m^2 και η μέση τιμή 88kWh/m^2 . Η μέση τιμή κατανάλωσης στα θερμομονωμένα σχολεία είναι 86kWh/m^2 και στα μη θερμομονωμένα 98kWh/m^2 . Η μέση τιμή κατανάλωσης ηλεκτρισμού ανέρχεται στις 9kWh/m^2 και η μέση συνολική τιμή ενεργειακής κατανάλωσης στα σχολεία των Σερρών ανέρχεται στις 95kWh/m^2 .

Στο ίδιο συνέδριο παρουσιάστηκε άλλη μια μελέτη η οποία αφορούσε τα σχολεία της περιοχής των Χανίων [42]. Στάλθηκαν ερωτηματολόγια σε πάνω από 20 σχολεία στα Χανιά. Τα κτίρια χωρίστηκαν σε αυτά που κτίστηκαν πριν και μετά το 1980. Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων διαιρέθηκαν σε 4 ενότητες: α) πληροφορίες για τα σχολικά κτίρια (χαρακτηριστικά, κλιματισμός, φωτισμός, καταναλώσεις κ.α) β) εσωτερική άνεση (θερμική, οπτική, ποιότητα αέρα) γ) επίπεδο γνώσης της οδηγίας 2002/91/EK η οποία αναφέρεται στην ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δ) εισηγήσεις και προτάσεις των ερωτηθέντων για την ενεργειακή αναβάθμιση των σχολείων. Κάτι το οποίο φάνηκε να είναι σημαντικός παράγοντας και να επηρεάζει την ενεργειακή συμπεριφορά των σχολείων είναι ο συντελεστής “occupation density of classrooms” δηλ. της πυκνότητας στις αίθουσες διδασκαλίας ανάλογα με τον αριθμό των μαθητών. Στην προκειμένη περίπτωση φαίνεται να αναλογούν $1,8\text{ m}^2$ ανά μαθητή. Επίσης τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλό επίπεδο γνώσης αναφορικά με τα θέματα ενεργειακής απόδοσης. Το 92% των ερωτηθέντων δεν γνώριζε τίποτα για την οδηγία 2002/91/EK και την υποχρέωση πιστοποίησης δημοσίων κτιρίων. Το δείγμα αποτελείται από 227 υπαλλήλους σχολείων. Η εσωτερική άνεση θεωρήθηκε ικανοποιητική εκτός από τους καλοκαιρινούς μήνες με τα χειρότερα αποτελέσματα να παρουσιάζονται στα σχολεία στις πόλεις. Επίσης θεωρούν ότι η ενέργεια που καταναλώνεται στα σχολεία είναι λογική και σχετικά σε μέσα επίπεδα κάτι το οποίο θα δυσκολέψει την επιβολή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Τέλος σε μια πρόσφατη δημοσίευση [43] επιλέχθηκαν 500 σχολεία και απάντησαν σε ερωτηματολόγια μόνο τα 135. Αναλύθηκαν βάσει της ηλικίας, του σχήματος, των ορόφων, του μεγέθους, τον αριθμό των μαθητών και τις ώρες λειτουργίας τους ανά κλιματική περιοχή. Εννιά από αυτά τα σχολεία αναλύθηκαν πιο λεπτομερώς βάσει της μεθοδολογίας του ANSI/ASHRAE Standard (American National Standards Institute/ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Ήταν μια ολιστική προσέγγιση

που την αποτελούσαν τρία στάδια: πρώτον, μια επιτόπου διερεύνηση των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών όπως θερμοκρασία, υγρασία και συγκεντρώσεις CO₂, δεύτερον, ενεργειακός έλεγχος για τη συλλογή πληροφοριών που αφορούν τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τρίτον, αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 59% των σχολείων είναι ηλικίας άνω των 30 ετών

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα (ΚΑΠΕ) έχει ήδη προβεί σε μια εκστρατεία ενημέρωσης μαθητών αλλά και εκπαιδευτικού προσωπικού για τη μείωση την ενεργειακής κατανάλωσης στα σχολεία. Έχει ήδη διαμοιράσει εγχειρίδια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για μαθητές γυμνασίου [44], οδηγούς εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης για το ευρύ κοινό [45] και οδηγίες για θερμική και οπτική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας στα δημόσια σχολεία [32].

2.2.3 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί την αλλαγή του κλίματος ως τη μεγαλύτερη μακροπρόθεσμη πρόκληση που αντιμετωπίζει το ανθρώπινο γένος. Είναι, επομένως, προτεραιότητα η μείωση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα, που είναι ένας από τους κύριους παράγοντες για την αλλαγή του κλίματος. Η επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων έχει εκδώσει την Πράσινη Βίβλο για την ενεργειακή απόδοση το 2005 για βοήθεια και καθοδήγηση των κρατών μελών [46]. Πολλά κράτη μέλη στο πλαίσιο της προσπάθειας για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου υιοθέτησαν στρατηγικές ανάπτυξης που βασίζονται στην ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων, κυρίως δημόσιων κτιρίων μεγαλύτερων των 1000 m². Με αυτό τον τρόπο εναρμονίζονται και με τις κοινοτικές οδηγίες οι οποίες αφορούν την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Αφορμή όλων των ερευνών αυτών ήταν η ενεργειακή κρίση η οποία είναι ένα σχετικά πρόσφατο γεγονός. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη θέσει σαν στόχο τη δημιουργία κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Εξέδωσε αρχικά την Οδηγία 2002/91/EC που αφορά την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και αναφέρεται συχνά με τη συντομογραφία EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) [47,48]. Η έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) είναι απαίτηση της οδηγίας EPBD με στόχο την ενεργειακή κατηγοριοποίηση κτιρίων όπως ορίζεται στο Άρθρο 7. Το ΠΕΑ προσδιορίζεται βάσει της Οδηγίας είτε μέσω της υπολογιστικής μεθόδου είτε μέσω της μετρητικής μεθόδου βασισμένης στην τελική κατανάλωση. Όπως αναφέρεται στο Άρθρο 9 της Οδηγίας τα κτίρια με εμβαδόν μεγαλύτερο των 1000m² τα οποία είναι δημόσια κτίρια και παρέχουν υπηρεσίες σε μεγάλο αριθμό ατόμων θα πρέπει να έχουν έγκυρο ΠΕΑ

αναρτημένο σε ευδιάκριτη θέση του κτιρίου. Τα δημόσια κτίρια άρα και τα σχολεία θα είναι τα πρώτα που πρέπει να εναρμονιστούν με τις νέες οδηγίες [49]. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να γίνονται μελέτες που αφορούν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και συγκεκριμένα των σχολείων. Τα σχολεία θεωρούνται άριστα παραδείγματα κτιρίων καθώς μπορούν να λειτουργήσουν θετικά στην αύξηση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών και κυρίως της νέας γενιάς. Στα σχολεία υπάρχει συμβολή των χρηστών και καταναλωτών, των δημόσιων αρχών της οικοδομικής αλλά και της ερευνητικής βιομηχανίας και αυτή η συνεργασία ωθεί στη δημιουργία των κατάλληλων βάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τη δημιουργία ορθής στρατηγικής. Τα σχολεία μπορούν να γίνουν τα πρώτα παραδείγματα κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης όπως προνοεί η νέα Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2010/31/EC. Με αυτούς τους στόχους πολλές ευρωπαϊκές χώρες διεξάγουν ήδη έρευνες με στόχο την μελέτη της ενεργειακής απόδοσης των σχολικών τους κτιρίων.

Το 1991 οι Harris, Probert & Nwokonkor [50] παρουσίασαν μια μελέτη έξι «ηλιακά παθητικών» σχολείων της Αγγλίας. Εκείνη τη χρονική περίοδο η Αγγλία είχε 23000 δημοτικά και 5000 γυμνάσια. Η προκαταρκτική τους έρευνα έδειξε ότι το Ηνωμένο Βασίλειο ξόδευε περίπου £75 εκατομμύρια το χρόνο για θέρμανση και φωτισμό. Η ενεργειακή κατανάλωση στα έξι σχολεία κυμαινόταν από 135,4 έως 232,6 kWh/m²/year. Στην παρούσα έρευνα παρουσίασαν και αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης ανά μαθητή τα οποία κυμαίνονταν από 598,3 έως 1209,3 kWh/m²/year.

Μέσα από μια ολιστική προσέγγιση φάνηκε ότι είναι εφικτό τα σχολεία στην Αγγλία να εξοικονομούν μέχρι και 20 εκατομμύρια λίρες και 300000 τόνους CO₂ με βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης των σχολείων. Η έρευνα έδειξε ότι τα σχολεία στο Ηνωμένο Βασίλειο εκπέμπουν μέχρι και 4 εκατομμύρια τόνους CO₂/year (1 τόνος CO₂ αντιστοιχεί με τις εκπομπές 6 διώροφων λεωφορείων). Επίσης τα σχολεία στο Η.Β ξοδεύουν 123 εκατομμύρια λίρες για ηλεκτρισμό ο οποίος ουσιαστικά αντιστοιχεί σε ποσοστό 17% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των σχολείων. Επειδή όμως το ηλεκτρικό ρεύμα είναι πολύ πιο ακριβό το κόστος του ανέρχεται σε ποσοστό 56% των συνολικών εξόδων των σχολείων. Η έρευνα επίσης έδειξε ότι η κατανάλωση για φωτισμό αντιστοιχεί σε ποσοστά 20 με 25%. Αυτή η ολιστική προσέγγιση προτείνει τη δημιουργία μιας Ενεργειακής Ομάδας στα σχολεία η οποία θα απαρτίζεται από καθηγητές, διοικητικό προσωπικό, μαθητές και εξωτερικούς υπεύθυνους και θα καθορίζει κάθε σχολική χρονιά την ενεργειακή πολιτική του σχολείου [51].

Το 1998 στη Σλοβενία η ενεργειακή κατανάλωση 24 σχολείων φάνηκε να υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια της νομοθεσίας [52]. Η έρευνα έδειξε ότι ο μέσος όρος που απαιτείται για θέρμανση ενός σχολείου είναι 100 kWh/m^2 και η μέση συνολική ενεργειακή κατανάλωση ήταν $192 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$. Επίσης το 60% των μαθητών δήλωσαν ότι η ποιότητα αέρα ήταν φτωχή εντός των σχολικών κτιρίων. Οι θερμικές απώλειες των κτιρίων έφταναν σε ποσοστά 89% πολύ πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Τα σχετικά φθηνά μέτρα αύξησης της ενεργειακής απόδοσης φάνηκε σε αυτή την περίπτωση ότι δεν θα ήταν ικανοποιητικά.

Στη Γαλλία η ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό και εμπορικό τομέα αποτελεί το 43% της συνολικής κατανάλωσης. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας των σχολείων αγγίζει τις $23,9 \cdot 10^9 \text{ kWh}$. Η ψύξη και η θέρμανση καταλαμβάνουν ποσοστό 87% της συνολικής κατανάλωσης, ο φωτισμός 6%, ο εξοπλισμός γραφείων 3% και όλες οι άλλες χρήσεις 4%. Η κύρια πηγή ενέργειας στα σχολεία είναι το πετρέλαιο με 41% χρήση και στη συνέχεια βρίσκονται το φυσικό αέριο 32%, ο ηλεκτρισμός 14%, 13% κάρβουνα κ.α. [53].

Στην Ιρλανδία το 2000 παρουσίασαν μια μεγάλη έρευνα με συλλογή στοιχείων από 2000 συνολικά δημόσια κτίρια εκ των οποίων τα 822 ήταν δημοτικά σχολεία [24]. Τα στοιχεία αφορούσαν τη σχολική χρονιά 1998-1999 και έδειξαν ότι η κατανάλωση για ηλεκτρικό ρεύμα κυμαίνεται μεταξύ 5 και 35 kWh/m^2 και για θέρμανση μεταξύ 50 και 200 kWh/m^2 .

Το 2008 στην Ιρλανδία παρουσιάστηκε άλλη μια έρευνα με πληροφορίες από 88 σχολεία [25]. Ο μέσος όρος κατανάλωσης για θέρμανση ήταν 96 kWh/m^2 . Έγινε κατηγοριοποίηση ενός σχολικού κτιρίου με υπολογιστική (asset) αλλά και μετρητική μέθοδο (operational) και κατατάχθηκε στις κατηγορίες Γ και Β αντίστοιχα. Η σύγκριση των δύο μεθόδων μπορεί να δώσει πολύ ενδιαφέρουσες πληροφορίες για να καταλήξουμε στην πιο συμφέρουσα, ανάλογα με τον τύπο κτιρίου κάθε φορά, μέθοδο την οποία πρέπει να ακολουθήσουμε.

Στη Γερμανία οι Beusker, Stoy and Pollalis [54] δημοσιοποίησαν το 2011 μια μελέτη 105 σχολικών συγκροτημάτων η οποία αφορούσε την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση. Στην τυχαία επιλογή σχολείων υπήρχαν 28 δημοτικά, 9 επαγγελματικού τύπου σχολεία (τεχνικές σχολές) και 68 άλλου τύπου όπως αναφέρεται. Από αυτά τα 19 βρίσκονταν στο κέντρο της πόλης της Στουτγκάρδης, 70 στα προάστια και 16 σε αγροτικές περιοχές. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση σε αυτά τα σχολεία κυμάνθηκε από 31 έως $205 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ με μέση τιμή $93 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ και μέγιστη τιμή τις $205 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$.

Την τελευταία δεκαετία και οι Ιταλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί αρκετά με την ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων. Οι Desideri & Proietti το 2002 συνέλεξαν στοιχεία από 42 συνολικά σχολεία στην κεντρική Ιταλία [55]. Από τα 29 σχολεία πήραν στοιχεία για τις

καταναλώσεις θέρμανσης και από τα άλλα 13 για τις καταναλώσεις ηλεκτρισμού. Από την έρευνα προέκυψε ότι για θέρμανση στην κεντρική Ιταλία χρησιμοποιείται κυρίως φυσικό αέριο και πετρέλαιο θέρμανσης. Η κατανάλωση για θέρμανση στα υπό μελέτη σχολεία ανέρχεται σε ποσοστό 80% και η κατανάλωση για ηλεκτρισμό στο υπόλοιπο 20%. Η μελέτη έγινε βάσει οικονομικής έρευνας ποιότητας (Net present value) και έδειξε ότι μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια για θέρμανση και ηλεκτρισμό της τάξης του 38% και 46% αντίστοιχα.

Το 2008 δημοσιεύτηκε μια έρευνα με δείγμα από 120 σχολεία στην περιοχή του Τορίνο [56]. Ο μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ήταν 100 kWh/m². Το κλίμα στο Τορίνο, Βορειοδυτική Ιταλία είναι ηπειρωτικό με κρύους ξηρούς χειμώνες και ζεστά υγρά καλοκαίρια. Η έρευνα αυτή έγινε πριν από τη δημοσίευση της οδηγίας 2002/91/EK και μελετούσε τη δημιουργία μεθόδου υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση βασισμένη στο ευρωπαϊκό πρότυπο prEN15603.

Πρόσφατα ο F. Calise [57] έκανε μια θερμοοικονομική ανάλυση ενός ηλιακού συστήματος ψύξης θέρμανσης για διάφορους τύπους σχολείων σε διαφορετικές κλιματικές περιοχές της Ιταλίας. Αυτό το σύστημα φαίνεται ικανό να εξοικονομήσει 64,7% πρωτογενούς ενέργειας. Η μελέτη του όμως από οικονομικής πλευράς έδειξε ότι χρειάζεται οικονομική ενίσχυση από το κράτος και την πολιτεία αλλιώς η περίοδος αποπληρωμής του θα διαρκέσει περισσότερο από το χρόνο ζωής του συστήματος.

2.2.4 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων σε Αμερική, Ασία, Αφρική και Ωκεανία.

Στην Αργεντινή μελέτησαν την ενεργειακή απόδοση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου 15 σχολείων στην πόλη Santa Rosa [58]. Τα υπό μελέτη κτίρια φάνηκε ότι χρησιμοποιούν 80% περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι είναι απαραίτητο για να δημιουργηθούν συνθήκες θερμικής άνεσης. Η θέρμανση (με φυσικό αέριο) καταναλώνει 90% της συνολικής ενέργειας ενώ ο ηλεκτρισμός το υπόλοιπο 10%. Παρόλα αυτά για θέρμανση ξοδεύεται ποσό που αντιστοιχεί σε λιγότερο του 50% του συνολικού κόστους ενός σχολείου, ενώ πάνω από το 50% των εξόδων αφορά τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό δείχνει τις πολύ υψηλές τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέση κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία ανέρχεται στις 123 kWh/m².

Τον κύκλο ζωής και τις ενεργειακές καταναλώσεις σε 20 δημόσια σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μελέτησε στην Αυστραλία ο Grace K.C. Ding [59]. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται κατά κόρον είναι ο ηλεκτρισμός σε ποσοστό 84%, έξι

φορές περισσότερο από το αέριο (Gas) που χρησιμοποιείται σε ποσοστό 16%. Η έρευνα έδειξε ότι τα σχολεία που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές καταναλώνουν 34% περισσότερη ενέργεια από αυτά που βρίσκονται στις πόλεις κυρίως λόγω καιρικών συνθηκών. Τέλος κάθε σχολείο φάνηκε να καταναλώνει μέσο όρο 152,78 kWh/m². Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με προηγούμενες μελέτες που έγιναν στην Αυστραλία οι οποίες έδειχναν ότι τα εκπαιδευτικά κτίρια καταναλώνουν από 83,33 kWh/m² έως 277,78 kWh/m² [60].

Το 2010 παρουσιάστηκε μια μελέτη στην Ιαπωνία η οποία εξέταζε τη χρήση κλιματισμού ή ανεμιστήρων για ψύξη στα σχολεία και προτάθηκαν οι βέλτιστες τεχνικές [61]. Εξετάστηκε η συμπεριφορά των μαθητών στις συνθήκες άνεσης δηλ. τη χρήση του κλιματισμού, άνοιγμα-κλείσιμο παραθύρων, αίσθηση στο χώρο πριν και μετά την εγκατάσταση συστημάτων ψύξη κ.α. Έγιναν καταγραφές και μετρήσεις και δόθηκαν ερωτηματολόγια στους μαθητές. Η Ιαπωνία λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, του φαινομένου αστικής νησίδας και του ότι οι μαθητές έχουν πλέον συνηθίσει να ζουν σε άνετες συνθήκες (γιατί έχουν κλιματισμό στα σπίτια τους) άρχισε πριν από μερικά χρόνια να εγκαθιστά συστήματα ψύξης στα σχολεία. Το καλοκαίρι οι ανεμιστήρες δουλεύουν για ανακαίνιση του αέρα και ανοίγουν όλα τα ανοίγματα για αερισμό όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 28°C στις αίθουσες διδασκαλίας που δεν έχουν κλιματισμό. Στις αίθουσες με κλιματισμό οι πόρτες και τα παράθυρα ανοίγουν λιγότερο οπότε αυτές οι αίθουσες αντιμετωπίζουν προβλήματα ποιότητας αέρα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν μερικές έρευνες σε περιοχές με ζεστό κλίμα. Από το 1999 άρχισαν κάποιες μελέτες στις περιοχές αυτές. Στη Νότιο Αφρική και συγκεκριμένα στο πανεπιστήμιο της Πραιτόρια εξετάστηκε η ενεργειακή απόδοση των πανεπιστημιακών κτιρίων με το λογισμικό πρόγραμμα QUICK Control [62]. Μελετήθηκαν διάφορες στρατηγικές στα κτίρια για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Μετά από προσομοιώσεις αποδείχτηκε ότι με συστηματική εποπτεία και εγκατάσταση αυτοματισμών στα κτίρια που θα ελέγχουν τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού (HVAC) μπορούν να εξοικονομηθούν μέχρι και 491MWh/year δηλαδή το 34% της ενέργειας ενός τυπικού κτιρίου. Η απόσβεση της επένδυσης αυτής στα συστήματα αυτοματισμών μπορεί να γίνει μέσα σε εννέα μήνες.

Στις χώρες της Δυτικής Ασίας ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 54,4% της συνολικής ενέργειας. Σε χώρες μάλιστα όπως το Μπαχρέιν και το Ομάν τα ποσοστά αυτά εκτοξεύονται στο 82,2% και 73,1% αντίστοιχα [63]. Σε αυτές τις περιοχές το ψυκτικό

φορτίο είναι αυτό που δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα και σε αυτό δόθηκε έμφαση. Τα αποτελέσματα έρευνας στο Ομάν έδειξαν ότι τα «απλά» μέτρα παθητικής ψύξης είναι πολύ αποδοτικά. Μια εξοικονόμηση της τάξης του 43% μπορεί να επιτευχθεί με ένα συνδυασμό καθιερωμένων τεχνικών όπως αντικατάσταση υαλοπινάκων, σκίαση, θερμομόνωση και φυσικό αερισμό [64].

Μια πρόσφατη έρευνα των Perez & Capeluto [65] έδειξε μέσα από προσομοιώσεις ωριαίων καταγραφών με το λογισμικό ENERGY ότι ο ορθός σχεδιασμός μιας σχολικής αίθουσας στα θερμά υγρά κλίματα μπορεί να επιφέρει μείωση από 180 σε 80 kWh/m² για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό. Συγκεκριμένα ο ενεργειακός σχεδιασμός μιας σχολικής αίθουσας στο Ισραήλ μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 50%.

Άλλη μια έρευνα στο Ισραήλ και συγκεκριμένα στην πόλη Ιερουσαλήμ έδειξε όπως και η [65] ότι οι αίθουσες διδασκαλίας παρουσιάζουν πολύ ψηλά θερμικά κέρδη μέχρι και 5 KW λόγω της πυκνότητας τους από μαθητές [66]. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κλίμα του Ισραήλ κατά τύπους θεωρείται Μεσογειακό και έχει αρκετές ομοιότητες με το κλίμα της Κύπρου το οποίο θα μελετηθεί στην παρούσα έρευνα.

2.3 Συσχετισμός εσωτερικής άνεσης και κατανάλωσης ενέργειας σχολικών κτιρίων

Βάση του Annex 53- Total Energy Use in Buildings οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση σε ένα κτίριο χωρίζονται σε έξι κατηγορίες. Οι τρεις σχετίζονται με το σχεδιασμό του κτιρίου και είναι το κλίμα, το κέλυφος του κτιρίου και ο μηχανολογικός εξοπλισμός και οι άλλες τρεις συνδέονται με τη συμπεριφορά του κτιρίου και είναι η λειτουργία και η συντήρηση του, η συμπεριφορά των χρηστών και οι εσωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος [67].

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων επηρεάζεται άμεσα από τις θερμικές συνθήκες και το αντίστροφο. Έρευνες έδειξαν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των κακών εσωτερικών συνθηκών ποιότητας και άνεσης και της χαμηλής ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η εσωτερική άνεση και ειδικά η θερμική άνεση και η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι άρρηκτα συνυφασμένες και επηρεάζουν τη βιωσιμότητα ενός κτιρίου [68]. Στα σχολικά κτίρια η κακή διαχείριση των συστημάτων κλιματισμού και η απουσία μόνωσης των κελυφών οδηγεί σε υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις και ανεπαρκείς συνθήκες άνεσης. Η σωστή σχεδίαση των σχολικών κτιρίων απαιτεί την ισορροπία της θερμικής απόδοσης και μια αποδεκτή ποιότητα των εσωτερικών κλιματικών συνθηκών με τις μικρότερες δυνατές

καταναλώσεις. Ο στόχος δηλαδή είναι είναι λιγότερη κατανάλωση ενέργειας με τις καλύτερες εσωτερικές συνθήκες άνεσης [69]. Βάσει του Alan Ford στο βιβλίο “Designing a sustainable school” η εσωτερική ποιότητα και άνεση των σχολικών κτιρίων αποδεδειγμένα πλέον βάσει της νευροεπιστήμης επηρεάζει την απόδοση των μαθητών και τις μαθησιακές τους δυνατότητες [70].

Σε μελέτη που έγινε στην Ελλάδα τη δεκαετία του 90’ εντοπίστηκαν τα πιο κάτω προβλήματα τα οποία άπτονται άμεσα με τα προβλήματα άνεσης και ενεργειακής κατανάλωσης στα σχολεία. Παρατηρήθηκε ότι καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους υπάρχει ανισοκατανομή του φωτός μέσα στις αίθουσες, δημιουργείται θάμβωση στο επίπεδο των μαθητών, ενώ στο πίσω μέρος των αιθουσών δεν επαρκεί ο φωτισμός. Επίσης την ψυχρή περίοδο οι μαθητές συχνά κρυώνουν, ενώ παρατηρείται και το φαινόμενο η ποιότητα του αέρα κατά τη διάρκεια του μαθήματος να μην είναι καλή. Η κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το επίπεδο άνεσης που επιτυγχάνεται είναι πολύ αυξημένη και από την άνοιξη μέχρι και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου υπάρχει υπερθέρμανση μέσα στις αίθουσες. Τα αίτια των προαναφερθέντων προβλημάτων αναλύθηκαν στη μελέτη και είναι τα εξής: ο ακατάλληλος προσανατολισμός των κτιρίων, ο ακατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων, ο ανεξέλεγκτος αερισμός, η μεγάλη διείσδυση αέρα από χαραμάδες ανοιγμάτων, οι μεγάλες θερμικές απώλειες από το κέλυφος, ο ακατάλληλος σχεδιασμός και η κακή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης και η ανεπάρκεια των συστημάτων σκίασης και αερισμού [32].

Στην Σλοβενία μια μελέτη του 1998 [52] έδειξε ότι η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία οφείλεται στα μη θερμομονωμένα κελύφη των κτιρίων, την κακή εφαρμογή των ανοιγμάτων, τον ανεξέλεγκτο φυσικό αερισμό, την υπερδιαστασιολόγηση και μη ικανοποιητική απόδοση του συστήματος θέρμανσης, την παλαιότητα των συστημάτων κλιματισμού, την αλόγιστη χρήση φωτισμού και την μη επαγγελματική συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των σχολείων.

Πολλές αναφορές στη βιβλιογραφία αναφέρουν το πρόβλημα της ποιότητας αέρα στις σχολικές αίθουσες [66]. Πολλές φορές στην προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου μειώνεται ο φυσικός αερισμός με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα αέρα εντός των κτιρίων. Αυτά τα δύο προβλήματα πρέπει να εξετάζονται παράλληλα για αποφυγή ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων. Παλαιότερες μελέτες μάλιστα ανέφεραν ότι η εσωτερική ποιότητα αέρα και η ενεργειακή απόδοση ήταν δυο εντελών αντικρουόμενα θέματα [71].

2.4 Μέθοδοι διεξαγωγής ενεργειακής επιθεώρησης και θερμικής άνεσης

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι ένα δύσκολο κομμάτι που απαιτεί υπηρεσίες από ειδικούς κτιρίων όπως αρχιτέκτονες, μηχανικούς, συντηρητές του κτιρίου κ.α [72]. Βάσει βιβλιογραφικών αναφορών και προηγούμενων μελετών η συνηθέστερη μέθοδος ενεργειακής μελέτης ενός κτιρίου εμπεριέχει τη δημιουργία δομημένων ερωτηματολογίων. Τα ερωτηματολόγια για ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων αναζητούν τις γενικές πληροφορίες των κτιρίων, τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, πληροφορίες για τα συστήματα ψύξης-θέρμανσης καθώς και τις τελικές ενεργειακές τους καταναλώσεις. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώνονται συνήθως από ειδικευμένους εμπειρογνώμονες με επιτόπου επισκέψεις. Πολλές φορές οι χρήστες του κτιρίου υποβοηθούν στη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων με χρήσιμες πληροφορίες καθώς γνωρίζουν καλύτερα από τον καθένα τη λειτουργία ενός κτιρίου. Όσον αφορά την ενεργειακή επιθεώρηση σχολικών κτιρίων τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται παρόμοιες πρακτικές από τους ερευνητές οι οποίες οδηγούν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σημαντικότερα στοιχεία της μεθοδολογίας για συλλογή δεδομένων και διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων σχολικών κτιρίων από μελέτες που έγιναν κυρίως στην Ευρώπη.

Στη μελέτη [40] τα ερωτηματολόγια αφορούσαν την εσωτερική άνεση στα σχολεία. Αξιοσημείωτο είναι ότι λήφθηκαν υπόψη οι ενεργειακές καταναλώσεις όχι ενός αλλά πέντε συνεχόμενων ετών. Στη μελέτη [37] άλλα και στις περισσότερες μελέτες η έρευνα διεξήχθη με επιτόπου μετρήσεις (καταγραφή καταναλώσεων) και με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων. Στο άρθρο [41] τα σχολεία διαχωρίστηκαν βάση χρονολογίας κατασκευής και μεγέθους και έγιναν επιτόπου μετρήσεις και συλλογή στοιχείων 3 συνεχόμενων χρόνων.

Η ομαδοποίηση των κτιρίων βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών είναι επίσης ένα βήμα που πρέπει να γίνεται σε μελέτες ενεργειακής επιθεώρησης πολλών κτιρίων. Τα κτίρια στη μελέτη [42] χωρίστηκαν σε αυτά που κτίστηκαν πριν και μετά το 1980. Αυτό είναι ένα σημείο αναφοράς για την Ελλάδα γιατί από το 1980 άρχισε να εφαρμόζεται κανονισμός θερμομόνωσης στα κτίρια. Τέτοια σημεία αναφοράς είναι σημαντικό να αναφέρονται στις μελέτες και να εξετάζονται οι διαφορές πριν και μετά. Επίσης σημαντική αναφορά σε αυτή τη μελέτη είναι η ανάλυση των αποτελεσμάτων με συγκεκριμένο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης το PASW (SPSS). Αυτό δείχνει την πολυπλοκότητα των αποτελεσμάτων και την

ανάγκη εξειδικευμένης γνώσης όσο περισσότερο μελετώνται τα αίτια των ενεργειακών καταναλώσεων.

Από το 2009 και μετά όπου έγινε και η έκδοση της πρώτης Ευρωπαϊκής Οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [47] όλες οι προτάσεις και η πορεία η οποία ακολουθείται για ενεργειακή επιθεώρηση βασίζονται σε αυτή και την συνέχεια της με τη νέα οδηγία 2010/31/EK [48]. Επίσης το κάθε κράτος μέλος έχει εναρμονίσει τις προαναφερθείσες οδηγίες στις τοπικές του νομοθεσίες [73]. Επίσης σχεδόν όλες οι χώρες της Ε.Ε έχουν εκδώσει τα απαραίτητα λογισμικά προγράμματα για πιστοποίηση και κατηγοριοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων [74]. Πριν από αυτές τις οδηγίες της Ε.Ε. οι μελέτες βασίζονταν σε εμπειρικούς υπολογισμούς αλλά και στα διεθνή πρότυπα. Τα διεθνή πρότυπα είναι και σήμερα οδηγός για τη δημιουργία νέων οδηγιών αλλά και νέων μεθόδων εύρεσης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων [73~83].

Οι προσομοιώσεις των κτιρίων με λογισμικά προγράμματα βοηθούν πολύ στην ενεργειακή επιθεώρηση και την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Λογισμικά όπως το, SBEM, TRNSYS, το Thermal Model SUMMER 2, το PASSIVEHOUSE, το ENERGY, το Energy Plus κ.α χρησιμοποιήθηκαν κατά κόρον σε πολλές μελέτες. [23,38,57,65,71]

Η υπολογιστική όμως μέθοδος πολλές φορές δίνει διαφορετικά αποτελέσματα από τη μετρητική [29,30,31] Σε μία έρευνα που έγινε στην Ιρλανδία το 2008 [25] δόθηκαν ερωτηματολόγια στα σχολεία και έγινε σύγκριση υπολογιστικής και μετρητικής μεθόδου. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι στα δημόσια κτίρια η μετρητική μέθοδος είναι πιο σημαντική γιατί χρειάζεται να γνωρίζουμε τις πραγματικές καταναλώσεις τους. Τα δημόσια κτίρια δεν πωλούνται ούτε ενοικιάζονται οπότε ο υποθετικός υπολογισμός ενδεχόμενης κατανάλωσης ενέργειας είναι αχρείαστος σε αυτές τις περιπτώσεις.

Μια ενδιαφέρουσα μελέτη η οποία δημοσιεύτηκε το 2008 παρουσίασε ένα νέο εργαλείο το “Energy Concept Adviser” το οποίο βοηθά στην ενεργειακή επιθεώρηση και την ενεργειακή αναβάθμιση νέων ή υφιστάμενων εκπαιδευτικών κτιρίων [84]. Είναι ένα εύχρηστο εργαλείο μέσα από το οποίο μπορείς να μελετήσεις παραδείγματα κτιρίων αλλά και να υπολογίσεις τις βέλτιστες λύσεις από πλευράς κόστους- οφέλους που ισχύουν στην κάθε περίπτωση. Μέσα από αυτή την έρευνα και τη δημιουργία αυτού του προγράμματος φαίνεται ότι μπορεί να επιτευχθεί ενεργειακή μείωση στα εκπαιδευτικά κτίρια η οποία στα ανώτερα επίπεδα κυμαίνεται από 75 έως 100% (κτίρια μηδενικής κατανάλωσης) ή από 8 έως 10% στα κατώτερα επίπεδα, αναλόγως των στρατηγικών που θα ακολουθηθούν.

Όσον αφορά τη διεξαγωγή μελετών θερμικής άνεσης οι ερευνητές απέδειξαν ότι ο σχεδιασμός του κελύφους ενός κτιρίου έχει μεγάλο αντίκτυπο στην εσωτερική θερμική άνεση κυρίως στου φυσικά αεριζόμενους χώρους. Η τρέχουσα βιβλιογραφία, όπως προκύπτει από τις μελέτες της Catalina & Iordache απαντά σε μια σειρά ερωτήσεων που σχετίζονται με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος και την απόδοση των κτιρίων [85]. Σε πολλές μελέτες γίνεται παράλληλα με την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και μελέτη της θερμικής άνεσης των κτιρίων με καταγραφή θερμοκρασίας του αέρα, υγρασίας και θερμοκρασίας τοίχων σε σημαντικά μέρη των κτιρίων με αισθητήρες [86,87,88]. Η συσχέτιση της ενεργειακής κατανάλωσης με τη θερμική κυρίως άνεση των κτιρίων οδηγεί στην ανάγκη στοχευμένης και κοινής έρευνας των δύο παραμέτρων [89]. Έτσι επιλέγεται η παρακολούθηση των σημαντικότερων θερμικών παραμέτρων άνεσης δηλαδή της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Για να χαρακτηριστούν οι θερμικές συνθήκες ενός εσωτερικού χώρου, ο Fanger ανέπτυξε ένα μοντέλο που βασίζεται στους δείκτες PMV και PPD. Η προβλεπόμενη μέση ψήφος (PMV) υπολογίζεται βάσει μιας επταβάθμιας κλίμακας θερμικής αίσθησης από το κρύο (-3) στο θερμό (+3). Το μηδέν (0) στην κλίμακα είναι η ιδανική τιμή, που εκπροσωπεί τη θερμική ουδετερότητα ενός χώρου [90]. Η θερμική άνεση είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους της ποιότητας του εσωτερικού χώρου και ορίζεται από τα πρότυπα ISO 7730 [91] και ASHRAE 55 [92] ως την κατάσταση του νου που εκφράζει την ικανοποίησή του για το θερμικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Τα πρότυπα αυτά παρουσιάζουν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης στα πλαίσια της θερμικής ισορροπίας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος και εφαρμόζονται στις περισσότερες έρευνες που αφορούν τη θερμική άνεση των εσωτερικών συνθηκών των κτιρίων.

Όπως αναφέρουν οι Bernardi και Kowaltowski [93] ο σχεδιασμός ενός κτιρίου καθορίζει τις περιβαλλοντικές συνθήκες άνεσης και της ενεργειακής του απόδοσης. Οι συνθήκες αυτές επηρεάζονται επίσης από τις δραστηριότητες που εκτελούνται από τους χρήστες. Για την επίτευξη των ιδανικών συνθηκών άνεσης, η συμπεριφορά των χρηστών είναι μια πολύ βασική παράμετρος. Ειδικά στο μεσογειακό κλίμα είναι απαραίτητο κάποια από τα παθητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων να ενεργοποιούνται από τους χρήστες, προκειμένου να είναι αποτελεσματικά [94]. Για την ορθή διεξαγωγή μιας ενεργειακής και θερμικής έρευνας απαραίτητη είναι και η μελέτη συμπεριφοράς των χρηστών μέσω ερωτηματολογίων ή συνεντεύξεων.

2.5 Προτάσεις επεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εσωτερικής ποιότητας κτιρίων

Πολλές μελέτες έχουν γίνει για την εύρεση των αποδοτικότερων επεμβάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης [95]. Το ζήτημα είναι αρκετά πολύπλοκο γιατί κάθε περίπτωση είναι μοναδική αφού επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες (κλίμα, σχεδιασμός κτιρίου, τοπικές συνήθειες δόμησης, χρήση κτιρίου, χρήστες, κόστος κ.α). Τα πράγματα δυσχεραίνουν σε υφιστάμενα κτίρια όπου πολλές φορές συνήθειες πρακτικές βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης είναι δύσκολο να εφαρμοστούν.

Οι πιθανές επεμβάσεις ανακαίνισης για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης ενός σχολικού κτιρίου βασισμένο σε έρευνα σε σχολεία στην Ελλάδα έδειξε ότι επεμβάσεις μπορούν να γίνουν στο μικροκλίμα, στο κέλυφος του κτιρίου, στο σύστημα θέρμανσης-αερισμού-ψύξης, στο σύστημα ζεστού νερού, στο φωτισμό, στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, στον εξοπλισμό και στη λειτουργία και συντήρηση των κτιρίων και των μηχανημάτων τους [35].

Στην μελέτη της Gaglia et al (2006) αναφέρεται ότι τα πιο αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι αυτά που σχετίζονται με τη μείωση του θερμικού φορτίου. Αυτά είναι η θερμομόνωση των τοίχων, η αντικατάσταση παλαιών λεβήτων και η συντήρηση συστημάτων θέρμανσης. Στην προαναφερθείσα μελέτη η αλλαγή φωτισμού με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας φαίνεται να είναι ένα επίσης αποδοτικό μέτρο [36].

Στο άρθρο του Santamouri et al [23] αποδείχτηκε μέσω προσομοιώσεων ότι ο πιο αποδοτικός συνδυασμός μέτρων για εξοικονόμηση ενέργειας είναι η θερμομόνωση τοίχων και οροφής μαζί με αλλαγή των υαλοπινάκων σε διπλούς, εξωτερική σκίαση, εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής και έλεγχο αερισμού σε συνδυασμό με αυξημένο νυχτερινό αερισμό.

Στη μελέτη [38] φάνηκε ότι ο πιο αποδοτικός σχεδιασμός είναι όταν οι περισσότερες αίθουσες διδασκαλίας έχουν ανοίγματα στο Νότο. Στη μελέτη [40] προτεραιότητα για τα σχολεία φαίνεται να είναι η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, η σκίαση και ο φυσικός αερισμός καθώς και ο ορθός χειρισμός θέρμανσης. Στα παλαιότερα σχολεία προτεραιότητα για αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας έχει η θερμική αναβάθμιση του κελύφους.

Στην έρευνα των Avgerinos N, Dimoudi A, Kosmopoulos P [41] προτείνονται μέτρα που αφορούν τη βελτίωση των κουφωμάτων και γενικότερα του κελύφους των κτιρίων για μείωση των απωλειών θερμότητας, τη μόνωση των λεβήτων, τη μελέτη σκίασης των σχολείων για αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι και ειδική αναφορά γίνεται στην

αυτοματοποίηση και των έλεγχου των λειτουργιών του σχολείου έτσι ώστε να εξοικονομείται ενέργεια. Οι Theodosiou and Ordoumprouzani [37] δήλωσαν ότι τα προβληματικά κελύφη των κτιρίων οδηγούν σε κακό χειρισμό των συστημάτων κλιματισμού και στην απουσία του ενδιαφέροντος από τους χρήστες για ενεργειακή αναβάθμιση και βελτίωση της εσωτερικής άνεσης. Εφόσον η θερμική άνεση είναι συνδεδεμένη με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων οι επεμβάσεις στα κτιριακά κελύφη θεωρούνται ως τα πρώτα μέτρα ανακαίνισης που πρέπει να παρθούν.

Στη μελέτη [43] φάνηκε ότι τα λιγότερο αποδοτικά μέτρα (σε σχέση πάντα κόστους – οφέλους) ήταν αυτά που αφορούσαν επεμβάσεις στα κελύφη των κτιρίων και αυτά που αφορούσαν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για κάλυψη των απαιτήσεων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πιο οικονομικά και συνάμα αποδοτικά μέτρα αποδείχθηκαν η βελτίωση και αναβάθμιση των εγκαταστάσεων παραγωγής θέρμανσης και των συστημάτων διανομής της.

Στα σχολεία της Σλοβενίας η πιο αποδοτική λύση εξοικονόμησης ενέργειας τουλάχιστον στο 83% των κτιρίων φάνηκε να είναι η θερμομόνωση του κελύφους σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των υαλοπινάκων. Πρέπει όμως να προσεχθεί ο αερισμός των κτιρίων γιατί ίσως τα νέα πιο αποδοτικά ανοίγματα, τα οποία θα μειώσουν τις απώλειες, υποβιβάσουν την ποιότητα αέρα στις σχολικές αίθουσες [52].

Η μελέτη του C. Filippin [58] με στόχο τη βελτίωση των θερμικών απωλειών προτείνει τη προσθήκη πέντε (5) εκατοστών θερμομόνωσης στους τοίχους και τις οροφές και την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται 40% εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπάρχουν και μελέτες οι οποίες εστιάζουν κυρίως στον τομέα της ψύξης λόγω κλίματος και γίνονται προσομοιώσεις για μείωση κυρίως του ψυκτικού φορτίου [64]. Στην Ιαπωνία μετά από μελέτη [61] προτείνεται όταν οι αίθουσες έχουν θερμοκρασία ίση η χαμηλότερη των 26,5 °C τότε οι συνθήκες είναι καλές χωρίς μηχανική υποστήριξη κανενός συστήματος ψύξης. Σε αίθουσες με θερμοκρασία μέχρι 28 °C οι ανεμιστήρες είναι αποδεκτοί και σε χώρους με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 28 °C χρειάζονται συστήματα ψύξης όπως κλιματιστικά (μονάδες διαιρεμένου τύπου). Σε έρευνα που έγινε στη Νότιο Αφρική [62] αποδείχτηκε ότι το πιο αποδοτικό μέτρο για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ο έλεγχος λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού και αερισμού. Αυτό χωρίς την βοήθεια αυτοματισμών είναι συνάμα και το πιο δύσκολο μέτρο σε εφαρμογή.

Τα αποτελέσματα των Perez & Capeluto [65] δείχνουν ότι η μείωση του τεχνητού φωτισμού θα βοηθήσει και στη μείωση του φορτίου ψύξης (μείωση θερμικών κερδών). Στη μείωση των θερμικών κερδών συμβάλει κατά πολύ και ο τεχνικός αερισμός ενός κτιρίου. Αξιοσημείωτο είναι ότι η χρήση φυσικού φωτισμού και μείωση του τεχνητού βελτιώνει και την απόδοση των μαθητών [96]. Ο συνδυασμός σωστού αερισμού και ορθού ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού των κτιρίων μπορεί να εξοικονομήσει από 28 έως 30% και από 17 έως 18% ενέργειας στις βορινές και νότιες σχολικές αίθουσες αντίστοιχα [66]. Επίσης το US Department of Energy μετά από έρευνες ανακοίνωσε ότι το 25% των εξόδων για ενέργεια μπορεί να εξοικονομηθεί με καλύτερο σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων και χρήση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών [97]. Μια άλλη έρευνα σε ένα συνέδριο το 2010 έδειξε ότι στα θερμά υγρά κλίματα η κατασκευή σχολικών κτιρίων με φυσικά υλικά μπορεί να αυξήσει την εσωτερική ποιότητα και άνεση και να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ο συνδυασμός “Earth Architecture” και νέων τεχνολογιών θερμομόνωσης και αερισμού μπορεί να επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα [98].

Η καινοτόμα πρόταση του F. Calise [57] μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη σε μελλοντικό στάδιο. Το παθητικό ηλιακό σύστημα ψύξης- θέρμανσης μπορεί να παρέχει το 20% του μέγιστου φορτίου ψύξης χρησιμοποιώντας πηγές ηλιασμού. Στην παρούσα φάση όμως αυτό το σύστημα δεν είναι διαδεδομένο κυρίως λόγω της αβέβαιης εγγύησης που προσφέρει από λειτουργικής πλευράς και επίσης λόγω του υψηλού του κόστους.

Μια καινοτόμα έρευνα στη Σουηδία η οποία δημοσιεύτηκε το 2000 απέδειξε ότι η ενεργειακή κατανάλωση σε ένα κτίριο μπορεί να μειωθεί αν οι χρήστες πληροφορηθούν και ενημερωθούν αναλόγως [99]. Τίτλος του άρθρου ήταν «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων μέσω της πληροφορίας». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορεί η ενέργεια να μειωθεί 10% αν οι χρήστες του κτιρίου εκπαιδευτούν και αλλάξουν συνήθειες. Επίσης βασισμένο σε αυτή τη σκέψη δημιουργήθηκε και το “Green School Project” από τον οργανισμό “The Alliance to Save Energy” το οποίο αφορούσε την βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα σχολεία μέσω της πληροφορίας [100]. Το σχέδιο αυτό είχε τρεις στόχους. Πρώτον να εκπαιδεύσει τους μαθητές, καθηγητές, προσωπικό και να τους ενημερώσει για ενεργειακά αποδοτικά μέτρα, δεύτερον να αλλάξει τις συνήθειες των χρηστών σε θέματα ενέργειας και τρίτον να προσφέρει ένα μοντέλο ενεργειακής απόδοσης που να χρησιμοποιείται εθνικά ή διεθνικά και να βάζει τους μαθητές να δημιουργούν στρατηγικές για μείωση ενέργειας αξιοποιώντας το ποσό εξοικονόμησης χρημάτων σε άλλους τομείς. Μέσα από αυτό το πρόγραμμα οι μαθητές κατάφεραν να εξοικονομήσουν ποσοστά ενέργειας μεταξύ 5 και 15%.

2.6 Το κενό στη βιβλιογραφία και η καινοτομία της παρούσας μελέτης

Στην Κύπρο όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν έχει γίνει ακόμη επαρκής καταγραφή των ενεργειακών αναγκών του κτιριακού αποθέματος και κυρίως του μη οικιστικού τομέα. Όπως στο εξωτερικό όμως έτσι και στην Κύπρο η ενεργειακή κατανάλωση που αφορά τον κτιριακό τομέα ανέρχεται περίπου στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης [18]. Για αυτό κρίνεται πολύ σημαντική η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της Κύπρου [102]. Μείωση των ενεργειακών αναγκών των σχολικών κτιρίων θα επιφέρει άμεσα ουσιαστική μείωση και στη συνολική κατανάλωση ενέργειας του νησιού με αποτέλεσμα την αισθητή μείωση και του κρατικού προϋπολογισμού για την παιδεία διότι τα βασικά έξοδα ενός σχολείου αφορούν κατά κύριο λόγο τις ενεργειακές του καταναλώσεις. Η έλλειψη πληροφοριών και η ανεπαρκής έρευνα στον τομέα αυτό στην Κύπρο είναι οι πρώτοι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή τη μελέτη. Επίσης ο τομέας των σχολείων είναι ένας τομέας με τεράστια περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας όπου επιβάλλεται να επικρατούν και οι απαραίτητες συνθήκες άνεσης.

Οι κλιματικές παράμετροι της κάθε περιοχής επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή απόδοση αλλά και τη θερμική άνεση των κτιρίων. Η Κύπρος συνιστά μια χώρα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αυτό οδηγεί στη μελέτη των διαφορετικών κλιματικών ζωνών ώστε να υπάρχει ταξινόμηση των βέλτιστων λύσεων βάσει κλιματικών αναγκών και ιδιαιτεροτήτων. Το ιδιαίτερο κλίμα της Κύπρου με τα όλο και πιο συχνά εμφανιζόμενα ακραία καιρικά φαινόμενα λόγω κλιματικών αλλαγών και το μεγάλο πρόβλημα ξηρασίας κατατάσσει το νησί σε μια ξεχωριστή και ιδιαίτερη κατηγορία κλιματικών συνθηκών. Η Κύπρος επηρεάζεται κλιματικά λόγω τοποθεσίας από Ευρώπη, Ασία και Αφρική παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα γεωμορφολογικά στοιχεία της Κύπρου μας επιτρέπουν να εξετάσουμε τις ενεργειακές απαιτήσεις σε κάθε κλιματική περιοχή ξεχωριστά καταλήγοντας στα μέτρα που θα πρέπει να υιοθετηθούν όχι γενικά αλλά πλέον αλλά πολύ συγκεκριμένα. Τα αποτελέσματα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιοχές με παρόμοια κλίματα όπως για παράδειγμα στις Μεσογειακές χώρες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες προτείνουν γενικές λύσεις και μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και πιο ειδικά των εκπαιδευτικών κτιρίων. Εδώ δημιουργείται ένα κενό και πολλές φορές μια κακή πληροφόρηση επειδή η κάθε κλιματική περιοχή σε κάθε χώρα, ορεινά, παράλια και ενδοχώρα πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν ξεχωριστή περίπτωση. Οι πρακτικές που συνηθίζονται να υιοθετούνται σε κάθε κλιματική περιοχή διαφέρουν όπως διαφέρουν κατά πολύ και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για

βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της εσωτερικής άνεσης. Η βιοκλιματική μελέτη των περιοχών σε συνάρτηση έπειτα με την ενεργειακή τους απόδοση και τις συνθήκες θερμικής άνεσης θα πρέπει να είναι άρρηκτα συνυφασμένοι τομείς. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για το σχεδιασμό ή την ανακαίνιση των κτιρίων επηρεάζει άμεσα το αποτέλεσμα. Σε πολλές περιπτώσεις πολύ χρονοβόρες διαδικασίες οδηγούν τους μελετητές του κατασκευαστικού τομέα σε παραλήψεις οι οποίες επηρεάζουν στη συνέχεια την απόδοση των κτιρίων. Για αυτό το λόγο στην παρούσα μελέτη γίνεται η προσπάθεια εύρεσης μιας αποτελεσματικής μεθοδολογίας η οποία θα οδηγεί στις βέλτιστες τεχνικές και στρατηγικές ενεργειακής αναβάθμισης και εσωτερικής άνεσης των σχολικών κτιρίων. Η νέα μέθοδος που δημιουργείται μπορεί να βοηθήσει στη γρήγορη και έγκυρη βιοκλιματική ανάλυση και να συμβάλει ουσιαστικά στην ερευνητική κοινότητα, κυρίως με εφαρμογή στις Μεσογειακές χώρες.

Η έρευνα εστιάζει στη μελέτη των εκπαιδευτικών κτιρίων της Κύπρου. Γίνεται για πρώτη φορά η καταγραφή του σχολικού κτιριακού αποθέματος του νησιού και η εύρεση των τυπικών και αντιπροσωπευτικών σχολικών κτιρίων τα οποία χρησιμοποιούνται στις μελέτες και οδηγούν σε αξιόπιστα και έγκυρα αποτελέσματα. Οι ανάγκες στις διαφορετικές κλιματικές περιοχές μελετούνται σε βάθος, και τα αποτελέσματα συγκρίνονται και αξιολογούνται. Η μελέτη επίσης ενδιατρίβει στην ανάλυση και την εύρεση της κατάλληλης μεθοδολογίας για την διεξαγωγή των προκαταρκτικών μελετών που προηγούνται του σχεδιασμού και της κατασκευής ή ανακαίνισης των κτιρίων στις διάφορες κλιματικές περιοχές. Τέλος καταλήγει στις βέλτιστες τεχνικές που πρέπει να υιοθετούνται σε υφιστάμενα εκπαιδευτικά κτίρια για αναβάθμιση της ενεργειακής τους απόδοσης, στα παράλια, την ενδοχώρα και τα ορεινά.

Είναι μια ολιστική και σε βάθος μελέτη η οποία διαχωρίζει τα σχολικά κτίρια (και γενικότερα όλα τα είδη κτιρίων) κυρίως με βάση το κλίμα της περιοχής που εδράζονται δίνοντας λύσεις για τη μεθοδολογία και την πορεία σχεδιασμού τους καθώς και τις πρακτικές που θα πρέπει να υιοθετηθούν για υψηλή ενεργειακή απόδοση και εσωτερική άνεση. Επίσης η ενεργειακή μελέτη των κτιρίων συνδέεται για πρώτη φορά με τη βιοκλιματική μελέτη της περιοχής και τη θερμική άνεση των σχολείων κάτι το οποίο οδηγεί σε πολύ ενδιαφέροντα, νέα και καινοτόμα συμπεράσματα.

Είναι η πρώτη σε βάθος έρευνα ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων στην Κύπρο και με τα καινοτόμα χαρακτηριστικά που οφορούν την ευρύτερη ερευνητική κοινότητα και αποτελεί εφόδιο για μετέπειτα έρευνες στην Κύπρο αλλά και στη διεθνή βιβλιογραφία. Το

κυριότερο όμως, είναι το γεγονός ότι βοηθά στην κατανόηση της λειτουργίας των σχολικών κτιρίων όσον αφορά την ενεργειακή και θερμική τους συμπεριφορά. Δίνει προτάσεις για αποτελεσματικές ανακαινίσεις αλλά και ανεγέρσεις σχολικών κτιρίων και προτείνει μια μεθοδολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως στις προκαταρκτικές μελέτες σχεδιασμού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ενεργειακή εξοικονόμηση αλλά και εσωτερική θερμική άνεση των σχολείων.

Βιβλιογραφία 2^ο κεφαλαίου

- [1] Wu, W., & Ng, E. (2003). A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Research and Technology*, 35(2), 111-124.
- [2] Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων. (2008). Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης. Αθήνα: Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων.
- [3] Ζήβας Δ.Α., Καρδαμίτση-Αδάμη Μ., (1979). Σύντομο Ιστορικό των Σχολικών Κτιρίων στην Ελλάδα. Αρχιτεκτονικά Θέματα. Αθήνα.
- [4] Mark Dudek. (2000). *Architecture of schools: The new learning environment*. Oxford ; Boston: Architectural Press.
- [5] Γιάννης Π. Σκορδάς, (2011). Τα Σχολεία στο Δαδί τον 18ο και 19ο αιώνα. Αμφίκλεια.
- [6] Clay, F., (1929). *Modern School Buildings* 49. London: Batsford.
- [7] Αξαρχή, 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 στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- [8] Brown, S.W., Hult, E.E., (1967). New York's First Windowless Air-conditioned School. *ASHRAE J.* 1:47-51.
- [9] McDonald, E. (1961). Opinions difference on windowless classrooms. *Natl Ed.Assoc.J*, 50, 12-14.
- [10] Graves, B. E., & Pearson, C. A. (1993). *School ways: The planning and design of america's schools* McGraw-Hill Companies.
- [11] Collins, B. L. (1976). Review of the psychological reaction to windows. *Lighting Research and Technology*, 8(2), 80-88.

- [12] Tikkanen, K.T., (1979). Spectral Eye Fatigue in a School Environment, *Lighting Research and Technology*, 11, 185-88.
- [13] Stewart, D. M. (1981). Attitudes of school children to daylight and fenestration. *Building and Environment*, 16(4), 267-277.
- [14] Heschong, L., & Mahone, D. (1999). Daylighting in schools: An investigation into the relationship between daylighting and human performance. Summary for the Pacific Gas and Electric Company on Behalf of the California Board for Energy Efficiency Third Party Program, Condensed Report, U.S.A.
- [15] D.K. Serghides, M.C. Katafygiotou. (2013). The role of materials in the energy efficient retrofitting of traditional buildings. *Materials and processes for energy: Communicating current research and technological developments* (ISBN (13): 978-84-939843-7-3 ed., pp. 728-735). Formatex Research Center, Spain.
- [16] Papadopoulos, A., & Avgelis, A. (2003). Indoor environmental quality in naturally ventilated office buildings and its impact on their energy performance. *International Journal of Ventilation*, 2(3), 203-212.
- [17] Argiriou, A., Asimakopoulos, D., Balaras, C., Dascalaki, E., Lagoudi, A., Loizidou, M., Santamouris, M., Tselepidaki, I. (1994). On the energy consumption and indoor air quality in office and hospital buildings in Athens, Hellas. *Energy Conversion and Management*, 35(5), 385-394.
- [18] United Nations Environment Programme, Buildings and Climate Change Status, Challenges and Opportunities. (2007). United Nations Environment Programme, Paris ISBN: 9789280727951.
- [19] C. A. Balaras, (1993). "State of Energy Efficient Building in Hellas." in *The European Directory of Energy Efficient Building*. James & James, London.
- [20] Perez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.
- [21] A.M. Papadopoulos, A. Avgelis. (2003). Indoor environmental quality in naturally ventilated office buildings and its impact on their energy performance, *International Journal of Ventilation* 2 (3), 203–212.
- [22] A. Argiriou, D.N. Asimakopoulos, C. Balaras, E. Dascalaki, A. Lagoudi, M. Loizidou, M. Santamouris, I. Tselepidaki. (1994). On the energy consumption and indoor air quality in

office and hospital buildings in Athens, Hellas, *Energy Conservation and Management* 35, 385–394.

[23] Santamouris, M., Mihalakakou, G., Patargias, P., Gaitani, N., Sfakianaki, K., Papaglastra, M., C. Pavloua, P. Doukasa, E. Primikirid., Geros, V. (2007). Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings. *Energy and Buildings*, 39(1), 45-51.

[24] Jones, P., Turner, R., Browne, D., & Illingworth, P. (2000). Energy benchmarks for public sector buildings in northern ireland. *Proceedings of CIBSE National Conference*, Dublin.

[25] Patxi Hernandez, Kevin Burke, J Owen Lewis. (2008). Development of the energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools, *Energy and Buildings*, 40, 249-254.

[26] TEENERGY Project (Ed.). (2011). TEENERGY schools action plan, high energy efficiency schools in the mediterranean area (1st ed.). Italy: Provincia di Lucca.

[27] Katafygiotou M.K., Serghides D.K. (2011). Critical assessment of the school performance on the mountainous climatic zone in Mediterranean area for zero energy schools”. *Proceedings of International Conference “IRENEC2011” Renewable Energy Sources*, Istanbul.

[28] Katafygiotou M.K, Serghides D.K. (2011). Critical assessment of the school performance on the coastal climatic zone in Mediterranean area. *Proceedings of “ELCAS” International Conference & Symposium (Energy, Life Cycle Assessment and Sustainability)*, Nisyros, Greece.

[29] Katafygiotou M.K., Serghides D.K. (2011). Energy Auditing in Three Schools in the Mountainous Climatic Zone in Cyprus”. *Proceedings of “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”*, Nicosia, Cyprus.

[30] Katafygiotou M.K , Serghides D.K. (2011). Energy Auditing in Three Schools in the Inland Climatic Zone in Cyprus. *Proceedings of “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”*, Nicosia, Cyprus.

[31] Katafygiotou M.K., Serghides D.K. (2011). Energy Auditing in Three Schools in the Coastal Climatic Zone in Cyprus.” *Proceedings of. “RES” International Conference “Renewable Energy Sources”*, Nicosia, Cyprus.

- [32] Centre for Renewable Energy Sources. (1996). In Εύη Τζανακάκη Κώστας. Λυτρας. (Ed.), Guidelines for thermal-visual comfort and energy conservation in public schools (1st ed.). Athens: European Commission, Directorate General for Energy.
- [33] M. Santamouris, C.A. Balaras, E. Dascalaki, A. Argyriou, A. Gaglia. (1994). Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings in Hellas, *Energy*, 19, 653–660.
- [34] Central Institution Energy Efficiency Education, Save Programme, European Commission. (1994). Constantinos Balaras, Editors: M.Santamouris, D.N. Asimakopoulos. “A Guide for Energy Conservation in School Buildings”,
- [35] M.Santamouris, M. Vallindras, A.Gaglia, E.Dascalaki and J.Sigalas. (1992). Energy Conservation in Puplic and Commercial Buildings, Final Report, Ministry of Industry, Research Technology and Commerce, Athens.
- [36] A.G. Gaglia, C.A. Balaras, S. Mirasgedis, E. Georgopoulou, Y. Sarafidis, D.P. Lalas. (2006). Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, *Energy Conversion and Management*, 48, 1160–1175.
- [37] T.G.Theodosiou, K.T.Ordoumpozanis. (2008). Energy, comfort, and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece, *Energy and Buildings*, 40, 2207–2214.
- [38] Dimoudi, A., & Kostarela, P. (2009). Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of greece. *Renewable Energy*, 34(1), 289-296.
- [39] Kostarela P, Dimoudi A. (2006). Energy performance of school buildings in the C' climatic zone of Greece. Proceeding of IX World Renewable Energy Congress (WREC), Florence.
- [40] Vagi, F., & Dimoudi, A. (2010). Investigation of energy and comfort conditions in greek primary schools. Proceedings of the 3rd International Conference on ‘Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment’, (PALENC), Rhodes.
- [41] Avgerinos N, Dimoudi A, Kosmopoulos P. (2010). Energy performance of secondary school buildings. Proceedings of 3rd International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Build Environment (PALENC), Rhodes.

- [42] T. Darae, D. Kolokotsa, E. Maria, I. Apostolakis and V. Pantoula. (2010). Examination of parameters for Energy performance of Schools Buildings in the Region of Chania. Proceedings of 3rd International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Build Environment (PALENC), Rhodes.
- [43] Dascalaki, E. G., & Sermpetzoglou, V. G. (2011). Energy performance and indoor environmental quality in hellenic schools. *Energy and Buildings*, 43(2), 718-727.
- [44] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2006). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για Μαθητές Γυμνασίου, Αθήνα.
- [45] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (1999). Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης. Ε.Π.Ε. 346, Αθήνα.
- [46] Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2005). Πράσινη Βίβλος για την ενεργειακή απόδοση ή περισσότερα αποτελέσματα με λιγότερα μέτρα. COM (2005) 265 τελικό, Βρυξέλλες.
- [47] European Council. (2002). Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, 4(2003), L1.
- [48] European Council. (2010). Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, (recast), *Official Journal of the European Communities*.
- [49] Marszal, A. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., & Napolitano, A. (2011). Zero energy Building—A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings*, 43(4), 971-979.
- [50] Harris, D., Probert, S., & Nwokonkor, I. (1991). 'Passive-solar' schools in the UK. *Applied Energy*, 39(2), 145-171.
- [51] Good Practice Guide GPG343. (2005). Saving Energy- A whole school approach. The Carbon Trust, UK.
- [52] Butala, V., & Novak, P. (1999). Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy and Buildings*, 29(3), 241-246.
- [53] Guarracino. G. (1994). Energy Consumption of Buildings in France. Final Report for the CEC SAVE Programme, Ecole Nationale des Travaux Publics d'Etat, Laboratoire des Sciences de l'Habitat, Lyon.

- [54] Beusker, E., Stoy, C., & Pollalis, S. N. (2012). Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in germany. *Building and Environment*, 49, 324-335.
- [55] Desideri, U., & Proietti, S. (2002). Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central italy. *Energy and Buildings*, 34(10), 1003-1016.
- [56] Corgnati, S. P., Corrado, V., & Filippi, M. (2008). A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 italian schools. *Energy and Buildings*, 40(5), 801-809.
- [57] Calise, F. (2010). Thermoeconomic analysis and optimization of high efficiency solar heating and cooling systems for different italian school buildings and climates. *Energy and Buildings*, 42(7), 992-1003.
- [58] Filippin, C. (2000). Benchmarking the energy efficiency and greenhouse gases emissions of school buildings in central argentina. *Building and Environment*, 35(5), 407-414.
- [59] Grace K.G. Ding. (2007). Life cycle energy assessment of Australian secondary schools, *Building Research and Information*, 35. 487–500.
- [60] Pullen, S (2000). Energy assessment of institutional buildings, Paper presented at the ANZAScA 2000, 34th Annual Conference of the Australian & New Zealand Architecture Science Association, 1-3 December 2000, University of Adelaide, Adelaide, Australia.
- [61] Kurabuchi, T., Tsuruta, K., Ogasawara, T., & Iino, Y. (2011). Observation of environmental control behaviour in elementary school classrooms equipped with air-conditioning systems and ceiling fans for cooling. *International Journal of Ventilation*, 10(2), 125-132.
- [62] Mathews, E., Arndt, D., Piani, C., & Van Heerden, E. (2000). Developing cost efficient control strategies to ensure optimal energy use and sufficient indoor comfort. *Applied Energy*, 66(2), 135-159.
- [63] Economic and Social Commission for Western Asia. (2011). Escwa. Retrieved 2,16, 2010, from <http://www.escwa.un.org/divisions/ecw.asp?division=ecw>
- [64] Zurigat, Y., Al-Hinai, H., Jubran, B., & Al-Masoudi, Y. (2003). Energy efficient building strategies for school buildings in oman. *International Journal of Energy Research*, 27(3), 241-253.

- [65] Perez, Y. V., & Capeluto, I. G. (2009). Climatic considerations in school building design in the hot–humid climate for reducing energy consumption. *Applied Energy*, 86(3), 340-348.
- [66] Becker, R., Goldberger, I., & Paciuk, M. (2007). Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. *Building and Environment*, 42(9), 3261-3276.
- [67] Stefano Paolo Corgnati, Valentina Fabi, Novella Tala, Marco Filippi. (2010). Statistical analysis methods to investigate energy use in buildings. *Proceedings of 3rd International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Build Environment (PALENC)*, Rhodes.
- [68] Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563-572.
- [69] Allard, F., & Santamouris, M. (1998). *Natural ventilation in buildings: A design handbook* Earthscan.
- [70] Ford, A. (2007). *Designing the sustainable school* Images Publishing.
- [71] TEMM International (Pty) Ltd. (1997). *Energy savings potential and guidelines for effective energy use in buildings*. Project report compiled for the Department of Mineral and Energy Affairs: Energy branch, Pretoria.
- [72] Haberl, J., & Komor, P. (1990). Improving energy audits: How annual and monthly consumption data can help. *ASHRAE Journal*, 32(8), 26-33.
- [73] N.142(I)/2006, N.30(I)/2009, N.101/2006, Κ.Δ.Π. 164/2009, Κ.Δ.Π. 429/2006, Κ.Δ.Π. 567/2007, Κ.Δ.Π. 414/2009, Κ.Δ.Π. 568/2007, Κ.Δ.Π. 446/2009.
- [74] Infotrend Innovations/BRE for the Ministry of Commerce, Industry and Tourism (Ed.). (2009). *Methodology for assessing the energy performance of buildings*, Cyprus Energy Service (1st ed.). Nicosia, Cyprus: Cyprus Energy Service of Cyprus.
- [75] PG-N37 Standards supporting the Energy Performance of Buildings Directive
- [76] EN 15193-1 Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation
- [77] EN 15217 Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings
- [78] EN 15243 Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems

- [79] EN ISO 13786:2005 Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods
- [80] EN ISO 13789 Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation methods
- [81] EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- [82] EN15316-3 Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – part 3 Domestic hot water systems
- [83] EN 15316-4-3-2007 Heating systems in buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems
- [84] Erhorn, H., Mroz, T., Mørck, O., Schmidt, F., Schoff, L., & Thomsen, K. E. (2008). The energy concept Adviser—A tool to improve energy efficiency in educational buildings. *Energy and Buildings*, 40(4), 419-428.
- [85] Catalina, T., & Iordache, V. (2012). IEQ assessment on schools in the design stage. *Building and Environment*, 49, 129-140.
- [86] Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3), 1298-1314.
- [87] Papadopoulos, AM, S. Oxizidis, and G. Papandritsas. (2008). Energy, Economic and Environmental Performance of Heating Systems in Greek Buildings. *Energy and Buildings*, 40 (3), 224-230.
- [88] Dascalaki, E. G., & Sermpetzoglou, V. G. (2011). Energy performance and indoor environmental quality in hellenic schools. *Energy and Buildings*, 43(2), 718-727.
- [89] Serghides, Despina K. and Chrissa G. Georgakis. (2012). The Building Envelope of Mediterranean Houses: Optimization of Mass and Insulation. *Journal of Building Physics*, 36 (1), 83-98.
- [90] Fanger, Poul O. (1970). Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. *Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering*.

- [91] Standard, ISO. 1994. "7730, Moderate Thermal environments–Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort." International Organization for Standardization.
- [92] Standard, ASHRAE. 2004. "Standard 55-2004." Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, USA.
- [93] Bernardi, Núbia and Doris CCK Kowaltowski. (2006). Environmental Comfort in School Buildings a Case Study of Awareness and Participation of Users. *Environment and Behavior*, 38 (2), 155-172.
- [94] Serghides D.K. (2008). Integrated Design for the Zero Energy House and the Human Factor–PLEA towards Zero Energy Buildings. Proceedings of PLEA ISBN: 78-1-905254-34-7, Paper ID. 745.
- [95] Harvey, L. D. (2009). Reducing energy use in the buildings sector: Measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2(2), 139-163.
- [96] Heschong Mahone Group. (1999). Daylighting in schools. An investigation into the relationship between daylight and human performance. Details Report, Fair Oaks (CA).
- [97] US Department of Energy. (2013). Guide to financing Energy Smart Schools. Building Technologies Program. Retrieved 5.22, 2012, from <http://www.eere.energy.gov/buildings/energysmartschools/resources.html>
- [98] Jose Roberto Garcia Chavez. (2010). Low Embodied Energy Construction System Applied in an Educational Building for Improving Comfort in A Hot Humid Climate. Proceedings of 3rd International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Build Environment (PALENC), Rhodes.
- [99] Henryson, J., Håkansson, T., & Pyrko, J. (2000). Energy efficiency in buildings through information–Swedish perspective. *Energy Policy*, 28(3), 169-180.
- [100] Alliance to save energy. (2012). PowerSave schools. Retrieved 8,29, 2012, from <http://ase.org/programs/green-schools-program>
- [101] Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού. Στοιχεία Σχολείων. Retrieved 1,11, 2011, from http://www.moec.gov.cy/schools_info.html

3 Μεθοδολογία

Οι έρευνες κατηγοριοποιούνται σε ποιοτικές ή ποσοτικές. Ο *Ragin* το 1987 [1] επισήμανε μία βασική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων έρευνας, αναφέροντας ότι οι ποσοτικοί ερευνητές δουλεύουν με μικρό αριθμό μεταβλητών και έχουν πολλές περιπτώσεις, ενώ οι ποιοτικοί ερευνητές βασίζονται στη μελέτη περίπτωσης και πολλών μεταβλητών [2]. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει στοιχεία κυρίως ποσοτικής έρευνας αφού βασίζεται σε αξιόπιστες, αριθμητικές και στατιστικές μετρήσεις του συνολικού δείγματος στο οποίο εφαρμόζεται. Παρουσιάζει όμως κατά διαστήματα και στοιχεία ποιοτικής έρευνας διότι γίνεται προσπάθεια να κατανοηθεί η συμπεριφορά και η λειτουργία του δείγματος (στην περίπτωση αυτή των κτιρίων και των χρηστών τους) και να εξαχθούν συμπεράσματα από τα παρατηρούμενα φαινόμενα. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι αυτή η διατριβή είναι ένα κράμα των δύο μεθόδων και οι λήψεις των δειγμάτων έρευνας γίνονται με την απλή μέθοδο των ελεύθερων δειγμάτων.

Αναλύοντας πιο συγκεκριμένα τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, γίνεται αναφορά σε όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στην πορεία της διατριβής. Επίσης στην αρχή κάθε κεφαλαίου που θα ακολουθήσει γίνεται αναφορά σε βασικά στοιχεία της μεθοδολογίας ώστε να υπάρχει συνοχή και βατή ανάγνωση της μελέτης.

3.1 Εύρεση δεδομένων και βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο πρώτο μέρος της έρευνας και κυρίως στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι εύρεσης πηγών και πληροφοριών μέσα από βάσεις δεδομένων με στόχο την εύρεση πληροφοριών που να αφορούν τις λέξεις κλειδιά «ενεργειακή απόδοση», «σχολικά κτίρια», «κατανάλωση ενέργειας», «εξοικονόμηση ενέργειας», «επεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας» και «θερμική άνεση» [3-6]. Εκτενής έρευνα έγινε και μέσα από βιβλία και εκδόσεις σχετικά με το αντικείμενο αλλά και με αναζήτηση σε σελίδες διαδικτύου. Στοιχεία συλλέχθηκαν επίσης μέσω της Στατιστική Υπηρεσίας Κύπρου και του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού [7,8].

3.2 Καταγραφή και ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης σχολικών κτιρίων

Στη συνέχεια η διατριβή εισέρχεται στην ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του αντικειμένου έρευνας. Δημιουργούνται δομημένα ερωτηματολόγια τα οποία στόχο έχουν την καταγραφή του κτιριακού σχολικού αποθέματος μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο και τη

συλλογή των κατασκευαστικών και λειτουργικών λεπτομερειών τους. Τα ερωτηματολόγια αποτελούνταν από πέντε διαφορετικά μέρη, τις γενικές πληροφορίες, τα στοιχεία κατασκευής, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, την καταγραφή ενεργειακών καταναλώσεων και ερωτήσεις για να διαφανεί η ενημέρωση σχετικά με θέματα ενεργειακής απόδοσης. Ήταν δομημένα με 54 ερωτήσεις και πίνακα καταγραφών ενεργειακών καταναλώσεων τριών συνεχόμενων ετών από το 2008 μέχρι και το 2011 [Παράρτημα Ι]. Τα ερωτηματολόγια αποσταλήκαν στις διευθύνσεις όλων των σχολείων μέσης εκπαίδευσης της Κύπρου, 156 σχολεία στον αριθμό, και με τη βοήθεια των τοπικών σχολικών εφοριών αλλά και των τεχνικών υπηρεσιών του Υπουργείου ανταποκρίθηκαν στην έρευνα είκοσι τέσσερα σχολεία. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από τις διευθύνσεις των σχολείων για να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των απαντήσεων. Στη συνέχεια και για συλλογή επιπλέον πληροφοριών έγιναν επιτόπου επισκέψεις σε 33 σχολεία και διενεργήθηκαν συνεντεύξεις με τους υπεύθυνους των σχολικών συγκροτημάτων. Επίσης σε 67 επιπλέον σχολικά κτίρια οι πληροφορίες για τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά συλλέχθηκαν μέσω τηλεφωνικών συνεντεύξεων και επεξεργασία στοιχείων που δόθηκαν από τις τεχνικές υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού. Με αυτό τον τρόπο συλλέχθηκαν πληροφορίες για ποσοστό που αντιστοιχεί περίπου στο 75% των σχολείων μέσης εκπαίδευσης. Στην έρευνα δεν ανταποκρίθηκαν 41 σχολεία που αντιστοιχούν σε ποσοστό 25%.

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αναλύονται μέσα με τη βοήθεια των Excel Spreadsheets. Κατά τη μηχανογραφική επεξεργασία έγινε καταγραφή των στοιχείων από τα ειδικά διαμορφωμένα ερωτηματολόγια με εισαγωγή των δεδομένων σε πίνακες και δημιουργία ηλεκτρονικής βάσης για το σύνολο των κτιρίων του δείγματος. Για την αποφυγή συστηματικών σφαλμάτων πληροφόρησης (information bias) πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ορθότητας ακρίβειας και πληρότητας των στοιχείων και καθορίστηκε το εύρος σφάλματος για κάθε καταγραφή. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν τα χαρακτηριστικά στοιχεία των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο ανά κλιματική περιοχή. Μέσα από τη στατιστική ανάλυση και την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν η έρευνα κατέληξε στο τυπικό σχολικό κτίριο μέσης εκπαίδευσης της Κύπρου και τα αντιπροσωπευτικά-τυπικά σχολεία στις τρεις κλιματικές περιοχές, παράλια, ενδοχώρα και ορεινά. Τα τυπικά σχολικά κτίρια σε κάθε κλιματική περιοχή αποτελούνται από τα συνήθη χαρακτηριστικά δόμησης, σχεδίασης και λειτουργίας όπως αυτά διαφάνηκαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Καταγράφηκαν επίσης οι μέσες τιμές ενεργειακών καταναλώσεων των σχολικών κτιρίων ανά κλιματική περιοχή για θέρμανση και ηλεκτρισμό. Η εύρεση των

χαρακτηριστικών των τυπικών σχολικών κτιρίων θα βοηθήσει στη συνέχεια ώστε να εστιάσει η έρευνα σε ένα αντιπροσωπευτικό και τυπικό σχολείο ανά κλιματική ζώνη στο οποίο θα διεξαχθούν επισταμένες μελέτες ενεργειακής αναβάθμισης.

3.3 Πιλοτική έρευνα σε εννιά σχολικά κτίρια

Παράλληλα και μέχρι τη συλλογή όλων των δεδομένων από τα σχολεία μέσης εκπαίδευσης της Κύπρου διεξάγεται πιλοτική έρευνα σε σχολεία της Κύπρου για να διαφανεί το πρόβλημα και η ανάγκη περεταίρω μελέτης της ενεργειακής τους απόδοσης. Η πιλοτική έρευνα είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο καθώς διερευνά πιθανά προβλήματα της κύριας έρευνας (προβλήματα διαδικασιών ή οργάνων συλλογής δεδομένων κλπ) και επιβεβαιώνει την ανάγκη περεταίρω μελέτης του ερευνητικού θέματος που επιλέχτηκε. Στην πιλοτική έρευνα μελετούνται εννιά σχολικά συγκροτήματα με μόνο κριτήριο επιλογής, να εδράζονται σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες της Κύπρου, τρία σχολεία στα παράλια, τρία στην ενδοχώρα και τρία στα ορεινά.

Η έρευνα σε αυτό το στάδιο χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται συλλογή πιο λεπτομερών κατασκευαστικών στοιχείων των εννιά σχολικών κτιρίων με στόχο στη συνέχεια να ακολουθήσει η ενεργειακή επιθεώρηση τους. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά βρέθηκαν από τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας με ερωτηματολόγια και με επιτόπου επισκέψεις. Επίσης σε συνεργασία με τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και των Σχολικών Εφορειών και της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (Α.Η.Κ.) καταγράφηκαν οι καταναλώσεις των σχολείων και μελετήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια και οι κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες. Η ενεργειακή επιθεώρηση στη συνέχεια γίνεται μέσω προσομοιώσεων με τη χρήση του λογισμικού SBEM (Simplified Building Energy Model). Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η 4^η έκδοση iSBEMcy η οποία αντιπροσωπεύει το επίσημο λογισμικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων της Κυπριακής Δημοκρατίας και κατηγοριοποιεί αλφαβητικά τα κτίρια βάσει των ενεργειακών τους καταναλώσεων [10-12]. Το λογισμικό υπολογίζει την πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και καταλήγει στην έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) το οποίο παρουσιάζει την ενεργειακή κατηγοριοποίηση του κτιρίου και τις αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂. Το λογισμικό δημιουργήθηκε για σκοπούς εναρμόνισης της Κύπρου με την Οδηγία 2002/91/EK για ενεργειακή απόδοση κτιρίων η οποία προνοεί την έκδοση ΠΕΑ σε νεόδμητα αλλά και υφιστάμενα κτίρια [13]. Το λογισμικό επιλέγεται για αυτή τη μελέτη κυρίως για την μεγάλη συλλογή κλιματικών δεδομένων που παρουσιάζει για κάθε περιοχή της Κύπρου. Δεδομένου

ότι η μελέτη εστιάζει στις διαφορές των κλιματικών περιοχών και τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων, το εν λόγω λογισμικό θεωρήθηκε το ιδανικό για την παρούσα μελέτη. Η προσομοίωση των κτιρίων και ο υπολογισμός καταναλώσεων μέσω του λογισμικού γίνεται σε μηνιαία βάση και χρησιμοποιούνται παραδοχές ανά τύπο κτιρίου. Συγκεκριμένα γίνονται παραδοχές και υπάρχουν σταθερές τιμές για τη θερμοκρασία θέρμανσης και ψύξης, τις εναλλαγές αερισμού ανά τύπο κτιρίου, τις θερμογέφυρες, τον αριθμό χρηστών και τα αντίστοιχα εσωτερικά κέρδη βάσει της δραστηριότητας ζώνης και του εμβαδού της και τα εσωτερικά κέρδη από τις συσκευές και τον εξοπλισμό του κτιρίου. Το πρώτο μέρος της πιλοτικής μελέτης καταλήγει στην αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των εννιά σχολικών κτιρίων μέσω του λογισμικού iSBEMcy και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις πραγματικές καταναλώσεις. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας παρουσιάζουν τα ενεργειακά προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα σχολικά κτίρια και εντοπίζουν τα σημεία όπου θα πρέπει να εστιάσουν στη συνέχεια οι μελέτες περίπτωσης των τυπικών σχολείων ανά κλιματική περιοχή.

Στο δεύτερο μέρος της πιλοτικής μελέτης εξετάζεται η εσωτερική άνεση των σχολικών κτιρίων καθώς μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύγχρονης αρχιτεκτονικής είναι να δημιουργήσει ένα άνετο περιβάλλον στο εσωτερικό των κτιρίων, μελετώντας λεπτομερώς όλους τους παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό. Ο στόχος σε κάθε περίπτωση είναι να επιτύχει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και συγκεκριμένα θερμική άνεση με το ελάχιστο δυνατό κόστος ενέργειας. Η κακή εσωτερική ποιότητα του περιβάλλοντος (IEQ) μπορεί να οδηγήσει σε ένα ανθυγιεινό περιβάλλον και οι De Giuli, Da Pos , και De Carli (2012) και οι Roje και Potocnik (2008) ανέφεραν ότι η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμική ακουστική και οπτική άνεση και ποιότητα του αέρα) ενός κτιρίου επηρεάζει την άνεση, την υγεία και την παραγωγικότητα των χρηστών [14,15] και είναι πολύ σημαντικό να εξετάζεται η άποψη και η αίσθηση των χρηστών στα θέματα άνεση. Συγκεκριμένα, τα σχολεία είναι τα κτίρια στα οποία το υψηλό επίπεδο της ποιότητας του περιβάλλοντος μπορεί να βελτιώσει την προσοχή, τη συγκέντρωση, τις επιδόσεις και την αποδοτικότητα των μαθητών. Μελέτες στη Βόρεια Καρολίνα και την Καλιφόρνια παρουσίασαν βελτιωμένες βαθμολογίες των μαθητών που εργάζονταν με φυσικό φωτισμό. Υπήρχε επίσης σε ποσοστό 15% έως 26% ταχύτερος ρυθμός μάθησης από τους μαθητές [16,17]. Ο αερισμός, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα, η θερμοκρασία (θέρμανσης και ψύξης) και ο φωτισμός είναι μεταξύ των περιβαλλοντικών συνθηκών άνεσης που πρέπει επικρατούν στα σχολικά κτίρια και θα πρέπει να εξετάζονται μέσω έρευνας ερωτηματολογίων αλλά και επιτόπου επισκέψεων στα σχολεία. Η έρευνα της εσωτερικής

άνεσης στην πιλοτική μελέτη γίνεται με τη βοήθεια ερωτηματολογίων τα οποία συμπληρώνονται από τους χρήστες των κτιρίων και κυρίως από τους μαθητές με επίβλεψη ώστε να απαντηθούν ορθά τα ερωτήματα. Αναφορικά με τη μέθοδο λήψης του δείγματος, εφαρμόστηκε η απλή μέθοδος του ελεύθερου δείγματος. Τα ερωτηματολόγια αποτελούνταν από οκτώ μέρη βασισμένα στη βιβλιογραφία και παρόμοιες μελέτες. Συγκεκριμένα αφορούσαν τα στοιχεία του σχολείου, τα γενικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του σχολείου, τη θερμική, την οπτική και την ακουστική άνεση, την ασφάλεια και υγεία, τη ψυχική και σωματική ευεξία και με το τελευταίο μέρος όπου οι χρήστες ιεραρχούσαν αυτά που θεωρούν σαν τα κυριότερα προβλήματα που σχετίζονται με τις αυξημένες καταναλώσεις του σχολικού τους κτιρίου [Παράρτημα II]. Συλλέχθηκαν και μηχανογραφήθηκαν τα στοιχεία και μέσω ενός εργαλείου ανάλυσης αποτελεσμάτων που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος TEENERGY [18] εισήχθησαν τα αρχεία Excel .xls με τις απαντήσεις των μαθητών και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα. Με τη διεξαγωγή αυτής της μελέτης επιβεβαιώνεται η ανάγκη βελτίωσης της εσωτερικής άνεσης στα σχολικά κτίρια αφού παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα άνεσης κυρίως στους εσωτερικούς χώρους. Έντονα προβλήματα παρουσιάζονται στη θερμική άνεση η οποία είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Για ολοκλήρωση της πιλοτικής μελέτης επιλέγεται η συγκριτική μέθοδος των αποτελεσμάτων που συλλέχθηκαν στα δύο μέρη της έρευνας. Μέσα από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων γίνεται σύγκριση και συσχέτιση ενεργειακής απόδοσης και της εσωτερικής άνεσης των σχολείων. Έτσι εντοπίζονται σε πρώτη φάση οι βασικότερες εστίες προβλημάτων στα σχολεία της Κύπρου. Τα δεδομένα για αυτό το στάδιο της μελέτης συλλέχθηκαν από αναφορές του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος TEENERGY «Energy Efficient Schools» και ένα μέρος του κεφαλαίου εκπονήθηκε στα πλαίσια χρηματοδότησης του εν λόγω ερευνητικού προγράμματος.

3.4 Έρευνα βιοκλιματικής ανάλυσης

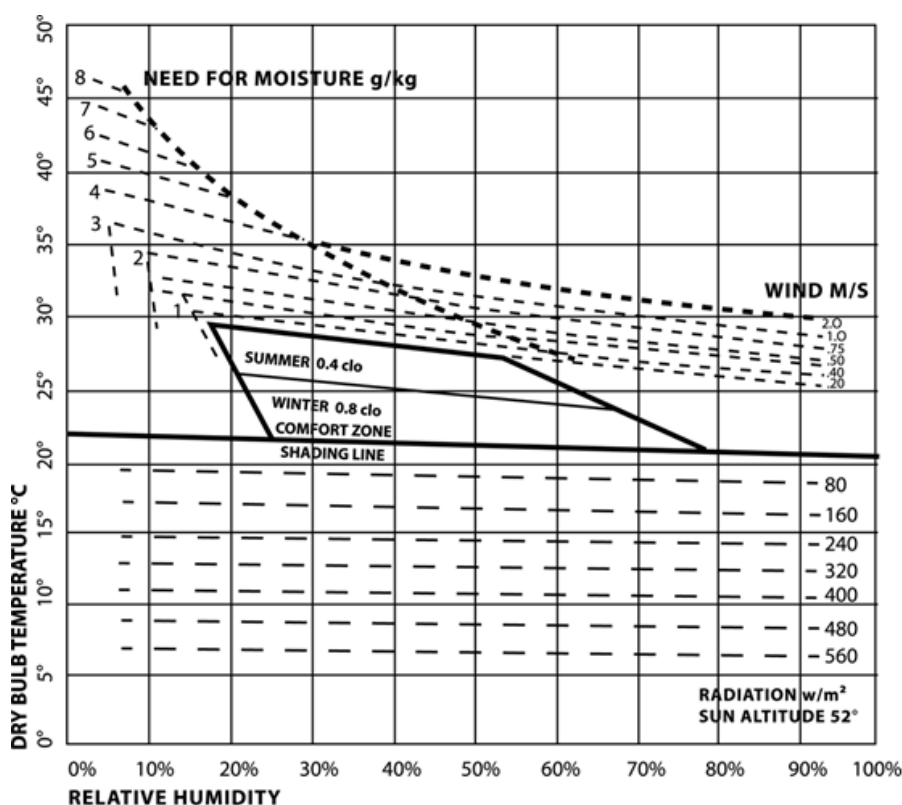
Στη συνέχεια η έρευνα μελετά τις τρεις κλιματικές περιοχές του νησιού για να ενδιατρίψει στη μελέτη των αντιπροσωπευτικών και τυπικών σχολικών κτιρίων. Αρχικά γίνεται η βιοκλιματική ανάλυση. Η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασίζεται στην ανάπτυξη μιας αρχιτεκτονικής προσαρμοσμένης στο περιβάλλον που να προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικά εσώκλιμα αξιοποιώντας εκλεκτικά τα ευνοϊκά στοιχεία του κλίματος ώστε να ελαχιστοποιείται η κατανάλωση της απαιτούμενης συμπληρωματικής ενέργειας τόσο για θέρμανση όσο και για δροσισμό. Έτσι για τη βιοκλιματική μελέτη απαιτείται ανάλυση των

επικρατέστερων κλιματολογικών συνθηκών, για να γίνει η αξιολόγηση των αναγκών θέρμανσης και δροσισμού και η εκτίμηση των φυσικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που διατίθενται και μπορούν να συμβάλουν στις ανάγκες ενέργειας του κτιρίου. Από τη μελέτη άνεσης και τη βιοκλιματική ανάλυση γίνεται ανάπτυξη περιγράμματος στρατηγικής για αντιμετώπιση των αναγκών θέρμανσης και δροσισμού, που θα χρησιμεύσει σαν προκαταρκτικός οδηγός για τη μετέπειτα λεπτομερή μελέτη των κτιρίων. Η βιοκλιματική μελέτη βοηθά στον καθορισμό των απαραίτητων στρατηγικών και τεχνικών για ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων ανά κλιματική περιοχή.

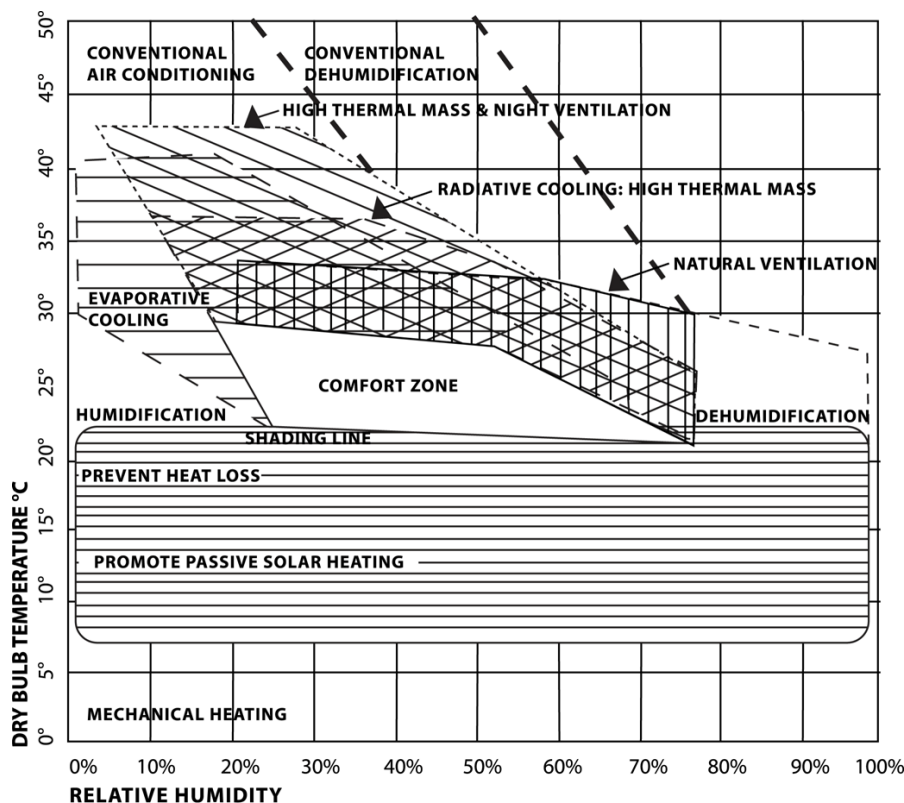
Οι V. και A. Olgyay [19] ήταν πρωτεργάτες του βιοκλιματικού χάρτη [Διαγράμματα 6,7]. Τα διαγράμματα χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη για εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και παθητικών στρατηγικών σχεδιασμού. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα εφαρμόζονται συνήθως σε περιοχές με εύκρατο κλίμα και κτίρια στα οποία η δραστηριότητα των χρηστών αφορά κυρίως καθιστική εργασία και παρόμοιο ντύσιμο ανά εποχή. Για να σχεδιαστούν οι χάρτες οι θερμοκρασίες αέρα καταγράφονται στον άξονα τετμημένων και η σχετική υγρασία στον άξονα των τεταγμένων. Τα κλιματικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για το σχεδιασμό των βιοκλιματικών χαρτών είναι η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα και οι τιμές σχετικής υγρασίας, είτε μηνιαία, είτε ημερήσια ή και ωριαία. Στη μελέτη για τη σχεδίαση των βιοκλιματικών χαρτών χρησιμοποιήθηκαν η μέγιστη και ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας του αέρα και οι αντίστοιχες τιμές σχετικής υγρασίας είτε μηνιαία οι οποίες καταγράφηκαν από τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου σε διαφορετικές περιοχές της Κύπρου οι οποίες είναι τυπικές και αντιπροσωπευτικές των τριών κλιματικών περιοχών, παράλια, ενδοχώρα και ορεινά [20]. Γίνεται σχεδιασμός των γραμμικών εξισώσεων $T = f(RH\%)$. με το συνδυασμό της μέγιστης θερμοκρασίας με την ελάχιστη υγρασία, και της ελάχιστης θερμοκρασίας με τη μέγιστη υγρασία ανά μήνα. Οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν αντιπροσωπεύουν τις εξωτερικές συνθήκες των περιοχών. Παρόλο που το μικροκλίμα του εσωτερικού χώρου του κτιρίου εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες όπως το μέγεθος, τη θερμική αδράνεια των υλικών του και τη μεταφορά αέρα, εντούτοις ο χάρτης δείχνει ξεκάθαρα κατά πόσον οι κλιματικές συνθήκες δημιουργούν κλίμα πολύ ζεστό, κρύο ή άνεση. Το σημαντικό είναι ότι καθορίζουν τις στρατηγικές σχεδιασμού για την αποκατάσταση άνεσης κατά τους διάφορους μήνες ενός έτους. Η περιοχή του τραπεζοειδούς στο χάρτη ορίζει τη ζώνη άνεσης και είναι μεταξύ 21 έως 27,5 °C και μεταφέρεται ελαφρώς προς τα κάτω για το χειμώνα και ελαφρώς προς τα πάνω για το καλοκαίρι. Η σχετική υγρασία άνεσης ορίζεται μεταξύ 30-65% με αποδεκτά όρια από 20 έως 78%. Το κατώτερο όριο της ζώνης άνεσης καθορίζεται από τη

θερμοκρασία των 21°C. Η ζώνη άνεσης χωρίζεται σε δύο περιοχές. Η περιοχή πάνω από την οριακή γραμμή ή τη γραμμή σκίασης είναι γνωστή ως υπερθερμαινόμενη θερινή περίοδος και η σκίαση των κτιρίων είναι απαραίτητη. Η περιοχή κάτω από τη γραμμή σκίασης είναι γνωστή ως υπόθερμαινόμενη χειμερινή περίοδος και ως εκ τούτου η πρόσθετη θερμότητα και ηλιακή ακτινοβολία είναι αναγκαία [21].

Ποιοτικός και ποσοτικός χάρτης έχουν την ίδια βάση με τη διαφορά ότι ο ποιοτικός προσδιορίζει τις στρατηγικές που θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη θερμικής άνεσης ενώ ο ποσοτικός καθορίζει ποσοτικά στοιχεία που χρειάζονται για άνεση. Στον ποιοτικό χάρτη υπάρχουν δώδεκα διαφορετικές στρατηγικές και συχνά μια στρατηγική συνυπάρχει με άλλες. Αντίστοιχα στον ποσοτικό δίνονται οι ανάγκες σε ηλιακή ακτινοβολία, αερισμό και ύγρανση που χρειάζεται η κάθε κλιματική περιοχή ανά μήνα για να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης. Περαιτέρω ανάλυση της μεθοδολογίας και των βιοκλιματικών χαρτών ακολουθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο στο μέρος Γ της διατριβής.



Διάγραμμα 6: Ποσοτικός βιοκλιματικός χάρτης



Διάγραμμα 7: Ποιοτικός βιοκλιματικός χάρτης

Στη συνέχεια του κεφαλαίου συγκρίνονται τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών με τις μετρήσεις και τα δεδομένα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου για να διαφανεί ή όχι η επάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση. Μέσα από τη βιοκλιματική ανάλυση βρέθηκαν οι ανάγκες θέρμανσης των διαφορετικών κλιματικών περιοχών στην Κύπρο και μέσω των κλιματικών καταγραφών που υπάρχουν στις τρεις κλιματικές ζώνες διενεργείται η σύγκριση των αναγκών και των αποθεμάτων ηλιακής ακτινοβολίας. Η ανάλυση γίνεται με τη βοήθεια φύλλων εργασίας Advance Excel. Δημιουργούνται οι γραφικές παραστάσεις σε xls. Spread sheets και παρουσιάζονται συγκριτικά αποτελέσματα. Το ποσό της απαιτούμενης ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζεται στα γραφήματα σε μονάδες W/m^2 .

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η βιοκλιματική ανάλυση με τη χρήση των εν λόγω χαρτών είναι χρονοβόρα και απαιτεί κλιματικά δεδομένα που πολλές φορές ίσως δεν είναι διαθέσιμα. Αντιμετωπίζοντας αυτή τη δυσκολία χρησιμοποιήθηκε η παρούσα μελέτη και με μεθοδολογία που θα αναπτυχθεί στη συνέχεια έγινε δημιουργία πολυωνυμικών εξισώσεων για βιοκλιματική ανάλυση περιοχών με παρόμοια κλιματικά δεδομένα με της Κύπρου. Στο κεφάλαιο περιγράφεται η ανάπτυξη μιας απλοποιημένης τεχνικής που είναι κατάλληλη για την προκαταρκτική μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και μπορεί να αντικαταστήσει του βιοκλιματικούς χάρτες.

Γίνεται ανάλυση των θερμικών αναγκών σε διάφορες περιοχές της Κύπρου και μέσω των αποτελεσμάτων δημιουργούνται οι νέες εξισώσεις για άμεσο υπολογισμό των αναγκαίων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση, ταχύτητας αέρα, υγρασίας και σκίασης για δροσισμό ανά κλιματική ζώνη χωρίς τη χρήση του βιοκλιματικού διαγράμματος. Για την ανάπτυξη της έρευνας ακολουθείται μια μεθοδολογία τριών σταδίων. Στην πρώτη φάση γίνεται η συλλογή αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών χαρτών από διάφορες περιοχές έτσι ώστε να εξευρεθούν οι μέσοι όροι των αναγκών, τα κοινά στοιχεία των περιοχών και να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων για επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Το δεύτερο βήμα της μεθοδολογίας είναι η δημιουργία των βιοκλιματικών εξισώσεων ή αλλιώς «bioforms». Αναλύονται τα αποτελέσματα των ποσοτικών βιοκλιματικών χαρτών των έξι περιοχών και ανάγονται οι μέσοι όροι των τιμών των αποτελεσμάτων. Μέσα από τα γραφήματα και στατιστικές αναλύσεις στο πρόγραμμα Excel δημιουργούνται οι εξισώσεις-γραμμές παλινδρόμησης και υπολογίζονται οι πολυωνυμικές εξισώσεις 2^{ου} βαθμού. Το τρίτο μέρος της μεθοδολογίας είναι η επικύρωση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται μεταξύ τους και όταν το στατιστικό σφάλμα είναι αποδεκτό (για κάθε παθητική ανάγκη έχει οριστεί εμπειρικά ένα αποδεκτό εύρος τιμών για να μπορεί να προχωρήσει η βιοκλιματική μελέτη χωρίς ουσιαστικές αποκλίσεις από την πραγματικότητα) η εξίσωση επαληθεύεται και μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Το στατιστικό σφάλμα μπορεί να οφείλεται σε πειραματικό λάθος, ακραίες συνθήκες που μπορεί να παρουσιαστούν σε μια περιοχή ή στατιστική απόκλιση. Το αποδεκτό εύρος τιμών εκφράζεται με τη μορφή τιμών ή ποσοστών με απόκλιση συν-πλην από την αποδεκτή τιμή της εξίσωσης.

Η παρούσα μελέτη δημιουργήθηκε κυρίως για να αντικαταστήσει, τουλάχιστον σε πρώτο στάδιο, την ανάγκη των βιοκλιματικών χαρτών, κυρίως του ποσοτικού. Στόχος είναι μέσω ενός εύκολου τρόπου, με απλουστευμένες εξισώσεις, να εντοπίζονται οι κυριότερες ανάγκες για παθητικό σχεδιασμό ή ανακαίνιση ενός κτιρίου. Ο τρόπος αυτός εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο στην Κύπρο αλλά και σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες.

3.5 Έρευνα τυπικών σχολικών κτιρίων και σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης

Έπειτα από συγκρίσεις και αξιολογήσεις του ευρύτερου δείγματος έρευνας και της πιλοτικής μελέτης των εννιά σχολείων και βάσει των χαρακτηριστικών που εξήχθησαν για

τα τυπικά σχολικά κτίρια της μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο επιλέγεται ένα σχολείο ανά κλιματική περιοχή στο οποίο θα ενδιατρίψει η μελέτη. Στα σχολικά αυτά κτίρια τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά και τυπικά τα αποτελέσματα μπορούν να δώσουν κατευθύνσεις για την πλειοψηφία των σχολείων στην Κύπρο. Γίνονται μελέτες περίπτωσης (case study) οι οποίες αφορούν και την κύρια έρευνα του έργου. Αρχικά γίνονται επί τόπου έλεγχοι και επιθεωρήσεις για συλλογή των κατασκευαστικών του λεπτομερειών και στη συνέχεια βάσει και των αποτελεσμάτων της βιοκλιματικής ανάλυσης προσομοιώνονται επιλεγμένα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης και βελτίωσης της θερμικής άνεσης των σχολείων.

Για την εύρεση ή/και επαλήθευση των συντελεστών θερμοπερατότητας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Model STM200U. Η συσκευή περιλαμβάνει ένα σετ μετρήσεων με κύριο αποτέλεσμα τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας. Η συγκεκριμένη συσκευή μέτρησης θερμοπερατότητας είναι ευρέως διαδεδομένη για ερευνητικές εφαρμογές και αποτελεί μία από τις πιο ακριβείς διαθέσιμες λύσεις. [The device consist of a set of measurements of a U coefficient with a Backlit digital display instrument, includes a 4- channel temperature module for thermocouple K/J/T (- 200 to +1300°C), 2 PT100 channels (-100 to +400 °C) and is supplied with: 3 FK-PFA-2-MM thermocouple wire probes, 1 SKA110 ambient thermocouple probe, 1 PT100 wireless ambient probe].



Εικόνα 13: Μετρήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας με Uvalue-Calculator σε κατασκευαστικά στοιχεία κτιρίων

Με στόχο την εύρεση των τρωτών σημείων της κατασκευής των τυπικών σχολικών κτιρίων πάρθηκαν θερμογραφίες. Χρησιμοποιήθηκε η θερμοκάμερα Model FLIR T335 της οποία τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα πιο κάτω.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά θερμοκάμερας FLIR T335

FLIR T335
Thermal image quality: 320x240 pixels
Temperature range: -20°C to +650°C
< 50 mK NETD
4x digital zoom
Picture-in-Picture (resizable/moveable)
4 Image markers
Instant reports



Εικόνα 14: Θερμοκάμερα μοντέλο FLIR T335

Τα τυπικά σχολικά κτίρια που έχουν επιλεγεί αποτυπώνονται και διορθώνονται σε ηλεκτρονική μορφή μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD2010. Έπειτα μέσω προσομοιώσεων, με το πρόγραμμα προσομοίωσης iSBEMcy το οποίο χρησιμοποιήθηκε και στην πιλοτική έρευνα της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η 7^η έκδοση iSBEMcy και μελετάται η κατασκευή του τυπικού κτιρίου (αρχιτεκτονικά, μηχανολογικά, φωτισμός, εξοπλισμός κ.α) και εντοπίζεται το ενεργειακό του ισοζύγιο ανά τυπικό σχολικό κτίριο. Τα αποτελέσματα αυτής της προσομοίωσης βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την ενδελεχή μελέτη των κτιρίων. Το λογισμικό έχει αξιολογηθεί από το Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού και από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η οποία συστάθηκε για να αξιολογήσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων των επίσημων λογισμικών ενεργειακή απόδοσης των χωρών της Ευρώπης. Η εγκυρότητα του λογισμικού αποδεικνύεται σε καθημερινή βάση από μελετητές αλλά και μηχανικούς οι οποίοι διενεργούν μελέτες προσομοίωσης κτιρίων και εκδόσεις πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ). Τα αποτελέσματα του λογισμικού κρίνονται σε πραγματικά νεόδμητα αλλά και υφιστάμενα κτίρια. Η επιλογή του παρόντος λογισμικού για τη μελέτη και την

προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης αλλά και των σεναρίων ενεργειακής ανακαίνισης των σχολείων έγινε για να υπάρχει ευρεία αποδοχή των αποτελεσμάτων, κατανόηση και χρήση τους από φορείς, υπουργεία, μηχανικούς αλλά και ερευνητές. Στο κεφάλαιο αυτό διενεργούνται σενάρια προσομοίωσης τα οποία αφορούν τεχνικές ενεργειακή ανακαίνισης των σχολικών κτιρίων και βασίζονται στις ευρωπαϊκές οδηγίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων 2002/91/EK και 2010/31/EK [13,22]. Η ενεργειακή αναβάθμιση χωρίζεται σε δύο μέρη, την αναβάθμιση του κελύφους του κτιρίου και τη μείωση των καταναλώσεων μέσω ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εντοπίζονται και ταξινομούνται οι βέλτιστες τεχνικές ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων σε κάθε κλιματική περιοχή. Τα τελικά συμπεράσματα βοηθούν στην στοχευμένη ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων ανάλογα με το κλίμα της περιοχής ώστε να καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια και να υπάρχουν και οι κατάλληλες συνθήκες άνεσης. Τα αποτελέσματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη ανέγερσης νέων σχολικών μονάδων.

3.6 Επαλήθευση αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των τυπικών σχολικών κτιρίων επαληθεύονται με το λογισμικό πρόγραμμα Energy Plus. Η εγκυρότητα του εν λόγω λογισμικού είναι αποδεδειγμένη μέσα από προηγούμενες μελέτες και θεωρείται στη βιβλιογραφία ένα από τα πιο αξιόπιστα λογισμικά προγράμματα. Το λογισμικό Energy Plus είναι ένα δυναμικό πρόγραμμα προσομοίωσης ενεργειακών αναγκών για τη μοντελοποίηση θέρμανσης κτιρίων, ψύξης, φωτισμού, αερισμού, και άλλων ροών ενέργειας και έχει αναπτυχθεί από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ [23]. Αν και βασίζεται στα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των BLAST και DOE-2, περιλαμβάνει πολλές καινοτόμες δυνατότητες προσομοίωσης, όπως είναι τα βήματα με χρόνο λιγότερο από μία ώρα. Το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης κτιρίων Energy Plus αποτελεί ένα εξαιρετικά ευέλικτο και προσαρμοστικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο παρέχεται χωρίς χρέωση. Η λειτουργία του απαιτεί την φυσική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου μέσω σχεδιαστικού λογισμικού CAD. Επιλέγεται ένα από τα τυπικά κτίρια σχολείων και συγκεκριμένα το σχολικό κτίριο παράλιων περιοχών, Γυμνάσιο Νεάπολης για επαλήθευση αποτελεσμάτων. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού σε ωριαία βάση, των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου, της ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου και τον υπολογισμό των θερμοκρασιών των θερμικών ζωνών καθώς και των επιφανειακών εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών των δομικών στοιχείων, κλπ.

Για να προσομοιωθεί ένα κτίριο στο Energy Plus, όπως προαναφέρθηκε πρέπει να εισαχθεί η γεωμετρία του κτιρίου από ένα λογισμικό με μια πιο κατάλληλη επιφάνεια εργασίας. Το Open Studio, το οποίο στην πραγματικότητα είναι το γνωστό λογισμικό Google Sketch Up με ένα επιπλέον plug-in που εκδίδετε από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, είναι το κατάλληλο λογισμικό. Το Google Sketch Up είναι ένα λογισμικό ικανό να δημιουργήσει 3D μοντέλα πιο εύκολα από οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα CAD. Είναι κατάλληλο για αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς καθώς και για ενεργειακούς μελετητές. Με το Open Studio plug-in ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τα εργαλεία του Energy Plus για να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί ενεργειακές ζώνες και επιφάνειες. Έτσι αρχικά γίνεται η τρισδιάστατη σχεδίαση του κτιρίου στο πρόγραμμα Google Sketch Up [24]. Γίνεται η εισαγωγή των κατασκευαστικών δεδομένων του κτιρίου, ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες, η αναλυτική εισαγωγή των εσωτερικών κερδών, η εισαγωγή των μετεωρολογικών δεδομένων, η ενσωμάτωση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, κλπ.

Στη συνέχεια καθορίζεται ότι το μοντέλο που πρόκειται να σχεδιαστεί θα είναι εισερχόμενο δεδομένο του Energy Plus χρησιμοποιώντας το εικονίδιο e+ που βρίσκεται στη δεύτερη σειρά επιλογών. Το πρώτο βήμα στο σχεδιασμό είναι η χωροθέτηση της επιφάνεια του κτιρίου και ακολούθως με το εικονίδιο push/pull θέτουμε το ύψος. Τα παράθυρα, οι πόρτες, και γενικά επιφάνειες με μεγάλο ποσοστό μεταφοράς θερμότητας (U Value), εισέρχονται ως δεδομένα στο πρόγραμμα Energy Plus.

Για την προσομοίωση και τον υπολογισμό της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας του κτιρίου απαραίτητα είναι πακέτα μετεωρολογικών δεδομένων τα οποία θα εισαχθούν στο λογισμικό ώστε να γίνει η κατάλληλη προσομοίωση. Στην ιστοσελίδα του Energy Plus μπορούμε να βρούμε καιρικά στοιχεία για περισσότερες από 2100 τοποθεσίες παγκόσμια, από τις οποίες για την Ελλάδα βρίσκουμε τις πόλεις των Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Ανδραβίδας και για την Κύπρο την πόλη της Λάρνακας. Παρόλο που το τυπικό κτίριο που εξετάζεται βρίσκεται στη Λεμεσό τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Λάρνακας θεωρούνται ιδανικά για επεξεργασία δεδομένων καθώς αναφέρονται σε συνθήκες παράλιων περιοχών με ελάχιστες έως και καθόλου αποκλίσεις από τις κλιματικές παραμέτρους της Λεμεσού.

Στη συνέχεια αναλύεται η μεθοδολογία εισαγωγής δεδομένων IDF Editor και Open Studio. Το IDF Editor παρέχει στο χρήστη ένα απλό και εύκολο τρόπο για την δημιουργία ή επεξεργασία των εισερχόμενων αρχείων δεδομένων.

Τα κύρια κεφάλαια εισαγωγής δεδομένων είναι:

- Παράμετροι προσομοίωσης

- Τοποθεσίας και κλίματος
- Θερμικές ζώνες και επιφάνειες
- Δομικά στοιχεία επιφάνειας
- Ηλιακοί συλλέκτες
- Ηλεκτρικό φορτίο-προδιαγραφές γεννήτριας

Από τα οποία όσα έχουν σχέση με κατασκευαστικές προδιαγραφές και γεωμετρίας του κτιρίου εισάγονται αυτόματα μέσω Google Sketch Up, καθώς επίσης και τα μετεωρολογικά δεδομένα. Για επαλήθευση των αποτελεσμάτων διενεργείτε επίσης σύγκριση με πραγματικές καταναλώσεις και θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στο σχολείο βάσει των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος και πετρελαίου θέρμανσης.

3.7 Επαλήθευση αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης σχολικών κτιρίων

Στο δεύτερο μέρος της έρευνας όπως έγινε και στην πιλοτική μελέτη αναλύεται ενδελεχώς η θερμική άνεση ενός τυπικού σχολικού κτιρίου με στόχο την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης. Στόχος είναι να επαληθευθεί το πρόβλημα θερμικής άνεσης που επικρατεί στα σχολικά κτίρια με επί τόπου μετρήσεις, έρευνα και καταγραφές. Επιλέγεται και πάλι το Γυμνάσιο Νεάπολης για να υπάρχει ολοκληρωμένη προσέγγιση και αντιστοιχία αποτελεσμάτων.

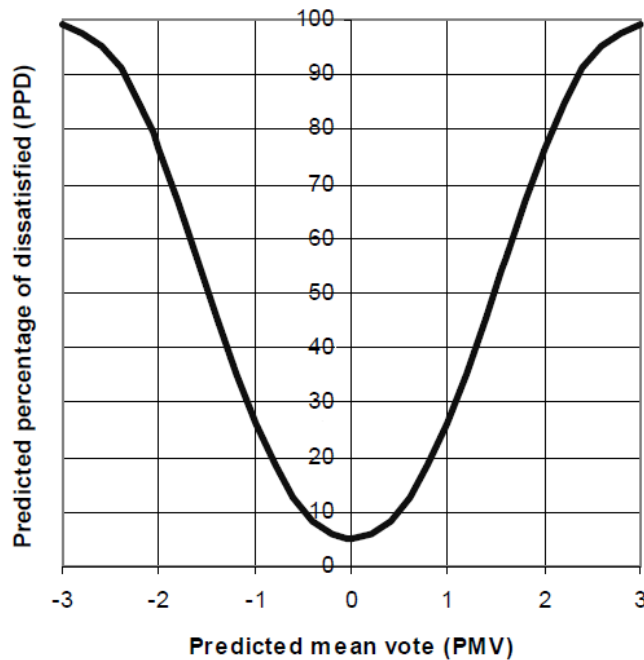
Για να γίνει αντιληπτή η θερμική άνεση και να είναι σαφείς οι υπολογισμοί θα πρέπει να οριστούν οι απαιτούμενες θερμικές συνθήκες. Η θερμική άνεση ορίζεται μέσα από τα πρότυπα ISO 7730 [25] και ASHRAE 55 [26] τα οποία δείχνουν τις προϋποθέσεις για την απόκτηση της θερμικής άνεσης, βάσει της θερμικής ισορροπίας μεταξύ ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση επηρεάζεται από τη θερμότητα, την αγωγιμότητα, την ακτινοβολία και τις απώλειες θερμότητας μέσω εξάτμισης. Έξι παράγοντες επηρεάζουν τη θερμική άνεση του ανθρώπου, τέσσερις εκ των οποίων είναι περιβαλλοντικοί (φυσικοί παράμετροι) και δύο προσωπικοί παράγοντες. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία του αέρα, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία του αέρα. Τα προσωπικά στοιχεία είναι ο ρυθμός μεταβολισμού του ανθρώπου και η μόνωση μέσω του ρουχισμού και αναλύονται εκτενέστερα στο σχετικό κεφάλαιο.

Για το χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου ο Fanger ανέπτυξε το δείκτη προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV ο οποίος χρησιμοποιείται και σε αυτό το στάδιο της διατριβής για επαλήθευση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης [27]. Ο δείκτης PMV

είναι μία σύνθετη μαθηματική σχέση μεταξύ των επιπέδων δραστηριότητας, ρουχισμού και τεσσάρων των περιβαλλοντικών παραμέτρων, την ταχύτητα του αέρα, την θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση [28]. Ο προσδιορισμός του PMV επιτεύχθηκε με την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων που προέκυψαν από μια σειρά πειραμάτων. Ο δείκτης PPD συνδέεται με το δείκτη PMV μέσω της εξίσωσης 1 αλλά και μέσω της καμπύλης που φαίνεται στο διάγραμμα 8.

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0,335 PMV^4 - 0,217 PMV^2)$$

Εξίσωση 1



Διάγραμμα 8: Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD) σε συνάρτηση με το PMV.

Παρατηρείται ότι η καμπύλη είναι συμμετρική και για $PMV=0$, παρουσιάζεται το ελάχιστο ποσοστό δυσαρέσκειας που είναι το $PPD=5\%$. Διαπιστώνεται δηλαδή ότι είναι αδύνατον να ικανοποιηθούν όλοι οι άνθρωποι που βρίσκονται σε ένα χώρο. Ο δείκτης PMV αναλύεται σε μια επταβάθμια κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το -3 έως το 3. Έτσι όταν ο δείκτης $PMV=0$, θεωρείται ότι παρέχονται οι βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης. Τιμές του PMV μεταξύ -0,5 και 0,5 ή και μεταξύ -1 και 1 θεωρούνται γενικά αποδεκτές.

Επίσης ο δείκτης PMV μπορεί να υπολογισθεί και από την πιο κάτω Εξίσωση 2.

$$PMV = (0,303 * e^{-0,036M} + 0,028) * [(M-W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

Εξίσωση 2

Όπου

M: ο ρυθμός μεταβολισμού σε W/m^2

W : το ωφέλιμο έργο σε W/m^2

H : οι απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία σε W/m^2

E_c : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας σε W/m^2

C_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται με συναγωγή κατά την αναπνοή σε W/m^2

E_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή σε W/m^2

Υπολογίζοντας το δείκτη PMV σύμφωνα με την εξίσωση 2, μπορούμε μέσω του διαγράμματος 8 να βρούμε το ποσοστό των δυσαρεστημένων PPD σε έναν χώρο. Σε πολλές χώρες όπου έχει γίνει αποδεκτή η θεωρία του Fanger, θεωρείται ότι η κατάσταση που θα επικρατεί σε έναν χώρο θα είναι ικανοποιητική, όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων (PPD) δεν θα ξεπερνά το 10%. Λόγω δύσκολης εφαρμογής της εξίσωσης 2 το πρότυπο ASHRAE 55 προτείνει την εύρεση των δεικτών με τη βοήθεια ερωτηματολογίων και την επιβεβαίωση τους μέσω της καμπύλης του διαγράμματος 8. Έτσι η έρευνα του αισθήματος θερμικής άνεσης σε ένα τυπικό σχολικό κτίριο και συγκεκριμένα στο Γυμνάσιο Νεάπολης γίνεται με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων, ώστε να προσδιοριστεί το εάν οι υπάρχουσες θερμικές συνθήκες του χώρου εργασίας τους και του κτιρίου γενικότερα τους ικανοποιούν. Η ανάλυση των ερωτηματολογίων για τη θερμική άνεση έγινε σύμφωνα με την επταβάθμια κλίματα του ASHRAE. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 13 ερωτήσεις απλού τύπου, έτσι ώστε να είναι εύκολο στη κατανόηση και σαφές στους χρήστες. Μέσα από τις ερωτήσεις ελέγχθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση των χρηστών στο κτίριο, δηλαδή ο μεταβολισμός, η ένδυση, η δραστηριότητα που κάνουν, αλλά και το πόσο θερμικά άνετα αισθάνονται στο κτίριο κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχών. Οι ερωτήσεις ένα μέχρι έξι ήταν γενικού περιεχομένου και αφορούσαν την ηλικία, το φύλο, τη θερμοκρασία και στοιχεία για το πότε απάντησαν το ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια μέχρι και την ερώτηση 11 συλλέχθηκαν πληροφορίες που αφορούσαν τη θέση όπου συνήθως απασχολούνται οι χρήστες στο κτίριο, την απόσταση τους από ανοίγματα, τα μέσα θέρμανσης και ψύξης, την ένδυση, το μεταβολισμό και τη δραστηριότητα των χρηστών. Οι δείκτες θερμικής άνεσης PPD-PMV εξεταστήκαν στις ερωτήσεις 12 και 13, όπου οι χρήστες απάντησαν πόσο θερμικά άνετα νιώθουν στο γραφείο βάσει των συνθηκών που επικρατούν για όλες τις εποχές του χρόνου και κατά πόσο είναι ικανοποιημένοι ή δυσαρεστημένοι από τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο [Παράρτημα V].

Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των βασικών παραμέτρων και δεικτών PPD-PMV για τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου, που συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις που

έδωσαν οι χρήστες στα ερωτηματολόγια. Οι ημερομηνίες που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια κυμαινόταν από τις 20/05/2013 μέχρι 24/05/2013, χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη ώρα, που απάντησε ο κάθε χρήστης του κτιρίου. Η μέση εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 25°C και 55%, αντίστοιχα, με καθαρό ουρανό. Απαντήθηκαν 100 ερωτηματολόγια από τα οποία 60% άνηκαν σε γυναίκες-κορίτσια 40% σε άνδρες-αγόρια. Οι χρηστές που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν κυρίως μαθητές και μικρό ποσοστό εργαζόμενοι του τομέα διοίκησης του σχολείου.

Στη συνέχεια έγιναν και μετρήσεις πεδίου θερμοκρασίας και υγρασίας εντός και εκτός του σχολικού κτιρίου για επαλήθευση των συνθηκών και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Οι μετρήσεις γίνονται με αισθητήρες (CENTER 340 Thermo Recorder, Extech RHT10 Humidity And Temperature USB Datalogger) οι οποίοι καταγράφουν τα αποτελέσματα ανά λεπτό για μια βδομάδα έως και δέκα συνεχόμενες ημέρες κάθε εποχής. Τα στοιχεία συλλέγονται και μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Extech RHT10 Datalogger Version 5.6 γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή γραφικών παραστάσεων που απεικονίζουν τις συνθήκες που επικρατούν.



Εικόνα 15: Αισθητήρας - Extech RHT10 Humidity And Temperature USB Datalogger

Τα αποτελέσματα από την επαλήθευση της θερμικής άνεσης των σχολικών κτιρίων καθώς και της ενεργειακής τους απόδοσης, επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την παρούσα διδακτορική διατριβή. Επαληθεύονται με αυτό τον τρόπο όλα τα αποτελέσματα της έρευνας και αποκτούν αξία και βάση για μελλοντικές έρευνες στο τομέα της ενεργειακής απόδοσης και άνεσης κτιρίων. Η επαλήθευση είναι απαραίτητη διαδικασία της έρευνας η οποία στοχεύει στην αξιολόγηση των ευρημάτων ώστε αυτά να καθοριστούν ως αξιόπιστα.

Βιβλιογραφία 3^ο κεφαλαίου

- [1] Ragin, Charles C. (1987): *The Comparative Method. Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies*. Berkeley – Los Angeles – London: University of California Press.
- [2] Creswell, J.W. (1998) *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Traditions*. London and Thousand Oaks, CA; Sage Publications.
- [3] Google. (2014). Scholar. Retrieved 1,10, 2010, from <http://scholar.google.com/>
- [4] Scopus database. (2014). Retrieved. 1,10, 2010, from <http://www.scopus.com/jsessionid=F58D2D1E4DD06A28412393E88A4B90A9.WeLimyRvBMk2ky9SFKc8Q>
- [5] Mendeley. (2014). Retrieved 1,15, 2010, from <http://www.mendeley.com/>
- [6] Cyprus University of Technology. (2014). Library. Retrieved 9,10, 2010, from <http://library.cut.ac.cy/>
- [7] Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου. Στατιστικές της Εκπαίδευσης 2008-2009. Retrieved 1,21, 2011, from <http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/84D7E3796C0E824CC22577E0002D6164?OpenDocument&sub=4&sel=1&e=&print>
- [8] Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού. Στοιχεία Σχολείων. Retrieved 1,11, 2011, from http://www.moec.gov.cy/schools_info.html
- [9] Microsoft Office. Excel. Retrieved, 2010, from <http://office.microsoft.com/el-gr/excel/>
- [10] Infotrend Innovations/BRE for the Ministry of Commerce, Industry and Tourism (Ed.). (August 2009). *Methodology for assessing the energy performance of buildings, cyprus energy servic (1st ed.)*. Nicosia, Cyprus: Cyprus Energy Service of Cyprus.
- [11] Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού (2010). *Υπηρεσία Ενέργειας, Τομέας Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Retrieved 2,16, 2010, from http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?
- [12] Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού. (2010). *Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων 2^η Έκδοση*. Retrieved 7/18, 2013, from [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)
- [13] European Commission. (2002). Directive 2002/91/EC of the european parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Communities.

- [14] De Giuli, V., Da Pos, O., & De Carli, M. (2012). Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools. *Building and Environment*, 56, 335-345.
- [15] Poje, A., & Potocnik, I. (2008). Legal basis, standards and criteria for evaluating thermal conditions in forest work. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*.
- [16] Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal*, 44(6), 65-67.
- [17] Heschong, L., Wright, R. L., Okura, S., Klein, P. D., Simner, M., Berman, S., & Clear, R. (2002). Daylighting impacts on human performance in school. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31(2), 101-114.
- [18] TEENERGY Schools action plan. (2011). High energy efficiency schools in the Mediterranean area, Italy, Provincia di Lucca.
- [19] Olgyay A. and Olgyay. V. (1963). "Design with climate". Princeton N.J. Princeton University Press.
- [20] Meteorological service of Cyprus, Meteorological Data (2010). Available: http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument.
- [21] Book in Greek: Γεωργιάδου, Έλλη., Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ελένη., & Ζήσης, Ξενοφών. (1996). Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- [22] European Commission. (2010). Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council, Directive U.S.C. (2010).
- [23] U.S Department of Energy, Energy Plus Software. Available: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> [4/23, 2012].
- [24] Google Sketch Up. Available: <http://google-sketchup.en.softonic.com/> [4/23, 2012].
- [25] ISO (1994). Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort ISO 7730, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [26] ASHRAE (2004), ASHRAE-Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, ASHRAE, Inc.
- [27] P.O.Fanger, (1970). Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [28] Papadopoulos A.M., Oxizidis S., Papandritsas G. (2008) Energy, economic and environmental performance of heating systems in Greek buildings, *Energy & Buildings*.

**Β' ΜΕΡΟΣ: ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΕΡΕΥΝΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

4 Κατασκευαστικά και λειτουργικά στοιχεία κτιριακού αποθέματος μέσης εκπαίδευσης

Στο κεφάλαιο αυτό συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίων τα κατασκευαστικά και λειτουργικά στοιχεία του κτιριακού αποθέματος της μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο. Δομήθηκαν ερωτηματολόγια με στόχο την καταγραφή του κτιριακού αποθέματος των σχολείων στην Κύπρο και τη συλλογή στοιχείων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των σχολείων. Μέσα από τη σύγκριση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των σχολείων στόχος είναι και η εύρεση των τυπικών και αντιπροσωπευτικών σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου. Αυτά θα είναι τα σχολεία που θα μελετηθούν περεταίρω για την ανάπτυξη της έρευνας. Για τη διενέργεια της παρούσας μελέτης που αφορά όλα τα σχολεία της μέσης εκπαίδευσης εγκρίθηκε σχετική άδεια (Παράρτημα Ι) από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

Τα ερωτηματολόγια αποσταλήκαν στις διευθύνσεις όλων των σχολείων μέσης εκπαίδευσης (156 σχολεία) και με τη βοήθεια των τοπικών σχολικών εφοριών αλλά και των Τεχνικών Υπηρεσιών του Υπουργείου ανταποκρίθηκε το 75% των σχολείων. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν στατιστικά δεδομένα από τη Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου για τα σχολικά κτίρια και αυτή είναι η πρώτη καταγραφή που γίνεται.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των σχολείων όπως προέκυψαν μέσα από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων και εντοπίζονται τα κοινά ή όχι χαρακτηριστικά που υπάρχουν στα σχολεία κυρίως ανά κλιματική περιοχή. Στόχος είναι η εύρεση των τυπικών σχολείων στην Κύπρο και ο συνήθης τρόπος δόμησης των σχολείων μέσης εκπαίδευσης ανά κλιματική περιοχή.

Στη συνέχεια θα γίνει πιλοτική μελέτη με 9 παραδείγματα σχολείων με μόνο κριτήριο επιλογής την κλιματική τους περιοχή και έπειτα θα επιλεγούν τρία αντιπροσωπευτικά και τυπικά σχολεία στα οποία θα διενεργηθούν ενεργειακές μετρήσεις και θα αναλυθεί το ενεργειακό τους προφίλ. Τυπικά κτίρια μελέτης θα οριστούν αυτά με τις πιο συχνά εφαρμοζόμενες τεχνικές δόμησης συνεπαγόμενων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων το εμβαδόν, τον αριθμό χρηστών κ.τ.λ. που θα προσεγγίζουν το μέσο όρο που θα υπολογιστεί για τα σχολεία μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων.

4.1 Γενικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων

Στην Κύπρο υπάρχουν 156 σχολεία μέσης εκπαίδευσης εκ των οποίων 120 είναι δημόσια και 36 ιδιωτικά. Ποσοστό 57% των σχολείων αυτών εδράζεται στα παράλια και αντίστοιχα 37% στην ενδοχώρα και 6% στα ορεινά. Στο σύνολο των σχολείων βάσει της έρευνας της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου για το 2011 φοιτούν 64611 μαθητές και εργάζονται 7693 άτομα διδακτικού προσωπικού και 1547 άτομα μη διδακτικού προσωπικού. Το ποσοστό σχολείων που ανταποκρίθηκαν στην έρευνα κρίνεται ικανό για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων που αφορούν τις τακτικές δόμησης και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των σχολείων. Από τα σχολεία που ανταποκρίθηκαν ποσοστό 29,2% εδράζονται στην ενδοχώρα, ποσοστό 58,3% στα παράλια και 12,5% στα ορεινά.

Ο αριθμός των μαθητών κυμαίνεται από 200 έως 700 ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή που εδράζεται το κάθε σχολείο. Τα δημόσια σχολεία λειτουργούν καθημερινά μεταξύ των ωρών 7:30-13:35 για τους μαθητές και τους διδάσκοντες ενώ για το διοικητικό προσωπικό το ωράριο επεκτείνεται μέχρι τις 14:30. Πιο συγκεκριμένα το ημερήσιο ωρολόγιο πρόγραμμα μαθημάτων των δημοσίων σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατανέμεται ως εξής: 7:30-9:00, 9:15-10:45, 11:15-12:45, 12:50-13:35. Κατά συνέπεια τα δημόσια σχολεία λειτουργούν σε ολική βάση έξι ώρες ημερησίως και επιπλέον μια ώρα λειτουργούν κυρίως τα γραφεία διοίκησης. Σύνολο λειτουργίας ημερησίως είναι επτά ώρες. Τα ιδιωτικά σχολεία λειτουργούν καθημερινά για μαθητές αλλά και προσωπικό από τις 7:30 έως τις 14:30 με σύνολο ωρών λειτουργίας επίσης επτά ώρες. Επίσης τα σχολεία λειτουργούν από τον Σεπτέμβριο μέχρι και τον Ιούνιο καθημερινά με μαθητές και με διακοπή μόνο δεκαπέντε ημερών για τις εορτές των Χριστουγέννων και του Πάσχα. Ως εκ τούτου η λειτουργία των σχολείων δεν υπερβαίνει τους εννιά μήνες ανά έτος με εξαίρεση μερικά σχολεία στα οποία η διοίκηση λειτουργεί και το καλοκαίρι κυρίως τον Ιούλιο άρα η λειτουργία τους ανέρχεται στους δέκα μήνες. Όλα σχεδόν τα κτίρια των δημοσίων σχολείων του δείγματος είναι κρατικής ιδιοκτησίας και αντίστοιχα το ένα ιδιωτικό που συμμετείχε έχει κτίριο ιδιωτικής ιδιοκτησίας.

4.2 Στοιχεία κατασκευής σχολείων

Τα κατασκευαστικά στοιχεία των σχολείων είναι πολύ σημαντικά για την ανάλυση του ενεργειακού προφίλ των σχολείων. Η τεχνοτροπία αλλά και τα υλικά δόμησης επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Η χρονολογία δόμησης ενός κτιρίου συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στον τρόπο δόμησης μιας κατασκευής. Καθορίζει τα υλικά που υπήρχαν στο

εμπόριο αλλά και τις τεχνικές που ακολουθούνταν την κάθε εποχή. Επίσης κάθε εποχή χαρακτηρίζεται από διαφορετικές νομοθεσίες οι οποίες επηρεάζουν άμεσα τον τρόπο δόμησης των κτιρίων

Στην παρούσα έρευνα οι χρονολογίες θα χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Οι κατασκευές που ανεγέρθηκαν πριν από το 1974 είναι η πρώτη κατηγορία κτιρίων. Το 1974 είναι χρονολογία ορόσημο για την Κύπρο λόγω Τουρκικής εισβολής και ο κατασκευαστικός τομέας επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό. Πριν από το 1974 η δόμηση των κτιρίων διαφέρει σημαντικά. Υπήρχαν κυρίως μικρές μονοκατοικίες σε ελεύθερη διάταξη με μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνταν ήταν κυρίως τοπικά όπως πετρώματα κλπ. Σε αυτό δεν διέφεραν ούτε τα σχολικά κτίρια των οποίων η ανέγερση γινόταν μεθοδικά ανάλογα με τις ανάγκες των περιοχών και τις συνήθειες πρακτικές της εποχής. Σε αντίθεση η ανέγερση μετά το 1974, έγινε άτακτα λόγω των ολοένα αυξανόμενων αναγκών στην ελεύθερη Κύπρο. Ο χώρος ήταν πολύ λιγότερος για να χωρέσει όλους τους κατοίκους έτσι δημιουργούνται οι συνοικισμοί και στη συνέχεια οι πρώτες πολυκατοικίες στα κέντρα των πόλεων. Οι μαθητές πολλαπλασιάστηκαν στις ελεύθερες περιοχές και η ανάγκη ανέγερσης νέων σχολείων ή η επέκταση των ήδη υπαρχόντων έγινε άμεση. Δημιουργείται ουσιαστικά στην Κύπρο μετά το 1974 η οικοδομική βιομηχανία και κτίζονται όλο και περισσότερα κτίρια από μπετόν παρά από παραδοσιακά υλικά. Ένας άλλος σταθμός ορόσημο είναι το έτος 2000 που επίσης είναι μια χρονολογία η οποία χαρακτηρίζει τις αλλαγές μεταξύ 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα. Ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από καινοτομίες σε όλους τους τομείς και σε αυτό δεν υπολείπεται ούτε ο κατασκευαστικός τομέας. Νέες τεχνολογίες, τεχνοτροπίες αλλά και υλικά εμφανίζονται στο εμπόριο και τα κτίρια ακολουθούν μοντέρνες αρχιτεκτονικές δομές. Το 2007 στην Κύπρο θεσπίζεται ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων και εφαρμόζεται υποχρεωτικά πλέον σε όλα τα νεόδμητα κτίρια. Αυτό θα αλλάξει άρδην τον τρόπο δόμησης των κτιρίων και τις ευρύτερες αντιλήψεις των μηχανικών. Μια νέα γενιά κτιρίων έρχεται στο φως και ο όρος ενεργειακής απόδοσης κτιρίων αρχίζει να γίνεται οικείος τουλάχιστον για τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες του νησιού. Θα έπρεπε κανονικά να υπάρξει άλλος ένας χρονολογικός διαχωρισμός από το 2010 και μετά όπου η Κύπρος εναρμονίζεται με την οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων, όμως επειδή δεν υπάρχει απόθεμα σχολείων που να έχει κτιστεί βάσει των τελευταίων κανονισμών στο δείγμα, απαλείφθηκε αυτή η χρονική περίοδος.

Στο δείγμα μελέτης τα σχολεία χωρίζονται ως εξής: 29% κτίστηκαν πριν από το 1974, 50% μεταξύ 1974 και 2000, 17% μεταξύ 2000 και 2007 και 4% μετά το 2007. Προσθήκες καθώς

και ανακαινίσεις έγιναν σχεδόν σε όλα τα σχολικά συγκροτήματα σε διάφορες χρονικές περιόδους. Όπως διαφαίνεται από το δείγμα τα περισσότερα σχολεία στην Κύπρο είναι κτισμένα πριν από τη θεσμοθέτηση των κανονισμών θερμομόνωσης. Τα πιο πολλά δε είναι κτισμένα πριν από το 2000 ή ακόμη και πριν από το 1974 και αυτό αναμένεται να δώσει μη ικανοποιητικά ενεργειακά προφίλ των σχολικών κτιρίων.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου είναι ο τρόπος δόμησης. Ο λειτουργικός χώρος ενός σχολείου είναι επίσης ένας παράγοντας που επηρεάζει την εσωτερική άνεση αλλά και τις ενεργειακές καταναλώσεις. Ψηλοτάβανα κτίρια απαιτούν περισσότερη ενέργεια για θέρμανση και αίθουσες διδασκαλίας μικρές με πολλούς μαθητές αυξάνουν την πυκνότητα και τα εσωτερικά κέρδη με αποτέλεσμα τη δυσφορία κατά τους ζεστούς μήνες του χρόνου. Η ανοικοδόμηση καθ' ύψος, το σχήμα καθώς και ο προσανατολισμός των κτιρίων επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή συμπεριφορά της κατασκευής.

Τα περισσότερα σχολικά κτίρια του δείγματος αποτελούνται από 2 ορόφους. Τα τριώροφα σχολεία βρίσκονται κυρίως στα ορεινά. Το ύψος τυπικού ορόφου είναι από 3 έως 3,5μ. Σε ελάχιστες περιπτώσεις που αφορούν παλαιότερα κτίρια το ύψος ορόφου υπερβαίνει το μέσο όρο και ανέρχεται μέχρι και στα 5μ. Οι αίθουσες διδασκαλίας έχουν εμβαδόν κατά μέσο όρο $46\mu^2$ και η πυκνότητα στις αίθουσες διδασκαλίας κυμαίνεται συνήθως από 2 έως 3 τετραγωνικά μέτρα ανά μαθητή και θεωρείται ικανοποιητική βάσει βιβλιογραφίας ενώ το ένα τέταρτο των σχολείων του δείγματος δήλωσαν πυκνότητα μικρότερη των $2\mu^2$ /μαθητή [1]. Ο μέσος όρος χώρου που αντιστοιχεί σε κάθε μαθητή στις αίθουσες διδασκαλίας είναι $2,03\mu^2$ /μαθητή ενώ σε ολόκληρο το σχολικό κτίριο είναι $8,56\mu^2$ /μαθητή.

Τα σχήματα που υπερτερούν στα σχολικά κτίρια είναι το ορθογώνιο και το σχήμα Π. Ένα μόνο σχολικό κτίριο παρουσιάστηκε να έχει άναρχο κτίσιμο. Οι επικρατέστεροι προσανατολισμοί όπως συναντήθηκαν μέσα από το δείγμα είναι ο βόρειος και στη συνέχεια με μικρή διαφορά ο νότιος και ανατολικός. Δεν προτιμάται ο δυτικός προσανατολισμός με εξαίρεση μεμονωμένες περιπτώσεις βορειοδυτικού ή νοτιοδυτικού προσανατολισμού του κτιρίου. Όλα τα σχολεία του δείγματος έχουν επίσης αυλές οι οποίες βρίσκονται στον εξωτερικό χώρο. Συνήθως αυτές σε μεγάλο μέρος τους περιτριγυρίζονται από τα σχολικά κτίρια έτσι πολλές φορές δημιουργούνται εσωτερικές αυλές ή αίθρια. Οι κύριοι διάδρομοι των σχολείων χωρίζονται σε εσωτερικούς και εξωτερικούς. Επίσης υπάρχουν σχολεία που παρουσιάζουν και τους δύο τύπους κύριων διαδρόμων. Ο εξωτερικός διάδρομος ενισχύει τον φυσικό αερισμό και τις εναλλαγές αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας το καλοκαίρι αλλά

παρουσιάζει μεγάλες απώλειες θερμότητας το χειμώνα. Στην Κύπρο υπερτερεί ο εξωτερικός διάδρομος στα σχολεία ίσως λόγω του ήπιου έως και ζεστού κλίματος κατά το μεγαλύτερο διάστημα του χρόνου.

Οι οροφές των σχολικών κτιρίων είναι κυρίως οριζόντιες (ταράτσα) και αυτό φαίνεται και μέσα από το δείγμα της έρευνας όπου σε ποσοστό 83% έχουν οριζόντια οροφή. Επικλινείς σκεπές με κεραμίδια συναντάμε κυρίως στις ορεινές περιοχές του νησιού όπου και εκεί συνήθως υπάρχει συνδυασμένη οροφή οριζόντιας πλάκας και κεραμοσκεπής. Με εξαίρεση μόνο ένα δημόσιο σχολείο το οποίο κτίστηκε μετά το 2007 όλα τα άλλα σχολεία του δείγματος έχουν ανοίγματα με μονούς υαλοπίνακες. Η ιδιωτική σχολή στο δείγμα επίσης έχει διπλούς υαλοπίνακες όμως σε μεγάλο μέρος του σχολείου το οποίο δεν έχει ανακαινιστεί παραμένουν τα μονά τζάμια. Παρόμοια κατάσταση παρουσιάζεται και στη θερμομόνωση του κελύφους των σχολικών κτιρίων. Τα πλείστα σχολεία δεν έχουν καθόλου θερμομόνωση στο κέλυφος, ελάχιστα σε ποσοστό 8% είναι μερικώς θερμομονωμένα και μόνο ένα σχολείο του δείγματος είναι θερμομονωμένο σε οροφή και τοίχους. Η τοιχοποιία των σχολείων είναι κυρίως τουβλοποιία και η θερμομόνωση που χρησιμοποιείται σε όσα σχολεία παρουσιάστηκε είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη 5εκ. Σε παλαιά κτίσματα και κυρίως στις ορεινές περιοχές της Κύπρου οι κατασκευές των σχολείων χαρακτηρίζονται και από την παραδοσιακή πέτρα. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στο δείγμα όλα τα σχολεία έχουν κτιστεί εξαρχής για χρήση σχολείου και δεν έγινε καμία ενεργειακή αναβάθμιση από την ανέγερση τους και έπειτα σε κανένα από τα εξεταζόμενα σχολεία μέχρι την ώρα της έρευνας.

Στη συνέχεια συγκεντρώνονται τα σχολεία με τα κυριότερα στοιχεία τους αναλυτικά και παρουσιάζονται τα ευρήματα των ερωτηματολογίων που αφορούν τα κατασκευαστικά στοιχεία των σχολείων ανά μέσο όρο σε κάθε κλιματική ζώνη (Πίνακες 2, 3).

Πίνακας 2: Δομικά στοιχεία σχολείων ανά κλιματική περιοχή

Κλιματική ζώνη	Ενδοχώρα	Παράλια	Ορεινά
Έτος ανέγερσης	1974-2000	1974-2000	Prior 1974
Προσανατολισμός	Νότιος	Βόρειος	Βορειοανατολικός
Σχήμα	Π	Ορθογώνιο	Π/ Ορθογώνιο

Διάδρομος	Εξωτερικός	Εξωτερικός	Εξωτερικός
Οροφή	Οριζόντια	Οριζόντια	Συνδυασμός (οριζόντια και επικλινή)
Παράθυρα	Μονά	Μονά	Μονά
Τοιχοποιία	Τούβλα	Τούβλα	Τούβλα και παραδοσιακή πέτρα
Θερμομόνωση	Όχι	Όχι	Όχι
Αριθμός Μαθητών	424	441	284
Εμβαδόν Σχολείου (m ²)	3263,3	3418,9	2755,7
Εμβαδόν Αίθουσας Διδασκαλίας (m ²)	43	46	55
Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα (m ² /pupil)	1,82	1,99	2,59

Πίνακας 3: Συνολικά στοιχεία δομικών στοιχείων των σχολικών κτιρίων

Δομικό Στοιχείο Κελύφους	Υλικά κατασκευής	Θερμομόνωση [Ναι/Όχι]	U-Value [W/m ² K]	Ελάχιστες απαιτήσεις U-Value σύμφωνα με την Κυπριακή Νομοθεσία [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλο	Όχι	1.37~1.39	U≤0.85
	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Όχι	3~3.5	U≤0.85

Δάπεδο	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Όχι	0.6~0.8	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Εκτεθειμένη Οροφή	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Όχι	2~3.5	$U \leq 0.75$
Παράθυρα	Μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου frame	Όχι	6~7	$U \leq 3.8$

4.3 Στοιχεία ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

Οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου είναι συνήθως ο κύριος καταναλωτής ενέργειας. Τα σχολεία δαπανούν σημαντικό μέρος των λειτουργικών τους εξόδων για πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρισμό. Είναι ουσιαστικά η βασική πηγή εξόδων ενός σχολείου και αυτό καθιστά άμεσα τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις υπεύθυνες για το ενεργειακό προφίλ του κάθε σχολικού συγκροτήματος.

Στην Κύπρο όπως φαίνεται και στο δείγμα έρευνας, όλα τα σχολεία έχουν εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης όπου στις πλείστες περιπτώσεις αυτό το σύστημα είναι κεντρική θέρμανση πετρελαίου. Θερμαίνονται κυρίως οι λειτουργικοί και ζωτικοί του χώροι. Εξαιρούνται αποθήκες και χώροι υγιεινής μερικές φορές. Σχεδόν σε όλα τα σχολεία ο θερμοστάτης είναι κεντρικός και ρυθμίζεται καθημερινά από έναν υπεύθυνο. Τα συστήματα θέρμανσης στα περισσότερα σχολεία είναι μεγάλης ηλικίας και ίσως να χρήζουν αναβάθμισης. Οι ηλικίες των συστημάτων θέρμανσης στα σχολεία έχουν χωριστεί σε έξι κατηγορίες ανά πενταετία. Ποσοστό 29% των σχολείων απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν την ηλικία του συστήματος θέρμανσης, άλλες τόσες δήλωσαν ότι το σύστημα θέρμανσης είναι μικρότερο των δέκα ετών και 42% ότι είναι μεγαλύτερο των δέκα ετών.

Αναφορικά με το σύστημα ψύξης, 8% του δείγματος δεν έχουν καμία εγκατεστημένη συσκευή για ψύξη. Τα υπόλοιπα σχολεία παρουσιάζουν εγκατεστημένα συστήματα ψύξης κυρίως στα γραφεία των καθηγητών και του διοικητικού προσωπικού και όχι στις αίθουσες διδασκαλίας. Μερικά εργαστήρια ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν επίσης εγκατεστημένο σύστημα ψύξης. Εξαίρεση σε αυτό τον κανόνα αποτελεί η ιδιωτική ακαδημία που

συμμετέχει στην έρευνα. Το ιδιωτικό σχολείο έχει εγκατεστημένο σύστημα ψύξης σε όλους τους χώρους του. Το σύστημα ψύξης που συναντήθηκε στα σχολεία του δείγματος είναι αυτοτελείς μονάδες διαιρεμένου τύπου (split unit). Σε όλες τις περιπτώσεις όπου υπάρχει σύστημα ψύξης οι θερμοστάτες είναι αυτόνομοι σε κάθε χώρο και μόνο δύο σχολεία έχουν κεντρικό θερμοστάτη για έλεγχο του συστήματος ψύξης. Και πάλι οι περισσότερες διευθύνσεις των σχολείων απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν την ηλικία των συστημάτων ψύξης. Από όσους ανταποκρίθηκαν στην απάντηση διαπιστώνεται ότι τα συστήματα ψύξης είναι πολύ νεότερα από αυτά της θέρμανσης αφού δεν υπερβαίνουν την ηλικία των δέκα ετών.

Στην ερώτηση «παρακαλώ αναφέρεται την ενεργειακή κλάση των συστημάτων ψύξης» οι περισσότεροι δεν απάντησαν. Ποσοστό 21% των σχολείων έδωσαν στοιχεία για την ενεργειακή κλάση των διαιρεμένων μονάδων ψύξης και με εξαίρεση ένα σχολείο που παρουσίαζε συστήματα Δ κλάσης όλα τα υπόλοιπα ήταν ενεργειακής κλάσης Α και Β. Σε ποσοστό πέραν του 50% των σχολείων που έχουν συστήματα ψύξης και πιο συγκεκριμένα αυτοτελείς μονάδες διαιρεμένου τύπου οι μονάδες χρησιμοποιούνται περιστασιακά και το χειμώνα για σκοπούς θέρμανσης εάν δεν επαρκεί το κεντρικό σύστημα θέρμανσης του σχολείου.

Στα μισά σχολεία του δείγματος υπάρχει σύστημα ζεστού νερού. Στο 12,5% υπάρχει ηλιακός θερμοσίφωνας με ηλιακές πλάκες για θέρμανση του νερού. Στα περισσότερα σχολεία το νερό ζεσταίνεται μέσω της θέρμανσης πετρελαίου ή μέσου ηλεκτρισμού.

Αναφορικά με το φωτισμό, όλα ανεξαιρέτως τα σχολεία του δείγματος χρησιμοποιούν κυρίως φλορέντζες για τις αίθουσες διδασκαλίας και τα γραφεία και συμβατικούς ή οικονομικούς λαμπτήρες για τους διαδρόμους και τις τουαλέτες. Η ισχύς των λαμπτήρων κυμαίνεται συνήθως από 50 έως 80Watt. Το ποσοστό οικονομικών λαμπτήρων είτε θα κυμαίνεται γύρω στο 10% για σχολεία που πρόσφατα άρχισαν να αντικαθιστούν τους παλιούς τους λαμπτήρες ή θα ανεβαίνει σε ποσοστά 90% και 100% για σχολεία που έχουν αντικαταστήσει σχεδόν όλους τους λαμπτήρες. Η αντικατάσταση των συμβατικών και ενεργοβόρων λαμπτήρων είναι ένα μέτρο που προωθείται από το Υπουργείο Παιδείας αλλά και από την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου. Αναμένεται ότι στα επόμενα χρόνια όλα τα κτίρια θα έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο μέρος τους, τους συμβατικούς λαμπτήρες με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας.

Σχετικά με το γραφειακό εξοπλισμό τα σχολεία ερωτήθηκαν κατά πόσον υπάρχει η ένδειξη «Energy Star» στις συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρισμό στα γραφεία (H/Y,

φωτοτυπικές κ.α). Το ένα τρίτο των σχολείων του δείγματος απάντησε ότι υπάρχει η ένδειξη, το άλλο εν τρίτο είπε ότι δεν υπάρχει και τα υπόλοιπα δεν απάντησαν στην ερώτηση. Αναλυτική αναφορά των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των σχολείων γίνεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις σχολείων ανά κλιματική περιοχή

Κλιματική ζώνη	Ενδοχώρα	Παράλια	Ορεινά
Θέρμανση	Κεντρική πετρελαίου	Κεντρική πετρελαίου	Κεντρική πετρελαίου
Ψύξη	Αυτοτελής μονάδες διαιρεμένου τύπου	Αυτοτελής μονάδες διαιρεμένου τύπου	Αυτοτελής μονάδες διαιρεμένου τύπου
Ζεστό νερό	Χωρίς σύστημα ή μέσω της θέρμανσης πετρελαίου	Χωρίς σύστημα ή μέσω της θέρμανσης πετρελαίου	Χωρίς σύστημα ή μέσω της θέρμανσης πετρελαίου
Φωτισμός	Φλορόντζες	Φλορόντζες	Φλορόντζες
Εξοπλισμός με «Energy Star»	Ναι	Όχι	Δ/Α

4.4 Στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων

Οι ενεργειακές καταναλώσεις των σχολικών κτιρίων αφορούν κυρίως τον ηλεκτρισμό και το πετρέλαιο θέρμανσης. Ο φωτισμός, η ψύξη, η ηλεκτρική θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης καθώς και οι καταναλώσεις του εξοπλισμού γραφείων είναι τα κύρια έξοδα τα οποία επιβαρύνουν την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα σχολείο. Κατά τους χειμερινούς μήνες επίσης σημαντική είναι και η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για σκοπούς θέρμανσης των σχολείων. Μέσα από το ερωτηματολόγιο ζητήθηκε από τα σχολεία η συμπλήρωση των μηνιαίων καταναλώσεων των τριών τελευταίων ετών για πετρέλαιο και ηλεκτρισμό. Λόγω του ότι τα σχολεία δεν διαχειρίζονται αυτούς τους λογαριασμούς και υπεύθυνη είναι η αντίστοιχη σχολική εφορία κάθε πόλης αρκετά σχολεία δεν ήταν σε θέση να δώσουν όλα τα στοιχεία. Παρόλα αυτά ένας σημαντικός αριθμός στοιχείων επέστρεψε μέσω των ερωτηματολογίων και βοήθησε στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων οι καταναλώσεις πετρελαίου θέρμανσης θα μετατραπούν από λίτρα σε kWh με τη βοήθεια του συντελεστή $1\text{lt}=10,14\text{kWh}$. Η μετατροπή αυτή στόχο έχει τη σύγκριση καταναλώσεων πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικού ρεύματος. Έπειτα θα γίνει σύγκριση της συνολική ενεργειακής κατανάλωσης των σχολείων της Κύπρου με τη διεθνή βιβλιογραφία και η παρουσίαση σε πρωτογενής καταναλώσεις. Η μετατροπή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης σε πρωτογενή γίνεται με τους συντελεστές 1,1 για το πετρέλαιο θέρμανσης και 2,7 για τον ηλεκτρισμό [2]. Στον Πίνακα 5. που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές κατά μέσο όρο των λογαριασμών των τριών τελευταίων ετήσιων σχολικών ετών για τις καταναλώσεις ηλεκτρισμού και πετρελαίου θέρμανσης των σχολείων του δείγματος έρευνας και μελετάται κατά πόσον η τοποθεσία και η κλιματική ζώνη του κάθε σχολείου επηρεάζει τις καταναλώσεις.

Πίνακας 5: Ενεργειακές καταναλώσεις σχολίων δείγματος

Κλιματική ζώνη	Ενδοχώρα	Παράλια	Ορεινά
Ηλικία σχολείων	21,4	28,5	68,3
Εμβαδόν σχολείου (m ²)	2755	3119,9	3640,7
Αριθμός χρηστών	491	516	347
Κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh/m ²)	22,03	25,56	24,51
Κατανάλωση πετρελαίου (kWh/m ²)	33,64	22,88	83,48
Συνολική κατανάλωση (kWh/m ²)	55,67	48,43	107,99
Κατανάλωση ανά χρήστη (kWh/user)	368,87	230,72	962,66

Όπως παρουσιάζεται από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν η μέση κατανάλωση στα σχολεία ετησίως ανέρχεται στις 62,75 kWh/m². Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της έρευνας με διεθνείς βιβλιογραφικές αναφορές φαίνεται ότι η Κύπρος έχει σχετικά χαμηλή κατανάλωση σε σχέση με τις χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης. Στην Σλοβενία ο μέσος όρος που απαιτείται για θέρμανση ενός σχολείου είναι 100 kWh/m² και η μέση συνολική ενεργειακή κατανάλωση ήταν 192 kWh/m²/year [3]. Στην Ιρλανδία έρευνες στα σχολεία έδειξαν ότι η κατανάλωση για ηλεκτρικό ρεύμα κυμαίνεται μεταξύ 5 και 35 kWh/m² και για θέρμανση μεταξύ 50 και 200 kWh/m² και ο μέσος όρος κατανάλωσης για θέρμανση ήταν 96 kWh/m² [4,5]. Στη Γερμανία μια μελέτη 105 σχολικών συγκροτημάτων έδειξε ότι η τελική ενεργειακή κατανάλωση σε αυτά τα σχολεία κυμαίνεται από 31 έως 205 kWh/m²/year με μέση τιμή 93 kWh/m²/year και μέγιστη τιμή τις 205 kWh/m²/year [6].

Συγκρίνοντας με την Ελλάδα όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι παρόμοιες με τις συνθήκες στην Κύπρο οι ενεργειακές καταναλώσεις σχολείων των δύο είναι σχετικά κοντά. Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία της Ελλάδας εκτιμήθηκε γύρω στις 92 kWh/m²[7]. Το 2006 η ερευνητική ομάδα Santamouris et al, δημοσίευσε μια μελέτη με δεδομένα από συνολικά 320 σχολεία και στοιχεία τριών χρόνων τα οποία αναλύθηκαν με βάση την ενεργειακή τους απόδοση [8]. Η μέση κατανάλωση για θέρμανση ήταν 68 kWh/m²/yr και η μέση κατανάλωση για ηλεκτρικό ρεύμα 27 kWh/m²/yr. Στη μελέτη των F, Vagi & A. Dimouidi η έρευνα έγινε σε δέκα δημοτικά σχολεία στον Εύρο. Μελετήθηκαν οι καταναλώσεις από το 2001 μέχρι και το 2005 και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι απαιτείται μέση συνολική ενέργεια για κάθε σχολείο 79,82 kWh/m² από την οποία οι 71,18 kWh/m² απαιτούνται για θέρμανση και οι 8,64 kWh/m² για ηλεκτρικό ρεύμα [9]. Στην έρευνα των Elena G.Dascalaki & Vasileios G.Sermpetzoglou η οποία δημοσιεύτηκε το 2010 η ενεργειακή κατανάλωση κατηγοριοποιείται ανά κλιματική ζώνη [10]. Στη ζώνη Α που είναι αντίστοιχες των παράλιων περιοχών της Κύπρου και το κλίμα τους χαρακτηρίζεται από την πόλη των Χανίων η μέση συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται σε 49,5 kWh/m²/yr, στη Β κλιματική ζώνη που χαρακτηρίζει τη στερεά Ελλάδα και στην περίπτωση της Κύπρου έχει πιο πολλά κοινά χαρακτηριστικά με την ενδοχώρα η συνολική ενεργειακή κατανάλωση αντιστοιχεί στις 57,1 kWh/m²/yr. Στη Γ κλιματική ζώνη που αντιστοιχεί στη βόρεια Ελλάδα και τις ορεινές περιοχές η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη και αντιστοιχεί σε 90,8 kWh/m²/yr. Τα αποτελέσματα της τελευταίας αυτής έρευνας στην Ελλάδα συνάδουν εντελώς σχεδόν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Με αυξημένες τις ανάγκες κυρίως για θέρμανση στις ορεινές περιοχές δείχνουν τα στοιχεία, τα οποία είναι και στις δύο περιπτώσεις τα πιο πρόσφατα που υπάρχουν, να συγκλίνουν. Ο διαχωρισμός των

αποτελεσμάτων ανά κλιματική περιοχή και η έντονη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων ενδυναμώνει την αρχική σκέψη της έρευνας για την εξατομικευμένη μελέτη της κάθε κλιματικής περιοχής ξεχωριστά.

Από την έρευνα παρατηρείται ότι τα παράλια όπου έχουν ηπιότερους χειμώνες παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες σε ηλεκτρισμό ενώ η ενδοχώρα και τα ορεινά παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες για θέρμανση. Οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση το χειμώνα στα ορεινά ευθύνονται για τις υπεραυξημένες καταναλώσεις στα σχολεία των περιοχών έτσι η θερμική θωράκιση των κτιρίων θεωρείται άμεση και απαραίτητη.

Στη συνέχεια γίνονται συγκρίσεις των ενεργειακών καταναλώσεων βάσει κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των σχολείων για να διαφανούν τα τρωτά σημεία των κατασκευών αλλά και βάσει των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για να βρεθούν οι πιο ενεργοβόρες εγκαταστάσεις (Πίνακας 6).

Πίνακας 6: Ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

Χαρακτηριστικά Σχολείων	Κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh/m ²)	Κατανάλωση πετρελαίου (kWh/m ²)	Συνολική κατανάλωση kWh/m ²)
<1974	35,75	63,60	88,74
1974-2000	22,18	30,07	52,25
2000-2007	21,90	15,64	37,54
>2007	12,9	58,59	71,49
Θερμομονωμένα σχολεία	26,75	23,68	50,43
Μη θερμομονωμένα	23,52	42,32	65,84
Διπλοί υαλοπίνακες	14,08	2,93	17,01
Μονοί Υαλοπίνακες	22,71	43,56	66,27
Ισόγεια	20,96	25,54	46,5
Διώροφα	21,8	33,88	55,64
Τριώροφα	33,94	60,34	94,28

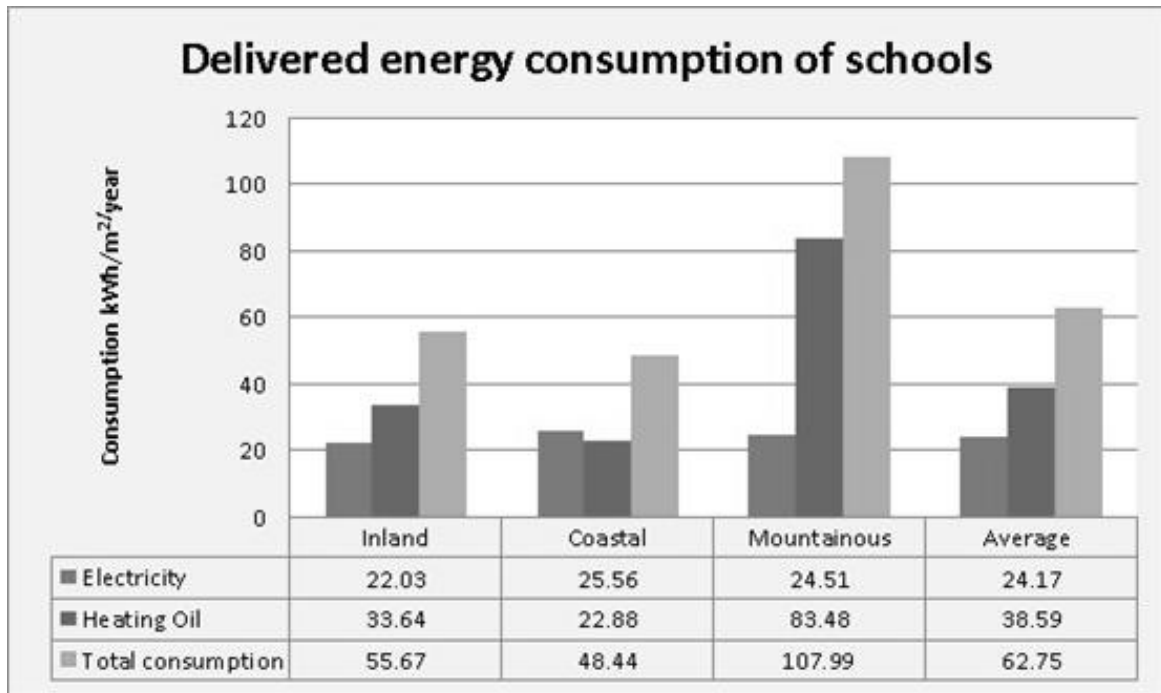
Σχήμα	Ορθογώνιο	17,66	33,16	50,81
	Π	27,99	45,91	73,9
	Γ	35,51	35,62	71,13
Προσανατολισμός	Βόρειος	16,23	28,24	44,47
	Νότιος	25,43	28,02	53,45
	Ανατολικός	33,62	50,05	83,67
	Βορειοδυτικός	21,37	70,34	91,7
Οριζόντια οροφή		24,15	31,33	55,48
Επικλινής οροφή		24,27	85,76	110,02
Εσωτερικός διάδρομος		20,15	34,52	54,67
Εξωτερικός διάδρομος		25,78	45,5	71,27
Συνδυασμός		29,05	28,76	57,81

Πίνακας 7: Ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά

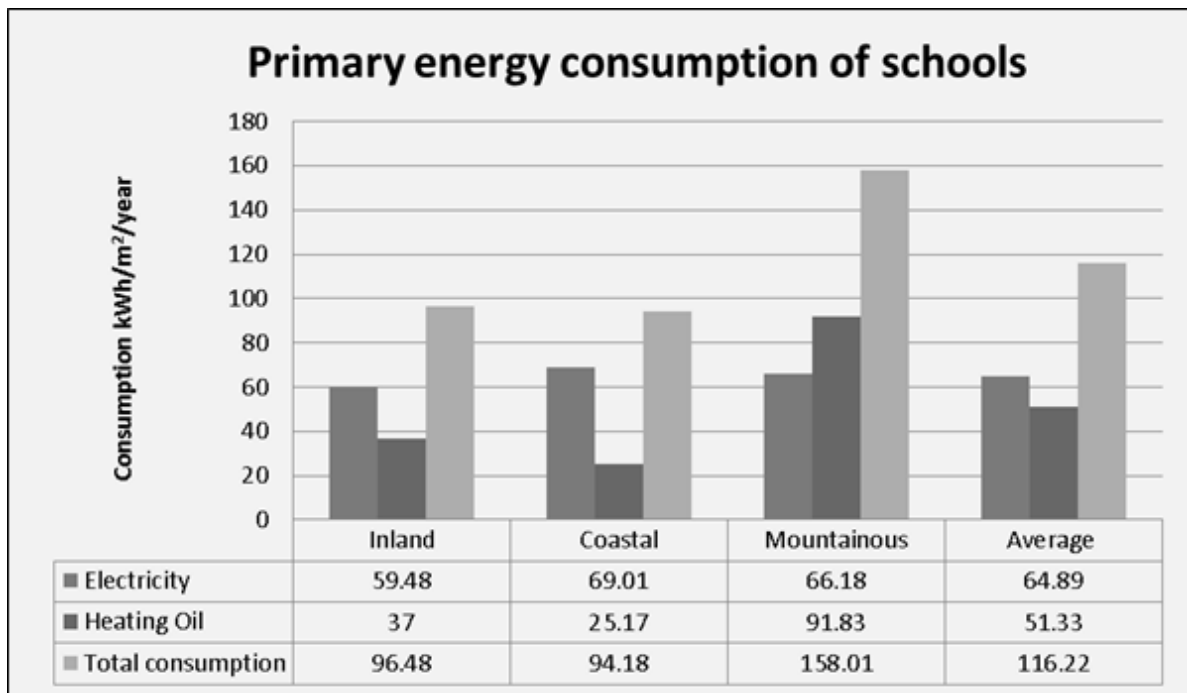
Χαρακτηριστικά Σχολείων		Κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh/m ²)	Κατανάλωση πετρελαίου (kWh/m ²)	Συνολική κατανάλωση kWh/m ²)
Με κεντρικό σύστημα θέρμανσης		24,17	38,59	62,75
Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	<10 ετών	17,99	29,35	47,34
	>10 ετών	25,74	36,01	61,81
Με σύστημα ψύξης στα γραφεία		21,94	41,26	63,19
Με σύστημα ψύξης παντού		62,79	53,28	9,51
Σύστημα ψύξης A ή B κλάσης		20,50	29,36	49,87

Σύστημα ψύξης αγνώστου ή άλλης κλάσης	25,09	40,89	65,98
Χωρίς ζεστό νερό	30,02	18,77	48,79
Σύστημα ζεστού νερού ηλεκτρικό	25,15	40,64	65,8
Σύστημα ζεστού νερού με θέρμανση πετρελαίου	22,98	55,93	78,90
Σύστημα ζεστού νερού με ηλιακές πλάκες	13,49	30,76	44,25
Φωτισμός με ποσοστό οικονομικών λαμπτήρων	23,30	47,61	47,61
Φωτισμός χωρίς οικονομικούς λαμπτήρες	24,39	42,16	66,54
Εξοπλισμός με σήμανση «Energy Star»	23,83	31,76	55,59
Εξοπλισμός χωρίς σήμανση «Energy Star»	41,99	24,39	66,38

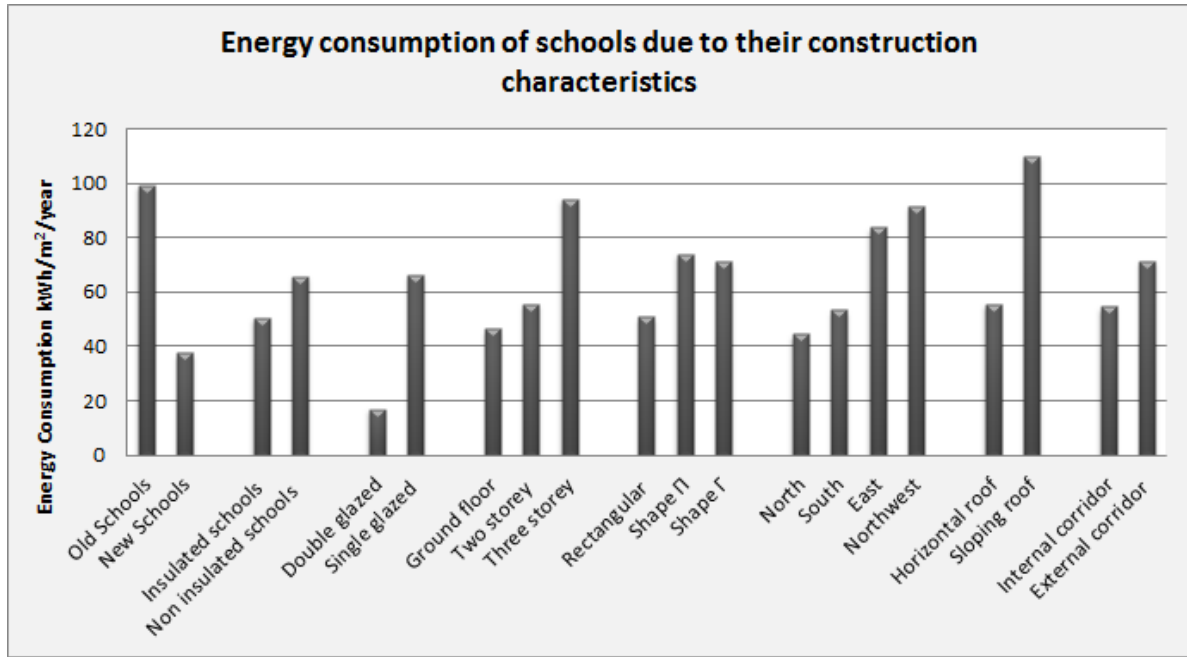
Στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκριτικά διαγράμματα των καταναλώσεων όπως αυτές εξήχθησαν από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Παρουσιάζεται η τελική (Διαγρ.9) και η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση (Διαγρ. 10).



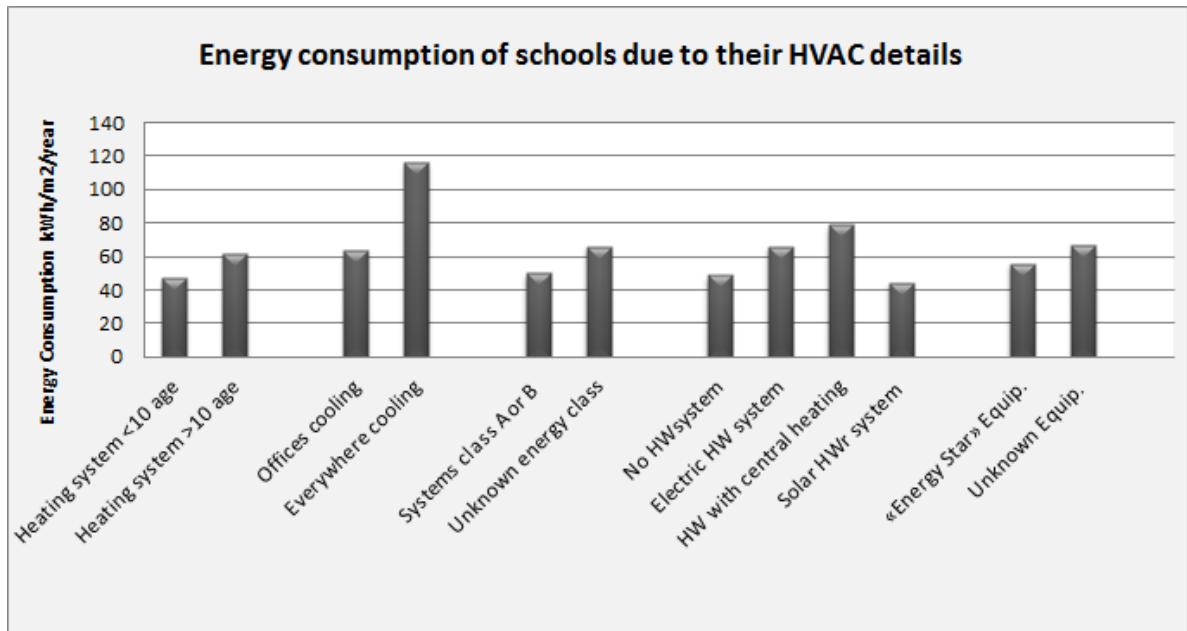
Διάγραμμα 9: Μέση τελική κατανάλωση ενέργειας σχολείων



Διάγραμμα 10: Προτογενής κατανάλωση ενέργειας σχολείων



Διάγραμμα 11: Διαφοροποίηση τελικής κατανάλωση ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά



Διάγραμμα 12: Διαφοροποίηση τελικής κατανάλωσης ανάλογα με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

4.5 Πληροφορίες ενεργειακής απόδοσης

Το τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου δημιουργήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσον οι διευθύνσεις των σχολείων είναι ενήμερες για τη νέα νομοθεσία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) και να διαφανεί κατά πόσον

είναι διατεθειμένοι να αφιερώσουν χρόνο διδασκαλίας για ενημέρωση σχετικά με την ενεργειακή απόδοση και την εξοικονόμηση ενέργειας. Ποσοστό 75% όσων ανταποκρίθηκαν δήλωσε ότι δεν γνωρίζει τις οδηγίες 2002/91/EK και 2010/30/EK περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Παρόμοιο ποσοστό δεν γνωρίζει επίσης τι είναι το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων αλλά παρόλα αυτά όλοι θα ήθελαν να εκδοθεί ένα ΠΕΑ για το σχολείο τους. Όλα τα σχολεία θα ήθελαν να βελτιώσουν τις γνώσεις τους στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής εξοικονόμησης και θα αφιέρωναν χρόνο διδασκαλίας για να γίνουν σχετικά σεμινάρια. Επίσης οι διευθύνσεις των σχολείων ερωτήθηκαν κατά πόσον θα ήθελαν να γίνουν επεμβάσεις ενεργειακής απόδοσης στα σχολεία τους και αν τους ενδιαφέρει το κόστος. Και πάλι όλα τα σχολεία θα ήθελαν να γίνουν επεμβάσεις σκεπτόμενοι πάντα το κόστος θεωρώντας το πολύ σημαντικό παράγοντα. Πολύ θετικό είναι και το γεγονός ότι όλοι όσοι ανταποκρίθηκαν στην έρευνα είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν κάποιες πάγιες συνήθειες τους για να εξοικονομηθεί ενέργεια στο σχολείο τους. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας άρχισαν να προωθούν την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ανανεώσιμες πηγές και ήδη τέσσερα από τα σχολεία του δείγματος έχουν φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένα στην οροφή.

4.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων έρευνας κτιριακού αποθέματος

Στόχος της έρευνας μέσω ερωτηματολογίων

ήταν η συλλογή και ο εντοπισμός των συνηθέστερων τύπων κατασκευής σχολείων μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο ανά κλιματική περιοχή. Μέσα από την έρευνα εντοπίστηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά των σχολείων και οι επικρατέστερες πρακτικές δόμησης. Συγκεκριμένα, τα σχολεία σε παράλια και ενδοχώρα παρουσιάζουν κοινές πρακτικές δόμησης. Διαφοροποιούνται τα σχολεία στα ορεινά τα οποία αντιμετωπίζουν πολύ διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Αναλυτικά, θα γίνει αναφορά σε κάθε κλιματική περιοχή και θα σημειωθούν τα επικρατέστερα χαρακτηριστικά των σχολείων. Αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να πληρούνται και από τα σχολεία τα οποία θα επιλεγούν για περαιτέρω έρευνα για να θεωρούνται τυπικά και αντιπροσωπευτικά.

Συνοπτικά στην ενδοχώρα εδράζεται το 37% των σχολείων μέσης εκπαίδευσης και ποσοστό 29,2% όσων ανταποκρίθηκαν στην έρευνα. Τα περισσότερα σχολεία είναι δημόσια γυμνάσια τα οποία λειτουργούν επτά ώρες καθημερινά. Έχουν μέσο όρο 424 μαθητών και

491 συνολικά χρηστών, συνολικό εμβαδόν κτιρίου 2755m^2 και σύννηθες εμβαδόν αίθουσας διδασκαλίας 43m^2 . Η πυκνότητα μαθητών στις αίθουσες διδασκαλίας είναι $1,82\text{m}^2/\text{pupil}$. Ο μέσος όρος ηλικίας των σχολείων ανέρχεται στα 21 χρόνια. Τα περισσότερα σχολεία είναι διώροφα με νότιο προσανατολισμό, εξωτερικό κύριο διάδρομο και είναι σε σχήμα Π. Δεν είναι θερμομονωμένα και τα ανοίγματα τους αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες. Όλα τα σχολεία του δείγματος στην ενδοχώρα έχουν εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου και αυτοτελείς μονάδες ψύξης στους χώρους γραφείων. Στα περισσότερα σχολεία της ενδοχώρας δεν υπάρχει σύστημα ζεστού νερού χρήσης, ο φωτισμός αποτελείται από φλορέντζες και στον εξοπλισμό γραφείων υπάρχει η ένδειξη “Energy Star”. Η μέση ενεργειακή κατανάλωση στα σχολεία της ενδοχώρας είναι $22,03\text{kWh}/\text{m}^2$ για ηλεκτρική κατανάλωση $33,64\text{kWh}/\text{m}^2$ για κατανάλωση πετρελαίου και $55,67\text{kWh}/\text{m}^2$ για συνολική κατανάλωση. Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία είναι απαραίτητα για να χαρακτηριστεί ένα σχολείο στην ενδοχώρα τυπικό σχολικό κτίριο.

Στα παράλια εδράζεται το 57% των σχολείων μέσης εκπαίδευσης και το 58,3% σχολείων του δείγματος τα περισσότερα εκ των οποίων είναι δημόσια γυμνάσια. Έχουν μέσο όρο 441 μαθητές και 516 χρήστες συνολικά. Αποτελούνται από 3119m^2 με εμβαδόν τυπικής αίθουσας 46m^2 και η πυκνότητα των μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας είναι $2\text{m}^2/\text{pupil}$. Η μέση ηλικία των σχολείων στα παράλια κυμαίνεται γύρω στα 28,5 χρόνια. Είναι διώροφα κτίρια με βόρειο συνήθως προσανατολισμό, ορθογώνιο σχήμα και εξωτερικό κύριο διάδρομο. Δεν είναι θερμομονωμένα και αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες. Όλα τα σχολεία του δείγματος στην ενδοχώρα έχουν εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου και αυτοτελείς μονάδες ψύξης στους χώρους γραφείων. Στα περισσότερα σχολεία της ενδοχώρας δεν υπάρχει σύστημα ζεστού νερού χρήσης, ο φωτισμός αποτελείται από φλορέντζες και στον εξοπλισμό γραφείων δεν υπάρχει η ένδειξη “Energy Star”. Η μέση ηλεκτρική κατανάλωση στα σχολεία της ενδοχώρας είναι $25,56\text{kWh}/\text{m}^2$ η κατανάλωση πετρελαίου $22,88\text{kWh}/\text{m}^2$ και η συνολική κατανάλωση είναι $48,43\text{kWh}/\text{m}^2$. Το τυπικό κτίριο στα παράλια θα πρέπει να παρουσιάζει τις περισσότερες προαναφερθείσες αναφορές.

Στα ορεινά διαφοροποιούνται αρκετά οι συνθήκες το ίδιο και οι πρακτικές δόμησης. Το 6% των σχολείων μέσης εκπαίδευσης βρίσκονται στα ορεινά και αντίστοιχα 12,5% του δείγματος σχολείων της έρευνας βρίσκονται στις ορεινές περιοχές. Είναι κυρίως δημόσια γυμνάσια με μέσο όρο μαθητών τους 284 και συνολικό αριθμό χρηστών 347. Τα σχολεία έχουν εμβαδόν 3640m^2 και το εμβαδόν μιας τυπικής αίθουσας διδασκαλίας είναι μεγαλύτερο και αγγίζει τα 55m^2 με πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα τα $2,5\text{m}^2/\text{pupils}$. Η μέση ηλικία των σχολείων στα ορεινά είναι πολύ μεγάλη και κυμαίνεται γύρω στα 68,3

χρόνια. Είναι τριώροφα κτίρια με ύψος ορόφων μεγαλύτερο των 3m. Τα σχολεία έχουν συνήθως βορειοδυτικό ή βορειοανατολικό προσανατολισμό, συνδυασμό σχήματος (ορθογώνιο, Π και Γ) και εξωτερικό κύριο διάδρομο. Δεν είναι θερμομονωμένα και αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες όπως και στις προηγούμενες κλιματικές περιοχές. Όλα τα σχολεία του δείγματος στα ορεινά έχουν εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου και αυτοτελείς μονάδες ψύξης στους χώρους γραφείων για τους καλοκαιρινούς μήνες. Υπάρχει σύστημα θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης το οποίο θερμαίνεται κυρίως μέσω του πετρελαίου θέρμανσης. Ο φωτισμός αποτελείται κυρίως από φλορέντζες και στον εξοπλισμό γραφείων δεν απαντήθηκε εάν υπάρχει η ένδειξη “Energy Star”. Η μέση ηλεκτρική κατανάλωση στα σχολεία ορεινών περιοχών είναι 24,51kWh/m² ενώ η κατανάλωση πετρελαίου είναι αρκετά αυξημένη και ανέρχεται στις 83,48kWh/m². Η συνολική κατανάλωση των σχολείων είναι 107,99kWh/m². Για να θεωρείται ένα σχολείο τυπικό στα ορεινά θα πρέπει να παρουσιάζει τις περισσότερες προαναφερθείσες αναφορές.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία που πρέπει να διαθέτει ένα σχολείο στην κάθε κλιματική περιοχή για να οριστεί ως τυπικό σχολικό κτίριο και στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται μέσα από τον υπολογισμό των μέσων όρων των αποτελεσμάτων τα χαρακτηριστικά του τυπικού σχολικού κτιρίου στην Κύπρο ανεξαρτήτως κλιματικής περιοχής.

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά στοιχεία τυπικών σχολικών κτιρίων ανά κλιματική περιοχή

	Ενδοχώρα	Παράλια	Ορεινά
Τύπος σχολείου	Δημόσια-Γυμνάσια	Δημόσια-Γυμνάσια	Δημόσια-Γυμνάσια
Αριθμός χρηστών	491	516	347
Συνολικό εμβαδόν	2755 m ²	3119 m ²	3640 m ²
Εμβαδόν τυπικής αίθουσας διδασκαλίας	43 m ²	46 m ²	55 m ²
Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας	1.82	1.99	2.59
Ηλικία σχολείων	21.4	28.5	68.3
Αριθμός ορόφων	2	2	3

Προσανατολισμό	Νότιος	Βόρειος	Βορειοδυτικός ή βορειοανατολικός
Σχήμα	Σχήμα Π	Ορθογώνιο	Συνδυασμό σχημάτων
Κύριο διάδρομο	Εξωτερικό	Εξωτερικό	Εξωτερικό
Θερμομόνωση	Όχι	Όχι	Όχι
Υαλοπίνακες	Μονοί	Μονοί	Μονοί
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου
Σύστημα ψύξης	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες
Σύστημα ζεστού νερού	Δεν υπάρχει ή με θέρμανση πετρελαίου	Δεν υπάρχει ή με θέρμανση πετρελαίου	Ναι- θέρμανση με πετρέλαιο
Φωτισμός	Φλορέντζες	Φλορέντζες	Φλορέντζες
Εξοπλισμός	Υπάρχει “Energy Star”	Δεν υπάρχει “Energy Star”	Δεν απάντηθηκε
Ηλεκτρική κατανάλωση	22,03 kWh/m ² /year	25,56 kWh/m ² /year	24,51 kWh/m ² /year
Κατανάλωση πετρελαίου	33,64 kWh/m ² /year	22,88 kWh/m ² /year	83,48 kWh/m ² /year
Συνολική κατανάλωση	55,67 kWh/m ² /year	48,43 kWh/m ² /year	107,99 kWh/m ² /year

Η μελέτη αυτή καταλήγει στα κύρια χαρακτηριστικά ενός τυπικού σχολείου μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο. Παρά τις διαφορές που παρουσιάζουν τα σχολικά κτίρια ανάλογα με τη χρονολογία δόμηση ή την περιοχή έδρασής τους μέσα από τα στατιστικά αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να δοθούν να κυριότερα χαρακτηριστικά ενός τυπικού σχολικού κτιρίου μέσης εκπαίδευσης. Αυτό θα βοηθήσει στη μετέπειτα επιλογή του σχολείου στο οποίο θα γίνου ενδεδειγμένες μελέτες έτσι ώστε να βρεθούν οι βέλτιστες στρατηγικές και τεχνικές ενεργειακής αναβάθμισης.

Πίνακας 9: Τυπικό σχολικό κτίριο μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο

Τύπος σχολείου	Δημόσιο
Σύνηθες κλιματική ζώνη	Παράλια
Εμβαδόν τυπικής αίθουσας διδασκαλίας	46m ²
Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας	2-3 m ² /pupil
Αριθμός μαθητών	488
Περίοδος ανέγερσης	1974-2000
Αριθμός ορόφων	2
Οροφή	Οριζόντια
Προσανατολισμός	Βόρειος
Σχήμα	Ορθογώνιο ή Σχήμα-Π
Αυλή	Εξωτερική
Κύριος διάδρομος	Εξωτερικός
Θερμομόνωση	Όχι
Παράθυρα	Μονά
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική πετρελαίου
Έλεγχος συστήματος θέρμανσης	Κεντρικός θερμοστάτης
Παλαιότητα συστήματος θέρμανσης	>10 ετών
Σύστημα ψύξης	Αυτοτελείς μονάδες διαιρεμένου τύπου
Έλεγχος συστήματος ψύξης	Αυτόνομος έλεγχος ανά μονάδα
Ενεργειακή κατηγορία συστήματος	A ή B
Σύστημα ζεστού νερού	Χωρίς σύστημα ή μέσω κεντρικής θέρμανσης πετρελαίου
Φωτισμός	Φλορέντζες
Εξοπλισμός	Με σήμανση Energy Star

Ηλεκτρική ετήσια κατανάλωση	24,17(kWh/m ²)
Κατανάλωση ετήσια πετρελαίου	38,59(kWh/m ²)
Συνολική ετήσια κατανάλωση	62,75(kWh/m ²)
Κατανάλωση ανά χρήστη	398,76(kWh/m ²)

4.7 Αξιολόγηση και συμπεράσματα

Στόχος της έρευνας ήταν η μελέτη του σχολικού κτιριακού τομέα στην Κύπρο. Η έρευνα εξελίχθηκε σε τρία στάδια, τη δομή των ερωτηματολογίων, την αποστολή τους και την εκστρατεία ενημέρωσης των σχολείων για τη σχετική έρευνα και τέλος την επεξεργασία και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Μέσα από την έρευνα παρουσιάστηκε αδιαφορία εκ μέρους των διευθύνσεων μέσης εκπαίδευσης όσον αφορά τα ενεργειακά θέματα. Αυτό συμπεραίνεται από την πολύ μειωμένη αρχικά ανταπόκριση στην έρευνα. Στάλθηκαν ερωτηματολόγια στα 156 σχολεία μέσης εκπαίδευσης, οι διευθύνσεις ενημερώθηκαν και τηλεφωνικώς και το Υπουργείο Παιδείας στήριξε με τις σχετικές άδειες την έρευνα. Παρόλα αυτά μόνο τα 24 σχολεία ανταποκρίθηκαν άμεσα και στα υπόλοιπα χρειάστηκε να γίνουν επιτόπου επισκέψεις καθώς και τηλεφωνικές συνεντεύξεις. Ένα θετικό συμπέρασμα της έρευνας είναι το γεγονός ότι όσοι ανταποκρίθηκαν είναι αρκετά ευαισθητοποιημένοι στα ενεργειακά θέματα και θα ήθελαν να αναβαθμίσουν ενεργειακά τα σχολικά κτίρια στα οποία εργάζονται.

Το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων στην Κύπρο εδράζεται στα παράλια και ίσως αυτός να είναι και ο λόγος ανταπόκρισης στην έρευνα περισσότερων παραλιακών σχολείων. Πρώτο συμπέρασμα της έρευνας είναι το γεγονός ότι από το 1974 μέχρι και το 2000 χτίστηκαν τα περισσότερα σχολεία στην Κύπρο. Ελάχιστα σχολεία κτίστηκαν μετά τη θεσμοθέτηση κανονισμών θερμομόνωσης και ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Σε κάποια σχολικά κτίρια έγιναν ανακαινίσεις οι οποίες αφορούσαν όμως κυρίως στατικές αναβαθμίσεις. Αποτέλεσμα, κατά συντριπτική πλειοψηφία να μην ανταποκρίνεται κανένα σχολείο στις νέες ενεργειακές απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα τα σχολεία που είναι κτισμένα πριν από το 1974 καταναλώνουν συνολικά 88,74 kWh/m²/year με αυξημένες τις ανάγκες για θέρμανση. Η λιγότερη κατανάλωση παρουσιάζεται στα σχολεία που κτίστηκαν από το 2000 έως 2007 και ανέρχεται στις 37,54 kWh/m²/year. Δυστυχώς μόνο ένα σχολείο της έρευνας κτίστηκε μετά το 2007 και δεν υπάρχει επαρκής αριθμός σχολείων για να εξαχθεί ένα γενικό συμπέρασμα για την κατανάλωση ενέργειας.

Επόμενο σημείο που εντοπίστηκε είναι ότι τα σχολεία είναι συνήθως διώροφα με εξαίρεση τις ορεινές περιοχές όπου παρουσιάστηκαν τριώροφα σχολεία με μεγαλύτερο ύψος ορόφου από το σύνηθες των 3m. Η μικρότερη κατανάλωση παρουσιάζεται στα ισόγεια κτίρια και ανέρχεται σε 46,5 kWh/m²/year. Τα τριώροφα κτίρια παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες καταναλώσεις, 94,28 kWh/m²/year, με αυξημένες ανάγκες για θέρμανση. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται γιατί όλα τα τριώροφα κτίρια του δείγματος βρίσκονται στις ορεινές περιοχές. Επίσης οι οριζόντιες οροφές είναι ενεργειακά πιο αποδοτικές σε σύγκριση με τις επικλινείς στέγες με κεραμίδια.

Στην Κύπρο φαίνεται ότι είναι προτιμητέο το ορθογώνιο σχήμα καθώς και το σχήμα Π με επικρατέστερους τους βόρειους και νότιους προσανατολισμούς. Από τη έρευνα φαίνεται το ορθογώνιο σχήμα να είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό με συνολική μέση κατανάλωση 50,81 kWh/m²/year σε αντίθεση με το σχήμα Π που είναι το πιο ενεργοβόρο με συνολική κατανάλωση 73,9 kWh/m²/year. Οι καταλληλότεροι προσανατολισμοί φαίνεται να είναι ο βόρειος και ο νότιος με μειωμένες καταναλώσεις της τάξεως των 44,47 και 53,45 kWh/m²/year αντίστοιχα.

Σημαντικό στοιχείο στην Κύπρο είναι ότι όλα τα σχολεία έχουν εξωτερική αυλή και προτιμάται επίσης ο εξωτερικός κύριος διάδρομος. Αυτό βοηθάει τον αερισμό ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ζεστών μηνών του χρόνου κατά τους οποίους λειτουργούν τα σχολεία, παρουσιάζει όμως αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση κυρίως για θέρμανση λόγω μη θωράκισης του κελύφους με θερμομόνωση. Τα σχολεία με εξωτερικό διάδρομο καταναλώνουν 45,5 kWh/m²/year για θέρμανση σε αντίθεση με τα σχολεία που έχουν εσωτερικό κύριο διάδρομο και καταναλώνουν 34,5 kWh/m²/year για θέρμανση.

Πολύ λίγα σχολεία έχουν θερμομόνωση σε οροφή ή/και τοιχοποιία και διπλούς υαλοπίνακες. Τα θερμομονωμένα σχολεία καταναλώνουν κατά μέσο όρο 50,43 kWh/m²/year το χρόνο εκ των οποίων οι 26,75 kWh/m²/year είναι για ηλεκτρισμό και οι άλλες 23,68 kWh/m²/year για θέρμανση. Σε αντίθεση τα μη θερμομονωμένα σχολεία καταναλώνουν 23,52 kWh/m²/year για ηλεκτρισμό και 42,32 kWh/m²/year για θέρμανση με σύνολο κατανάλωσης 65,84 kWh/m²/year. Αντίστοιχες ενεργειακές μειώσεις υπάρχουν και με την εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων. Το δείγμα δεν παρουσίασε πολλά σχολεία με εξ' ολοκλήρου διπλούς υαλοπίνακες γιατί δεν ήταν προτιμητέα τα προηγούμενα χρόνια από το Υπουργείο Παιδείας της Κύπρου και γι' αυτό το λόγο τα αποτελέσματα δεν προσδίδουν μεγάλη εγκυρότητα.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν τα ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία των κτιρίων και συγκρίθηκαν οι ενεργειακές τους καταναλώσεις. Όλα τα σχολεία έχουν εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης και η κατανάλωση αυξάνεται στην περίπτωση των παλαιών συστημάτων τα οποία δεν έχουν καλές αποδόσεις. Τα σχολεία με σύστημα θέρμανσης μεγαλύτερο των 10 ετών έχουν αύξηση 18,5% της κατανάλωσης για θέρμανση. Τα σχολεία στην ενδοχώρα και στα ορεινά καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσοστά για πετρέλαιο θέρμανσης παρά για ηλεκτρισμό. Σημαντικός παράγοντας στις αυξημένες καταναλώσεις είναι και οι κεντρικοί θερμοστάτες των συστημάτων. Τα συστήματα θέρμανσης ορίζονται κεντρικά χωρίς να υπολογίζουν τις ιδιαιτερότητες της κάθε αίθουσας διδασκαλίας. Η εγκατάσταση μεμονωμένων θερμοστατών ίσως να βελτίωνε τις ενεργειακές αποδόσεις των σχολείων.

Πολύ μεγάλη αύξηση παρουσιάζεται επίσης στα σχολεία που έχουν εγκατεστημένο σύστημα ψύξης στο σύνολο του σχολείου (γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας). Αυτό συμβαίνει κυρίως στα ιδιωτικά σχολεία τα οποία παρουσιάζουν κατανάλωση για ηλεκτρισμό 62,79 kWh/m²/year σε αντίθεση με τα δημόσια σχολεία που έχουν κλιματισμό για ψύξη μόνο στα γραφεία και καταναλώνουν 21,94 kWh/m²/year. Η ενεργειακή κλάση των συστημάτων ψύξης επίσης επηρεάζει την κατανάλωση ρεύματος. Τα ενεργειακά συστήματα κλάσης A ή B καταναλώνουν 18% λιγότερη ενέργεια για ηλεκτρισμό.

Επίσης η θέρμανση ζεστού νερού με πετρέλαιο θέρμανσης αυξάνει κατά πολύ την κατανάλωση σε αντίθεση με το σύστημα των ηλιακών πλακών που είναι και το πιο αποδοτικό. Ο φωτισμός με οικονομικούς λαμπτήρες φαίνεται να είναι μερικώς πιο αποδοτικός. Η μικρή μείωση οφείλεται ίσως στο ότι τα σχολεία λειτουργούν κυρίως κατά τις πρωινές ώρες όπου η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό είναι σχετικά αχρείαστη. Σημαντικός φαίνεται να είναι ο παράγοντας της ένδειξης “Energy Star” των μηχανημάτων σε γραφεία, κυλικείο κλπ. Τα σχολεία με μηχανήματα ενεργειακά αποδοτικά καταναλώνουν 23,83 kWh/m²/year για ηλεκτρισμό σε αντίθεση με τα σχολεία που έχουν παλαιό εξοπλισμό και καταναλώνουν σχεδόν διπλάσιο ρεύμα της τάξεως των 41,99 kWh/m²/year. Τα πιο ενεργοβόρα σχολεία παρουσιάζονται στα ορεινά με ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε πετρέλαιο θέρμανσης. Αναλυτικά τα σχολεία στα ορεινά καταναλώνουν 107,99 kWh/m²/year, στην ενδοχώρα 55,67 kWh/m²/year και στα παράλια όπου είναι και τα πιο αποδοτικά καταναλώνουν 48,43 kWh/m²/year.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα καταλληλότερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά για ενεργειακά αποδοτικά σχολικά κτίρια είναι η θερμομόνωση και

θερμική θωράκιση του κελύφους, η δημιουργία οριζόντιας οροφής και ισόγειων κτιρίων, το ορθογώνιο σχήμα και ο βόρειος ή νότιος προσανατολισμός. Επίσης το σύστημα κεντρικής θέρμανσης πρέπει να ανανεώνεται και να αναβαθμίζεται τουλάχιστον ανά δεκαετία. Το σύστημα ψύξης να περιορίζεται στα γραφεία και να είναι υψηλής ενεργειακής κλάσης και το ζεστό νερό εάν υπάρχει να παρέχεται από ηλιακές πλάκες. Τέλος σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή κλάση έχει ο εξοπλισμός του σχολείου όπου εάν δεν είναι καινούργιος και ενεργειακά αποδοτικός τότε η κατανάλωση ηλεκτρισμού σχεδόν διπλασιάζεται. Τα συμπεράσματα της έρευνας είναι πολύ βοηθητικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν προκαταρκτική μελέτη στην ενεργειακή αναβάθμιση των σχολείων. Θα ακολουθήσουν πιο ενδελεχείς μελέτες οι οποίες θα βασιστούν και στα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων. Επίσης μέσα από την έρευνα επιτεύχθηκαν οι στόχοι του κεφαλαίου οι οποίοι ήταν αφενός η καταγραφή μέρους του σχολικού κτιριακού αποθέματος στην Κύπρο και αφετέρου η εύρεση των συνηθέστερων πρακτικών δόμησης ανά κλιματική περιοχή για χαρακτηρισμό των τυπικών σχολείων.

Στο επόμενο κεφάλαιο και πριν από την ενδελεχή ανάλυση ενός τυπικού σχολείου ανά κλιματική περιοχή θα γίνει μια πιλοτική μελέτη εννιά σχολείων με κριτήριο την κλιματική ζώνη έδρασης με στόχο να εντοπιστούν οι ενεργειακές καταναλώσεις των σχολείων μέσω λογισμικών προγραμμάτων και τα περιθώρια βελτίωσης πριν προχωρήσει η μελέτη σε βάθος.¹

¹ Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου είναι δημοσιευμένα ως: Katafygiotou, M., Serghides, D. “Analysis of structural elements and energy consumption of school building stock in Cyprus: Energy simulations and upgrade scenarios of a typical school.” *Energy and Buildings*, Volume 72, April 2014, Pages 8–16.

Βιβλιογραφία 4^ο κεφαλαίου

- [1] Standard, A. (2010). Standard 55-2010. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [2] Infotrend Innovations/BRE for the Ministry of Commerce, Industry and Tourism (Ed.). (August 2009). Methodology for assessing the energy performance of buildings, Cyprus energy servic (1st ed.). Nicosia, Cyprus: Cyprus Energy Service of Cyprus.
- [3] V. Butala, P. Novak, Energy consumption and potential energy savings in old school buildings, *Energy and Buildings* 29 (1999) 241–246.
- [4] P.G. Jones, et al., Energy benchmarks for public sector buildings in Northern Ireland, in: *Proceedings of CIBSE National Conference*, Dublin, 2000.
- [5] Patxi Hernandez, Kevin Burke, J Owen Lewis, Development of the energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools, *Energy and Buildings* 40 (2008) 249-254.
- [6] Elisabeth Beusker, Christian Stoy, Spiro N. Pollalis. Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany. *Building and Environment* (2011) article in press.
- [7] Centre for Renewable Energy Sources, Guidelines for Thermal-Visual Comfort and Energy Conservation in Public Schools, Centre for Renewable Energy Sources, Athens, 1996.
- [8] M. Santamouris, et al., Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings, *Energy and Buildings* 39 (1) (2007) 45–51.
- [9] Vagi F, Dimoudi A, Investigation of energy and comfort conditions in Greek primary schools. In: *Proc. of 3rd International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Build Environment*(Palenc), Rhodes, Greece, 29 Septemper-01 October 2010.
- [10] Elena. G Dascalaki, Vasileios Sermpetzoglou, Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. *Energy and Buildings* ENB-3054.

5 Πιλοτική έρευνα εννιά σχολικών κτιρίων

Επιλογή σχολείων για πιλοτική μελέτη

Παράλληλα με τη συλλογή δεδομένων και πριν η έρευνα ενδιατρίψει και αναλύσει εις βάθος ένα τυπικό σχολικό κτίριο ανά κλιματική περιοχή ώστε να βρεθούν οι ανάγκες για κάθε κλιματική ζώνη ξεχωριστά, θα επιλεχθούν δειγματοληπτικά εννιά σχολεία μέσης εκπαίδευσης, τρία σε κάθε κλιματική ζώνη για προσομοιώσεις ενεργειακής απόδοσης έτσι ώστε να διαφανεί η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων και οι συνθήκες άνεσης που επικρατούν. Τα σχολεία επιλέγονται με κριτήρια την περιοχή, το έτος ανέγερσης και τον αριθμό χρηστών τον οποίο φιλοξενούν ώστε να υπάρχει πολυμορφία στο πιλοτικό δείγμα. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης αναμένεται να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση των σχολείων αλλά και την εσωτερική τους άνεση. Στόχος είναι να διαφανούν τα τρωτά σημεία ώστε στη συνέχεια να μελετηθούν συγκεκριμένα σενάρια αναβάθμισης των τυπικών σχολικών κτιρίων σε κάθε κλιματική ζώνη.

Βάσει της ευρύτερης μελέτης που προηγήθηκε σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η επιλογή των σχολείων για πιλοτική-προκαταρκτική έρευνα. Θα μελετηθούν κυρίως δημόσια σχολεία με εξαίρεση ένα ιδιωτικό το οποίο θα βοηθήσει στη σύγκριση και την εύρεση διαφορών μεταξύ δημοσίου και ιδιωτικού τομέα. Με αυτό τον τρόπο θα επιτευχθεί η μελέτη σχολείων με ποικίλα χαρακτηριστικά γεγονός που θα βοηθήσει ιδιαίτερα στη συνέχεια της έρευνας. Στόχος είναι να διαφανούν τα προβλήματα που υπάρχουν και να επαληθευθεί η πραγματική ανάγκη για ενεργειακή αναβάθμιση των σχολείων στην Κύπρο. Έτσι επιβεβαιώνεται και η ανάγκη της παρούσας μελέτη η οποία στόχο έχει στην εύρεση και ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων. Τα σχολικά κτίρια που επιλέγονται στην πιλοτική μελέτη δεν είναι πάντα τυπικά κτίρια αλλά είναι αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ανά κλιματική περιοχή και περίοδο ανέγερσης. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μια ευρεία ανάλυση του σχολικού αποθέματος και ο εντοπισμός των προβλημάτων που υπάρχουν ώστε στη συνέχεια να γίνει πιο λεπτομερής ανάλυση.

Τα σχολεία που επιλέγονται για πιλοτική έρευνα είναι η Ιδιωτική Σχολή Αμερικανική Ακαδημία-Λεμεσός, το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου-Λεμεσός, και το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης-Πάφος τα οποία βρίσκονται στα παράλια. Άλλα τρία σχολεία βρίσκονται σε περιοχές της ενδοχώρας και συγκεκριμένα στις επαρχίες Λευκωσίας και Λάρνακας. Είναι

το Γυμνάσιο Πέρα χωρίο Νήσου-Λευκωσία, το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Λευκωσία και το Γυμνάσιο Αθηνού-Λάρνακα. Τέλος τρία σχολεία επιλέχθηκαν από τις ορεινές περιοχές της Κύπρου και συγκεκριμένα από τις επαρχίες Λεμεσού και Λάρνακας. Είναι τα σχολεία Απεήτειο Γυμνάσιο Αγρού-Λεμεσός, Γυμνάσιο Ομόδους-Λεμεσός και Γυμνάσιο Λευκάρων-Λάρνακα.

Η πιλοτική έρευνα χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και την ενεργειακή απόδοση των εννιά σχολικών κτιρίων και το δεύτερο μέρος την εσωτερική περιβαλλοντική ποιότητα (θερμική, ακουστική, οπτική και ποιότητα αέρα) των σχολείων που επηρεάζει την άνεση, την υγεία αλλά και την παραγωγικότητα των χρηστών του. Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι πάντα άρρηκτα συνδεδεμένη με την εσωτερική κυρίως θερμική τους άνεση. Η έμφαση αυτού του μέρους δίνεται στη θερμική άνεση η οποία είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Στόχος της πιλοτικής μελέτης είναι μια πρώτη επαφή με την κυπριακή πραγματικότητα μετά την καταγραφή του κτιριακού αποθέματος και η επιβεβαίωση της ανάγκης για περαιτέρω έρευνα έτσι ώστε να αναβαθμιστεί η ενεργειακή απόδοσή τους.

Και για τα δύο μέρη της πιλοτικής έρευνας μεγάλο μέρος των στοιχείων συλλέχθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού ευρωπαϊκού προγράμματος TEENERGY, Energy Efficient Schools in the Mediterranean Area. Το εν λόγω ερευνητικό πρόγραμμα αφορούσε την μελέτη της ενεργειακής απόδοσης των σχολείων της μεσογείου. Η Κύπρος και συγκεκριμένα το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου συμμετείχε στην έρευνα ως εταίρος εξετάζοντας τα σχολικά κτίρια μέσης εκπαίδευσης του νησιού σε διάφορες κλιματικές περιοχές. Μέρος αυτών των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε και για την πιλοτική έρευνα αυτής της διατριβής. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν εξελίχθηκαν και μελετήθηκαν υπό το πρίσμα των αναγκών της παρούσας μελέτης.

1^ο Μέρος Πιλοτικής Έρευνας

5.1 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και ενεργειακή απόδοση των εννιά σχολικών κτιρίων

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των σχολικών κτιρίων είναι απαραίτητα για την περαιτέρω μελέτη και ανάλυση της ενεργειακής τους απόδοσης. Τα στοιχεία συλλέγονται από πολλές πηγές όπως τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, τις κατά τόπους Σχολικές Εφορίες και τις Σχολικές Διευθύνσεις και την Αρχή Ηλεκτρισμού. Στην πιλοτική μελέτη γίνεται παρουσίαση των πιο σημαντικών κατασκευαστικών στοιχείων και στη συνέχεια θα γίνει πιο ενδελεχής μελέτη όταν επιλεγούν τα τυπικά κτίρια μελέτης για κάθε κλιματική περιοχή.

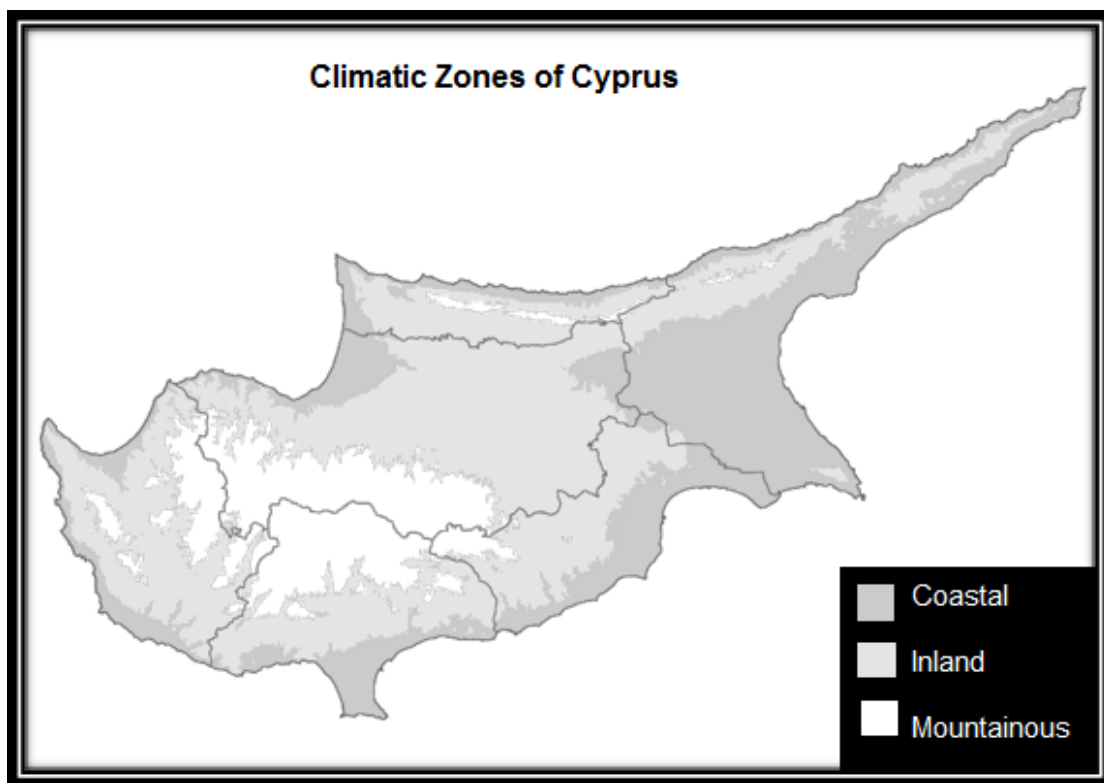
5.1.1 Γενικές πληροφορίες σχολείων

Οι γενικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για τη μελέτη της λειτουργίας και της ενεργειακής απόδοσης του κάθε σχολείου. Οι κλιματικές παράμετροι επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό ενός κτιρίου [1]. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες και τα επίπεδα υγρασίας καθορίζουν τη ψύξη, τη θέρμανση και τον αερισμό που χρειάζεται το κάθε κτίριο. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά είναι επίσης απαραίτητα σε περίπτωση ανακαίνισης ή αναβάθμισης ενός κτιρίου. Τα στοιχεία πραγματικών καταναλώσεων, αριθμού προσωπικού και μαθητών και εξοπλισμού πάρθηκαν για το έτος 2009. Στην εικόνα 15 φαίνονται οι περιοχές όπου εδράζεται το κάθε σχολείο στο χάρτη της Κύπρου. Η εικόνα δημιουργήθηκε στην υπηρεσία Google Earth [2].

Επίσης σε συνεργασία με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία δημιουργήθηκε ο χάρτης της Κύπρου ο οποίος τη χωρίζει στις τρεις κλιματικές περιοχές βάσει υψόμετρου. Από 0 έως 100m είναι οι παράλιες περιοχές, από 100 έως 500m η ενδοχώρα και σε υψόμετρο >500m οι ορεινές περιοχές. Ο χάρτης παρουσιάζεται στην εικόνα 17.



Εικόνα 16: Τα υπό μελέτη σχολεία της πιλοτικής μελέτης στο χάρτη της Κύπρου



Εικόνα 17: Κλιματικές περιοχές της Κύπρου

5.1.1.1 Γενικές πληροφορίες σχολείων στα παράλια

Η Αμερικανική Ακαδημία βρίσκεται στην επαρχία Λεμεσού. Κατατάσσεται στην κατηγορία σχολείων σε παράλιες περιοχές. Βρίσκεται σε υψόμετρο 27m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 76'$ και γεωγραφικό μήκος $32^{\circ} 41'$. Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $36,7^{\circ}\text{C}$ τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και η ελάχιστη $3,6^{\circ}\text{C}$ το μήνα Φεβρουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 435 μαθητές ηλικίας 12 έως 19 ετών και εργάζονται 95 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου βρίσκεται στην επαρχία Λεμεσού. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων σε παράλιες περιοχές. Βρίσκεται σε υψόμετρο 117m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 43'$ και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ} 03'$. Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $36,7^{\circ}\text{C}$ τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και η ελάχιστη $3,6^{\circ}\text{C}$ το μήνα Φεβρουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 519 μαθητές ηλικίας 12 έως 15 ετών και εργάζονται 76 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης βρίσκεται στην επαρχία Πάφου. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων σε παράλιες περιοχές. Βρίσκεται σε υψόμετρο 27m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 76'$ και γεωγραφικό μήκος $32^{\circ} 41'$. Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $33,7^{\circ}\text{C}$ τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και η ελάχιστη $3,4^{\circ}\text{C}$ το μήνα Ιανουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 338 μαθητές ηλικίας 12 έως 15 ετών και εργάζονται 68 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

5.1.1.2 Γενικές πληροφορίες σχολείων στην ενδοχώρα

Το Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου βρίσκεται στην επαρχία Λευκωσίας. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων σε πεδινές περιοχές (ενδοχώρα). Βρίσκεται σε υψόμετρο 238m, γεωγραφικό πλάτος $35^{\circ} 00'$ και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ} 24'$. Η μέγιστη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $41,7^{\circ}\text{C}$ το μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη $0,6^{\circ}\text{C}$ τον Ιανουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 465 μαθητές ηλικίας 12 έως 15 ετών και εργάζονται 71 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου βρίσκεται στην πόλη της Λευκωσίας. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων σε πεδινές περιοχές (ενδοχώρα). Βρίσκεται σε υψόμετρο 155m, γεωγραφικό πλάτος $35^{\circ} 10'$ και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ} 19'$. Η μέγιστη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $41,7^{\circ}\text{C}$ το μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη $0,6^{\circ}\text{C}$ τον Ιανουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 228 μαθητές ηλικίας 15 έως 18 ετών και εργάζονται 47 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Αθηνών βρίσκεται στην επαρχία Λάρνακας. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων σε πεδινές περιοχές (ενδοχώρα). Βρίσκεται σε υψόμετρο 150m, γεωγραφικό πλάτος $35^{\circ} 00'$ και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ} 00'$. Η μέγιστη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $41,1^{\circ}\text{C}$ το μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη $0,6^{\circ}\text{C}$ τον Ιανουάριο. Στο σχολείο φοιτούν 200 μαθητές ηλικίας 12 έως 15 ετών και εργάζονται 38 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

5.1.1.3 Γενικές πληροφορίες σχολείων στα ορεινά

Το Γυμνάσιο Αγρού βρίσκεται στις ορεινές περιοχές της επαρχίας Λεμεσού. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων ορεινών. Βρίσκεται σε υψόμετρο 1100m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 55'$ και γεωγραφικό μήκος $33^{\circ} 01'$. Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι $36,9^{\circ}\text{C}$ τον Ιούλιο και η ελάχιστη $-2,2^{\circ}\text{C}$ τον Ιανουάριο. Το σχολείο είναι εξατάξιο και φοιτούν 348 μαθητές ηλικίας 12 έως 18 ετών και εργάζονται 78 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Ομόδους βρίσκεται στην επαρχία Λεμεσού. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων ορεινών περιοχών. Βρίσκεται σε υψόμετρο 835m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 51'$ και γεωγραφικό μήκος $32^{\circ} 48'$. Η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι 39°C τον Ιούλιο και η ελάχιστη $-1,8^{\circ}\text{C}$ το Φεβρουάριο. Το σχολείο είναι εξατάξιο και φοιτούν 134 μαθητές ηλικίας 12 έως 18 ετών και εργάζονται 38 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

Το Γυμνάσιο Λευκάρων βρίσκεται στην επαρχία Λάρνακας. Κατατάσσεται στη κατηγορία σχολείων ορεινών περιοχών. Βρίσκεται σε υψόμετρο 570m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 52'$ και γεωγραφικό μήκος $32^{\circ} 18'$. Η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή το καλοκαίρι είναι 39°C τον Ιούλιο και η ελάχιστη $-1,8^{\circ}\text{C}$ το Φεβρουάριο. Το σχολείο είναι εξατάξιο και φοιτούν 369 μαθητές ηλικίας 12 έως 18 ετών και εργάζονται 73 άτομα διδακτικού και διοικητικού προσωπικού.

5.1.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των σχολικών κτιρίων επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή τους κατανάλωση. Ο τρόπος δόμησης των κτιρίων είναι βασικός παράγοντας ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από την αρχή ενός έργου έτσι ώστε να θωρακίζεται έναντι των καιρικών μεταβολών. Τα κυριότερα προβλήματα όπως φάνηκε στη βιβλιογραφία υπάρχουν στα κελύφη των κτιρίων γεγονός που μας ωθεί στην ενδελεχή μελέτη των κατασκευαστικών στοιχείων που απαρτίζουν το κάθε κτίριο.

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) έχει ως μονάδα το W/m^2K και καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα ενός δομικού στοιχείου [3]. Εκφράζει την ποσότητα θερμότητας σε Wh που μεταδίδεται υπό σταθερή θερμική κατάσταση και μέσα σε χρονικό διάστημα 1h από τμήμα επιφάνειας $1m^2$ του στοιχείου αυτού, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα που εφάπτεται της εσωτερικής επιφάνειάς του και του αέρα της εξωτερικής του, είναι $1^\circ C$ ή 1K.

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}}$$

Εξίσωση 3

Όπου:

R_{si} : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό [m^2K/W] περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

R_{se} ή R_{so} : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό [m^2K/W] περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

d_i : πάχος υλικού [m]

λ_i : θερμική αγωγιμότητα υλικού [W/mK]

Επίσης κάθε υλικό έχει την ιδιότητα να προσλαμβάνει και να αποθηκεύει θερμότητα. Η ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να προσλάβει ένα υλικό ονομάζεται αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα και οι μονάδες είναι $kJ/(kgK)$ [3].

$$C_m = \sum_j \sum_i \rho C_{ij} d_{ij} A_j$$

Εξίσωση 4

Όπου:

A Επιφάνεια του στοιχείου j (m^2)

ρ_{ij} Πυκνότητα του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (kg/m)

C_{ij} Ειδική θερμότητα (J/kgK)

d_{ij} Πάχος του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (m)

5.1.2.1 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στα παράλια

Ιδιωτική Αμερικανική Ακαδημία Λεμεσού

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1971 και επεκτάθηκε το 2005. Αποτελείται από τρεις ορόφους, το ισόγειο, τον πρώτο και τον δεύτερο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν

υπολογίζεται γύρω στα 1600m². Από αυτά τα 1400m² θερμαίνονται και κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με νότιο και βόρειο προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Ο ένας τύπος τοιχοποιίας αποτελείται από τούβλο και ο άλλος από σκυρόδεμα. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της Αμερικανικής Ακαδημίας σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Συγκεκριμένα ο ένας τοίχος είναι κατασκευασμένος από τούβλο πάχους 20cm και τσιμεντοκονία εκατέρωθεν πάχους 3cm. Ο δεύτερος τύπος εξωτερικού τοίχου αποτελείται από σκυρόδεμα πάχους 20cm και τσιμεντοκονία εκατέρωθεν πάχους 3cm έκαστη. Η οροφή αποτελείται από 20cm οπλισμένου σκυροδέματος, ελαφρομετόν ρύσεων (screed) 15cm, θερμομόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 5cm και 0,4cm ασφαλική μεμβράνη για υγραμόνωση. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, πάχους 10cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το δάπεδο αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, screed πάχους 10cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1 cm.

Όσο αφορά τα κουφώματα του κτιρίου υπάρχουν 2 τύποι παραθύρων. Μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου ή μεταλλικό και η κατάσταση αυτών των παραθύρων δεν είναι πολύ καλή λόγω παλαιότητας. Ο δεύτερος τύπος παραθύρων είναι διπλοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση αυτών των παραθύρων είναι πολύ καλή και είναι εγκατεστημένοι στο νέο μέρος του κτιρίου το οποίο προστέθηκε το 2005. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 266,6m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στο Νότο.

Πίνακας 10: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αμερικανικής Ακαδημίας

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	OXI	1.39	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Σκυρόδεμα	OXI	4.00	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-	Διπλοί	NAI	3.8	$U \leq 3.8$

Ανοίγματα	υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου			
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	6-7	$U \leq 3.8$

Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου Λεμεσού

Το σχολείο κατασκευάστηκε το έτος 2001. Αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 3135 m². Από αυτά τα 2728 m² θερμαίνονται και μόλις τα 190 m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Βόρειο προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγίου Αθανασίου σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Συγκεκριμένα ο εξωτερικός τοίχος είναι κατασκευασμένος με τούβλο πάχους 25cm και τσιμεντοκονία εκατέρωθεν πάχους 2,5cm έκαστη. Η οροφή αποτελείται από 20cm οπλισμένου σκυροδέματος, τσιμεντοκονία και 4cm ασφαλική μεμβράνη για υγρομόνωση. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονία και κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το δάπεδο αποτελείται από 50cm οπλισμένο σκυρόδεμα, 3cm τσιμεντοκονία και 1cm κεραμικά πλακίδια. Οι δοκοί και τα υποστυλώματα αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm και τσιμεντοκονία 2,5cm. Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι πάρα πολύ καλή διότι το κτίριο είναι καινούργιο. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 817,72 m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στην Δύση.

Πίνακας 11: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα	OXI	1.25	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	$U \leq 0.75$

Παράθυρα-Ανοίγματα	Διπλοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου	ΝΑΙ	3.8	$U \leq 3.8$
--------------------	--	-----	-----	--------------

Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης Πάφου

Το σχολείο κατασκευάστηκε σε 2 φάσεις. Η πρώτη φάση υλοποιήθηκε το 2004 και η δεύτερη το 2009. Αποτελείται από 2 ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 4800 m². Από αυτά τα 2111 m² θερμαίνονται και μόλις τα 165 m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Νοτιοανατολικό προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Στον Πίνακα 12 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του κτιρίου σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Ο ένας είναι κατασκευασμένος από τούβλο πάχους 20cm με U-Value = 1,37W/m²K και ο δεύτερος από σκυρόδεμα πάχους 20cm και Uvalue = 4,0W/m²K. Η οροφή αποτελείται από 20cm οπλισμένου σκυροδέματος, 5cm εξηλασμένης πολυστερίνης για θερμομόνωση και 4cm ασφαλτική μεμβράνη για υγραμόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με U-Value = 0,51W/m²K. Όλα τα παράθυρα είναι διπλοί υαλοπίνακες με διάκενο αέρα και πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι πάρα πολύ καλή διότι το κτίριο είναι νεόδμητο. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 1092,61 m με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη νοτιοανατολική και βορειοανατολική πλευρά.

Πίνακας 12: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους -Γυμνασίου Παναγίας Θεοσκεπάστης

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	ΟΧΙ	1.37	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	4.0	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΝΑΙ (Εξηλασμένη πολυστερίνη 50mm)	0.51	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Διπλοί υαλοπίνακες /αλουμίνιο	ΝΑΙ	3.8	$U \leq 3.8$

5.1.2.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στην ενδοχώρα

Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου Λευκωσία

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1981 και έγινε ανακαίνιση και προσθήκη το 2002. Αποτελείται από τρεις ορόφους, το ισόγειο, τον πρώτο όροφο και το δεύτερο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 2332.87 m². Από αυτά τα 2252.66 m² θερμαίνονται και μόλις τα 262.71 m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Βόρειο και Νότιο προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτιρίου Γυμνασίου Πέρα Χωρίου Νήσου σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Η εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου αποτελείται από διάτρητο τούβλο χωρίς θερμομόνωση. Η οροφή αποτελείται από 200mm οπλισμένου σκυροδέματος, κονίαμα και 4mm ασφαλική μεμβράνη για υγραμόνωση και επίστρωση κλίσεων από κονίαμα πάχους 40mm. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονία 2,5 cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το δάπεδο αποτελείται από 50cm οπλισμένο σκυρόδεμα, 3cm τσιμεντοκονία και 1cm κεραμικά πλακίδια. Τα υποστυλώματα και οι δοκοί αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm και τσιμεντοκονία 2,5cm.

Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι καλή. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 464,06m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη Βόρεια και Νότια πλευρά.

Πίνακας 13: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα	ΟΧΙ	1.39	U≤0.85
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	ΟΧΙ	2.016	U≤0.75
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες /αλουμινίου	ΟΧΙ	6~7	U≤3.8

Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου Λευκωσία

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1981. Αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 2108m². Από αυτά τα 2026m² θερμαίνονται και τα 315m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Βόρειο και Νότιο προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Στον Πίνακα 14 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του κελύφους και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο

Συγκεκριμένα η τοιχοποιία αποτελείται από τούβλο 20cm και εκατέρωθεν επίχρισμα 2,5cm. Η οροφή αποτελείται από 20cm οπλισμένου σκυροδέματος, ελαφρομετόν ρύσεων (screed) 15cm και 0,5cm ασφαλική μεμβράνη για υγραμόνωση. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, πάχους 10cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1 cm. Το δάπεδο αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, screed πάχους 8cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 2cm. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι λεπτομέρειες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου. Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι μέτρια. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 622,58m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στην Ανατολική πλευρά.

Πίνακας 14: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους -Γυμνασίου Αγίου Δομετίου

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα	ΟΧΙ	1,389	$U \leq 0,85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0,65	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	3,275	$U \leq 0,75$
Παράθυρα- Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου ή μεταλλικό	ΟΧΙ	6-7	$U \leq 3,8$

Γυμνάσιο Αθηνών Λάρνακα

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 2009. Αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 2000m². Από αυτά τα 1855m² θερμαίνονται και μόλις τα 30m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Βόρειο και Νότιο προσανατολισμό.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από εξωτερική τοιχοποιία, δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.

Συγκεκριμένα η εξωτερική τοιχοποιία αποτελείται από τσιμεντομπλόκς πάχους 20cm, τούβλο 10 cm και θερμομόνωση 5cm. Η οροφή αποτελείται από 200mm οπλισμένου σκυροδέματος και εξηλασμένη πολυστερίνη 50mm. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονία 2,5cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1 cm. Το δάπεδο αποτελείται από 50cm οπλισμένο σκυρόδεμα, 3cm τσιμεντοκονία και 1cm κεραμικά πλακίδια. Τα υποστυλώματα και οι δοκοί αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm και τσιμεντοκονία 2,5cm.

Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm και πλαίσιο αλουμινίου. Το U-Value των παραθύρων κυμαίνεται από 6 έως 7 W/m²K. Η κατάσταση των παραθύρων είναι πάρα πολύ καλή διότι το κτίριο είναι καινούργιο. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 308,62m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη Νότια πλευρά.

Πίνακας 15: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αθηνών

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα, Σκυρόδεμα	NAI (Εξηλασμένη πολυστερίνη 50mm)	0,41	U≤0.85
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	NAI (Εξηλασμένη πολυστερίνη 50mm)	0.51	U≤0.75
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες /πλαίσιο αλουμινίου	OXI	6~7	U≤3.8

5.1.2.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σχολείων στα ορεινά

Απεήγειο Γυμνάσιο Αγρού

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1949 και έγιναν επεκτάσεις το 1963 και το 1977. Αποτελείται από τρεις ορόφους, το ισόγειο, τον πρώτο όροφο και το δεύτερο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 3634m². Από αυτά τα 3424 m² θερμαίνονται και περίπου 300m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με βόρειο και νότιο προσανατολισμό. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και δύο τύπους οροφής. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγρού παρουσιάζονται στον Πίνακα 16.

Συγκεκριμένα η μια τοιχοποιία αποτελείται από τούβλο 20cm και εκατέρωθεν επίχρισμα 2,5cm. Η δεύτερη τοιχοποιία αποτελείται από παραδοσιακή πέτρα 40 cm και ασβεστοεπίχρισμα 2cm στη μια πλευρά. Η οροφή αποτελείται από 20cm οπλισμένου σκυροδέματος, ελαφρομετόν ρύσεων (screed) 15cm και 0,5cm ασφαλική μεμβράνη για υγραμόνωση. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, επίχρισμα πάχους 2,5cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1 cm. Το δάπεδο του ισόγειου αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 50cm, ελαφρομετόν πάχους 3cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι καλή. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 827,01m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη Νοτιοδυτική πλευρά.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι λεπτομέρειες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου.

Πίνακας 16: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	OXI	1.39	U _≤ 0.85
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Πέτρα	OXI	1.5	U _≤ 0.85
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0,37	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή 1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.599	U _≤ 0.75
Οροφή 2	Κεραμίδια,	OXI	1.963	U _≤ 0.75

	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Κεκλιμένη οροφή)			
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	6~7.	$U \leq 3.8$

Γυμνάσιο Ομόδους

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1960. Αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 2.503,26 m². Από αυτά τα 2.482,10 m². θερμαίνονται και μόλις τα 128 m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Βορειοδυτικό προσανατολισμό. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Στον Πίνακα 17 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της οικοδομής και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο

Η εξωτερική τοιχοποιία αποτελείται από διάτρητο τούβλο πάχους 20cm με εκατέρωθεν επίχρισμα και δεν είναι θερμομονωμένος. Η οροφή αποτελείται από 200mm οπλισμένου σκυροδέματος, κονίαμα και 4mm ασφατική μεμβράνη για υγραμόνωση και επίστρωση κλίσεων από κονίαμα πάχους 40mm. Το μεσοπάτωμα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονία 2,5cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1 cm. Το δάπεδο αποτελείται από 50cm οπλισμένο σκυρόδεμα, 3cm τσιμεντοκονία και 1cm κεραμικά πλακίδια. Τα υποστυλώματα και οι δοκοί αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm και τσιμεντοκονία 2,5cm.

Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με μεταλλικό πλαίσιο. Η κατάσταση των παραθύρων είναι κακή. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 364,78 με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη Βορειοδυτική και Νοτιοανατολική πλευρά.

Πίνακας 17: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους -Γυμνασίου Ομόδους

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία	Τούβλα	OXI	1.39	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο	OXI	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος

	Σκυρόδεμα			συντελεστής
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	2016	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	6-7	$U \leq 3.8$

Γυμνάσιο Λευκάρων

Το σχολείο κατασκευάστηκε το 1922 και έγιναν επεκτάσεις και προσθήκες το 1990, το 1996, το 1999, το 2005 και το 2007. Αποτελείται από 3 ορόφους, το ισόγειο, τον πρώτο όροφο και το δεύτερο όροφο. Το συνολικό του εμβαδόν υπολογίζεται γύρω στα 2284,17m². Από αυτά τα 2081,71 m² θερμαίνονται και τα 175 m² κλιματίζονται. Το σχολείο έχει σχήμα επίμηκες-ορθογώνιο με Νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και δύο τύπους οροφής. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Λευκάρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Η εξωτερική τοιχοποιία αποτελείται από δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος είναι διάτρητο τούβλο πάχους 20cm με εκατέρωθεν επίχρισμα και δεν είναι θερμομονωμένος. Ο δεύτερος τύπος είναι πέτρα πάχους 25cm. Αποτελείται επίσης από δύο τύπους οροφής, οριζόντια και επικλινή οροφή με κεραμίδια. Ο πρώτος τύπος οριζόντιας οροφής αποτελείται από 200mm οπλισμένου σκυροδέματος, κονίαμα και 4mm ασφαλτική μεμβράνη για υγρομόνωση και επίστρωση κλίσεων από κονίαμα πάχους 40mm. Ο δεύτερος τύπος οροφής είναι επικλινή με κεραμίδια. Το μεσοπάτωμα είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονία 2,5cm και κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το δάπεδο αποτελείται από 50cm οπλισμένο σκυρόδεμα, 3cm τσιμεντοκονία και 1cm κεραμικά πλακίδια. Τα υποστυλώματα και οι δοκοί αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm και τσιμεντοκονία 2,5cm.

Όλα τα παράθυρα είναι μονοί υαλοπίνακες 4mm με πλαίσιο αλουμινίου. Η κατάσταση των παραθύρων είναι καλή. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 722,92m² με το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων να εκτίθεται στη Νοτιοδυτική πλευρά.

Πίνακας 18: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Λευκάρων

Κέλυφος κτιρίου	Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική	Τούβλα	OXI	1.39	$U \leq 0.85$

τοιχοποιία 1				
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Πέτρα	ΟΧΙ	0.93	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0.86	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Οροφή 1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	ΟΧΙ	2.016	$U \leq 0.75$
Οροφή 2	Κεραμίδια (Κεκλιμένη οροφή)	ΟΧΙ	1.265	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με ξύλινο πλαίσιο	ΟΧΙ	6~7	$U \leq 3.8$

5.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μαζί με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις είναι οι δύο σημαντικότερες παράμετροι στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Η κατανάλωση ενέργειας ουσιαστικά δημιουργείται από τη χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και η ορθή και αποδοτική τους λειτουργία επηρεάζει άμεσα την κατανάλωση.

5.1.3.1 Συστήματα ψύξης και θέρμανσης

Στην Κύπρο τα περισσότερα δημόσια σχολεία δεν χρησιμοποιούν σύστημα ψύξης παρά μόνο για την ψύξη ορισμένων γραφείων και εργαστηρίων. Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή του απόδοση γιατί αποτελεί ένα κύριο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης και του ετήσιου κόστους λειτουργίας ενός κτιρίου. Στα εννιά προεπιλεγμένα σχολεία το σύστημα διανομής της θέρμανσης είναι θερμομονωμένο και βρίσκεται σε μέτρια έως καλή κατάσταση.

Συστήματα ψύξης και θέρμανσης στα σχολεία παράλιων περιοχών

Η Αμερικανική Ακαδημία θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση και κλιματιστικές μονάδες ζεστού και κρύου αέρα. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στην κεντρική θέρμανση είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 534 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Δεκέμβριο μέχρι και το Μάρτιο. Καταναλώνονται περίπου $1,5 \text{ m}^3 = 1500$ λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €1190. Θερμαίνονται

1400m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 21 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 51 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 99kW και ψύχονται 1400m². Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και λειτουργούν περίπου 7 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

Το γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 2 λέβητες για θέρμανση χωρητικότητας 300lt και ισχύς 150 kW έκαστος. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 345 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Δεκέμβριο μέχρι και το Μάρτιο. Καταναλώνονται περίπου 3,4 m³=3400 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €2464. Θερμαίνονται 2728m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 7 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 28kW και ψύχονται 190m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

Το γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 2 λέβητες για θέρμανση χωρητικότητας 300lt και ισχύς 150 kW έκαστος. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 345 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Δεκέμβριο μέχρι και το Μάρτιο. Καταναλώνονται περίπου 1,385m³=1385 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €955,65. Θερμαίνονται 2111m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 21 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 6 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 40kW και ψύχονται 165m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού κυμαίνεται μεταξύ 21°C και 24°C.

Συστήματα ψύξης και θέρμανσης στα σχολεία περιοχών της ενδοχώρας

Το γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχει ένας λέβητας για θέρμανση ισχύος 450 kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 558 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 4181 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για

το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €2500. Θερμαίνονται 2252.66 m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 12 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 66kW και ψύχονται 262,71m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και λειτουργούν περίπου 4 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 23°C.

Το γυμνάσιο Αγίου Δομετίου θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 2 λέβητες για θέρμανση ι ισχύος 16 kW και 220 kW έκαστος. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 558 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 6,499m³=6499λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €3623,84. Θερμαίνονται 2026m² και η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 10 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 42kW και ψύχονται 315,5m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

Το γυμνάσιο Αθηνών θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 3 λέβητες για θέρμανση ισχύος 582 kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 414 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Μάρτιο. Καταναλώνονται περίπου 11557 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €7069,12. Θερμαίνονται 1855m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 21 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 2 κλιματιστικές μονάδες και ψύχονται 30m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο και λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

Συστήματα ψύξης και θέρμανσης στα σχολεία ορεινών περιοχών

Το γυμνάσιο Αγρού θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχει ένας λέβητας για θέρμανση ισχύος 700 kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 1180 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Οκτώβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 21185 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το

έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €12797.65. Θερμαίνονται 3424m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 °C έως 26 °C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 6 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 25kW και ψύχονται 300m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο ή και Σεπτέμβριο και λειτουργούν περίπου 4 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

Το γυμνάσιο Ομόδους θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν τρεις λέβητες για θέρμανση ισχύος 436 kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 558 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 13.282 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €8.337,80. Θερμαίνονται 2.482,10m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 έως 26°C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 4 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 17,6kW και ψύχονται 128m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο ή και Σεπτέμβριο και λειτουργούν περίπου 4 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 23°C.

Το γυμνάσιο Λευκάρων Το σχολείο θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν τρεις λέβητες για θέρμανση ισχύος 688 kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 558 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 24727 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και για το έτος 2009 δαπανήθηκαν περίπου €12710.80. Θερμαίνονται 2081,71 m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 έως 26°C. Για ψύξη χρησιμοποιούνται 10 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 35kW και ψύχονται 175m² κυρίως χώροι γραφείων και όχι αίθουσες διδασκαλίας. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο ή και Σεπτέμβριο και λειτουργούν περίπου 4 ώρες τη μέρα. Η θερμοκρασία δροσισμού είναι 24°C.

5.1.3.2 Ζεστό νερό χρήσης

Στις παράλιες περιοχές και συγκεκριμένα στην Αμερικανική Ακαδημία δεν υπάρχει εγκατάσταση ζεστού νερού χρήσης στο κτίριο. Στο γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου το ζεστό νερό χρήσης παράγεται από πετρέλαιο. Υπάρχουν 2 λέβητες ισχύος 4KW και χωρητικότητας 300 λίτρων. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 4

ώρες τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα. Στο γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης για το ζεστό νερό χρήσης υπάρχουν ηλιακοί συλλέκτες έκτασης 20m² όπως επίσης και ηλεκτρικός θερμοσίφωνας ισχύος 4KW με 2 ντεπόζιτα νερού χωρητικότητας 300 λίτρων το καθένα. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 4 ώρες τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα.

Στις περιοχές της ενδοχώρας και κατά πρώτον στο γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου για το ζεστό νερό χρήσης υπάρχει σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο ισχύος 4KW. Καταναλώνονται περίπου 500 λίτρα ζεστού νερού την ημέρα. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα. Στο γυμνάσιο Αγίου Δομετίου υπάρχουν τρεις ταχυθερμαντήρες ηλεκτρικού ρεύματος ισχύος 3kW. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα τη μέρα. Στο γυμνάσιο Αθηνένου υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφωνας ισχύος 3kW, σύστημα ζεστού νερού ενωμένο με την κεντρική θέρμανση (δηλ. το νερό ζεσταίνεται με πετρέλαιο θέρμανσης) με ισχύ 4kW αλλά υπάρχουν και ηλιακοί συλλέκτες 12m². Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 2 άτομα μόνο (καθαρίστριες σχολείου).

Στις ορεινές περιοχές και πιο ειδικά στο γυμνάσιο Αγρού το ζεστό νερό θερμαίνεται μέσω της θέρμανσης πετρελαίου και επίσης υπάρχουν εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες στην οροφή του κτιρίου. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα τη μέρα. Στο γυμνάσιο Ομόδους υπάρχει σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο ισχύος 4KW. Καταναλώνονται περίπου 500 λίτρα ζεστού νερού την ημέρα. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα. Στο γυμνάσιο Λευκάρων υπάρχει σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο ισχύος 4KW. Καταναλώνονται περίπου 500 λίτρα ζεστού νερού την ημέρα. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα.

5.1.3.3 Φωτισμός

Γενικά στα σχολικά κτίρια της Κύπρου όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε όλο το σχολικό κτίριο εκτός από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Συνήθως στα σχολεία τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα

Στα παράλια η Αμερικανική Ακαδημία Λεμεσού έχει σύστημα φωτισμού με φλορέντζες ισχύος 60 Watt η κάθε μια. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα περίπου 7 ώρες τη μέρα. Στον Άγιο Αθανάσιο είναι επίσης φλορέντζες ισχύος 60 Watt η κάθε μια. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα περίπου 6 ώρες τη μέρα. Και τέλος στην Παναγία Θεοσκέπαστη στην Πάφο ισχύουν ακριβώς τα ίδια με το σχολείο Αγίου Αθανασίου.

Στην ενδοχώρα στο γυμνάσιο Πέρα Χωρίο Νήσου ο τύπος φωτισμού είναι φλορέντζες ισχύος 75 Watt η κάθε μια. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα περίπου 6 ώρες τη μέρα καθώς επίσης ίδιο σύστημα φωτισμού επικρατεί και στο γυμνάσιο Αγίου Δομετίου. Στο γυμνάσιο Αθηνών ο τύπος φωτισμού είναι φλορέντζες ισχύος 60 Watt η κάθε μια. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα περίπου 6 ώρες τη μέρα.

Στα ορεινά στο γυμνάσιο Αγρού ο τύπος φωτισμού είναι φλορέντζες ισχύος 75 Watt η κάθε μια. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα περίπου 6 ώρες τη μέρα. Το ίδιο σύστημα φωτισμού υπάρχει και στο γυμνάσιο Ομόδους αλλά και στο γυμνάσιο Λευκάρων.

5.1.3.4 Γραφειακός Εξοπλισμός

Όλες οι συσκευές οι οποίες καταναλώνουν ποσά ενέργειας μεγαλύτερα των 2 kW ή χρησιμοποιούνται περισσότερο από 2 ώρες ημερησίως θεωρούνται ουσιαστικά επιβαρυντικές στην κατανάλωση ενέργειας και αναφέρονται. Αναλυτικά καταγράφονται και στους πίνακες 19, 20,21.

Πίνακας 19: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού

Σχολείο		Η/Υ	Οθόνες	Εκτυπω- τές	Σαρω- τές	Φωτο- τυπικές μηχανές	Μηχανές για σνακ	Ανελκω- στήρες
Παναγία Θεοσκέπαστη	Μονάδες	79	79	13	0	4	6	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	2 ώρες	-	3 ώρες	4 ώρες	3 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν
Αμερικανική Ακαδημία	Μονάδες	64	64	14	14	4	3	-
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	1 ώρα	1 ώρα	3 ώρες	3 ώρες	-
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	-
Άγιος Αθανάσιος	Μονάδες	90	90	10	3	4	2	-
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	3 ώρες	1 ώρα	3 ώρες	4 ώρες	-
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	Σεπ- Ιουν	-

Πίνακας 20: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού

Σχολείο		H/Y	Οθόνες	Εκτυπωτές	Σαρωτές	Φωτοτυπικές μηχανές	Μηχανές για σνακ	Ανελευστήρες
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Μονάδες	35	35	25	5	2	1	-
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	2 ώρες	1 ώρα	3 ώρες	4 ώρες	-
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	-
Γυμνάσιο Αθηνών	Μονάδες	88	88	24	3	2	-	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	1 ώρα	1 ώρα	3 ώρες	-	2 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν
Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου	Μονάδες	30	30	10	5	4	2	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	3 ώρες	1 ώρα	3 ώρες	4 ώρες	2 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν

Πίνακας 21: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού

Σχολείο		H/Y	Οθόνες	Εκτυπωτές	Σαρωτές	Φωτοτυπικές μηχανές	Μηχανές για σνακ	Ανελευστήρες
Γυμνάσιο Ομόδους	Μονάδες	20	20	5	2	1	1	-
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	2 ώρες	-	3 ώρες	4 ώρες	-
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	-
Γυμνάσιο Λευκάρων	Μονάδες	41	41	3	2	1	1	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	1 ώρα	1 ώρα	3 ώρες	3 ώρες	2 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν
Γυμνάσιο Αγρού	Μονάδες	37	37	3	2	1	1	1
	Ημερήσια λειτουργία	6 ώρες	6 ώρες	3 ώρες	1 ώρα	3 ώρες	4 ώρες	2 ώρες
	Ετήσια λειτουργία	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν	Σεπ-Ιουν

5.1.4 Ενεργειακές καταναλώσεις

Οι καταναλώσεις που συλλέχθηκαν από τα σχολεία σε αυτό το στάδιο της μελέτης αφορούν τη σχολική χρονιά 2009-2010 [4]. Είναι οι τελικές καταναλώσεις των σχολείων οι οποίες έπειτα από αναγωγή προσδιορίζονται σε μονάδες πρωτογενούς ενέργειας [5]. Πρωτογενής

ενέργεια καθορίζεται η ενέργεια που χρειάζεται από την παραγωγή μέχρι και την κατανάλωση και είναι διαφορετική από την κατανάλωση που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η οποία δεν αφορούσε την παραγωγή αλλά μόνο την τελική κατανάλωση. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται η αναγωγή σε πρωτογενή ενέργεια για να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που θα εξαχθούν από το λογισμικό στη συνέχεια. Τα εννιά σχολεία παρουσίασαν ανισοκατανομή στα αποτελέσματα η οποία κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στο ότι τα αποτελέσματα μιας και μόνο χρονιάς δεν είναι ενδεικτικά. Στη συνέχεια και συγκεκριμένα στα τυπικά σχολεία που θα γίνει εις βάθος μελέτη θα παρθούν αποτελέσματα τουλάχιστον τριών συνεχόμενων ετών. Στον πίνακα 22 παρουσιάζονται οι πραγματικές καταναλώσεις του κάθε σχολείου αναγόμενες σε πρωτογενή ενέργεια και στους επόμενους πίνακες γίνεται αναγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης σε πρωτογενή ενέργεια και παρουσιάζονται και οι αντίστοιχοι συντελεστές.

Πίνακας 22: Τελική κατανάλωση σχολείων 2009-2010

Σχολείο	Τελική ενεργειακή κατανάλωση kWh/m ² /yr
Αμερικανική Ακαδημία	62,78
Άγιος Αθανάσιος	31,39
Παναγία Θεοσκέπαστη	17,01
Πέρα Χωρίο Νήσου	39,15
Άγιος Δομέτιος	60,04
Αθηνένου	71,49
Απεήτειο Αγρού	103,28
Όμοδος	103,93
Λεύκαρα	140,57

Τα σχολεία καταναλώνουν από 15 έως 140 kWh/m²/yr. Συμπερασματικά μπορεί να σημειωθεί ότι κάποιες από τις καταναλώσεις είναι χαμηλότερες από τα αποτελέσματα σε παρόμοιες περιοχές στη διεθνή βιβλιογραφία και σε κάποια άλλα είναι ίδιες ή ψηλότερες. Παρόλα αυτά ο μέσος όρος είναι 70kWh/m²/yr και βρίσκεται αρκετά κοντά με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

5.1.4.1 Ηλεκτρική κατανάλωση

Η ηλεκτρική κατανάλωση οφείλεται κυρίως στη ψύξη, το φωτισμό και τις καταναλώσεις των διαφόρων συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κ.α. Στους Πίνακες 23, 24, 25 γίνεται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία καταναλώθηκε στα σχολεία κατά το έτος 2009 σε πρωτογενή ενέργεια και εκπομπές CO₂ [5]. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί στη συνέχεια να επιτευχθεί μια σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων της υπολογιστικής μεθόδου υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και των πραγματικών καταναλώσεων.

Πίνακας 23: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στα παράλια

Σχολικό Κτίριο	Κόστος [Ευρώ]	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Αμερικανική Ακαδημία	€15051,19	230.161,5	67.684,53
Άγιος Αθανάσιος	€12071,21	172.586,7	50.753,274
Παναγία Θεοσκεπάστη	€13513,13	182.482,2	53.663,284

Πίνακας 24: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στην ενδοχώρα

Σχολικό Κτίριο	Κόστος [Ευρώ]	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Πέρα Χωρίο Νήσου	€9114,93	132065,1	38836,92
Άγιος Δομέτιος	€9404,15	132740,1	39035,42
Αθηνένου	€5047,40	69662,7	20485,99

Πίνακας 25: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σχολεία στα ορεινά

Σχολικό Κτίριο	Κόστος [Ευρώ]	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Αγρού	€11785,84	166700,7	49022,35
Γυμνάσιο Ομόδους	€12465,02	168860,7	49657,55
Γυμνάσιο Λευκάρων	€13413,36	189864	55834,08

5.1.4.2 Κατανάλωση πετρελαίου

Το σύστημα θέρμανσης και στα εννιά σχολεία αποτελείται από κεντρική θέρμανση με σώματα θέρμανσης –καλοριφέρ-. Το κόστος του πετρελαίου θέρμανσης δεν είναι σταθερό αλλά είναι ανάλογο με την τιμή του πετρελαίου την ημέρα αγοράς του. Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή του απόδοση γιατί αποτελεί τον κύριο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης και του ετήσιου κόστους λειτουργίας ενός κτιρίου.

Στους Πίνακες 26,27,28 γίνεται μετατροπή του πετρελαίου που καταναλώθηκε στα σχολεία κατά το έτος 2009 σε πρωτογενή ενέργεια και εκπομπές CO₂. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί στη συνέχεια να επιτευχθεί μια σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων της υπολογιστικής μεθόδου υπολογισμού μέσω λογισμικού και της ενεργειακής κατανάλωσης και των πραγματικών καταναλώσεων.

Πίνακας 26: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα παράλια σχολεία

Σχολικό Κτίριο	Κόστος	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Αμερικανική Ακαδημία	€1716,28	2735,7	661,54
Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου	€2346	3740	904,40
Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης	€955,65	1523,5	368,41

Πίνακας 27: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα σχολεία στην ενδοχώρα

Σχολικό Κτίριο	Κόστος	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου	€2500	4599,1	1112,15
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	€3623,84	7148,9	1728,73
Γυμνάσιο Αθηνών	€7069,12	12712,7	3074,16

Πίνακας 28: Περιγραφή καταναλώσεων θέρμανσης στα σχολεία στα ορεινά

Σχολικό Κτίριο	Κόστος	Πρωτογενής ενέργεια [kWh/kWh]	Εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Αγρού	€12797,65	23303,5	5635,21
Γυμνάσιο Ομόδους	€8337,8	21435,7	5183,42
Γυμνάσιο Λευκάρων	€12710,80	27199,7	6577,38

5.1.5 Πιλοτικές προσομοιώσεις των εννιά σχολείων

Για την προσομοίωση της ενεργειακής κλάσης των κτιρίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό iSBEMCY το οποίο είναι το επίσημο αναγνωρισμένο εργαλείο στην Κύπρο για κατηγοριοποίηση και έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής κατάταξης κτιρίων [6]. Το λογισμικό δημιουργήθηκε από την εταιρεία BRE Ηνωμένου Βασιλείου για λογαριασμό του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού στην Κύπρο. Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση ISBEM-CY_3.3.d_Patched_04. Το λογισμικό συνεχώς αναβαθμίζεται από την Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προσομοίωση των κτιρίων.

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου επηρεάζεται και καθορίζεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Τις κλιματικές συνθήκες περιοχής, τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά (ανοίγματα, σκίαση, διάρθρωση, θερμική μάζα, φυσικός φωτισμός και αερισμός κ.α), τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων, την απόδοση συστημάτων κλιματισμού, το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού και τους λαμπτήρες φωτισμού. Όλα τα πιο πάνω επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση σε συνάρτηση πάντα με τη χρήση του κτιρίου δηλαδή τις συνήθειες των εκάστοτε χρηστών. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν πάντα την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου ανεξάρτητα με το ποια μέθοδος ακολουθείται για να γίνει η πιστοποίηση του κτιρίου.

Οι υπολογισμοί μέσω του λογισμικού προγράμματος SBEMcy βασίζονται στη αρχιτεκτονική μελέτη του κτιρίου (Asset rating) και ακολουθούν μια σειρά παραδοχών (πυκνότητα στις αίθουσες, σταθερές θερμοκρασίες ψύξης-θέρμανσης, σταθερές ώρες χρήσης του κτιρίου κ.α) για απλοποίηση του λογισμικού προγράμματος. Αυτές οι παραδοχές της υπολογιστικής μεθόδου κάποιες φορές τείνουν να απέχουν από τις πραγματικές συνήθειες του χρήστη και διαφοροποιούν την κατανάλωση σε κάθε κτίριο. Ποσοστό της απόκλισης ίσως προκύπτει από κάποιο σφάλμα, κυρίως γιατί οι καταναλώσεις που συλλέχθηκαν στην παρούσα περίπτωση για το κάθε κτίριο αφορούν μόνο ένα ολοκληρωμένο έτος και συγκεκριμένα το 2009-2010, το οποίο ίσως είχε ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες. Γενικά όμως οι δύο μέθοδοι αναπόφευκτα παρουσιάζουν διαφορές και απόκλιση αποτελεσμάτων. Η υπολογιστική μέθοδος με το λογισμικό iSBEMcy υπερεκτικά τις καταναλώσεις και κυρίως τη χρήση κλίματισμού με αποτέλεσμα οι ενδείξεις κατανάλωσης που παρουσιάζει για τα κτίρια να είναι πολύ υψηλές. Στόχος είναι να βρεθεί και το σημείο αναφοράς καθώς και ο δείκτης απόκλισης των δύο μεθόδων ώστε τα προσομοιωτικά αποτελέσματα να μπορούν να αναχθούν σε πραγματικά ποσά.

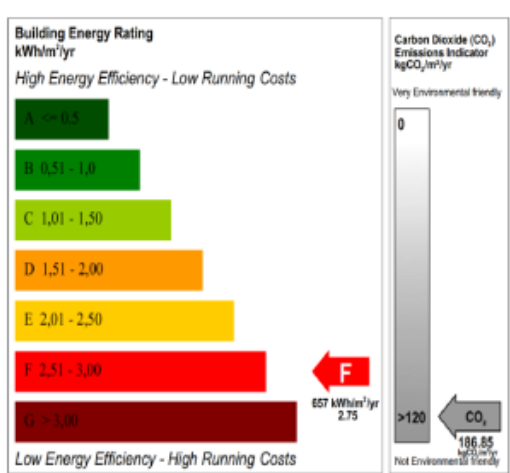
Επίσης η στάθμιση του επίσημου λογισμικού της Κυπριακής Δημοκρατίας και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζει αποτέλεσε επίσης στάδιο της μελέτης της παρούσας διατριβής με στόχο τη βελτιστοποίηση του.

Παρόλο όμως που οι καταναλώσεις οι οποίες υπολογίζει το λογισμικό αποκλίνουν από τις πραγματικές, εντούτοις η κατηγοριοποίηση των κτιρίων δείχνει να είναι ρεαλιστική. Το λογισμικό iSBEMcy έχει εγκριθεί σαν αξιόπιστο εργαλείο για ενεργειακή απόδοση και πιστοποίηση κτιρίων από την Ευρωπαϊκή Ένωση και η βελτιστοποίηση θα βοηθήσει σημαντικά στην ενεργειακή απόδοση κτιρίων και τους ορθούς και έγκυρους υπολογισμούς. Το σημαντικό του πλεονέκτημα είναι ότι διαθέτει βιβλιοθήκη κλιματολογικών δεδομένων για όλες τις περιοχές της Κύπρου. Γίνεται μηνιαία ανάλυση η οποία όμως είναι αρκετά αναλυτική για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων ενεργειακής απόδοσης και τη μελέτη σεναρίων ενεργειακής εξοικονόμησης. Αυτός είναι και ο λόγος επιλογής του συγκεκριμένου λογισμικού στην παρούσα έρευνα. Στόχος είναι τα αποτελέσματα να είναι προσιτά στους χρήστες και ευνόητα και να μπορεί η μελέτη να χρησιμοποιηθεί ευρέως από μηχανικούς αλλά και δημόσιες υπηρεσίες και όχι μόνο από την ερευνητική κοινότητα. Τα επίσημο λογισμικό ενεργειακής απόδοσης δίνει τη δυνατότητα μιας πολύπλευρης μελέτης και τα αποτελέσματα που θα ακολουθήσουν κυρίως στη φάση μελέτης των τυπικών σχολικών κτιρίων αναμένεται να είναι παραστατικά και ρεαλιστικά.

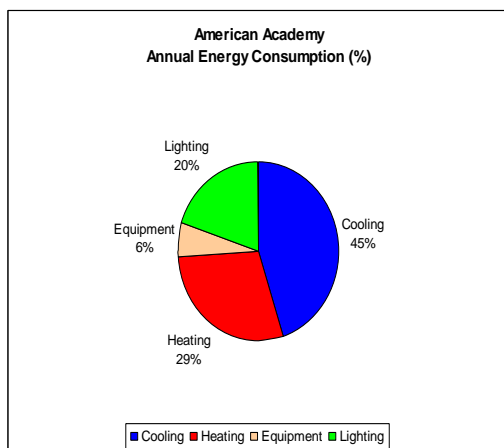
Στην πιλοτική μελέτη στη συνέχεια παρουσιάζονται τρία γραφήματα για κάθε σχολείο. Τα δύο πρώτα γραφήματα προέρχονται από τα αποτελέσματα του λογισμικού προγράμματος SBEM. Το τελευταίο γράφημα αφορά τις πραγματικές καταναλώσεις των σχολικών κτιρίων κατά το σχολικό έτος 2009-2010. Οι πραγματικές καταναλώσεις συλλέχθηκαν από τις αρμόδιες σχολικές εφορίες και βοηθούν ώστε να διαφανούν οι μήνες με τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις.

5.1.5.1 Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στα παράλια

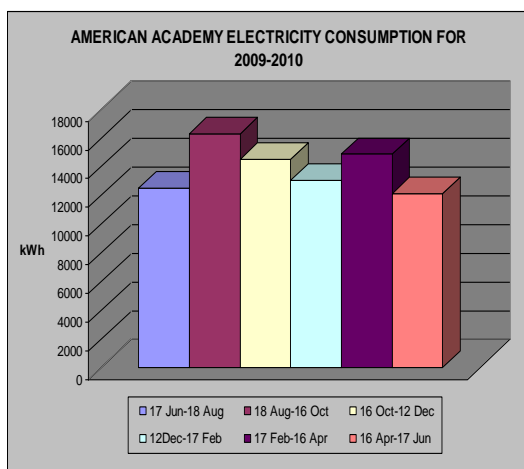
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Ιδιωτικής Αμερικανικής Ακαδημίας Λεμεσού



Διάγραμμα 13: Αμερικανική Ακαδημία, Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂

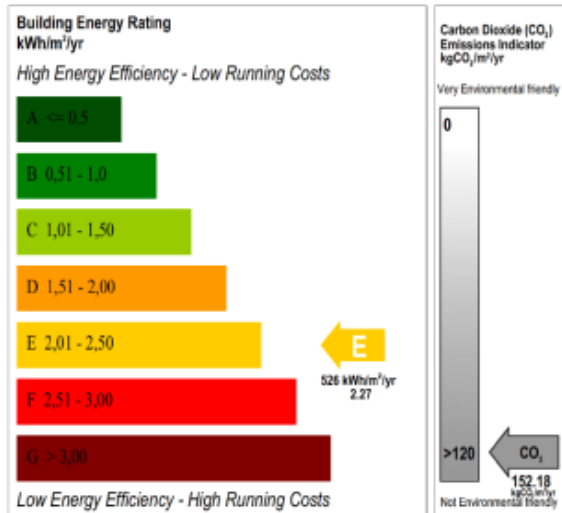


Διάγραμμα 14: Αμερικανική Ακαδημία - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

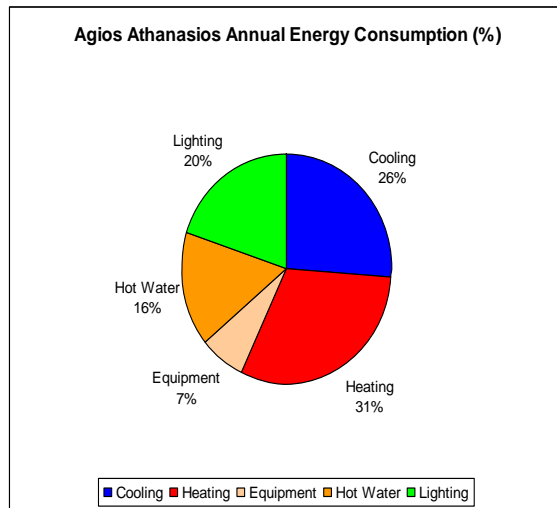


Διάγραμμα 15: Αμερικανική Ακαδημία Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

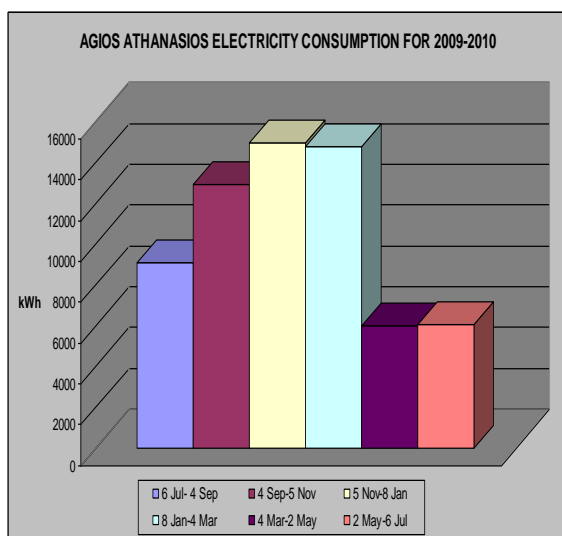
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Αγίου Αθανασίου Λεμεσού



Διάγραμμα 16: Άγιος Αθανάσιος - Κατηγοριοποίηση ανεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂

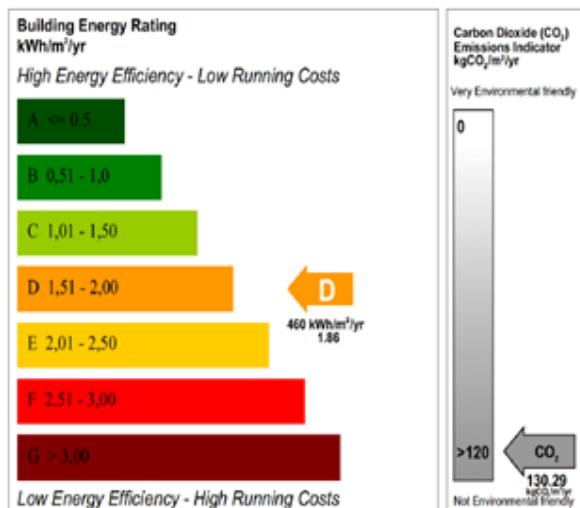


Διάγραμμα 17: Άγιος Αθανάσιος - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

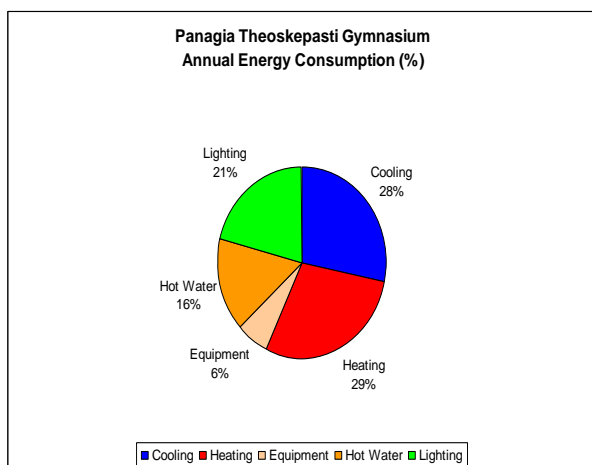


Διάγραμμα 18: Άγιος Αθανάσιος- Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

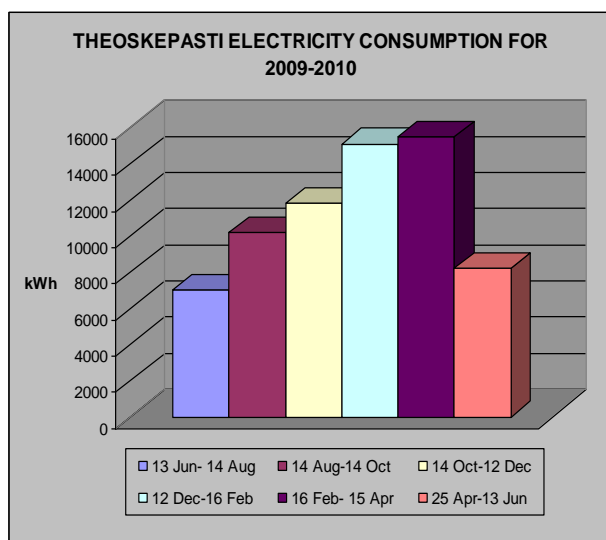
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Παναγίας Θεοσκεπάστης Πάφου



Διάγραμμα 19: Παναγία Θεοσκεπάστη/Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂



Διάγραμμα 20: Παναγία Θεοσκεπάστη /Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα



Διάγραμμα 21: Παναγία Θεοσκεπάστη –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

Η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των τριών σχολείων παρουσιάζεται μέσα από τα διαγράμματα 13, 16 και 19. Τα τρία σχολεία βάση των προσομοιώσεων καταναλώνουν πρωτογενή ενέργεια μεταξύ 460 και 657 kWh/m²/year και εκπέμπουν 130 έως 187 kgCO₂/m² year. Συγκεκριμένα η Αμερικανική Ακαδημία βρίσκεται στην χαμηλότερη κατάταξη, κατηγορία F, με ενεργειακή κατανάλωση 657 kWh/m²/year και εκπέμπει 186,85 kgCO₂/m² year. Το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου φαίνεται να καταναλώνει 526 kWh/m²/year και να εκπέμπει 152,18 kgCO₂/m² year και βρίσκεται στην κατάταξη E. Το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης καταναλώνει 460 kWh/m²/year και εκπέμπει 130,29 kgCO₂/m² year και κατατάσσεται στην κατηγορία D.

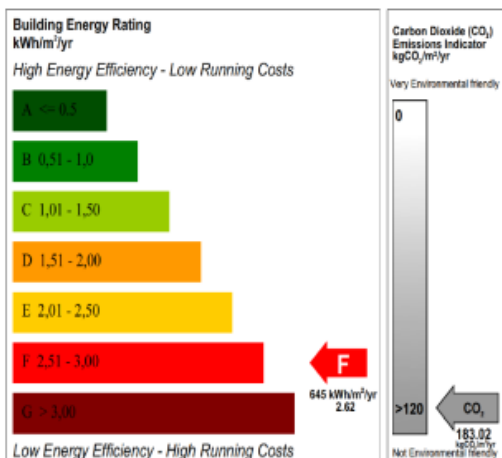
Αναλύοντας τα διαγράμματα 14, 17 και 20 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ανά τομέα χρήσης. Αναμενόμενο ήταν το γεγονός η Αμερικανική Ακαδημία να καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό για ψύξη, 45%, διότι έχει και τα περισσότερα κλιματιστικά. Γενικά στα δημόσια σχολεία της Κύπρου αποφεύγεται η χρήση αυτοτελών κλιματιστικών μονάδων για δροσισμό στις αίθουσες διδασκαλίας. Κλιματιστικές μονάδες τοποθετούνται μόνο στα γραφεία του προσωπικού και σε μερικά εργαστήρια. Σε αντίθεση με τα ιδιωτικά σχολεία τα οποία προσπαθούν να παρέχουν άριστες συνθήκες άνεσης εντός των σχολικών κτιρίων οπότεν τοποθετούν κλιματιστικά για δροσισμό σε όλο το κτίριο. Τα δύο δημόσια σχολεία καταναλώνουν μέσο όρο 27% για ψύξη. Όπως φαίνεται από τις προσομοιώσεις η κατανάλωση για θέρμανση είναι κατά μέσο όρο 29,7% γεγονός που δημιουργεί ένα ποσοστό περίπου 60% ενέργειας μόνο για ψύξη και θέρμανση των σχολείων.

Πολύ αυξημένα φαίνονται επίσης τα ποσοστά φωτισμού, 20%, και ζεστού νερού χρήσης, 16%. Η Αμερικανική Ακαδημία δεν παρουσιάζει καταναλώσεις ζεστού νερού χρήσης διότι δεν έχει εγκατεστημένο ανάλογο σύστημα. Ο μηχανικός εξοπλισμός των σχολείων στα παράλια φαίνεται να καταναλώνει ποσοστά μεταξύ 6 και 7%.

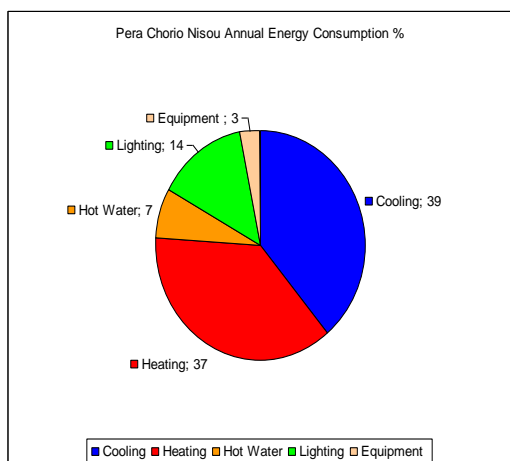
Στα διαγράμματα 15, 18 και 21 παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά διμηνία. Οι καταναλώσεις οι οποίες εκδίδονται από την A.H.K. εκφράζονται πάντα ανά διμηνία ανάλογα με την ημερομηνία σύνδεσης του κτιρίου με το δίκτυο. Μειωμένη κατανάλωση παρουσιάζουν οι καλοκαιρινοί μήνες οι οποίοι ίσως να έπρεπε να παρουσιάζουν και σχεδόν μηδενικές καταναλώσεις. Η Αμερικανική Ακαδημία παρουσιάζει ομοιομορφία σε όλο το έτος γεγονός που δικαιολογείται γιατί το σχολείο λειτουργεί και σε θερινή βάση για ομάδες παιδιών από το εξωτερικό. Στα δημόσια σχολεία αύξηση παρατηρείται κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες.

5.1.5.2 Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στην ενδοχώρα

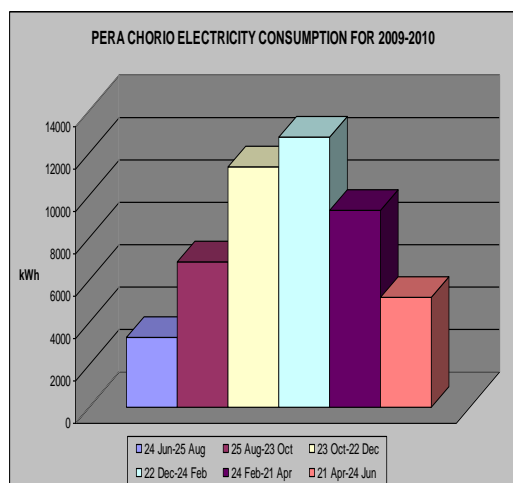
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Πέρα Χωρίου Νήσου επαρχίας Λευκωσίας



Διάγραμμα 22: Πέρα Χωρίου Νήσου - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂

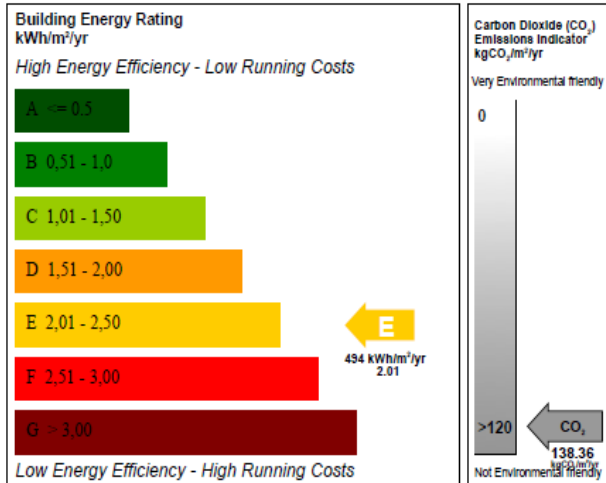


Διάγραμμα 23: Πέρα Χωρίου Νήσου – Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

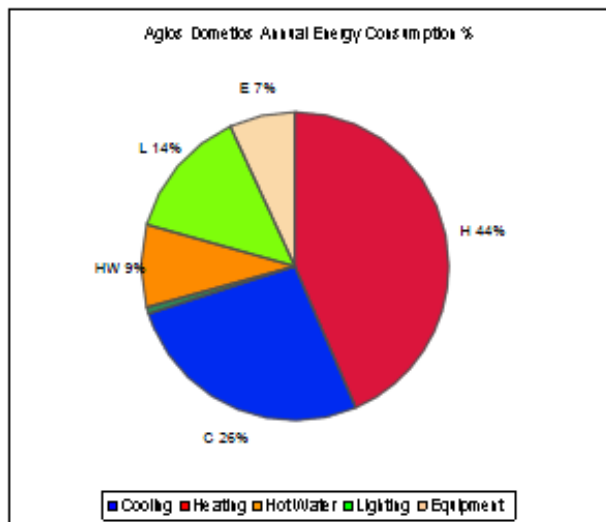


Διάγραμμα 24: Πέρα Χωρίου Νήσου – Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

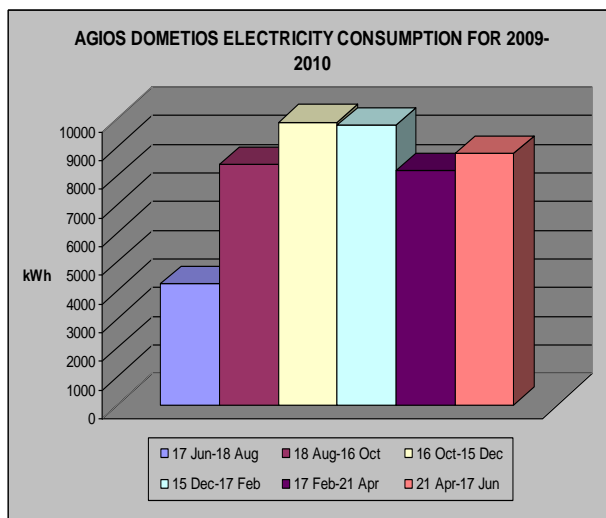
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Αγίου Δομετίου Λευκωσίας



Διάγραμμα 25: Άγιος Δομέτιος - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂

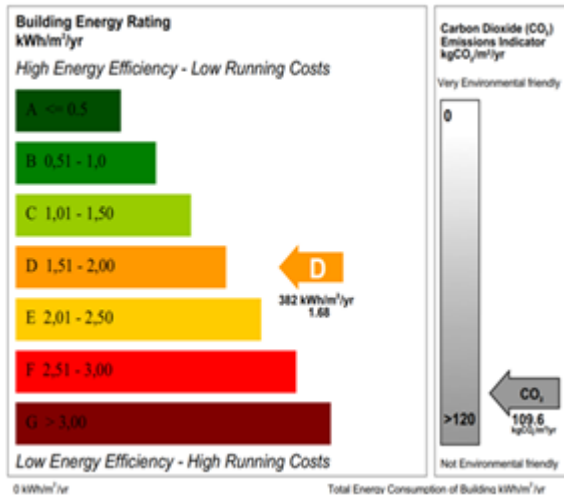


Διάγραμμα 26: Άγιος Δομέτιος – Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

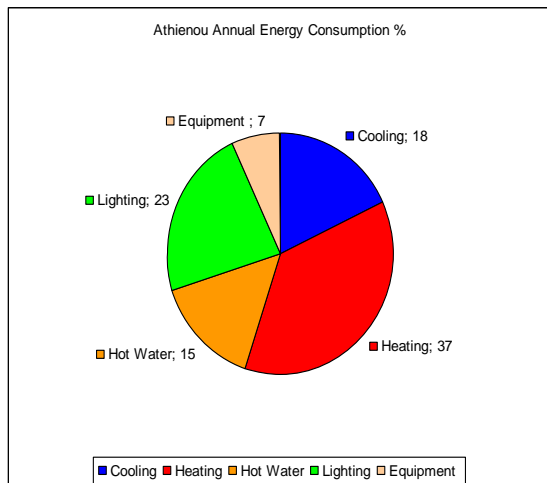


Διάγραμμα 27: Άγιος Δομέτιος – Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

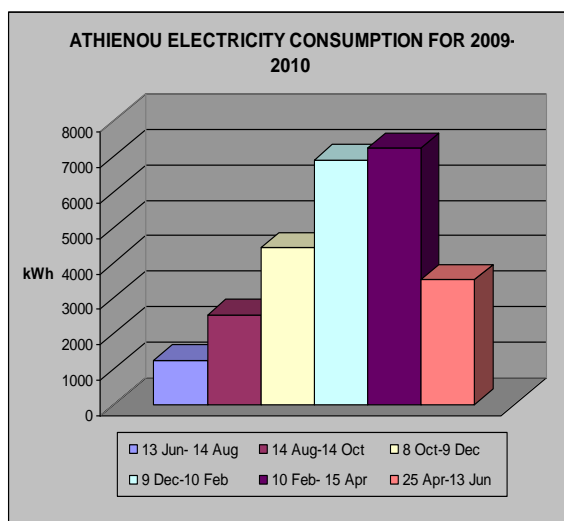
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Αθηνών επαρχίας Λάρνακας



Διάγραμμα 28: Αθηνών - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂



Διάγραμμα 29: Αθηνών - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα



Διάγραμμα 30: Αθηνών –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

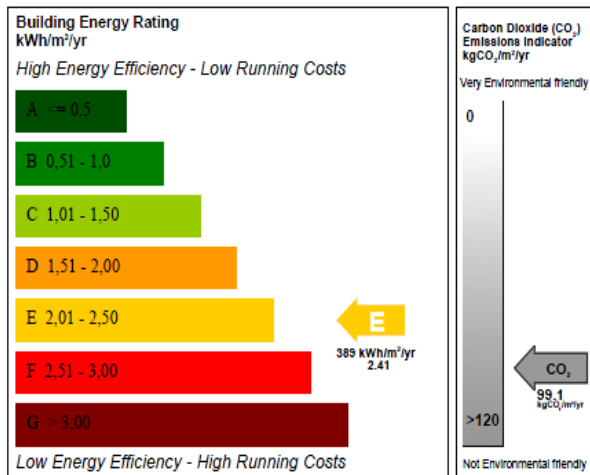
Η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των τριών επιλεγμένων σχολείων παρουσιάζεται μέσα από τα διαγράμματα 22, 25 και 28. Τα τρία σχολεία στην ενδοχώρα καταναλώνουν μεταξύ 380 και 650kWh/m²/year και εκπέμπουν 100 έως 185kgCO₂/m² year. Συγκεκριμένα το Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου καταναλώνει 645kWh/m²/year, εκπέμπει 183,02kgCO₂/m²year και κατατάσσεται στην κατηγορία F. Ο Άγιος Δομέτιος βρίσκεται στην κατηγορία E, με ενεργειακή κατανάλωση 494kWh/m²/year, εκπέμπει 138,36kgCO₂/m²year. Το Γυμνάσιο Αθηνών καταναλώνει 382kWh/m²/year, εκπέμπει 109,6kgCO₂/m² year και βρίσκεται στην κατάταξη D. Διακρίνεται μια μεγάλη διαφορά μεταξύ του Γυμνασίου Αθηνών και των υπολοίπων σε ενεργειακή κατανάλωση και αυτό οφείλεται στη θερμομόνωση μέρους του κελύφους του κτιρίου.

Στα διαγράμματα 23, 26 και 29 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ανά τομέα χρήσης. Παρατηρούνται αυξημένες καταναλώσεις σε σύγκριση με τα παράλια σε ψύξη και θέρμανση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το γυμνάσιο Αθηνών καταναλώνει το χαμηλότερο ποσοστό ενέργειας για ψύξη, γεγονός που οφείλεται κυρίως στις βιοκλιματικές στρατηγικές που υιοθετήθηκαν κατά την ανέγερση του κτιρίου, τη θερμομόνωση και τα διπλά παράθυρα. Στο ίδιο σχολείο όμως παρατηρείται μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, 23%.

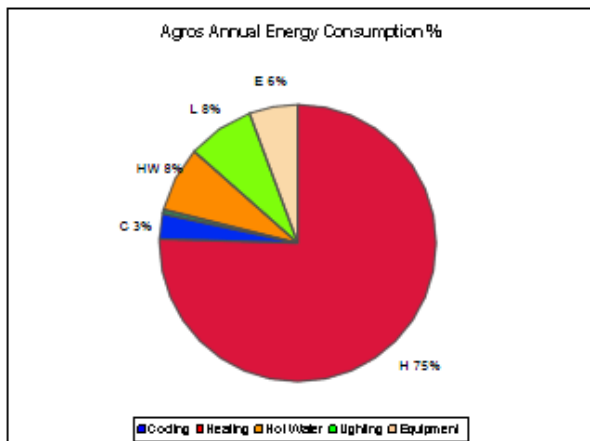
Στα σχολεία Πέρα Χωρίου Νήσου και Αθηνών φαίνεται οι πιο ενεργοβόροι μήνες να είναι από τον Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο με ένταση κατά τους χειμερινούς μήνες. Στον Άγιο Δομέτιο όμως παρουσιάζεται μια σταθερή κατανάλωση ανά διμηνία με εξαίρεση τους μήνες Ιουλίου και Αυγούστου (Διαγρ. 24, 27, 30). Παρόλο που τα σχολεία και συγκεκριμένα τα δημόσια παραμένουν κλειστά κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών εντούτοις παρατηρείται μια συνέχιση των ενεργειακών καταναλώσεων. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στις εργασίες συντήρησης που διενεργούνται κατά τους θερινούς μήνες στα σχολεία και στο ότι το διοικητικό προσωπικό σε αρκετές περιπτώσεις εργάζεται στις αρχές του καλοκαιριού. Παρόλα αυτά οι καταναλώσεις που παρουσιάζονται είναι αυξημένες και θα χρειαστεί επιτόπου έλεγχος για διερεύνηση αυτού του φαινομένου.

5.1.5.3 Αποτελέσματα και ανάλυση ενεργειακών προσομοιώσεων σχολείων στα ορεινά

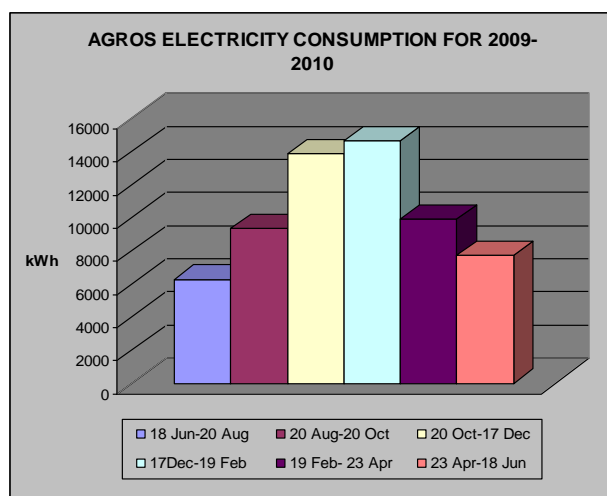
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Απειτήριο Γυμνασίου Αγρού επαρχίας Λεμεσού



Διάγραμμα 31: Αγρός - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂

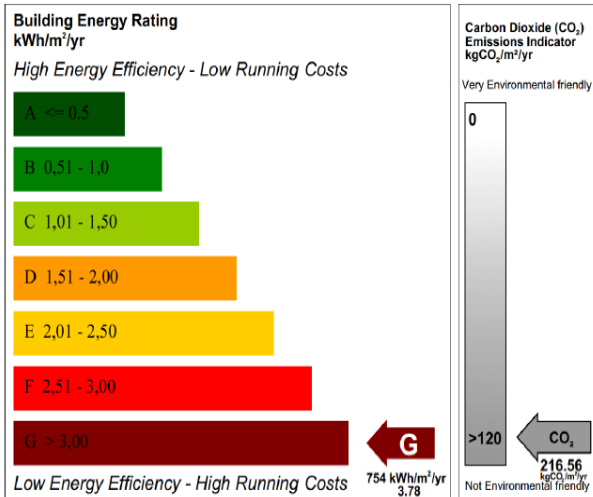


Διάγραμμα 32: Αγρός - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

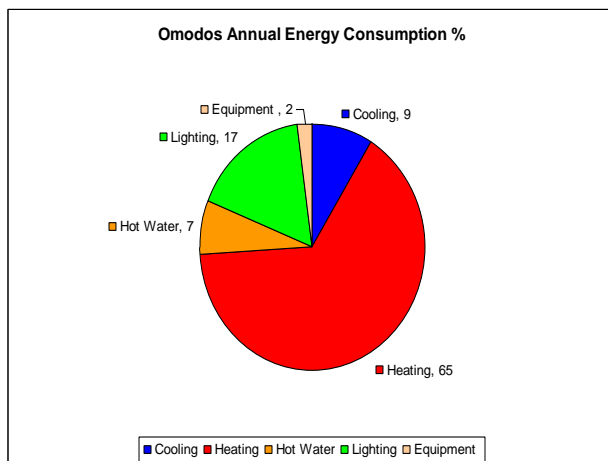


Διάγραμμα 33: Αγρός –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

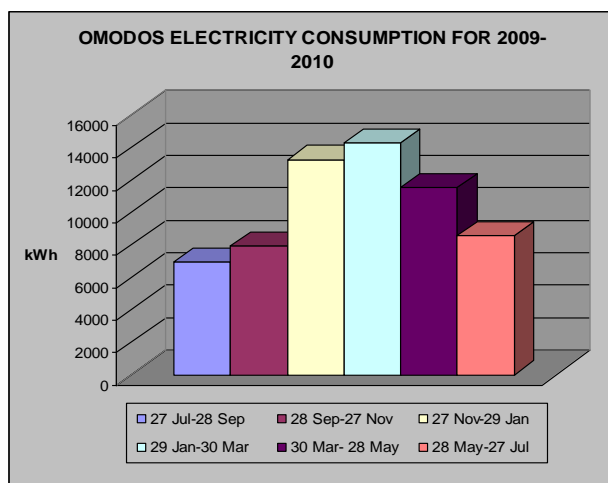
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Ομόδους επαρχίας Λεμεσού



Διάγραμμα 34: Όμοδος - Κατηγοριοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης και Εκπομπές CO₂

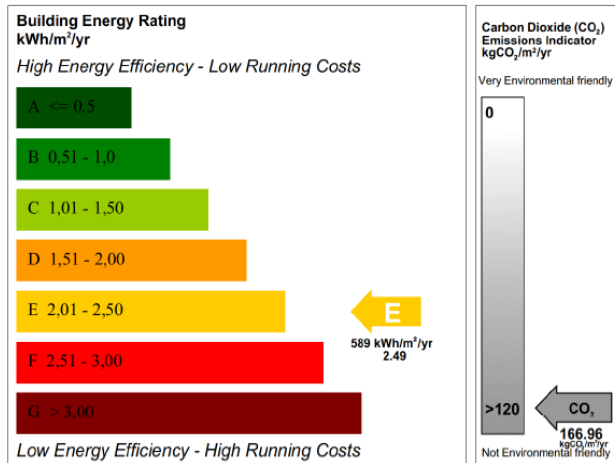


Διάγραμμα 35: Όμοδος - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα

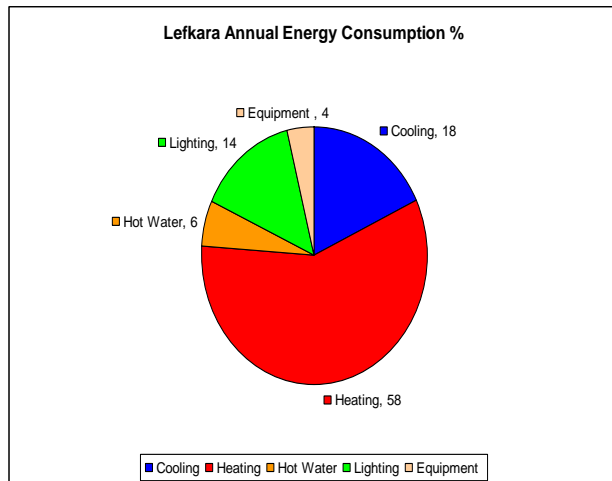


Διάγραμμα 36: Όμοδος – Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

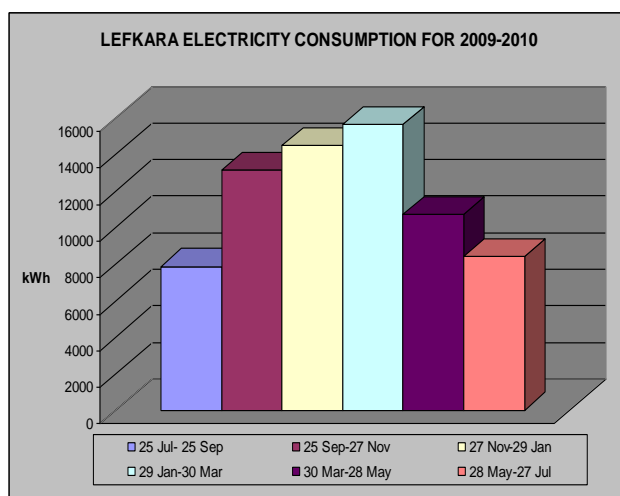
Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης Γυμνασίου Λευκάρων επαρχίας Λάρνακας



Διάγραμμα 37: Λεύκαρα - Κατηγοριοποίηση ενεργειακής απόδοσης και εκπομπές CO₂



Διάγραμμα 38: Λεύκαρα - Ετήσιες καταναλώσεις ανά τομέα



Διάγραμμα 39: Λεύκαρα –Πραγματικές καταναλώσεις ανά διμηνία

Η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των τριών επιλεγμένων σχολείων παρουσιάζεται μέσα από τα διαγράμματα 31, 34 και 37. Τα τρία σχολεία καταναλώνουν μεταξύ 390 και 760 kWh/m²/year και εκπέμπουν 160 έως 220 kgCO₂/m²year. Συγκεκριμένα το Γυμνάσιο Ομόδους βρίσκεται στην χαμηλότερη κατάταξη, κατηγορία G, με ενεργειακή κατανάλωση 754 kWh/m²/year και εκπέμπει 216,56kgCO₂/m²year. Το Γυμνάσιο Λευκάρων φαίνεται να καταναλώνει 589 kWh/m²/year και να εκπέμπει 166,96 kgCO₂/m²year. Το Γυμνάσιο Αγρού καταναλώνει 390kWh/m²/year και εκπέμπει 99,1kgCO₂/m²year και βρίσκεται στην ενεργειακή κλάση E.

Τα σχολεία στα ορεινά παρουσιάζουν δυσμενέστερα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης γεγονός που οφείλεται και στην παλαιότητα των κτιρίων αλλά και στις δυσμενέστερες καιρικές συνθήκες αυτών των περιοχών. Τα ποσοστά θέρμανσης εκτοξεύονται σε 75% στον Αγρό, 65% στο Όμοδος και 58% στα Λεύκαρα. Επίσης καθώς ήταν αναμενόμενο μειώνονται κατά πολύ οι ανάγκες σε δροσισμό και ψύξη αλλά δεν απαλείφονται εντελώς.

Τα επίπεδα ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό παραμένουν αρκετά υψηλά, το ίδιο και για ζεστό νερό χρήσης. Στα σχολεία στα ορεινά παρατηρείται μία μείωση των αναγκών ρεύματος για εξοπλισμό.

Η κατανομή ανά διμηνία παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές παρόμοια για τα τρία σχολεία στα ορεινά. Υπάρχει αισθητή αύξηση κατά τους χειμερινούς μήνες γεγονός που ίσως υποδεικνύει τη χρήση των κλιματιστικών μονάδων που υπάρχουν και για θέρμανση το χειμώνα.

5.1.6 Συνοπτική ανάλυση αποτελεσμάτων των εννιά σχολικών μονάδων

Η συνοπτική παράθεση των πληροφοριών αλλά και των αποτελεσμάτων του λογισμικού προγράμματος θα βοηθήσει στην ανάλυση και τη συσχέτιση μεταξύ πρακτικών δόμησης και αποτελεσμάτων. Τα κύρια συστήματα που χρησιμοποιούνται για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό συνεισφέρουν σημαντικά στην ενεργειακή κατανάλωση άρα είναι απαραίτητα για την ανάλυση.

Οι ενεργειακές καταναλώσεις μελετήθηκαν μέσω λογισμικού προγράμματος αλλά και μέσω των πραγματικών καταναλώσεων. Στον πίνακα 29 παρουσιάζονται οι ανάγκες του κάθε σχολείου με ποσοστά σε θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό και μηχανικό εξοπλισμό βάσει του λογισμικού προγράμματος. Στον πίνακα 30 παραθέτονται οι βασικές πληροφορίες για κάθε σχολείο με τις τελικές τους ενεργειακές κατατάξεις βάσει του iSBEMcy. Για να γίνει πιο κατανοητή απαριθμούνται τα σχολεία από το ένα μέχρι το εννιά με την εξής σειρά.

- | | |
|---|----------------------------|
| 1.Ιδιωτική Αμερικανική Ακαδημία Λεμεσού | 6.Γυμνάσιο Αθηνού Λάρνακας |
| 2.Γυμνάσιο Άγιου Αθανασίου Λεμεσού | 7.Απεήτειο Γυμνάσιο Αγρού |
| 3.Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκέπαστης Πάφου | 8.Γυμνάσιο Ομόδους |
| 4.Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου Νήσου Λευκωσίας | 9.Γυμνάσιο Λευκάρων |
| 5.Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου Λευκωσίας | |

Πίνακας 29: Ποσοστά κατανάλωσης ανά τομέα σε κάθε σχολείο βάση iSBEMcy

Σχολείο	Θέρμανση (%)	Ψύξη (%)	Ζεστό νερό χρήσης (%)	Φωτισμός (%)	Εξοπλισμός (%)
1	29	45	0	20	6
2	31	26	16	20	7
3	29	28	16	21	6
4	37	39	7	14	3
5	47	26	9	14	7
6	37	18	15	23	7
7	75	3	8	8	6
8	65	9	7	17	2
9	58	18	6	14	4

Παρατηρείται ότι όσον αφορά τη ψύξη και τη θέρμανση τα σχολεία στα παράλια παρουσιάζουν παρόμοιες ανάγκες σε ψύξη (με εξαίρεση το σχολείο Αγ. Αθανασίου), τα σχολεία στην ενδοχώρα έχουν ελαφρώς αυξανόμενες ανάγκες σε θέρμανση με εξαίρεση στο Πέρα Χωρίο όπου οι ανάγκες είναι παρόμοιες. Στα ορεινά οι ανάγκες σε θέρμανση εκτοξεύονται και οι αντίστοιχες σε ψύξη μειώνονται αισθητά. Οι μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη παρουσιάζονται στην Ιδιωτική Σχολή Αμερικανικής Ακαδημίας η οποία ψύχεται σε μεγάλο μέρος με κλιματιστικές μονάδες.

Πίνακας 30: Βασικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων

Σχολείο	Κλιματική Ζώνη	Έτος κατασκευής ή επέκτασης				Θερμομόνωση κέλυφος	Υαλοπίνακες		Κλιματισμός (% Εμβαδού που κλιματίζεται)		Ζεστό Νερό		Κατηγορία Ενεργειακής Απόδοσης (iSBEM _{eq})
		1974>	1974-1999	2000-2007	2007<		Μονοί	Διπλοί	Ψύξη	Θέρμανση	Ηλιακοί συλλέκτες	Άλλο σύστημα	
1	Παράλια	√ κ		√ ε		--	√	√	87,5	87,5	--	--	F
2	Παράλια			√ κ		--		√	6	87	--	√	E
3	Παράλια			√ κ	√ ε	Μερικώς (οροφή)		√	3,4	44	√	√	D
4	Ενδοχώρα		√ κ	√ ε		--	√		11,3	96,6	--	√	F
5	Ενδοχώρα		√ κ			--	√		14,9	96,1	--	√	E
6	Ενδοχώρα				√ κ	Μερικώς (τοιχοποιία -οροφή)	√		1,5	93	√	√	D
7	Ορεινά	√ κ	√ ε			--	√		8	94	--	√	E
8	Ορεινά	√ κ				--	√		5	99	--	√	G
9	Ορεινά	√ κ	√ ε	√ ε		--	√		7,7	91	--	√	E

-- = Δεν υπάρχει	κ = κατασκευή
√ = Υπάρχει	ε = επέκταση

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στο σχολικό τομέα είναι πολύ σημαντικές γιατί από την πιλοτική έρευνα φάνηκε ότι μόνο,

- Το 44,4% των σχολείων κατασκευάστηκε πριν από το 1974
- Το 22,2% κατασκευάστηκε μεταξύ 1974-1999
- Το 22,2% κατασκευάστηκε μεταξύ του 2000-2007
- Το 11,1% κατασκευάστηκε μετά το 2007
- Το 22,2% έχει μόνωση στην οροφή
- Το 11,1% έχει μόνωση στην τοιχοποιία
- Το 0% έχει μόνωση δαπέδου
- Το 66,7 έχει μονούς υαλοπίνακες
- Το 22,2% έχει διπλούς υαλοπίνακες
- Το 11,1% έχει και μονούς και διπλούς υαλοπίνακες
- Το 22,2% χρησιμοποιεί ηλιακούς συλλέκτες για ζεστό νερό έχοντας όμως και άλλο σύστημα για κάλυψη
- Το 66,7 έχει άλλο ή και άλλο σύστημα για ζεστό νερό
- Το **100%** των σχολείων **δεν** ικανοποιεί την οδηγία 2002/91/EK για ενεργειακή απόδοση κτιρίων

5.1.7 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των ενεργειακών προσομοιώσεων έδειξαν ότι η ποιότητα δόμησης των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο, ακόμη και αυτών που κτίστηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, χρήζει αναβάθμισης και υπάρχουν πολύ μεγάλα περιθώρια βελτίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Η ενεργειακή απόδοση των εννιά υπό μελέτη σχολείων δεν συνάδει με τις απαιτήσεις που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρόλο που δεν απαιτείται στο παρόν στάδιο οποιαδήποτε αναβάθμιση των υφιστάμενων αυτών κτιρίων, καλό θα ήταν η Κύπρος να λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ούτως ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε αυστηρότερες απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο μέλλον. Τα δημόσια κτίρια και κυρίως τα σχολεία θα πρέπει να προηγηθούν και να αναβαθμιστούν. Τα σχολεία που μελετήσαμε βρίσκονται σε πολύ χαμηλή ενεργειακή κατηγοριοποίηση. Στα παράλια η κατηγοριοποίηση των κτιρίων κατατάσσει το γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης στην κλάση D, την Αμερικανική Ακαδημία στην κλάση F και το γυμνάσιο Αγίου

Αθανασίου στην κλάση E. Στην ενδοχώρα το γυμνάσιο Πέρα Χωρίο Νήσου βρίσκεται στην κλάση F, ο Άγιος Δομέτιος στην κλάση E, και το γυμνάσιο Αθηνένου στην κλάση D. Τέλος στα ορεινά το Γυμνάσιο Ομόδους κατατάσσεται στην κλάση G και τα γυμνάσια Λευκάρων και Αγρού στην κλάση E. Συνοπτικά η πιλοτική έρευνα των εννέα σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές του νησιού έδειξε ότι η ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων δεν υπερβαίνει την κλάση D.

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και ο σχεδιασμός των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο είναι πανομοιότυπος κυρίως σε κοινές κλιματικές περιοχές. Στις ορεινές περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα λόγω ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών, είναι απαραίτητη η μείωση των θερμικών απωλειών με τη χρήση της θερμομόνωσης του κελύφους και η αύξηση των θερμικών κερδών μέσω αρχιτεκτονικών επεμβάσεων. Σε αντίθεση στην ενδοχώρα οι τεχνικές δροσισμού και θέρμανσης είναι απαραίτητες σχεδόν στον ίδιο βαθμό με λίγο αυξημένες τις ανάγκες θέρμανσης λόγω αρκετά χαμηλών θερμοκρασιών το χειμώνα. Στα παράλια λόγω αυξημένης σχετικής υγρασίας θα πρέπει να προωθηθούν οι τεχνικές φυσικού αερισμού και δροσισμού αφού το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζεται στη ψύξη κατά τους θερινούς μήνες. Οι ανάγκες που διαφαίνονται μέσω της ενεργειακής μελέτης για τις πρακτικές που πρέπει να ακολουθηθούν θα υπολογιστούν στη συνέχεια με ακρίβεια μέσα από την ανάλυση των βιοκλιματικών χαρτών. Από όλα τα σχολεία η Αμερικανική Ακαδημία παρουσιάζει τις μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη λόγω του ότι ψύχεται σχεδόν σε όλο το εμβαδόν του κτιρίου. Αυτό στην Κύπρο συμβαίνει μόνο στα ιδιωτικά σχολεία, στα δημόσια αποφεύγεται η χρήση κλιματιστικών μονάδων με εξαίρεση τα διοικητικά γραφεία.

Επίσης όλα τα σχολεία με εξαίρεση την Αμερικανική Ακαδημία και πάλι που είναι ιδιωτικό σχολείο χρησιμοποιούν ζεστό νερό. Δεν έχουν όμως όλα τα σχολεία εγκαταστήσει ηλιακούς συλλέκτες έτσι ώστε να εξοικονομείται ενέργεια. Μόνο δύο σχολεία τα οποία είναι σχετικά καινούργια έχουν ηλιακούς συλλέκτες και για λόγους ασφαλείας το χειμώνα έχουν και δεύτερο σύστημα είτε ηλεκτρικού θερμοσίφωνα είτε πετρελαίου θέρμανσης νερού.

Ο φωτισμός παρουσιάζει πολύ αυξημένες καταναλώσεις σε όλα τα σχολικά κτίρια της μελέτης. Φαινόμενο το οποίο δεν δικαιολογείται γιατί τα σχολικά συγκροτήματα δουλεύουν κυρίως τις πρωινές ώρες όπου θα έπρεπε να γίνεται κατά το μέγιστο δυνατό αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Επίσης σε όλα τα σχολικά συγκροτήματα χρησιμοποιούνται συμβατικές

φλορέντζες οι οποίες θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με νέους τύπους πολύ πιο αναβαθμισμένους και οικονομικούς.

Το παράδοξο είναι επίσης ότι ενώ τα σχολεία στην Κύπρο δεν λειτουργούν κατά την καλοκαιρινή περίοδο, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος συνεχίζει να υφίσταται και μάλιστα σε πολύ ψηλά επίπεδα. Αυτό ίσως οφείλεται σε έργα επιδιορθώσεων που μπορεί να γίνονται στα σχολεία κατά τη θερινή περίοδο και επίσης στην εργασία του διοικητικού προσωπικού για ένα αρκετά μεγάλο διάστημα του καλοκαιριού, κυρίως τον Ιούλιο. Παρόλα αυτά η κατανάλωση υπερβαίνει κατά πολύ την αναμενόμενη ενεργειακή κατανάλωση και θα πρέπει να εξετασθεί κατά πόσο και πως μπορεί να μειωθεί.

Σημαντικός όμως παράγοντας κατανάλωσης είναι και οι χρήστες του κτιρίου. Οι χρήστες είναι ένας αστάθμητος παράγοντας που μέχρι σήμερα δεν έχουν καταφέρει οι ερευνητές να αξιολογήσουν και να αιτιολογήσουν ως προς τη συμπεριφορά τους στα ενεργειακά θέματα των κτιρίων.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη στην προσπάθεια μιας αποδοτικότερης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων ότι το απόθεμα των υφιστάμενων κτιρίων είναι μεγαλύτερο από τα νέα κτίρια. Τα δημόσια κτίρια και κυρίως τα σχολεία θα πρέπει να προηγηθούν και να αναβαθμιστούν. Μια αποδοτικά ενεργειακή συμπεριφορά τους θα προωθήσει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και κυρίως των μαθητών. Θα αφυπνίσει τους πολίτες και θα προάγει την αειφόρο ανάπτυξη στα μάτια των μικρών παιδιών οι οποίοι θα είναι οι αυριανοί συνεχιστές αυτού του έργου και οι κληρονόμοι αυτού του πλανήτη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων (asset Vs operational rating) έχουν απόκλιση και η υπολογιστική προσέγγιση συνήθως «υπερεκτιμά» την κατανάλωση. Αυτό δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν είναι αξιόπιστη. Η μεθοδολογία υπολογισμού που ακολουθείται στο λογισμικό iSBEMcy βασίζεται στην αρχιτεκτονική μελέτη και συγκρίνει την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου με ένα πρότυπο κτίριο αναφοράς το οποίο έχει τις ίδιες διαστάσεις αλλά διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας υλικών. Έτσι η κατηγοριοποίηση του κτιρίου (που είναι και το ζητούμενο λόγω νομοθεσίας) είναι ρεαλιστική και αξιόπιστη. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη καθώς τα σχολεία με τη χαμηλότερη κατανάλωση στην πραγματικότητα παρουσιάζουν συγκριτικά με τα υπόλοιπα στην έρευνα τις χαμηλότερες καταναλώσεις και μέσω των προσομοιώσεων. Οι δύο μέθοδοι μπορεί να μην συγκλίνουν αλλά παρουσιάζουν μια αναλογική ομοιομορφία στα αποτελέσματα και υπάρχει μια

συσχέτιση πραγματικής πρωτογενούς κατανάλωσης και εκτιμώμενης της τάξεως του 27%. Δηλαδή η πραγματική πρωτογενής κατανάλωση είναι το 20 έως 30% της υπολογιζόμενης από το λογισμικό.

Σε αυτό το κεφάλαιο σκοπός ήταν να εξετασθεί η ενεργειακή κατάσταση σε μια μικρή μερίδα των σχολείων της μέσης εκπαίδευσης στις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου. Στόχος ήταν να διαφανεί ή όχι η ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών συγκροτημάτων και τα κενά που θα καλύψει η παρούσα μελέτη. Όπως διαφάνηκε υπάρχουν τεράστια περιθώρια βελτίωσης και τεράστιες ανάγκες στον συγκεκριμένο τομέα. Έτσι στη συνέχεια της μελέτης θα εξετασθεί ένα τυπικό κτίριο σχολείου μέσης εκπαίδευσης ανά κλιματική περιοχή με χαρακτηριστικά που εντοπίστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο με στόχο βρεθούν οι βέλτιστες τεχνικές που θα πρέπει να εφαρμοστούν για ενεργειακή αναβάθμιση.

2^ο Μέρος Πιλοτικής Έρευνας

5.2 Εσωτερική άνεση σχολικών κτιρίων

Η εσωτερική περιβαλλοντική ποιότητα (θερμική, ακουστική, οπτική και ποιότητα αέρα) ενός κτιρίου επηρεάζει την άνεση, την υγεία αλλά και την παραγωγικότητα των χρηστών του [7,8]. Ειδικότερα, τα σχολεία είναι κτίρια στα οποία το υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής ποιότητας μπορεί να βελτιώσει την προσοχή, τη συγκέντρωση, την απόδοση αλλά και την παραγωγικότητα των μαθητών [9,10]. Η θερμική άνεση είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους της εσωτερικής ποιότητας και ορίζεται ως η κατάσταση του νου ώστε να εκφράζει την ικανοποίηση του για το θερμικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι πάντα άρρηκτα συνδεδεμένη με την εσωτερική κυρίως θερμική τους άνεση. Ο άνθρωπος από την αρχή της πορείας του τείνει να δημιουργεί ένα θερμικά ουδέτερο περιβάλλον, μέσα στο οποίο αισθάνεται άνετα και διανύει τις περισσότερες και δημιουργικότερες ώρες της ζωής του. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των σύγχρονων μελετητών είναι η δημιουργία ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος μέσα στα κτίρια, μελετώντας αναλυτικά όλες τις παραμέτρους που συντελούν σε αυτό. Το ζητούμενο μέσα από κάθε μελέτη είναι να επιτυγχάνεται εσωτερική θερμική άνεση με το λιγότερο δυνατό ενεργειακό κόστος.

Σε αυτό το κεφάλαιο, για τη μελέτη της εσωτερικής άνεσης δημιουργήθηκαν δομημένα ερωτηματολόγια (Παράρτημα II) τα οποία αφορούσαν τους μαθητές των εννιά πιλοτικών σχολείων ώστε να διαφανεί η ύπαρξη ή όχι προβλήματος στην εσωτερική άνεση. Η έρευνα θέτει ερωτήματα για τη θερμική, την οπτική και την ακουστική άνεση στα σχολεία. Επίσης οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις για την ασφάλεια και την υγεία καθώς και τη σωματική και ψυχική τους ευεξία εντός των σχολικών κτιρίων. Συλλέχθηκαν στοιχεία και μέσω ενός εργαλείου ανάλυσης αποτελεσμάτων που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος TEENERGY [11] εισήχθησαν τα αρχεία Excel .xls με τις απαντήσεις των μαθητών και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα. Η έμφαση αυτού του κεφαλαίου δίνεται στη θερμική άνεση η οποία είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

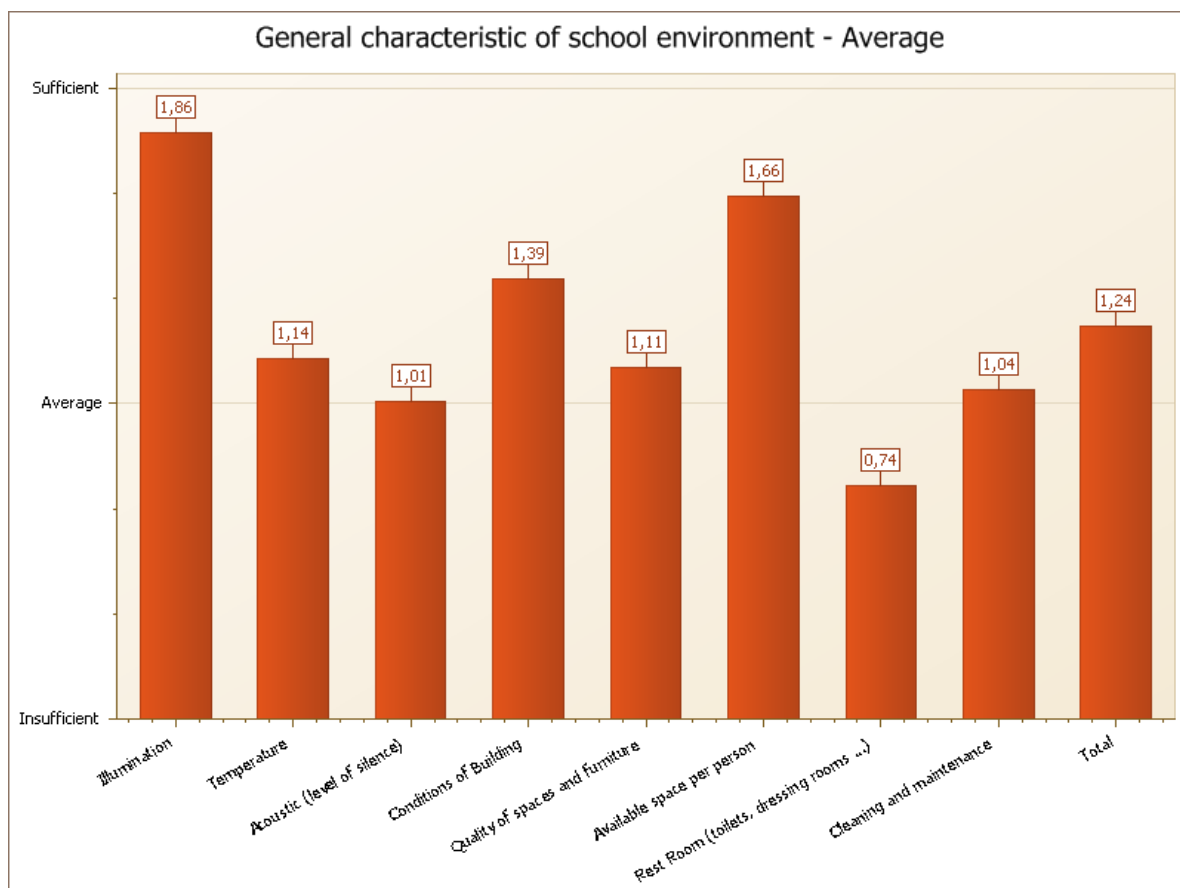
5.2.1 Καταγραφή αποτελεσμάτων υφιστάμενης εσωτερικής άνεσης μέσω έρευνας ερωτηματολογίων προς τους μαθητές

Στην έρευνα συμμετείχε ποσοστό 5 έως 10% του κάθε σχολείου. Το ποσοστό αντιστοιχεί συνολικά σε 185 μαθητές. Τα ερωτηματολόγια χωρίζονταν σε οκτώ θεματικές ενότητες και τις γενικές πληροφορίες. Οι θεματικές ενότητες αφορούσαν τα στοιχεία του σχολείου, τα γενικά περιβαλλοντικά στοιχεία, τη θερμική, την οπτική και την ακουστική άνεση, την ασφάλεια και υγεία, τη ψυχική και σωματική ευεξία και τέλος τις προτάσεις που εισηγούνται οι μαθητές. Τα ερωτηματολόγια στάλθηκαν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και οι απαντήσεις επιστράφηκαν σε έντυπη μορφή. Μεταφέρθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών σε κωδικοποιημένα αρχεία Excel .xls και μέσω του εργαλείου στατιστικής ανάλυσης αποτελεσμάτων του ερευνητικού προγράμματος TEENERGY αναλύθηκαν τα αρχεία και εξάχθηκαν τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

5.2.1.1 Γενικά στοιχεία του σχολικού περιβάλλοντος

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει τη γενική εικόνα των σχολείων στους τομείς φωτισμού, θερμοκρασίας, ακουστικής, κατάστασης κτιρίου, ποιότητας των χώρων και των επίπλων, διαθέσιμου χώρου ανά άτομο, ποιότητα άλλων χώρων (τουαλέτες, αποδυτήρια, κλπ.) και επιπέδου καθαρισμού και συντήρησης. Οι μαθητές κλήθηκαν να κατατάξουν τους πιο πάνω τομείς από ανεπαρκή έως καλή κατάσταση με το 0 να προσδιορίζει την επαρκή και το 3 την καλή κατάσταση.

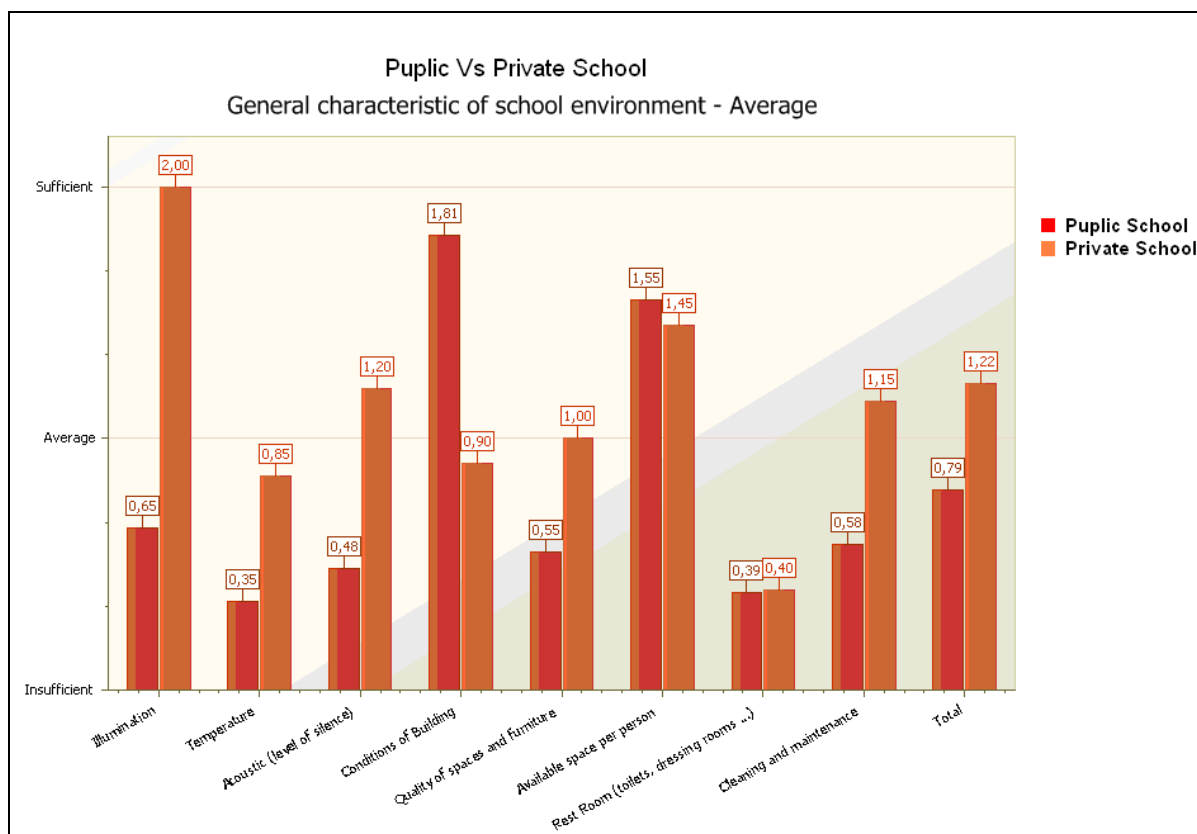
Ο γενικός μέσος όρος και των εννιά σχολείων της γενικής εικόνας των σχολείων κατατάσσεται λίγο ψηλότερα από το μέτρια. Υπάρχει έντονη δυσαρέσκεια στην κατάσταση και την ποιότητα χώρων όπως οι τουαλέτες και τα αποδυτήρια. Επίσης η θερμοκρασία, η ακουστική, η ποιότητα των χώρων και των επίπλων καθώς και η καθαριότητα και συντήρηση δεν φαίνεται να ικανοποιεί τους μαθητές.



Διάγραμμα 40: Μέσος όρος γενικών χαρακτηριστικών των εννιά σχολείων

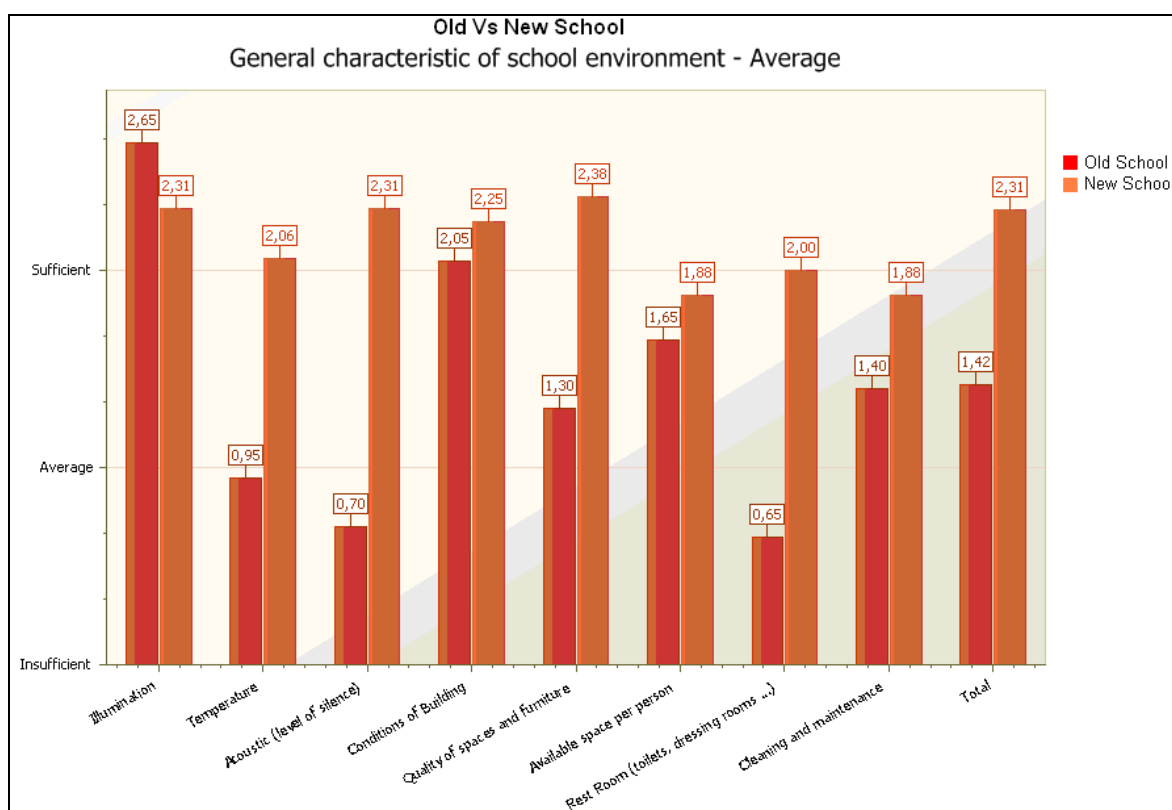
Για καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων διενεργήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ των σχολείων. Η πρώτη σύγκριση παρουσιάζει τις διαφορές μεταξύ του ιδιωτικού σχολείου της Αμερικανικής Ακαδημίας και των δημοσίων σχολείων. Σε αυτή τη σύγκριση φαίνεται ότι οι μαθητές του ιδιωτικού σχολείου είναι πιο ικανοποιημένοι από τη γενική εικόνα του σχολείου τους. Το δημόσιο σχολείο κατατάσσεται κάτω του μετρίου ενώ το ιδιωτικό λίγο πιο πάνω από το μέτριο. Συγκεκριμένα το ιδιωτικό σχολείο φαίνεται να υπερτερεί στους τομείς της οπτικής, θερμικής και ακουστικής άνεσης, στην ποιότητα του χώρου και των επίπλων, στην υγιεινή χώρων όπως τουαλέτες και αποδυτήρια και τέλος στη γενική καθαριότητα του σχολείου. Αυτό ήταν αναμενόμενο αν αναλογιστεί κανείς ότι το ιδιωτικό σχολείο θα πρέπει να διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο σε όλους τους τομείς για να προσελκύει μαθητές. Επίσης όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχει σύστημα θέρμανσης αλλά και κλιματισμού στην Αμερικανική Ακαδημία, άρα η θερμική άνεση είναι καλύτερη από ότι στα δημόσια σχολεία. Το συγκεκριμένο ιδιωτικό σχολείο στεγάζεται σε αρκετά παλιές εγκαταστάσεις και αυτός ίσως είναι ο λόγος που η γενική του βαθμολογία δεν είναι ικανοποιητική αλλά ελαφρώς πάνω του μετρίου. Εκείνη που αξίζει προσοχής είναι

η κατάταξη των δημοσίων σχολείων σε οπτική, θερμική και ακουστική άνεση. Τρεις παράγοντες πολύ σημαντικοί στα σχολεία που όμως δεν ικανοποιούν σε καμία περίπτωση τους μαθητές.



Διάγραμμα 41: Γενικά χαρακτηριστικά δημοσίων και ιδιωτικών σχολείων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ ενός παλιού και ενός καινούργιου σχολείου, Διάγραμμα 42. Και τα δύο σχολεία βρίσκονται στην περιοχή της ενδοχώρας για αντικειμενικότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Το παλιό σχολείο κατατάσσεται μεταξύ μετρίου και ικανοποιητικού ενώ το καινούργιο σχολείο είναι από ικανοποιητικό έως καλό. Οι μεγάλες διαφορές παρατηρούνται στη θερμική και την ακουστική άνεση καθώς και στην ποιότητα των χώρων και του εξοπλισμού.

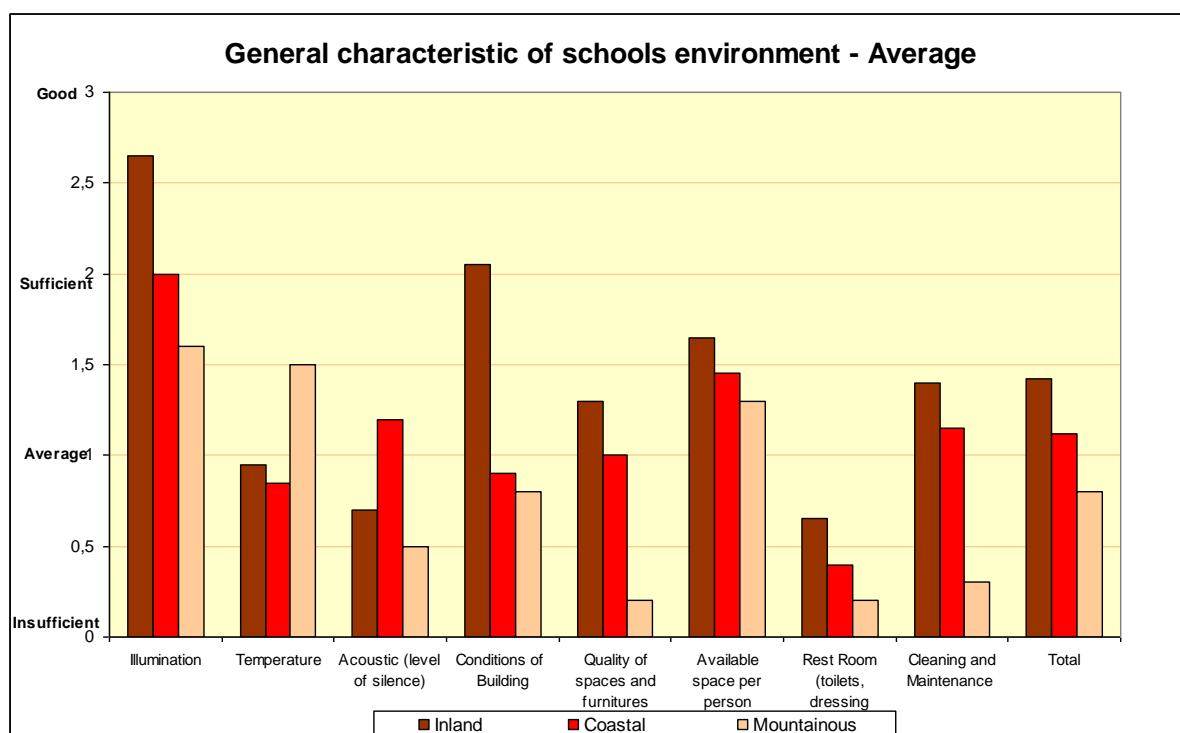


Διάγραμμα 42: Σύγκριση γενικών χαρακτηριστικών παλιού και νέου σχολείου στην ενδοχώρα.

Συγκρίσεις ήταν απαραίτητο να γίνουν και μεταξύ των διαφορετικών κλιματικών περιοχών. Με αυτό τον τρόπο θα διαφανεί το αν υπάρχει διαφορά ή όχι στο εσωκλίμα ανάλογα με το εξωτερικό κλίμα της κάθε περιοχής. Το Διάγραμμα 43 παρουσιάζει τα γενικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των σχολείων της ενδοχώρας, των παράλιων και ορεινών περιοχών. Αθροίζονται οι μέσοι όροι των τριών σχολείων της κάθε περιοχής και παρουσιάζονται οι μέσες τιμές τους.

Το συνολικό αποτέλεσμα δίνει μια καλύτερη εικόνα για τα σχολεία της ενδοχώρας με ένα μέσο όρο μεταξύ μετρίου και ικανοποιητικού. Παρατηρώντας το διάγραμμα ανά κατηγορία παρατηρούμε ότι τα σχολεία στην ενδοχώρα υπερέχουν κυρίως στην οπτική άνεση και την κατάσταση των κτιρίων. Καθοριστικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζει και το γεγονός ότι τα δύο από τα τρία σχολεία που εξετάζουμε στην ενδοχώρα είναι σχετικά καινούργια κατασκευής. Ο χώρος ανά μαθητή φαίνεται να μην επηρεάζεται πολύ, και αυτό δείχνει ότι το μέγεθος των αιθουσών είναι περίπου το ίδιο σε όλη την Κύπρο. Η θερμική και η ακουστική άνεση είναι σε επίπεδα ικανοποίησης κάτω του μετρίου. Ειδικά στα παράλια το εσωκλίμα όσον αφορά τη θερμική άνεση δεν είναι καθόλου ικανοποιητικό. Το γεγονός αυτό ίσως οφείλεται στα πολύ υψηλά ποσοστά υγρασίας, αλλά αυτό θα διαφανεί καλύτερα κατά

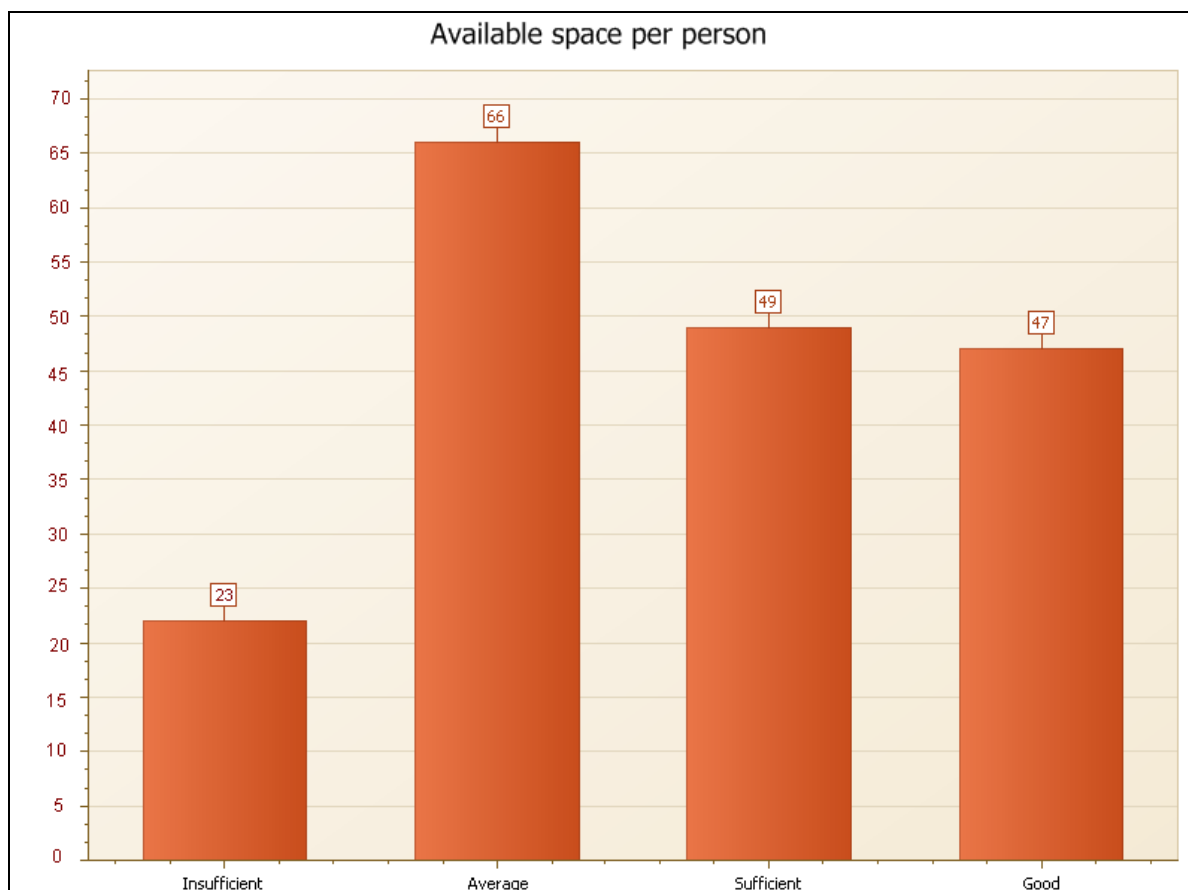
τις επί τόπου μετρήσεις που θα γίνουν σε επόμενο στάδιο. Σε αντίθεση τα ορεινά παρουσιάζουν τις καλύτερες θερμικές συνθήκες, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κατά τους χειμερινούς μήνες είναι σχετικά ικανοποιητική η θέρμανση στα σχολεία και οι ευνοϊκές θερμοκρασίες των φθινοπωρινών και ανοιξιάτικων μηνών ικανοποιούν τους μαθητές χωρίς να χρειάζονται μηχανικά μέσα. Γενικότερα όμως τα ορεινά σχολεία παρουσιάζουν συνολικό μέσο όρο κατώτερο του μετρίου. Γεγονός που υποδηλώνει μια κακή εσωτερική κατάσταση στο σύνολο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παλαιότητα των συγκεκριμένων σχολικών συγκροτημάτων. Το συνολικό αποτέλεσμα των σχολείων παρουσιάζει μια απογοητευτική εικόνα αφού ο μέσος όρος σε όλες τις περιοχές μόλις ξεπερνά το μέτρο.



Διάγραμμα 43: Σύγκριση περιβαλλοντικών παραμέτρων σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές

Το τελευταίο διάγραμμα των γενικών χαρακτηριστικών περιέχει την ικανοποίηση των μαθητών από το χώρο που τους αναλογεί σε τετραγωνικά μέτρα εντός των αιθουσών διδασκαλίας. Η πυκνότητα των ατόμων εντός των κτιρίων επηρεάζει άμεσα τα επίπεδα άνεσης διότι επηρεάζει τον αερισμό αλλά και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη. Ποσοστό 66% των μαθητών από όλες τις κλιματικές περιοχές της Κύπρου δήλωσαν ότι είναι καθόλου έως μέτρια ικανοποιημένοι από το διαθέσιμο χώρο που έχουν εντός των σχολικών αιθουσών. Ένας στους τέσσερις μαθητές θεωρεί καλό το διαθέσιμο χώρο που του παρέχεται. Αυτό

οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πυκνότητα χώρου δεν είναι σταθερή σε όλα τα σχολεία ή ακόμα και στο ίδιο σχολείο μπορεί να υπάρχουν αίθουσες με πολύ και λίγο χώρο ανά μαθητή. Αυτό συμβαίνει κυρίως στα λύκεια όπου οι μαθητές χωρίζονται ανά αίθουσες ανάλογα με τις επιλογές τους σε μαθήματα κάτι που διαφοροποιεί τον αριθμό των μαθητών ανά τάξη.



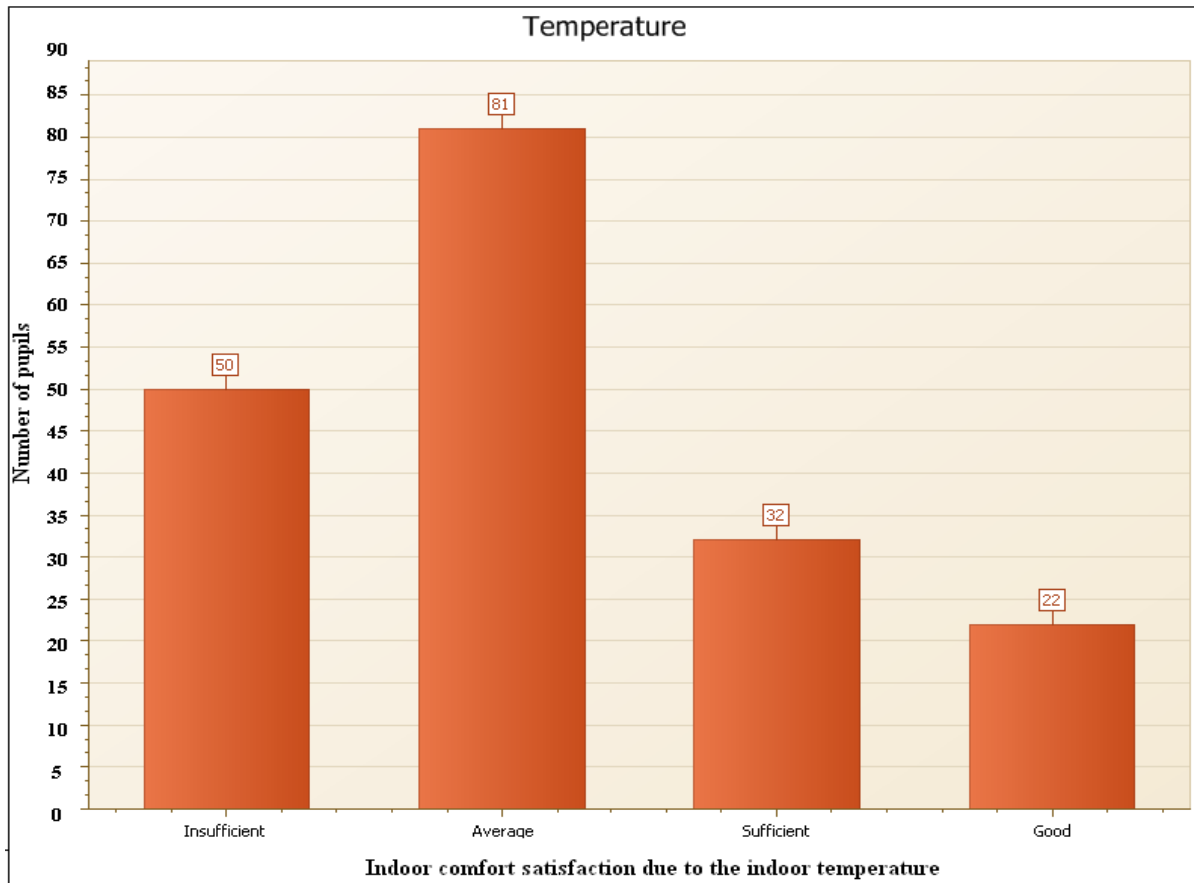
Διάγραμμα 44: Ικανοποίηση διαθέσιμου χώρου ανά άτομο

5.2.1.2 Θερμική άνεση

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες της ποιότητας του εσωκλίματος είναι η θερμική άνεση. Η έντονη δυσφορία στους εσωτερικούς χώρους προέρχεται κυρίως από τις ακατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης και γι' αυτό το λόγο τα πρότυπα ISO και ASHRAE επικεντρώνονται σε αυτόν τον τομέα [12,13]. Τα διεθνή πρότυπα δείχνουν τις προϋποθέσεις για την απόκτηση της θερμικής άνεσης, βάσει της θερμικής ισορροπίας μεταξύ ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση επηρεάζεται από τη θερμότητα, την αγωγιμότητα, την ακτινοβολία και τις απώλειες θερμότητας μέσω εξάτμισης. Έξι παράγοντες επηρεάζουν τη θερμική άνεση του ανθρώπου, τέσσερις εκ των

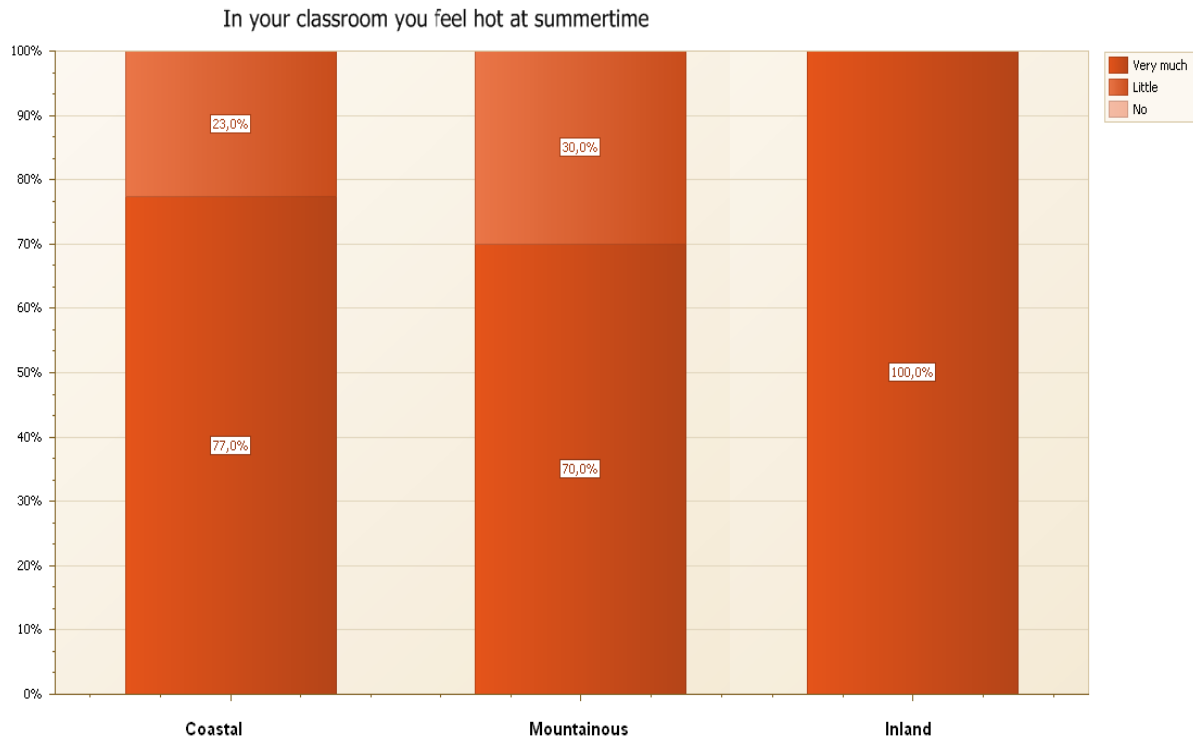
οποίων είναι περιβαλλοντικοί (φυσικοί παράμετροι) και δύο προσωπικοί παράγοντες. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία του αέρα, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία του αέρα. Τα προσωπικά στοιχεία είναι ο ρυθμός μεταβολισμού του ανθρώπου και η μόνωση μέσω του ρουχισμού. Η θερμοκρασία του αέρα συνήθως εκφράζεται σε βαθμούς κελσίου και ορίζεται σαν η θερμοκρασία του αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα. Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία είναι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας των επιφανειών, που περιβάλλουν ένα χώρο. Βάσει ASHRAE ο ορισμός της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε απόλυτη μετάφραση ορίζεται ως «η ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία ενός φανταστικού μαύρου κελύφους, που θα προκαλέσει την ίδια ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ατόμου και αυτού, με αυτή που λαμβάνει χώρα στις εξεταζόμενες συνθήκες». Επηρεάζει και τη θερμότητα, που χάνεται με ακτινοβολία από το σώμα προς τις επιφάνειες και τη θερμότητα που αποβάλλεται με αγωγιμότητα, όταν το άτομο είναι σε επαφή με τις επιφάνειες. Εφόσον ένα κτίριο είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Αυτό περιορίζει τις απώλειες της ακτινοβολούμενης θερμότητας και για αυτό αυξάνει την αίσθηση θερμικής άνεσης. Επίσης ελαττώνει την εμφάνιση ρευμάτων αέρα που μεταδίδουν θερμότητα. Η σχετική υγρασία (εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό) είναι ο λόγος της ποσότητας της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε ο αέρας, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Η ταχύτητα του αέρα έχει επίπτωση στην απώλεια θερμότητας του σώματος προς το περιβάλλον. Ο αέρας που έχει μεγαλύτερη ταχύτητα δίνει την αίσθηση ότι είναι ψυχρότερος.

Αναλύοντας τα διαγράμματα παρατηρούνται οι μη ικανοποιητικές θερμικές συνθήκες που επικρατούν στα σχολικά κτίρια, ανεξαρτήτου κλιματικής περιοχής της Κύπρου. Παρουσιάζεται η εσωτερική θερμική άνεση των μαθητών εντός των αιθουσών διδασκαλίας σε όλες τις κλιματικές περιοχές (Διάγρ. 45). Το 70,8% των μαθητών χαρακτηρίζει «αρνητικά» τη θερμική άνεση δηλώνοντας την μη ικανοποιητική ή μέτρια. Μόλις το 11,9% των μαθητών δηλώνει ότι θεωρεί καλή την εσωτερική θερμική άνεση. Αυτό άμεσα καταδεικνύει το πρόβλημα εσωτερικής θερμικής άνεσης που υπάρχει στα σχολεία.



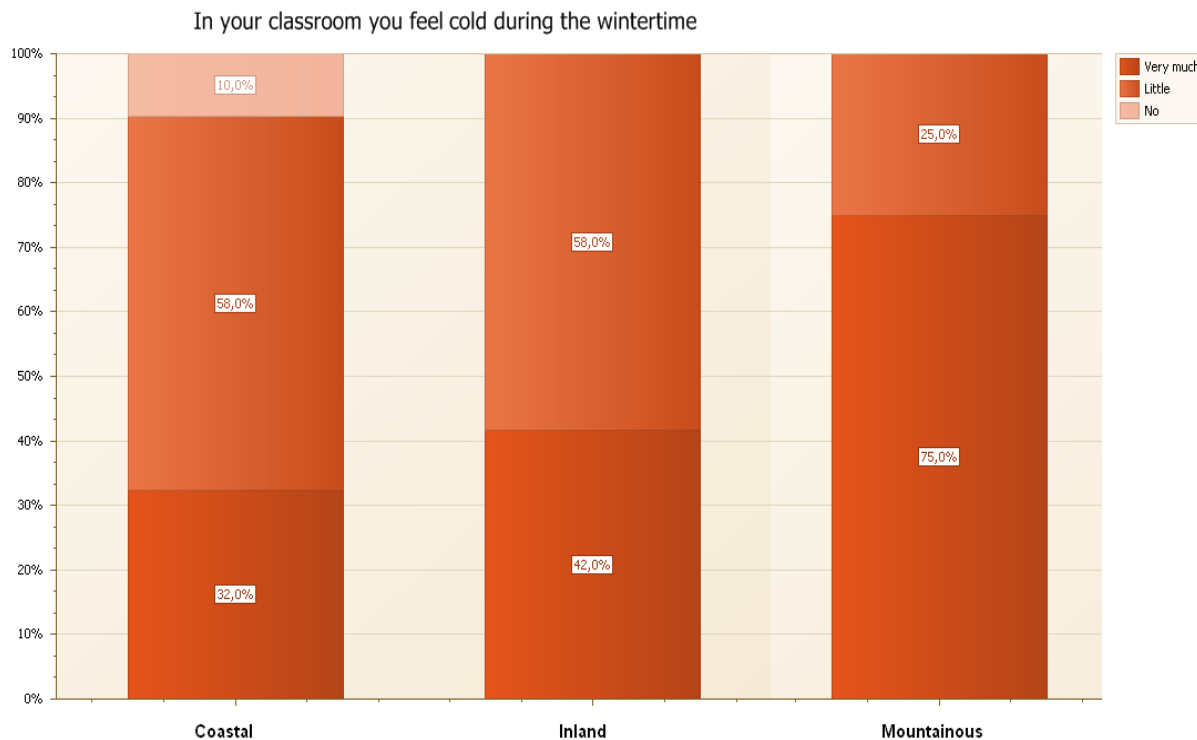
Διάγραμμα 45: Θερμική άνεση εντός σχολικών αιθουσών στα εννιά πιλοτικά σχολεία

Στη συνέχεια της έρευνας οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε πιο συγκεκριμένες ερωτήσεις για να διαφανεί σε μια χρονική περίοδο ανά κλιματική περιοχή παρουσιάζεται εντονότερα το πρόβλημα της θερμικής άνεσης. Απαντώντας στις ερωτήσεις «Στην τάξη σου αισθάνεσαι ζέστη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού» και «Στην τάξη σου αισθάνεσαι κρύο κατά τη διάρκεια του χειμώνα» παρουσιάζεται η επάρκεια ή όχι θερμικής άνεσης ανάλογα με την κλιματική εποχή. Είναι προφανές συγκρίνοντας τα διαγράμματα 46 και 47 ότι το καλοκαίρι παρουσιάζει τις εντονότερες συνθήκες δυσφορίας με τους μαθητές στην ενδοχώρα να δηλώνουν ότι όλοι αισθάνονται πολλή ζέστη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στις τάξεις τους. Στα παράλια ποσοστό 77% δηλώνει ότι αισθάνεται πολλή ζέστη ενώ ποσοστό 23% λιγότερη, και στα ορεινά ποσοστό 70% αισθάνεται πολλή ζέστη ενώ το 30% αισθάνεται λιγότερη ζέστη. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι ακόμη και στις ορεινές περιοχές οι μαθητές αισθάνονται δυσφορία κατά του θερινούς μήνες λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών που επικρατούν.



Διάγραμμα 46: Θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στα σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών

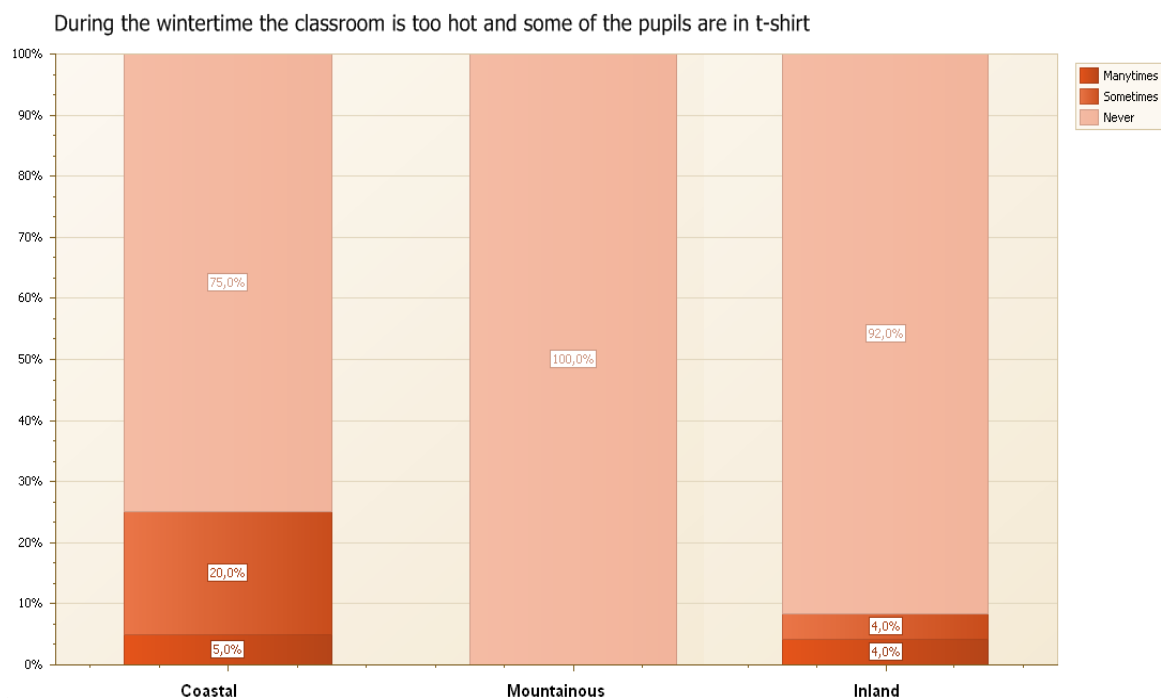
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 47, κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο μεγαλύτερος αριθμός των μαθητών που βρίσκεται στα ορεινά και ανέρχεται σε ποσοστό 75% αισθάνεται πολύ κρύο εντός των αιθουσών διδασκαλίας. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν κατά τη χειμερινή περίοδο στις ορεινές περιοχές και των παλαιών κτιρίων που στεγάζουν τα σχολεία χωρίς καμία πρόνοια θερμομόνωσης. Στα παράλια φαίνεται να υπάρχουν οι καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης το χειμώνα με ένα ποσοστό 10% να μην αισθάνεται κρύο. Αυτό πολύ πιθανόν να οφείλεται όχι στην καλύτερη κατάσταση των σχολικών κτιρίων στα παράλια αλλά στις ηπιότερες θερμοκρασίες οι οποίες επικρατούν στις παράλιες περιοχές της Κύπρου. Στην ενδοχώρα ποσοστό 58% αισθάνεται λίγο κρύο και ποσοστό 42% πολύ κρύο. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την ανεπάρκεια των συστημάτων θέρμανσης, τα οποία παρόλο που καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας αδυνατούν να παρέχουν το αίσθημα ευφορίας στους χρήστες των κτιρίων.



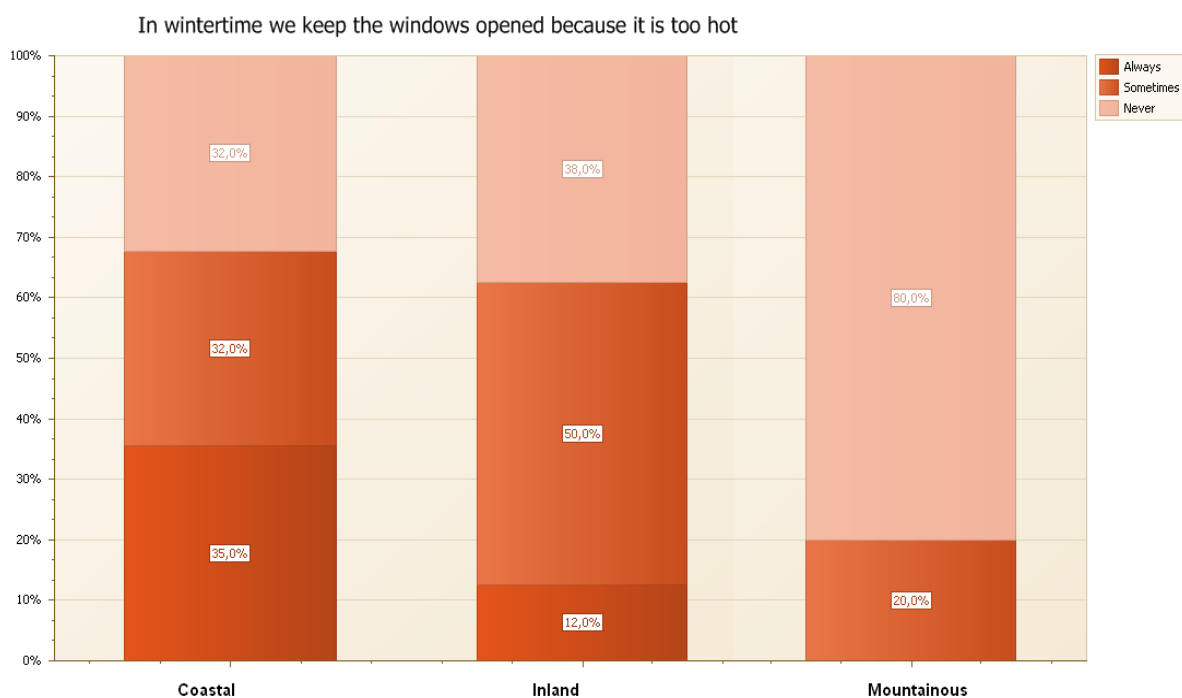
Διάγραμμα 47: Θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χειμώνα στα σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο ερωτήματα τα οποία ουσιαστικά θέλουν να επιβεβαιώσουν την εγκυρότητα των απαντήσεων αλλά και να καταδείξουν το κατά πόσο γίνεται υπερβολική ή αχρειαστή χρήση των συστημάτων θέρμανσης το χειμώνα. Τα ερωτήματα κινούνται γύρω από τον ίδιο άξονα. Βασικό ερώτημα το εάν το χειμώνα υπάρχουν πολύ ψηλές θερμοκρασίες εντός των κτιρίων έτσι ώστε να χρειάζεται είτε οι μαθητές να είναι ντυμένοι με τις καλοκαιρινές τους μπλούζες είτε αναγκάζονται να ανοίγουν τα παράθυρα. Οι ψηλές θερμοκρασίες το χειμώνα μπορεί να προέρχονται είτε από ακραία καιρικά φαινόμενα που παρουσιάζουν καλοκαιρινές συνθήκες μερικές μέρες του χειμώνα είτε όπως συμβαίνει συχνότερα επειδή τα συστήματα θέρμανσης λειτουργούν σε θερμοκρασίες πιο υψηλές από τα επίπεδα άνεσης.

Όπως παρουσιάζεται από τις απαντήσεις των μαθητών στα ορεινά ποτέ δεν μένουν οι μαθητές με τις καλοκαιρινές τους μπλούζες λόγω ζέστης το χειμώνα, αλλά αναγκάζονται μερικές φορές να διατηρήσουν ανοικτά τα παράθυρα για να δημιουργηθούν συνθήκες άνεσης. Στα παράλια το πρόβλημα φαίνεται να είναι εντονότερο γιατί ποσοστό 25% δηλώνει ότι μερικές έως πολλές φορές αναγκάζεται να μείνει με την καλοκαιρινή του ενδυμασία λόγω αυξημένων θερμοκρασιών.



Διάγραμμα 48: Τι ποσοστό μαθητών αισθάνεται ζέστη κατά τη διάρκεια του χειμώνα στις τρεις κλιματικές περιοχές



Διάγραμμα 49: Ποσοστά πολύ ζεστών ημερών κατά τη διάρκεια του χειμώνα στις τρεις κλιματικές περιοχές

Σε ενδοχώρα και παράλια πολύ αυξημένα είναι και τα ποσοστά των μαθητών που δηλώνουν ότι απαιτείται το άνοιγμα των παραθύρων για μείωση της ζέστης εντός των αιθουσών.

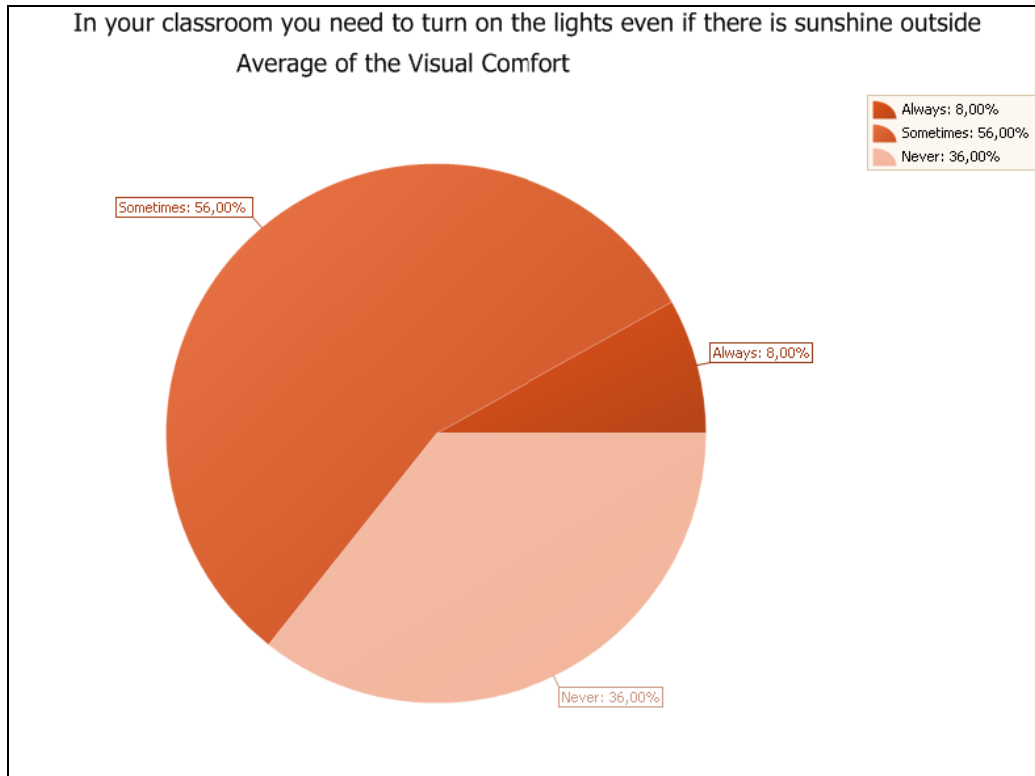
Ποσοστό μαθητών 62% και 67% αντίστοιχα, λένε ότι μερικές έως πολλές φορές τα παράθυρα παραμένουν ανοικτά έτσι ώστε να μειώνεται η ζέστη εντός των κτιρίων. Αυτό το γεγονός οφείλεται κυρίως στη λανθασμένη χρήση των συστημάτων θέρμανσης στα σχολικά κτίρια. Ρυθμίζονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, από το κεντρικό διακόπτη πολλές φορές χωρίς να υπολογίζονται τα εσωτερικά κέρδη εντός των αιθουσών ή τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία λόγω προσανατολισμού. Έτσι καταναλώνονται τεράστια ποσά ενέργειας τα οποία είναι αχρείαστα, χωρίς κανένα κέρδος εσωτερικής άνεσης. Επίσης με ανοικτά παράθυρα οι μαθητές που κάθονται κοντά σε αυτά νιώθουν δυσφορία λόγω κρύου. Κλείνοντας το υποκεφάλαιο της θερμικής άνεσης το συμπέρασμα που αποκομίζεται από την έρευνα είναι ότι σε καμία κλιματική περιοχή και σε καμία περίοδο του χρόνου δεν υπάρχουν ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης εντός των σχολικών κτιρίων. Η απουσία θερμικής θωράκισης των κτιρίων καθώς και η μη υιοθέτηση παθητικών τεχνικών θέρμανσης και δροσισμού επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα. Αρνητικά αποτελέσματα όπως διαφαίνεται επιφέρει και η λανθασμένη χρήση των συστημάτων θέρμανσης το χειμώνα και ίσως θα έπρεπε στη συνέχεια να εξεταστεί ένα είδος αυτοματοποίησης των συστημάτων για καλύτερο έλεγχο της κατάστασης.

5.2.1.3 Οπτική άνεση

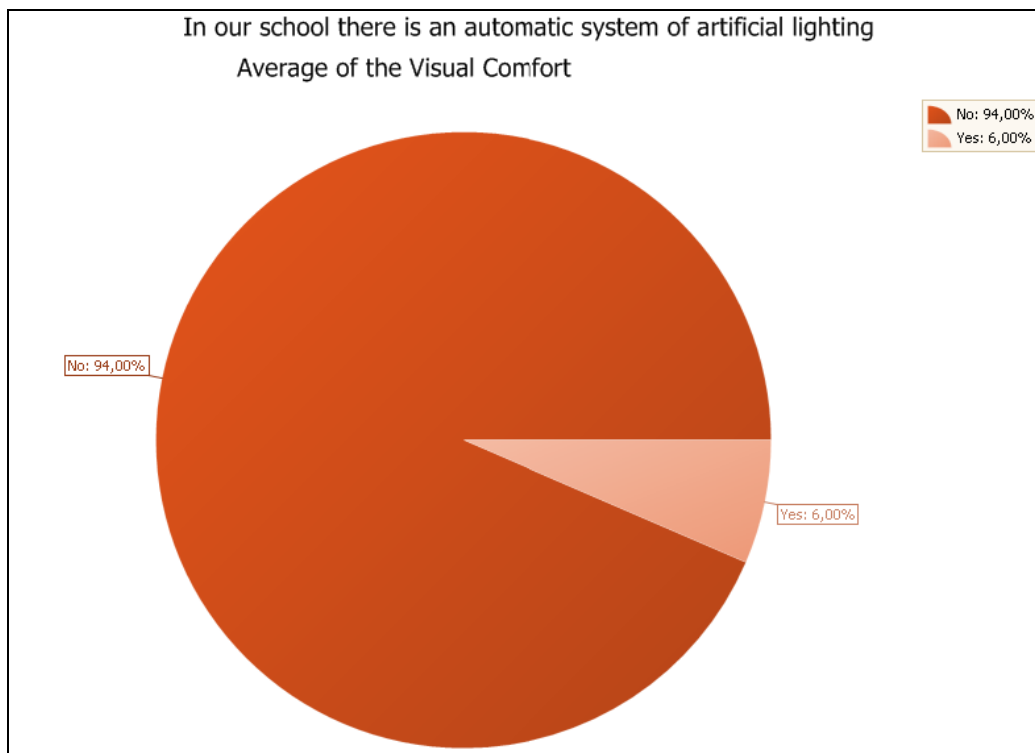
Οπτική άνεση είναι η ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει οτιδήποτε βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και την ακρίβεια της αντίληψης του. Η οπτική άνεση εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της συνθήκες φωτισμού ενός χώρου. Όταν υπάρχει ανεπαρκής φωτισμός ή το φαινόμενο της θάμβωσης (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Όσον αφορά στην οπτική άνεση, η ικανότητα του οφθαλμού να προσαρμόζεται στις αλλαγές στάθμης και στο χαρακτήρα του φωτισμού είναι πολύ σημαντική για τον μελετητή του φωτισμού. Εφαρμόζεται εμπειρικά ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στην αλλαγή από το ζωηρό φυσικό φως της υπαίθρου, σε ένα χώρο με τεχνητό φωτισμό, αρκεί η στάθμη του τεχνητού φωτισμού (η ποσότητα του δηλαδή) να είναι το ένα εκατοστό (ή περισσότερο) από την στάθμη του εξωτερικού φωτισμού. Το μέγεθος προσδιορίζεται από την ανάγκη του οφθαλμού να προσαρμοστεί όχι μόνο στην αλλαγή της στάθμης λαμπρότητας, αλλά επίσης στην αλλαγή στον χαρακτήρα του φωτός.

Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους απαιτείται να υπάρχει επαρκής ποσότητα φωτισμού (στάθμη φωτισμού) και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Η επάρκεια αλλά και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα [14,15,16]. Η οπτική άνεση είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στα σχολικά κτίρια αφού επηρεάζει άμεσα την απόδοση των μαθητών. Αν οι μαθητές δεν έχουν την κατάλληλη οπτική άνεση αδυνατούν να παρακολουθήσουν τον πίνακα διδασκαλίας με αποτέλεσμα να μειώνεται η επίδοση τους. Επίσης η ορθή διαχείριση του φωτισμού (φυσικού και τεχνητού) επηρεάζει άμεσα τις ενεργειακές καταναλώσεις. Όπως φάνηκε στην ενεργειακή επιθεώρηση των πιλοτικών σχολείων ποσοστά 11% έως 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης αφορούν το φωτισμό. Για τον προαναφερθέντα λόγο διερευνάται η συχνότητα χρήσης τεχνητού φωτισμού στα σχολεία και οι λόγοι που ωθούν καθηγητές και μαθητές στη χρήση αυτή και όχι την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συχνότητα λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας όταν στο εξωτερικό περιβάλλον υπάρχει ηλιοφάνεια (Διαγρ. 50). Το 64% των μαθητών δήλωσε ότι μερικές φορές έως πάντα είναι σε λειτουργία ο τεχνητός φωτισμός στις αίθουσες διδασκαλίας έστω και αν είναι μια ηλιόλουστη μέρα η οποία προσφέρει άπλετο φυσικό φωτισμό. Αυτό καταδεικνύει μια σπατάλη ηλεκτρικού ρεύματος αν αναλογιστεί κανείς ότι τα σχολεία λειτουργούν σε ημερήσια βάση, άρα θα μπορούσαν να αξιοποιούν το φυσικό φωτισμό. Ένα άλλο πρόβλημα που υπεισέρχεται είναι αυτό της θάμβωσης. Πολλές φορές σε μια ηλιόλουστη μέρα, δημιουργείται θάμβωσης στον πίνακα διδασκαλίας. Έτσι οι καθηγητές προτιμούν να αποφύγουν το φυσικό φωτισμό με το κλείσιμο των κουρτινών και να χρησιμοποιήσουν τον τεχνητό φωτισμό. Αυτό το πρόβλημα προέρχεται από λάθος ή κυρίως καθόλου μελέτες για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού πριν από την κατασκευή των σχολικών κτιρίων, με αποτέλεσμα λόγω ουσιαστικών δυσκολιών να μην μπορεί να αξιοποιηθεί σχεδόν καθόλου.



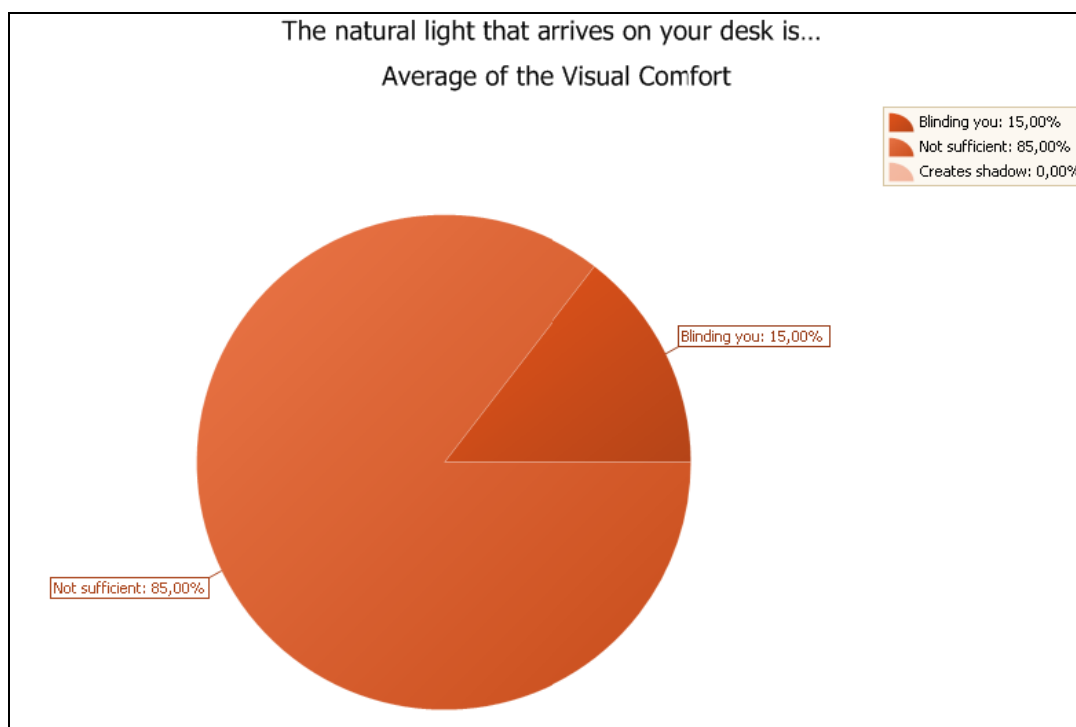
Διάγραμμα 50: Συχνότητα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού σε μέρες με επαρκή ηλιοφάνεια στον εξωτερικό χώρο



Διάγραμμα 51: Κατά πόσο υπάρχει αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού στα πιλοτικά σχολεία

Στο διάγραμμα 51 παρουσιάζεται το ποσοστό των αυτοματισμών φωτισμού στα εννιά πιλοτικά σχολεία. Στην Κύπρο τα αυτοματοποιημένα συστήματα δεν συνηθίζονται στα σχολικά κτίρια. Έχουν τοποθετηθεί κυρίως σε πειραματική βάση σε ορισμένους χώρους καινούργιων σχολείων (διάδρομοι διακίνησης, τουαλέτες) έτσι ώστε να διαφανεί ή όχι η χρησιμότητα τους.

Το διάγραμμα 52 επαληθεύει τις υποθέσεις που έγιναν πιο πριν για τον κακής ποιότητας φυσικό φωτισμό που υπάρχει στις σχολικές αίθουσες. Ποσοστό 85% των μαθητών απάντησε ότι ο φυσικός φωτισμός που φθάνει στο θρανίο τους δεν είναι ικανοποιητικός και το υπόλοιπο 15% δήλωσε ότι ο φυσικός φωτισμός που φθάνει στο θρανίο τους τυφλώνει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να εργαστούν με φυσικό φωτισμό, έτσι αναγκάζονται να τον αποκόψουν. Με την αποκοπή του φυσικού φωτισμού οι αίθουσες σκοτεινιάζουν και δημιουργείται άμεσα η ανάγκη του τεχνητού φωτισμού.

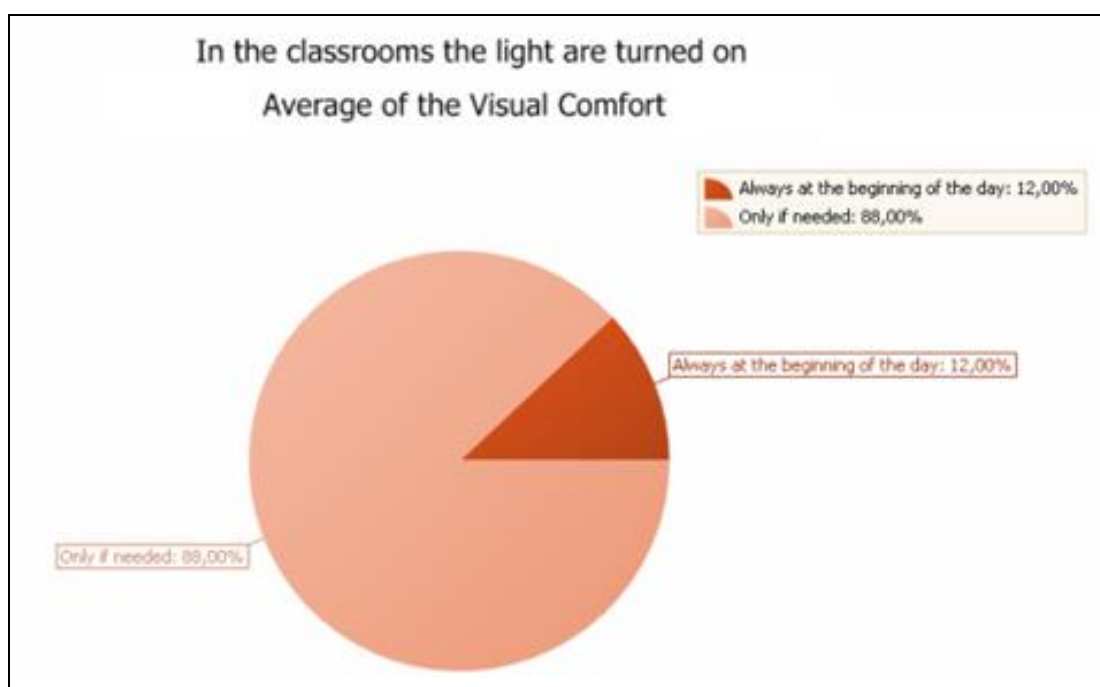


Διάγραμμα 52: Κατά πόσο είναι ικανοποιητικός ο φυσικός φωτισμός που φθάνει στο θρανίο των μαθητών

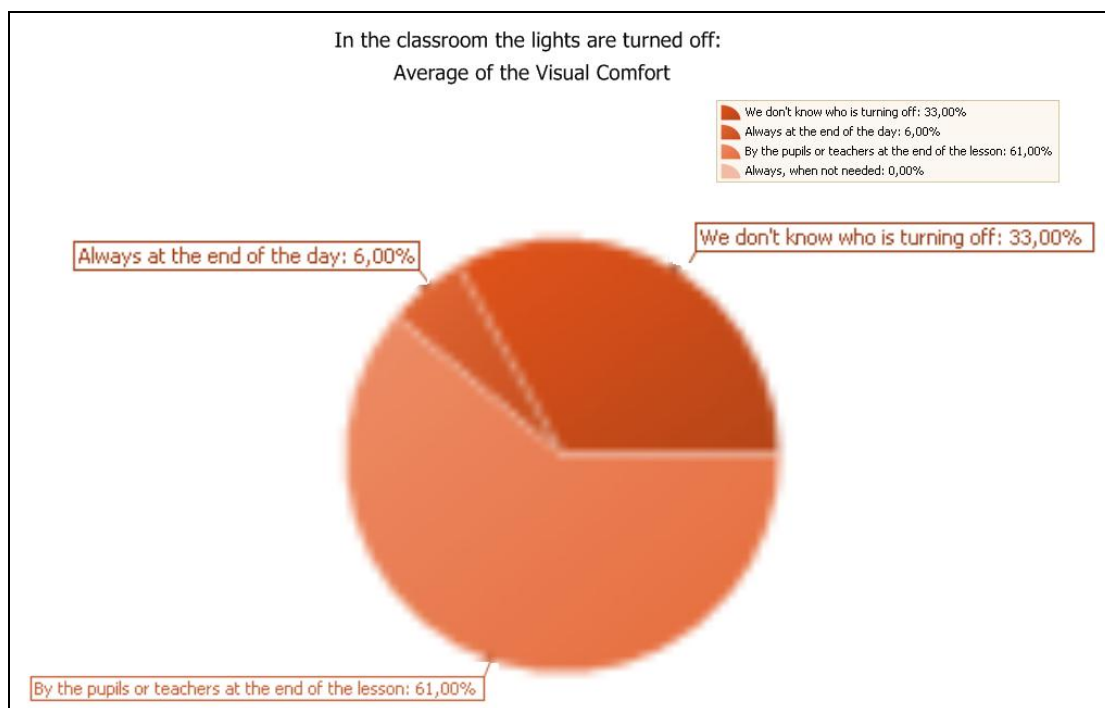
Τα δύο τελευταία γραφήματα του υποκεφαλαίου της οπτικής άνεσης δημιουργήθηκαν για να καταδείξουν κατά πόσον η συνήθεια επηρεάζει καθηγητές και μαθητές στη λανθασμένη χρήση του φωτισμού. Έχουν δομηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διαφανεί το πότε ανάβουν και πότε σβήνουν τα φώτα στα σχολικά κτίρια.

Η πρώτη ερώτηση αφορά την έναρξη της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και διαφαίνεται ότι σε μεγάλο βαθμό ανάβουν μόνο όταν υπάρχει η ανάγκη του τεχνητού φωτισμού (Διάγρ. 53). Μόνο ένα μικρό σχετικά ποσοστό του 12% απάντησε ότι τα φώτα είναι αναμμένα, ανεξαρτήτως από το αν χρειάζεται ή όχι, από την αρχή της μέρας.

Στη συνέχεια η ερώτηση διαφοροποιήθηκε ελαφρώς και αφορά το σβήσιμο του φωτισμού όπου και προστέθηκε η υποαπάντηση «δεν γνωρίζουμε ποιος σβήνει τα φώτα» (Διάγρ. 54). Ποσοστό 67% απαντά ότι τα φώτα σβήνουν στο τέλος της σχολικής μέρας, ανεξαρτήτως αν γνωρίζουν ή όχι ποιος τα σβήνει. Το υπόλοιπο 33% δηλώνει ότι δεν γνωρίζει ποιος κλείνει τα φώτα άρα ουσιαστικά δεν γνωρίζει ούτε πότε κλείνουν τα φώτα. Αξιοσημείωτο είναι το ότι κανένας δεν επέλεξε την υποαπάντηση «Σβήνουν πάντα, όταν δεν χρειάζονται», γεγονός που δείχνει ότι εάν λειτουργήσει ο τεχνητός φωτισμός κάποια στιγμή της μέρας, τότε αυτός δεν απενεργοποιείται παρά μόνο όταν θα λήξει η σχολική μέρα. Ο φωτισμός ασχέτως με το αν είναι απαραίτητος ή όχι λειτουργεί συνεχόμενα, πολλές φορές ακόμα και τα διαλλείματα. Αυτό υποδεικνύει μια κακή συνήθεια των χρηστών ή ίσως μια αδιαφορία. Ένας στους τρεις μαθητές έχει δηλώσει ότι δεν γνωρίζει καν ποιος σβήνει τα φώτα άρα το σβήσιμο του φωτισμού δεν πραγματοποιείται όση ώρα είναι οι μαθητές στο σχολείο. Σε αυτή την περίπτωση μάλλον τα φώτα απενεργοποιούνται από το βοηθητικό προσωπικό (καθαρίστριες, συντηρητές) μετά το πέρας των μαθημάτων, άρα λειτουργούν άσκοπα και αχρείαστα για μεγάλο χρονικό διάστημα που οι αίθουσες διδασκαλίας είναι κενές.



Διάγραμμα 53: Πότε ανάβουν τα τεχνητά φώτα στα πιλοτικά σχολεία



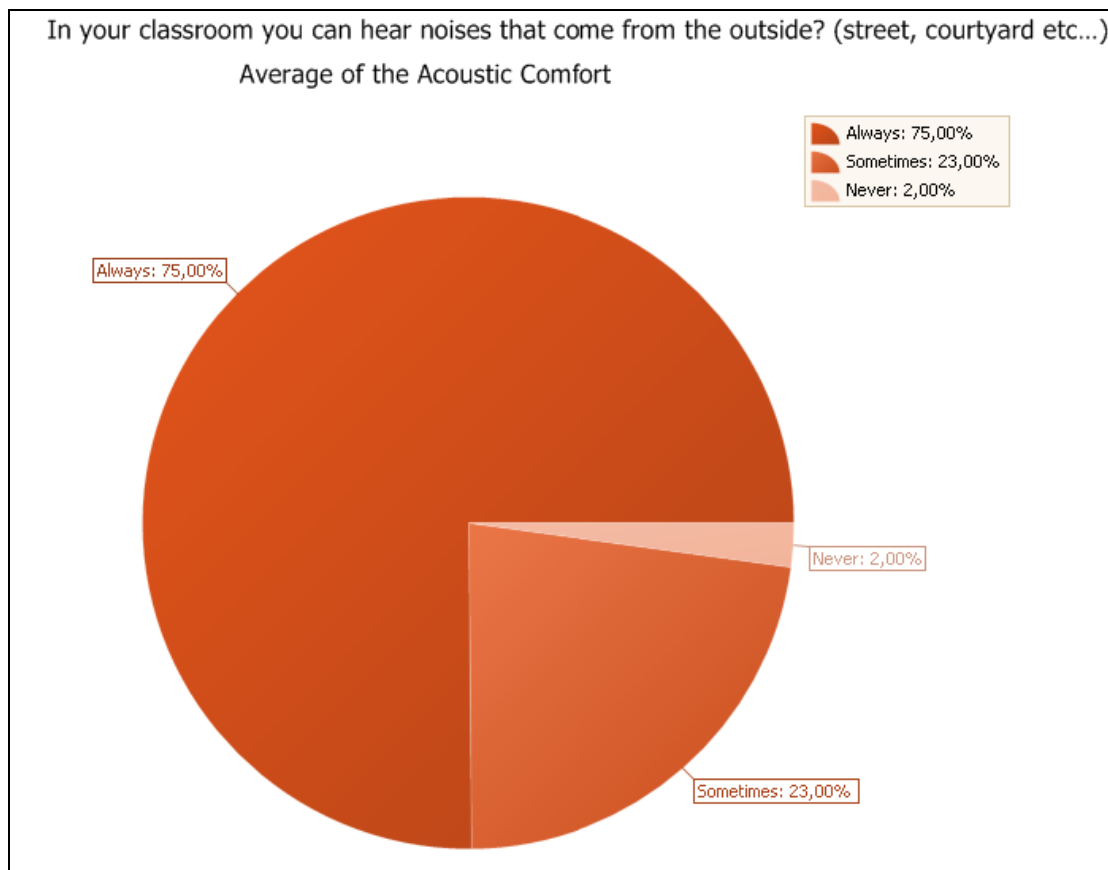
Διάγραμμα 54: Πότε σβήνουν τα φώτα στα πιλοτικά σχολεία

5.2.1.4 Ακουστική άνεση

Η ακουστική άνεση ενός κτιρίου είναι η ικανότητά του να προστατεύει τους ενοίκους του από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για διαμονή ή για διάφορες δραστηριότητες. Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από ένα σύνολο ηχητικών παραμέτρων, που αφορούν την ηχομόνωση και ηχοπροστασία του χώρου από τον αερόφερτο ήχο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, τον κτυπογενή ήχο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους και τον αερόφερτο ήχο που παράγεται από κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου [17]. Στα σχολεία η ακουστική άνεση είναι επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας. Αν οι μαθητές δεν έχουν την απαραίτητη ησυχία τότε δύσκολα συγκεντρώνονται και δεν παρακολουθούν τη διδασκαλία. Η μη επαρκής ηχομόνωση επηρεάζει πολλές φορές την ακουστική στις αίθουσες διδασκαλίας και αποσπά την προσοχή των μαθητών.

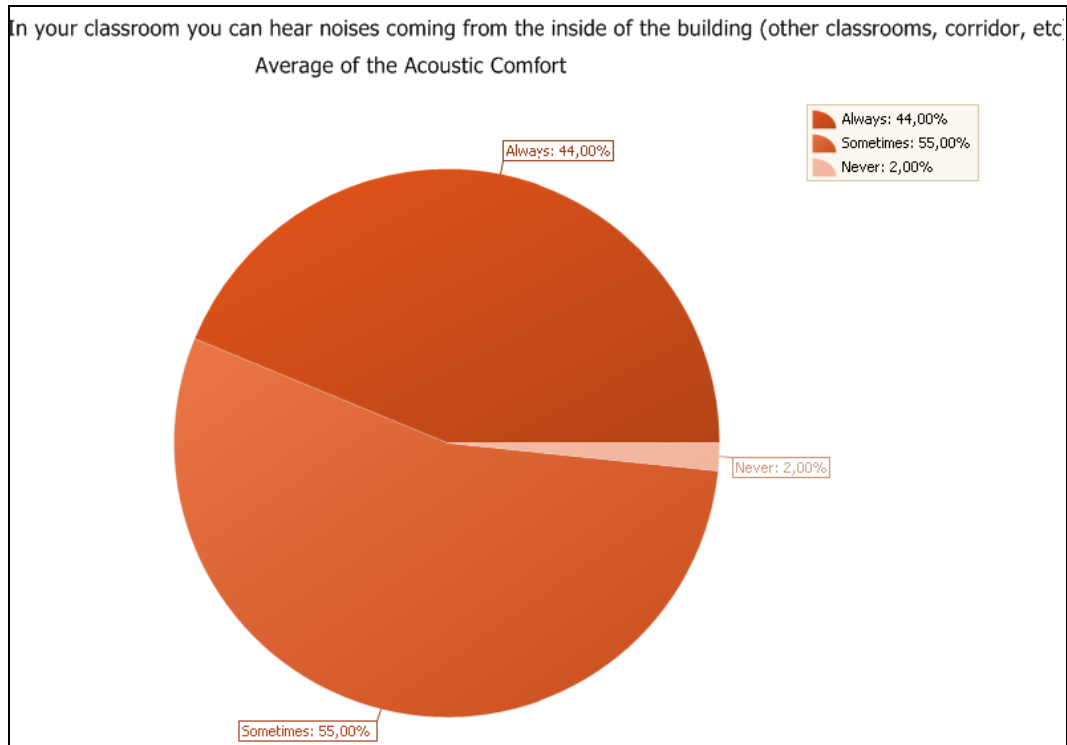
Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συχνότητα με την οποία επηρεάζουν οι εξωτερικοί ήχοι, δηλαδή αυτοί που προέρχονται έκτος του σχολικού συγκροτήματος (δρόμοι, γειτονιά κ.τ.λ.), τους μαθητές στις αίθουσες διδασκαλίας (Διάγρ. 55). Μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό 2% δηλώνει ότι δεν επηρεάζεται ποτέ από τους εξωτερικούς θορύβους. Όλοι οι άλλοι μαθητές απαντούν ότι κάποτε έως πάντοτε ακούνε τους εξωτερικούς θορύβους. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τα προβλήματα ηχομόνωσης που υπάρχουν. Επίσης τα περισσότερα

σχολεία κυρίως των αστικών κέντρων είναι κτισμένα σε πολυσύχναστες περιοχές και πολλές φορές παραπλήσια μεγάλων αυτοκινητοδρόμων με αυξημένη κίνηση και θόρυβο.

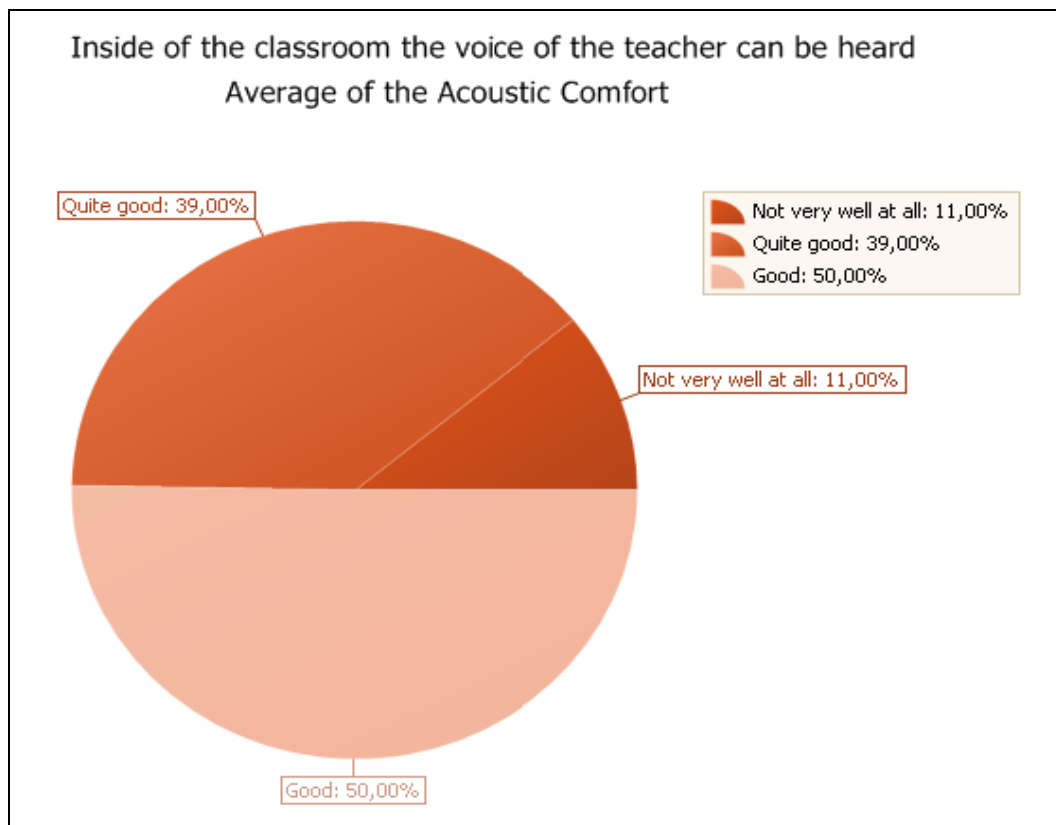


Διάγραμμα 55: Πόσο συχνά ακούγονται εξωτερικοί θόρυβοι (εκτός σχολείου) στις αίθουσες διδασκαλίας

Περιγράφεται κατά πόσον ακούγονται εντός των αιθουσών διδασκαλίας οι εξωτερικοί θόρυβοι που προέρχονται από το εσωτερικό των σχολείων δηλαδή από διπλανές αίθουσες διδασκαλίας, διάδρομο κ.τ.λ (Διάγρ.56). Και πάλι μόνο ένα ποσοστό 2% απαντά ότι δεν ακούει ποτέ θόρυβο. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι περισσότεροι μαθητές επηρεάζονται πιο συχνά από τους ήχους που προέρχονται εκτός των σχολείων παρά από τους εσωτερικούς. Αυτό δείχνει ότι τα υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης που προέρχονται από τον εξωτερικό χώρο υπερκαλύπτουν τους θορύβους από το εσωτερικό του κτιρίου.



Διάγραμμα 56: Πόσο συχνά ακούγονται εξωτερικοί θόρυβοι (εντός σχολείου) στις αίθουσες διδασκαλίας

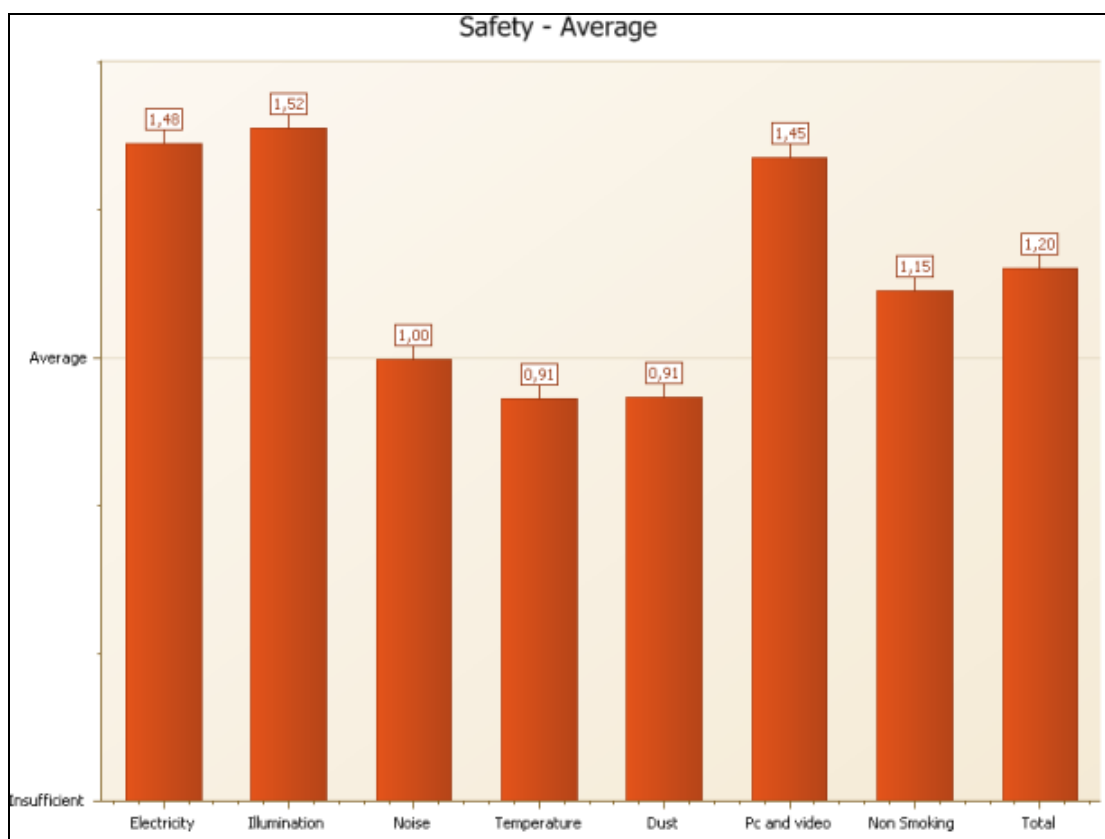


Διάγραμμα 57: Πόσο καλά ακούγεται ο καθηγητής στην αίθουσα διδασκαλίας

Παρουσιάζονται επίσης τα επίπεδα ηχητικής ικανοποίησης εντός των αιθουσών διδασκαλίας (Διάγρ. 57). Οι μαθητές δηλώνουν πόσο ικανοποιητικά ακούνε τον καθηγητή τους. Οι περισσότεροι μαθητές, εννέα στους δέκα, είναι αρκετά ικανοποιημένοι γεγονός που δείχνει ότι ναι μεν ακούνε τους εξωτερικούς ήχους αλλά δεν είναι τόσο έντονοι ώστε να υπερκαλύπτουν τη φωνή του καθηγητή τους.

5.2.1.5 Ασφάλεια και υγεία

Το κεφάλαιο ασφάλειας και υγείας στα κτίρια αφορά παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν την ασφάλεια που νιώθουν οι χρήστες μέσα στα κτίρια. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν την εσωτερική άνεση και αφορούν θέματα όπως τα επίπεδα σκόνης στην ατμόσφαιρα, ο καπνός, ο θόρυβος κ.α. Εξετάζονται σε αυτό το τμήμα οι παράμετροι από μια άλλη οπτική γωνία. Αυτή του κατά πόσο μπορούν να επηρεάσουν το αίσθημα ασφάλειας και την υγεία των χρηστών ενός κτιρίου. Είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι τάσεις και οι απόψεις των ερωτηθέντων σε αυτά τα θέματα γι' αυτό και περιορίζεται η ανάλυση στο μέσο όρο των παραμέτρων.



Διάγραμμα 58: Μέσος όρος παραμέτρων που επηρεάζουν την ασφάλεια και υγεία των μαθητών

Σημασία θα πρέπει να δοθεί στις δηλώσεις των μαθητών για τα επίπεδα σκόνης στην ατμόσφαιρα. Η ατμοσφαιρική σκόνη αποτελείται από λεπτά στερεά σωματίδια μέσα στον αέρα και επηρεάζει την ακτινοβολία της ατμόσφαιρας, προκαλώντας αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες με επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και τον άνθρωπο γι' αυτό το λόγο και είναι πολύ σημαντική κυρίως στους χώρους διδασκαλίας όπου βρίσκονται καθημερινά νεαρά παιδιά.

Παρουσιάζεται ο μέσος όρος των παραμέτρων ασφάλειας και υγείας στα σχολικά συγκροτήματα (Διάγρ. 58). Ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι τα θέματα ήχου, θερμοκρασίας και σκόνης στην ατμόσφαιρα παρουσιάζουν ικανοποίηση κάτω του μετρίου ή στην καλύτερη περίπτωση μέτρια. Αυτοί οι τρεις παράγοντες επηρεάζουν άμεσα στην ποιότητα εσωτερικής άνεσης στα κτίρια. Τα θέματα ήχου και θερμοκρασίας έχουν ήδη εξετασθεί πιο διεξοδικά σε προηγούμενα μέρη του κεφαλαίου και δεν έχουν δοθεί ικανοποιητικά αποτελέσματα, γεγονός που επαληθεύεται και με αυτό το διάγραμμα και διασφαλίζεται η εγκυρότητα των απαντήσεων των μαθητών. Η ποιότητα του αέρα όμως δεν έχει μελετηθεί και σε αυτό το στάδιο φαίνεται ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα κυρίως σκόνης και αιωρούμενων σωματιδίων. Το θέμα της εσωτερικής ποιότητας του αέρα είναι ένα ευρύ φάσμα έρευνας το οποίο αναμένεται να εξεταστεί ενδελεχώς σε μελλοντικές έρευνες. Στο παρόν στάδιο γίνεται μια εισαγωγική αναφορά με πολύ συγκεκριμένες και μικρές σε εμβέλεια καταγραφές μέσω των ερωτηματολογίων.

5.2.1.6 Ψυχική και σωματική ευεξία

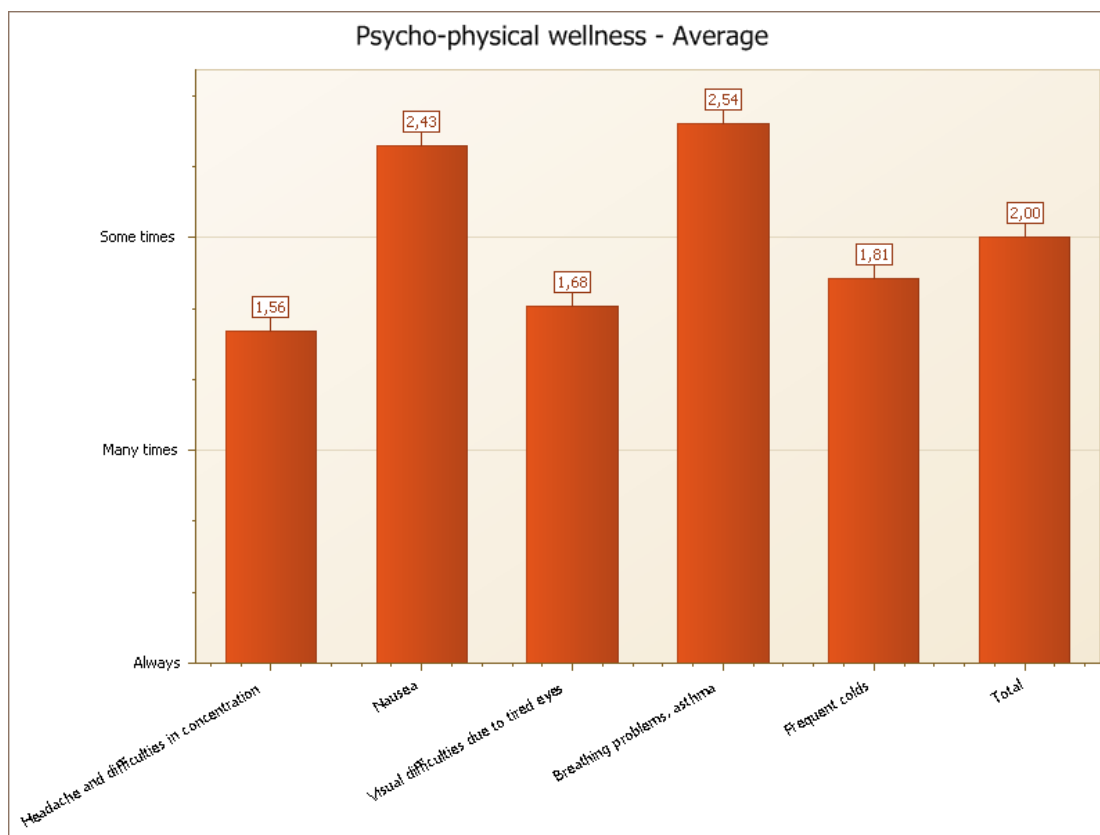
Η ψυχοσωματική ευεξία φαίνεται να επηρεάζεται από το περιβάλλον των εσωτερικών χώρων. Πολλά συμπτώματα που μπορεί να προκληθούν από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων περιγράφονται στο σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου (SBS-Sick Building Syndrome) [18,19]. Ως άρρωστα κτίρια χαρακτηρίζονται τα νεόκτιστα κτίρια που προορίζονται για να στεγάσουν υπηρεσίες ή κατοικίες και παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης». «Εσωτερική ρύπανση» θεωρείται η κακή ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων. Ο όρος «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» χρησιμοποιείται για να εκφράσει την κακή κατάσταση της υγείας τουλάχιστον ποσοστού 50% των ενοίκων, η οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα ενοχλήματα που αποδίδονται αποκλειστικά και μόνο στην εσωτερική ρύπανση του αέρα του κτιρίου. Τα κυριότερα συμπτώματα που παρουσιάζουν οι ένοικοι κατά την παραμονή τους σ' ένα άρρωστο κτίριο είναι:

- η δύσπνοια
- ο ξηρός βήχας
- ο πονόλαιμος
- το βράχνιασμα
- η ρινόρροια
- η δακρύρροια
- το φτάρνισμα
- ερεθισμός του δέρματος (εξανθήματα)
- οι πονοκέφαλοι
- οι ζαλάδες
- η ναυτία
- η πνευματική κόπωση και σύγχυση
- η σωματική κόπωση
- ο λήθαργος
- οι πεπτικές διαταραχές

Το σχολείο είναι ένα περιβάλλον στο οποίο παιδιά και έφηβοι περνάνε τις περισσότερες ενεργητικές ώρες της μέρας και υπάρχουν ενδείξεις ότι η ποιότητα του εσωτερικού αέρα (IAQ) στα σχολικά κτίρια μπορεί να επηρεάσει την υγεία τους [20]. Γι' αυτό το λόγο, παρόλο που δεν σχετίζεται η ψυχοσωματική ευεξία των μαθητών με την ενεργειακή απόδοση, προστέθηκε αναφορικά ένα μικρό κομμάτι στο ερωτηματολόγιο. Η εσωτερική ποιότητα αέρα, η οποία επηρεάζεται από τη θερμική άνεση, επηρεάζει τη συγκέντρωση των μαθητών αλλά και την πνευματική τους διαύγεια. Το γεγονός αυτό έμμεσα επηρεάζει και τη συμπεριφορά των μαθητών. Σε ένα «άρρωστο» περιβάλλον είναι πολύ δυσκολότερο να ευδοκιμήσουν νέες πρακτικές και να υιοθετηθούν καινοτόμες ιδέες που θα βοηθήσουν και στην ενεργειακή εξοικονόμηση.

Δεν μελετάται σε βάθος αυτός ο τομέας παρουσιάζεται όμως το διάγραμμα με τη συχνότητα εμφάνισης μερικών από τις χαρακτηριστικές ασθένειες που προκαλούνται μέσα από το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου. Οι παθήσεις που εμφανίζονται από μερικές έως πολλές φορές δηλαδή από συχνά έως πολύ συχνά είναι οι πιο ανησυχητικές. Συχνοί πονοκέφαλοι και προβλήματα συγκέντρωσης ταλαιπωρούν πιο συχνά τους μαθητές στα εννιά πιλοτικά σχολεία. Στη συνέχεια οι επικρατέστερες παθήσεις είναι οι δυσκολίες στην όραση που οφείλονται στην κούραση των ματιών. Αυτό προέρχεται από τις κακές συνθήκες οπτικής άνεσης που επικρατούν στις αίθουσες. Για άλλη μια φορά η έρευνα επαληθεύεται και επιβεβαιώνεται μέσα από τα δικά της ερωτήματα γεγονός που αποδεικνύει την ορθή δόμηση του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου. Αρκετά ανησυχητικό είναι και το γεγονός

ότι παρουσιάζονται συχνά κρυολογήματα στους μαθητές. Αυτό πολύ πιθανόν οφείλεται στο κακό θερμικό εσωκλίμα που επικρατεί χειμώνα-καλοκαίρι στις αίθουσες διδασκαλίας.



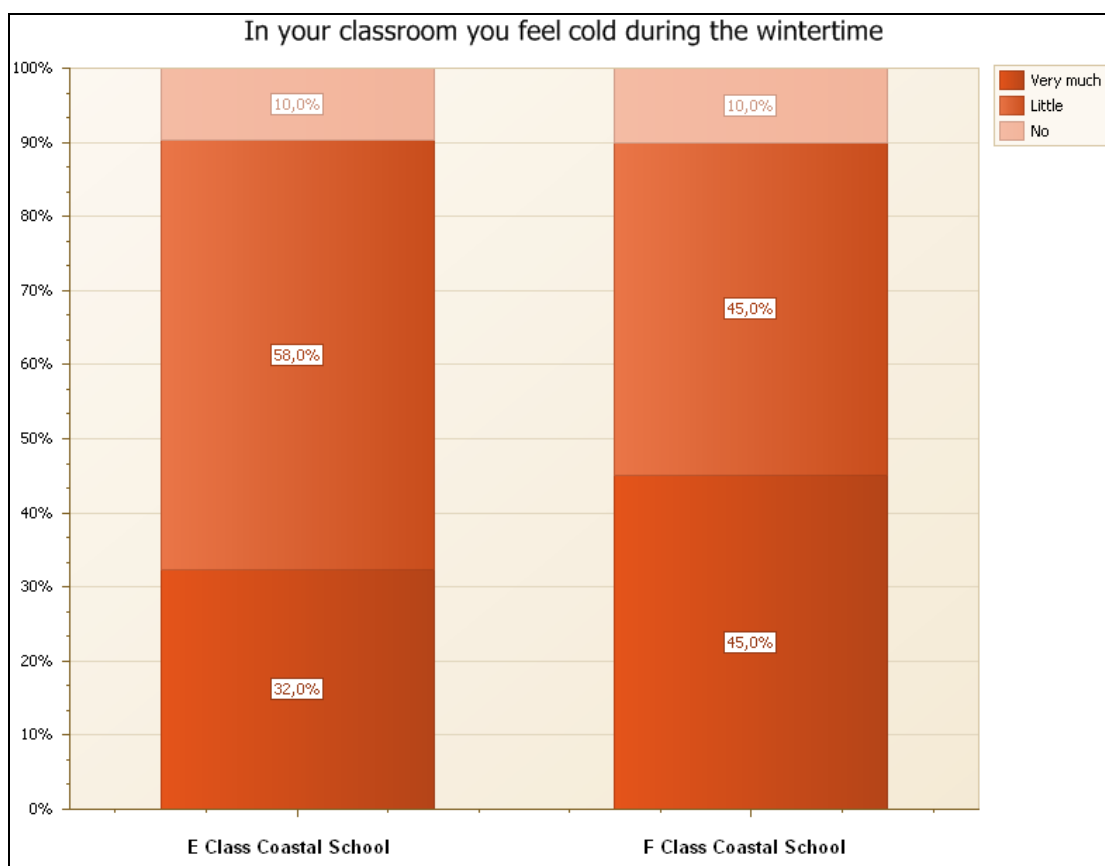
Διάγραμμα 59: Ψυχοσωματική ευεξία μαθητών στα εννιά πιλοτικά σχολεία

5.2.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων εσωτερικής άνεσης με ενεργειακή απόδοση κτιρίων

Σε αυτό το στάδιο κρίθηκε σκόπιμο να γίνει σύγκριση αποτελεσμάτων εσωτερικής άνεσης με την ενεργειακή απόδοση των σχολείων. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ σχολείων σε κοινές κλιματικές περιοχές έτσι ώστε να μην υπεισέρχονται οι παράγοντες του διαφορετικού κλίματος στα γραφήματα αλλά μόνο της διαφορετικής ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η συσχέτιση εσωτερικής άνεσης, κυρίως θερμικής και ενεργειακής απόδοσης είναι απαραίτητη. Τα δύο θέματα είναι άρρηκτα συνυφασμένα. Η ποιότητα του εσωκλίματος είναι πάντα το ζητούμενο. Στόχος είναι η λιγότερη ενεργειακή κατανάλωση με τις καλύτερες όμως συνθήκες εσωτερικής άνεσης. Από μόνη της η πρόταση ίσως να είναι αντιφατική. Πολλές φορές η λύση σε ένα πρόβλημα του ενός θέματος προκαλεί προβλήματα στο άλλο θέμα. Σύνηθες είναι αυτό το φαινόμενο με τα προβλήματα αερισμού. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα εντός των αιθουσών διδασκαλίας αναγκάζει στο άνοιγμα των παραθύρων το χειμώνα, γεγονός που μειώνει άμεσα τις εσωτερικές

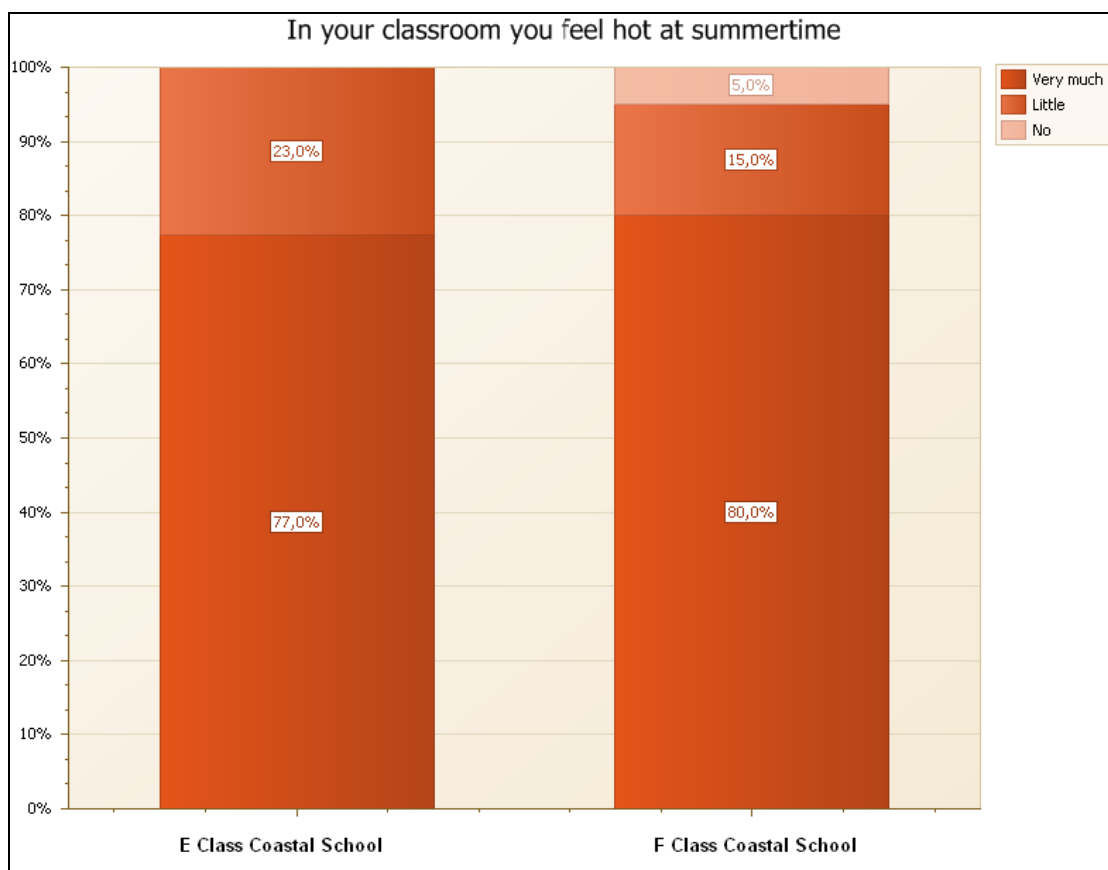
θερμοκρασίες προκαλώντας θερμική δυσφορία και το αντίθετο. Το ζητούμενο σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να υπάρξει ισορροπία και να βρεθεί χρυσή τομή.

Παρουσιάζονται οι διαφορές εσωτερικής άνεσης κατά τη διάρκεια των χειμερινών περιόδων σε δύο σχολεία στις παράλιες περιοχές τα οποία κατατάσσονται σε κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης E και F (Διάγρ. 60). Η κατηγοριοποίηση των δύο σχολείων δεν είναι καλή και καταδεικνύει δύο ενεργοβόρα σχολικά κτίρια. Το ποσοστό των μαθητών που δεν αισθάνονται κρύο κατά τη χειμερινή περίοδο στις αίθουσες διδασκαλίας είναι και στις δύο περιπτώσεις ίδιο και αγγίζει το 10%. Διαφοροποιείται το ποσοστό των μαθητών που αισθάνεται λίγο ή πολύ κρύο. Στο σχολείο ενεργειακής κλάσης E περισσότεροι μαθητές αισθάνονται λίγο κρύο ενώ στις ενεργειακής κλάσης G οι μαθητές που αισθάνονται λίγο κρύο ισούνται με αυτούς που αισθάνονται πολύ κρύο. Αυτό δείχνει μια καλύτερη θερμική άνεση στο σχολείο ενεργειακής κλάσης E, που είτε οφείλεται στην καλύτερη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή στις λιγότερες θερμικές απώλειες του κελύφους του κτιρίου.



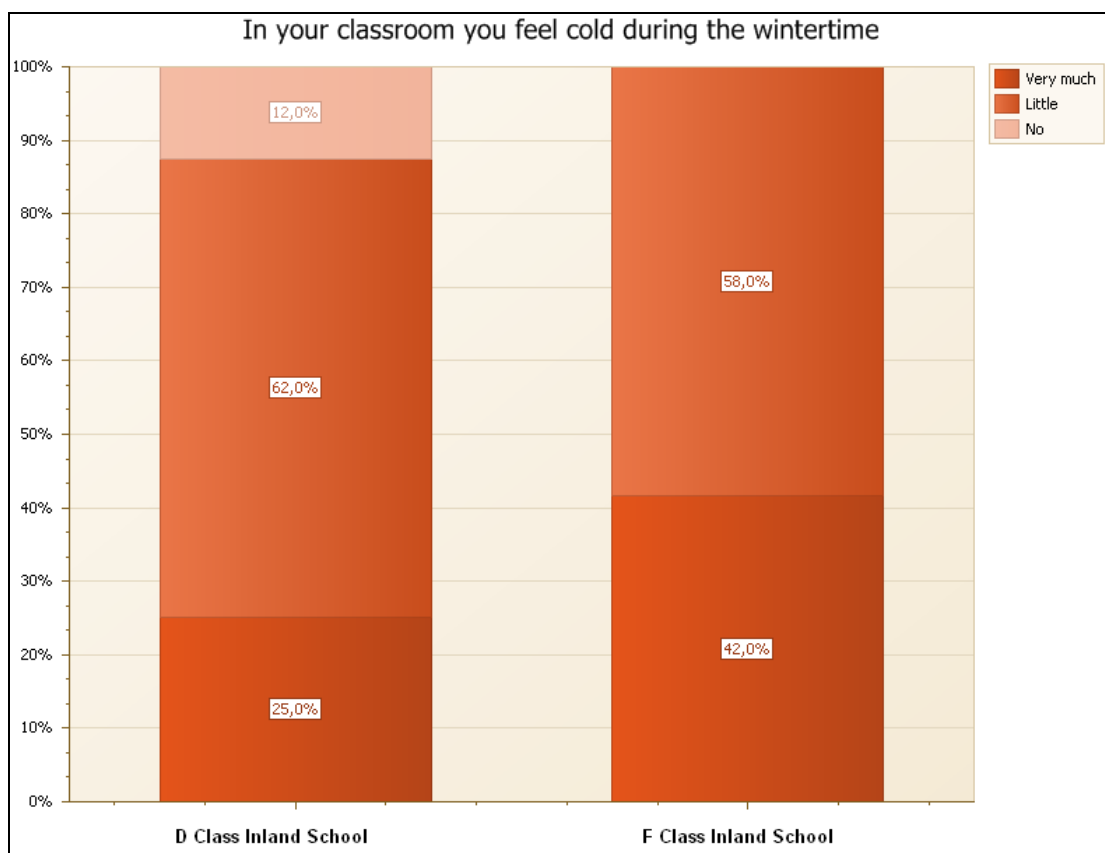
Διάγραμμα 60: Σύγκριση σχολείων στα παράλια ενεργειακής κλάσης E και F κατά τη χειμερινή περίοδο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η άνεση των μαθητών στα ίδια σχολικά κτίρια στα παράλια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Διάγρ. 61). Εδώ αρχικά διαφαίνεται ότι το σχολείο κατηγορίας F έχει καλύτερες εσωτερικές συνθήκες γιατί το 5% των μαθητών δηλώνει ότι δεν αισθάνεται καθόλου ζεστή το καλοκαίρι στις αίθουσες διδασκαλίας. Παρόλα αυτά το ποσοστό των μαθητών που αισθάνεται πολύ ζεστή είναι περισσότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στο σχολείο ενεργειακής κλάσης E. Αυτό το γράφημα παρουσιάζει ουσιαστικά μια πολύ παρόμοια εικόνα και για τα δύο σχολεία. Ενώ τη χειμερινή περίοδο παρουσίαζε διαφορές φαίνεται ότι το καλοκαίρι οι συνθήκες είναι παρόμοιες στα σχολεία. Στο γεγονός αυτό συμβάλει και το ότι δεν υπάρχει σύστημα ψύξης στα σχολεία της Κύπρου και ο δροσισμός επιτυγχάνεται μέσω αερισμού. Κανένα από τα δύο σχολεία δεν φαίνεται να ικανοποιεί τους μαθητές του αφού το μεγαλύτερο ποσοστό δηλώνει ότι αισθάνεται πολύ ζεστή κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η σύγκλιση των αποτελεσμάτων μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι η ενεργειακή κατάταξη των δύο σχολείων βρίσκεται πολύ κοντά.



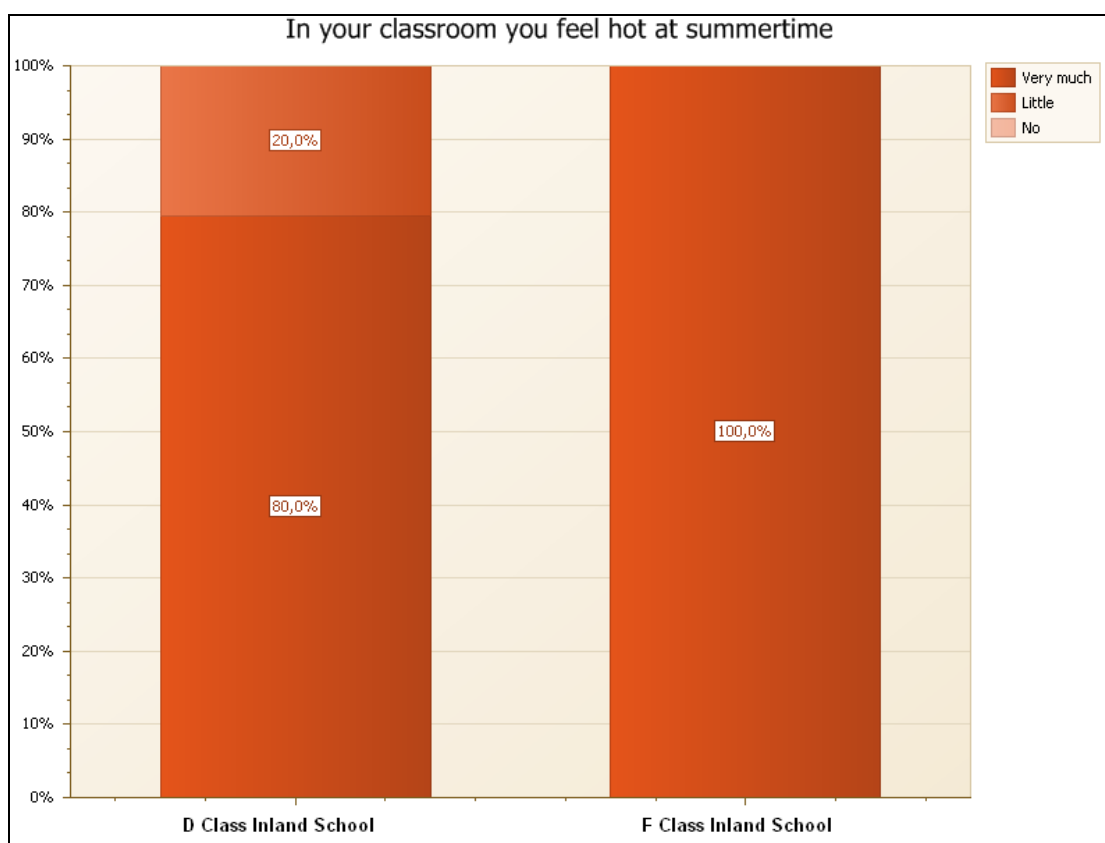
Διάγραμμα 61: Σύγκριση σχολείων στα παράλια ενεργειακής κλάσης E και F κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Στην ενδοχώρα συγκρίνονται σχολεία κατηγορίας D και F. Τα αποτελέσματα σε αυτή την περίπτωση είναι πιο ξεκάθαρα. Σε αυτό συντείνει το γεγονός ότι η ενεργειακή κατάταξη του ενός σχολείου είναι κατά δύο κλάσεις καλύτερη. Επίσης το σχολείο κατηγορίας D κτίστηκε με βιοκλιματικές πρόνοιες και είναι μερικώς θερμομονωμένο. Έτσι στο διάγραμμα 62 τρεις στους τέσσερεις μαθητές του σχολείου ενεργειακής κλάσης D δηλώνουν ότι το χειμώνα αισθάνονται από λίγο έως καθόλου κρύο στις αίθουσες διδασκαλίας. Σε αντίθεση στο σχολείο κατηγορίας F χωρίς καθόλου θερμομόνωση το 42% των μαθητών δηλώνει ότι αισθάνεται πολύ κρύο κατά τη χειμερινή περίοδο και το υπόλοιπο 58% ότι αισθάνεται λίγο κρύο. Είναι πολύ εμφανές σε αυτό το σημείο ότι το σχολείο το οποίο έχει θερμομονωθεί έστω και μερικώς παρουσιάζει πολύ καλύτερες εσωτερικές θερμικές συνθήκες το χειμώνα. Επίσης οι βιοκλιματικές στρατηγικές που υιοθετήθηκαν στο κτίριο φαίνεται να προάγουν της παθητική θέρμανση και να ικανοποιούν σε αρκετά καλό βαθμό τους χρήστες του κτιρίου. Το παράδειγμα αυτό δείχνει ότι αν στα κτίρια υιοθετηθούν όλες οι ενεργειακές και βιοκλιματικές πρακτικές για να πετύχουν την κατηγορία ενεργειακής κλάσης B τότε και το θερμικό εσώκλιμα θα είναι πολύ καλύτερο.



Διάγραμμα 62: Σύγκριση σχολείων στην ενδοχώρα ενεργειακής κλάσης D και F κατά τη χειμερινή περίοδο.

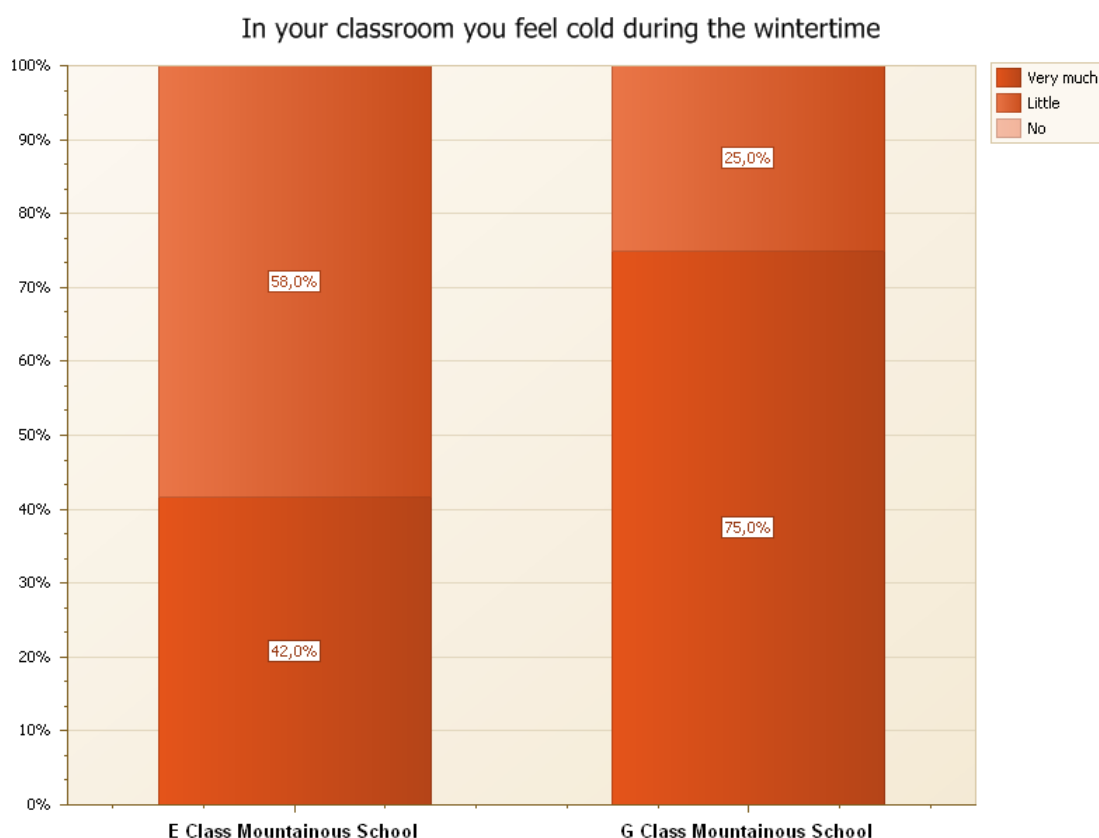
Το καλοκαίρι η διαφορά θερμικής εσωτερικής άνεσης στα δύο σχολεία είναι αισθητή αλλά όχι πολύ μεγάλη (Διάγρ.63). Το σχολείο ενεργειακής κλάσης D παρουσιάζει μια μικρή βελτίωση στις εσωτερικές συνθήκες έτσι ένα 20% χρηστών δηλώνει ότι αισθάνεται λίγη ζέστη. Το υπόλοιπο 80% των μαθητών του σχολείου D δηλώνει ότι αισθάνεται πολύ ζέστη. Το ίδιο συμβαίνει και με τους μαθητές του σχολείου κλάσης F όπου όλοι δηλώνουν δυσφορία και πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Συγκρίνοντας τα γραφήματα 62 και 63 παρατηρείται ότι οι χειμερινές συνθήκες βελτιώνονται με πιο απλές τεχνικές (μερικώς θερμομονωμένο κτίριο), ενώ οι καλοκαιρινές συνθήκες λόγω του ότι είναι πολύ πιο έντονες στο νησί χρειάζονται και πιο πολύπλοκες τεχνικές για να επιτευχθεί η θερμική άνεση. Γίνεται εμφανές μέσα από αυτή τη σύγκριση το ότι στην Κύπρο το εντονότερο πρόβλημα εσωκλίματος που καλούνται όλοι να αντιμετωπίσουν είναι το καλοκαίρι λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο νησί.



Διάγραμμα 63: Σύγκριση σχολείων στην ενδοχώρα ενεργειακής κλάσης D και F κατά την καλοκαιρινή περίοδο

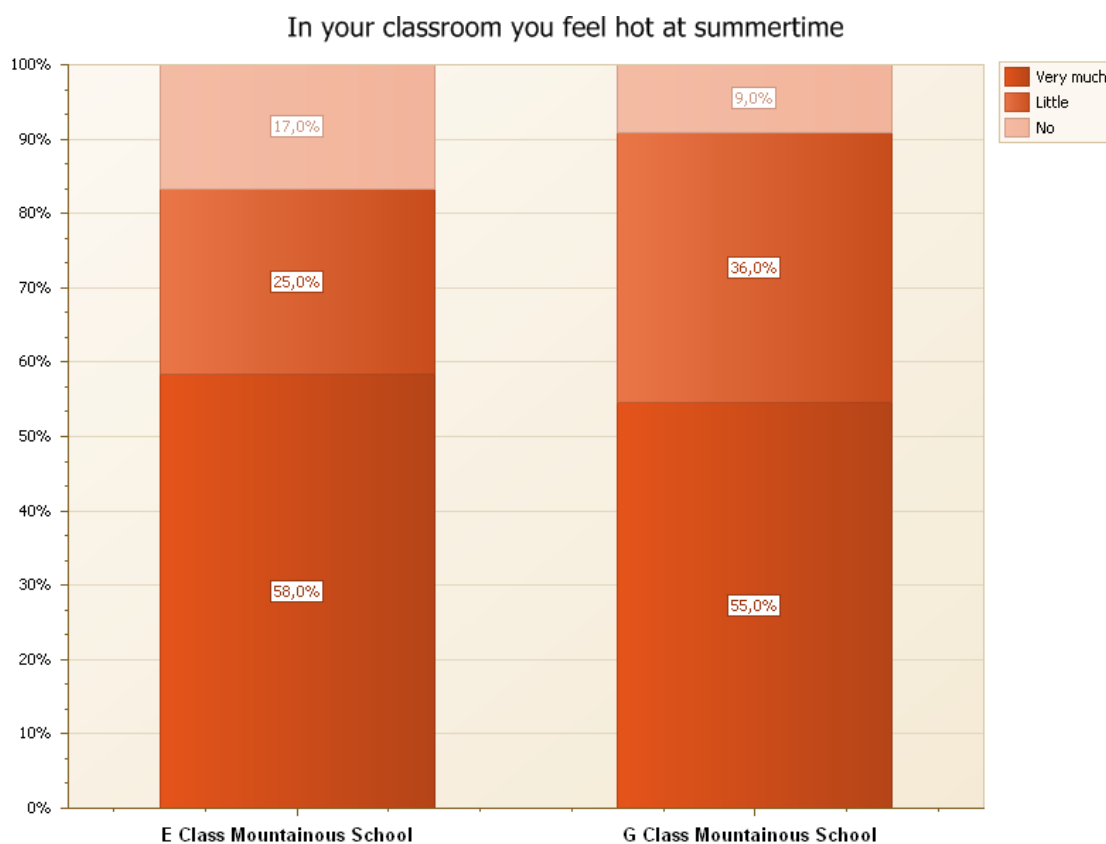
Τέλος, διενεργείται σύγκριση μεταξύ δύο σχολείων στα ορεινά με ενεργειακές κατατάξεις E και G. Και τα δύο σχολικά κτίρια είναι αρκετά ενεργοβόρα αλλά διαφέρουν κατά δύο ενεργειακές κλάσεις. Το χειμώνα η διαφορά στα δύο σχολεία είναι αισθητή. Το σχολείο με

τις λιγότερες καταναλώσεις παρουσιάζει και καλύτερη θερμική άνεση. Ποσοστό 58% αισθάνεται λίγο κρύο και το υπόλοιπο ποσοστό αισθάνεται πολύ κρύο στο σχολείο ενεργειακής κατάταξης E, ενώ στο σχολείο ενεργειακής κλάσης G τρεις στους τέσσερις μαθητές αισθάνονται πολύ κρύο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ήταν αναμενόμενο ότι στα ορεινά με τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και τα αρκετά παλαιά κτίρια στα οποία στεγάζονται τα σχολεία η θερμική άνεση δεν θα ήταν σε καλά επίπεδα. Με δεδομένο ότι τα δύο σχολεία έχουν το ίδιο σύστημα θέρμανσης (κεντρική θέρμανση πετρελαίου), με κοινές αποδόσεις, η διαφοροποίηση καταναλώσεων αλλά και θερμικής άνεσης πρέπει να οφείλεται σε βιοκλιματικές διαφοροποιήσεις. Τέτοιες διαφοροποιήσεις είναι ο προσανατολισμός συνδυασμένος με την παθητική θέρμανση και τα ορθά τοποθετημένα ανοίγματα με μειωμένες θερμικές απώλειες. Στοιχεία που δεν απαιτούν κόστος αλλά μειώνουν τις καταναλώσεις και προσφέρουν καλύτερο θερμικά εσωκλίμα.



Διάγραμμα 64: Σύγκριση σχολείων στα ορεινά ενεργειακής κλάσης E και G κατά τη χειμερινή περίοδο.

Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών οι διαφορές μεταξύ των δύο σχολείων είναι μικρότερες. Το ποσοστό των χρηστών που αισθάνεται έντονη δυσφορία είναι περίπου ίδιο, 58% για το σχολείο ενεργειακής κλάσης E και 55% για το σχολείο ενεργειακής κλάσης G. Το σχολείο E φαίνεται να έχει σχεδόν ένα στους πέντε μαθητές ικανοποιημένους, χωρίς να αισθάνονται ζέστη και ένα στους τέσσερεις που να αισθάνονται λίγη ζέστη. Σε γενικές γραμμές οι μισοί χρήστες θεωρούν ότι οι θερμοκρασίες κυμαίνονται σε ανεκτά επίπεδα ενώ οι άλλοι μισοί νιώθουν μεγάλη δυσφορία. Αυτό το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό για τα σχολεία των ορεινών περιοχών, λόγω των ήπιων καλοκαιρινών θερμοκρασιών που επικρατούν. Παρόλα αυτά διαφαίνεται για άλλη μια φορά ότι το ενεργειακό ισοζύγιο στα σχολικά κτίρια της Κύπρου κλίνει προς τις ανάγκες ψύξης. Η ισορροπημένη θερμική άνεση φαίνεται ότι πιο δύσκολα ικανοποιείται καλοκαίρι και λόγω των εκτεταμένων καλοκαιρινών μηνών το πρόβλημα της ψύξης υπερτερεί αυτού της θέρμανσης τουλάχιστον στις παράλιες περιοχές και τις περιοχές της ενδοχώρας. Ακόμη όμως και στα ορεινά που το πρόβλημα διαφαίνεται μικρότερο το καλοκαίρι θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για θερμική άνεση των μαθητών χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων.



Διάγραμμα 65: Σύγκριση σχολείων στα ορεινά ενεργειακής κλάσης E και G κατά τη καλοκαιρινή περίοδο.

5.2.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Η γενική εικόνα των εννιά πιλοτικών σχολείων κατατάσσεται λίγο ψηλότερα από το μέτριο με τους μαθητές του ιδιωτικού σχολείου να είναι πιο ικανοποιημένοι σε όλους τους τομείς (θερμική, οπτική, ακουστική άνεση κλπ) από τους μαθητές των δημοσίων σχολείων. Επίσης τα καινούργια σχολεία φαίνεται να υπερτερούν σε άνεση των παλιών και κατατάσσονται μεταξύ ικανοποιητικού έως καλού περιβάλλοντος. Το συνολικό αποτέλεσμα του πρώτου μέρους του ερωτηματολογίου δίνει μια καλύτερη εικόνα για τα σχολεία της ενδοχώρας με ένα μέσο όρο μεταξύ μετρίου και ικανοποιητικού. Σημαντικός παράγοντας σε αυτό το αποτέλεσμα είναι ότι τα δύο από τα τρία πιλοτικά σχολεία στην ενδοχώρα είναι σχετικά καινούργιας κατασκευής.

Στη συνέχεια αναλύοντας τα γραφήματα που αφορούν τη θερμική άνεση παρουσιάστηκαν οι μη ικανοποιητικές θερμικές συνθήκες που επικρατούν στα σχολικά κτίρια σε όλες τις κλιματικές περιοχές της Κύπρου. Λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών που επικρατούν το καλοκαίρι παρουσιάζονται έντονες συνθήκες δυσφορίας ακόμη και στις ορεινές περιοχές της Κύπρου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η μεγάλη αίσθηση κρύου όχι μόνο στις ορεινές περιοχές καταδεικνύει τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ανεπάρκεια των παλαιών συστημάτων θέρμανσης και από τις απώλειες θερμότητας λόγω μη θερμομόνωσης των σχολείων. Αντίθετα ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι μερικές μέρες του χειμώνα οι θερμοκρασίες εντός των αιθουσών διδασκαλίας είναι τόσο υψηλές που είτε ανοίγουν τα παράθυρα για αερισμό είτε οι μαθητές φοράνε πιο καλοκαιρινά ρούχα. Αυτό το γεγονός οφείλεται κυρίως στη λανθασμένη χρήση των συστημάτων θέρμανσης στα σχολικά κτίρια τα οποία ρυθμίζονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, από το κεντρικό διακόπτη πολλές φορές χωρίς να υπολογίζονται τα εσωτερικά κέρδη εντός των αιθουσών ή τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία λόγω προσανατολισμού. Έτσι καταναλώνονται τεράστια ποσά ενέργειας τα οποία είναι αχρείαστα, χωρίς κανένα κέρδος εσωτερικής άνεσης. Λύση στο πρόβλημα αυτό θα έδινε η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και η εγκατάσταση ένα είδος αυτοματοποίησης των συστημάτων για καλύτερο έλεγχο της κατάστασης. Λεπτομερέστερη ανάλυση της θερμικής άνεσης γίνεται στη συνέχεια με επιτόπου μετρήσεις και εύρεση δεικτών άνεσης που στόχο έχουν την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης.

Αναφορικά με την οπτική άνεση η έρευνα έδειξε ότι πολλές φορές δημιουργείται θάμβωση στον πίνακα διδασκαλίας και οι καθηγητές προτιμούν να αποφύγουν το φυσικό φωτισμό με το κλείσιμο των κουρτινών και να χρησιμοποιήσουν τεχνητό φωτισμό. Αυτό το πρόβλημα

υποδεικνύει κακή ή ανύπαρκτη μελέτη φυσικού φωτισμού πριν από την κατασκευή των σχολικών κτιρίων. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η δήλωση πολλών μαθητών ότι εάν λειτουργήσει ο τεχνητός φωτισμός κάποια στιγμή της μέρας, τότε αυτός δεν απενεργοποιείται παρά μόνο όταν θα λήξει η σχολική μέρα. Ο φωτισμός ασχέτως με το αν είναι απαραίτητος ή όχι λειτουργεί συνεχόμενα, πολλές φορές ακόμα και τα διαλλείματα και καταναλώνονται έτσι μεγάλες αχρειαστες ποσότητες ενέργειας.

Στο κομμάτι της έρευνας που αφορούσε την ακουστική άνεση οι μαθητές δήλωσαν ότι κάποτε έως πάντοτε ακούνε τους εξωτερικούς θορύβους αλλά παρόλα αυτά είναι αρκετά ικανοποιημένοι με την ένταση και τον ήχο της φωνής του καθηγητή τους γεγονός που δείχνει ότι ναι μεν ακούνε τους εξωτερικούς ήχους αλλά δεν είναι τόσο έντονοι ώστε να υπερκαλύπτουν τον καθηγητή. Επίσης ούτε η ποιότητα του αέρα φαίνεται να ικανοποιεί τους μαθητές λόγω σκόνης στην ατμόσφαιρα. Μελετήθηκαν επίσης μερικές από τις χαρακτηριστικές ασθένειες που προκαλούνται μέσα από το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου και συχνόι πονοκέφαλοι και προβλήματα συγκέντρωσης ταλαιπωρούν πιο συχνά τους μαθητές στα εννιά πιλοτικά σχολεία.

Συμπεραίνεται και είναι ανησυχητικό το γεγονός ότι τα προαναφερθέντα θέματα ήχου, θερμοκρασίας και σκόνης στην ατμόσφαιρα παρουσιάζουν ικανοποίηση κάτω του μετρίου ή στην καλύτερη περίπτωση μέτρια και αυτοί οι τρεις παράγοντες επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα εσωτερικής άνεσης στα κτίρια.

Αξιοσημείωτο είναι το αποτέλεσμα των συγκρίσεων των σχολικών κτιρίων της έρευνας βάσει της ενεργειακής τους κατάταξης. Κατά πλειοψηφία παρουσιάστηκαν καλύτερες εσωτερικές συνθήκες άνεσης στα σχολεία που είχαν καλύτερη ενεργειακή κατηγοριοποίηση. Αυτό δηλώνει ότι τα κτίρια καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια μόνο εάν υπάρχουν καλύτερες συνθήκες δόμησης και εσωτερικής άνεσης λόγω παθητικού σχεδιασμού. Σε ένα κτίριο όπου καμία πρόνοια εσωτερικής άνεσης και βιοκλιματικού σχεδιασμού δεν εφαρμόζεται εκτός του ότι θα είναι ενεργοβόρο αποδείχτηκε ότι και καμία εγκατάσταση ψύξης ή θέρμανσης δεν μπορεί να φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα άνεσης λόγω κακής κατασκευής.²

² Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου είναι δημοσιευμένα ως: M.C Katafygiotou, D.K. Serghides, "Indoor comfort and energy performance of buildings in relation to occupants' satisfaction: Investigation in secondary schools of Cyprus" Article in Press in Advances in Building Energy Research Journal.

Βιβλιογραφία 5^ο κεφαλαίου

- [1] Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, Retrieved 7/18, 2013, from http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument#
- [2] Google Earth, Data SIO, NOAS, U.S, Navy, NGA, GEBCO, Retrieved 7/18, 2011, from <http://www.google.com/earth/index.html>
- [3] Building Insulation Guide (2009), 2nd Edition, Energy Service, Ministry of Commerce, Industry and Tourism of Cyprus.
- [4] Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, Σχολικές αρχές.
- [5] Methodology for Assessing the Energy Performance of Buildings (2009), Cyprus Energy Service.
- [6] BRE Group, SBEM software: Retrieved 6/1, 2010, from <http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=706>
- [7] Wang, Z. (2006). A field study of the thermal comfort in residential buildings in harbin. *Building and Environment*, 41(8), 1034-1039.
- [8] A.Poje, I.Potocnik. (2008). Legal basis, standards and criteria for evaluating thermal conditions in forest work, *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 86, 13-20.
- [9] Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού. (Σεπτέμβριος 2010, 2η Έκδοση). Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων. Retrieved 7/18, 2013, from [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)
- [10] V. Butala, S. Muhic. (2007). Perception of Air Quality and the Thermal Environment in Offices, *Indor and Build Environment*, 16(4), 302-310.
- [11] TEENERGY Schools action plan. (2011). High energy efficiency schools in the Mediterranean area, Italy, Provincia di Lucca.
- [12] Iso, E. (2005). 7730: 2005. Ergonomics of the Thermal Environment.

- [13] Standard, A. (2004). Standard 55-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,
- [14] ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ. (2005). Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ.Τσιπής, Εκδόσεις Κεδρος.
- [15] ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ. (1994). Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ-Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- [16] Ruck, N. C. (2006). International energy agency's solar heating and cooling task 31, 'Daylighting buildings in the 21 st century'. *Energy and Buildings*, 38(7), 718-720.
- [17] Ελληνικός Κτιριοδομικός Κανονισμός. (1989). Άρθρα 355 έως 365, Κώδικας βασικής πολεοδομικής νομοθεσίας , Μέρος-III , Κεφάλαιο-ΣΤ, Άρθρον-355.
- [18] Ειρήνη Αργυροπούλου, Ζωή Καζαντζίδου, «Το Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου» (Sick building Syndrome), Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ, ανάκτηση, 17/6, 2011 από <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue19/is19ar02.pdf>
- [19] WHO. (1983). Indoor air pollutants: exposure and health effects. Denmark: World Health Organization.
- [20] Daisey, J. M., Angell, W. J., & Apte, M. G. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information. *Indoor Air*, 13(1), 53-64.

**Γ' ΜΕΡΟΣ: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ
ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΙ
ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ**

6 Βιοκλιματική ανάλυση τριών κλιματικών περιοχών

6.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασίζεται στην ανάπτυξη μιας αρχιτεκτονικής προσαρμοσμένης στο περιβάλλον που να προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικά εσωκλίμα αξιοποιώντας εκλεκτικά τα ευνοϊκά στοιχεία του κλίματος ώστε να ελαχιστοποιείται η κατανάλωση της απαιτούμενης συμπληρωματικής ενέργειας τόσο για θέρμανση όσο και για δροσισμό. Αυτό σημαίνει ότι η αρχιτεκτονική σύλληψη βασίζεται στα βιοκλιματικά δεδομένα και στις απαιτήσεις για θερμική άνεση του κτιρίου. Έτσι για τη βιοκλιματική μελέτη απαιτείται ανάλυση των επικρατέστερων κλιματολογικών συνθηκών, για να γίνει η αξιολόγηση των αναγκών θέρμανσης και δροσισμού και η εκτίμηση των φυσικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που διατίθενται και μπορούν να συμβάλουν στις ανάγκες ενέργειας του κτιρίου [1]. Από τη μελέτη άνεσης και τη βιοκλιματική ανάλυση θα γίνει ανάπτυξη περιγράμματος στρατηγικής για αντιμετώπιση των αναγκών θέρμανσης και δροσισμού, που θα χρησιμεύσει σαν προκαταρκτικός οδηγός για τη μετέπειτα λεπτομερή μελέτη των κτιρίων.

6.1.1 Κλιματικά στοιχεία

Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον. Το κλίμα μιας περιοχής καθορίζεται από τη γεωγραφική θέση, τη μορφολογία του εδάφους και τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Οι βασικές παράμετροι του κλίματος είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία, οι άνεμοι και η σχετική υγρασία. Στη συνέχεια παρατίθενται βασικοί ορισμοί για τη συνέχεια της μελέτης.

Θερμότητα: Η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που βρίσκεται σε οποιαδήποτε ουσία. Δεν μπορούμε να τη δούμε, να τη μυρίσουμε ή να την ακούσουμε αλλά συχνά τη νοιώθουμε σαν αίσθηση στο σώμα μας. Είναι αυτή η αίσθηση, σχετική με το ανθρώπινο σώμα, που είναι σημαντικό κριτήριο στο σχεδιασμό του κτιρίου.

Ροή Θερμότητας:- Η ροή θερμότητας γίνεται φυσιολογικά από το ένα σώμα στο άλλο με τρεις βασικούς τρόπους, με αγωγιμότητα με μεταφορά με την κίνηση του αέρα και με ακτινοβολία.

Θερμικές απώλειες και Απολαβές: Όλοι οι τρόποι μεταφοράς θερμότητας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Γι' αυτό η μεταβίβαση της θερμότητας γίνεται μόνο μεταξύ σωμάτων και χώρων που έχουν διαφορετική θερμοκρασία και πάντοτε η ροή θερμότητας γίνεται από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα ή περιβάλλον. Η ροή θερμότητας από το θερμότερο αντικείμενο αναφέρεται σαν θερμική απώλεια και για το ψυχρότερο που τη παραλαμβάνει σαν θερμική απολαβή ή κέρδος. Αυτοί οι όροι χρησιμοποιούνται τόσο για το ανθρώπινο σώμα όσο και για το κτίριο.

Θερμότητα και Μεταβολισμός: Η παραγωγή θερμότητας είναι βασικό και συνεχές φαινόμενο του μεταβολισμού τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα. Η θερμότητα που δημιουργείται από το μεταβολισμό υπερβαίνει κατά πολύ από αυτή που απαιτείται για να διατηρήσει την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος σε κανονικό επίπεδο (37 βαθμούς Κελσίου). Η βασική φυσιολογική απαίτηση για θερμική άνεση είναι η αποβολή της επιπλέον θερμότητας. Αυτή η συνεχής διαδικασία μείωσης της θερμοκρασίας καταστέλλεται κάτω από συνθήκες ψύξης, θερμότητας ή υγρασίας και αυξάνεται όταν ο περίξ χώρος είναι πολύ κρύος, ξηρός, ή υπάρχουν ρεύματα αέρα. Μεταξύ αυτών των άκρων διακυμαίνονται συνθήκες που θεωρούνται σαν ουδέτερες και είναι αποδεκτές από τους πιο πολλούς ανθρώπους.

6.1.2 Θερμική άνεση

Ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών του περιβάλλοντος χώρου. Είναι αδύνατο να δοθεί ορισμός ή να επιτευχθούν ιδανικές συνθήκες για όλους την ίδια ώρα ή πάντοτε. Έτσι ένας πρακτικός ορισμός θερμικής άνεσης είναι η απουσία δυσφορίας. Ο στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου είναι η δημιουργία συνθηκών χωρίς δυσφορία δηλαδή ουδέτερης κατάστασης. Τα πιο σημαντικά βιοκλιματικά στοιχεία που επηρεάζουν την θερμική άνεση των ζωντανών οργανισμών είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα.
- Η σχετική Υγρασία.
- Η ακτινοβολία.
- Η κίνηση του αέρα.

Η αίσθηση της θερμικής άνεσης ή δυσφορίας είναι αποτέλεσμα συνδυασμένων επιδράσεων αυτών των κλιματικών στοιχείων. Επιπρόσθετα η ευαισθησία και ο βαθμός που το άτομο επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες διαφέρει σε συνάρτηση με διαφορετικές

παραμέτρους. Η βιολογική αντίδραση ενός ατόμου στις κλιματολογικές συνθήκες εξαρτάται από τη προηγούμενη εμπειρία και εξοικείωση του ατόμου προς τις συνθήκες αυτές. Επίσης από το ρουχισμό, τη δραστηριότητα, την ηλικία, το μέγεθος, το φύλο, τον τρόπο ζωής και την κατάσταση υγείας. Επιπλέον από κληρονομικούς παράγοντες και ποιότητα τροφής.

Γενικά η θερμική άνεση ή δυσφορία εξαρτώνται από την όλη εκτίμηση του ενοίκου του περιβάλλοντος χώρου που περιέχει την αρχιτεκτονική και την ατμόσφαιρα ενός δωματίου, την ποιότητα του αέρα, την ποιότητα φωτός, το ηλιακό φως, τα επίπεδα θορύβου και πολλούς άλλους παράγοντες. Διάφοροι βιοκλιματικοί δείκτες έχουν προταθεί για να υποδηλώσουν τη ζώνη άνεσης, δηλαδή το εύρος των καιρικών συνθηκών που δημιουργούν το αίσθημα άνεσης. Ένας μεγάλος αριθμός δεικτών έχουν εξαχθεί από πειράματα που έγιναν με συμμετοχή εθελοντών για να καθοριστεί τι συνδυασμός περιβαλλοντικών μεταβλητών κρίνονται πιο άνετοι. Αυτή η πειραματική εργασία επικεντρώνεται στη συσχέτιση των υποκειμενικών εκτιμήσεων των ατόμων για άνεση που συμπίπτουν με μετρήσεις των μεταβλητών του περιβάλλοντος. Αυτός ο δείκτης καθορίζει την «αισθητή θερμοκρασία» [1].

6.1.3 Κλίμα και κτίριο

Οι βιοκλιματικοί χάρτες με βάση τις πληροφορίες για το τοπικό κλίμα είναι σημαντικά βοηθήματα για τα σχέδια των κτιρίων. Το κλίμα μιας περιοχής καθορίζεται από τη γεωγραφική της θέση, τη μορφολογία του εδάφους και τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Μια απλή ταξινόμηση των κλιμάτων περιλαμβάνει 4 μεγάλες κατηγορίες: Κρύο, Μέτριο, Ζεστό–Ξηρό, Ζεστό–Υγρό [2]. Οι κλιματικοί παράμετροι με τα ημερήσια ή εποχιακά χαρακτηριστικά τους καθορίζουν το κλίμα και είναι μέγιστης σημασίας για το βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου. Αυτοί οι παράμετροι είναι:

Θερμοκρασία του αέρα: οι μετρήσεις γίνονται σε βαθμούς Κελσίου με θερμόμετρο. Για την ανάλυση και το προσχεδιασμό του κτιρίου είναι αρκετά τα εξής δεδομένα θερμοκρασίας:

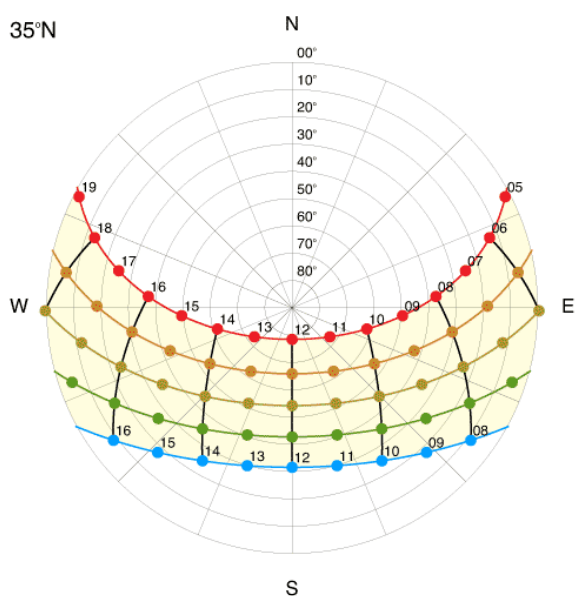
- Μέση Μηνιαία θερμοκρασία για κάθε μήνα.
- Μέση Μηνιαία Μέγιστη θερμοκρασία.
- Μέση Μηνιαία Ελάχιστη θερμοκρασία.
- Απόλυτη Μέγιστη Μηνιαία.
- Απόλυτη Ελάχιστη Μηνιαία.

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα βασικά κλιματικά στοιχεία, τα οποία συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος μια περιοχής. Εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, το υψόμετρο, τον προσανατολισμό και τη γειτνίαση με τη θάλασσα [3]. Οι αλλαγές της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας επηρεάζουν τις θερμικές απώλειες μέσα από το κέλυφος του κτιρίου. Η επίδραση της θερμοκρασίας είναι δυνατό να είναι δραματική. Δηλαδή με μια εσωτερική θερμοκρασία 20 βαθμών Κελσίου το ποσοστό των θερμικών απωλειών θα διπλασιαστεί αν η εξωτερική θερμοκρασία πέσει στους 0 βαθμούς από τους 10 και θα τριπλασιαστεί αν πέσει στους -10 βαθμούς. Αντίθετα οι θερμικές απολαβές δεν είναι τόσο ευαίσθητες στις αλλαγές της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, λόγω της χρονικής καθυστέρησης και της μείωσης της θερμοκρασίας που επιφέρουν τα δομικά υλικά.

Υγρασία: η υγρασία του αέρα είναι η ποσότητα υδρατμών που περιέχει και εκφράζεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με την εφαρμογή. Ένας πολύ συνηθισμένους και απλός όρος διατύπωσης της υγρασίας του αέρα είναι η σχετική υγρασία («Σ%»). Ο όρος αυτός εκφράζει το ποσοστό επί τοις εκατό της ποσότητας των υδρατμών που βρίσκεται σε ορισμένο όγκο αέρα προς τη μέγιστη που μπορεί να περιέχεται για να κορεσθεί ο όγκος αυτός του αέρα στην ίδια θερμοκρασία. Η υγρασία καταγράφεται από τα πολύμετρα και ο «ψυχομετρικός πίνακας» είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο για μελέτη της σχέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Η παρουσία υψηλών επιπέδων υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε ένα αριθμό προβλημάτων, μερικά είναι παροδικά όπως η συμπύκνωση υδρατμών στις επιφάνειες και άλλα μόνιμα όπως η δημιουργία υγρασίας στα στατικά στοιχεία του κτιρίου. Όταν καθορίζεται το κλίμα μιας περιοχής χρησιμοποιείται η μέση σχετική υγρασία ως χαρακτηριστικό δεδομένο ενός τόπου.

Ηλιακή ακτινοβολία: Μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος, απορροφάται από τα διάφορα αντικείμενα που υπάρχουν και το έδαφος, και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Πάνω σε αυτή τη λογική, βασίζεται η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας που διαπερνά τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου, απορροφάται από τα υλικά κατασκευής και μετατρέπεται σε θερμότητα [1]. Τα δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία που είναι συνήθως διαθέσιμα, είναι οι ώρες ηλιοφάνειας σε μηνιαία βάση. Η μορφή που απαιτείται η ηλιακή ακτινοβολία για σκοπούς προσχεδιασμού και υπολογισμούς, είναι σαν ολική μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία (ή ημερήσια ολική για κάθε μήνα) σε kWh/m² ή MJ/m² σε οριζόντια ή κάθετη ή κεκλιμένη επιφάνεια. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι πηγή

θερμότητας. Η επίδραση της μπορεί να γίνει αντιληπτή αμέσως σαν αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας ή κατόπιν μιας χρονικής καθυστέρησης μέσω της αποδέσμευσης της θερμότητας που αποθηκεύεται στα δομικά υλικά. Συμπαγή και διαφανή υλικά αντιδρούν διαφορετικά στην ηλιακή ακτινοβολία και αυτές οι διαφορές είναι σημαντικότερες για το σχεδιασμό του κτιρίου. Η θερμότητα που παρέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προμηθεύσει ένα σημαντικό ποσοστό της θερμότητας που απαιτείται το χειμώνα και η επίδραση της είναι ωφέλιμη από την άποψη άνεσης. Το καλοκαίρι και σε ξηρά κλίματα η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι γενικά ανεπιθύμητη και αιτία δυσφορίας και προβλημάτων στις αποπερατώσεις και τα υλικά του περιβλήματος του κτιρίου εκτός και αν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.



Διάγραμμα 66: Πορεία ήλιου για 35°N-Κύπρος.

Άνεμος: η γνώση της κατεύθυνσης των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή, είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον ορθό σχεδιασμό ενός κτιρίου, ώστε να αξιοποιούνται οι δροσερές αύρες το καλοκαίρι και να αποφεύγονται οι ψυχροί άνεμοι το χειμώνα. Η επίδραση του ανέμου μπορεί να εντείνει την αίσθηση του κρύου ή να ανακουφίσει την αίσθηση της ζέστης που παράγονται από τα άλλα κλιματικά στοιχεία. Για το βιοκλιματικό σχεδιασμό χρειάζονται οι επικρατέστερες κατευθύνσεις των ανέμων καθώς και η ταχύτητα. Συνήθως αυτά είναι διαθέσιμα και γραφικά παρουσιάζονται σαν τριαντάφυλλο (Wind Rose). Ο άνεμος επιδρά στις θερμικές απώλειες και απολαβές με τη μεταφορά του αέρα. Η επίδραση του μπορεί να είναι σημαντική και επιθυμητή ή ανεπιθύμητη ανάλογα με τους άλλους κλιματικούς μεταβλητές.

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) έχει εκδώσει τον πίνακα 31 με τις προτεινόμενες ωριαίες εναλλαγές αέρα ανά χώρο. Για λόγους υγιεινής, ο οργανισμός σχολικών κτιρίων Ελλάδας ανακοίνωσε ότι απαιτούνται 5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας [4].

Πίνακας 31: Προτεινόμενες ωριαίες εναλλαγές αέρα

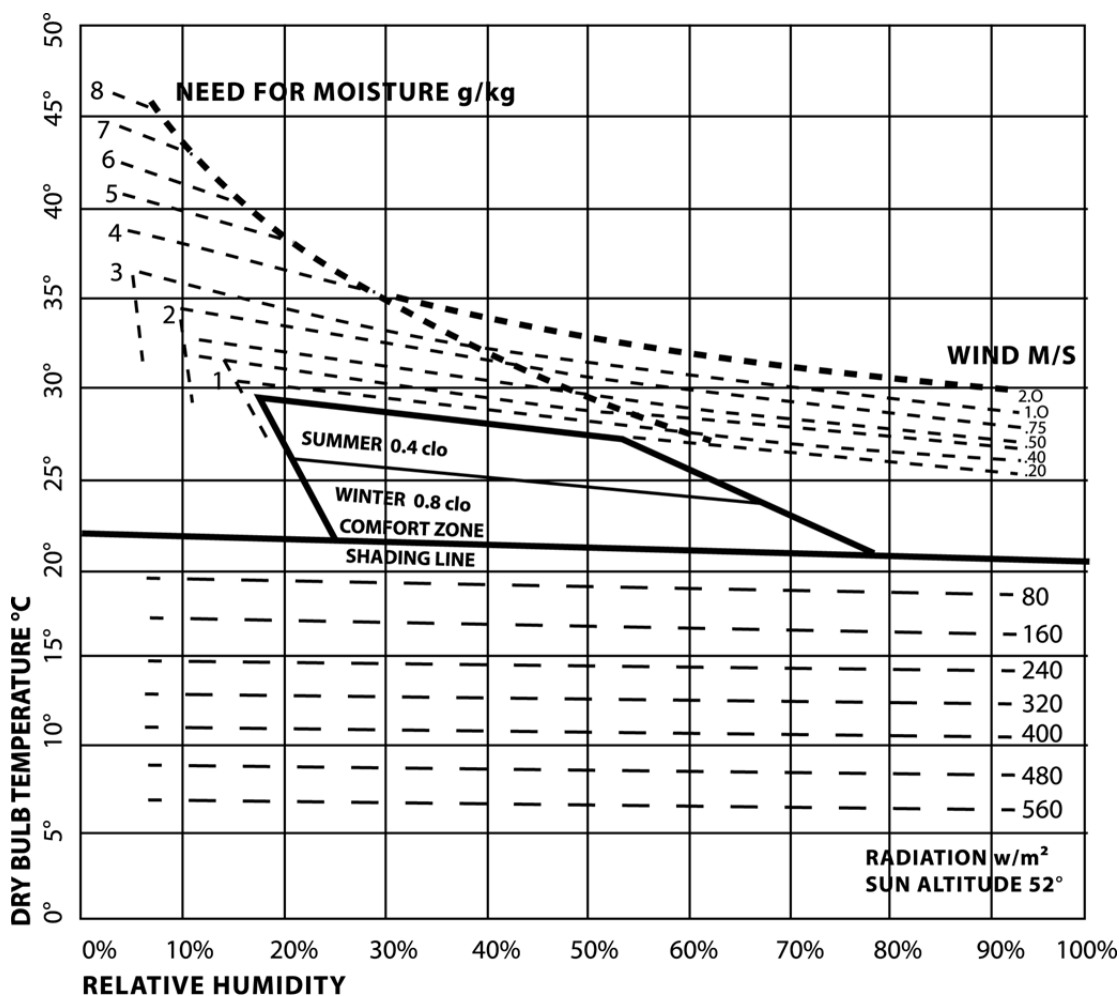
ΧΩΡΟΣ	ΩΡΙΑΙΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΑ
Λουτρά	5 έως 8
Βιβλιοθήκες	4 έως 5
Γραφεία	4 έως 8
Χώροι επισκεπτών	5 έως 10
Αμφιθέατρα	8 έως 10
Καταστήματα, Θέατρα, Κινηματογράφοι	4 έως 6
Χειρουργεία	15 έως 20
Κολυμβητήρια	3 έως 4
Αίθουσες συνεδρίων	6 έως 8
Αποδυτήρια	8 έως 10
Χώροι πωλήσεων	4 έως 8

6.2 Η μέθοδος Olgyay

Οι V. και A. Olgyay [5] ήταν πρωτεργάτες του βιοκλιματικού χάρτη (Διάγρ. 67). Πρότειναν μια διαδικασία προσαρμογής του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού στις θερμικές ανάγκες του ανθρώπου και στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Στο βιοκλιματικό χάρτη που συνέθεσαν καθορίζεται η ζώνη άνεσης σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, τη μέση ακτινοβολούμενη θερμότητα, την ταχύτητα του αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία και τη ψύξη από εξάτμιση.

Τα βιοκλιματικά δεδομένα που χρειάζονται για τη σχεδίαση στο βιοκλιματικό χάρτη είναι η μέγιστη και ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας του αέρα και οι αντίστοιχες τιμές σχετικής υγρασίας είτε μηνιαία είτε ημερήσια είτε ανά ώρα. Οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν αντιπροσωπεύουν τις εξωτερικές συνθήκες. Παρόλο που το μικροκλίμα του εσωτερικού χώρου του κτιρίου εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες όπως το μέγεθος, η θερμική αδράνεια των υλικών του και τη μεταφορά αέρα, εντούτοις ο χάρτης

δείχνει ξεκάθαρα κατά πόσον οι κλιματικές συνθήκες δημιουργούν κλίμα πολύ ζεστό, κρύο, ή άνεση. Αλλά το σημαντικό είναι ότι καθορίζουν τις θερμαντικές ή δροσιστικές στρατηγικές σχεδιασμού για αποκατάσταση άνεσης κατά τους διάφορους μήνες.

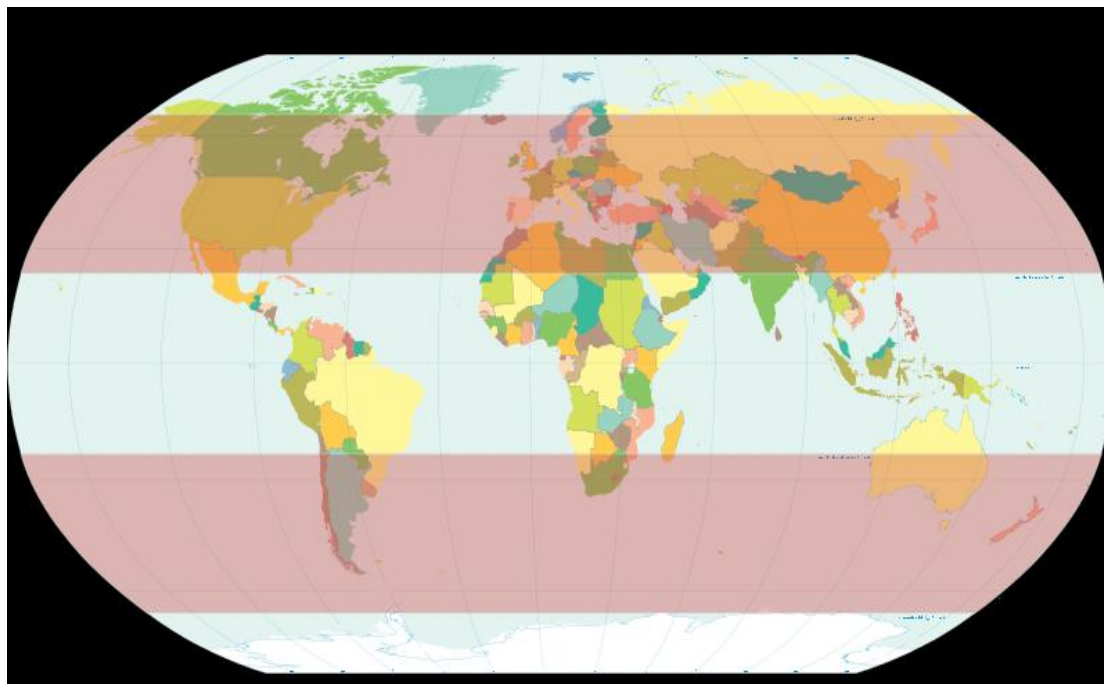


Διάγραμμα 67: Ποσοτικός βιοκλιματικός χάρτης

Η διαδικασία για τη διάγνωση των συνθηκών άνεσης σε σχέση με τα τοπικά κλιματικά δεδομένα περιλαμβάνει τέσσερα στάδια.

1. Συγκέντρωση των τοπικών κλιματικών δεδομένων κυρίως της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.
2. Ταξινόμηση αυτών των δεδομένων κατά μήνα σε ετήσια βάση.
3. Τοποθέτηση των επεξεργασμένων κλιματικών στοιχείων, θερμοκρασίας του αέρα και αντίστοιχης σχετικής υγρασίας στον βιοκλιματικό χάρτη.
4. Αξιολόγηση των κλιματικών δεδομένων και αποσαφήνιση των ρυθμίσεων ή κατευθύνσεων που απαιτούνται ώστε να προσεγγίζεται η περιοχή άνεσης.

Ο βιοκλιματικός χάρτης εφαρμόζεται συνήθως σε περιοχές με εύκρατο κλίμα [Εικ. 18] και για κτίρια όπου η δραστηριότητα θα είναι κυρίως καθιστική και το ντύσιμο συνηθισμένο.



Εικόνα 18: Εύκρατη ζώνη, περιοχές στις κόκκινες ζώνες

Η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου σημειώνεται στον άξονα των τετμημένων και η σχετική υγρασία στον άξονα των τεταγμένων. Η ζώνη άνεσης ορίζεται ανάμεσα στους $21-28^{\circ}\text{C}$ μετακινούμενη ελαφρά προς τα κάτω για το χειμώνα και ελαφρά προς τα πάνω για το καλοκαίρι. Η σχετική υγρασία ορίζεται ανάμεσα στο 30-65% με ανεκτά όρια από 20-78%. Το κάτω όριο της ζώνης άνεσης ορίζει τη θερμοκρασία των 21°C πάνω από την οποία απαιτείται ηλιοπροστασία - σκίαση του κτιρίου και των ανοιγμάτων. Το εμβαδόν του τραπεζοειδούς καθορίζει τη ζώνη άνεσης. Η ζώνη άνεσης διαχωρίζει το χάρτη σε δύο περιοχές. Η περιοχή πάνω από την οριακή γραμμή σκιασμού είναι γνωστή ως υπερθερμαινόμενη περίοδος- καλοκαίρι και συνεπώς η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων είναι απαραίτητη, ενώ η κάτω περιοχή είναι γνωστή ως υποθερμαινόμενη περίοδος- χειμώνας και συνεπώς η συμπληρωματική θερμότητα, ηλιακή ή άλλη είναι αναγκαία [6].

6.2.1 Ανάλυση βιοκλιματικού χάρτη

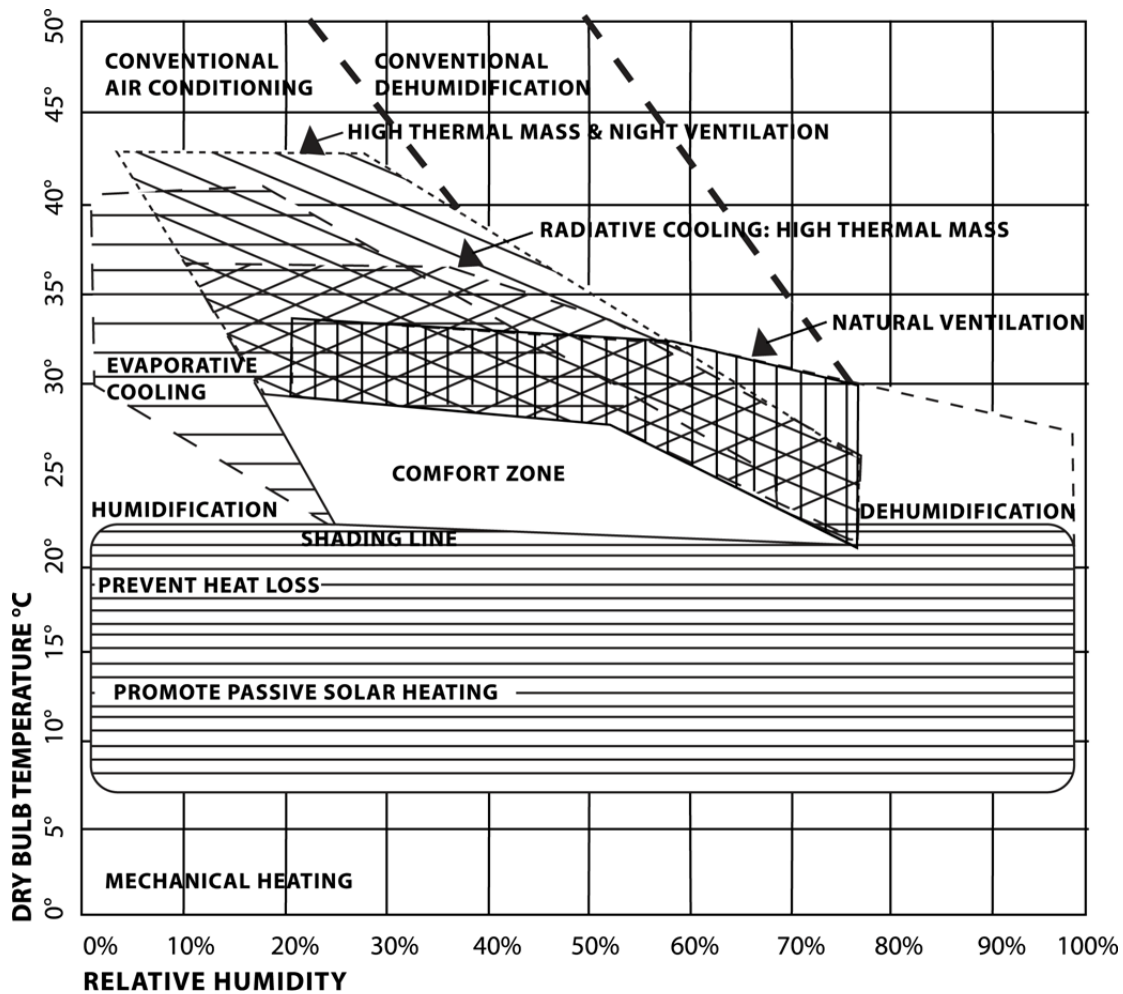
Το εμβαδόν του τραπεζοειδούς καθορίζει τη ζώνη άνεσης. Εάν το σημείο τομής της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας βρίσκεται πάνω από τη ζώνη άνεσης, προς τη

δεξιά πλευρά, τότε χρειάζεται κάποια κίνηση του αέρα που η ταχύτητα του καθορίζεται από τις παράλληλες γραμμές προς το επάνω όριο ζώνης (m/s). Αυτή η κίνηση αέρα βοηθάει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας με αποτέλεσμα τη μείωση της υψηλής θερμοκρασίας και την προσέγγιση του επάνω ορίου της ζώνης άνεσης. Αυτό το γεγονός λαμβάνει χώρα συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες όπου παρατηρούνται υψηλές τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Εάν η θερμοκρασία είναι υψηλή και η σχετική υγρασία παρουσιάζει χαμηλή τιμή δημιουργείται το αίσθημα του ζεστού και ξηρού περιβάλλοντος. Τότε η ρύθμιση που απαιτείται είναι η αύξηση του ποσοστού υγρασίας δηλαδή, αύξηση των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα. Αυτό συνεπάγεται εξάτμιση και συνεπώς πτώση της θερμοκρασίας ώστε να προσεγγίζεται και πάλι το όριο της θερμικής άνεσης. Οι διακεκομμένες καμπύλες πάνω αριστερά στο χάρτη ορίζουν την ποσότητα της απαιτούμενης υγρασίας (g/kg) σε συνάρτηση πάντα με την τιμή της θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό λαμβάνει κυρίως χώρα το καλοκαίρι σε κλίματα ζεστά και ξηρά.

Εάν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, κάτω από την οριακή γραμμή σκιασμού (21 °C) τότε απαιτείται πρόσθετη θερμότητα από ηλιακή ακτινοβολία ή άλλη πηγή θερμότητας ώστε να προσεγγίζεται το κάτω όριο της ζώνης άνεσης και να αποκαθίσταται η θερμική ισορροπία. Οι τιμές της απαιτούμενης συμπληρωματικής θερμότητας καθορίζονται από τις κάτω καμπύλες, εκφρασμένες σε μονάδες W/m^2 . Η συνθήκη αυτή εμφανίζεται το χειμώνα.

Με τη μέθοδο του βιοκλιματικού χάρτη προσδιορίζεται το κλίμα της κάθε περιοχής και καθορίζονται οι κατευθύνσεις και οι στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για το σχεδιασμό του κελύφους των κτιρίων. Στρατηγικές μπορεί να είναι η διασφάλιση αερισμού, ο σκιασμός των ανοιγμάτων και η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων. Ο βιοκλιματικός χάρτης στο διάγραμμα 68 έχει την ίδια βάση με τον προηγούμενο με τη διαφορά ότι εδώ διακρίνονται οι στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για την επίτευξη θερμικής άνεσης.



Διάγραμμα 68: Ποιοτικός βιοκλιματικός χάρτης

Οι στρατηγικές δροσίσιμου που μπορούν να υιοθετηθούν για την αποκατάσταση άνεσης όταν οι αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εμπίπτουν πάνω από την περίμετρο της ζώνης άνεσης αντιπροσωπεύονται από πέντε ζώνες που υπέρ - διπλώνονται.

α) Φυσικό εξαερισμό που μπορεί απλά να επιτευχθεί με μεταφορά αέρα.

β) Θερμική μάζα που χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα των υλικών του κτιρίου να συγκρατούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την εκπέμπουν με ακτινοβολία την νύκτα δροσίζοντας έτσι τη μάζα του κτιρίου.

γ) Θερμική μάζα σε συνδυασμό με εξαερισμό τη νύκτα που επιφέρει δροσίσιμό λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών.

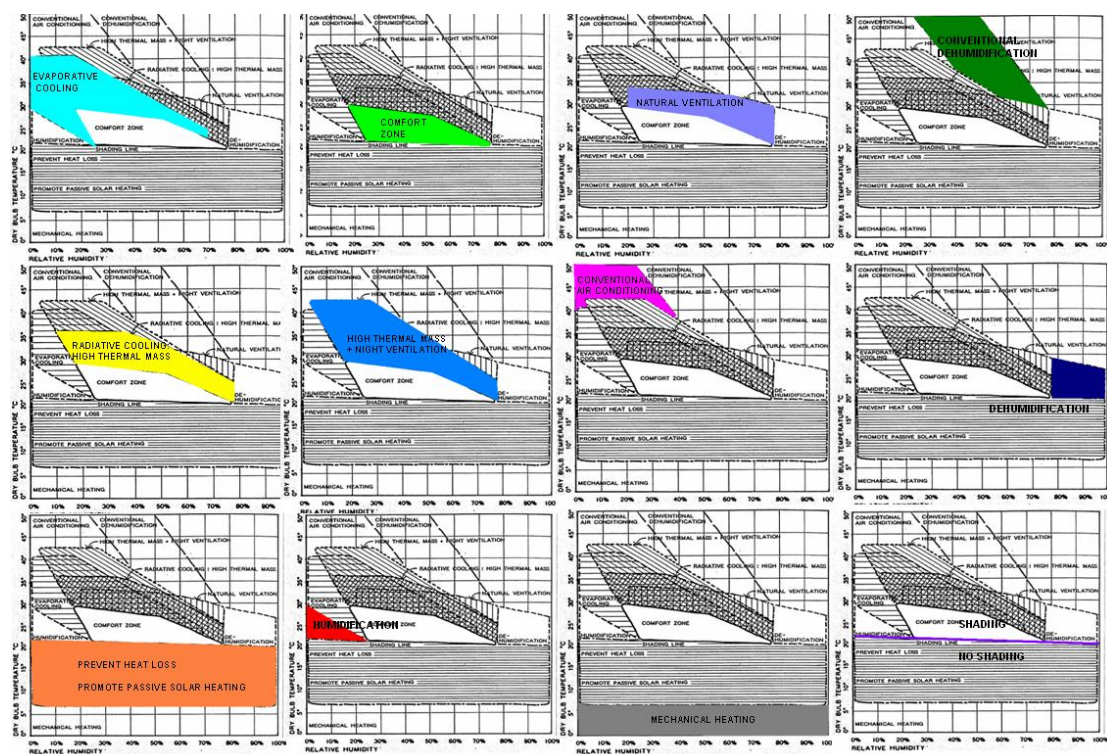
δ) Φυσική ψύξη με εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας και προσέγγιση των συνθηκών άνεσης.

ε) Μηχανική ψύξη.

Οι στρατηγικές για εξασφάλιση θερμότητας στο κτίριο καθορίζονται με δύο ζώνες που βρίσκονται κάτω από το περίγραμμα της ζώνης άνεσης:

α) Περιορισμό των θερμικών απωλειών που εξαρτάται από την αγωγιμότητα και συνεπώς τη θερμομόνωση του κτιρίου, την εναλλαγή του αέρα και τις γυάλινες επιφάνειες σε συνδυασμό με παθητικά συστήματα θερμότητας ηλιακών απολαβών που εξαρτώνται από το σχεδιασμό του κτιρίου και τα επίπεδα ακτινοβολίας της περιοχής.

γ) Θέρμανση που παρέχεται με μηχανικά μέσα.



Διάγραμμα 69: Ζώνες και αντίστοιχες στρατηγικές στο βιοκλιματικό χάρτη

6.2.2 Ανάλυση χρήσιμων παραμέτρων βιοκλιματικής ανάλυσης

Ενδεικτικά στην έρευνα μελετήθηκαν στοιχεία για μια παράλια περιοχή, μια ορεινή και μια περιοχή στην ενδοχώρα. Για τη βιοκλιματική ανάλυση που προορίζεται σαν προκαταρκτικός οδηγός σχεδιασμού για τα κτίρια έχουν γίνει οι επόμενες υποθέσεις:

α) Ο ρουχισμός είναι σε επίπεδα 0.8Clo το Χειμώνα 0.4Clo το καλοκαίρι. Η θερμική αντίσταση των ρούχων ορίζεται σε μονάδες Clo και είναι η μόνωση που παρέχει η ένδυση ενός μέσου άνδρα ο οποίος αναπαύεται καθημενος σε ένα φυσικά αεριζόμενο χώρο (ταχύτητα αέρα 0,1 m/s) με θερμοκρασία αέρα 21°C και σχετική υγρασία μικρότερη από

50%. Κατά προσέγγιση 1Clo έχει θερμική αντίσταση 0.155 m²K/W και ισοδυναμεί με χειμερινό κοστούμι.

β) Οι τιμές ακτινοβολίας που θα αποζημιώσουν τις αντίστοιχες χαμηλές θερμοκρασίες και φαίνονται στο χάρτη έχουν παρθεί με μέσο όρο ύψος ηλίου 52 βαθμούς.

γ) Για την ανάλυση, οι τιμές μετρήσεων είναι της μέσης ημέρας του κάθε μήνα. Δηλαδή η μέση μέγιστη θερμοκρασία με την ελάχιστη σχετική υγρασία και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία με τη μέγιστη σχετική υγρασία έχουν σχεδιαστεί και ενωθεί με ευθεία γραμμή. Αυτή η γραμμή αντιπροσωπεύει περίπου τις αλλαγές της θερμοκρασίας και υγρασίας στο διάστημα μέσου όρου ημέρας του κάθε μήνα.

Στον πίνακα 32 αναλύεται η θερμοκρασία αέρα που πρέπει να υπάρχει για συνθήκες άνεσης ανάλογα κάθε φορά με το είδος της δραστηριότητας που συμβαίνει εντός του κτιρίου και του ρουχισμού με τον οποίο είναι ντυμένοι οι χρήστες του κτιρίου. Ο πίνακας αναφέρεται σε ταχύτητα αέρα 0,1m/s. Η απαιτούμενη εσωτερική θερμοκρασία για να υπάρχουν συνθήκες άνεσης στο χώρο μειώνεται όσο αυξάνεται η ένταση της δραστηριότητας που διενεργείται σε αυτόν και επίσης μειώνεται και ανάλογα με την αύξηση του ρουχισμού του ατόμου.

Πίνακας 32: Θερμοκρασία άνεσης αέρα ανάλογα με το είδος της δραστηριότητας και το ρουχισμό

Δραστηριότητα	Μεταβολική Δραστηριότητα (W)	Ρουχισμός (clo)	Θερμοκρασία άνεσης αέρα (°C)
Ανάπαυση	0	0.5	31
	0	1	29
Καθιστική εργασία	43	0.5	27
	43	1	3
Ελαφριά εργασία	100	0.5	22
	100	1	16
Έντονη εργασία	200	0.5	12

Ο πίνακας 33 παρουσιάζει την αντίσταση της θερμικής αγωγιμότητας των ενδυμάτων. Οι μονάδες μέτρησης του ρουχισμού (clo) αυξάνονται όσο αυξάνεται και η αντίσταση R (m²K/W) των ενδυμάτων. Στον πίνακα 34 γίνεται ακόμη πιο λεπτομερής ανάλυση των

διαφόρων χαρακτηριστικών συνδυασμών ρούχων για περισσότερη ευκολία υπολογισμών [7].

Πίνακας 33: Αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας ενδυμάτων

Ενδυμασία	Αντίσταση R	
	m ² K/W	Clo
Χωρίς Ρούχα	0	0
Εσώρουχα	0.02	0.1
Ελαφριά θερινή ενδυμασία	0.08	0.5
Μέτρια ανοιξιιάτικη ενδυμασία ή χειμερινή για θερμαινόμενος χώρους	0.16	1
Χειμερινή ενδυμασία	0.24	1.5

Πίνακας 34: Θερμική μόνωση διαφόρων χαρακτηριστικών συνδυασμών ρούχων

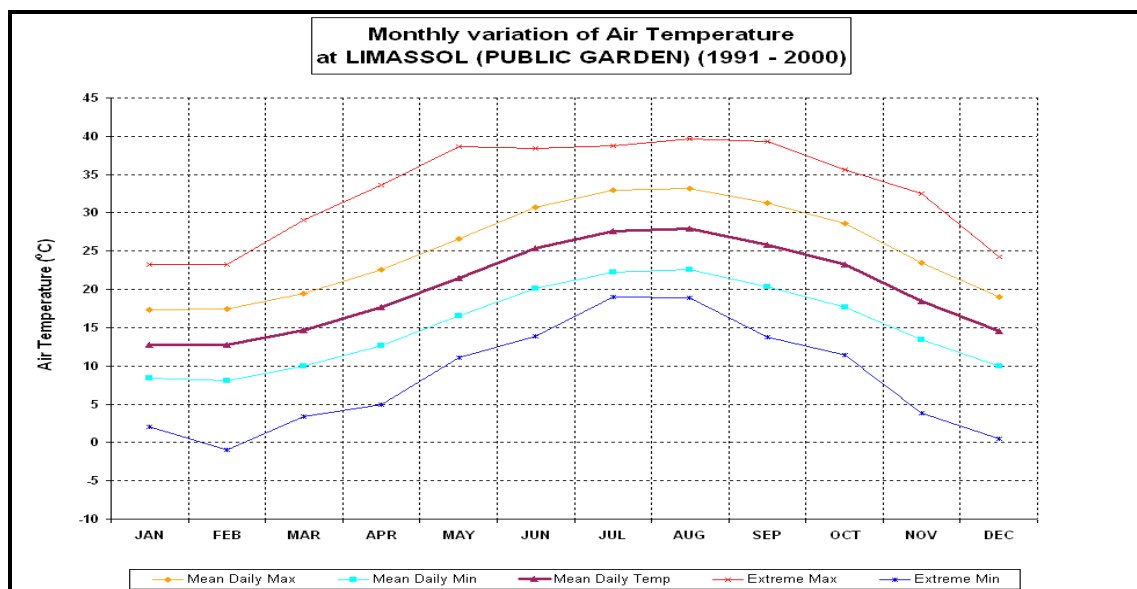
Ενδυμασία	Αντίσταση R	
	m ² K/W	Clo
Κοντό παντελόνι (σορτς)	0.015	0.1
Εσώρουχο, κοντό παντελόνι, πουκάμισο κοντομάνικο και ανοικτά παπούτσια	0.045	0.3
Καλοκαιρινή ενδυμασία: Εσώρουχο, πουκάμισο κοντομάνικο, μακρύ ελαφρύ παντελόνι, ελαφριές κάλτσες, παπούτσια	0.08	0.5
Ενδυμασία για ελαφριά εργασία: Εσώρουχο, πουκάμισο βαμβακερό με μακρύ μανίκι, παντελόνι εργασίας, μάλλινες κάλτσες, παπούτσια	0.11	0.7
Χειμερινή εσωτερική εργασία: Εσώρουχα, πουκάμισο με μακρύ μανίκι ή πουλόβερ, χοντρές κάλτσες, παπούτσια	0.16	1.0
Χειμωνιάτικο επαγγελματικό κοστούμι: βαμβακερά μακριά εσώρουχα, παντελόνι, σακάκι, πουκάμισο, γιλέκο ή πουλόβερ, μάλλινες κάλτσες, παπούτσια	0.24	1.5

6.3 Βιοκλιματική ανάλυση παράλιας κλιματικής περιοχής

Σαν παράλια περιοχή επιλέχθηκε η πόλη της Λεμεσού για βιοκλιματική ανάλυση. Η Λεμεσός είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Κύπρου με μεγάλη οικοδομική ανάπτυξη. Η ανάλυση σε αυτό το κεφάλαιο βοηθά στον καθορισμό των κατάλληλων στρατηγικών που πρέπει να ακολουθούνται στον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμική άνεση όχι μόνο στη Λεμεσό αλλά σε όλες τις παράλιες περιοχές με κοινά κλιματικά χαρακτηριστικά. Οι παράλιες περιοχές του νησιού παρουσιάζουν κοινά γνωρίσματα έτσι με τη μελέτη μιας τυπικής περιοχής μπορούν να βρεθούν οι στρατηγικές που θα ακολουθηθούν σε όλες τις περιοχές της ίδιας κλιματικής ζώνης. Οι μετεωρολογικές μετρήσεις πάρθηκαν από το σταθμό Δημόσιου Κήπου ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 8 m, γεωγραφικό πλάτος $34^{\circ} 41'$ και μήκος $33^{\circ} 03'$.

6.3.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα

Θερμοκρασία αέρα: σύμφωνα με τα στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, για την πόλη της Λεμεσού η μέση ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία σημειώνεται το Φεβρουάριο και ανέρχεται στους 8.5°C και η μέση ημερήσια μέγιστη τον Αύγουστο και είναι 33.3°C .



Διάγραμμα 70: Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα στη Λεμεσό

Πίνακας 35: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στη Λεμεσό

Μήνας	Γεν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάη	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση Ημερ. Μέγ. Θερμ.	17,6	17,8	20,0	22,9	26,9	30,8	33,2	33,3	31,3	28,6	23,5	18,9
Μέση Ημερ. Ελάχ. Θερμ.	8,8	8,5	10,4	13,0	16,7	20,1	22,4	22,7	20,6	17,7	13,5	10,1

Ηλιακή ακτινοβολία: στους πίνακες 36 και 37 παρουσιάζονται οι τρεις πιο αντιπροσωπευτικοί μήνες κατά τους οποίους σημειώνονται τα χαμηλότερα, υψηλότερα και μέσα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Λεμεσού.

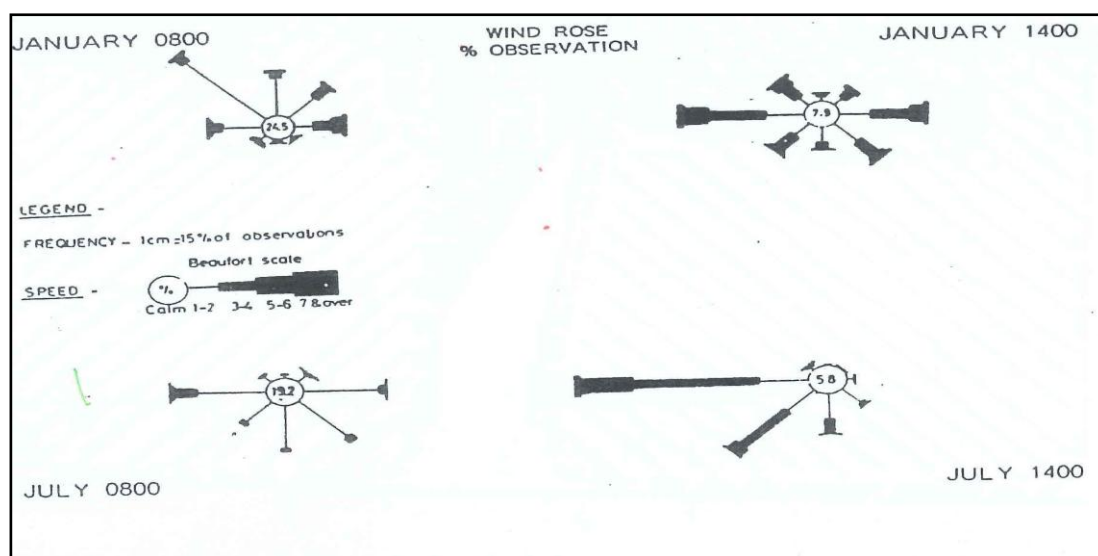
Πίνακας 36: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στη Λεμεσό

MONTHLY MEAN	JAN 21	APR 21	JUL 21
Wh/m ² DAY	2690	6220	8150

Πίνακας 37: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m²

HOUR	JAN 21	APR 21	JUL 21
6am/6pm	-	-	163
7am/7pm	-	187	407
8am/8pm	108	373	570
9am/9pm	242	560	733
10am/10pm	377	746	896
11am/11pm	511	870	937
12am/12pm	565	933	978

Άνεμος: σύμφωνα με τα πιο κάτω ανεμολογικά δεδομένα, οι επικρατούντες άνεμοι για την περιοχή της Λεμεσού το μήνα Γενάρη είναι βόρειοι και βορειοδυτικοί με αντίστοιχες συχνότητες 13.5% και 27% τις πρωινές ώρες, ενώ μετατρέπονται σε δυτικούς και ανατολικούς με αντίστοιχες συχνότητες 27% και 19.5% κατά τις απογευματινές ώρες. Το μήνα Ιούλη οι επικρατούντες άνεμοι είναι ανατολικοί και δυτικοί με αντίστοιχες συχνότητες 18% και 21% τις πρωινές ώρες και δυτικοί και νοτιοδυτικοί με αντίστοιχες συχνότητες 49.5% και 25.5% τις απογευματινές ώρες.



Εικόνα 19: Ένταση ανέμου (%)στη Λεμεσό

Σχετική Υγρασία: στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η μηνιαία μέση μέγιστη και ελάχιστη σχετική υγρασία για τη Λεμεσό. Η σχετική υγρασία είναι υψηλή στις παράλιες περιοχές και αποτελεί έναν παράγοντα ο οποίος πρέπει να αντιμετωπισθεί για να υπάρξει θερμική άνεση.













Πίνακας 38: Σχετική υγρασία (RH%) στη Λεμεσό

Μήνας		Γεν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάη	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση Σχετική Υγρασία	0800	77	73	69	68	68	70	72	74	69	69	73	80
	1400	60	58	55	58	55	57	57	57	55	52	56	60

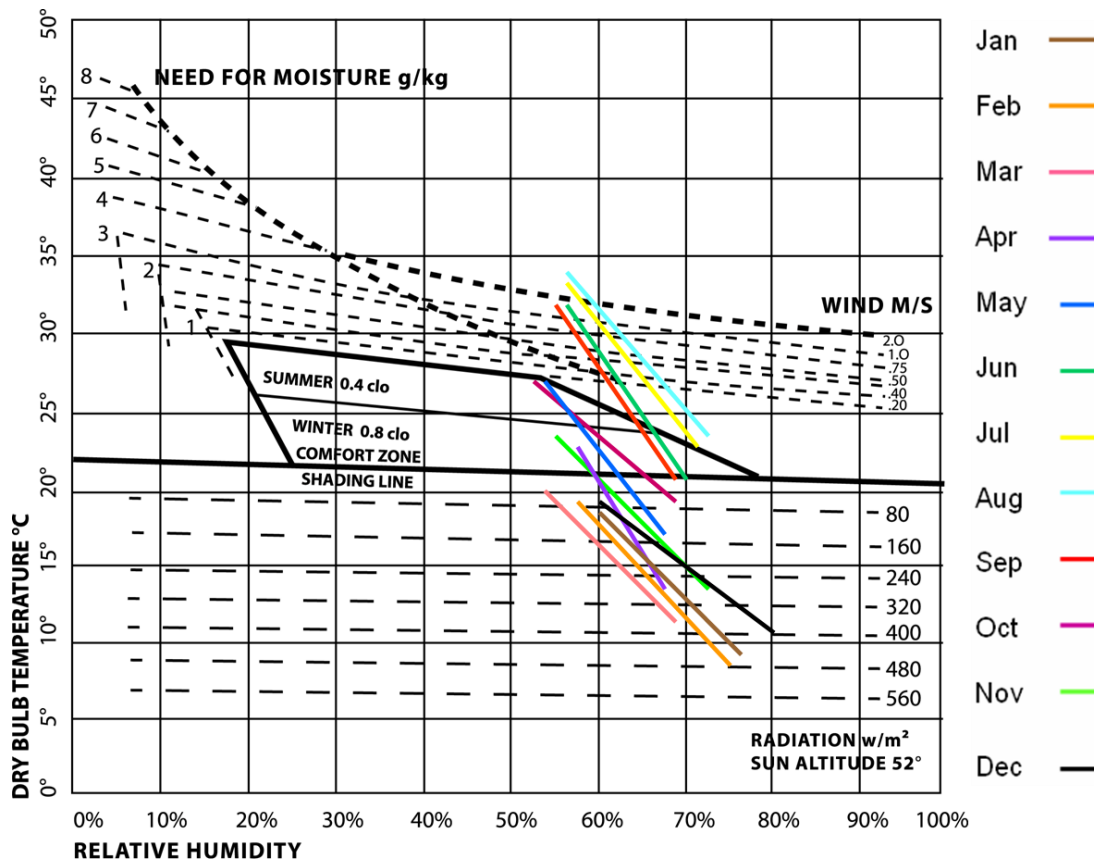
6.3.1.1 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών

Συγκεκριμένα, σχεδιάζεται το γραμμικό διάγραμμα $T=f(RH\%)$ για κάθε μήνα, χρησιμοποιώντας τα ζεύγη τιμών: μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία αέρα-μηνιαία ελάχιστη σχετική υγρασία και μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία αέρα-μηνιαία μέγιστη σχετική υγρασία. Οι γραμμές που δημιουργούνται, αντιστοιχούν σε ένα από τους μήνες του έτους και αντιπροσωπεύει τις εξωτερικές συνθήκες.

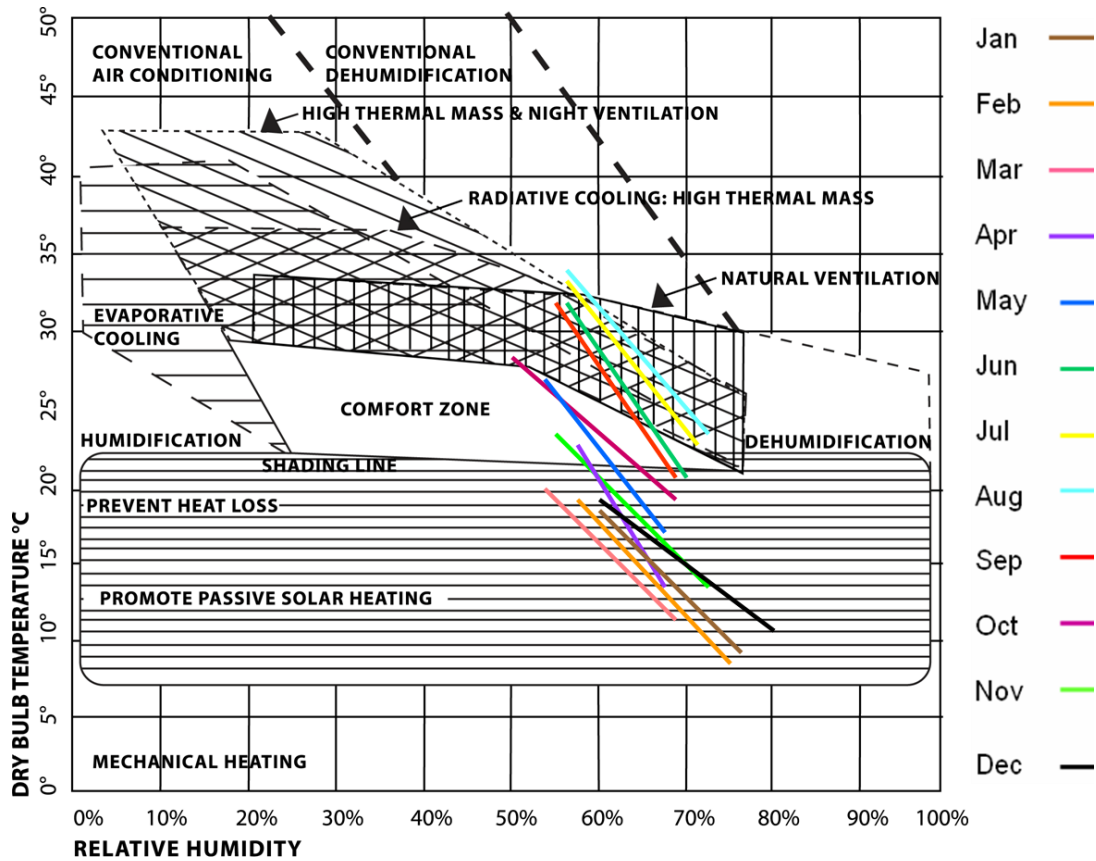
Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα από την ανάλυση των βιοκλιματικών χαρτών. Οι πίνακες που ακολουθούν, συνοψίζουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους βιοκλιματικούς χάρτες για όλους τους μήνες του χρόνου. Για κάθε μήνα χρησιμοποιείται ένας διαφορετικός χρωματισμός για να είναι ευανάγνωστα τα γραφήματα όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 71. Αυτοί οι χρωματισμοί ανά μήνα διατηρούνται σε όλες τις αποτυπώσεις των χαρτών διαφορετικών κλιματικών περιοχών της παρούσας μελέτης.

Ιανουάριος	
Φεβρουάριος	
Μάρτιος	
Απρίλιος	
Μάιος	
Ιούνιος	
Ιούλιος	
Αύγουστος	
Σεπτέμβριος	
Οκτώβριος	
Νοέμβριος	
Δεκέμβριος	

Διάγραμμα 71: Χρωματισμοί ανά μήνα στις γραμμικές εξισώσεις βιοκλιματικών χαρτών



Διάγραμμα 72: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Λεμεσού



Διάγραμμα 73: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Λεμεσού

Οι μηνιαίες διαγραμμίσεις στους βιοκλιματικούς χάρτες δείχνουν μια διαφορά θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μέρας της τάξεως των οκτώ με δέκα βαθμούς κελσίου, με ποσοστά υγρασίας αυξημένα κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Στον Πίνακα 39 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη.

Πίνακας 39: Αποτελέσματα ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λεμεσού

MONTHS	RADIATION NEEDS (W/m ²)	SHADING NEEDS	COMFORT STATE	WIND NEEDS (m/s)	MOISTURE NEEDS (g/kg)
JAN	80-420	0	-	-	-
FEB	60-460	0	-	-	-
MAR	0-350	0	-	-	-
APR	0-300	17%	√	-	-
MAY	0-140	61%	√	-	-
JUN	0	96%	√	0-1.5	-
JUL	0	100%	-	0-2.0	-
AUG	0	100%	-	0-2.0	-
SEP	0	96%	√	0-1.5	-
OCT	0-20	80%	√	0-0.3	-
NOV	0-260	23%	√	-	-
DEC	60-380	0	-	-	-

Στον Πίνακα 40 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη. Τα αρχικά του πίνακα 40 είναι: MH: Mechanical heating, PPSH & PHL: Promote passive solar heating & prevent heat loss, S: Shading, C: Comfort, EC: Evaporative Cooling, NV: Natural Ventilation, RCHTM: Radiative cooling & high thermal mass, HTMNv: High thermal mass & night ventilation, CAC: Conventional air conditioning, CD: Conventional dehumidification, H: Humidification, D: dehumidification. Το σύμβολο √ παρουσιάζει την ανάγκη για μια στρατηγική ή τεχνική ενώ το σύμβολο - παρουσιάζει την απουσία ανάγκη εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνικής ή στρατηγικής.

Πίνακας 40: Αποτελέσματα ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λεμεσού

MONTH	MH	PPSH/ PHL	S	C	EC	NV	RCHTM	HTMNV	CAC	CD	H	D
JAN	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APR	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
MAY	-	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
JUL	-	-	√	-	√	√	√	√	-	√	-	-
AUG	-	-	√	-	-	√	√	√	-	√	-	-
SEP	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
OCT	-	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
NOV	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC	-	√		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Αναλύοντας τους βιοκλιματικούς χάρτες και επεξηγώντας τους πίνακες 39 και 40 συμπεραίνουμε ότι στην παράλια πόλη της Λεμεσού δεν χρειάζονται μηχανικά μέσα για θέρμανση το χειμώνα αλλά ούτε και για ψύξη το καλοκαίρι εάν εφαρμοστούν όλες οι απαιτούμενες παθητικές στρατηγικές.

Για τους κρύους μήνες Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και Μαρτίου απαραίτητες είναι οι στρατηγικές θέρμανσης. Θα πρέπει να αποφευχθούν οι θερμικές απώλειες και να προωθηθεί στο μέγιστο ο παθητικός ηλιασμός. Οι ηλιακές απολαβές που χρειάζονται κατά

τη διάρκεια αυτών των μηνών για ικανοποιητική θέρμανση κυμαίνονται από 0 μέχρι 460 W/m² όπως φαίνεται στην ανάλυση του ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη.

Κατά τη διάρκεια των μηνών Απριλίου και Νοεμβρίου τα χαρακτηριστικά είναι πανομοιότυπα. Οι μηνιαίες γραμμές εμπίπτουν σε τρεις στρατηγικές. Υπάρχουν περίοδοι όπου θα πρέπει να υπάρχει αποφυγή των θερμικών απωλειών και η χρήση παθητικού ηλιασμού αλλά υπάρχουν και περίοδοι όπου επικρατεί άνεση. Ένα μέρος και των δύο μηνών απαιτεί σκιασμό για αποφυγή των ανεπιθύμητων ηλιακών κερδών. Αυτό είναι λογικό καθώς κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών τα πρωινά και αργά το βράδυ οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές με αποτέλεσμα να χρειαζόμαστε την αξιοποίηση των ηλιακών απολαβών το πρωί και βέβαια την θωράκιση του κελύφους για αποφυγή απωλειών κατά τη διάρκεια της μέρας και τη διατήρηση θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου. Παρόλα αυτά αρκετές φορές κατά τις μεσημβρινές ώρες η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι επιθυμητή γιατί αυξάνει κατά πολύ την εσωτερική θερμοκρασία. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται σκιασμός του κτιρίου.

Τον μήνα Μάιο επικρατούν κατά κύριο λόγο δύο κύριες ζώνες με το μεγαλύτερο ποσοστό να βρίσκεται στην περιοχή άνεσης. Ένα ποσοστό βρίσκεται στην περιοχή που χρειάζεται παθητικό ηλιασμό εφόσον στις αρχές Μαΐου επικρατούν ακόμη σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες ιδίως κατά τις πολύ πρωινές ώρες. Στο τέλος του μήνα η βιοκλιματική ανάλυση δείχνει και πολύ μικρό επηρεασμό από μια τρίτη ζώνη. Εκεί διαφαίνεται ότι ίσως θα πρέπει να αυξηθεί ο φυσικός αερισμός και να μειωθούν τα ηλιακά θερμικά κέρδη. Έτσι η ψύξη μέσω της εξάτμισης φαίνεται να είναι μια στρατηγική που θα πρέπει να εφαρμοστεί στα τέλη Μαΐου για δροσισμό όπου οι θερμοκρασίες παρουσιάζουν αυξητική τάση πλησιάζοντας το καλοκαίρι. Στο μεγαλύτερο μέρος του μήνα Μάι οι ανάγκες για σκιασμό είναι εμφανείς.

Ο Ιούνιος βρίσκεται για μεγάλο διάστημα στη ζώνη άνεσης. Όσο πλησιάζει όμως τον Ιούλιο οι υψηλές θερμοκρασίες αρχίζουν να εμφανίζονται όλο και συχνότερα. Για αυτό το λόγο η αύξηση της θερμικής μάζας με συνδυασμό με το νυχτερινό αερισμό θα πρέπει οπωσδήποτε να εφαρμοστούν. Ο φυσικός αερισμός με ταχύτητες ανέμου έως 1,2m/s και η σκίαση των κτιρίων είναι στρατηγικές απαραίτητες κατά τη διάρκεια του Ιουνίου για να υπάρξουν συνθήκες άνεσης.

Τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο θα πρέπει να ενισχυθεί ο φυσικός αερισμός με ταχύτητα ανέμου μέχρι και 2m/s. Συγχρόνως θα πρέπει να λειτουργήσει το φαινόμενο παθητικής

ψύξης αυξάνοντας τη μάζα του κτιρίου. Στρατηγικές όπως ο βραδινός αερισμός θα πρέπει να ενισχυθούν και λόγω των αυξημένων ποσοστών υγρασίας στην ατμόσφαιρα θα πρέπει να εφαρμοστεί η στρατηγική της αφύγρανσης. Η αφύγρανση είναι μια στρατηγική η οποία χρήζει εφαρμογής κυρίως στις παράλιες περιοχές λόγω των αυξημένων επιπέδων υγρασίας που καθιστούν την ατμόσφαιρα αποπνικτική κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με μηχανικά μέσα.

Ο μήνας Σεπτέμβρης παρουσιάζεται πιο ήπιος από τους καλοκαιρινούς και αρκετό ποσοστό του βρίσκεται στη ζώνη άνεσης. Αυτό κυρίως κατά τις βραδινές ώρες όπου οι θερμοκρασίες είναι μειωμένες. Ο φυσικός αερισμός παραμένει απαραίτητος για να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης στο κτίριο και η προώθηση φυσικού δροσισμού μέσω εξάτμισης αναμένεται να λειτουργήσει επιτυχώς. Η σκίαση είναι αναγκαία καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα και η θερμική μάζα του κτιρίου είναι απαραίτητη σε συνδυασμό με το νυχτερινό αερισμό για μείωση των υψηλών θερμοκρασιών.

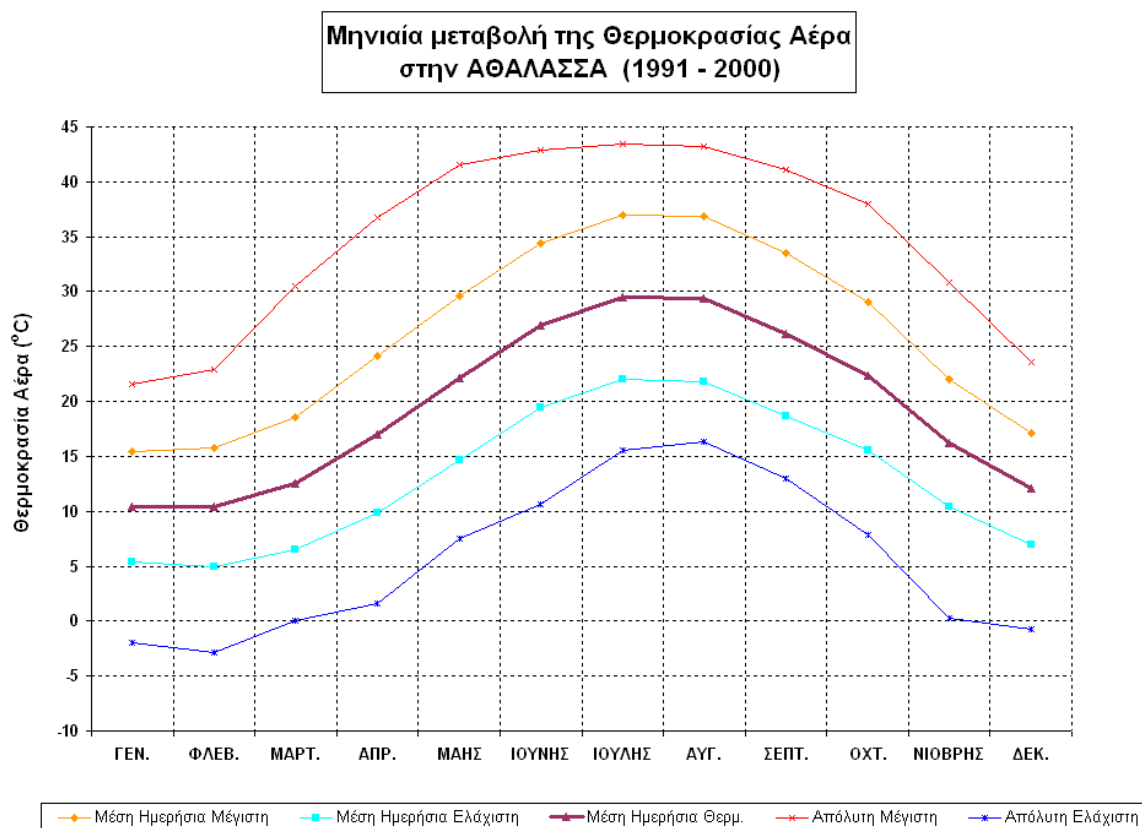
Τον μήνα Οκτώβριο επικρατούν κυρίως δύο ζώνες με τη μεγαλύτερη να βρίσκεται στην περιοχή άνεσης. Στις αρχές του μήνα οι θερμοκρασίες είναι ακόμη υψηλές κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες ως εκ τούτου συστήνεται συστηματικός φυσικός αερισμός με ταχύτητα ανέμου μέχρι 0,75 m/s. Ο δροσισμός μέσω εξάτμισης φαίνεται να είναι αποτελεσματικός σε περιόδους αυξημένων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια Οκτωβρίου. Η σκίαση χρειάζεται κυρίως μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου όπου οι θερμοκρασίες παρουσιάζουν πτωτική τάση.

6.4 Ανάλυση κλιματικής περιοχής ενδοχώρας

Για τη βιοκλιματική ανάλυση μιας περιοχής της ενδοχώρας στην Κύπρο επιλέχθηκε η πόλη της Λευκωσίας. Η Λευκωσία είναι η πρωτεύουσα και η μεγαλύτερη πόλη της Κύπρου. Κατατάσσεται στις περιοχές της ενδοχώρας και βρίσκεται γεωγραφικά στο κέντρο του νησιού. Οι μετεωρολογικές μετρήσεις πάρθηκαν από το σταθμό Αθαλάσσης ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 162m, γεωγραφικό πλάτος 35° 09' και μήκος 33° 24'. Η ανάλυση σε αυτό το κεφάλαιο βοηθά στον καθορισμό των κατάλληλων στρατηγικών που πρέπει να ακολουθούνται στον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμική άνεση όχι μόνο στη Λευκωσία αλλά σε όλες τις περιοχές της ενδοχώρας στο νησί με κοινά κλιματικά χαρακτηριστικά.

6.4.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα

Θερμοκρασία αέρα: σύμφωνα με τα στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, για την πόλη της Λευκωσίας η μέση ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία σημειώνεται τον Ιανουάριο και ανέρχεται στους 5.4 °C και η μέση ημερήσια μέγιστη τον Ιούλιο και είναι 37.8°C.



Διάγραμμα 74: Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα στην Αθαλάσσα

Πίνακας 41: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στη Λευκωσία

Μήνας	Γεν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάη	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση Ημερ. Μέγ. Θερμ.	15.5	16.2	20.1	24.2	29.6	34.6	37.8	37.1	33.4	28.7	22.5	17.2
Μέση Ημερ. Ελάχ. Θερμ.	5.4	5.7	7.8	11.0	15.4	20.2	22.8	22.4	19.2	15.7	10.7	7.3

Ηλιακή ακτινοβολία: στους πίνακες 42 και 43 παρουσιάζονται οι τρεις πιο αντιπροσωπευτικοί μήνες κατά τους οποίους σημειώνονται τα χαμηλότερα, υψηλότερα και μέσα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Λευκωσίας.

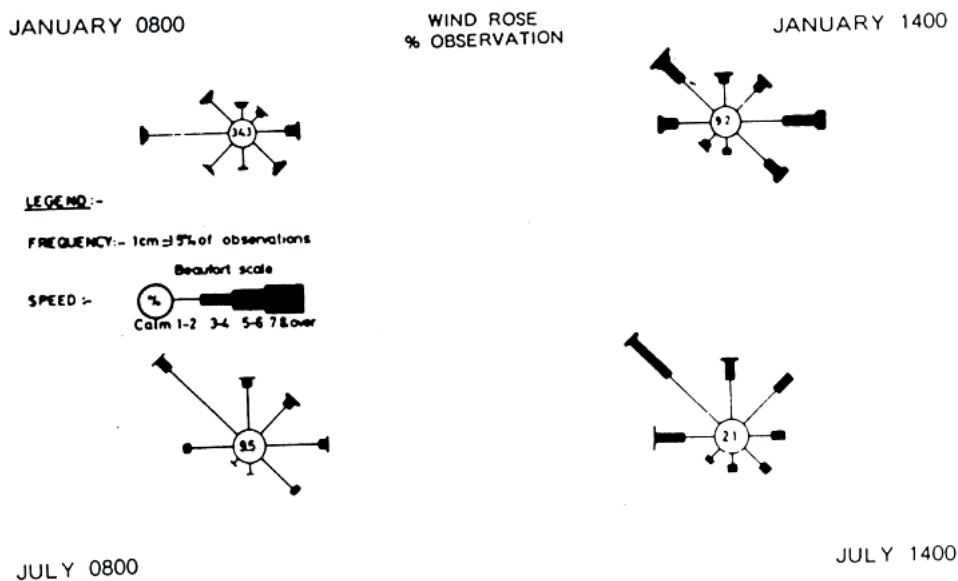
Πίνακας 42: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στη Λευκωσία

Μέση Μηνιαία	Ιανουάριος 21	Απρίλιος 21	Ιούλιος 21
Wh/m ² DAY	2390	6440	8020

Πίνακας 43: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m² Λευκωσία

Ωρες	Ιανουάριος 21	Απρίλιος 21	Ιούλιος 21
6π.μ/ 6μ.μ	-	-	160
7π.μ/ 7μ.μ	-	193	401
8π.μ /8 μ.μ	95	386	561
9π.μ /9 μ.μ	215	580	722
10π.μ /10 μ.μ	335	773	882
11π.μ /11 μ.μ	454	902	922
12π.μ /12 μ.μ	502	966	962

Άνεμος: σύμφωνα με τα πιο κάτω ανεμολογικά δεδομένα, οι επικρατούντες άνεμοι για την περιοχή της Λευκωσίας για το μήνα Γενάρη είναι δυτικοί με συχνότητα 21% τις πρωινές ώρες, ενώ μετά το μεσημέρι μετατρέπονται σε βορειοδυτικούς και ανατολικούς με αντίστοιχες συχνότητες 18.8% και 21%. Το μήνα Ιούλη οι επικρατούντες άνεμοι είναι βορειοδυτικοί με συχνότητα 27% τις πρωινές ώρες. Κατά τις απογευματινές ώρες παραμένουν βορειοδυτικοί με αύξηση στο 30%.



Εικόνα 20: Ένταση ανέμου (%) στη Λευκωσία

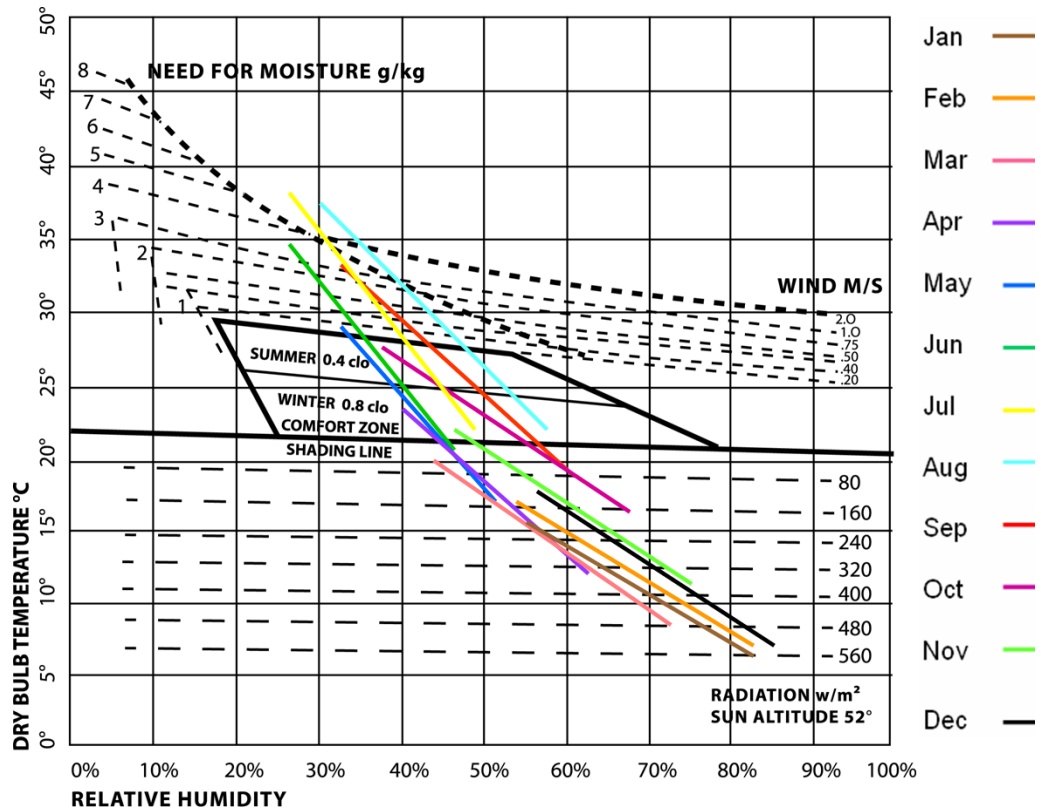
Σχετική υγρασία: η σχετική υγρασία ιδιαίτερα κατά τις μεσημβρινές ώρες του καλοκαιριού είναι πολύ χαμηλή στις περιοχές της ενδοχώρας με αποτέλεσμα να επικρατούν συνθήκες δυσφορίας.

Πίνακας 44: Σχετική υγρασία (RH%) στη Λευκωσία

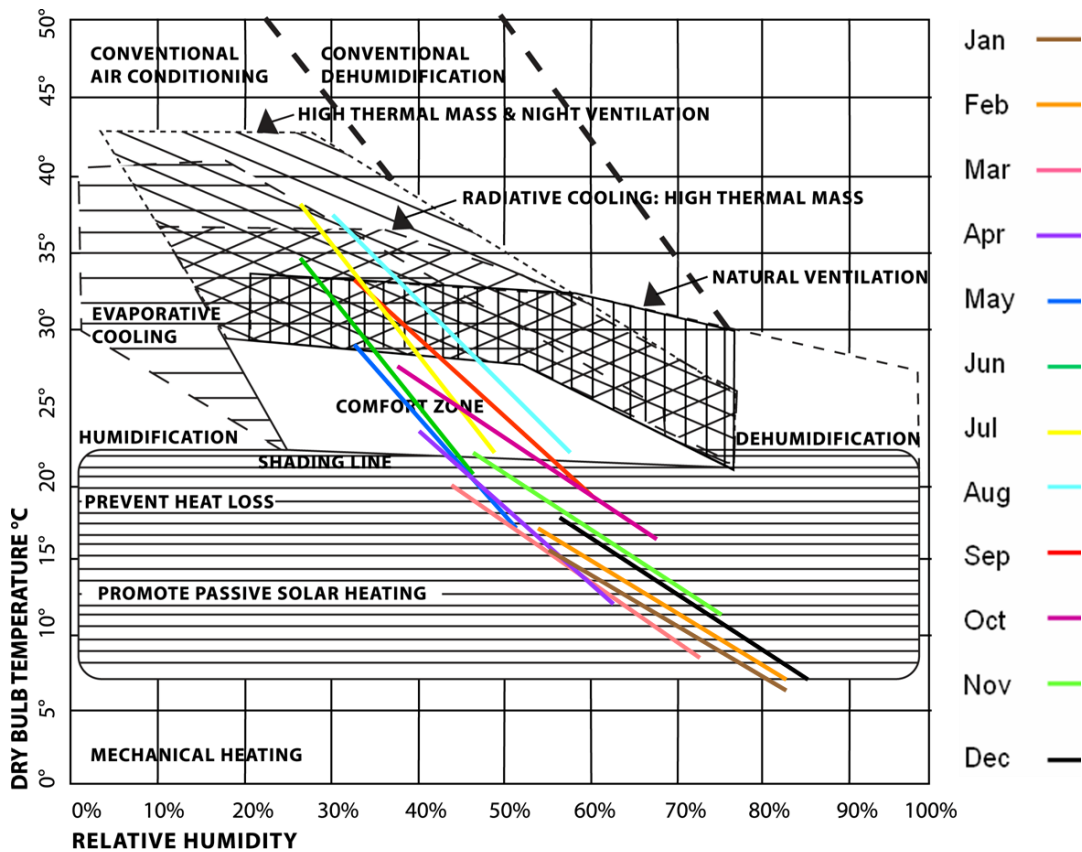
Μήνες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάη	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ
0800	84	83	73	63	52	47	51	59	60	67	76	85
HRS												
1400	56	55	45	40	34	28	27	30	33	38	46	57
HRS												

6.4.2 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών

Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε το διάγραμμα $T=f(RH\%)$ για κάθε μήνα, χρησιμοποιώντας τα ζεύγη τιμών: μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία αέρα-μηνιαία ελάχιστη σχετική υγρασία και μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία αέρα-μηνιαία μέγιστη σχετική υγρασία. Οι γραμμές που δημιουργούνται, αντιστοιχούν σε ένα από τους μήνες του έτους και αντιπροσωπεύουν τις εξωτερικές συνθήκες. Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα από την ανάλυση των βιοκλιματικών χαρτών. Ακολουθούν πίνακες οι οποίοι συνοψίζουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους βιοκλιματικούς χάρτες για όλους τους μήνες του χρόνου.



Διάγραμμα 75: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Λευκωσίας



Διάγραμμα 76: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Λευκωσίας

Οι μηνιαίες διαγραμμίσεις για την περιοχή της Λευκωσίας παρουσιάζουν αυξημένο μήκος σε σύγκριση με τις μηνιαίες διαγραμμίσεις για την πόλη της Λεμεσού. Αυτό είναι αναμενόμενο λόγω των αυξημένων διαφορών θερμοκρασίας αλλά και υγρασίας κατά τη διάρκεια της μέρας που κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες αγγίζουν τους δεκαπέντε βαθμούς κελσίου. Στους πίνακες 45 και 46 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών, ποσοτικού και ποιοτικού.

Πίνακας 45: Ανάλυση ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λευκωσίας

MONTHS	RADIATION NEEDS (W/m ²)	SHADING NEEDS	COMFORT STATE	WIND NEEDS (m/s)	MOISTURE NEEDS (g/kg)
JAN	180-560	0	-	-	-
FEB	120-540	0	-	-	-
MAR	0-470	0	-	-	-
APR	0-340	17%	√	-	-
MAY	0-140	59%	√	0-0.1	-
JUN	-	92%	√	0-1.5	0-3.5
JUL	-	100%	√	0-2.0	0-3.5
AUG	-	100%	√	0-2.0	0-3
SEP	-	88%	√	0-1.0	0-3
OCT	0-170	49%	√	-	-
NOV	0-340	7.5%	√	-	-
DEC	0-540	0	-	-	-

Πίνακας 46: Ανάλυση ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Λευκωσίας

MONTH	MH	PPSH/ PHL	S	C	EC	NV	RCHTM	HTMNV	CAC	CD	H	D
JAN	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APR	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
MAY	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
JUL	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
AUG	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
SEP	-	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
OCT	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου η Λευκωσία εμπίπτει σε δύο ζώνες. Παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις για θέρμανση όχι μόνο με παθητικά αλλά και με μηχανικά μέσα. Η παθητική ηλιακή θέρμανση με ακτινοβολία βοηθά κυρίως κατά τις πρωινές ώρες και είναι απαραίτητη ηλιακή ακτινοβολία μέχρι και 560 W/m^2 .

Το Μάρτιο οι θερμοκρασίες είναι αρκετά χαμηλές χωρίς όμως να υπάρχει ανάγκη μηχανική θέρμανσης. Απολαβές της τάξεως των 490 W/m^2 της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να αποζημιώσει τις αντίστοιχες χαμηλές θερμοκρασίες αέρα

Ο Απρίλιος, ο Μάιος καθώς και οι φθινοπωρινοί μήνες Οκτωβρίου και Νοεμβρίου παρουσιάζουν παρόμοιες συνθήκες. Βρίσκονται κυρίως σε τρεις ζώνες με το κύριο μέρος να βρίσκεται στη ζώνη άνεσης. Κατά τις πρωινές ώρες οι ηλιακές απολαβές είναι

ευπρόσδεκτες λόγω σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών και η μείωση απωλειών είναι αναγκαία για διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας εντός του κτιρίου. Κατά της μεσημβρινές ώρες ο σκιασμός είναι αναγκαίος για αποφυγή υπερθέρμανσης.

Παρόμοιες συνθήκες παρουσιάζουν και οι μήνες Ιούνιος και Σεπτέμβριος. Απαραίτητος ο φυσικός αερισμός με ταχύτητα αέρα μέχρι 1.5m/s τον Ιούνιο και 1.0m/s τον Σεπτέμβριο. Δροσισμός φαίνεται να επιτυγχάνεται με εξάτμιση και μεγάλη θερμική μάζα κτιρίου σε συνδυασμό με νυχτερινό αερισμό. Αυτοί οι δύο μήνες βρίσκονται πριν και μετά τους έντονα θερμούς καλοκαιρινούς μήνες. Αυτή την εποχή καθώς και καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρείται μειωμένη υγρασία και ξηρασία στην ατμόσφαιρα. Ως αποτέλεσμα η ύγρανση σε ποσότητα έως 3.5 g/kg μπορεί να προσφέρει τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης.

Κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών του χρόνου Ιουλίου και Αυγούστου οι βιοκλιματικοί χάρτες παρουσιάζουν έξι στρατηγικές. Ο σκιασμός σε όλη τη διάρκεια της ηλιοφάνειας είναι αναγκαίος. Ο φυσικός αερισμός με αυξημένες ταχύτητες αέρα, 2.0m/s, κυρίως κατά τις ώρες με μειωμένες θερμοκρασίες ενδείκνυται καθώς και ο δροσισμός με εξάτμιση. Επίσης η αυξημένη θερμική μάζα του κτιρίου σε συνδυασμό με το νυχτερινό αερισμό μπορεί να επιφέρει εντυπωσιακά αποτελέσματα, λόγω των μεγάλων ημερησίων διαφορών θερμοκρασίας. Τέλος οι ανάγκες σε υγρασία κυρίως κατά τη διάρκεια της μέρας κυμαίνονται στο ποσό των 3.5 g/kg.

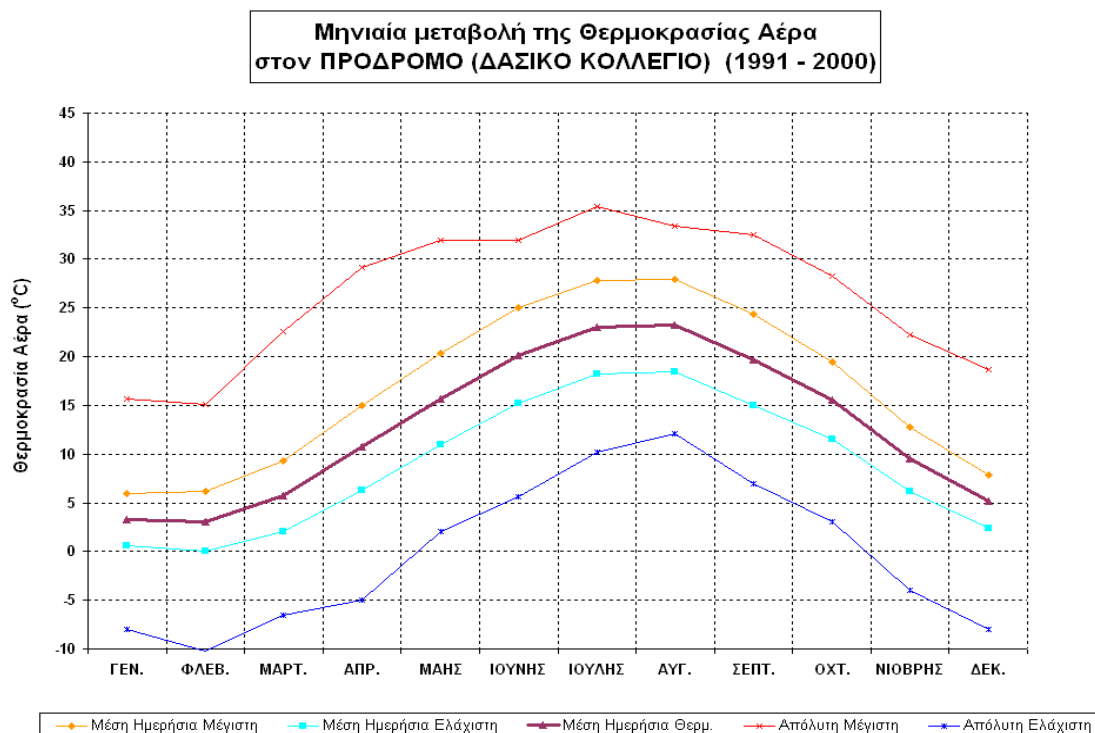
6.5 Βιοκλιματική ανάλυση ορεινής κλιματικής περιοχής

Για τη βιοκλιματική ανάλυση μιας ορεινής περιοχής στην Κύπρο επιλέχθηκε το χωριό Πρόδρομος. Ο Πρόδρομος είναι χωριό της επαρχίας Λεμεσού στη γεωγραφική περιφέρεια της Νότιας Μαραθάσας, περίπου 60 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της πόλης της Λεμεσού. Είναι κτισμένο σε μέσο υψόμετρο 1.380 μέτρων από το μέσο όρο της στάθμης της θάλασσας και είναι το ψηλότερο χωριό της Κύπρου. Δέχεται μια πολύ ψηλή μέση ετήσια βροχόπτωση, που φτάνει τα 922 χιλιοστόμετρα. Ο Πρόδρομος χαρακτηρίζεται από ψυχρό και βροχερό χειμώνα και δροσερό και ξηρό καλοκαίρι. Κατά τους χειμερινούς μήνες, εκτός από την πολύ ψηλή βροχόπτωση, δέχεται και αρκετή χιονόπτωση. Η ανάλυση σε αυτό το κεφάλαιο βοηθά στον καθορισμό των κατάλληλων στρατηγικών που πρέπει να ακολουθούνται στον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμική άνεση όχι

μόνο στην περιοχή του χωριού Πρόδρομος αλλά σε όλες τις ορεινές περιοχές του νησιού με παρόμοια ή κοινά κλιματικά χαρακτηριστικά.

6.5.1 Κλιματικά στοιχεία και μετεωρολογικά δεδομένα

Θερμοκρασία αέρα: Σύμφωνα με τα στοιχεία της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, για την περιοχή Προδρόμου η μέση ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία σημειώνεται τον Φεβρουάριο και ανέρχεται στους 0.3 °C και η μέση ημερήσια μέγιστη τον Ιούλιο και είναι 18.4°C.



Διάγραμμα 77: Μηνιαία μεταβολή θερμοκρασίας αέρα στον Πρόδρομο

Πίνακας 47: Μέση ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) στον Πρόδρομο

Μήνας	Γεν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάη	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση Ημερ. Μέγ. Θερμ.	6.3	6.6	10.3	15.1	20.5	25.0	28.1	27.9	24.4	19.6	12.8	8.0
Μέση Ημερ. Ελάχ. Θερμ.	0.7	0.3	2.8	6.3	11.1	15.2	18.4	18.2	14.9	11.3	6.2	2.5

Ηλιακή ακτινοβολία: στους πίνακες 48 και 49 παρουσιάζονται οι τρεις πιο αντιπροσωπευτικοί μήνες κατά τους οποίους σημειώνονται τα χαμηλότερα, υψηλότερα και μέσα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας στο χωριό Πρόδρομος.

Πίνακας 48: Μέση μέγιστη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στον Πρόδρομο

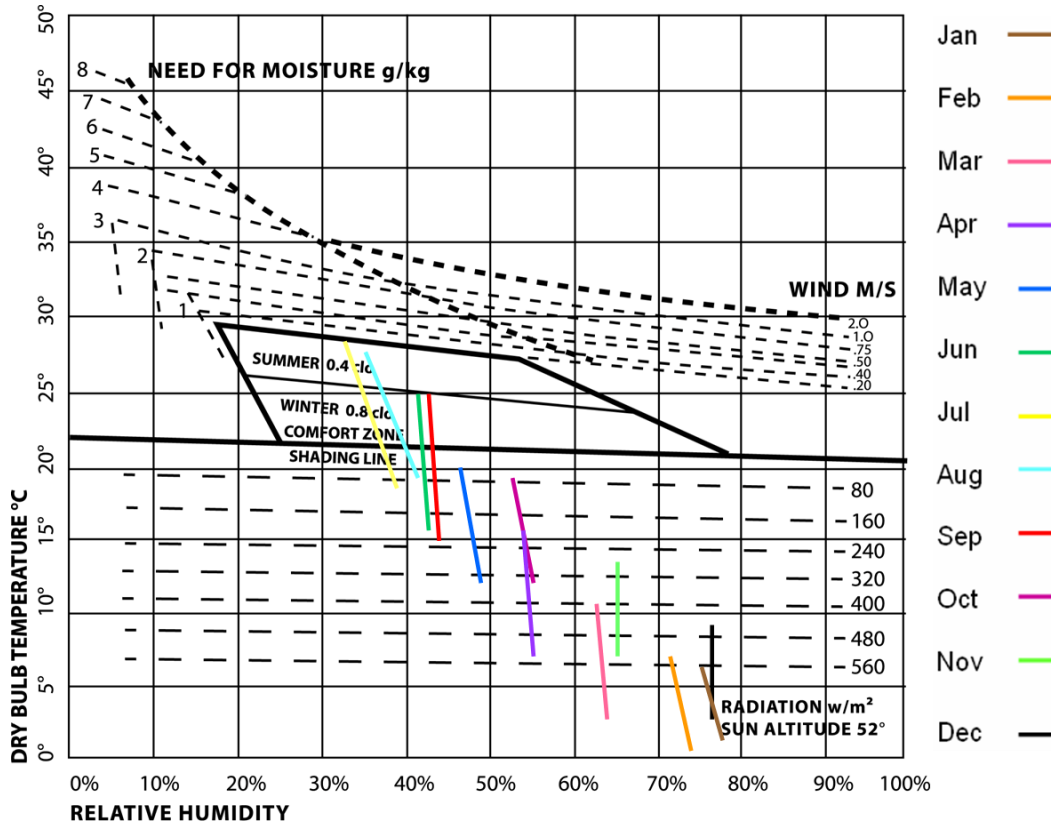
Μέση Μηνιαία	Ιανουάριος 21	Απρίλιος 21	Ιούλιος 21
Wh/m ² DAY	2290	5750	7740

Πίνακας 49: Ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο κάθε ώρα W/m² -Πρόδρομος

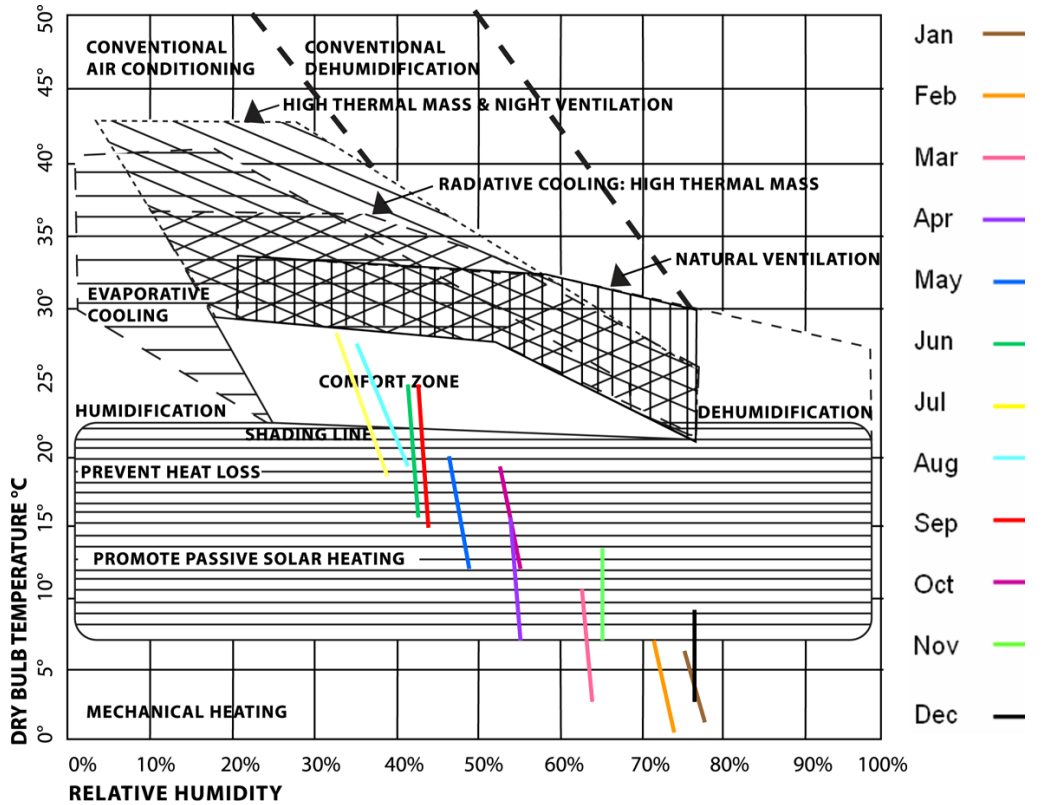
Ώρες	Ιανουάριος 21	Απρίλιος 21	Ιούλιος 21
6π.μ/ 6μ.μ	-	-	155
7π.μ/ 7μ.μ	-	172	387
8π.μ /8 μ.μ	92	345	542
9π.μ /9 μ.μ	206	517	697
10π.μ /10 μ.μ	321	690	851
11π.μ /11 μ.μ	435	805	890
12π.μ /12 μ.μ	480	862	929

Άνεμος: σύμφωνα με τα πιο κάτω ανεμολογικά δεδομένα, οι επικρατούντες άνεμοι για την περιοχή του Προδρόμου για το μήνα Γενάρη είναι νοτιοδυτικοί με συχνότητα 52,5% και βορειοανατολικοί με συχνότητα 28,5 κατά τις πρωινές ώρες. Μετά το μεσημέρι οι προσανατολισμοί των ανέμων παραμένουν ίδιοι με μια ελαφρά μείωση της συχνότητα εμφάνισης. Το μήνα Ιούλη οι επικρατούντες άνεμοι είναι βορειοανατολικοί με συχνότητα 54% τις πρωινές ώρες. Κατά τις απογευματινές ώρες μειώνεται η συχνότητα των βορειοανατολικών ανέμων σε 27% και αυξάνονται οι βόρειοι άνεμοι σε συχνότητα 28.5%.

6.5.2 Αποτύπωση βιοκλιματικών χαρτών



Διάγραμμα 78: Βιοκλιματικός χάρτης ποσοτικών αποτελεσμάτων Προδρόμου



Διάγραμμα 79: Βιοκλιματικός χάρτης ποιοτικών αποτελεσμάτων Προδρόμου

Οι μηνιαίες διαγραμματίσεις για την ορεινή περιοχή του Προδρόμου έχουν μικρό μήκος και είναι σχεδόν κάθετες ως προς τον άξονα των τετμημένων. Γεγονός που υποδηλώνει τις πολύ μικρές θερμοκρασιακές διαφορές κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και τις σχεδόν ανύπαρκτες διαφορές υγρασίας κυρίως κατά τους θερινούς μήνες.

Πίνακας 51: Ανάλυση ποσοτικού βιοκλιματικού χάρτη Προδρόμου

MONTHS	RADIATION NEEDS (W/m ²)	SHADING NEEDS	COMFORT STATE	COOLING NEEDS - WIND(m/s)	MOISTURE NEEDS (g/kg)
JAN	>560	0	-	-	-
FEB	>560	0	-	-	-
MAR	>400	0	-	-	-
APR	200-540	0	-	-	-
MAY	0-340	0	-	-	-
JUN	0-230	38%	√	-	-
JUL	0-90	70%	√	-	-
AUG	0-80	75%	√	-	-
SEP	0-240	35%	√	-	-
OCT	190-320	0	-	-	-
NOV	260-520	0	-	-	-
DEC	>440	0	-	-	-

Πίνακας 52: Ανάλυση ποιοτικού βιοκλιματικού χάρτη Προδρόμου

MONTH	MH	PPSH/ PHL	S	C	EC	NV	RCHTM	HTMNV	CAC	CD	H	D
JAN	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APR	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAY	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
AUG	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Από το Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο στα ορεινά επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να χρειάζεται συνδυασμός ηλιακών απολαβών, αποφυγής θερμικού φορτίου και μηχανικής θέρμανσης για να επικρατήσουν συνθήκες άνεσης. Οι ηλιακές απολαβές είναι απαραίτητες στο μέγιστο βαθμό και τους πέντε αυτούς μήνες.

Λίγο πριν και λίγο μετά τους κρύους μήνες, κατά τη διάρκεια δηλαδή του Μάη αλλά και του Οκτώβρη οι ανάγκες σε παθητική θέρμανση μέσω ηλιακής ακτινοβολίας παραμένουν απαραίτητες σε ύψος 340 W/m^2 χωρίς να υπάρχει όμως πλέον ανάγκη μηχανικής θέρμανσης.

Το Σεπτέμβριο αλλά και τον Ιούνιο οι συνθήκες που επικρατούν είναι παρόμοιες. Ένα μέρος των μηνών αυτών βρίσκεται στη ζώνη άνεσης. Υπάρχουν ακόμη ανάγκες ηλιακών απολαβών και αποφυγής των θερμικών απωλειών σε μικρότερο βαθμό από τους

προαναφερθέντες μήνες. Κατά τις μεσημβρινές ώρες ενδέχεται να υπάρξουν και ανάγκες σε σκιασμό για αποφυγή παροδικής υπερθέρμανσης.

Οι καλοκαιρινοί μήνες Ιουλίου και Αυγούστου παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα άνεσης. Βρίσκονται ως επί το πλείστον στη ζώνη άνεσης με κάποιες ανάγκες σκιασμού κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες. Έκπληξη δεν αποτελεί το γεγονός ότι η θωράκιση του κτιρίου συνεχίζει να είναι απαραίτητη καθώς και μικρά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας χρειάζονται κυρίως κατά τις πρώτες πρωινές ώρες αφού οι θερμοκρασίες είναι αισθητά μειωμένες.

6.6 Ανάλυση και επεξεργασία αποτελεσμάτων βιοκλιματικών χαρτών

Προς διευκόλυνση της αξιολόγησης αλλά και της βιοκλιματικής ανάλυσης παρουσιάζονται οι πίνακες 52 και 53 όπου συνοψίζονται τα αποτελέσματα και των τριών κλιματικών περιοχών. Το μπλε χρώμα αντιπροσωπεύει τη Λεμεσό, το κόκκινο τη Λευκωσία και το πράσινο τον Πρόδρομο

Οι πίνακες χωρίζονται στα αποτελέσματα που δίνουν οι βιοκλιματικοί χάρτες. Ο πίνακας 52 αφορά τα αποτελέσματα των ποσοτικών βιοκλιματικών χαρτών και ο πίνακας 53 τα αποτελέσματα των ποιοτικών βιοκλιματικών χαρτών. Το σύμβολο \surd παρουσιάζει την ανάγκη για μια στρατηγική ή τεχνική ενώ το σύμβολο – παρουσιάζει την απουσία ανάγκης εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνικής ή στρατηγικής.

Στη συνέχεια οι ανάγκες θέρμανσης δηλαδή οι ανάγκες ηλιακής ακτινοβολίας θα αναλυθούν με μετρήσεις οι οποίες συλλέχθηκαν από την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου κατά τα τελευταία χρόνια. Θα αναχθούν στις απαραίτητες μονάδες έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν και να διαφανεί αν οι υπάρχουσες συνθήκες ικανοποιούν ή όχι τις ανάγκες ηλιασμού στις τρεις κλιματικές περιοχές.

Πίνακας 53: Συνδυασμός αποτελεσμάτων ποσοτικών βιοκλιματικών χαρτών από τρεις περιοχές

MONTHS	RADIATION NEEDS (W/m ²)			SHADING NEEDS			COMFORT STATE			WIND NEEDS (m/s)			MOISTURE NEEDS (g/kg)		
	JAN	80-420	180-560	>560	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	60-460	120-540	>560	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	0-350	0-470	>400	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APR	0-300	0-340	200-540	17%	17%	0	√	√	-	-	-	-	-	-	-
MAY	0-140	0-140	0-340	61%	59%	0	√	√	-	-	0-0.1	-	-	-	-
JUN	0	0	0-230	96%	92%	38%	√	√	√	0-1.5	0-1.5	-	-	0-3.5	-
JUL	0	0	0-90	100%	100%	70%	-	√	√	0-2.0	0-2.0	-	-	0-3.5	-
AUG	0	0	0-80	100%	100%	75%	-	√	√	0-2.0	0-2.0	-	-	0-3	-
SEP	0	0	0-240	96%	88%	35%	√	√	√	0-1.5	0-1.0	-	-	0-3	-
OCT	0-20	0-170	190-320	80%	49%	0	√	√	-	0-0.3	-	-	-	-	-
NOV	0-260	0-340	260-520	23%	7.5%	0	√	√	-	-	-	-	-	-	-
DEC	60-380	0-540	>440	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 54: Συνδυασμός αποτελεσμάτων ποιοτικών βιοκλιματικών χαρτών από τρεις περιοχές

MONTHS	MH			PPSH/ PHL			S			C			EC			NV			RCHTM			HTMNV			CAC			CD			H			D		
JAN	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APR	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAY	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-
AUG	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

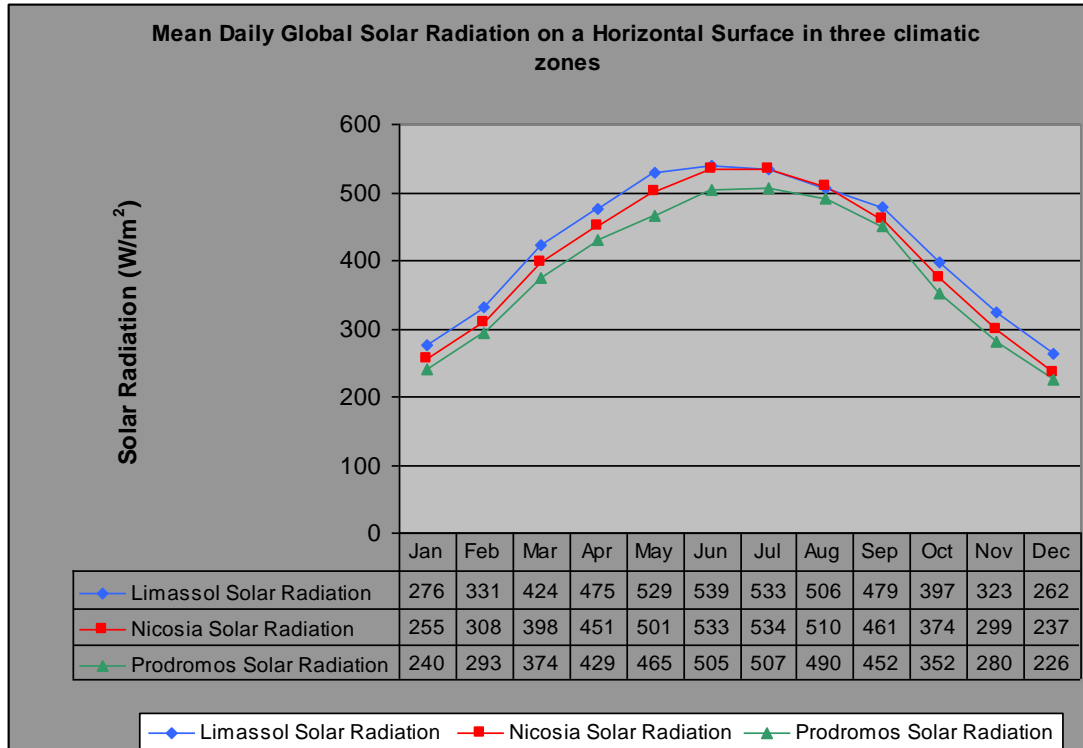
6.7 Αξιολόγηση επάρκειας ηλιακής ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στις τρεις κλιματικές περιοχές

Σε αυτό το υποκεφάλαιο συγκρίνονται τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών με τις μετρήσεις και τα δεδομένα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου για να διαφανεί ή όχι η επάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας, μέσω των κλιματικών καταγραφών στην Κύπρο. Μέσα από τη βιοκλιματική ανάλυση βρέθηκαν ήδη οι ανάγκες θέρμανσης τριών περιοχών στην Κύπρο. Στα διαγράμματα 80 έως 84 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες μετρήσεις διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα από τη βιοκλιματική ανάλυση συγκρίνονται με μετρήσεις και στοιχεία των τελευταίων τριάντα ετών της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου (Πίν. 54.). Οι συγκρίσεις οδηγούν στο συμπέρασμα εάν η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι κατάλληλη για να παρέχει την αναγκαία παθητική θέρμανση για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης το χειμώνα. Η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία έχει αναχθεί σε W/m^2 για διευκόλυνση της σύγκρισης των αποτελεσμάτων και είναι βασισμένα στον ημερήσιο χρόνο ηλιοφάνειας «Mean Day Length». Αξίζει να αναφερθεί ότι η Κύπρος παρουσιάζει πολύ υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και μεγάλο ημερήσιο χρόνο ηλιοφάνειας. Το γεγονός αυτό ωθεί στην αξιοποίηση του ήλιου ως πηγή ενέργειας και θέρμανσης.

Παρατηρείται ότι οι ακτινοβολίες που επικρατούν κυμαίνονται από 200 μέχρι 550 W/m^2 με τις υψηλότερες να σημειώνονται στα παράλια και τις χαμηλότερες στα ορεινά. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μεταξύ Ιουνίου και Αυγούστου υπάρχουν αυξημένες ηλιακές απολαβές και κυρίως τον μήνα Ιούλιο παρατηρείται μια άνοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στην ενδοχώρα σε επίπεδα που ξεπερνά την ακτινοβολία στα παράλια. Φαίνεται επίσης ότι η ηλιακή ακτινοβολία στην Κύπρο δεν παρουσιάζει πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ των κλιματικών περιοχών. Ακόμη και οι ορεινές περιοχές απολαμβάνουν ηλιακή ακτινοβολία ολόχρονα με μικρές σχετικά πτώσεις συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές.

Πίνακας 55: Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

MEAN DAILY GLOBAL SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL SURFACE (W/m^2)												
Area	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Limassol	276,0	330,8	423,8	475,5	529,1	539,4	533,2	506,2	479,5	397,3	323,1	262,5
Nicosia	255,4	307,6	398,0	451,1	501,2	533,5	533,7	510,0	461,4	374,2	298,8	236,6
Prodromos	239,5	292,6	374,0	429,4	465,2	505,0	507,2	490,5	451,7	352,5	280,0	226,0



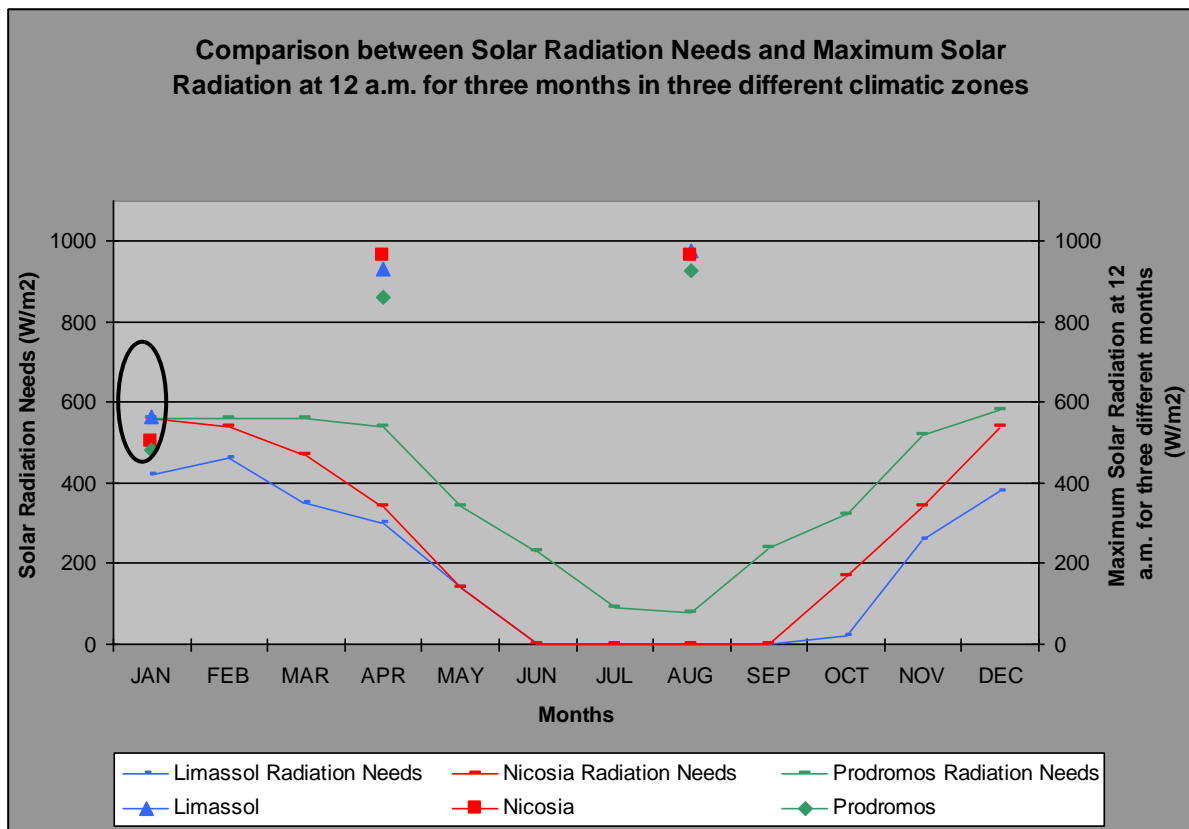
Διάγραμμα 80: Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

Στο διάγραμμα 80 παρουσιάζονται οι διαθέσιμες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας ανά κλιματική περιοχή κάθε μήνα και στο διάγραμμα 81 γίνεται σύγκριση μεταξύ των αναγκών ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές περιοχές όπως διαφάνηκαν μέσα από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες και των μέγιστων ηλιακών απολαβών κατά τη 12^η μεσημβρινή τριών διαφορετικών μηνών, Ιανουαρίου, Απριλίου και Αυγούστου (Πιν.55). Να σημειωθεί ότι κατά τους χειμερινούς μήνες οι βιοκλιματικοί χάρτες δεν προσδιορίζουν τα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας που απαιτούνται πέραν των 560 w/m² με αποτέλεσμα το χειμώνα να απουσιάζει η ακρίβεια των υψηλών ηλιακών αναγκών. Επίσης κατά τη 12^η μεσημβρινή παρουσιάζονται οι μέγιστες ηλιακές απολαβές αλλά όχι αναγκαστικά και οι μέγιστες θερμοκρασίες. Ενδιαφέρον παρατηρείται στη σύγκριση των ηλιακών αναγκών τον Ιανουάριο όπου υπάρχει και η ουσιαστική ανάγκη για παθητική θέρμανση. Φαίνεται ότι οι μέγιστες απολαβές κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες είναι αρκετά αυξημένες (πολύ πιο πάνω από το μέσο όρο ο οποίος συγκρίθηκε στα προηγούμενα γραφήματα). Συγκεκριμένα φαίνεται η Λεμεσός να υπερκαλύπτεται σε ανάγκες και η Λευκωσία να υπολείπεται μικρού ποσού. Η περιοχή που δεν ικανοποιείται από τις μέγιστες ηλιακές απολαβές κατά τις μεσημβρινές ώρες και απέχει κατά πολύ είναι ο Πρόδρομος. Αυτό το διάγραμμα επιβεβαιώνει ουσιαστικά την ορθότητα των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών χαρτών έστω και σε ένα ωριαίο και μέγιστο επίπεδο.

Βεβαία ο μέσος όρος ημερησίως και κατ' επέκταση μηνιαίως είναι πολύ χαμηλότερος από την ωριαία μέγιστη ακτινοβολία που φαίνεται στο διάγραμμα 81 αλλά φαίνεται ότι αν αξιοποιηθεί η πολύ υψηλή ακτινοβολία των μεσημβρινών ωρών με τις κατάλληλες τεχνικές τότε μπορεί να υπάρχει η μέγιστη δυνατή κάλυψη όπως αυτή προβάλλεται στους βιοκλιματικούς χάρτες.

Πίνακας 56: Ηλιακή ακτινοβολία κατά την 12^η μεσημβρινή στις τρεις κλιματικές ζώνες

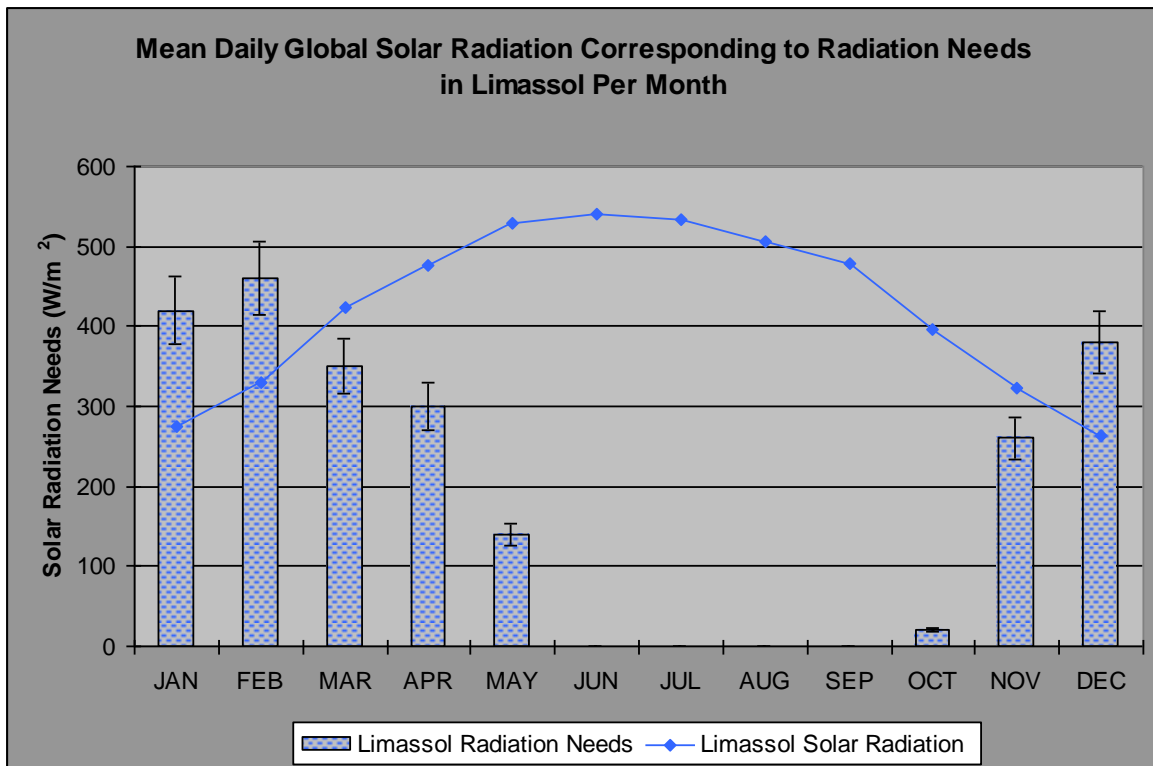
HOUR		JAN 21 W/m ²	APR 21 W/m ²	JUL 21 W/m ²
Limassol	12 p.m	565	933	978
Nicosia		502	966	962
Prodromos		480	862	929



Διάγραμμα 81: Σύγκριση αναγκών ηλιακής ακτινοβολίας και μέγιστης ακτινοβολίας σε τρεις κλιματικές περιοχές κατά την 12^η μεσημβρινή για του μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο και Αύγουστο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα 82, 83 και 84 και παρουσιάζονται οι μέγιστες ανάγκες ηλιακής ακτινοβολίας όπως έχουν εξαχθεί από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες σε κατακόρυφες ράβδους και συγκρίνονται με τις ηλιακές ακτινοβολίες ανά περιοχή,

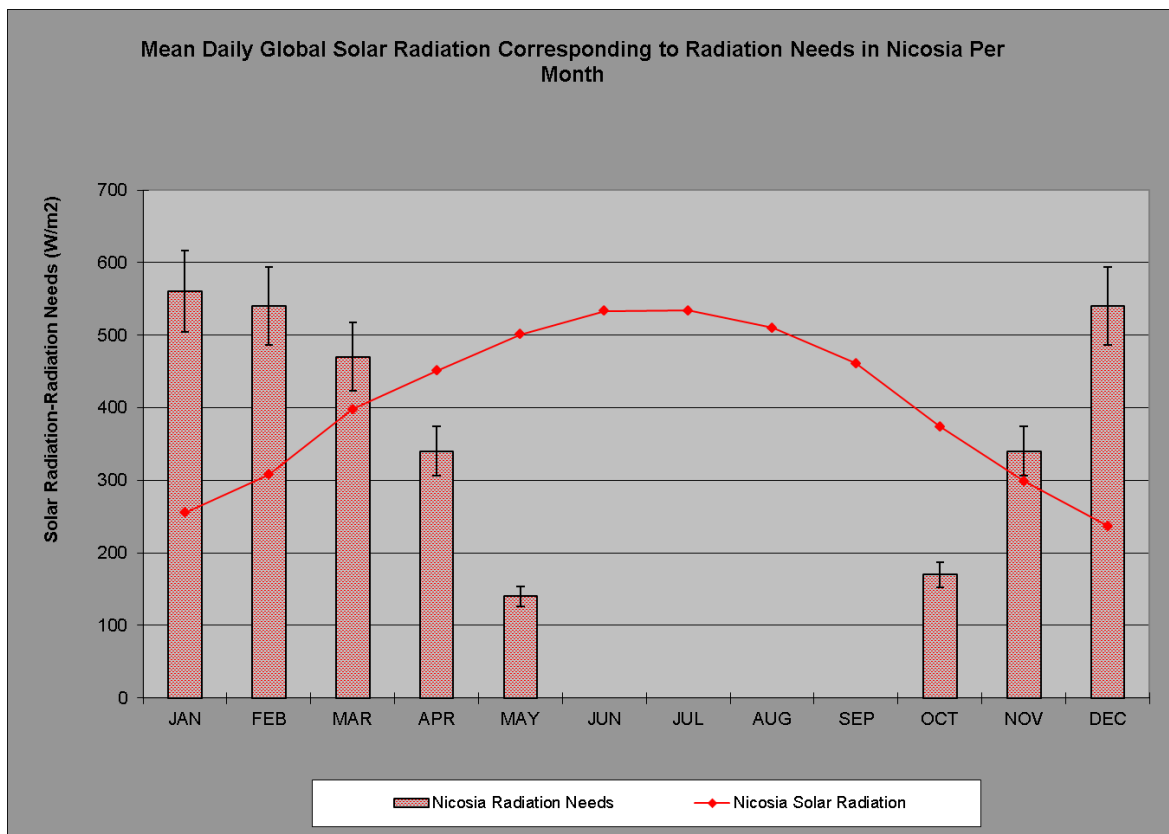
βάσει των μετρήσεων της μετεωρολογικής υπηρεσίας (γραμμική αναπαράσταση). Στόχος είναι να διαφανεί ή όχι η επάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε περιοχή έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση το χειμώνα. Από τα γραφήματα φαίνεται ότι η Λεμεσός παρουσιάζει τις λιγότερες ανάγκες για θέρμανση και τα ορεινά τις περισσότερες. Το ποσοστό σφάλματος του κάθε γραφήματος έχει υπολογιστεί και παρουσιάζεται σαν κάθετη γραμμή στο πάνω μέρος των κατακόρυφων ράβδων. Στις περιοχές της ενδοχώρας αλλά και τις παράλιες περιοχές το σφάλμα αγγίζει το 10% ενώ στα ορεινά λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων το σφάλμα ανέρχεται σε ποσοστό 20%.



Διάγραμμα 82: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στη Λεμεσό

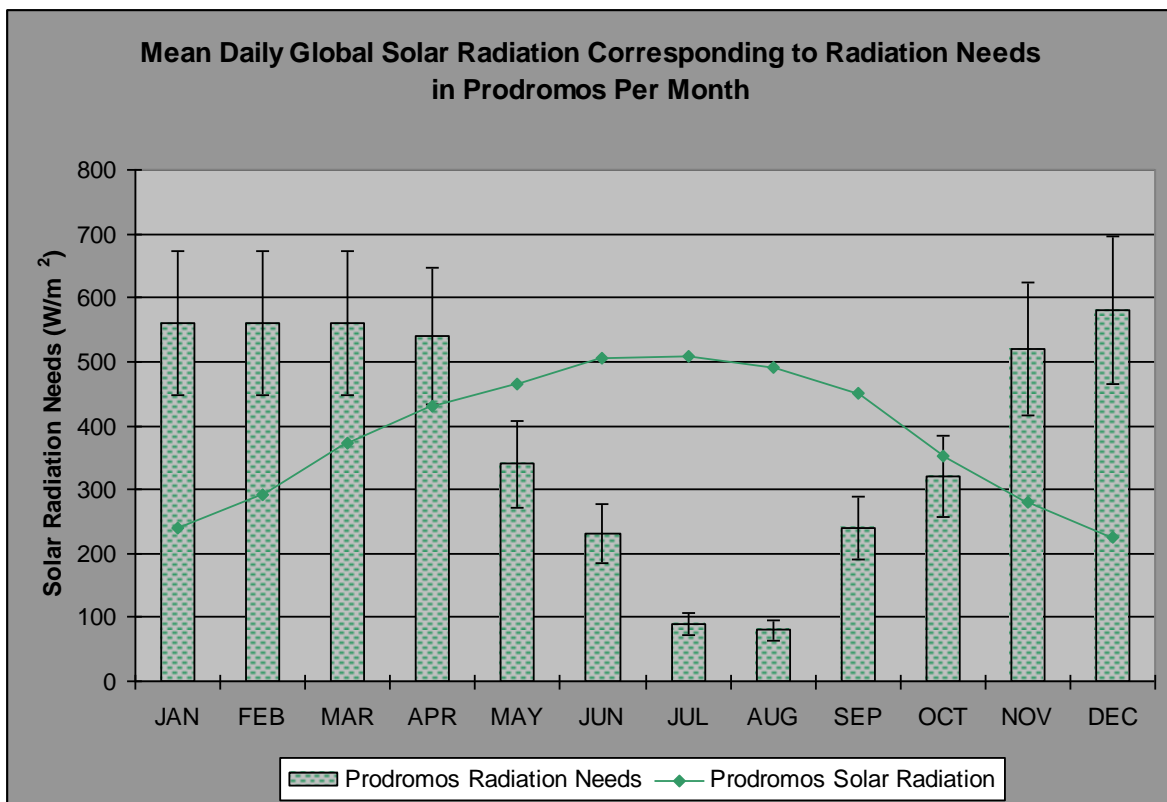
Στο διάγραμμα 82 το οποίο εξετάζει την παράλια περιοχή της Λεμεσού. Παρατηρείται ότι οι ανάγκες οι οποίες βρέθηκαν από τους βιοκλιματικούς χάρτες καλύπτονται εν μέρει από τις ημερήσιες μέσες τιμές ακτινοβολίας ανά μήνα. Για την απόλυτη κάλυψη των ηλιακών αναγκών για παθητική θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες θα χρειαστούν και κάποιες επιπλέον τεχνικές αύξησης και αποθήκευσης των ηλιακών απολαβών για τους χειμερινούς μήνες έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες άνεσης χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων. Στους βιοκλιματικούς χάρτες φάνηκε ότι ο ηλιασμός επαρκεί για όλους τους χειμερινούς μήνες, και βάσει του διαγρ. 82 υπάρχει αρκετή ομοιογένεια σε μεγάλο μέρος τους έτους.

Στην ενδοχώρα παρουσιάζεται αύξηση των ηλιακών αναγκών κατά τους μήνες Νοέμβριο-Μάρτιο με αποτέλεσμα η ηλιακή ακτινοβολία να μην είναι επαρκής. Κυρίως τους χειμερινούς μήνες, φαίνεται ότι η ηλιακή ακτινοβολία από μόνη της δεν είναι ικανή να προσφέρει συνθήκες άνεσης. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 είναι σημειακές μιας και διαιρέθηκε η ηλιακή ακτινοβολία με το μέσο μήκος ημέρας (σε ώρες). Στην πραγματικότητα μπορεί για κάποια χρονική διάρκεια της μέρας η ηλιακή ακτινοβολία να φτάνει και τις $700 W/m^2$ (μεσημέρι) αλλά σε κάποιες άλλες στιγμές να μειώνεται και να πέφτει πολύ κάτω από τις $200 W/m^2$ (αργά το απόγευμα ή πολύ πρωί) Με αυτό το δεδομένο οι τεχνικές που θα υιοθετηθούν θα πρέπει να είναι στοχευόμενες κυρίως στην αποθήκευση και εκμετάλλευση της θερμότητας καθ' όλη τη διάρκεια μιας μέρας αλλά και μιας νύχτας. Βάσει των βιοκλιματικών χαρτών έχει ήδη διαφανεί ότι κατά τους χειμερινούς μήνες η ανάγκη χρήσης και μηχανικής θέρμανσης στην ενδοχώρα δεν μπορεί να αποφευχθεί εντελώς. Σε αυτή την περίπτωση και με τον υπολογισμό του σφάλματος οι βιοκλιματικοί χάρτες φαίνεται συγκλίνουν αρκετά με τα αποτελέσματα του διαγράμματος 83.



Διάγραμμα 83.: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στη Λευκωσία

Τέλος εξετάζεται η ορεινή περιοχή του Προδρόμου. Σε αυτή την περίπτωση είναι ξεκάθαρο ότι η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι σίγουρα αρκετή για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά πρόβλημα δημιουργείται και κατά τους μήνες Νοέμβριο, Μάρτιο και λιγότερο τον Απρίλιο. Τον Απρίλιο και βάσει του υπολογισμού του στατιστικού λάθους μπορεί να θεωρηθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι αρκετή για παθητική ψύξη των κτιρίων. Και πάλι οι βιοκλιματικοί χάρτες σε αυτή την περίπτωση συγκλίνουν με τα αποτελέσματα του γραφήματος διότι είχαν υποδείξει την ανάγκη μηχανικής θέρμανσης για όλους τους χειμερινούς μήνες και τον Μάρτιο αλλά και μέρους του Νοεμβρίου. Τεχνική αύξηση των ηλιακών απολαβών όπως είναι τα θερμοκήπια ενδείκνυνται στην περίπτωση των ορεινών περιοχών.



Διάγραμμα 84: Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε αντιστοιχία με τις ανάγκες ακτινοβολίας για παθητική θέρμανση στον Πρόδρομο

Η συγκριτική μελέτη μεταξύ των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών διαγραμμάτων και των κλιματολογικών δεδομένων της ηλιακής ακτινοβολίας αποδεικνύει ότι η παθητική θέρμανση μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα εάν εφαρμοστούν κατάλληλες στρατηγικές. Οι συγκρίσεις έγιναν με τη μέση ηλιακή ακτινοβολία και τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία κατά τις μεσημβρινές ώρες.

Στην παραλιακή περιοχή της Λεμεσού, η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία κατά το μεσημέρι υπερβαίνει την απαιτούμενη ακτινοβολία για παθητική θέρμανση. Στην ενδοχώρα οι ημέρες αιχμής του Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου φαίνεται να απαιτούν μηχανική θέρμανση. Τέλος στα ορεινά κατά τη διάρκεια των μηνών Δεκέμβριος έως Μάρτιος υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις θέρμανσης που υπερβαίνουν 560W/m^2 και έτσι η μηχανική θέρμανση είναι απαραίτητη. Το ακριβές ποσό θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είναι άγνωστο και δεν παρουσιάζεται μέσα από τα βιοκλιματικά γραφήματα γιατί υπερβαίνει το ψηλότερο ποσό των 560W/m^2 , έτσι γίνεται μια προβολή (μέσω του στατιστικού λάθους), προκειμένου να εκτιμηθούν οι πραγματικές ανάγκες των περιοχών.

Σημαντικός παράγοντας ο οποίος θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα αποτελέσματα της βιοκλιματικής ανάλυσης επαληθεύτηκαν από τη σύγκριση με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και στις τρεις κλιματικές περιοχές. Οι μελέτες βιοκλιματικού σχεδιασμού εξελίσσονται μέσα στα χρόνια [8] και πιο προηγμένα και ειδικά γραφήματα δημιουργούνται [9]. Στόχος στη συνέχεια της μελέτης είναι να επεξεργαστεί τους βιοκλιματικούς χάρτες έτσι ώστε να αναπτύξει νέες μεθόδους βιοκλιματικής ανάλυσης.

6.8 Δημιουργία πολυωνυμικών εξισώσεων για βιοκλιματική ανάλυση περιοχών

Σε αυτό το στάδιο περιγράφεται η ανάπτυξη μιας απλοποιημένης τεχνικής που είναι κατάλληλη για την προκαταρκτική μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Ο καθορισμός απαιτούμενων παθητικών στρατηγικών, όπως η ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση, ο άνεμος και η υγρασία για ψύξη και οι ανάγκες σκίασης, προέρχεται από τους βιοκλιματικούς χάρτες των V. & A. Olgyay. Λόγω του ότι τα κλιματικά δεδομένα είναι απαραίτητα για τη βιοκλιματική μελέτη μιας περιοχής, είναι δύσκολη σε ορισμένες περιπτώσεις η εύρεση των στοιχείων για ανάλυση τους. Η παρούσα μελέτη δημιουργήθηκε κυρίως για να αντικαταστήσει τουλάχιστον σε πρώτο στάδιο την ανάγκη των βιοκλιματικών χαρτών, κυρίως του ποσοτικού, και μέσω ενός εύκολου τρόπου με απλουστευμένες εξισώσεις οι οποίες θα ονομάζονται "βιοφόρμουλες", να εντοπίζονται οι κυριότερες ανάγκες για παθητικό σχεδιασμό εξοικονομώντας ταυτόχρονα και πολύτιμο χρόνο.

Για την ανάπτυξη της μελέτης ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία τριών σταδίων. Στην πρώτη φάση γίνεται η συλλογή αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών χαρτών από διάφορες περιοχές έτσι ώστε να εξευρεθούν οι μέσοι όροι των αναγκών, τα κοινά στοιχεία των περιοχών και να

δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων για επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Έτσι σχεδιάζονται οι ποσοτικοί βιοκλιματικοί χάρτες έξι διαφορετικών περιοχών της Κύπρου. Επιλέγονται δύο περιοχές για κάθε κλιματική ζώνη για να γίνει σύμπτυξη των αποτελεσμάτων και εύρεση όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτικών τιμών για την κάθε παθητική ανάγκη στις περιοχές. Κάθε κλιματική ζώνη έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες και αναγκαστικά θα έχει και τις δικές της «βιοφόρμουλες». Στην παρούσα φάση επιλέγονται οι τρεις περιοχές που ήδη μελετήθηκαν σε προηγούμενο στάδιο, η Λεμεσός, η Λευκωσία και ο Πρόδρομος και επιπλέον επιλέγονται η περιοχή Λάρνακα, Αστρομερίτης και Αγρός. Και οι έξι διαφορετικές περιοχές είναι αντιπροσωπευτικές των τριών κλιματικών ζωνών της Κύπρου.

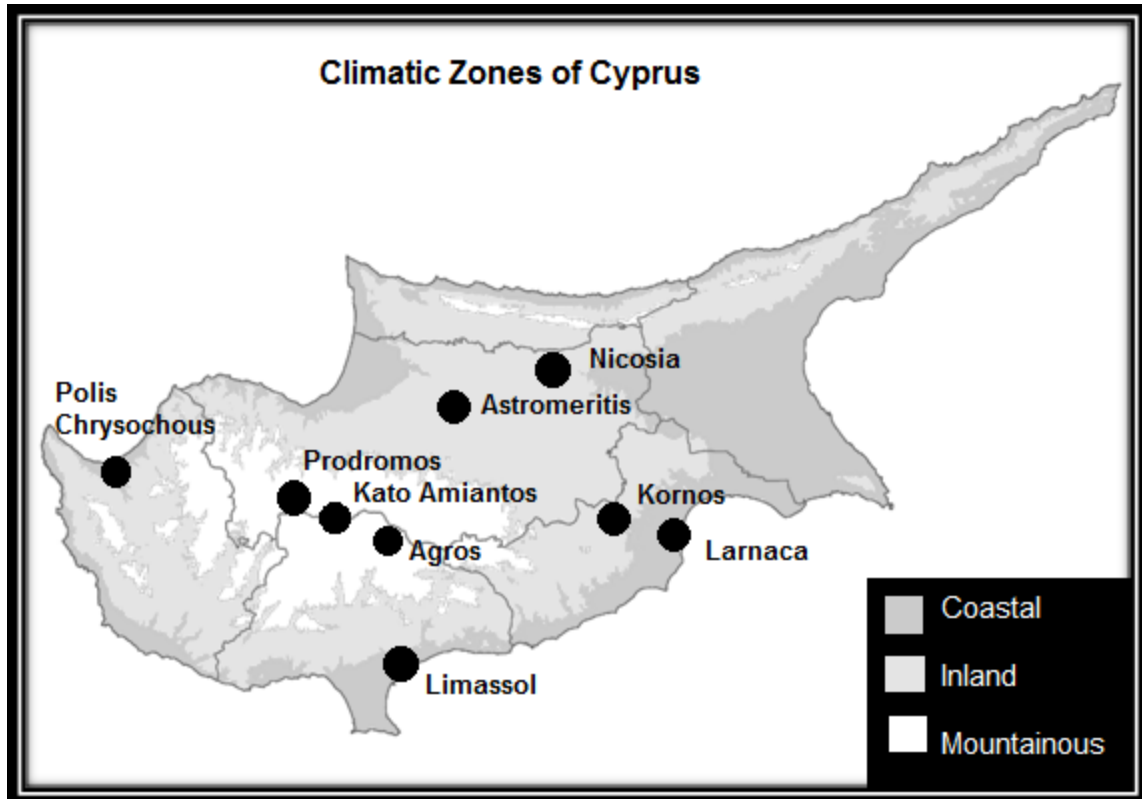
Το δεύτερο βήμα της μεθοδολογίας είναι η δημιουργία των βιοκλιματικών εξισώσεων, βιοφόρμουλες ή αλλιώς «bioforms». Αναλύονται τα αποτελέσματα των ποσοτικών βιοκλιματικών χαρτών των έξι περιοχών και ανάγονται οι μέσοι όροι των τιμών των αποτελεσμάτων. Οι απαραίτητες τιμές που χρησιμοποιούνται αφορούν τις ανάγκες της ηλιακής ακτινοβολίας, του ανέμου, της υγρασίας και της σκίασης για κάθε κλιματική ζώνη. Μέσα από αυτά τα αποτελέσματα παράγονται τέσσερα διαφορετικά γραφήματα, ένα για κάθε παθητική ανάγκη βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα διαγράμματα αντιστοιχούν στους μήνες όπου παρουσιάζεται η ανάγκη κάθε στρατηγικής και όχι κατ' ανάγκη σε όλους τους μήνες του χρόνου. Μέσα από τα γραφήματα δημιουργούνται οι εξισώσεις-γραμμές παλινδρόμησης και υπολογίζονται οι πολυωνμικές εξισώσεις 2^{ου} βαθμού. Οι διακεκομμένες γραμμές που παρουσιάζονται στα γραφήματα είναι οι γραμμές παλινδρόμησης. Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 ή αλλιώς R-Square εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X. Η κλίμακα του x – άξονα, άξονας τετμημένων προσδιορίζεται με μοναδιαίες αναβαθμίσεις δηλ. Ιανουάριος 1, Φεβρουάριος 2 κ.τ.λ. για διευκόλυνση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Χωρίς την παραδοχή αυτή θα ήταν αδύνατη η εξαγωγή οποιωνδήποτε εξισώσεων ή παραμέτρων. Βάσει όλων των προαναφερθέντων δημιουργείται ένα μοντέλο γρήγορου πλέον υπολογισμού των παθητικών θερμικών αναγκών της κάθε κλιματικής περιοχής.

Το τρίτο μέρος της μεθοδολογίας είναι η επικύρωση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Επιλέγονται τρεις ανεξάρτητες περιοχές οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε μία από τις τρεις κλιματικές ζώνες και αναλύονται μέσω των δύο μεθόδων βιοκλιματικής ανάλυσης. Αρχικά αναλύονται βάσει των βιοκλιματικών χαρτών και στη συνέχεια βάσει των εξισώσεων που

εξάχθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται μεταξύ τους και όταν το στατιστικό σφάλμα είναι αποδεκτό (για κάθε παθητική ανάγκη έχει οριστεί ένα αποδεκτό εύρος τιμών για να μπορεί να προχωρήσει η βιοκλιματική μελέτη χωρίς ουσιαστικές αποκλίσεις από την πραγματικότητα) η εξίσωση επαληθεύεται και μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Το στατιστικό σφάλμα μπορεί να οφείλεται σε πειραματικό λάθος, ακραίες συνθήκες που μπορεί να παρουσιαστούν σε μια περιοχή ή στατιστική απόκλιση. Το αποδεκτό εύρος τιμών εκφράζεται με τη μορφή τιμών ή ποσοστών με απόκλιση συν-πλην από την αποδεκτή τιμή της εξίσωσης. Βάσει αυτού οι χρήστες θα μπορούν να γνωρίζουν ότι ο έγκυρος υπολογισμός μπορεί να κυμαίνεται στο αποδεκτό εύρος έτσι ώστε να εφαρμόσουν τις κατάλληλες στρατηγικές βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κάθε περιοχή. Μετά την επαλήθευση οι εξισώσεις – βιοφόρμουλες μπορούν να αντικαταστήσουν τουλάχιστον στην προκαταρκτική μελέτη τον ποσοτικό βιοκλιματικό χάρτη στις τρεις κλιματικές ζώνες ή σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες δίνοντας αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα. Οι τρεις ανεξάρτητες περιοχές που επιλέχθηκαν είναι η Πόλη Χρυσοχούς, ο Κόρνος και ο Κάτω Αμίαντος (Εικ. 22). Όλες οι περιοχές που επιλέχθηκαν για τη βιοκλιματική ανάλυση και τη δημιουργία των πολυωνυμικών εξισώσεων αντιπροσωπεύουν τις τρεις κλιματικές περιοχές του νησιού και θεωρούνται τυπικές περιοχές στις οποίες η Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου έχει εγκαταστήσει σταθμούς για συλλογή κλιματικών δεδομένων.



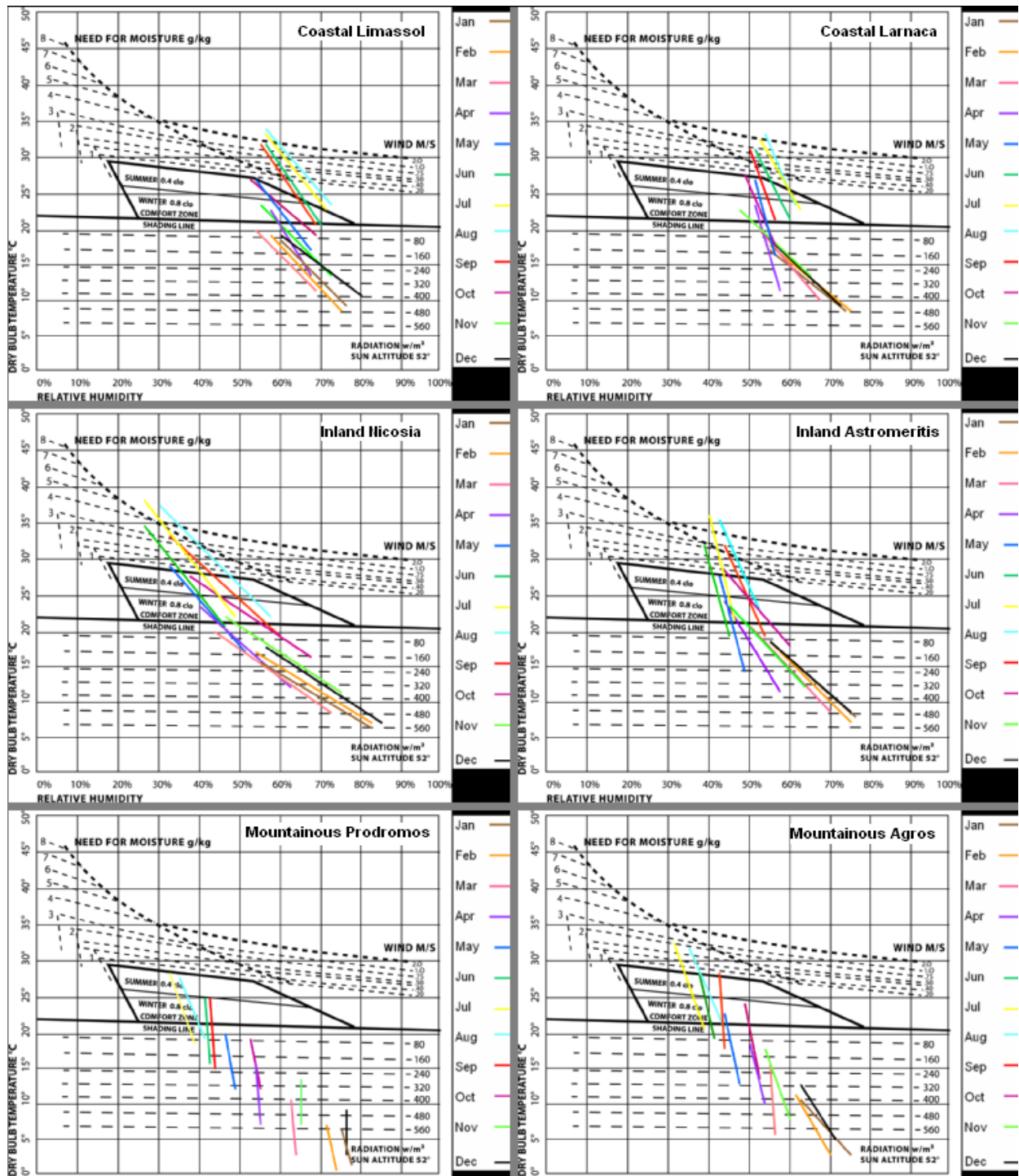
Εικόνα 22: Επιλεγμένες περιοχές για βιοκλιματική ανάλυση



Εικόνα 23: Επιλεγμένες περιοχές για βιοκλιματική ανάλυση χωρισμένες στο χάρτη της Κύπρου

Οι πρώτες έξι περιοχές του σταδίου ένα της μεθοδολογίας αναλύθηκαν μέσω βιοκλιματικών χαρτών (Διάγρ.85). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γραφήματα και οι αντίστοιχες εξισώσεις για τις ανάγκες σε ηλιακή ακτινοβολία, αερισμό, υγρασία και σκίαση στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται και για τις έξι περιοχές σε τρεις πίνακες. Αρχικά παρουσιάζονται οι μέσες τιμές για ηλιασμό, σκιασμό, αερισμό και υγρασία στις τρεις πρώτες επιλεγμένες περιοχές Λεμεσού, Λευκωσίας και Προδρόμου (Πιν. 57) και στη συνέχεια των περιοχών Λάρνακας, Αστρομερίτη και Αγρού (Πιν. 58). Έπειτα συνοψίζονται τα αποτελέσματα και οι αντιπροσωπευτικές μέσες τιμές για τις τρεις κλιματικές ζώνες (Πιν. 59)



Διάγραμμα 85: Ποσοτικοί βιοκλιματικοί χάρτες έξι κλιματικών περιοχών

Πίνακας 57: Μέγιστες τιμές παθητικών αναγκών όπως εξάχθηκαν από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες για Λεμεσό, Λευκωσία και Πρόδρομο

	SOLAR RADIATION (W/m ²)			SHADING (%)			WIND (m/s)			MOISTURE (g/kg)		
	Lim.	Nic.	Prod.	Lim.	Nic.	Prod.	Lim.	Nic.	Prod.	Lim.	Nic.	Prod.
JAN	420	560	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	460	540	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	350	470	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APR	300	340	540	17%	17%	0	0	0	0	0	0	0
MAY	140	140	340	61%	59%	0	0	0.1	0	0	0	0
JUN	0	0	230	96%	92%	38%	1.5	1.5	0	0	3.5	0
JUL	0	0	90	100%	100%	70%	2	2	0	0	3.5	0
AUG	0	0	80	100%	100%	75%	2	2	0	0	3	0
SEP	0	0	240	96%	88%	35%	1.5	1	0	0	3	0
OCT	20	170	320	80%	49%	0	0.3	0	0	0	0	0
NOV	260	340	520	23%	7.50%	0	0	0	0	0	0	0
DEC	380	540	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lim: Limassol, Nic: Nicosia, Prod: Prodromos

Πίνακας 58: Μέγιστες τιμές παθητικών αναγκών όπως εξάχθηκαν από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες για Λάρνακα, Αστρομερίτη και Αγρό

	SOLAR RADIATION (W/m ²)			SHADING (%)			WIND (m/s)			MOISTURE (g/kg)		
	Lar.	Ast.	Agr.	Lar.	Ast.	Agr.	Lar.	Ast.	Agr.	Lar.	Ast.	Agr.
JAN	480	500	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	480	540	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAR	420	480	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APR	330	380	420	17%	23%	0	0	0	0	0	0	0
MAY	160	240	300	53%	47.5%	14%	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	80	100%	82%	74%	1	1	0	0.5	2.5	0
JUL	0	0	0	100%	100%	95%	2	2	0.75	0.5	2	2
AUG	0	0	0	100%	100%	91%	2	2	0.75	0.5	1.5	2
SEP	0	0	120	100%	85%	68%	1	1	0	1	1.5	0
OCT	100	100	300	66%	70%	30%	0	0.4	0	0	0.5	0
NOV	260	320	500	16%	20%	0	0	0	0	0	0	0
DEC	480	480	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lar:Lamaka, Ast:Astromeritis, Agr:Agros

Πίνακας 59: Μέσες τιμές παθητικών αναγκών στα παράλια, ενδοχώρα και ορεινά.

	SOLAR RADIATION (W/m ²)			SHADING (%)			WIND (m/s)			MOISTURE (g/kg)		
	C	I	M	C	I	M	C	I	M	C	I	M
JAN	450	530	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	470	540	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	385	475	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APR	315	360	480	17%	21.5%	0	0	0	0	0	0	0
MAY	150	190	320	57%	56.3%	7%	0	0.05	0	0	0	0
JUN	0	0	155	98%	88%	56%	1.25	1.25	0	0.25	3	0
JUL	0	0	45	100%	100%	82.5%	2	2	0.375	0.25	2.75	1
AUG	0	0	40	100%	100%	83%	2	2	0.375	0.25	2.25	1

SEP	0	0	180	98%	86.5%	51.5%	1.25	1	0	0.5	2.25	0
OCT	60	135	310	73%	63.5%	15%	0.15	0	0	0	0.25	0
NOV	260	330	510	19.5%	13.8%	0	0	0	0	0	0	0
DEC	430	510	570	0	0	0	0	0	0	0	0	0

C: Coastal, I: Inland, M: Mountainous

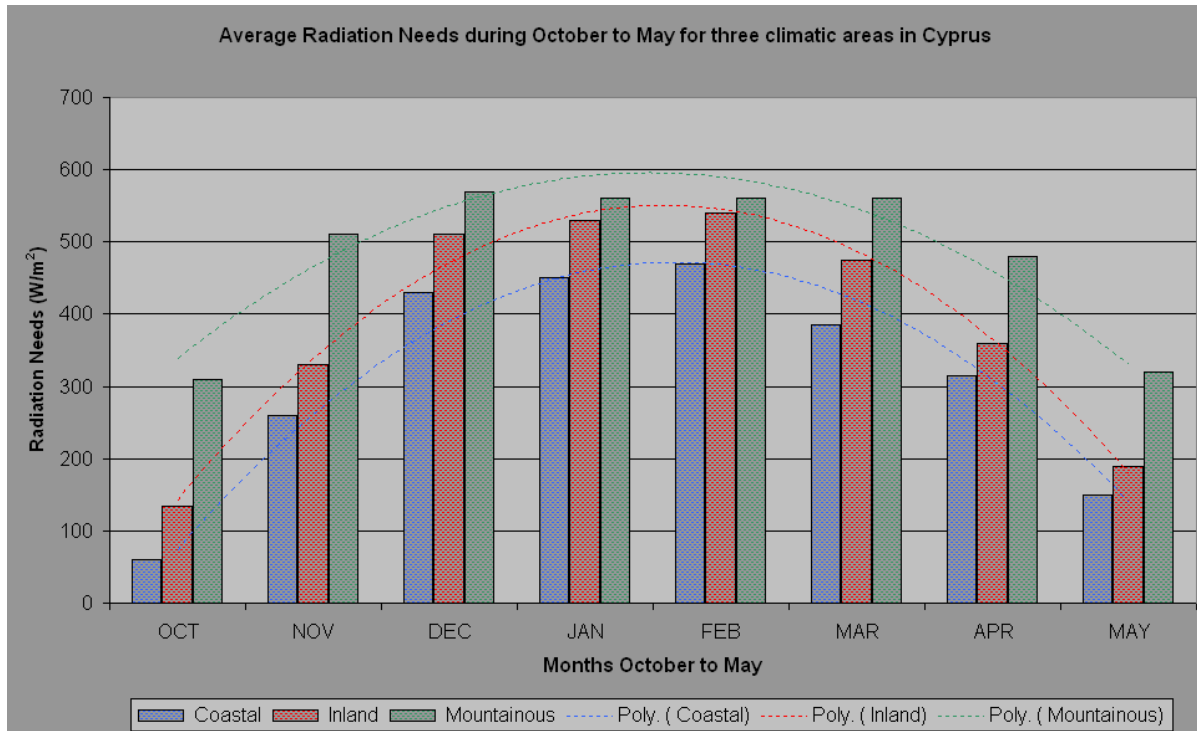
Από τον πίνακα των μέσων τιμών δημιουργούνται τέσσερα διαγράμματα (86, 87, 88 και 89). Κάθε διάγραμμα αντιπροσωπεύει τις μέσες απαιτούμενες τιμές για παθητική θέρμανση και ψύξη. Οι βιοφόρμουλες εξάγονται μέσα από τα ιστογράμματα και παρουσιάζονται ξεχωριστά για κάθε κλιματική ζώνη. Οι βιοφόρμουλες είναι πολυωνμικές εξισώσεις στις οποίες αντικαθιστώντας την κατάλληλη μεταβλητή τιμή που αντιστοιχεί σε κάθε μήνα υπολογίζονται οι παθητικές ανάγκες. Η μεταβλητή τιμή του κάθε μήνα ορίζεται από το γράφημα όπου ο πρώτος μήνας του κάθε γραφήματος (όχι ο πρώτος μήνας του έτους) παίρνει την τιμή μονάδος στη συνέχεια την τιμή δύο και ούτω καθεξής Έτσι πολύ γρήγορα μπορεί οποιοσδήποτε χωρίς να έχει ιδιαίτερες γνώσεις ή πίνακες δεδομένων να υπολογίσει τις θερμικές ανάγκες της περιοχής όπου θα κατασκευάσει ένα κτίριο.

6.8.1 Ανάγκες ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές ζώνες

Η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία που χρειάζεται κάθε μήνας (κρύοι μήνες) όπως εξάχθηκαν από τους ποσοτικούς βιοκλιματικούς χάρτες φαίνονται στα κάθετα ιστογράμματα (Διαγρ. 86). Οι βιοκλιματικοί χάρτες μπορούν να υπολογίσουν τις ανάγκες για ηλιασμό μέχρι και 560W/m^2 (ανώτατο όριο ηλιασμού στα εύκρατα κλίματα) και ως εκ τούτου είναι η μέγιστη τιμή που παρουσιάζεται.

Παρουσιάζονται οι μήνες από τον Οκτώβριο έως και τον Μάιο γιατί έχουν τις περισσότερες και πιο ουσιαστικές ανάγκες για θέρμανση. Οι μήνες από Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο δεν περιλαμβάνονται επειδή δεν υπάρχει καμία ή είναι ελάχιστες οι ανάγκες της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση. Αυτό επικρατεί ακόμη και στις ορεινές περιοχές της Κύπρου. Από το διάγραμμα 86 φαίνεται ότι οι παράκτιες περιοχές έχουν τις λιγότερες ανάγκες για θέρμανση και οι ορεινές περιοχές τις περισσότερες ανάγκες κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών. Οι πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού για ηλιασμό παρουσιάζονται στις εξισώσεις 5, 6 και 7.

Προς κατανόηση του γραφήματος και των εξισώσεων να αναφερθεί ότι η κλίμακα του x - άξονα, καθορίζεται από μοναδιαίες αναβαθμίσεις, δηλαδή ο Οκτώβριος αντιστοιχεί στη σταθερά 1, ο Νοέμβριος στη σταθερά 2 και αυξητικά αντικαθίστανται όλοι οι μήνες για να υπολογιστούν οι ανάγκες τους.



Διάγραμμα 86: Μέση ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ των μηνών Οκτώβριος - Μάιος για τις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου

Για τις παράλιες περιοχές η πολυωνυμική εξίσωση για τις ανάγκες ηλιασμού για θέρμανση παρουσιάζεται:

$$y = -29,762 x^2 + 277,26 x - 173,75$$

Εξίσωση 5

με $R^2 = 0,9799$

Για τις περιοχές της ενδοχώρας η πολυωνυμική εξίσωση για ηλιασμό είναι:

$$y = -31,786 x^2 + 291,55 x - 117,68$$

Εξίσωση 6

με $R^2 = 0,9865$

Για τις ορεινές περιοχές η πολυωνυμική εξίσωση για ηλιασμό είναι:

$$y = - 21,429 x^2 + 190,95 x + 169,64$$

Εξίσωση 7

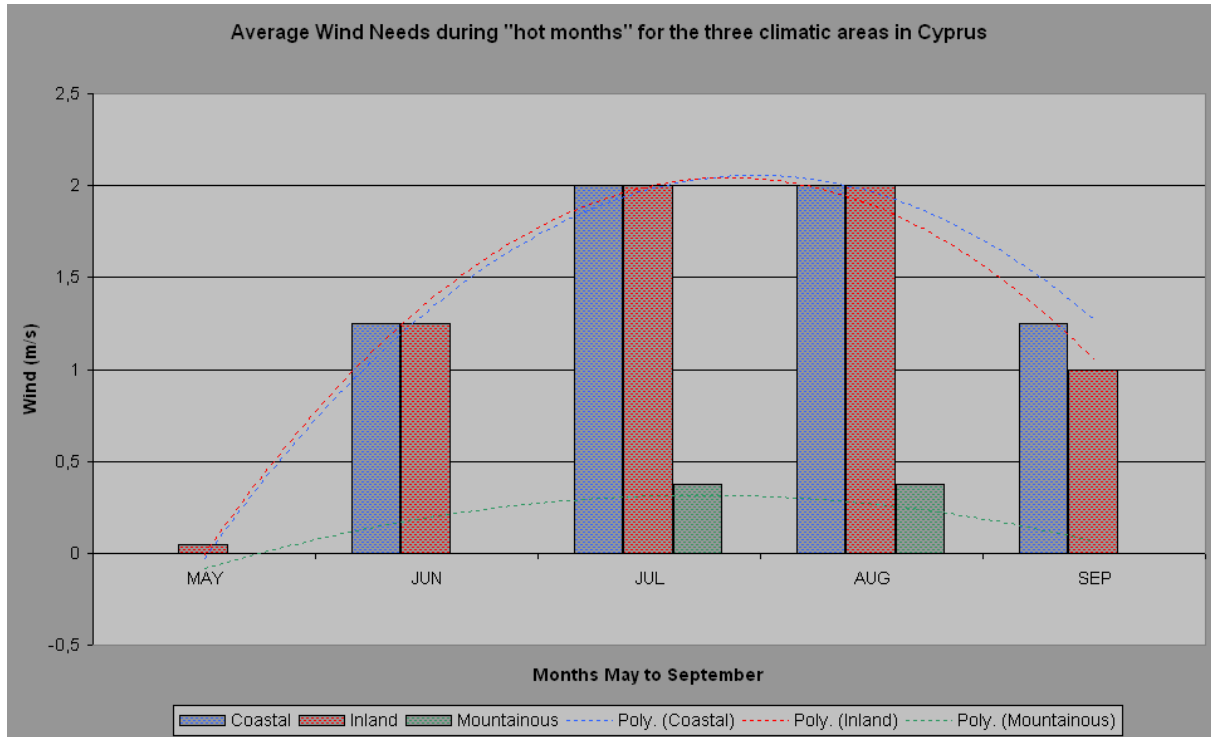
με $R^2 = 0,9341$

6.8.2 Ανάγκες αερισμού

Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της άνοιξης έχουν επιπτώσεις στις εσωτερικές συνθήκες άνεσης. Εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό παρουσιάζουν οι ορεινές περιοχές, όπου επικρατούν ήπιες συνθήκες το καλοκαίρι. Οι ανάγκες αερισμού για κάθε κλιματική ζώνη παρουσιάζονται από Μάιο έως Οκτώβριο (Διάγρ. 87).

Οι υπόλοιποι μήνες δεν παρουσιάζουν ανάγκες αερισμού για παθητική ψύξη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οι απαιτήσεις αερισμού στις παράλιες και τις εσωτερικές περιοχές είναι σχεδόν οι ίδιες και ανέρχονται στη μέγιστη ταχύτητα των 2m/s, όπως καθορίζεται από τους βιοκλιματικούς χάρτες.

Οι βιοφόρμουλες για κάθε περιοχή παρουσιάζονται στη συνέχεια (Εξ. 8,9,10). Δεδομένου ότι οι ορεινές περιοχές παρουσιάζουν ανάγκες αερισμού μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες Ιουλίου και Αυγούστου η τιμή του R^2 δείχνει μια αδύναμη εξάρτηση μεταξύ των μεταβλητών Y και X . Συνεπώς, οι προβλέψεις για τις απαιτήσεις του απαιτούμενου αέρα στις ορεινές περιοχές, θα έχουν αποκλίσεις από τις πραγματικές ανάγκες των περιοχών. Η κλίμακα του x -άξονα, καθορίζεται από μοναδιαίες αναβαθμίσεις, δηλαδή ο Μάιος αντικαθίσταται με τη σταθερά 1, ο Ιούνιος με τη σταθερά 2 και ούτω καθεξής.



Διάγραμμα 87: Μηνιαίες ανάγκες δροσισμού σε ταχύτητα αέρα στις τρεις κλιματικές περιοχές

Από την ανάλυση των αναγκών δροσισμού προκύπτουν οι δευτεροβάθμιες πολυωνυμικές εξισώσεις για τα παράλια, την ενδοχώρα και τα ορεινά.

Για την παράλια ζώνη παρουσιάζεται η εξίσωση 8 για τις ανάγκες δροσισμού μέσω αερισμού.

$$y = - 0,2812 x^2 + 2,0473 x - 1,675 \quad \text{Εξίσωση 8}$$

$$\text{με } R^2 = 0,9975$$

Στην ενδοχώρα παρουσιάζεται η εξίσωση 9 για τις ανάγκες δροσισμού μέσω αερισμού

$$y = - 0,3214 x^2 + 2,2214x - 1,85 \quad \text{Εξίσωση 9}$$

$$\text{με } R^2 = 0,9801$$

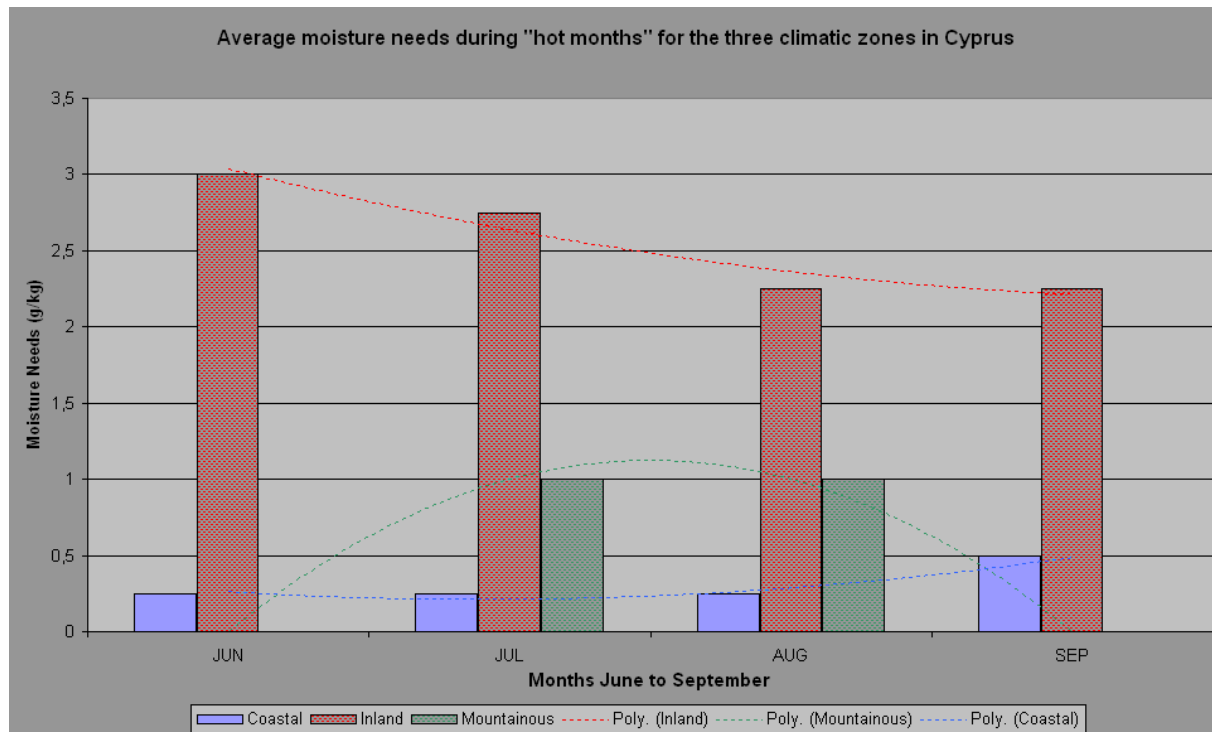
Στα ορεινά η εξίσωση για τις ανάγκες δροσισμού μέσω αερισμού

$$y = - 0,0357 x^2 + 0,2357 x - 0,2 \quad \text{Εξίσωση 10}$$

$$\text{με } R^2 = 0,2457$$

6.8.3 Ανάγκες υγρασίας για δροσισμό

Για να επιτευχθεί δροσισμός το καλοκαίρι δεν είναι αρκετός μόνο ο αερισμός. Μια άλλη σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τη θερμική εσωτερική άνεση είναι τα επίπεδα υγρασίας. Υπάρχουν περιοχές συνήθως αυτές της ενδοχώρας οι οποίες παρουσιάζουν μειωμένη υγρασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι βιοκλιματικοί χάρτες προσδιορίζουν τις ανάγκες υγρασίας σε g/kg για κάθε περιοχή. Στο διάγραμμα 88 φαίνονται οι ανάγκες σε υγρασία γραμμάρια ανά χιλιόγραμμα. Οι ανάγκες ανέρχονται στα 3 g/kg στην ενδοχώρα. Οι παράλιες περιοχές όπως ήταν φυσικό παρουσιάζουν ελάχιστες ή καθόλου ανάγκες για ύγρανση. Η κλίμακα του x - άξονα, καθορίζεται από τις μοναδιαίες αναβαθμίσεις δηλαδή 1 για τον Ιούνιο, 2 για τον Ιούλιο κ.ο.κ.



Διάγραμμα 88: Μηνιαίες ανάγκες υγρασίας σε (g/kg)

Για την παράλια ζώνη παρουσιάζεται η εξίσωση 11 για τις ανάγκες υγρασίας.

$$y = 0,0625 x^2 - 0.2375 x + 0.4375$$

Εξίσωση 11

με $R^2 = 0,9333$

Για την ενδοχώρα παρουσιάζεται η εξίσωση 12 για τις ανάγκες υγρασίας.

$$y = 0,625 x^2 - 0,5875 x + 3,5625$$

Εξίσωση 12

$$\text{με } R^2 = 0,9333$$

Για τα ορεινά παρουσιάζεται η εξίσωση 13 για τις ανάγκες υγρασίας

$$y = -0,4688 x^2 + 2,3313 x - 1,8438$$

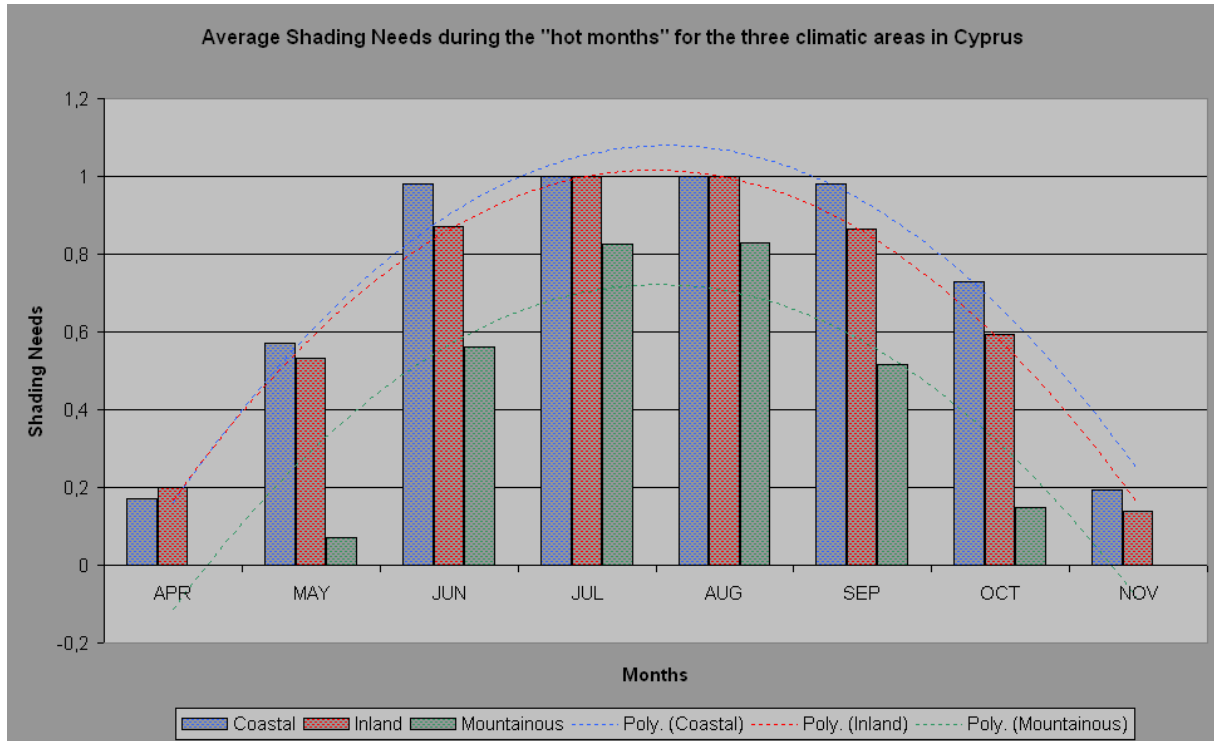
Εξίσωση 13

$$\text{με } R^2 = 0,9921$$

6.8.4 Ανάγκες σκίασης για δροσισμό

Πολύ σημαντική παράμετρος για ολοκληρωμένο παθητικό δροσισμό το καλοκαίρι είναι ο σκιασμός για αποκοπή της ανεπιθύμητης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όταν το κτίριο είναι εκτεθειμένο καθημερινά το καλοκαίρι στον ανεπιθύμητο ηλιασμό τότε πολύ δύσκολα μπορούν να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης, οποιαδήποτε παθητική μέθοδος και αν εφαρμοστεί στο κτίριο.

Στο διάγραμμα 89 παρουσιάζονται οι ανάγκες σκιασμού σε ποσοστιαίες μεταβολές ανά μήνα. Το ποσοστό σε αυτή την περίπτωση υποδηλώνει την περίοδο του κάθε μήνα ή μέρας του μήνα σε ποσοστιαίες μονάδες που χρειάζεται σκίαση. Ακόμη και στις ορεινές περιοχές από τον Μάιο μέχρι και τον Οκτώβριο υπάρχει ανάγκη για σκίαση και αποφυγή των ανεπιθύμητων ηλιακών κερδών κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες. Τις μεγαλύτερες ανάγκες για σκιασμό παρουσιάζουν τα παράλια αλλά και η ενδοχώρα. Τα παράλια παρουσίασαν και την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια γεγονός που επιβεβαιώνει και τις αυξημένες ανάγκες για σκιασμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Έχει παρατηρηθεί ότι η σκίαση είναι απαραίτητη για οκτώ από τους δώδεκα μήνες του χρόνου άρα ανάγεται ως μια από τις σημαντικότερες παθητικές στρατηγικές που πρέπει να εφαρμόζονται στα κτίρια. Η κλίμακα του x – άξονα στο γράφημα καθορίζεται από μοναδιαίες αναβαθμίσεις που αντιστοιχούν με 1 στον Απρίλη, 2 στο Μάιο κ.ο.κ.



Διάγραμμα 89: Μηνιαίες ανάγκες σκιασμού σε ποσοστιαίες ανάγκες ανά μήνα

Στη συνέχεια παρατίθενται οι πολυωνυμικές εξισώσεις των τριών περιοχών όπως προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Ανάγκες σκιασμού στην παράλια περιοχή, εξίσωση 14

$$y = -0,0724 x^2 + 0,06641 x - 0,4413$$

Εξίσωση 14

με $R^2 = 0,9717$

Ανάγκες σκιασμού στην ενδοχώρα, εξίσωση 15

$$y = -0,0724 x^2 + 0,647 x - 0,4319$$

Εξίσωση 15

με $R^2 = 0,9972$

Ανάγκες σκιασμού στα ορεινά, εξίσωση 16

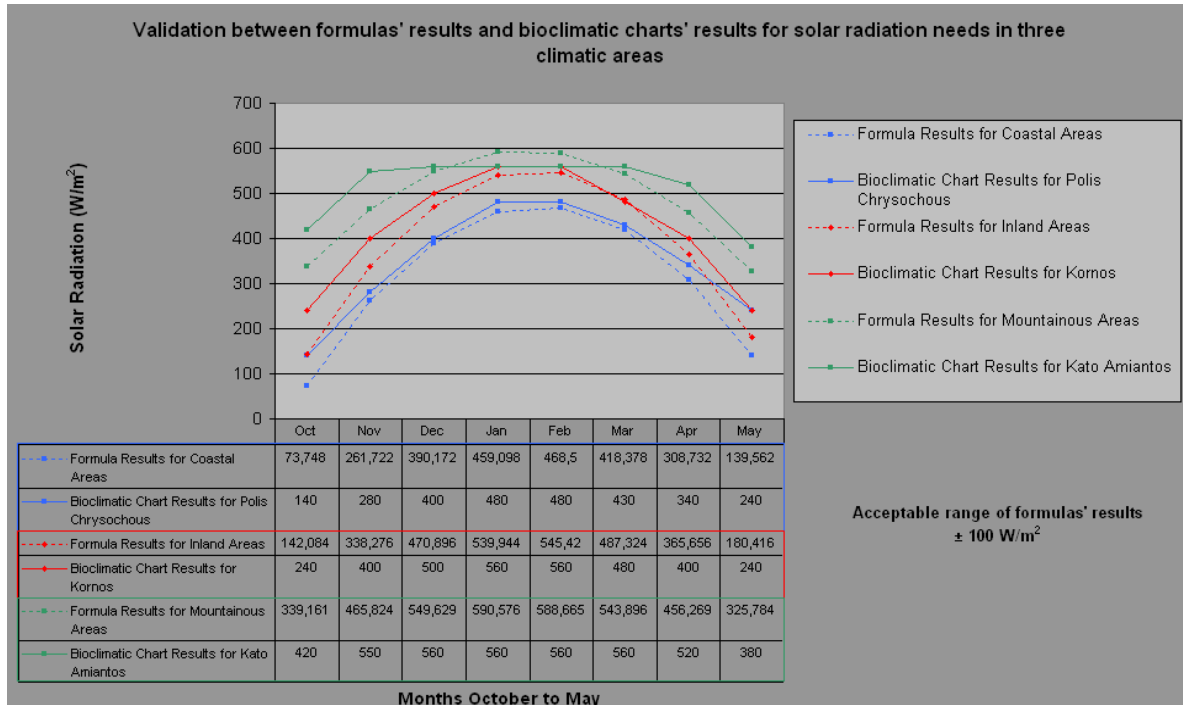
$$y = -0,0569 x^2 + 0,5154 x - 0,5646$$

Εξίσωση 16

με $R^2 = 0,7692$

6.8.5 Επαλήθευση βιοκλιματικών εξισώσεων «Bioforms»

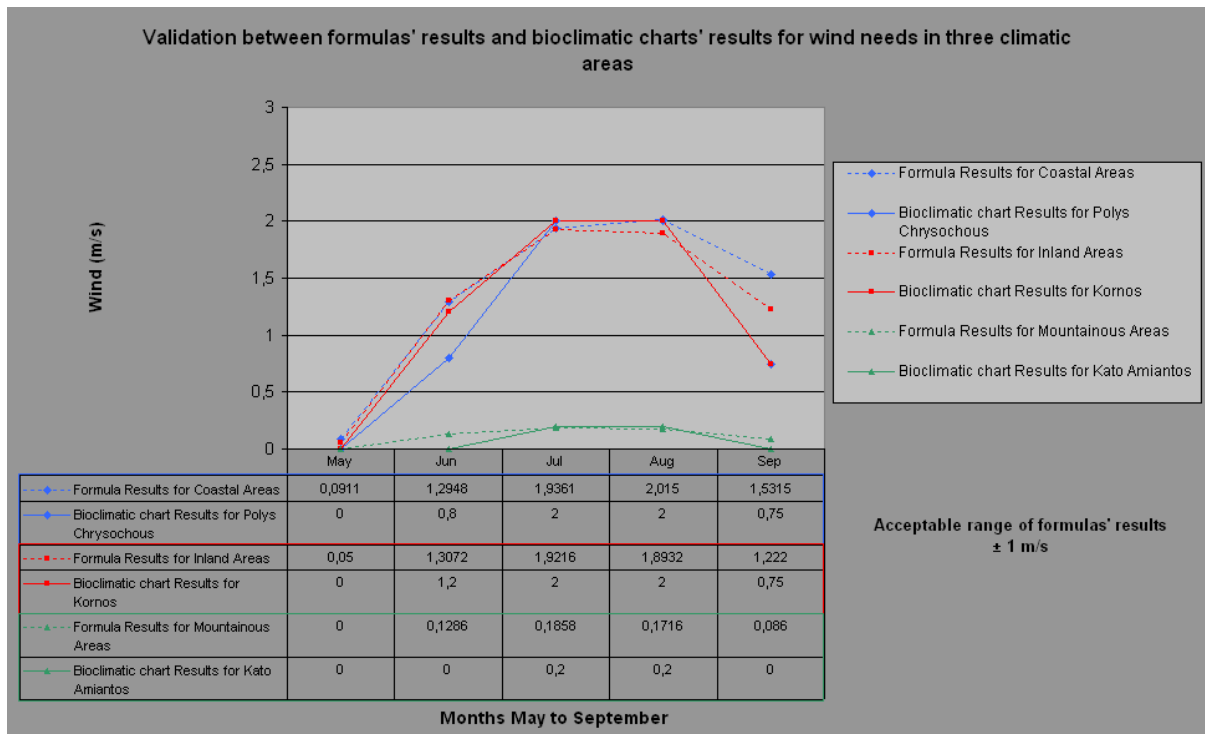
Οι βιοκλιματικές εξισώσεις ή «βιοφόρμουλες» πρέπει να επαληθευτούν προκειμένου να είναι έγκυρες για τον υπολογισμό ορθών αποτελεσμάτων. Στο κεφάλαιο αυτό επαληθεύονται οι εξισώσεις σε τρεις νέες, ανεξάρτητες και αντιπροσωπευτικές περιοχές της Κύπρου οι οποίες έχουν κοινές κλιματικές ζώνες με τις προηγούμενες. Τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών συγκρίνονται με τα αντίστοιχα των εξισώσεων “bioforms” και αν συμπίπτουν σε ένα αποδεκτό φάσμα τιμών που παρουσιάζεται και διαφέρει στην κάθε ανάγκη θεωρούνται έγκυρες. Το αποδεκτό εύρος τιμών υπολογίστηκε σε κάθε περίπτωση και έχει αναπτυχθεί μέσα από μια πειραματική μελέτη. Για κάθε κλιματική ζώνη μελετήθηκαν βιοκλιματικά διαγράμματα για περισσότερες από είκοσι πέντε (25) διαφορετικές περιοχές, προκειμένου να εκτιμηθούν οι παθητικές ανάγκες κάθε ζώνης και να καθοριστεί το αποδεκτό εύρος τιμών και το ενδεχόμενο σφάλμα προκειμένου να προσεγγιστούν οι πιο αξιόπιστες τιμές. Οι τρεις περιοχές, που έχουν επιλεγεί για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων είναι η Πόλη Χρυσοχούς για τα παράλια, ο Κόρνος για το εσωτερικό και ο Κάτω Αμίαντος, για τα ορεινά. Στις εξισώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας το αποδεκτό φάσμα τιμών ορίζεται σε $\pm 100 \text{ W/m}^2$ από την τιμή του αποτελέσματος των εξισώσεων (Διάγρ. 90).



Διάγραμμα 90: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.

Από την επαλήθευση μεταξύ των εξισώσεων και των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών χαρτών αποδεικνύεται ότι οι βιοφόρμουλες μπορούν να δώσουν ακριβή αποτελέσματα. Οι διαφορές στα αποτελέσματα μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού κυμαίνονται στο αποδεκτό εύρος $\pm 100 \text{ W/m}^2$. Ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες όπου η ανάγκη της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη η απόκλιση μεταξύ των δύο μεθόδων υπολογισμού είναι στην ελάχιστη τιμή των $\pm 30 \text{ W/m}^2$. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι βιοφόρμουλες μπορούν να δώσουν ακριβή αποτελέσματα για τις ανάγκες ηλιακής ακτινοβολίας στις τρεις κλιματικές περιοχές. Οι βιοφόρμουλες μπορούν επίσης να κάνουν μια προβολή να δώσουν πιο ακριβή αποτελέσματα για τις ανάγκες στα ορεινά αφού δίνουν αποτελέσματα μεγαλύτερα των βιοκλιματικών χαρτών που ανέρχονται μέχρι και 600 W/m^2 .

Για τον αερισμό που χρειάζεται για την ψύξη το καλοκαίρι το εύρος των αποδεκτών τιμών υπολογίζεται στο $\pm 1 \text{ m/s}$ (Διάγρ. 90).

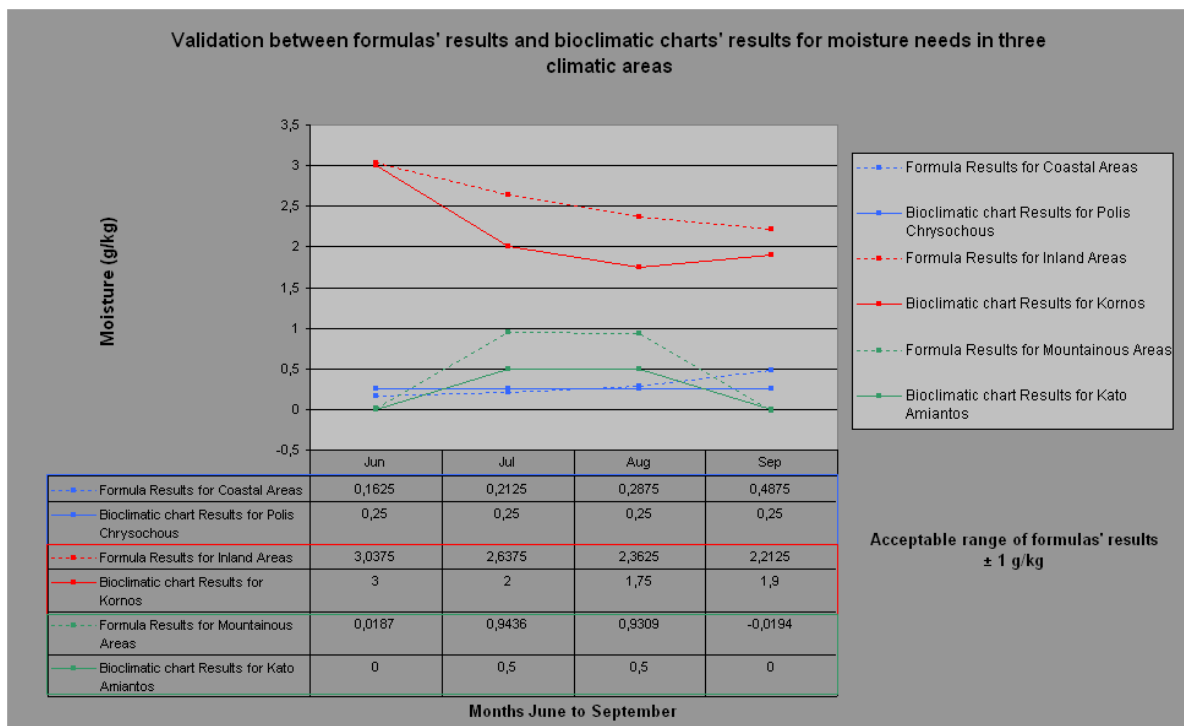


Διάγραμμα 91: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη αερισμού στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.

Οι βιοφόρμουλες και οι βιοκλιματικοί χάρτες εξάγουν παρόμοια αποτελέσματα για τις ανάγκες αερισμού στις τρεις κλιματικές περιοχές. Ως εκ τούτου, επαληθεύονται οι βιοφόρμουλες και το αποδεκτό εύρος τιμών ανέρχεται σε ταχύτητα αέρα $\pm 1 \text{ m/s}$. Στις παράλιες και εσωτερικές περιοχές υπάρχουν αυξημένες ανάγκες αερισμού. Για τους μήνες

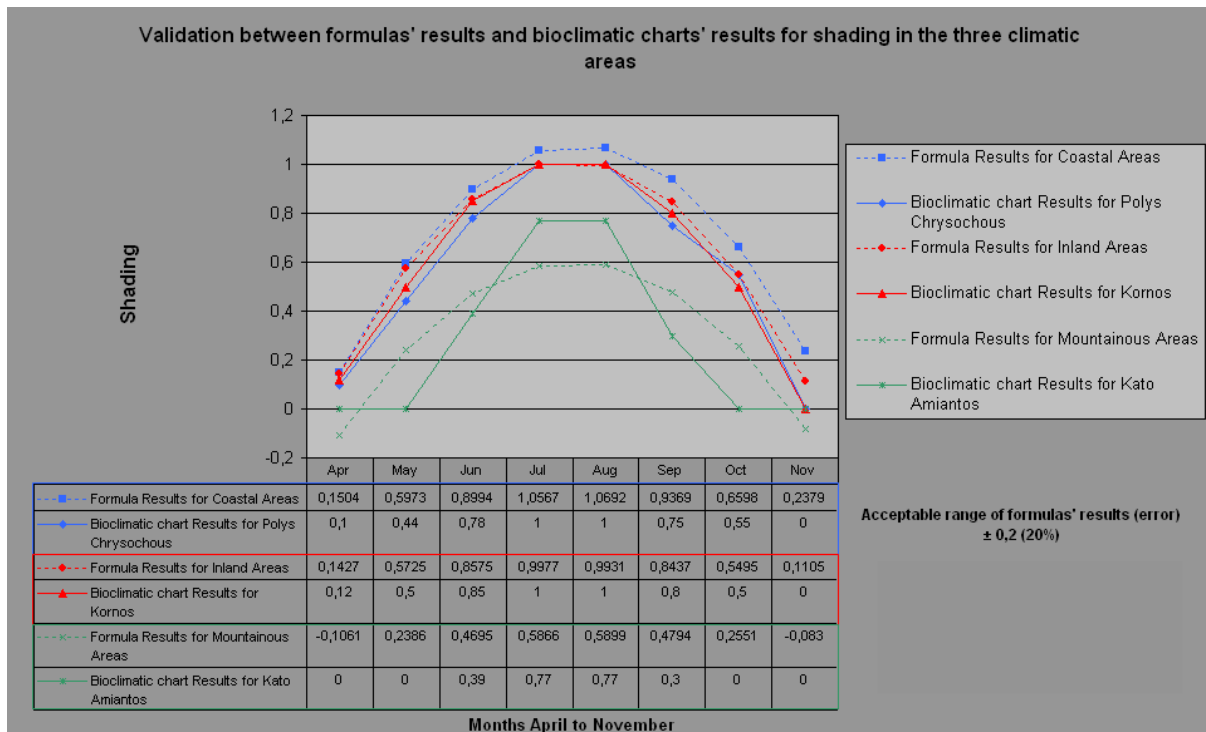
Ιούλιο και Αύγουστο που ο δροσισμός είναι απαραίτητος για την εσωτερική άνεση τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων είναι σχεδόν το ίδιο. Στις ορεινές περιοχές, οι ανάγκες αερισμού μειώνονται και συνεπώς, οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων είναι ασήμαντες.

Στη συνέχεια το αποδεκτό εύρος τιμών για την υγρασία υπολογίζεται στα $\pm 0.5 \text{ g/kg}$ κάθε κλιματική ζώνη (Διάγρ. 92). Τα αποτελέσματα για τις ανάγκες της υγρασίας σε κάθε κλιματική ζώνη διαφοροποιούνται ανά κλιματική περιοχή. Οι περιοχές της ενδοχώρας χρειάζονται μεγάλες ποσότητες υγρασίας από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο για να αποκατασταθεί η εσωτερική άνεση. Από την άλλη πλευρά οι παράκτιες περιοχές χρειάζονται λιγότερη ή μηδενική υγρασία και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί και αφύγρανση λόγω των αυξημένων επιπέδων υγρασίας που υπάρχουν το καλοκαίρι στην ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών μεθόδων κατατάσσονται στο αποδεκτό εύρος τιμών και έτσι επαληθεύονται και σε αυτή την περίπτωση οι βιοφόρμουλες.



Διάγραμμα 92: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη υγρασίας στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.

Σχετικά με τις ανάγκες σκίασης το αποδεκτό φάσμα τιμών υπολογίζεται στο $\pm 20\%$ ποσοστού σκίασης ανά μήνα (Διάγρ. 93).



Διάγραμμα 93: Επαλήθευση των αποτελεσμάτων μεταξύ εξισώσεων και βιοκλιματικών χαρτών για την ανάγκη σκίασης στις τρεις κλιματικές ζώνες της Κύπρου.

Η σκίαση είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εσωτερική θερμική άνεση το καλοκαίρι. Εάν δεν εφαρμοστούν τεχνικές σκίασης τότε όλες οι άλλες βιοκλιματικές στρατηγικές δεν θα εξυπηρετούν ιδιαίτερα κατά τις πολύ ζεστές μέρες του χρόνου με αυξημένη ηλιοφάνεια. Κυρίως στις παράλιες περιοχές αλλά και τις περιοχές της ενδοχώρας η σκίαση είναι ζωτικής σημασίας για οκτώ μήνες του έτους. Τα αποτελέσματα εκφράζουν το ποσοστό του κάθε μήνα που χρειάζεται σκίαση για να αποκατασταθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι ανάγκες σκίασης φτάνουν στο ανώτατο όριο του 1 ή 100%. Αυτό σημαίνει ότι η σκίαση είναι απαραίτητη καθ' όλη τη διάρκεια ενός μήνα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το αποτέλεσμα αυτής της επαλήθευσης δείχνουν ότι οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν. Κυρίως σε παράκτιες και εσωτερικές περιοχές όπου είναι πολύ σημαντική η σκίαση, τα αποτελέσματα των εξισώσεων είναι πολύ παρόμοια με τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών. Οι ορεινές περιοχές χρειάζονται μειωμένα ποσοστά σκίασης και η κρίσιμη περίοδος σκίασης είναι μικρότερη από ότι στις άλλες

κλιματικές ζώνες. Αυτός είναι και ο λόγος που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αποκλίσεις τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων στα ορεινά, ιδίως κατά τους μη καλοκαιρινούς μήνες.

6.9 Αξιολόγηση και συμπεράσματα

Οι τρεις κλιματικές περιοχές παρουσιάζουν πολύ διαφορετική ανάλυση στους βιοκλιματικούς χάρτες. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα διαφαίνεται άμεσα η αναγκαία βιοκλιματική ανάλυση της κάθε περιοχής ξεχωριστά [10,11]. Έκπληξη ίσως αποτελεί το γεγονός ότι σε καμία από τις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου δεν χρειάζεται μηχανική ψύξη για δροσισμό, νοούμενου ότι θα ακολουθηθούν όλες οι παθητικές τεχνικές που προτείνονται στους χάρτες. Παθητικές τεχνικές δροσισμού όπως ο δροσισμός με εξάτμιση, η αυξημένη θερμική μάζα και ο νυκτερινός κυρίως αερισμός. Στις παράλιες περιοχές λόγω αυξημένης υγρασίας παρατηρείται και η ανάγκη αφύγρανσης με μηχανικά μέσα έτσι ώστε μηδενιστεί η δυσφορία.

Στην αντίπερα όχθη μηχανική θέρμανση χρειάζονται κυρίως τα ορεινά και σε μικρότερο βαθμό οι περιοχές της ενδοχώρας. Στα παράλια μπορούν να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης μόνο με παθητικά συστήματα θέρμανσης. Σε όλες τις κλιματικές περιοχές η προώθηση του ηλιασμού κατά τους θερινούς μήνες και η αποφυγή της αποβολής του θερμικού φορτίου είναι απαραίτητες στρατηγικές κατά τους χειμερινούς μήνες. Η αποτύπωση και η ανάλυση των βιοκλιματικών χαρτών αποδεικνύει ότι τα ποσοστά ενέργειας που καταναλώνονται σε κλιματισμό (ψύξη-θέρμανση) μπορούν να μειωθούν στο ελάχιστο με τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας.

Μέσα από την πιο επισταμένη ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρείται ότι ολόχρονα τα μεγαλύτερα ποσοστά άνεσης κατά μέσο όρο παρατηρούνται στην ενδοχώρα. Έπειτα έρχεται η παράλια πόλη της Λεμεσού και τέλος ο ορεινός Πρόδρομος. Ανάγκες για σκίαση έχουν και οι τρεις κλιματικές περιοχές με τα παράλια να παρουσιάζουν τις υψηλότερες ανάγκες κατά μέσο όρο το χρόνο. Αξιολόγηση γίνεται και στις ανάγκες για υγρασία που είναι ελάχιστες και αναγκαίες κυρίως στην ενδοχώρα. Οι ορεινές περιοχές της Κύπρου δεν παρουσιάζουν ανάγκες ψύξης, ούτε κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Αντίθετα η περιοχή εκ των τριών με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη φαίνεται να είναι η ενδοχώρα. Τέλος όσον αφορά τις ανάγκες για θέρμανση και ηλιακή ακτινοβολία ο Πρόδρομος και γενικότερα οι ορεινές περιοχές παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις. Τις λιγότερες απαιτήσεις παρουσιάζουν οι παράλιες περιοχές.

Μετά την εύρεση και ανάλυση των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών χαρτών έγινε σύγκριση με τα αποτελέσματα μετρήσεων ηλιακής ακτινοβολίας στην κάθε περιοχή για να διαφανεί κατά πόσον ικανοποιούνται οι ανάγκες θερμικής άνεσης το χειμώνα. Οι ανάγκες θέρμανσης ικανοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιακή ακτινοβολία. Στα παράλια η ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει τις απαιτούμενες ανάγκες για θέρμανση τους περισσότερους μήνες και κατά τους χειμερινούς μήνες για αρκετές ώρες κυρίως μεσημβρινές οι απολαβές είναι υψηλότερες των αναγκών και μπορούν με αποθήκευση να αξιοποιούνται σε όλο το διάστημα μιας μέρας. Στην ενδοχώρα πρόβλημα υπάρχει ουσιαστικά μόνο κατά το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο και θα χρειαστεί μηχανική θέρμανση. Στα ορεινά και συγκεκριμένα στον Πρόδρομο οι μήνες Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και Μαρτίου έχουν ανάγκες πολύ περισσότερες από $560\text{W}/\text{m}^2$ και χρειάζεται μηχανική θέρμανση γιατί οι ηλιακές απολαβές δεν είναι αρκετές. Δεν γνωρίζουμε το ακριβές ποσόν θέρμανσης που χρειάζονται στα ορεινά για να αισθανθούν συνθήκες άνεσης γι' αυτό και γίνεται μια προβολή χωρίς όμως να είναι τα πραγματικά αποτελέσματα.

Στη παρούσα μελέτη ο σημαντικός στόχος ήταν και η εύρεση ενός σχετικά εύκολου εύχρηστου τρόπου υπολογισμού των παθητικών αναγκών για θερμική άνεση αποφεύγοντας τη χρήση των βιοκλιματικών χαρτών τουλάχιστον κατά την αρχική φάση σχεδιασμού του κτιρίου. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε και δημιουργήθηκαν εξισώσεις με την ονομασία «Bioforms». Αυτές οι εξισώσεις μπορούν να αντικαταστήσουν τον ποσοτικό βιοκλιματικό χάρτη των Olgays δίνοντας ακριβή αποτελέσματα των παθητικών αναγκών για βιοκλιματική αρχιτεκτονική στις τρεις κλιματικές ζώνες. Η κύρια δυσκολία σε αυτή την έρευνα ήταν να βρεθεί η κατάλληλη εξίσωση για κάθε ανάγκη ανά κλιματική ζώνη, που να μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια τα αποτελέσματα σε ένα αποδεκτό εύρος τιμών. Πολλοί τύποι εξισώσεων μελετήθηκαν προκειμένου να παρουσιαστούν οι πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Αυτές οι εξισώσεις χαρακτηρίζονται ως οι πιο απλές αλλά και συνάμα ακριβείς. Τα αποτελέσματα από τις βιοφόρμουλες μπορούν να δώσουν μια πρώτη ανάλυση της κάθε κλιματικής περιοχής χωρίς την ανάγκη ύπαρξης μετεωρολογικών δεδομένων, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι διαθέσιμα. Σημαντικό είναι το ότι κάθε μήνας αντιπροσωπεύεται από μια διαφορετική τιμή της μεταβλητής x σε κάθε εξίσωση και δεν ισχύει η ίδια αντικατάσταση σε όλους τους τύπους εξισώσεων. Δηλαδή παρόλο που ο Ιούνιος είναι ο έκτος μήνας του έτους η μεταβλητή x δεν θα αντικαθίσταται πάντα με τον αριθμό 6. Προκειμένου να δώσει τα ορθά αποτελέσματα σε κάθε παθητική ανάγκη θα πρέπει ο μελετητής να βρει την αντίστοιχη τιμή που θα αντικαταστήσει βάσει του γραφήματος. Οι

βιοφόρμουλες σε καμία περίπτωση δεν δίνουν αποτελέσματα και για τους δώδεκα μήνες του έτους διότι τότε τα αποτελέσματα θα ήταν γενικά και χωρίς ακρίβεια. Αυτές οι εξισώσεις μπορούν να εφαρμοστούν μόνο για τους μήνες όπου η παθητική στρατηγική είναι αναγκαία στην κάθε κλιματική ζώνη. Σε κάθε περίπτωση η περίοδος που αντιπροσωπεύεται από τις εξισώσεις είναι διαφορετική και προσδιορίστηκε μετά από εκτεταμένη βιοκλιματική ανάλυση που προηγήθηκε. Η επαλήθευση των αποτελεσμάτων ήταν απαραίτητη για να αποδειχθεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα από τις δύο μεθόδους και για τις τρεις κλιματικές ζώνες σε κάθε παθητική ανάγκη επαληθεύτηκαν και επικυρώθηκαν. Δεν είναι η πρώτη φορά που γίνεται η προσπάθεια βελτίωσης της βιοκλιματικής μελέτης. Μετά τους Olgays πολλές προσπάθειες έγιναν για ανάπτυξη και βελτίωση των βιοκλιματικών χαρτών [12,13]. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα που υπάρχουν βοηθούν στην ανάπτυξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, αλλά δεν βοηθούν τους μηχανικούς στην εφαρμογή της βιοκλιματικής ανάλυσης. Αυτή είναι η πρώτη φορά που η χρονοβόρα διαδικασία των χαρτών μπορεί να αντικατασταθεί με απλές και εύχρηστες εξισώσεις. Ο τρόπος υπολογισμού είναι απλός χωρίς την ανάγκη οποιασδήποτε λεπτομερούς γνώσης. Έτσι ο καθένας μπορεί να βρει τις ανάγκες για παθητική θέρμανση και ψύξη, προκειμένου να σχεδιαστεί ή να ανακαινίσει ένα κτίριο κτίριο. Αυτός ίσως είναι και ένας τρόπος ώστε ο βιοκλιματικός σχεδιασμός να διαδοθεί ευκολότερα και να χρησιμοποιείται ευρέως από μηχανικούς ή όχι σε παρόμοιες κλιματικές περιοχές με αυτές της Κύπρου. Τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου θα βοηθήσουν στη συνέχεια ώστε να βρεθούν οι τεχνικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων.³

³ Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου έχουν γίνει δεκτά για δημοσίευση ή βρίσκονται σε διαδικασία δημοσίευσης ως:

M. C. Katafygiotou, D.K.Serghides, "Bioclimatic chart analysis in three climate zones in Cyprus", Article in Press in Indoor and Built Environment Journal, (Published Online).

M. C. Katafygiotou, D.K.Serghides, "Preliminary bioclimatic analysis using "bioforms" instead of bioclimatic charts", Paper is accepted with minor changes and is in process for publication.

Βιβλιογραφία 6^ο κεφαλαίου

- [1] Ελένη Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, (2003). Περιβάλλον και δομημένος χώρος, Βιοκλιματική προσέγγιση.
- [2] Givoni B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [3] Κώστας & Θέμης Στεφ. Τσίππρας. (2005). *Οικολογική Αρχιτεκτονική, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική*, Εκδόσεις Κέδρος.
- [4] Γενική διεύθυνση έργων, διεύθυνση μελετών συμβατικών έργων. (2008). «Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης», Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε., Αθήνα.
- [5] Olgyay A. and Olgyay. V. (1963). “*Design with climate*”. Princeton N.J. Princeton University Press.
- [6] Βιβλίο: *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός*. (1996). Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.
- [7] ASHRAE, American Society of Heating. (2009). *Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Fundamentals Handbook*.
- [8] Akram A, Zuhairy and A.A.M. Sayigh. (1993). The development of the bioclimatic concept in building design. *Renewable Energy*, Vol 3, No 4/5. pp. 521-533., Great Britain.
- [9] K.J. Lomas, D. Fiala, M.J. Cook, P.C. Cropper. (2004). Building bioclimatic charts for non-domestic buildings and passive downdraught evaporative cooling. *Building and Environment* 39 661-676.
- [10] Serghides DK (1996) Prototype solar house for Cyprus. *EuroSun '96 Internationales Sonnenforum* 10: 1128–1130.
- [11] Ayman Hassaan A.Mahmoud. (2011). An Analysis of bioclimatic zones and implications for design of outdoor built environment in Egypt. *Building and Environment* 46 605-620.
- [12] Baruch Givoni. (1992). *Comfort climate analysis and building design guidelines*. *Energy and Buildings* 18 11-23.
- [13] Szokolay S.V. (1986). Climate analysis based on the psychrometric chart. *International Journal of Ambient Energy*. Volume 7, Issue 4, 171-182.

7 Λεπτομερής μελέτη τυπικών σχολείων ανά κλιματική περιοχή: Προσομοιώσεις ενεργειακής αναβάθμισης

Δεδομένης της ανάγκης που εντοπίστηκε και επιβεβαιώθηκε από την πιλοτική έρευνα για ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο η μελέτη συνεχίζεται με προσομοιώσεις ενός τυπικού σχολείου μέσης εκπαίδευσης ανά κλιματική περιοχή της Κύπρου (case studies). Σε αυτό το κεφάλαιο επιλέγονται 3 σχολικά κτίρια -ένα σε κάθε κλιματική περιοχή- για περαιτέρω μελέτη. Τα σχολεία που επιλέγονται είναι αντιπροσωπευτικά για την κάθε κλιματική περιοχή και ταυτίζονται σε σχεδόν απόλυτα με τα χαρακτηριστικά των τυπικών σχολικών κτιρίων στην κάθε κλιματική ζώνη. Έτσι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μπορούν αντιπροσωπεύουν το γενικότερο σχολικό κτιριακό απόθεμα του νησιού.

Αρχικά αξιολογείται η υφιστάμενη κατάσταση των τυπικών σχολικών κτιρίων και στη συνέχεια προσομοιώνονται σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης βασισμένα στη βιοκλιματική ανάλυση των περιοχών με στόχο την εύρεση των βέλτιστων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας και εσωτερικής άνεσης. Τα τυπικά και αντιπροσωπευτικά κτίρια σχολείων που επιλέγονται ανά κλιματική περιοχή είναι το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου για την ενδοχώρα, το Γυμνάσιο Νεάπολης για τα παράλια και το Γυμνάσιο Αγρού για τα ορεινά. Τα δύο σχολικά κτίρια σε ενδοχώρα και ορεινά έχουν ήδη μελετηθεί προκαταρκτικά και στην πιλοτική έρευνα. Στα παράλια δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο σχολείο από τα δείγματα της πιλοτικής μελέτης αλλά επιλέχθηκε το Γυμνάσιο Νεάπολης το οποίο θεωρείται πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τυπικού σχολικού κτιρίου.

Καθώς σε αυτό το στάδιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και των τριών τυπικών σχολείων. Για την εύρεση των θερμοπερατότητας του κτιρίου χρησιμοποιείται ο Οδηγός Θερμομόνωσης [1] και για επαλήθευση των συντελεστών χρησιμοποιήθηκε η συσκευή U-Value Calculator Model STM200U.



Εικόνα 24: Μετρήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας σε δομικά στοιχεία του κτιρίου

Με στόχο την εύρεση των τρωτών σημείων της κατασκευής των τυπικών σχολικών κτιρίων πάρθηκαν θερμογραφίες. Χρησιμοποιήθηκε η θερμοκάμερα Model FLIR T335 της οποίας τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα πιο κάτω.

Πίνακας 60: Χαρακτηριστικά θερμοκάμερας FLIR T335

FLIR T335
Thermal image quality: 320x240 pixels
Temperature range: -20°C to +650°C
< 50 mK NETD
4x digital zoom
Picture-in-Picture (resizable/moveable)
4 Image markers
Instant reports



Εικόνα 25: Θερμοκάμερα μοντέλο FLIR T335

Στη συνέχεια γίνονται προσομοιώσεις της υφιστάμενης ενεργειακής τους κατάστασης με το λογισμικό iSBEMcy και έπειτα με το ίδιο λογισμικό πρόγραμμα προσομοιώνονται σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης. Οι στρατηγικές ενεργειακής αναβάθμισης που καθορίζονται τα σενάρια έχουν οριστεί βάσει της βιοκλιματικής ανάλυσης που προηγήθηκε σε κάθε κλιματική περιοχή. Μέσω της βιοκλιματικής ανάλυσης εξήχθησαν οι απαραίτητες στρατηγικές που θα πρέπει να εφαρμοστούν ώστε να υπάρχει εσωτερική θερμική άνεση στα σχολεία και αυξημένη ενεργειακή απόδοση κτιρίων, ανά κλιματική ζώνη.

7.1 Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης τυπικών σχολικών κτιρίων

Σε αυτό το στάδιο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των σχολείων που επιλέχθηκαν για περαιτέρω ανάλυση και συγκρίνονται με τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν για να οριστούν τυπικά σχολικά κτίρια ανά κλιματική περιοχή. Με αυτό τον τρόπο επαληθεύεται η ταύτιση τους και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που θα ακολουθήσουν. Τα αποτελέσματα θα αντιπροσωπεύουν το σύνολο του σχολικού αποθέματος στην Κύπρο και οι επεμβάσεις που θα προταθούν για ενεργειακή αναβάθμιση θα είναι εξίσου αποδοτικές σε οποιοδήποτε σχολικό κτίριο και αν εφαρμοστούν.

Αρχικά γίνονται επί τόπου έλεγχοι και επιθεωρήσεις για συλλογή των κατασκευαστικών λεπτομερειών. Κατά τη διάρκεια των επιτόπου ελέγχων γίνεται συλλογή στοιχείων μέσω ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων. Έπειτα γίνεται ενδεδειγμένη ανάλυση των καταναλώσεων του κτιρίου μέσω πραγματικών μετρήσεων αλλά και μέσω προγραμμαμάτων προσομοίωσης ώστε να διαφανεί η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου. Τα δομικά χαρακτηριστικά των σχολικών κτιρίων επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή τους κατανάλωση. Ο τρόπος δόμησης των κτιρίων είναι βασικός παράγοντας ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από την αρχή ενός έργου έτσι ώστε να θωρακίζεται έναντι των καιρικών μεταβολών. Τα κυριότερα προβλήματα, όπως φάνηκε στη βιβλιογραφία, υπάρχουν στα κελύφη των κτιρίων γεγονός που μας ωθεί στην ενδεδειγμένη μελέτη των δομικών στοιχείων που απαρτίζουν το τυπικό κτίριο μελέτης. Γίνεται ανάλυση των δομικών στοιχείων του κελύφους των κτιρίων, των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού των σχολείων. Επίσης παρουσιάζονται τα λειτουργικά στοιχεία των σχολείων και εντοπίζονται τα μειονεκτήματα κατασκευής τους. Συγκρίνονται οι ενεργειακές αποδόσεις των σχολικών κτιρίων με τις ελάχιστες απαιτήσεις βάσει νομοθεσίας της Κυπριακής Δημοκρατίας με στόχο

να εντοπιστούν τα τρωτά στοιχεία των κατασκευών για να οριστούν τα σενάρια αναβάθμισης.

Με τη χρήση θερμοκάμερας εντοπίστηκαν τα σημεία του κελύφους στα οποία δημιουργούνται θερμογέφυρες και οδηγούν σε θερμικές απώλειες. Οι πραγματικές καταναλώσεις συγκεντρώθηκαν από τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος και πετρελαίου θέρμανσης των 3 τελευταίων ετών και συγκεκριμένα της τριετίας 2009-2012. Οι προσομοιώσεις στη συνέχεια για κατηγοριοποίηση των κτιρίων και ενεργειακή ανάλυση έγιναν με το λογισμικό iSBEMcy.

7.1.1 Τυπικό σχολικό κτίριο στην παράλια κλιματική ζώνη

Στα παράλια επιλέχθηκε το Γυμνάσιο Νεάπολης στη Λεμεσό το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό και τα αποτελέσματα του μπορούν να δώσουν κατευθύνσεις για την πλειοψηφία των παράλιων σχολείων στην Κύπρο.



Εικόνα 26: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και βόρεια όψη (δεξιά) Γυμνασίου Νεάπολης

Πίνακας 61: Χαρακτηριστικά τυπικού παράλιου σχολείου και γυμνασίου Νεάπολης

	Τυπικό Σχολείο Παράλια	Γυμνάσιο Νεάπολης
Τύπος σχολείου	Δημόσια-Γυμνάσια	Δημόσιο Γυμνάσιο
Αριθμός χρηστών	516	480
Συνολικό εμβαδόν	3119 m ²	2207
Εμβαδόν τυπικής αίθουσας διδασκαλίας	46 m ²	45 m ²

Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας	199	2
Περίοδος ανέγερσης	1974-2000	1974-2000
Αριθμός ορόφων	2	2
Προσανατολισμό	Βόρειος	Βόρειος και Νότιος
Σχήμα	Ορθογώνιο	Ορθογώνιο / Σχήμα Π
Κύριο διάδρομο	Εξωτερικό	Εξωτερικός
Θερμομόνωση	Όχι	Όχι
Υαλοπίνακες	Μονοί	Μονοί
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου
Σύστημα ψύξης	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες	Αυτοτελείς διαιραμένες μονάδες
Σύστημα ζεστού νερού	Δεν υπάρχει ή μέσω θέρμανσης πετρελαίου	Μέσω κεντρικής θέρμανσης πετρελαίου
Φωτισμός	Φλορέντζες	Φλορέντζες
Εξοπλισμός	Δεν υπάρχει “Energy Star”	Δεν υπάρχει “Energy Star” στον πλείστο εξοπλισμό
Ηλεκτρική κατανάλωση	25,56 kWh/m ² /year	14,95 kWh/m ² /year
Κατανάλωση πετρελαίου	22,88 kWh/m ² /year	16,5 kWh/m ² /year
Συνολική τελική κατανάλωση	48,43 kWh/m ² /year	31,45 kWh/m ² /year

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Νεάπολης σε συνάρτηση με τους

συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο παρουσιάζονται στο συνοπτικό Πίνακα 62 [1]. Στο παράρτημα ΙΙΙ παρουσιάζονται αναλυτικά οι ιδιότητες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου.

Πίνακας 62: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Ναάπολης (υπολογιστική μέθοδος)

Κέλυφος κτιρίου	Βασικά Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	ΟΧΙ	1.389	U≤0.85
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	3.042	U≤0.85
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	ΟΧΙ	3.275	U≤0.75
Δάπεδο 1 ^ο ορόφου	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	1.994	U≤0.75
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0.582	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής
Παράθυρα (4 τύποι)	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	ΟΧΙ	6.5 6.53 6.14 6.25	U≤3.8
Πόρτες (2 τύποι)	Μεταλλικές με μονό γυαλί	ΟΧΙ	6.47 6.6	U≤3.8

7.1.2 Τυπικό σχολικό κτίριο στην ενδοχώρα

Στην ενδοχώρα επιλέχθηκε το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου στη Λευκωσία το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό και τα αποτελέσματα του μπορούν να δώσουν κατευθύνσεις για την πλειοψηφία των σχολείων της ενδοχώρας στην Κύπρο.



Εικόνα 27: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και βόρεια πίσω όψη (δεξιά)

Πίνακας 63: Χαρακτηριστικά τυπικού σχολείου ενδοχώρας και γυμνασίου Αγίου Δομετίου

	Τυπικό Σχολείο Ενδοχώρα	Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου
Τύπος σχολείου	Δημόσια-Γυμνάσια	Δημόσιο Γυμνάσιο
Αριθμός χρηστών	491	403
Συνολικό εμβαδόν	2755 m ²	2108
Εμβαδόν τυπικής αίθουσας διδασκαλίας	43 m ²	42 m ²
Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας	1.82	1.8
Περίοδος ανέγερσης	1974-2000	1974-2000
Αριθμός ορόφων	2	2
Προσανατολισμό	Νότιος	Νότιο και Βόρειο
Σχήμα	Σχήμα Π	Σχήμα Π
Κύριο διάδρομο	Εξωτερικό	Εξωτερικό
Θερμομόνοση	Όχι	Όχι
Υαλοπίνακες	Μονοί	Μονοί
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου

Σύστημα ψύξης	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες	Αυτοτελείς διαιρεμένες μονάδες
Σύστημα ζεστού νερού	Δεν υπάρχει ή με θέρμανση πετρελαίου	Ταχυθερμαντήρες
Φωτισμός	Φλορέντζες	Φλορέντζες
Εξοπλισμός	Υπάρχει “Energy Star”	Υπάρχει “Energy Star”
Ηλεκτρική κατανάλωση	22.03 kWh/m²/year	24.55 kWh/m²/year
Κατανάλωση πετρελαίου	33.64 kWh/m²/year	35.49 kWh/m²/year
Συνολική κατανάλωση	55.67 kWh/m²/year	60.04 kWh/m²/year

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγίου Δομετίου σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο παρουσιάζονται στο συνοπτικό Πίνακα 64 [1]. Τα αποτελέσματα θερμοπερατότητας του κτιρίου επαληθευτήκαν με επιτόπου μετρήσεις με τη βοήθεια του U-Value calculator. Αναλυτικά παρουσιάζονται στο Παράρτημα III όλοι οι υπολογισμοί.

Πίνακας 64: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Ναάπολης (υπολογιστική μέθοδος)

Κέλυφος κτιρίου	Βασικά Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [NAI/OXI]	U-Value [W/m²K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m²K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	OXI	1.389	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	3.042	$U \leq 0.85$
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	3.275	$U \leq 0.75$
Δάπεδο 1 ^ο ορόφου	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	1.994	$U \leq 0.75$
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.65	Δεν υπάρχει ελάχιστος συντελεστής

Παράθυρα (4 τύποι)	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	ΟΧΙ	5.9~6.7	$U \leq 3.8$
Πόρτα	Μεταλλική με μονό γυαλί	ΟΧΙ	5.97	$U \leq 3.8$

7.1.3 Τυπικό σχολικό κτίριο στα ορεινά

Στα ορεινά επιλέχθηκε το Απεήτειο Γυμνάσιο Αγρού το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό και τα αποτελέσματα του μπορούν να δώσουν κατευθύνσεις για την πλειοψηφία των σχολείων των ορεινών περιοχών στην Κύπρο.



Εικόνα 28: Νότια πρόσοψη (αριστερά) και πίσω βόρεια όψη (δεξιά)

Πίνακας 65: Χαρακτηριστικά τυπικού σχολείου ενδοχώρας και γυμνασίου Αγρού

	Τυπικό Σχολείο Ορεινά	Γυμνάσιο Αγρού
Τύπος σχολείου	Δημόσια- Γυμνάσια	Δημόσιο Γυμνάσιο
Αριθμός χρηστών	347	360
Συνολικό εμβαδόν	3640 m ²	3634 m ²
Εμβαδόν τυπικής αίθουσας διδασκαλίας	55 m ²	52 m ²
Πυκνότητα μαθητών ανά αίθουσα διδασκαλίας	2.59	2.5

Περίοδος ανέγερσης	Πριν το 1974	Πριν το 1974
Αριθμός ορόφων	3	3
Προσανατολισμό	Βορειοδυτικός	Νότιος και Βορειοδυτικός
Σχήμα	Συνδυασμό σχημάτων	Ορθογώνιο και T
Κύριο διάδρομο	Εξωτερικό	Εσωτερικός και μερικών εξωτερικός
Θερμομόνωση	Όχι	Όχι
Υαλοπίνακες	Μονοί	Μονοί
Σύστημα θέρμανσης	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου	Κεντρική θέρμανση πετρελαίου
Σύστημα ψύξης	Αυτοτελείς διαιραμένες μονάδες	Αυτοτελείς διαιραμένες μονάδες
Σύστημα ζεστού νερού	Ναι- θέρμανση με πετρέλαιο	Ναι- θέρμανση με πετρέλαιο και ηλιακούς συλλέκτες
Φωτισμός	Φλορέντζες	Φλορέντζες
Εξοπλισμός	Δεν απαντήθηκε	Μικρό ποσοστό “Energy Star”
Ηλεκτρική κατανάλωση	24.51 kWh/m ² /year	19.89 kWh/m ² /year
Κατανάλωση πετρελαίου	83.48 kWh/m ² /year	83.39 kWh/m ² /year
Συνολική κατανάλωση	107.99 kWh/m ² /year	103.28 kWh/m ² /year

Το κτίριο αποτελείται από τρεις ορόφους, ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο και συνολικά 3634m². Το κέλυφος αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας (από πέτρα και τούβλα), δάπεδο και οροφή. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγρού σε συνάρτηση με τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο παρουσιάζονται στο συνοπτικό Πίνακα 66 [1]. Τα αποτελέσματα θερμοπερατότητας του κτιρίου επαληθευτήκαν με επιτόπου μετρήσεις με τη βοήθεια του U-Value calculator. Στη παράρτημα III παρουσιάζονται αναλυτικά οι

λεπτομέρειες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου.

Πίνακας 66: Συνοπτική περιγραφή κελύφους-Γυμνάσιο Νεάπολης (υπολογιστική μέθοδος)

Κέλυφος κτιρίου	Βασικά Δομικά Στοιχεία	Θερμομόνωση [ΝΑΙ/ΟΧΙ]	U-Value [W/m ² K]	Απαιτήσεις Κυπριακής Νομοθεσίας- U-Value [W/m ² K]
Εξωτερική τοιχοποιία 1	Τούβλα	ΟΧΙ	1.389	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Πέτρα	ΟΧΙ	1.5	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	3.042	$U \leq 0.85$
Οροφή 1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	ΟΧΙ	3.275	$U \leq 0.75$
Οροφή 1	Κεκλιμένη με κεραμίδια	ΟΧΙ	1.963	$U \leq 0.75$
Δάπεδο 1 ^ο ορόφου	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	2.176	$U \leq 0.75$
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	ΟΧΙ	0.37	Δεν υπάρχει όριο
Παράθυρα (3 τύποι)	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	ΟΧΙ	6.04~6.08	$U \leq 3.8$
Πόρτα	Μεταλλική με μονό γυαλί	ΟΧΙ	5.97	$U \leq 3.8$

7.2 Υφιστάμενες ενεργειακές αποδόσεις επιλεγμένων τυπικών σχολικών κτιρίων

Η υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων που επιλέχθηκαν ως μελέτες περίπτωσης (Case Studies) είναι πολύ σημαντική ώστε να διαφανούν τα προβλήματα και τα αίτια κακής ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Για να διαφανούν οι θερμικές απώλειες του κελύφους των τυπικών σχολείων αρχικά γίνεται επιτόπου επίσκεψη και ενδεικτική θερμογράφιση. Βάσει της θερμογράφισης γίνεται αξιολόγηση των τρωτών σημείων της κατασκευής. Η αξιολόγηση βασίζεται στις διαφορές θερμοκρασίας οι οποίες εντοπίζονται στην επιφάνεια του κελύφους. Όταν υπάρχει ασυνήθιστη και μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά τότε υπάρχει πιθανότητα πρόβλημα απωλειών θερμότητας. Οι Balaras & Argiriou παρουσιάζουν την κατηγοριοποίηση των θερμοκρασιακών διαφορών οι οποίες καταδεικνύουν την αμεσότητα επιδιόρθωσης του κελύφους [2].

- Προτεραιότητα 0: $\Delta T \leq 5^{\circ}\text{C}$ Δεν χρειάζεται επιδιόρθωση τώρα
- Προτεραιότητα 1: $5^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 10^{\circ}\text{C}$ Στην επόμενη επίσκεψη θα χρειαστεί επιδιόρθωση
- Προτεραιότητα 2: $10^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 15^{\circ}\text{C}$ Πρέπει σύντομα να οριστεί επιδιόρθωση
- Προτεραιότητα 3: $15^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 50^{\circ}\text{C}$ Πρέπει να επιδιορθωθεί το συντομότερο δυνατόν
- Προτεραιότητα 3: $\Delta T \geq 50^{\circ}\text{C}$ Χρειάζεται άμεσα επιδιόρθωση

Στη δεύτερη επίσκεψη στα σχολικά κτίρια και αφού έχει διερευνηθεί η σοβαρότητα της ζημίας στο κέλυφος του κτιρίου γίνεται υπολογισμός των θερμικών απωλειών (watt). Ο υπολογισμός των απωλειών θερμότητας μέσω αγωγιμότητας διεξάγεται χρησιμοποιώντας την τρισδιάστατη προσέγγιση ανάλυσης και την εξίσωση της ροής θερμότητας [3].

$$Q = \sum (U_i \times A_i) (1 - b) (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$

Εξίσωση 17

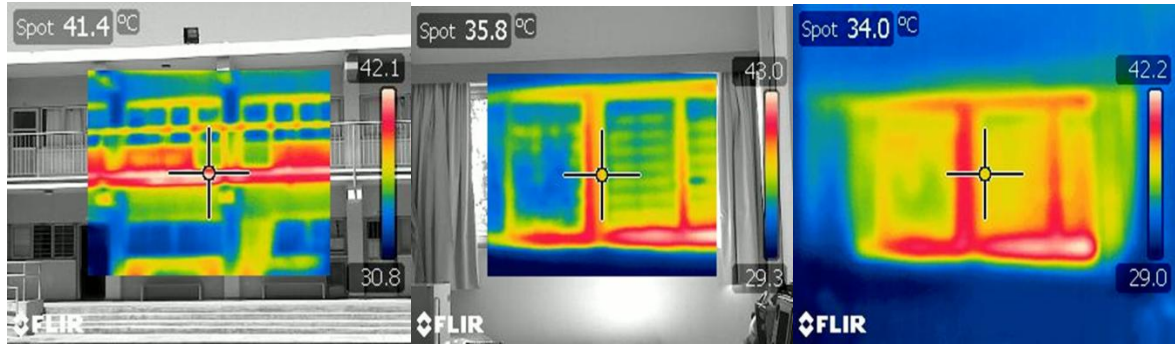
- Q (W) είναι η συνολική απώλεια θερμότητας
- U_i ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της επιφάνειας
- k ($\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$) είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού
- L είναι το πάχος των υλικών
- A_i (m^2) είναι η περιοχή της επιφάνειας i που επηρεάζεται από τη μεταφορά θερμότητας
- T_{ext} είναι η εξωτερική θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin.

- T_{int} είναι η εσωτερική θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin.
- b είναι ο παράγοντας θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων του χώρου. Ο συντελεστής θερμοκρασίας b , λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του δομικού στοιχείου κατασκευής μπορεί να είναι διαφορετική από την εξωτερική θερμοκρασία. Ο συντελεστής θερμοκρασίας είναι κατά συνέπεια το μηδέν για την κατασκευή στοιχείων που συνορεύουν με τον εξωτερικό αέρα που είναι η περίπτωση όλων των υλικών στις όψεις ενός κτιρίου.

Στη συνέχεια γίνονται προσομοιώσεις με το λογισμικό iSBEMcy. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων στοχεύει στον εντοπισμό των αποδοτικότερων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων. Για να γίνουν οι προσομοιώσεις των κτιρίων αρχικά μελετούνται τα αρχιτεκτονικά σχέδια και γίνεται διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες. Ο διαχωρισμός των ζωνών γίνεται με βάση τη δραστηριότητα των χώρων, τα συστήματα κλιματισμού, τα συστήματα φωτισμού καθώς και της πρόσβασης στο ημερήσιο φως.

7.2.1 Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Νεάπολης

Στο Γυμνάσιο Νεάπολης έγινε η πρώτη επίσκεψη κατά το μήνα Ιούλιο του 2013 και αποτυπώθηκαν οι πιο κάτω θερμογραφίες. Πριν τη θερμογράφηση τα κλιματιστικά δρόσιζαν τους εσωτερικούς χώρους για περίπου 3 ώρες ώστε να επιτευχθεί θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ίση με 10°C . Διαφαίνεται σε όλες τις θερμογραφήσεις του Γυμνασίου Νεάπολης ότι λόγω απουσίας θερμομόνωσης είναι έντονα τα τρωτά σημεία του κελύφους. Υπάρχουν απώλειες θερμότητας κυρίως γύρω από τα ανοίγματα του κτιρίου. Στις θερμογραφήσεις παρουσιάζεται και η θερμοκρασιακή κλίμακα όπου παρουσιάζονται οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές κυρίως πέριξ των ανοιγμάτων. Οι θερμοκρασιακές διαφορές στις πλείστες περιπτώσεις είναι της τάξης των 10 έως 15°C γεγονός που δείχνει ότι σύντομα πρέπει να οριστεί επιδιόρθωση.



Εικόνα 29: Θερμογραφίες Γυμνασίου Νεάπολης

Στη συνέχεια στη δεύτερη επίσκεψη στο σχολικό κτίριο κατά το τέλος Ιουλίου του 2013 υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους για την τοιχοποιία και τα ανοίγματα του κτιρίου. Χρησιμοποιήθηκε μετρητής θερμοκρασίας υπερύθρων, για μετρήσεις θερμοκρασίας δομικών στοιχείων από απόσταση, UT-301B της UTI-T το οποίο μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες μέχρι από -18°C ως 450°C . Χρησιμοποιώντας την εξίσωση 17 και με γνωστούς ήδη τους συντελεστές θερμοπερατότητας υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες.

Πίνακας 67:Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων της Νεάπολης (τοιχοποιία από τούβλο)

Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{\text{ex}} - T_{\text{in}}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	263.5	$305 - 299 = 6$	1.389	2196	8.3
Νότος	229.6	$306 - 302 = 4$	1.389	1275	5.5
Ανατολή	349.7	$305 - 300 = 5$	1.389	2429	6.9
Δύση	495.8	$306 - 302 = 4$	1.389	2755	5.5

Πίνακας 68: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις της Νεάπολης (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου)

Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{\text{ex}} - T_{\text{in}}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	62.04	$305 - 299 = 6$	6.4	2382	38.4
Νότος	95.9	$306 - 302 = 4$	6.4	2455	25.6
Ανατολή	340.5	$305 - 300 = 5$	6.4	10896	32
Δύση	194.4	$306 - 302 = 4$	6.4	4977	25.6

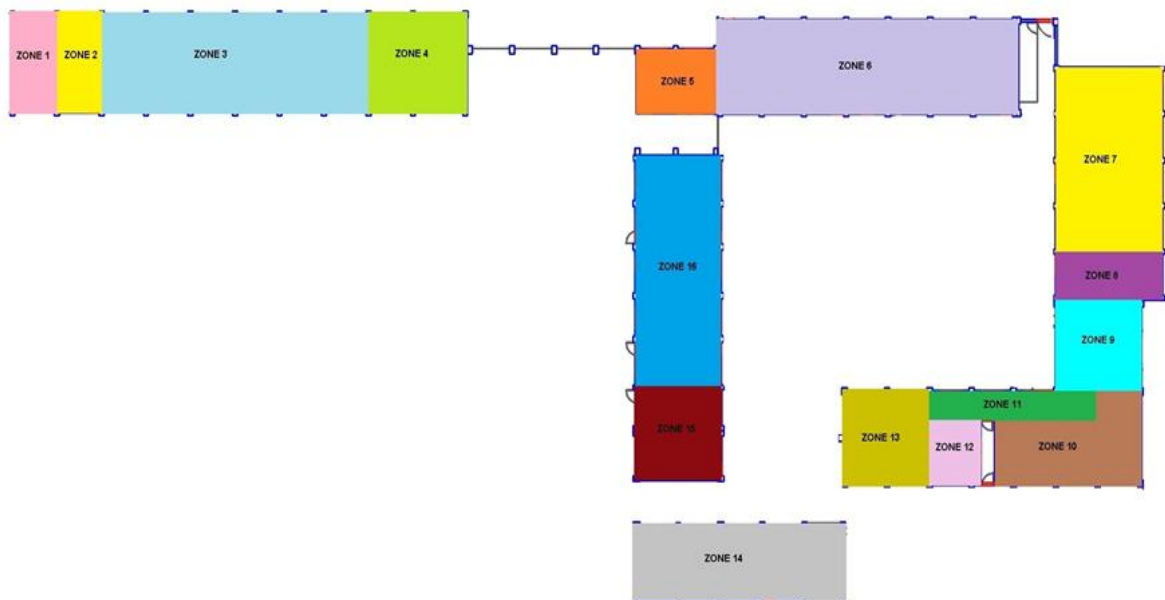
Από τον υπολογισμό απωλειών φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο παρουσιάζονται στο βορρά και την ανατολή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κτίριο εκτείνεται στον άξονα βορρά νότου. Μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζονται λόγω των ανοιγμάτων καθώς η αναλογία ανοιγμάτων στο κέλυφος είναι πολύ μεγάλη. Η απουσία θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες οδηγούν το κτίριο σε πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας το χειμώνα. Η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου, η αλλαγή των μονών με διπλούς υαλοπίνακες και η στεγανοποίηση των ανοιγμάτων φαίνεται να είναι απαραίτητη για την μείωση των θερμικών απωλειών. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί και η μείωση των ανοιγμάτων στις όψεις του κτιρίου χωρίς όμως να επηρεάζεται ο φυσικός φωτισμός.

Στη συνέχεια της μελέτης παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου χωρισμένα σε θερμικές ζώνες. Το γυμνάσιο Νεάπολης έχει 31 θερμικές ζώνες οι οποίες επονομάζονται στον Πίνακα 69 και διαγράφονται επίσης στα διαγράμματα των αρχιτεκτονικών σχεδίων.

Πίνακας 69: Θερμικές ζώνες γυμνασίου Νεάπολης

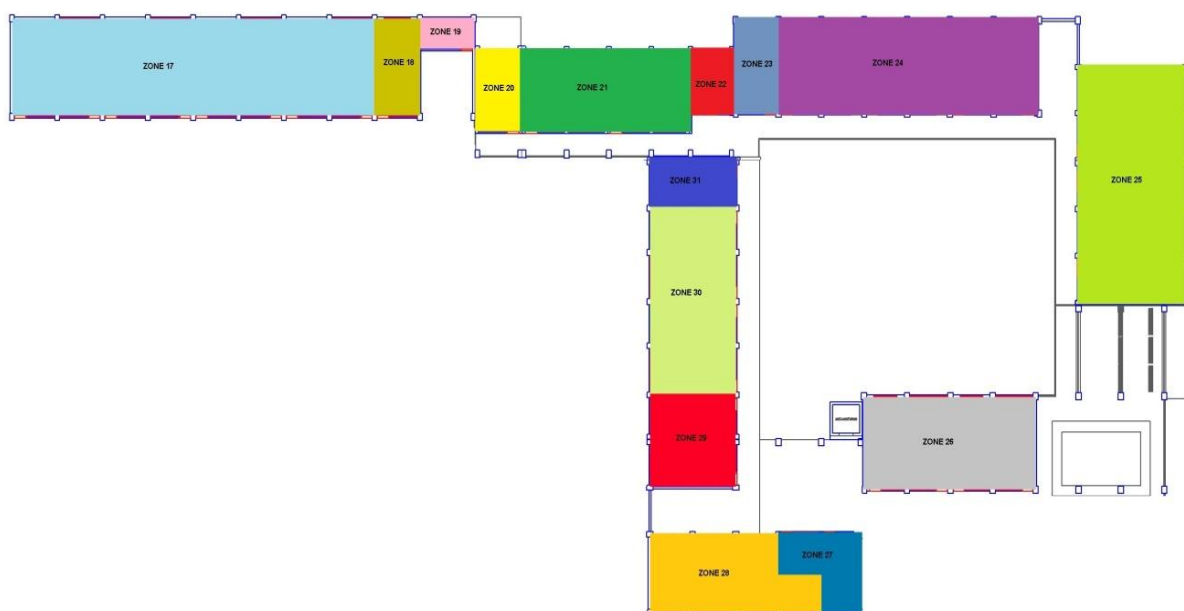
Z1	WC	Z17	Αιθ. Διδασκαλίας
Z2	Γραφείο	Z18	Γραφείο
Z3	Αιθ. Διδασκαλίας	Z19	Αποθήκη
Z4	Γραφείο	Z20	Γραφείο
Z5	WC	Z21	Αιθ. Διδασκαλίας
Z6	Εργαστήρια	Z22	WC
Z7	Αίθουσα Μουσικής	Z23	Γραφείο
Z8	Ιατρείο-γραφείο	Z24	Αιθ. Διδασκαλίας
Z9	Αιθ. Υποδοχής	Z25	Αιθ. Διδασκαλίας
Z10	Γραφεία	Z26	Εργαστήρια Η/Υ
Z11	Χώρος διακίνησης	Z27	WC
Z12	WC	Z28	Αιθ. Τέχνης
Z13	Αιθ. συνεδριάσεων	Z29	Εργαστήρια Η/Υ
Z14	Χώρος ετοιμασίας ροφήματος	Z30	Αιθ. Διδασκαλίας
Z15	Αιθ. διδασκαλίας	Z31	Γραφείο
Z16	Οικοκυρικά		

ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΝΕΑΠΟΛΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟ

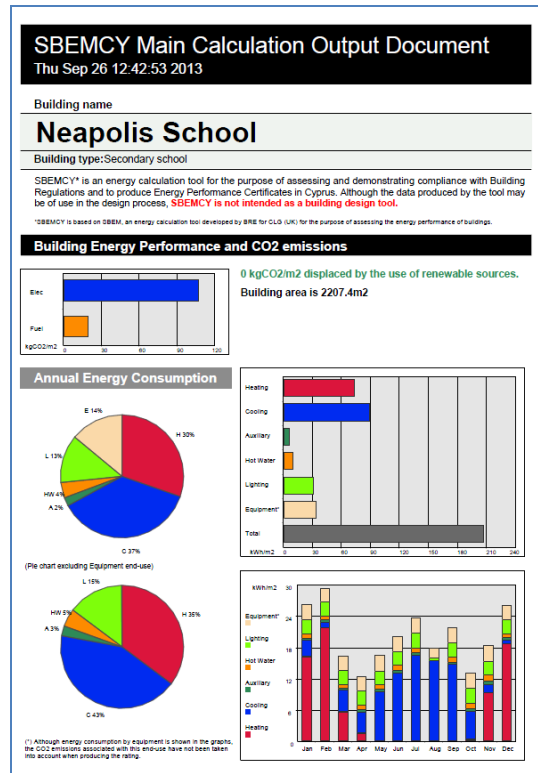
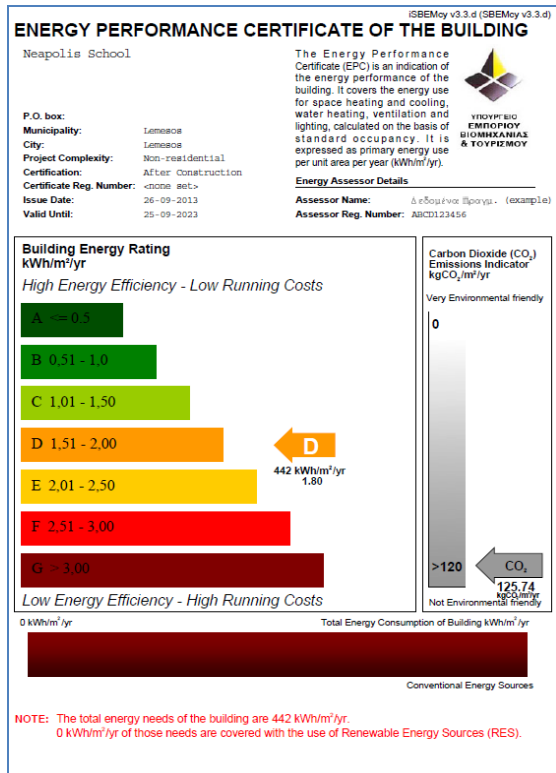


Διάγραμμα 94: Διαχωρισμός ζωνών στην κάτοψη ισογείου του γυμνασίου Νεάπολης

ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΝΕΑΠΟΛΗΣ 1ος ΟΡΟΦΟΣ



Διάγραμμα 95: Διαχωρισμός ζωνών στον 1^ο όροφο του γυμνασίου Νεάπολης



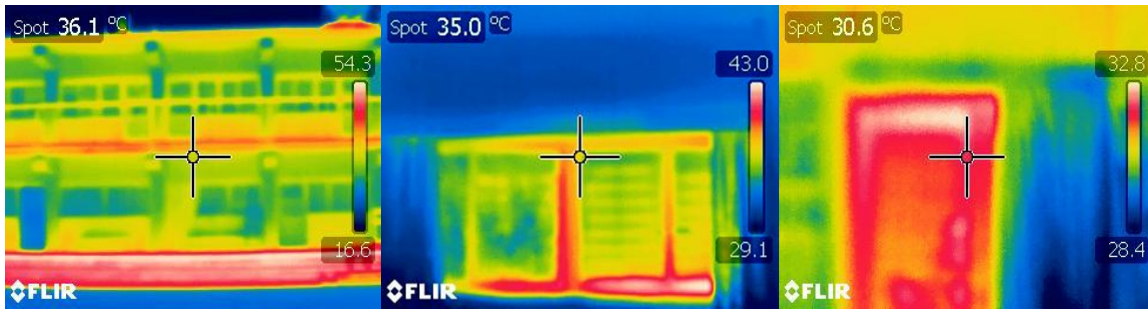
Διάγραμμα 96: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης γυμνασίου Νεάπολης

Το Γυμνάσιο Νεάπολης βρίσκεται στην ενεργειακή κλάση Δ με πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση 442KWh/m². Οι κύριότερες αιτίες της υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η ψύξη με 37% και στη συνέχεια η θέρμανση με 30% της ολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Αυξημένη φαίνεται να είναι επίσης και η κατανάλωση σε εξοπλισμό 14% και φωτισμό 13%. Η κατανάλωση ενέργειας είναι αυξημένη κυρίως κατά τους χειμερινούς αλλά και καλοκαιρινούς μήνες γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις τελικές καταναλώσεις του κτιρίου που καταγράφονται από την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου.

7.2.2 Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Αγίου Δομετίου

Στο Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου έγινε η πρώτη επίσκεψη κατά τις αρχές του μήνα Ιουλίου το 2013 και αποτυπώθηκαν οι πιο κάτω θερμογραφίες. Πριν τη θερμογράφηση τα κλιματιστικά δρόσιζαν τους εσωτερικούς χώρους για περίπου 3 ώρες ώστε να επιτευχθεί θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ίση με 10°C. Διαφαίνεται σε όλες τις θερμογραφήσεις του Γυμνασίου Αγίου Δομετίου ότι λόγω απουσίας θερμομόνωσης είναι έντονα τα τρωτά σημεία του κελύφους. Υπάρχουν απώλειες θερμότητας κυρίως γύρω από τα ανοίγματα του κτιρίου. Στις θερμογραφήσεις παρουσιάζεται και η θερμοκρασιακή κλίμακα

όπου παρουσιάζονται οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές κυρίως πέριξ των ανοιγμάτων. Οι θερμοκρασιακές διαφορές στις πλείστες περιπτώσεις είναι της τάξεως των 15 έως 30°C γεγονός που δείχνει ότι πρέπει να οριστεί επιδιόρθωση το συντομότερο δυνατόν.



Εικόνα 30: Θερμογραφίες Γυμνασίου Αγίου Δομετίου

Στη συνέχεια στη δεύτερη επίσκεψη στο σχολικό κτίριο κατά το τέλος Ιουλίου του 2013 υπολογίζονται οι απώλειες ψύξης του κελύφους του κτιρίου για την τοιχοποιία και τα ανοίγματα.

Πίνακας 70: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων Αγίου Δομετίου (τοιχοποιία από τούβλο)

Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{ex} - T_{in}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	419.2	302 – 297 = 5	1.389	2911	6.9
Νότος	360.2	304 – 300 = 4	1.389	2001	5.6
Ανατολή	219	303 – 297 = 6	1.389	1825	8.3
Δύση	287	305 – 300 = 5	1.389	1993	6.9

Πίνακας 71: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις του Αγίου Δομετίου (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου)

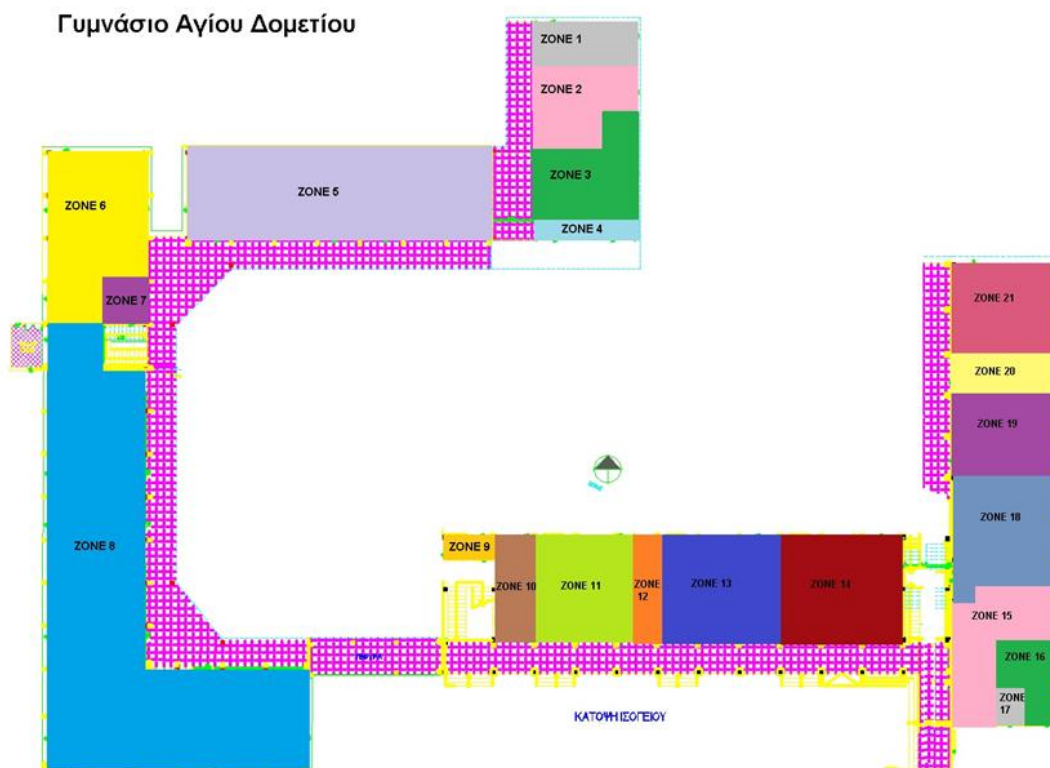
Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{ex} - T_{in}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	109	302 – 298 = 4	6.5	2834	26
Νότος	168	304 – 301 = 3	6.5	3276	19.5
Ανατολή	187	303 – 298 = 5	6.5	6077	32.5
Δύση	119	305 – 300 = 5	6.5	3868	32.5

Από τον υπολογισμό απωλειών φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες ψυκτικές απώλειες ανά τετραγωνικό μέτρο παρουσιάζονται στην ανατολική και τη δυτική πλευρά. Μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζονται λόγω των μεγαλύτερων ανοιγμάτων σε αυτές τις όψεις. Επίσης η τοιχοποιία παρουσιάζει μεγάλες απώλειες στην ανατολή και έπειτα στη βορινή και δυτική πλευρά. Η απουσία θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες οδηγούν το κτίριο σε πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας κατά το καλοκαίρι αλλά και το χειμώνα. Η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου αλλά κυρίως η στεγανοποίηση ή η αλλαγή των μονών με διπλούς υαλοπίνακες φαίνεται να είναι απαραίτητες τεχνικές για την μείωση των θερμικών απωλειών.

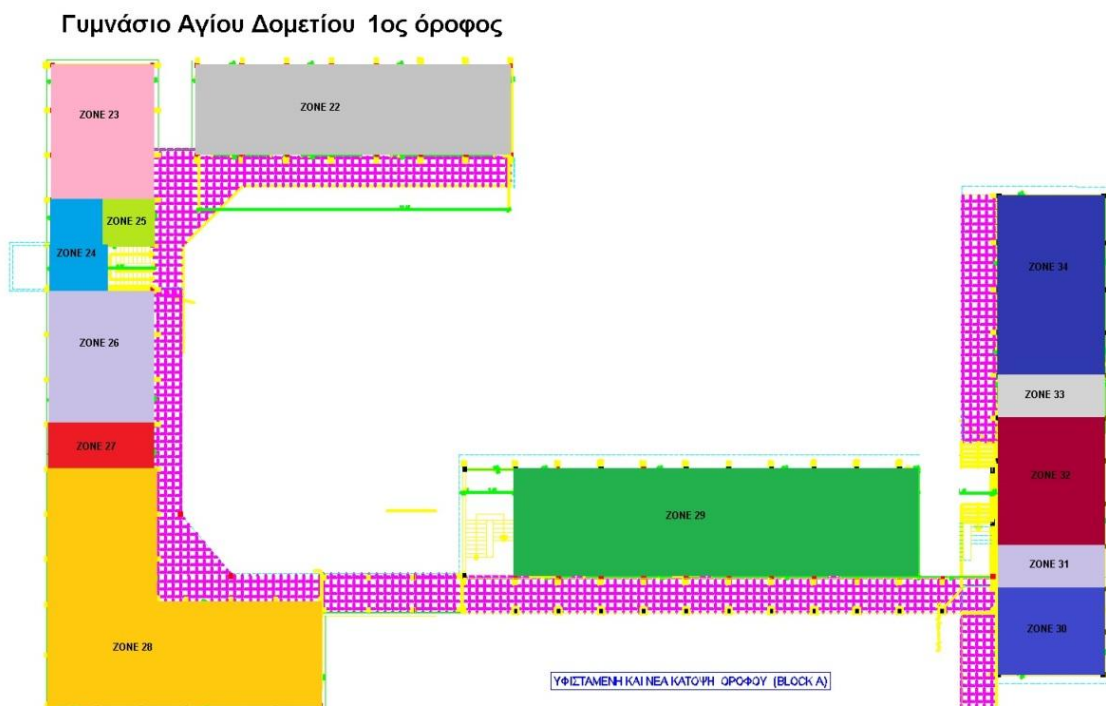
Στη συνέχεια της μελέτης παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου χωρισμένα σε θερμικές ζώνες. Το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου έχει 34 θερμικές ζώνες οι οποίες επονομάζονται στον Πίνακα 72 και διαγράφονται επίσης στα διαγράμματα των αρχιτεκτονικών σχεδίων.

Πίνακας 72: Θερμικές ζώνες γυμνασίου Αγ. Δομετίου

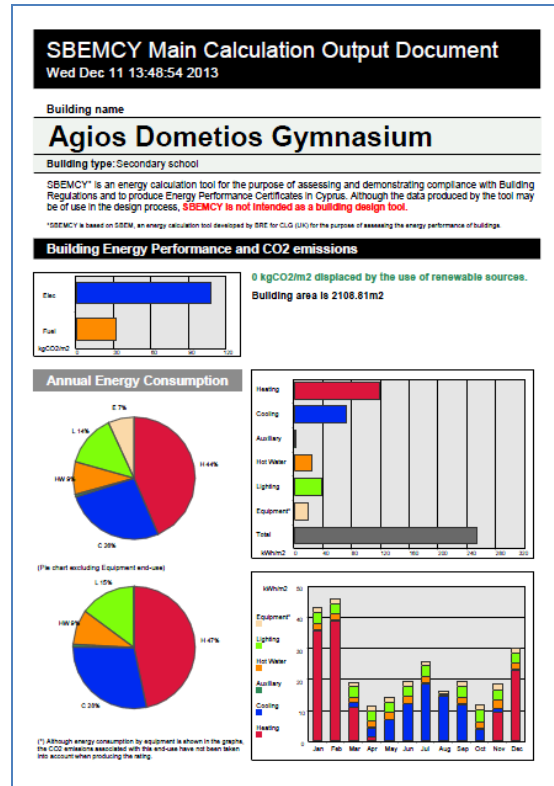
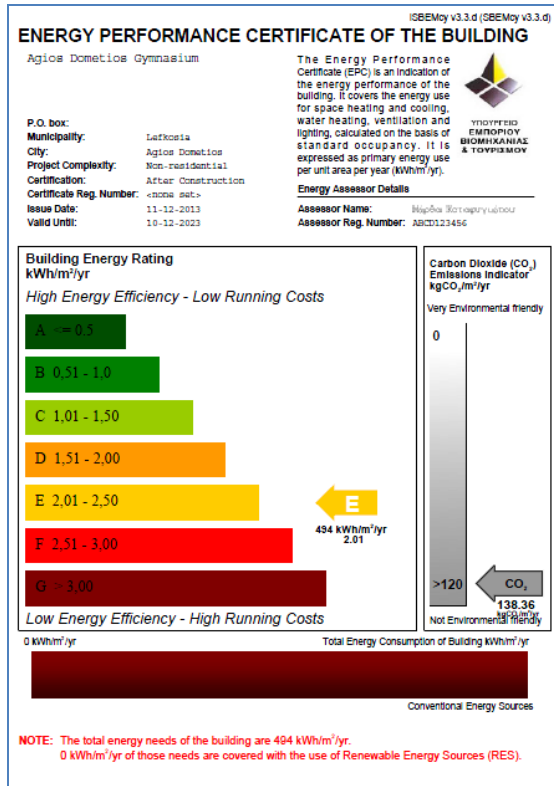
Z1	Αποθήκη	Z18	Αίθ. Συνεδριάσεων
Z2	WC	Z19	Αίθ. Διδασκαλίας
Z3	Αποδυτήρια	Z20	Ιατρείο- Γραφείο
Z4	Καντίνα	Z21	WC
Z5	Αίθ.Οικοκυρικών	Z22	Αίθ. Διδασκαλίας
Z6	Αίθ. Τέχνης	Z23	Αίθ. Μουσικής
Z7	Ιατρείο	Z24	Boiler/Αποθήκες
Z8	Εργαστήρια	Z25	Γραφεία
Z9	Boiler room	Z26	Αίθ. Διδασκαλίας
Z10	Θέατρο	Z27	Γραφείο
Z11	Γραφεία	Z28	Αίθ. Διδασκαλίας
Z12	WC	Z29	Αίθ. Διδασκαλίας
Z13	Αίθ. Διδασκαλίας	Z30	Αίθ. Διδασκαλίας
Z14	Βιβλιοθήκη	Z31	Γραφείο
Z15	Γραφεία	Z32	Αίθ. Διδασκαλίας
Z16	Χώροι διακίνησης	Z33	Γραφείο
Z17	WC	Z34	Αίθ. Διδασκαλίας



Διάγραμμα 97: Διαχωρισμός ζωνών ισογείου γυμνασίου Αγίου Δομετίου



Διάγραμμα 98: Διαχωρισμός ζωνών 1ου ορόφου γυμνασίου Αγίου Δομετίου



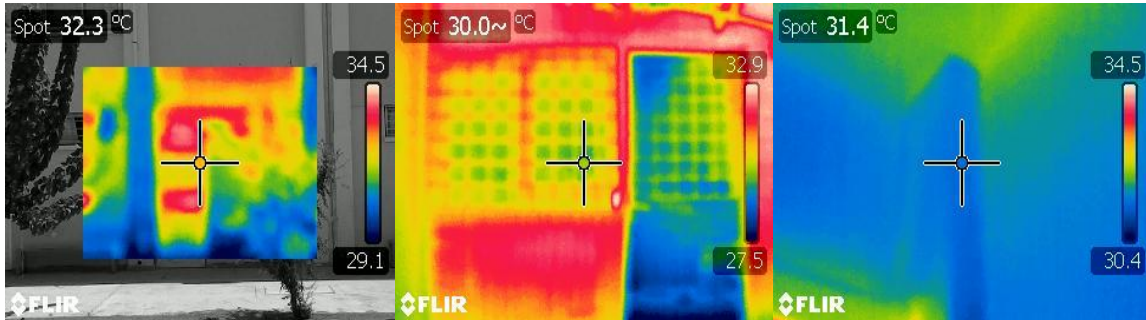
Διάγραμμα 99: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης Γυμνασίου Αγίου Δομετίου

Το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου κατηγοριοποιείται στην ενεργειακή κλάση E με πρωτογενή κατανάλωση 494kWh/m². Βάσει της ολικής ενεργειακής κατανάλωσης, τα μεγαλύτερα ποσοστά ενέργειας φαίνεται να καταναλώνει η θέρμανση του κτιρίου με ποσοστό 44%. Έπειτα ακολουθεί η ψύξη με ποσοστό 26% και στη συνέχεια ο φωτισμός του κτιρίου 14% και το ζεστό νερό 9%. Η μη συνεισφορά από ΑΠΕ κυρίως στο ζεστό νερό φαίνεται να ανεβάζει αισθητά την ενεργειακή κατανάλωση. Επίσης οι πιο ενεργοβόροι μήνες είναι με διαφορά οι χειμερινοί και ακολουθούν μετά ο Ιούνιος και ο Ιούλιος.

7.2.3 Υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση Γυμνασίου Αγρού

Στο Γυμνάσιο Αγρού έγινε η πρώτη επίσκεψη κατά το μήνα Ιούλιο του 2013 και αποτυπώθηκαν οι πιο κάτω θερμογραφίες. Πριν τη θερμογράφηση τα κλιματιστικά δρόσιζαν τους εσωτερικούς χώρους για περίπου 2 ώρες ώστε να επιτευχθεί θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ίση με 10°C. Διαφαίνεται σε όλες τις θερμογραφήσεις του Γυμνασίου Αγρού ότι λόγω απουσίας θερμομόνωσης είναι έντονα τα τρωτά σημεία του κελύφους. Υπάρχουν απώλειες θερμότητας κυρίως γύρω από τα ανοίγματα του κτιρίου. Στις θερμογραφήσεις παρουσιάζεται και η θερμοκρασιακή κλίμακα όπου

παρουσιάζονται οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές κυρίως πέριξ των ανοιγμάτων. Οι θερμοκρασιακές διαφορές στις πλείστες περιπτώσεις είναι της τάξεως των 5 έως 10°C γεγονός που δείχνει ότι στην επόμενη επίσκεψη ελέγχου θα χρειαστεί επιδιόρθωση.



Εικόνα 31: Θερμογραφίες Γυμνασίου Αγρού

Στη συνέχεια η δεύτερη επίσκεψη στο σχολικό κτίριο πραγματοποιήθηκε κατά το χειμώνα του 2013 για να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες του κελύφους του κτιρίου για την τοιχοποιία και τα ανοίγματα την πιο κρίσιμη περίοδο για τα ορεινά.

Πίνακας 73:Υπολογισμοί θερμικών απωλειών των όψεων του γυμνασίου Αγρού (τοιχοποιία από τούβλο)

Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{in} - T_{ex}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	724.63	296-286=10	1.389	10065	13.9
Νότος	664.76	296-287=9	1.389	8310	12.5
Δύση	122.4	295-287=8	1.5	1468	12
Νοτιοανατολική	271.8	297-28=10	1.389	3775	13.9
Βορειοδυτική	222	296-287=9	1.5	2997	13.5
Νοτιοδυτική	447.2	295-287=8	1.389	4969	11.1
Βορειοανατολική	572.2	296-286=10	1.389	7948	13.9

Πίνακας 74: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών υαλοπινάκων στις όψεις του γυμνασίου Αγρού (μονοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου)

Όψη	Εμβαδόν (m ²)	Μέση θερμοκρασία (K) = $T_{in} - T_{ex}$	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)	Απώλειες θερμότητας (W)	Απώλειες θερμότητας (W/m ²)
Βορράς	78.17	296-286=10	6.06	4737	60.6
Νότος	137.92	296-287=9	6.06	7522	54.5
Νοτιοανατολική	64.24	297-28=10	6.06	3892	60.6
Βορειοδυτική	114	296-287=9	6.06	6218	54.5
Νοτιοδυτική	278.84	295-287=8	6.06	13518	48.5
Βορειοανατολική	153.84	296-286=10	6.06	9322	60.6

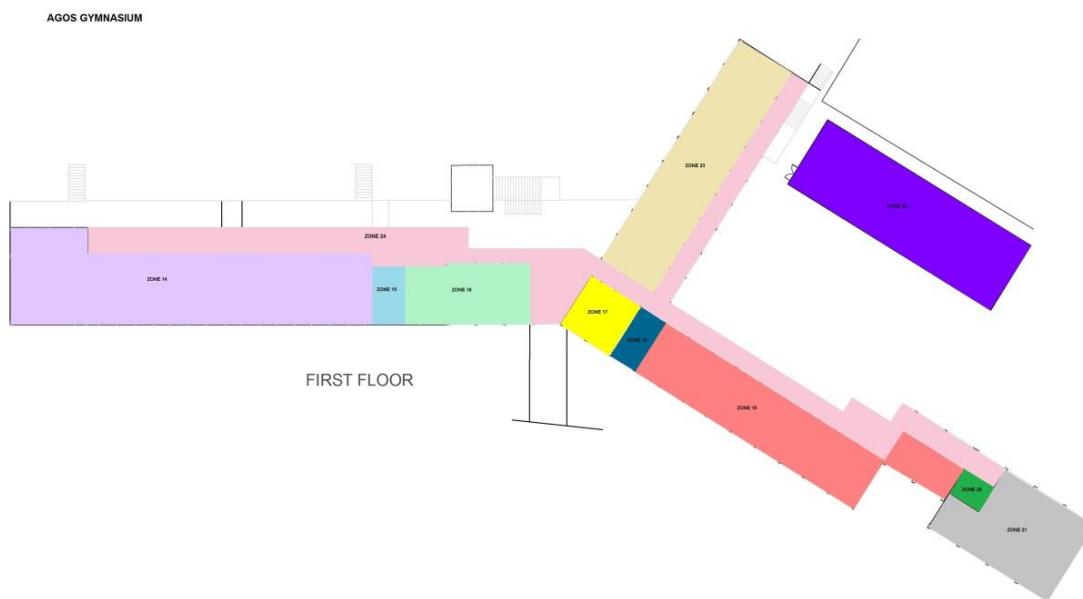
Από τον υπολογισμό απωλειών φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο παρουσιάζονται στις βορινές, ανατολικές αλλά και νότιες όψεις του κτιρίου. Παρουσιάζονται μεγαλύτερες απώλειες λόγω των έντονων θερμοκρασιακών μεταβολών, του μεγάλου μεγέθους του κτιρίου και του μεγέθους των ανοιγμάτων. Επίσης η τοιχοποιία παρουσιάζει μεγάλες απώλειες είτε είναι από τοιχοποιία είτε από παραδοσιακή πέτρα. Η απουσία θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες οδηγούν το κτίριο σε πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας.

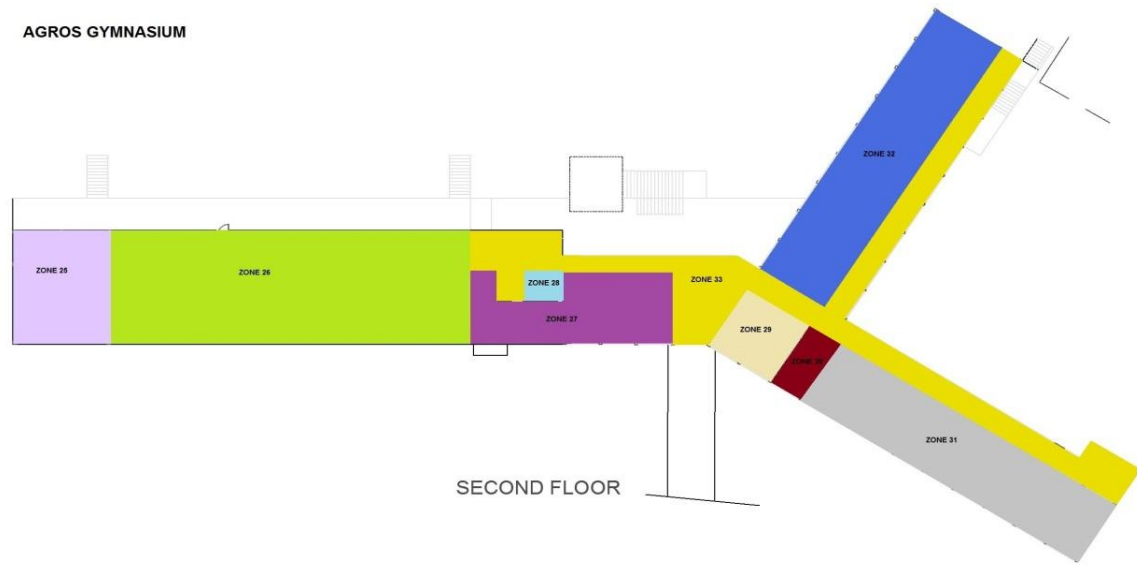
Στη συνέχεια της μελέτης παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου χωρισμένα σε θερμικές ζώνες. Το γυμνάσιο Αγρού έχει 33 θερμικές ζώνες οι οποίες επονομάζονται στον Πίνακα 75 και διαγράφονται επίσης στα διαγράμματα των αρχιτεκτονικών σχεδίων.

Πίνακας 75: Διαχωρισμός ζωνών γυμνασίου Αγρού

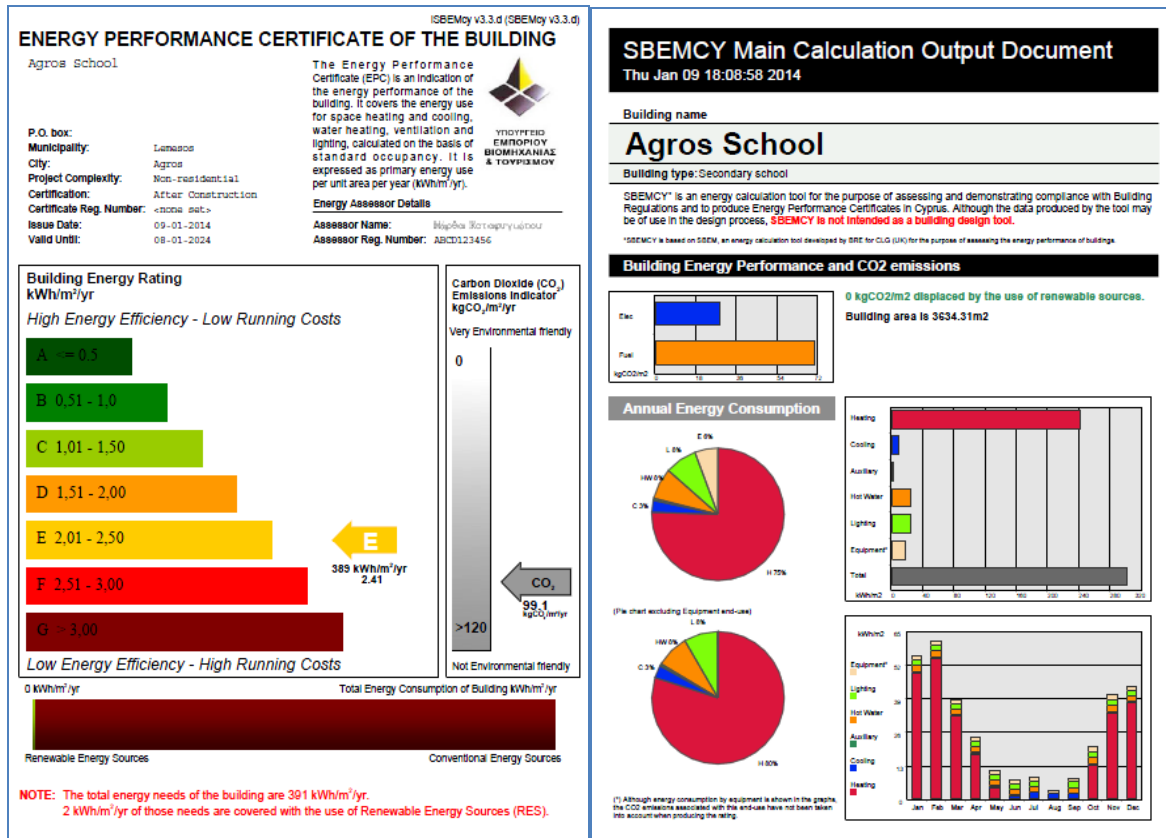
Z1	Αποθήκη	Z18	Γραφεία
Z2	Αίθ. Διδασκαλίας	Z19	Αίθ. Διδασκαλίας
Z3	Αποθήκη	Z20	Γραφείο
Z4	Τουαλέτες	Z21	Εργαστήριο
Z5	Αίθ. Διδασκαλίας	Z22	Εργαστήρια Υπολογιστών
Z6	Βιβλιοθήκη	Z23	Αίθ. Διδασκαλίας
Z7	Αίθ. Διδασκαλίας	Z24	Χώρος Διακίνησης (1 ^{ος})
Z8	Γραφείο	Z25	Αίθ. Διδασκαλίας
Z9	Αίθ. Διδασκαλίας	Z26	Θέατρο
Z10	Γραφεία	Z27	Γραφεία
Z11	Αποθήκες	Z28	Τουαλέτες

Z12	Εργαστήριο	Z29	Αίθ. Διδασκαλίας
Z13	Χώρος Διακίνησης (ισόγειο)	Z30	Γραφείο
Z14	Αίθ. Διδασκαλίας	Z31	Αίθ. Διδασκαλίας
Z15	Χώρος Υποδοχής	Z32	Αίθ. Διδασκαλίας
Z16	Γραφεία	Z33	Χώρος Διακίνησης (2 ^{ος})
Z17	Αίθ. Διδασκαλίας		





Διάγραμμα 100: Διαχωρισμός ζωνών σε ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο γυμνασίου Αγρού



Διάγραμμα 101: Αποτελέσματα λογισμικού υφιστάμενης κατάστασης γυμνασίου Αγρού

Το Γυμνάσιο Αγρού βρίσκεται στην ενεργειακή κλάση E με ενεργειακή κατανάλωση 389KWh/m². Το κύριο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης οφείλεται στη θέρμανση του κτιρίου 75% καθώς οι ορεινές περιοχές του νησιού παρουσιάζουν χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους. Στη συνέχεια αυξημένη φαίνεται να είναι η κατανάλωση λόγω ζεστού νερού χρήσης 8% και φωτισμού επίσης 8% επί της ολικής κατανάλωσης.

7.3 Προσομοιώσεις ενεργειακής αναβάθμισης

Δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας των υφιστάμενων κτιρίων επηρεάζεται (εκτός από τον προσανατολισμό, το σχήμα, τον όγκο και άλλους παράγοντες που είναι αμετάβλητοι) από τα δομικά στοιχεία του κελύφους και τα ηλεκτρομηχανολογικά του συστήματα, εναλλακτικές στρατηγικές και τεχνικές μελετούνται για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης και τη δημιουργία ενός άνετου εσωτερικού περιβάλλοντος που θα επιτυγχάνει ταυτόχρονα εξοικονόμηση ενέργειας. Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης των τριών τυπικών σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου. Οι προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης είναι στοχευμένες και εφικτές και προέρχονται επίσης από τη βιοκλιματική ανάλυση των τριών περιοχών. Η βιοκλιματική ανάλυση προτείνει κατά κύριο λόγο θωράκιση του θερμικού κελύφους με θερμομόνωση σε όλες τις κλιματικές περιοχές για αποφυγή των θερμικών απωλειών το χειμώνα. Τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία είναι αρκετά στα σχολικά κτίρια καθώς το μεγαλύτερο μέρος των όψεων τους καλύπτεται από υαλοπίνακες. Επομένως σημαντική είναι και η αποκοπή των θερμικών κερδών το καλοκαίρι με θερμομόνωση και σκίαση.

Εκτός από τις προσομοιώσεις με αναβαθμίσεις στο κέλυφος των σχολείων εξετάζονται σενάρια για ενεργειακή αναβάθμιση απόδοσης των συστημάτων κλιματισμού, τη μείωση της λειτουργίας τους για εξοικονόμηση ενέργειας και την εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια. Η βιοκλιματική ανάλυση κατέδειξε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση κλιματισμού για ψύξη μπορεί να αποφευχθεί νοουμένου ότι συνδυάζονται όλες οι στρατηγικές δροσισμού το καλοκαίρι (σκίαση, αερισμός, μάζα και βραδινός αερισμός κτλ.)

Σε κάθε προσομοίωση παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των σεναρίων (λεπτομερής ανάλυση στο Παράρτημα III) και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων με το λογισμικό iSBEMcy. Το λογισμικό υπολογίζει την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και καταλήγει στο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης. Αξίζει να αναφερθεί ότι το λογισμικό iSBEMcy υπολογίζει την κατανάλωση σε μηνιαία βάση και χρησιμοποιεί παραδοχές για τα επίπεδα σταθερής θερμοκρασίας για θέρμανση, ψύξη, τα επίπεδα υγρασίας ανά μήνα, τα

επίπεδα φωτισμού, τα επίπεδα του αερισμού, τα εσωτερικά κέρδη και τα κέρδη από συσκευές, τις τυποποιημένες ανάγκες για ζεστό νερό κ.λπ. Στα γραφήματα και τους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε σενάριο προσομοίωσης. Η μείωση σημειώνεται με το πρόσημο (-), ενώ η αύξηση με το πρόσημο (+).

Αναβαθμίσεις κελύφους

7.3.1 Θερμομόνωση κελύφους

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος [4]. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα το καλοκαίρι, επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Εν γένει, για τις κλιματικές συνθήκες της Κύπρου, συνιστάται η θερμομόνωση να τοποθετείται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους [5]. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, από το εάν το κτίριο είναι στη φάση σχεδιασμού ή είναι υφιστάμενο αλλά και από τη χρήση των χώρων. Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο καλύπτει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου. Θα πρέπει όμως να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών. Παρά τις απαιτήσεις μόνωσης που καθορίζονται από τους εθνικούς κανονισμούς, οι θερμογέφυρες του κελύφους παραμένουν ένα αδύνατο σημείο στις κατασκευές. Επιπλέον, σε πολλές χώρες οι συνήθεις κατασκευαστικές πρακτικές τείνουν να εφαρμόζουν μόνο εν μέρει τα μέτρα μόνωσης που προβλέπονται από τους κανονισμούς, με αποτέλεσμα, οι θερμικές απώλειες να είναι στην πράξη μεγαλύτερες από αυτές που προβλέπονται κατά το στάδιο του σχεδιασμού [6].

Τα αποτελέσματα προσομοιώσεων σε παρόμοιες μελέτες υπογραμμίζουν την ενεργειακή εξοικονόμηση και τα σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της ακόμη και εκ των υστέρων στην οροφή ή το δάπεδο υφιστάμενων κτιρίων

[7]. Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα. Η επιλογή του βέλτιστου πάχους μόνωσης απαιτεί λεπτομερή ανάλυση. Το βέλτιστο πάχος της μόνωσης για το κέλυφος του κτιρίου καθώς και ο προσανατολισμός, είναι παράγοντες καθοριστικοί για την επίτευξη της βέλτιστης θερμικής άνεσης [8]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων επηρεάζονται σε κάθε περίπτωση από τον προσανατολισμό, τα εμβαδά των όψεων αλλά και των οροφών και την έκταση των ανοιγμάτων. Σε μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να γίνουν μελέτες ευαισθησίας οι οποίες θα καθορίσουν επίσης την οικονομική πτυχή του προβλήματος που επηρεάζει την απόφαση των χρηστών ως προς το βέλτιστο πάχος μόνωσης.

Στην παρούσα μελέτη θα προσομοιωθούν σενάρια προσθήκης θερμομόνωσης 3cm, 5cm και 10cm στην τοιχοποιία και τις οροφές των τριών τυπικών σχολείων. Στα σενάρια η προσθήκη θερμομόνωσης θα γίνει εξωτερικά καθώς στόχος είναι να αξιοποιηθεί η μάζα των κτιρίων. Η εξωτερική θερμομόνωση παρουσιάζεται σαν η βέλτιστη λύση στο κλίμα της Κύπρου και κυρίως σε υφιστάμενες κατασκευές έτσι υιοθετείται και στην παρούσα μελέτη [9,10,11]. Οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους (τοιχοποιία και οροφές) υφιστάμενης κατάστασης και προτεινόμενων σεναρίων παρουσιάζονται στον πίνακα 76. Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πίνακες και σε διαγραμματική μορφή τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για προσθήκη θερμομόνωσης. Τα αποτελέσματα του λογισμικού (πιστοποιητικά και γραφήματα) παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα IV.

Πίνακας 76: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας στα σενάρια προσθήκης θερμομόνωσης στο κέλυφος των τυπικών σχολείων

Τυπικά Σχολεία	Κέλυφος κτιρίου	U-Value Υφιστάμενης κατάστασης [W/m ² K]	U-Value Προσθήκη θερμομόνωσης 3cm [W/m ² K]	U-Value Προσθήκη θερμομόνωσης 5cm [W/m ² K]	U-Value Προσθήκη θερμομόνωσης 10cm [W/m ² K]
Γυμνάσιο Νεάπολης	Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο	1.389	0.581	0.419	0.247

	Εξωτερική τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα (κολώνες/δοκοί)	3.042	0.753	0.501	0.273
	Οριζόντια Οροφή	3.275	0.766	0.507	0.275
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο	1.389	0.581	0.419	0.247
	Εξωτερική τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα (κολώνες/δοκοί)	3.042	0.753	0.501	0.273
	Οριζόντια Οροφή	3.275	0.766	0.507	0.275
Γυμνάσιο Αγρού	Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο	1.389	0.581	0.419	0.247
	Εξωτερική τοιχοποιία από πέτρα	1.502	0.6	0.429	0.25
	Εξωτερική τοιχοποιία από οπλισμένο σκυρόδεμα (κολώνες/δοκοί)	3.042	0.753	0.501	0.273
	Οριζόντια Οροφή	3.275	0.766	0.507	0.275
	Κεκλιμένη οροφή	1.963	0.663	0.460	0.260

Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία

Η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και συγκεκριμένα εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική τοιχοποιία των τυπικών σχολικών κτιρίων μειώνει αισθητά την ενεργειακή κατανάλωση. Ουσιαστική μείωση υπεισέρχεται με την προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην εξωτερική όψη της τοιχοποιίας. Στα σενάρια προσθήκης 5cm και 10cm θερμομόνωσης η μείωση ενεργειακών καταναλώσεων συνεχίζεται με μειωμένη όμως αναλογία.

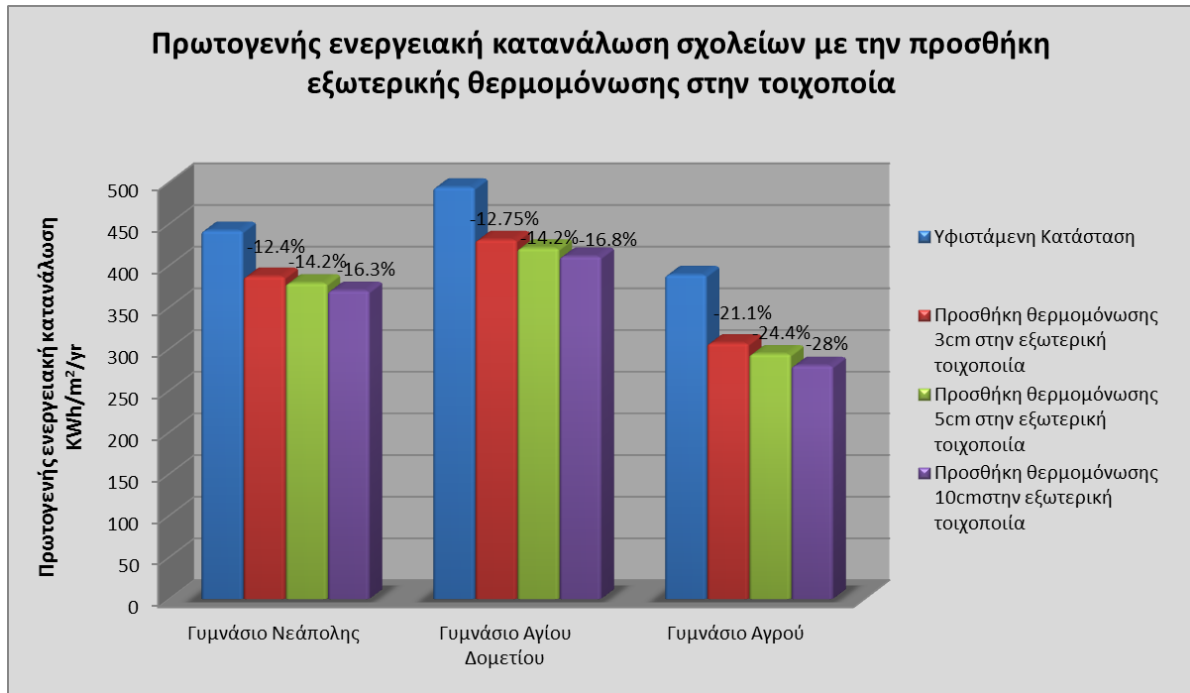
Στα παράλια και την ενδοχώρα οι συνολικές ενεργειακές μειώσεις είναι παρόμοιες και κυμαίνονται σε ποσοστό 12-13% για προσθήκη 3cm εξηλασμένης πολυστερίνης, στα 14-15% για προσθήκη 5cm θερμομόνωσης και στα 16-17% για προσθήκη 10cm θερμομόνωσης.

Στο ορεινό σχολείο οι μειώσεις της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι υψηλές, 21%, 24% και 28%. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι τα κτίρια στα ορεινά καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για θέρμανση και ως εκ τούτου η θωράκιση του κελύφους και η μείωση των θερμικών απωλειών μειώνει σε μεγάλο βαθμό και τις συνολικές καταναλώσεις. Επίσης ενώ στα παράλια και την ενδοχώρα οι μειώσεις για θέρμανση και ψύξη είναι παρόμοιες έκτασης, στα ορεινά η μείωση για θέρμανση είναι πολύ μεγαλύτερη από τη ψύξη. Τέλος σημαντικό να αναφερθεί είναι το γεγονός ότι ενώ η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων βελτιώνεται δεν υπάρχει ουσιαστική αναβάθμιση της κατηγοριοποίησης των σχολικών κτιρίων. Στα παράλια το τυπικό σχολείο παραμένει στην ενεργειακή κλάση Δ, ενώ στα σχολεία της ενδοχώρας και των ορεινών τα σχολεία βελτιώνονται από ενεργειακή κλάση Ε σε κλάση Δ.

Πίνακας 77: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία

		Υφιστάμενη κατάσταση	3cm θερμομόνωση -εξωτερική τοιχοποιία	5cm θερμομόνωση -εξωτερική τοιχοποιία	10cm θερμομόνωση -εξωτερική τοιχοποιία
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	387 (-12.4%)	379 (-14.2%)	370 (-16.3%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	-21%	-24%	-27%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-16%	-19%	-21%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	431 (-12.75%)	421 (-14.2%)	411 (-16.8%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	-18%	-21%	-25%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	-20%	-23%	-26%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	307 (-21.1%)	294 (-24.4%)	280 (-28%)

	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	-30%	-35%	-41%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	-5%	-5%	-4%



Διάγραμμα 102: Αποτελέσματα πρωτογενούς συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία

Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην οροφή

Η τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης στις οροφές των τυπικών σχολικών κτιρίων μειώνει επίσης την ενεργειακή κατανάλωση και παρουσιάζεται ουσιαστική μείωση αναγκών ψύξης και θέρμανσης με την τοποθέτηση 3cm θερμομόνωσης στην οροφή. Στα σενάρια προσθήκης 5cm και 10cm θερμομόνωσης στην οροφή η μείωση ενεργειακών καταναλώσεων συνεχίζεται, όχι όμως αναλογικά.

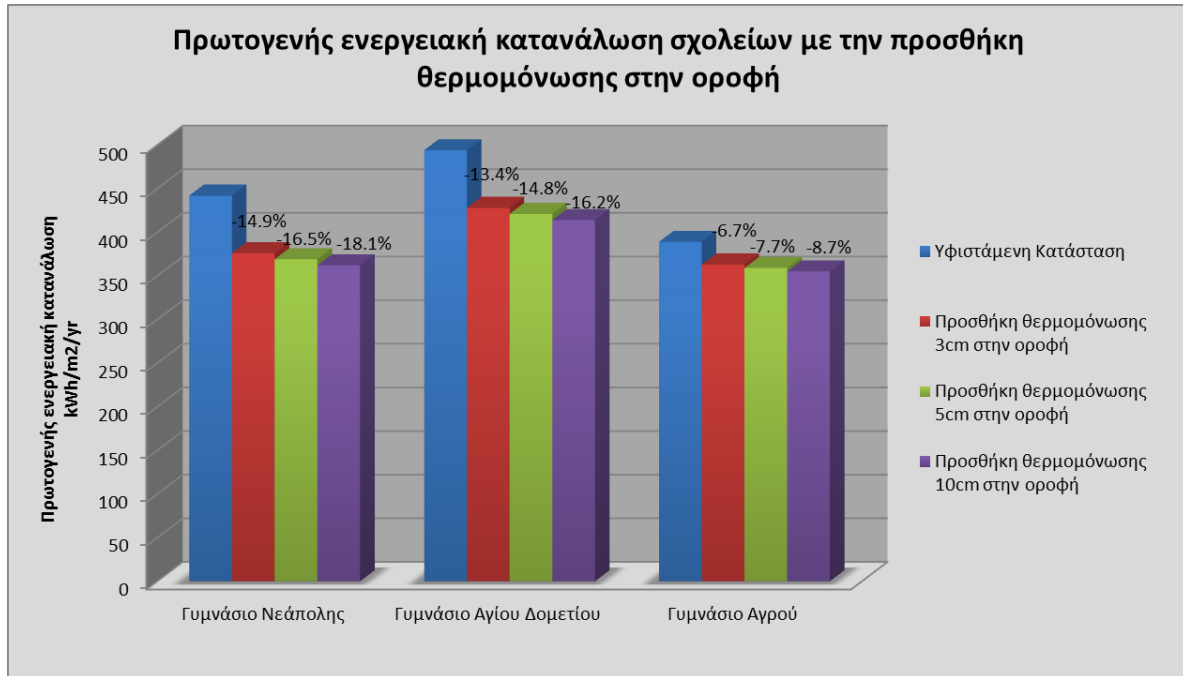
Στα παράλια και την ενδοχώρα οι συνολικές ενεργειακές μειώσεις είναι παρόμοιες και κυμαίνονται σε ποσοστό 13-15% για προσθήκη 3cm εξηλασμένης πολυστερίνης, στα 15-17% για προσθήκη 5cm θερμομόνωσης και στα 16-18% για προσθήκη 10cm θερμομόνωσης. Σημαντικό στοιχείο το οποίο διαφαίνεται από τις προσομοιώσεις είναι ότι στα παράλια και την ενδοχώρα η προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή παρουσιάζει μεγαλύτερες μειώσεις ενεργειακής κατανάλωσης από την προσθήκη θερμομόνωσης στην τοιχοποιία. Σε αντίθεση

στα ορεινά όπου οι ανάγκες για θέρμανση είναι αυξημένες η προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή φαίνεται να μην είναι αρκετή καθώς εξοικονομείται το ένα πέμπτο (1/5) ενεργειακής κατανάλωσης συγκριτικά με τη μείωση που επιφέρει η θερμομόνωση της τοιχοποιίας.

Επίσης η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων βελτιώνεται αισθητά στα παράλια και η κατηγοριοποίηση του σχολείου Νεάπολης ανέρχεται στην Γ ενεργειακή κλάση με την προσθήκη 10cm θερμομόνωσης στην οροφή. Στην ενδοχώρα η ενεργειακή κλάση ανεβαίνει από την Ε στην Δ ενώ στα ορεινά η θερμομόνωση της οροφής δεν βελτιώνει την ενεργειακή κλάση του κτιρίου.

Πίνακας 78: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή

		Υφιστάμενη κατάσταση	3cm θερμομόνωση -οροφή	5cm θερμομόνωση -οροφή	10cm θερμομόνωση -οροφή
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ	Γ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	376 (-14.9%)	369 (-16.5%)	362 -18.1%
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	11%	13%	15%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	24%	26%	28%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	428 (-13.4%)	421 (-14.8%)	414 (-16.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	9%	11%	12%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	27%	30%	33%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Ε	Ε	Ε
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	363 (-6.7%)	359 (-7.7%)	355 (-8.7%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	9%	10%	12%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	8%	10%	11%



Διάγραμμα 103: Αποτελέσματα πρωτογενούς συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στην οροφή

Η μελέτη θερμομόνωσης στην τοιχοποιία και την οροφή των τυπικών σχολείων στις τρεις κλιματικές περιοχές δίνει σημαντικά αποτελέσματα τα οποία βοηθούν στην ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών για ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων. Από τις προσομοιώσεις διαφαίνεται ότι η προσθήκη 3cm θερμομόνωσης διακόπτει επαρκώς την ηλιακή ακτινοβολία κατά τους θερινούς μήνες και θωρακίζει το κτίρια κατά τους χειμερινούς. Έτσι ίσως είναι η βέλτιστη ενεργειακή αλλά και τεχνοοικονομική λύση καθώς προσφέρει ικανοποιητικές μειώσεις κατανάλωσης και είναι η οικονομικότερη λύση. Η αύξηση του πάχους θερμομόνωσης βεβαίως αυξάνει τις μειώσεις κατανάλωσης αλλά η αναλογία της εξοικονόμησης δεν είναι ανάλογη της αύξησης του πάχους. Έτσι, ίσως είναι οικονομικά προτιμότερο όσον αφορά την ανακαίνιση στα σχολικά κτίρια να γίνονται επιπλέον επεμβάσεις αναβάθμισης εκτός από τη θερμομόνωση.

Προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις της τοιχοποιίας

Με δεδομένα τα προαναφερθέντα συμπεράσματα η μελέτη στη συνέχεια εξετάζει την προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στις διαφορετικές όψεις του κτιρίου ώστε να διαφανούν οι πιο ευάλωτες πλευρές οι οποίες χρειάζονται άμεσα θερμική θωράκιση. Έτσι θα εξαχθεί το συμπέρασμα για το που υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη θερμομόνωσης όταν λόγω κόστους δεν μπορεί να γίνει σε όλη την τοιχοποιία. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλα τα σενάρια

επεμβάσεων στα κελύφη των τυπικών σχολείων σημαντική παράμετρος είναι και το μέγεθος της έκθεσης της κάθε όψης στον αντίστοιχο προσανατολισμό. Στόχος της ανάλυσης των αποτελεσμάτων είναι να εξαχθούν αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα καθώς οι προσανατολισμοί των τυπικών σχολικών κτιρίων που προσομοιώνονται είναι οι συνήθεις προσανατολισμοί που συναντούνται στην κάθε κλιματική ζώνη.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον, στα παράλια παρουσιάζεται αισθητή μείωση στη θερμομόνωση της δυτικής όψης του κτιρίου και στη συνέχεια της ανατολικής και δυτικής όψης. Η συνολική μείωση σε αυτό το σενάριο είναι 6.1% και οφείλεται κυρίως στην εξοικονόμηση των αναγκών για ψύξη οι οποίες αγγίζουν το 10.5%. Αυτό είναι λογικό δεδομένου ότι η δυτική όψη του κτιρίου είναι και η πιο θερμικά επιβαρυνμένη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Όσον αφορά τις ανάγκες για θέρμανση οι όψεις της ανατολής και του βορρά όταν θερμομονωθούν παρουσιάζουν μείωση της τάξης του 8.2% και 6% αντίστοιχα.

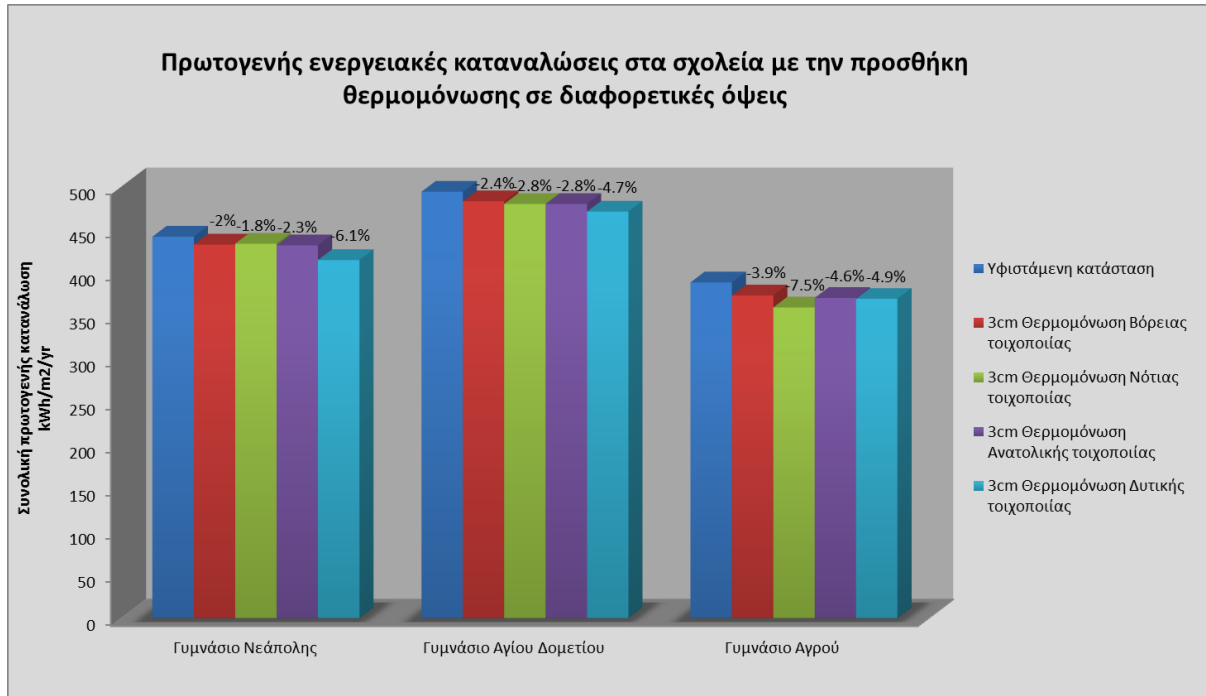
Στην ενδοχώρα οι μεγαλύτερες συνολικές μειώσεις παρουσιάζονται επίσης όταν θερμομονωθεί η δυτική όψη του σχολείου. Και σε αυτή την περίπτωση οι μεγαλύτερες μειώσεις οφείλονται στην εξοικονόμηση στις ανάγκες ψύξης. Όσον αφορά τη θέρμανση και πάλι η θερμομόνωση επιδρά αποδοτικότερα σε βορρά, ανατολή και δύση.

Στα ορεινά οι μεγαλύτερες συνολικές ενεργειακές μειώσεις επιτυγχάνονται όταν θερμομονωθεί η νότια όψη του κτιρίου, λόγω της μεγάλης έκτασης της όψης. Με τη θερμομόνωση της νότιας όψης οι ανάγκες θέρμανσης μειώνονται κατά 10%. Όσον αφορά την ψύξη με τη θερμομόνωση της δύσης επιτυγχάνεται ενεργειακή μείωση της τάξεως του 10.5%.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κανένα τυπικό σχολικό κτίριο δεν επιτυγχάνει άνοδο της ενεργειακής του κλάσης με τη θερμομόνωση μιας και μόνο όψης του. Επίσης αν και επιτυγχάνονται σε κάποιες περιπτώσεις ικανοποιητικές εξοικονομήσεις ενεργειακής κατανάλωσης εντούτοις αυτές απέχουν αρκετά από τα αποτελέσματα όταν η θερμομόνωση γίνεται σε όλη την εξωτερική όψη των κτιρίων. Βάσει των προαναφερθέντων συμπεραίνεται ότι η βέλτιστη θερμομόνωση του κελύφους επιτυγχάνεται όταν εφαρμόζεται στο σύνολο του και όχι σε μεμονωμένα σημεία.

Πίνακας 79: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις των κτιρίων

		Υφιστάμενη κατάσταση	3cm Θερμομόνωση βόρειας τοιχοποιίας	3cm Θερμομόνωση νότιας τοιχοποιίας	3cm Θερμομόνωση ανατολικής τοιχοποιίας	3cm Θερμομόνωση δυτικής τοιχοποιίας
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	433 (-2%)	434 (-1.8%)	432 (-2.3%)	415 (-6.1%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	-6%	-2.8%	-8.2%	-2.1%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-1.8	-2.3%	-1.6%	-10.5%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	483 (-2.4%)	480 (-2.8%)	480 (-2.8%)	471 (-4.7%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	-5.3%	-2.5%	-4.9%	-4.2%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	-2%	-5.2%	-3.5%	-8.7%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	E	E	E	E
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	374 (-3.9%)	360 (-7.5%)	371 (-4.6%)	370 (-4.9%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	-5.4%	-10%	-6.7%	-6.3%
	Κατανάλωσης ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	-3%	-8.8%	-0.4%	-10.5%



Διάγραμμα 104: Πρωτογενείς ενεργειακές καταναλώσεις στα τυπικά σχολικά κτίρια με την προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις των κτιρίων

7.3.2 Αλλαγή υαλοπινάκων

Εκτός από τα αδιαφανή σημεία του κελύφους (τοίχους, οροφές, δάπεδα) θα πρέπει να εξασφαλίζεται η θερμική προστασία των ανοιγμάτων, με τη χρήση διπλών (ή τριπλών για πολύ ψυχρές περιοχές που δεν συνιστώνται για τις Κυπριακές κλιματικές συνθήκες), είτε απλών είτε βελτιωμένων υαλοπινάκων, θερμομονωτικών κουφωμάτων και, σε πολλές περιπτώσεις, με τη χρήση κινητής νυκτερινής μόνωσης (π.χ. θερμομονωτικά ρολά ή παντζούρια, θερμοκουρτίνες, κ.α). Η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει την αλλαγή των μονών υαλοπινάκων με διπλούς καθώς και από τη βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων που συνεπάγεται την εξάλειψη των διαρροών του αέρα μέσα από χαραμάδες. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και έτσι περιορίζονται τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους, αλλά και μειώνουν το θόρυβο. Όλα τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα

είναι πολύ σημαντικά κυρίως σε σχολικά κτίρια καθώς επηρεάζουν άμεσα και τη συγκέντρωση και αποδοτικότητα των μαθητών [12]. Υπάρχει ένα εύρος από ενεργειακά αποδοτικούς τύπους υαλοπινάκων και κουφωμάτων που μπορεί να επιλέξει κανείς για το κτίριό του, ανάλογα με τη χρήση του και το μέγεθος του κτιρίου καθώς και το κόστος του κάθε συστήματος. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει ο αγοραστής να ζητά από τον κατασκευαστή να τον ενημερώνει τουλάχιστον για την θερμοπερατότητα του παραθύρου που θα τοποθετήσει.

Τα σχολικά συγκροτήματα της Κύπρου έχουν μονούς υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου. Τα περισσότερα είναι σε κακή κατάσταση και είναι η αιτία μεγάλων απωλειών θερμότητας. Δεν συνηθίζεται η χρήση διπλών υαλοπινάκων στα σχολικά κτίρια λόγω του υψηλού κόστους τους. Επίσης καθώς η ώρα διδασκαλίας μεταβάλλεται ανά 45 λεπτά συνήθως οι μαθητές αλλάζουν αίθουσα διδασκαλίας και τα παράθυρα ανοίγουν για αερισμό. Δεδομένου ότι τα παράθυρα ανοίγουν σε τακτά χρονικά διαστήματα, πολιτική των Τεχνικών Υπηρεσιών του Υπουργείου είναι να μην τοποθετούνται διπλοί υαλοπίνακες στα σχολικά κτίρια. Παρόλα αυτά θα εξεταστούν δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας για να διαφανεί η ενεργειακή αναβάθμιση που θα επιτευχθεί. Στο πρώτο σενάριο οι μονοί υαλοπίνακες αντικαθιστούνται με τζάμι διπλό απλό (5mm - 12mm - 4mm) σε όλα τα ανοίγματα των σχολείων. Στο δεύτερο σενάριο αντικαθιστούνται σταδιακά τα μονά με τα διπλά ανοίγματα, σε διαφορετικό προσανατολισμό κάθε φορά, ώστε να διαφανεί από ποιές όψεις προέρχεται η βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση. Οι υπολογισμοί του συντελεστή θερμοπερατότητας των τυπικών ανοιγμάτων των σχολικών κτιρίων παρατίθενται στο Παράρτημα III. Στον Πίνακα 80 παρουσιάζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των παραθύρων.

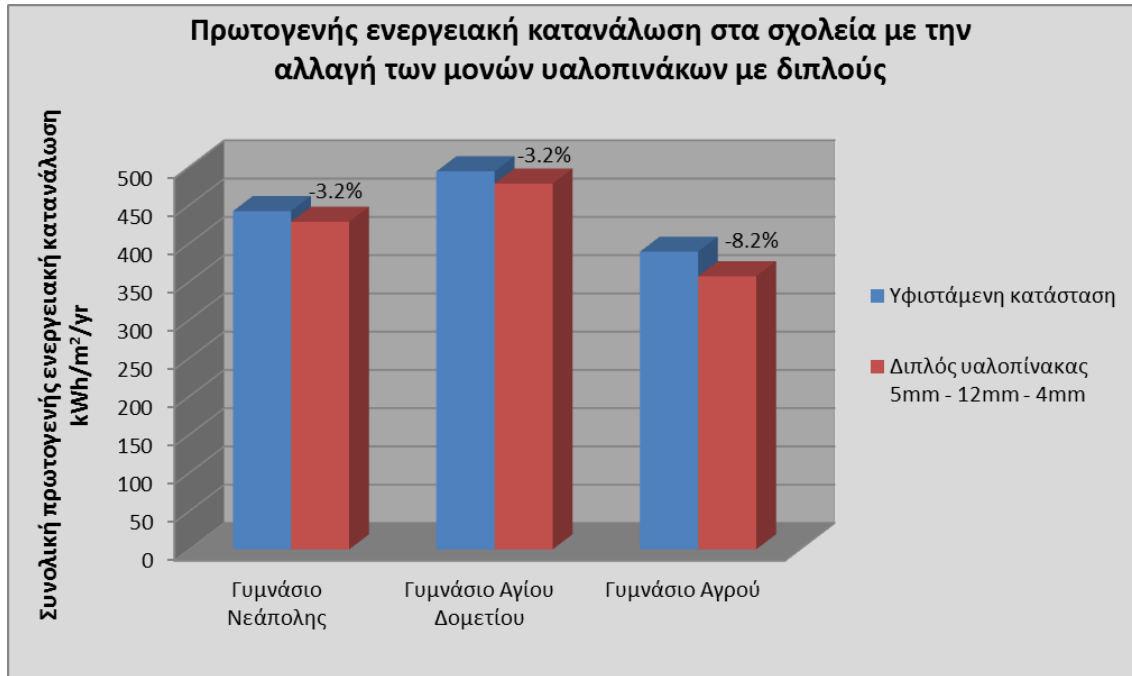
Οι προσομοιώσεις μετατροπής των μονών υαλοπινάκων με διπλούς παρουσιάζει σχετικά μικρές ενεργειακές εξοικονομήσεις στα παράλια και την ενδοχώρα (3.2%), ενώ οι ανάγκες θέρμανσης μειώνονται αισθητά με ποσοστά γύρω στο 12%. Στα ορεινά η εξοικονόμηση θέρμανσης κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα αλλά καθώς οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης είναι και οι περισσότερες η συνολική ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται σε ένα μεγαλύτερο ποσοστό της τάξεως του 8.2%.

Πίνακας 80: Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων

	Τυπικός υφιστάμενος μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου	Διπλός υαλοπίνακας 5mm - 12mm - 4mm
Συντελεστής Θερμοπερατότητας	6	3.47
L ηλιακό	0.9	0.81
T ηλιακό	0.85	0.77

Πίνακας 81: Αποτελέσματα σεναρίου αναβάθμισης υαλοπινάκων στα τρία τυπικά σχολεία

		Υφιστάμενη κατάσταση	Διπλός υαλοπίνακας 5mm - 12mm - 4mm
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	428 (-3,2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	-12.1%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-1.7%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	478 (-3.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	-12.4%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	+0.2%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	E
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	357 (-8.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	-12%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	+0.4%



Διάγραμμα 105: Μειώσεις συνολικών πρωτογενών ενεργειακών καταναλώσεων με την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς.

Η μελέτη της προσθήκης διπλών υαλοπινάκων στις διάφορες όψεις των τυπικών σχολικών κτιρίων παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα αξιολόγησης του σεναρίου. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο οι συνολικές ενεργειακές εξοικονομήσεις με την αλλαγή των μονών υαλοπινάκων σε διπλούς είναι σχετικά μικρές. Στις ορεινές περιοχές παρουσιάζεται ενεργειακή εξοικονόμηση με την αλλαγή υαλοπινάκων στο νότο (6.2%) και τη δύση (5.1%) και θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα επηρεάζονται από το ποσοστό υαλοπινάκων στην κάθε όψη. Στα παράλια παρουσιάζεται μικρό ποσοστό εξοικονόμησης (1.8%) στη δυτική όψη, ενώ στην ενδοχώρα οι εξοικονομήσεις είναι πολύ μικρές και παρόμοιες ανεξάρτητα της όψης στην οποία γίνεται η παρέμβαση. Αναφορικά με την εξοικονόμηση στις ανάγκες θέρμανσης η προσθήκη διπλών υαλοπινάκων είναι συμφέρουσα στη δύση στα παράλια, στο νότο στην ενδοχώρα και σε νότο και δύση στα ορεινά. Τα αποτελέσματα είναι πάντα συνδεδεμένα με το σχήμα και τον προσανατολισμό των κτιρίων, την έκταση της κάθε όψης της σκίασης από μόνιμα σκίαστρα κ.λ.π. Έτσι ενώ αναμενόταν αποτελεσματικότερη να είναι η αναβάθμιση και θερμική θωράκιση της βόριας όψης, κυρίως στα ορεινά, τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι μέσα από τις επεμβάσεις ανά όψη διαφαίνεται ότι οι μεμονωμένες επεμβάσεις δεν είναι αρκετά ικανοποιητικές και ίσως θα πρέπει να αποφεύγονται.

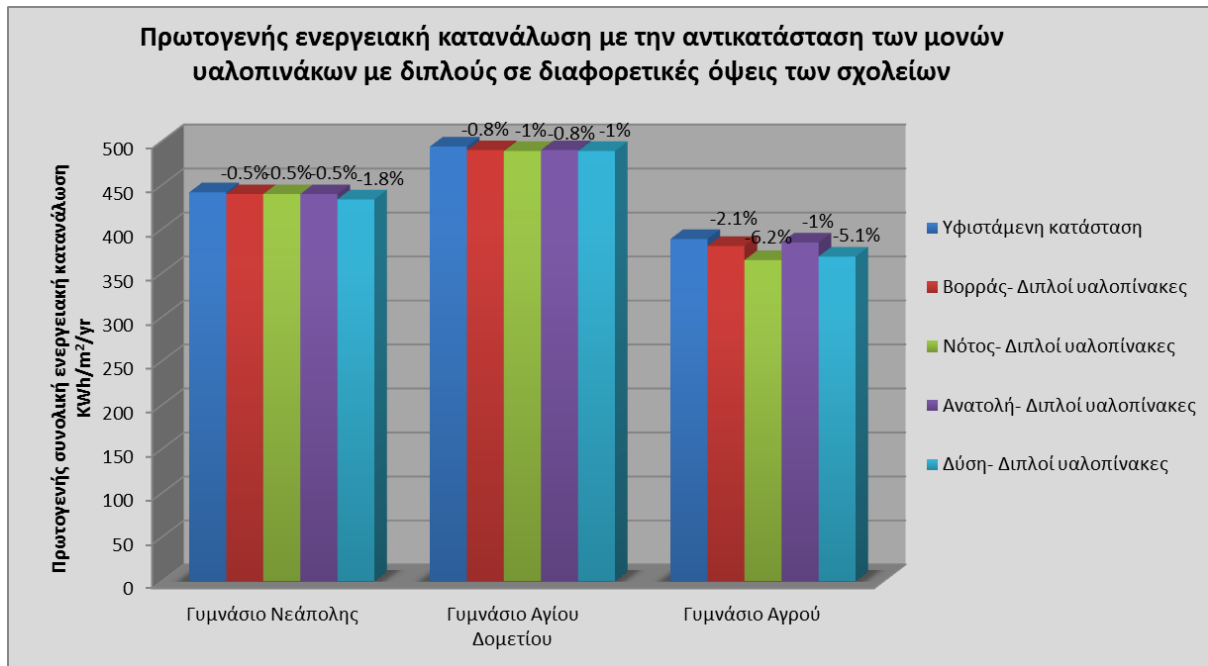
Σχετικά με τις ενεργειακές ανάγκες σε ψύξη σημαντικό είναι το γεγονός ότι, πρώτον η εξοικονόμηση είναι πολύ μικρή στις πλείστες των περιπτώσεων και επίσης σε πολλά σενάρια οι ανάγκες σε ψύξη αυξάνονται ειδικά σε ενδοχώρα και ορεινά. Βάσει των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στο νησί και εξαιρουμένων των ορεινών περιοχών το ισοζύγιο ενεργειακών αναγκών έχει αυξημένες ανάγκες ψύξης. Δεδομένου αυτού τα σενάρια που αυξάνουν τις ανάγκες ψύξης θεωρούνται λιγότερο αποδοτικά.

Μέσα από αυτά τα σενάρια διαφαίνεται ότι η συνήθης πρακτική του Υπουργείου Παιδείας να μην τοποθετεί διπλούς υαλοπίνακες στα σχολικά κτίρια είναι ορθή. Δεδομένου του γεγονότος ότι και η χρήση των ανοιγμάτων δεν μπορεί να ελεγχθεί εύκολα και τα ανοίγματα είναι δύσκολο να παραμένουν κλειστά το χειμώνα τότε το κόστος προσθήκης διπλών υαλοπινάκων ίσως να μην αποσβένεται από την εξοικονόμηση που θα προσφέρουν. Σημαντικό είναι όμως να αναφερθεί ότι στις ορεινές περιοχές του νησιού όπου οι ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα είναι κατά πολύ αυξημένες συγκριτικά με τις άλλες κλιματικές ζώνες, και το γεγονός ότι η λειτουργία των σχολείων είναι εποχιακή, η χρήση διπλών υαλοπινάκων τουλάχιστον στις πιο τρωτές όψεις των κτιρίων ενδείκνυται. Επίσης στις περιπτώσεις όπου δεν θα επιλεγούν διπλοί υαλοπίνακες, οι μονοί υαλοπίνακες πρέπει να είναι καλής ποιότητας με προσεγμένα κουφώματα τα οποία θα είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες.

Πίνακας 82: Σενάρια αλλαγής μονών με διπλούς (απλούς) υαλοπίνακες σε διαφορετικές όψεις των τυπικών σχολικών κτιρίων

		Υφιστάμενη κατάσταση	Βορράς-Διπλοί υαλοπίνακες (απλοί)	Νότος-Διπλοί υαλοπίνακες (απλοί)	Ανατολή-Διπλοί υαλοπίνακες (απλοί)	Δύση-Διπλοί υαλοπίνακες (απλοί)
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	440 (-0.5%)	440 (-0.5%)	440 (-0.5%)	434 (-1.8%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	-2.1%	-2.2%	-2.5%	-5.5%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	0.0%	0.0%	+0.1%	-1.5%

Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση (kWh/m ² /yr)	494	490 (-0.8%)	489 (-1.0%)	490 (-0.8%)	489 (-1.0%)
	Κατανάλωση θέρμανσης (kWh/m ² /yr)	222	-2.5%	-4.0%	-3.3%	-3.0%
	Κατανάλωση ψύξης (kWh/m ² /yr)	123.5	-0.1%	+0.4%	+0.3%	-0.2%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	E	E	E	E
	Συνολική κατανάλωση (kWh/m ² /yr)	389	381 (-2.1%)	365 (-6.2%)	385 (-1.0%)	369 (-5.1%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4	-2.9%	-9.1%	-1.6%	-7.3%
	Κατανάλωση ψύξης	8	+1.3%	-1.3%	+1.3%	-1.5%



Διάγραμμα 106: Μειώσεις συνολικών πρωτογενών ενεργειακών καταναλώσεων με την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς σε διαφορετικές όψεις των σχολικών κτιρίων.

7.3.3 Προσθήκη σκιάστρων

Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για τον δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός είναι φυσικός είτε είναι τεχνητός και αυτό συμπεραίνεται και από τη βιοκλιματική ανάλυση. Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα και συνεπώς στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Στη δεύτερη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τον κλιματισμό του κτιρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου που καταναλώνεται, καθώς υπάρχει σημαντική μείωση της θερμικής επιβάρυνσης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η χρήση παθητικών τεχνολογιών, όπως είναι τα συστήματα σκίασης, μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος ενέργειας που απαιτεί ένα κτίριο, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα ευχάριστο περιβάλλον για τους χρήστες του. Ο ευρωπαϊκός οργανισμός ηλιοπροστασίας διενήργησε μια μελέτη με τίτλο «Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂ από την χρήση συστημάτων σκίασης στην EE-25» (European Solar Shading Organization ES-SO) [13]. Η μελέτη αυτή απέδειξε ότι τα συστήματα ηλιοπροστασίας έχουν την δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ κατά 31Mt/a μέσω της μείωσης της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση και κατά 80 Mt/a μέσω της μείωσης της ενεργειακής ζήτησης για ψύξη. Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων παρουσίασε μείωση πέραν των 5°C. Επίσης ένας αριθμός μελετών σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής απέδειξαν ότι η σωστή και μελετημένη εφαρμογή συστημάτων σκίασης μπορεί να συνεισφέρει στην μείωση της θερμοκρασίας ενός δωματίου από 5 – 15°C [14-17]. Επιπλέον έχει διαπιστωθεί ότι η μείωση της ενεργειακής ζήτησης των κλιματιστικών για ψύξη και θέρμανση μειώνεται περίπου στο 50% και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται μέχρι και 60% [18].

Τα συστήματα σκίασης ταξινομούνται σε συστήματα εξωτερικών στοιχείων ηλιοπροστασίας, συστήματα περιεχόμενα στους υαλοπίνακες και εσωτερικά συστήματα. Επίσης υπάρχουν σταθερά και κινητά, γραμμικά και επιφανειακά, εποχιακά και μόνιμα, απλά και περίπλοκα, αποκλειστικά και μη. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Εν γένει, οριζόντια σκιάστρα στο νότιο προσανατολισμό ενδείκνυνται στα κτίρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχεται λιγότερη ακτινοβολία. Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση το πρωί και το βράδυ και ενδείκνυται σκίαση για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Αντίθετα, τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας

το καλοκαίρι. Για τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα, στα οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου η οποία θα λαμβάνει υπόψη τις γωνίες πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η χρήση συστημάτων σκίασης στα κτίρια επιβάλλεται όταν τα επίπεδα ηλιοφάνειας στην περιοχή είναι υψηλά. Δεδομένου ότι η Κύπρος έχει πολύ υψηλό ποσοστό ηλιοφάνειας κατά την διάρκεια όλου του χρόνου η χρήση συστημάτων σκίασης είναι επιβεβλημένη.

Τα εσωτερικά συστήματα έχουν σκοπό την ανάκλαση της ακτινοβολίας πίσω στον υαλοπίνακα και την αποβολή της στο εξωτερικό περιβάλλον. Σε αυτή τη διαδικασία όμως ο υαλοπίνακας απορροφά ένα ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται από το σκίαστρο, με συνέπεια θέρμανση του χώρου. Η εξωτερική σκίαση περιορίζει την ηλιακή ακτινοβολία πριν αυτή φτάσει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα. Η τοποθέτηση εξωτερικών συστημάτων σκίασης εμποδίζει την άμεση ακτινοβολία να εισέλθει στον χώρο, ανακλώντας τη στο περιβάλλον. Στο εσωτερικό μεταβιβάζεται μόνο η διάχυτη ακτινοβολία που είναι πιο αποτελεσματική από την εσωτερική [19]. Μια επίσης βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτιριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, η οποία μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτιριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου τους θερμούς μήνες.

Στα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων τοποθετούνται συστήματα μόνιμων εξωτερικών και μετακινούμενων σκίαστρον σε διαφορετικούς προσανατολισμούς του κτιρίου. Συγκεκριμένα, προτείνονται εξωτερικά, κινητά, μεταλλικά σκίαστρα. Μεταλλικά έτσι ώστε να θερμαίνονται κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ το βράδυ να απελευθερώνουν εύκολα και πολύ γρήγορα την θερμότητα που έχουν απορροφήσει. Η θερμότητα του μετάλλου ψύχεται σε θερμοκρασία μικρότερη του περιβάλλοντος και γι' αυτό δεν μεταφέρει θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους κατά τις νυχτερινές ώρες που θα γίνεται ο αερισμός του κτιρίου. Παράλληλα, αφού θα είναι κινητά θα εξασφαλίζουν μαζί με τα εσωτερικά σκίαστρα την επιθυμητή ρύθμιση του εισερχόμενου φωτός. Στόχος είναι να βρεθούν οι προσανατολισμοί στους οποίους τα σκίαστρα προσφέρουν την καλύτερη απόδοση και μειώνουν αισθητά τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα ανάλογα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία). Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε

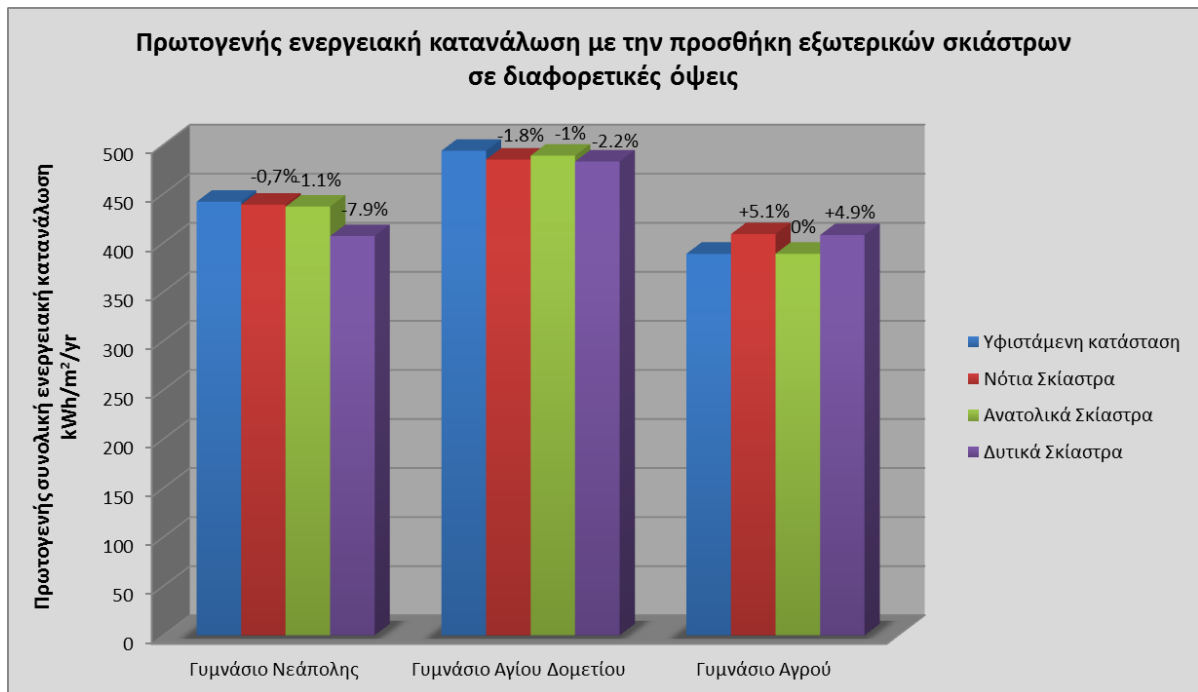
ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου με στόχο την ευαισθητοποίηση των χρηστών για σωστή λειτουργία των συστημάτων.

Η προσθήκη σκιάστρων στους προσανατολισμούς νότου, ανατολής και δύσης παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα. Σε παράλια και ενδοχώρα οι καταναλώσεις μειώνονται. Κυρίως στα παράλια όπου το τυπικό κτίριο σχολείου είναι δομημένο στον άξονα βορρά-νότου με μεγάλη επιφάνεια έκθεσης στη δύση οι ενεργειακές ανάγκες μειώνονται αισθητά. Συγκεκριμένα οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες μειώνονται κατά 7.9% ενώ στην ψύξη επιτυγχάνεται σε ποσοστό 18.1%. Οι μικρές εξοικονομήσεις στην ενδοχώρα λόγω μικρής έκθεσης των ανοιγμάτων του κτιρίου κυρίως στη δύση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο ορθός προσανατολισμός του κτιρίου από το σχεδιασμό του μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στην εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς τη χρήση κάθετων σκιάστρων. Η νότια πλευρά των κτιρίων μπορεί ευκολότερα να σκιαστεί με οριζόντια σκίαση η οποία δημιουργείται από την ανέγερση του κτιρίου με προβόλους. Σημαντικά είναι επίσης και τα αποτελέσματα στα ορεινά. Η σκίαση αυξάνει τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Παρόλο που οι ανάγκες ψύξης (8kWh/m²/yr) μειώνονται, οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης αυξάνονται και αυτό οδηγεί σε αρνητικά αποτελέσματα. λόγω των αυξημένων ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και λόγω του ότι η ορθή λειτουργία των σκιάστρων επαφίεται στους χρήστες του κτιρίου και αυτό λαμβάνεται υπόψη στο λογισμικό. Πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να υπάρξει βέλτιστη σκίαση με υπολογισμένες διαστάσεις που δεν θα επηρεάζει τις ηλιακές απολαβές το χειμώνα και τότε τα μόνιμα ίσως σκίαστρα θα λειτουργούν πολύ καλύτερα στα ορεινά.

Πίνακας 83: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης με την προσθήκη σκιάστρων σε διαφορετικές όψεις του κτιρίου

		Υφιστάμενη κατάσταση	Νότια Σκίαστρα	Ανατολικά Σκίαστρα	Δυτικά Σκίαστρα
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	439 (-0.7%)	437 (-1.1%)	407 (-7.9%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	+2.8%	-1%	-10.9%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-2%	-2.3%	-18.1%

Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	485 (-1.8%)	489 (-1%)	483 (-2.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	+4.2%	+1.6%	+2.5%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	-7.1%	-3.5%	-7.3%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	Z	E	Z
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	409 (+5.1%)	389 (0%)	408 (+4.9%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	+12.4%	+0.8%	+11.2%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	-51.3%	-6.8%	-43.1%



Διάγραμμα 107: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης με την προσθήκη σκιάστρων σε διαφορετικές όψεις του κτιρίου.

Ηλεκτρομηχανολογικές αναβαθμίσεις

7.3.4 Ενεργειακή αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων

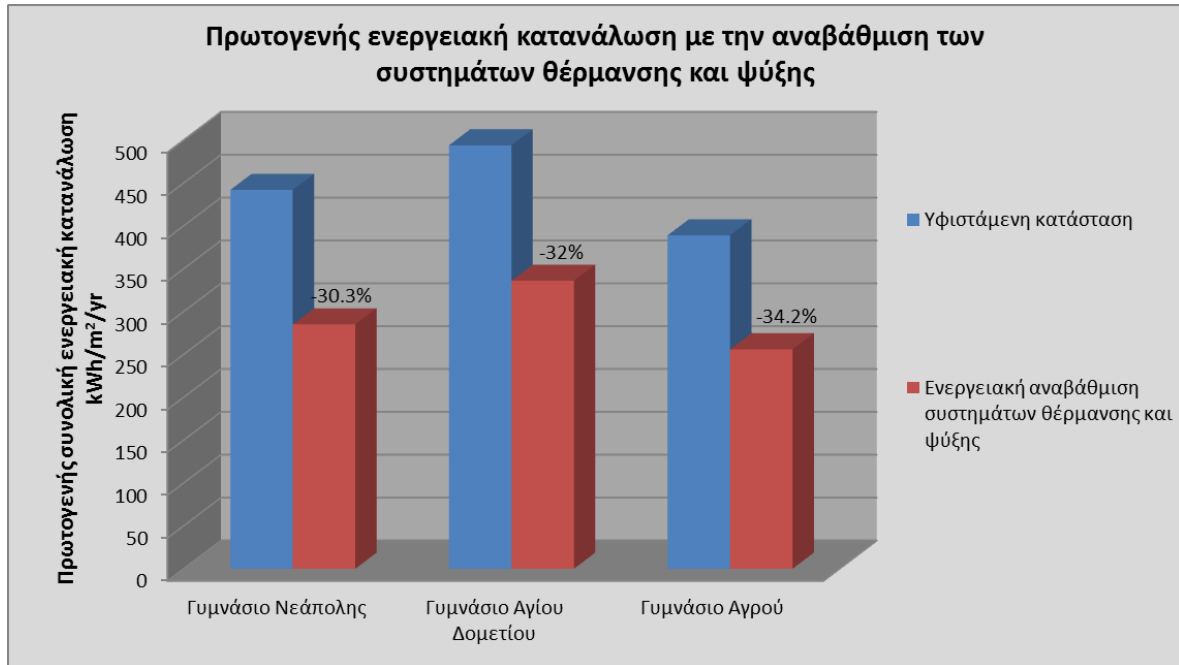
Στο παρόν σενάριο στόχος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού στα τυπικά σχολικά κτίρια. Τα σχολικά κτίρια έχουν για θέρμανση κυρίως παλαιά συστήματα τα οποία για να αποδίδουν ικανοποιητικά θα πρέπει να συντηρούνται και να αναβαθμίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τα συμβατικά θερμικά συστήματα αποτελούνται από τον λέβητα – καυστήρα (πετρελαίου), τις σωληνώσεις, τον κυκλοφορητή και τα θερμαντικά σώματα. Ο βαθμός εποχιακής ενεργειακής απόδοσης (SEER) κατά την ψύξη και ο συντελεστής εποχιακής απόδοσης (SCOP) κατά τη θέρμανση δείχνουν την πραγματική ενέργεια που καταναλώνει μια αντλία θερμότητας. Οι δείκτες SEER και SCOP μετρούν την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και την απόδοση κατά τη συνήθη καθημερινή χρήση. Μακροπρόθεσμα, λαμβάνουν υπ' όψιν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και τις περιόδους αδράνειας και δίνουν μια σαφή και αξιόπιστη ένδειξη για την τυπική ενεργειακή απόδοση καθ' όλη την περίοδο θέρμανσης ή ψύξης [20,21].

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει σωστά και όσο πρέπει, καθώς επίσης εφόσον λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια [22]. Οι συνήθειες παρεμβάσεις για την αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού των κτιρίων είναι να αντικατασταθεί ο λέβητας με αντλία θερμότητας καλύτερης απόδοσης. Στα συστήματα ψύξης και συγκεκριμένα στη ψύξη με αυτοτελείς μονάδες διαιρεμένου τύπου η αποδοτικότερη λύση είναι η αντικατάσταση των παλαιών μονάδων χαμηλής απόδοσης με νέες μονάδες υψηλότερης απόδοσης.

Το υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης των σχολικών κτιρίων λειτουργεί με λέβητα χαμηλής θέρμανσης ζεστού νερού (ΧΘΖΝ) το οποίο είναι σύστημα κλειστού κυκλώματος νερού που λειτουργεί σε χαμηλές πιέσεις (μέχρι 3 bar απόλυτη πίεση), η θερμοκρασία νερού στο σύστημα περιορίζεται μέχρι τους 85°C και έχει τύπο καυσίμου πετρέλαιο θέρμανσης [23]. Στο σενάριο αναβάθμισης το προαναφερθέν σύστημα θα αντικατασταθεί με αποδοτικότερο. Ο λέβητας με εποχιακή απόδοση 0,65 αντικαθίσταται με αντλία θερμότητας (πηγή αέρα) και τύπο καυσίμου ηλεκτρικό ρεύμα με εποχιακή απόδοση 3. Επίσης τα παλαιά κλιματιστικά εποχιακής απόδοσης 2 θα αντικατασταθούν με νέα εποχιακής απόδοσης 4.

Πίνακας 84: Εξοικονόμηση ενεργειακών αναγκών με την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα τυπικά σχολεία

		Υφιστάμενη κατάσταση	Ενεργειακή αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Γ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	285 (-30.3%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	-78.3%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-50%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου			
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Γ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	336 (-32%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	-78.3%
	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	-50%
Γυμνάσιο Αγρού			
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Δ
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	256 (-34.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	-78.3%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	-33.4%



Διάγραμμα 108: Εξοικονόμηση ενεργειακών αναγκών με την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα τυπικά σχολεία

Η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα σχολικά κτίρια με αποδοτικότερα επιφέρει μεγάλη εξοικονόμηση στα σχολεία και των τριών κλιματικών περιοχών καθώς σε αυτόν τον τομέα υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης. Η εξοικονόμηση κυμαίνεται περίπου στο 1/3 των συνολικών καταναλώσεων. Στα ορεινά υπάρχει ελαφρώς μεγαλύτερη εξοικονόμηση η οποία αγγίζει το 34.2%. Επίσης οι ενεργειακές αναβαθμίσεις των σχολικών κτιρίων είναι αισθητές και στην κατηγοριοποίηση των πιστοποιητικών. Το Γυμνάσιο Νεάπολης αναβαθμίζεται στην ενεργειακή κλάση Γ καθώς επίσης και το Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου, ενώ το Γυμνάσιο Αγρού αναβαθμίζεται στην ενεργειακή κλάση Δ.

7.3.5 Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης

Σε αυτό το σενάριο στόχος είναι η αφαίρεση των πλείστων κλιματιστικών μονάδων ψύξης από τα σχολικά συγκροτήματα. Στη θέση τους μπορούν να εγκατασταθούν ανεμιστήρες οροφής για τις θερινές μέρες λειτουργίας των σχολείων οι οποίοι λειτουργούν ικανοποιητικά σε θερμοκρασίες μέχρι 28°C, δεδομένο που δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα κατά τον καλοκαιρινό μήνα Ιούνιο που λειτουργεί το σχολείο. Οι κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου λειτουργούν κυρίως στα γραφεία, στις αίθουσες συνεδριάσεων και στα εργαστήρια. Δεδομένου ότι τα σχολεία υπολειτουργούν ή δεν λειτουργούν το περισσότερο διάστημα του καλοκαιριού η χρήση κλιματιστικών μονάδων ίσως θεωρείται πλεονασμός και μπορεί να

μειωθεί. Δεδομένων των προαναφερθέντων το Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού για σκοπούς μείωσης του κόστους ενεργειακών καταναλώσεων το καλοκαίρι του 2013 προχώρησε στην αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων από πολλά σχολικά κτίρια. Κυρίως στα ορεινά τα κλιματιστικά είναι σχεδόν αχρείαστα καθώς οι θερμοκρασίες που επικρατούν δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές κατά τη θερινή περίοδο.

Στο Γυμνάσιο Νεάπολης θα παραμείνουν κλιματιστικά στα γραφεία διεύθυνσης και γραμματείας, στην αίθουσα υποδοχής και την αίθουσα συνεδριάσεων καθώς και στο χώρο παρασκευής ροφήματος και φαγητού όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Συνολικά στο σενάριο προσομοίωσης θα κλιματίζονται 267m² που αντιστοιχούν στο 51.8% του χώρου που κλιματίζεται σήμερα στο σχολείο.

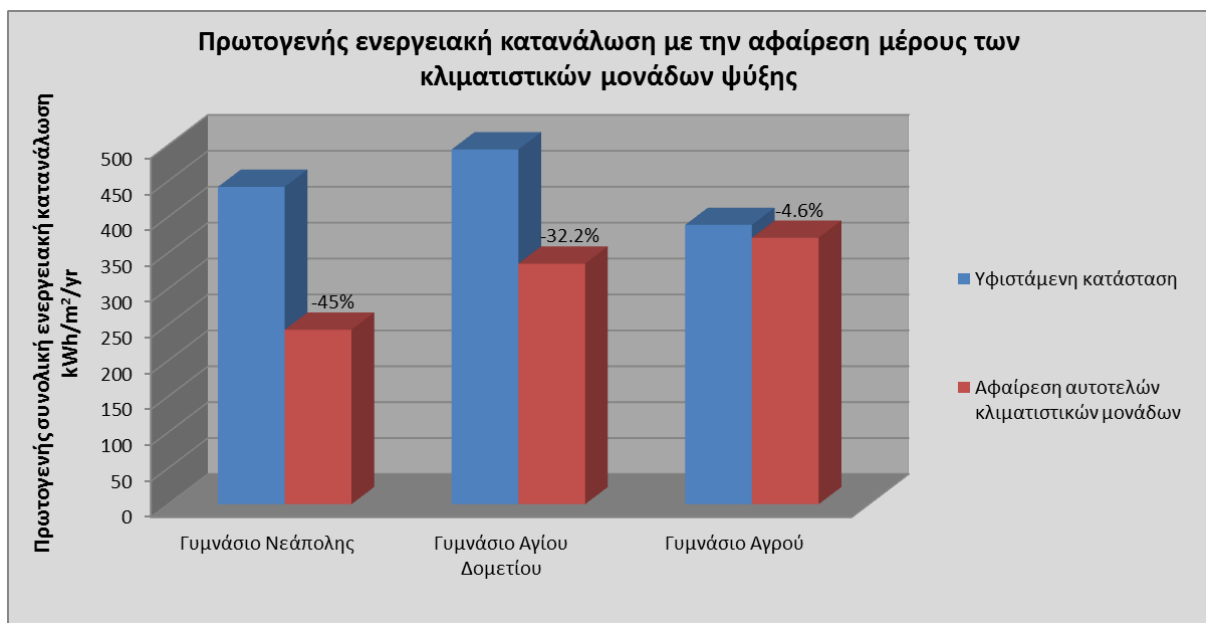
Παρομοίως στο Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου στην ενδοχώρα κλιματιστικές μονάδες ψύξης θα παραμείνουν στα γραφεία διεύθυνσης και γραμματείας, στην αίθουσα συνεδριάσεων και στην καντίνα του σχολείου. Συνολικά από τα 315.5m² που κλιματίζονται στο σχολικό κτίριο, στο σενάριο προσομοίωσης θα κλιματίζονται τα 133.15m², ποσοστό 42.2%.

Στο Γυμνάσιο Αγρού υπάρχουν λιγότερες κλιματιστικές μονάδες συγκριτικά με τα σχολεία στα παράλια και την ενδοχώρα. Παρόλα αυτά στο σενάριο προσομοίωσης από τα 130m² που κλιματίζονται στο σχολείο, μονάδες κλιματισμού παραμένουν μόνο στο χώρο υποδοχής και στα γραφεία διεύθυνσης και συνεδριάσεων. Έτσι κλιματίζονται μόνο τα 60.53m², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 46.6% του τρέχοντος εμβαδού ψύξης.

Πίνακας 85: Εξοικονόμηση ενεργειακών καταναλώσεων με την αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων στα τυπικά σχολεία

		Υφιστάμενη κατάσταση	Αφαίρεση αυτοτελών κλιματιστικών μονάδων
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Β
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	243 (-45%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	155 (kWh/m ² /yr)	+4.8%
	Κατανάλωση ψύξης	137 (kWh/m ² /yr)	-86%
<hr/>			
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Γ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	335 (-32.2%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	222 (kWh/m ² /yr)	+5.7%

	Κατανάλωση ψύξης	123.5 (kWh/m ² /yr)	-87.6%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	E	E
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	371 (-4.6%)
	Κατανάλωση θέρμανσης	303.4 (kWh/m ² /yr)	+1%
	Κατανάλωση ψύξης	8 (kWh/m ² /yr)	-83.6%



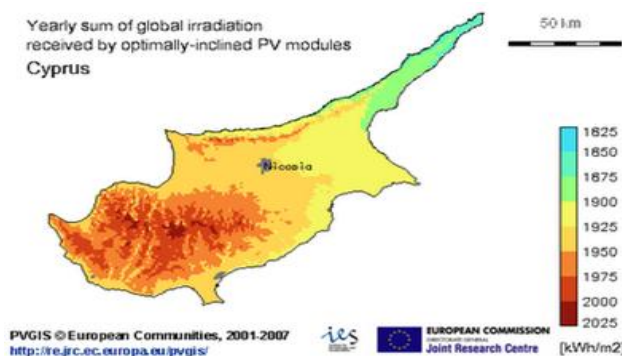
Διάγραμμα 109: Εξοικονόμηση ενεργειακών καταναλώσεων με την αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων στα τυπικά σχολεία

Με την αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων και την αντικατάστασή τους με ανεμιστήρες οροφής παρουσιάζονται πολύ σημαντικές μειώσεις στις καταναλώσεις. Στόχος του σεναρίου ήταν να παραμείνουν κλιματιστικές μονάδες στα χώρους όπου η εργασία συνεχίζεται και κατά τους θερινούς μήνες. Στα εργαστήρια καθώς και σε γραφεία τα οποία δεν λειτουργούν σε συνεχόμενη βάση οι ανεμιστήρες οροφής θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες και να δημιουργήσουν συνθήκες άνεσης [24,25]. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζουν μειώσεις των καταναλώσεων ψύξης της τάξεως του 83 έως 88% σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Κυρίως στα παράλια και την ενδοχώρα η αφαίρεση κλιματιστικών μειώνει και τη συνολική κατανάλωση σε ποσοστά 45% και 32.2% αντίστοιχα, ενώ στα ορεινά η μείωση είναι μικρή, -4.6% λόγω των υπάρχοντων χαμηλών καταναλώσεων που υπάρχουν για

ανάγκες ψύξης ($8\text{kWh/m}^2/\text{yr}$). Το σενάριο αυτό παρουσιάζει ενδιαφέρον γιατί χωρίς ιδιαίτερο κόστος (ίσως και μηδενικό) επιτυγχάνεται ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών μονάδων. Στα παράλια η ενεργειακή κλάση αναβαθμίζεται από Δ σε Β, ενώ στην ενδοχώρα από Ε σε Γ. Καθώς δεν υπάρχουν κλιματιστικά στο μεγαλύτερο μέρος των σχολικών μονάδων, διαφαίνεται εφικτό να μειωθούν ακόμη περισσότερο τα κλιματιστικά. Το κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας ή και την μεταπώληση των μεταχειρισμένων κλιματιστικών μπορεί να αξιοποιηθεί για την εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής στο μεγαλύτερο μέρος του σχολείου, ακόμη και στις αίθουσες διδασκαλίας. Με αυτό τον τρόπο οι συνθήκες άνεσης θα βελτιωθούν στο μεγαλύτερο μέρος των σχολικών κτιρίων κατά τη θερινή περίοδο.

7.3.6 Εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη συμβατικές και εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιπροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/77/ΕΚ [26]. Με τον όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Το φως και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πολύ αποδοτικά στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες καθώς υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου [27]. Η Κύπρος διαθέτει ένα πολύ υψηλό ηλιακό δυναμικό, με μέση ημερήσια ηλιοφάνεια 9,8 με 14,5 ώρες, με περισσότερες από 300 μέρες το χρόνο ηλιοφάνεια [28].



Εικόνα 32: Χάρτης Φ/Β δυναμικού στην Κύπρο

Στην Κύπρο η τεχνολογία των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για παραγωγή ζεστού νερού έχει εδώ και πολλά χρόνια ευρεία εμπορική εφαρμογή, καθώς 92% των νοικοκυριών και 53% των ξενοδοχειακών μονάδων διαθέτουν ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού, γεγονός που σύμφωνα με σχετική μελέτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθιστά την Κύπρο πρωτοπόρο στον τομέα των θερμικών εφαρμογών ηλιακής ενέργειας, με σχεδόν 1m² εγκατεστημένη επιφάνεια συλλέκτη ανά κάτοικο. Αξίζει εξάλλου να αναφερθεί η σημαντική αύξηση των εγκατεστημένων ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης χώρου καθώς και των ηλιακών συστημάτων για θέρμανση νερού πισίνας από το 2004 μέχρι σήμερα. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β), βρίσκονται ήδη εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 3.5 MW, εκ των οποίων τα 2.7MW είναι ενωμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο και τα υπόλοιπα 0.8MW είναι αυτόνομα. Το γεγονός αυτό καθιστά σήμερα την Κύπρο την 6^η σε κατάταξη χώρα στην Ευρώπη, όσον αφορά την ισχύ των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά κάτοικο [29].

Στόχος των Τεχνικών Υπηρεσιών του Υπουργείου Παιδείας είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στις οροφές των σχολικών κτιρίων. Τα σχολικά κτίρια είναι μεγάλα σε μέγεθος και έχουν αρκετό ελεύθερο εμβαδόν, κυρίως στην οροφή, για εγκατάσταση των συστημάτων. Τα Φ/Β συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό και συνεπώς, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής, καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στην Κύπρο. Η λειτουργία των Φ/Β συστημάτων βασίζεται στο Φ/Β φαινόμενο, δηλαδή στην άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία (φως). Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών (ημιαγωγίμων) τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα να απορροφούν φωτόνια του ηλιακού φωτός απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο) [30]. Η ροή των ελεύθερων αυτών ηλεκτρονίων συνεπάγεται τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος-ηλεκτρικής τάσης.

Το σημαντικότερα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος είναι:

- Το Φ/Β κύτταρο (solar cell), το οποίο συλλέγει το ηλιακό φως, είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.
- Το Φ/Β πλαίσιο (PV module) που απαρτίζεται από πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας. Τα πλαίσια

έχουν τυπική ισχύ από 20 έως 300 βατ (W). Τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι Φ/Β συστοιχίες (strings).

- Ο αντιστροφέας (inverter), ο οποίος μετατρέπει τον παραγόμενο συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, δηλαδή σε μορφή κατάλληλη για καθημερινή χρήση.
- Ο μετρητής (ΑΗΚ- για ενωμένα συστήματα) για την καταμέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα Φ/Β δεν χρειάζονται απευθείας έκθεση στο ηλιακό φως για να λειτουργήσουν, αφού παράγουν ενέργεια ακόμη και σε συννεφιασμένες μέρες, μέσω της διάχυσης του φωτός [31]

Τα Φ/Β συστήματα χωρίζονται ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους σε:

1. Τεχνολογία κρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι τα πιο διαδεδομένα και κατασκευάζονται σε κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου. Έχουν υψηλό κόστος κατασκευής και βαθμό απόδοσης 14-17%. Τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από χυτό πυρίτιο. Το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία και έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 13-15%.
2. Τεχνολογία άμορφου πυριτίου: Τα πλαίσια αυτά έχουν πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής αλλά ο βαθμός απόδοσης τους κυμαίνεται στο 8-9% ανά κυψέλη, δηλαδή στο μισό του κρυσταλλικού.
3. Τεχνολογία λεπτού υμενίου (Thin film): Τα πλαίσια κατασκευάζονται με πολύ λεπτές στρώσεις φωτοευαίσθητου υλικού (ίνδιο, κάδμιο κ.α.) σε βάση από γυαλί, πλαστικό ή ανοξείδωτο χάλυβα.

Η απαιτούμενη επιφάνεια Φ/Β πλαισίων ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ πικ (kWp, kilowatt peak) εξαρτάται από την τεχνολογία που θα επιλεγεί (μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό, λεπτού υμένα κλπ). Ανάλογα τον τύπο Φ/Β που θα χρησιμοποιηθεί, απαιτείται επιφάνεια 6 έως 20 τετραγωνικά μέτρα (m²) για την εγκατάσταση 1 κιλοβάτ (kW). Εάν επιλεγεί η τεχνολογία λεπτού υμένα τότε απαιτείται σχεδόν διπλάσιος χώρος. Η απόδοση ενός Φ/Β κρίνεται από την ετήσια παραγωγή σε κιλοβατώρες (kWh) και το κόστος παραγωγής. Για την Κύπρο ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος 1 kWp, με βέλτιστη κλίση και βέλτιστο προσανατολισμό παράγει κατά μέσο όρο γύρω στα 1.200-1.600 κιλοβατώρες ανά έτος ανά κιλοβάτ πικ (kWh/έτος/kWp).

Η απόδοση ενός Φ/Β εξαρτάται από:

- Τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, (όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας τόσο χαμηλότερη η απόδοση).

- Την κλίση των Φ/Β πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό τους, (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30°).
- Την ηλικία των Φ/Β πλαισίων, (υπολογίζεται ότι τα πλαίσια έχουν ζωή 25-30 χρόνια με απόδοση τουλάχιστον 80% για τα πρώτα 20 έτη).
- Το γεωγραφικό πλάτος, (όσο πιο νότια είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολία — συγκριτικά με βόρειες χώρες).
- Είναι σημαντικό για την τοποθέτηση Φ/Β να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος .

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, τα Φ/Β συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτόνομα (μη συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ) και συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ όπου παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο.

Στο παρόν σενάριο η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του Φ/Β θα είναι περίπου 20kWp και θα αποτελείται από:

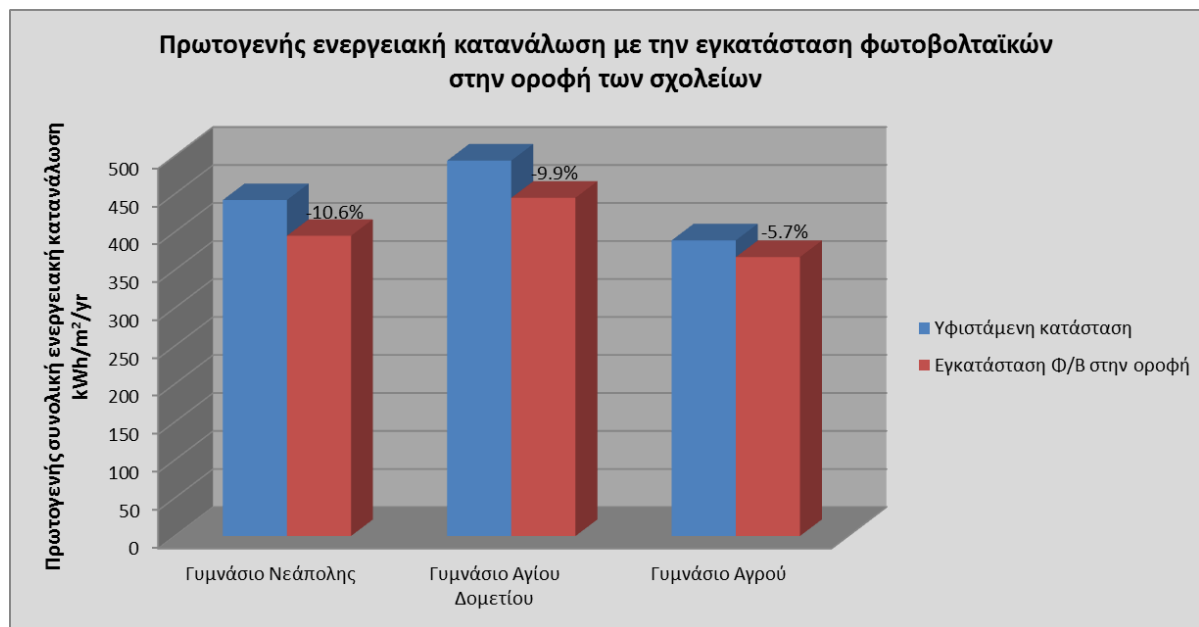
1. 100 Φωτοβολταϊκά πλαίσια των 235 Wp το καθένα, στερεωμένα σε βάσεις και τοποθετημένα σε σειρές (έκταση περίπου 200m²)
2. 1 Μετατροπέας (inverter) ενσωματωμένος στα πλαίσια και καλωδίωση των πλαισίων.
3. 1 Μετρητής της ΑΗΚ για την καταμέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το προτεινόμενο έργο το οποίο θα προσομοιωθεί στα τυπικά σχολικά κτίριο αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία η οποία μέσω ενός αντιστροφέα (inverter), είναι διασυνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος θα γίνει στην οροφή των σχολείων και η προβλεπόμενη έκταση κάλυψης δεν θα υπερβαίνει τα 200m². Οι οροφές είναι οριζόντιες, με μηδενική κλίση και χωρίς σκίαση, από την ανατολή ως τη δύση του ήλιου. Η χωροθέτηση του Φ/Β συστήματος θα γίνει με νότιο προσανατολισμό και θα αποτελείται από ακίνητα πλαίσια, εγκατεστημένα σε συστήματα παρακολούθησης της πορείας του ήλιου προς μία κατεύθυνση. Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν σε ομοιόμορφες, παράλληλες σειρές. Η απόσταση μεταξύ των σειρών θα είναι τέτοια έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα σκίασης ακόμη και κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών όταν ο ήλιος φθάνει έως 30° μοίρες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν μείωση στην κατανάλωση, καθώς η εγκατάσταση Φ/Β δεν επιφέρει εξοικονόμηση αλλά τα κτίρια παρουσιάζουν ενεργειακή αναβάθμιση καθώς αντικαθίσταται ποσοστό συμβατικής ενέργειας με ανανεώσιμη και συνάμα μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, CO₂.

Πίνακας 86: Ενεργειακή αναβάθμιση σχολικών κτιρίων με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις οροφές τους, ποσοστά αντικατάστασης συμβατικής ενέργειας με ανανεώσιμη.

		Υφιστάμενη κατάσταση	Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή	Ποσοστό αντικατάστασης συμβατικής ενέργειας με ανανεώσιμη
Γυμνάσιο Νεάπολης	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Δ	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	442 (kWh/m ² /yr)	395 (kWh/m ² /yr)	10.6%
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Δ	Δ
	Συνολική κατανάλωση	494 (kWh/m ² /yr)	445 (kWh/m ² /yr)	9.9%
Γυμνάσιο Αγρού	Ενεργειακή κατηγοριοποίηση	Ε	Ε	Ε
	Συνολική κατανάλωση	389 (kWh/m ² /yr)	367 (kWh/m ² /yr)	5.7%



Διάγραμμα 110: Ενεργειακή αναβάθμιση σχολικών κτιρίων με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις οροφές τους

Η εγκατάσταση Φ/Β στις οροφές των σχολικών κτιρίων επιφέρει σημαντικές μειώσεις κυρίως σε παράλια και ενδοχώρα όπου το δυναμικό της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αυξημένο. Στα παράλια και την ενδοχώρα υπάρχει εξοικονόμηση-αντικατάσταση της συμβατική ενέργεια με ανανεώσιμη της τάξεως του 10% ενώ στα ορεινά σε ποσοστό 5.7%. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εγκατάσταση Φ/Β στα σχολικά κτίρια είναι αποτελεσματική και μπορεί να έχει μεσοπρόθεσμη απόσβεση η οποία κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση.

7.4 Ιεράρχηση βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής εξοικονόμησης στα τυπικά σχολικά κτίρια

Στα σενάρια προσομοίωσης τα οποία προηγήθηκαν μελετήθηκαν διάφορες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στα τυπικά σχολικά κτίρια των τριών κλιματικών περιοχών. Οι πιθανές τεχνικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων επιλέχθηκαν έπειτα από τη βιοκλιματική ανάλυση των τριών κλιματικών περιοχών. Ως εκ τούτου μελετήθηκαν κυρίως σενάρια θερμικής θωράκισης του κελύφους, σκίασης, αναβάθμισης συστημάτων κλιματισμού ή αφαίρεσης τους καθώς δεν είναι απαραίτητα κυρίως για ψύξη σε καμία κλιματική περιοχή (δεδομένου ότι εφαρμόζονται ορθά όλες οι άλλες βιοκλιματικές στρατηγικές) και εγκατάστασης ΑΠΕ λόγω του αυξημένου ηλιακού δυναμικού της Κύπρου. Εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζουν τις βέλτιστες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας ανά κλιματική περιοχή. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ιεράρχηση των βέλτιστων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης στον Πίνακα 87.

Πίνακας 87: Ιεράρχηση βέλτιστων σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στα τυπικά σχολικά κτίρια των τριών κλιματικών περιοχών

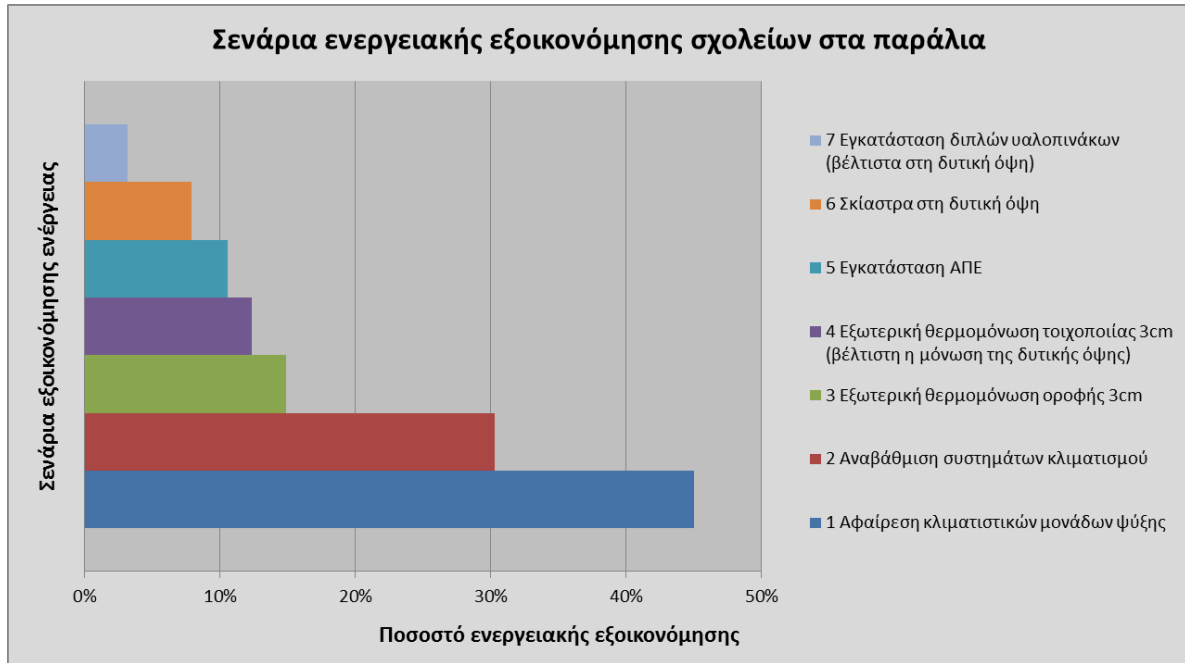
A/A	Παράλια	Εξοικο- νόμηση	Ενδοχώρα	Εξοικο- νόμηση	Ορεινά	Εξοικο- νόμηση
1	Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης	-45%	Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης	-32.2%	Αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού	34.2%
2	Αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού	-30.3%	Αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού	-32%	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας 3cm (βέλτιστη η μόνωση της	21.1%

					νότιας όψης)	
3	Εξωτερική θερμομόνωση οροφής 3cm	-14.9%	Εξωτερική θερμομόνωση οροφής 3cm	-13.4%	Εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων (βέλτιστα στη νότια όψη)	8.2%
4	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας 3cm (βέλτιστη η μόνωση της δυτικής όψης)	-12.4%	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας 3cm (βέλτιστη η μόνωση της δυτικής όψης)	-12.75%	Εξωτερική θερμομόνωση οροφής 3cm	6.7%
5	Εγκατάσταση ΑΠΕ	-10.6%	Εγκατάσταση ΑΠΕ	-9.9%	Εγκατάσταση ΑΠΕ	5.7%
6	Σκίαστρα στη δυτική όψη	-7.9%	Εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων	-3.2%	Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης	4.6%
7	Εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων (βέλτιστα στη δυτική όψη)	-3.2%	Σκίαστρα στη δυτική όψη	-2.2%	Δεν συνίσταται η χρήση σκιάστρων	-

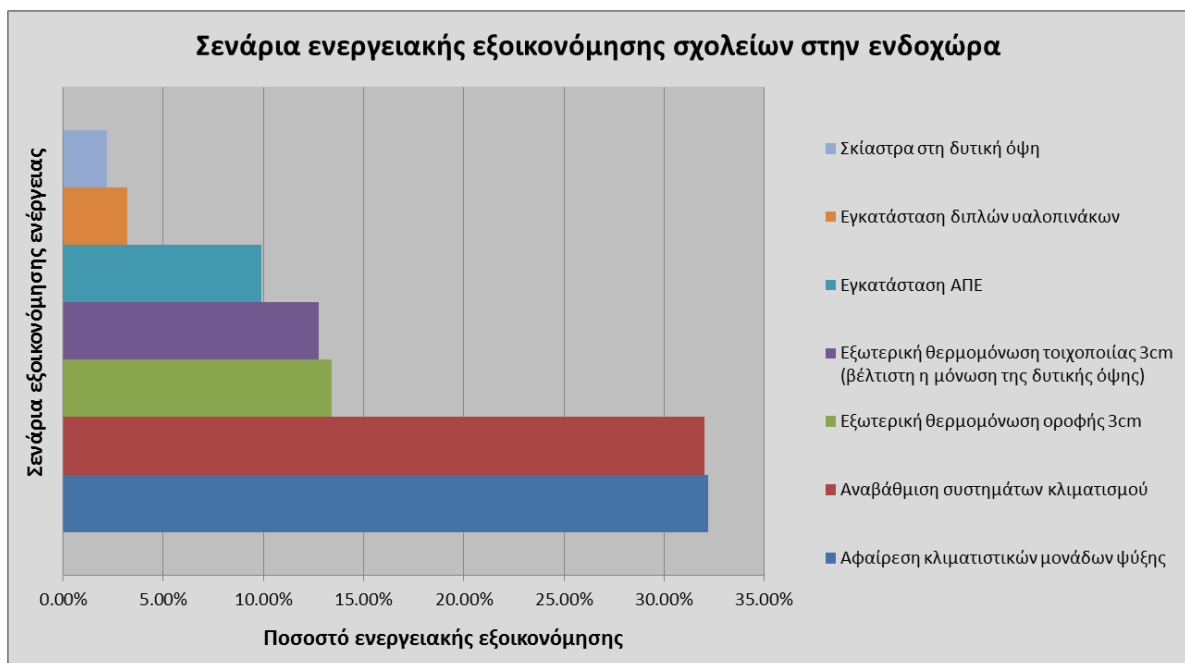
Στα παράλια και την ενδοχώρα οι τεχνικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων ταξινομούνται με παρόμοια αρίθμηση βάσει της εξοικονόμησης που προσφέρουν. Η αφαίρεση των κλιματιστικών μονάδων και η ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού είναι τα αποδοτικότερα σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης. Στη συνέχεια ακολουθεί η θερμική θωράκιση του κελύφους με βέλτιστη απόδοση στη θερμομόνωση της οροφής. Σημαντικό σενάριο είναι επίσης η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στα σχολικά κτίρια το οποίο αποφέρει αρκετά ικανοποιητικές εξοικονομήσεις. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η σκίαση των κτιρίων σε παράλια και ενδοχώρα παρουσιάζεται με μειωμένες ενεργειακές αποδόσεις αλλά αυτό συμβαίνει γιατί εφαρμόζεται μόνο σε μια όψη της κατασκευής. Επίσης η σκίαση θα πρέπει να συνδυάζεται με επιπλέον τεχνικές όπως θερμομόνωση του κελύφους ώστε να λειτουργεί αποδοτικότερα κυρίως το καλοκαίρι. Ως εκ τούτου, και βάσει της βιοκλιματικής ανάλυσης, η σκίαση θεωρείται απαραίτητο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων. Επίσης η σκίαση είναι αναγκαία για τη δημιουργία άνεσης εντός των κτιρίων. Τέλος σημαντικό αποτέλεσμα είναι το γεγονός ότι οι διπλοί υαλοπίνακες παρουσιάζουν μειωμένες ενεργειακές εξοικονομήσεις και στα παράλια αλλά και

στην ενδοχώρα. Έτσι η αεροστεγάνωση των υφιστάμενων ανοιγμάτων των σχολικών κτιρίων θεωρείται αποδοτικότερη λύση από την αλλαγή των μονών με διπλούς υαλοπίνακες.

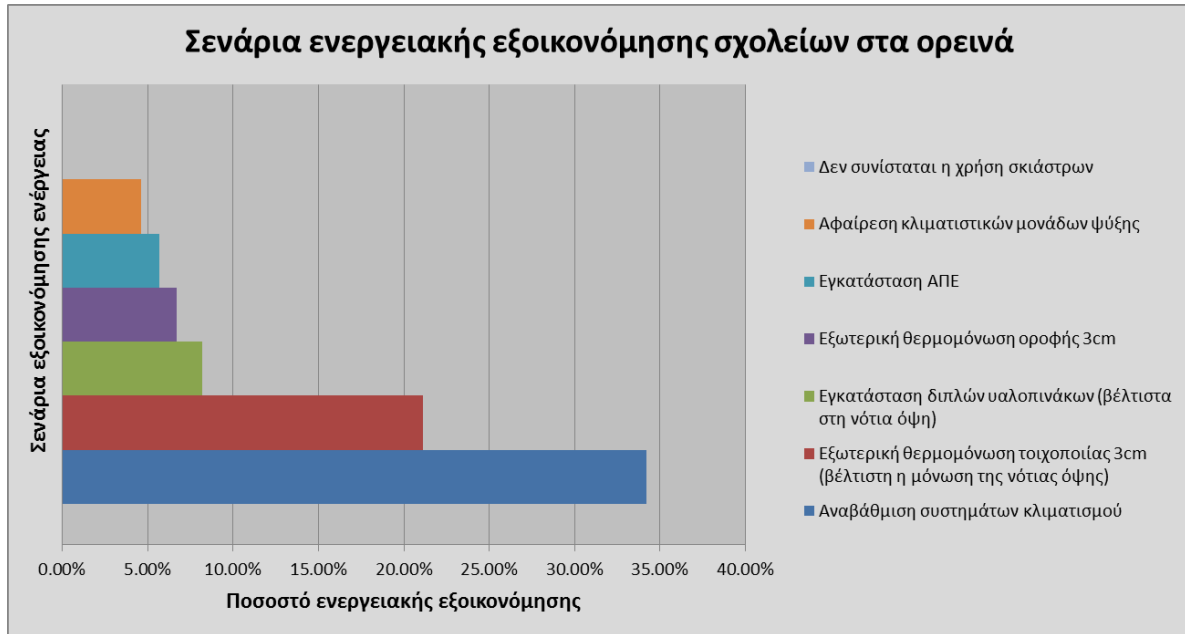
Στις ορεινές περιοχές η κατάσταση διαγράφεται εντελώς διαφορετική. Το αποδοτικότερο σενάριο ενεργειακής εξοικονόμησης είναι η αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού και κυρίως του συστήματος θέρμανσης με την αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας καλύτερης απόδοσης. Στη συνέχεια όμως προέχει η αναβάθμιση με θερμομόνωση και η θωράκιση του κελύφους των κτιρίων καθώς θα πρέπει να αποφευχθούν οι θερμικές απώλειες κυρίως κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες. Η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας είναι το δεύτερο πιο αποδοτικό σενάριο και στη συνέχεια ακολουθεί η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς. Έπειτα ακολουθεί η θερμομόνωση της οροφής. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι αποδοτική αλλά θα πρέπει να γίνει οικονομοτεχνική μελέτη ώστε να διαφανεί εάν η απόσβεση είναι εφικτή σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σενάριο γιατί δεν υπάρχουν αυξημένες ανάγκες ψύξης στα ορεινά. Λόγω των πολύ ήπιων καλοκαιρινών μηνών η εγκατάσταση κλιματιστικών μονάδων ψύξης θεωρείται πλεονάζουσα και θα πρέπει να αποφεύγεται εξαρχής. Τέλος η σκίαση των σχολικών κτιρίων στα ορεινά μπορεί να επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα και να αυξήσει τις ανάγκες θέρμανσης εάν δεν γίνει ορθός και μελετημένος σχεδιασμός και επιπλέον εάν η χρήση επαφίεται στους χρήστες τότε θα πρέπει να γίνεται με προσοχή. Γι' αυτό το λόγο μπορεί να αποφευχθεί κυρίως η κάθετη σκίαση και να υπάρχει μόνο οριζόντια σκίαση στις νότιες όψεις η οποία θα επιφέρει πολύ ουσιαστικές εξοικονομήσεις ενέργειας το καλοκαίρι. Στα ορεινά διαφαίνεται ότι πρέπει να γίνεται ολιστική αναβάθμιση καθώς οι μεμονωμένες παρεμβάσεις δεν οδηγούν σε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής εξοικονόμησης στα σχολικά κτίρια των τριών κλιματικών περιοχών.



Διάγραμμα 111: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στα παράλια



Διάγραμμα 112: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στην ενδοχώρα



Διάγραμμα 113: Σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης σχολείων στα ορεινά

7.5 Συμπεράσματα σεναρίων προσομοίωσης

Η μελέτη ενεργειακή απόδοσης των σχολικών κτιρίων στις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου, παράλια, ενδοχώρα και ορεινά παρουσιάζει αξιόλογα αποτελέσματα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το λογισμικό πρόγραμμα στις προσομοιώσεις λαμβάνει υπόψη τη λειτουργία, τα ωράρια και τη χρήση των κτιρίων και τα αποτελέσματα αντιπροσωπεύουν την εποχιακή και ημήμερη λειτουργία των σχολείων.

Σε αυτό το κεφάλαιο επαληθεύτηκε η ανάγκη μελέτης της κάθε κλιματικής περιοχής ξεχωριστά καθώς οι ανάγκες που προκύπτουν είναι διαφορετικές λόγω κλιματικών συνθηκών. Κυρίως στα ορεινά οι στρατηγικές και οι τεχνικές που θα πρέπει να ακολουθούνται για την ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων διαφοροποιούνται αρκετά σε σχέση με αυτές που είναι αποτελεσματικές στα παράλια και την ενδοχώρα.

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε παράλια και ενδοχώρα οι αποδοτικότερες τεχνικές αφορούν σε πρώτο λόγο την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού και έπειτα της θερμομόνωσης των κτιρίων. Συγκεκριμένα το βέλτιστο σενάριο φαίνεται να είναι η αντικατάσταση των αυτοτελών μονάδων για ψύξη με ανεμιστήρες οροφής. Η εξοικονόμηση είναι τεράστια και το κόστος ελάχιστο έως και ανύπαρκτο. Επίσης σημαντικό στοιχείο της μελέτης είναι το γεγονός ότι σε παράλια και ενδοχώρα όπου οι θερμοκρασίες

κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους δεν είναι πολύ χαμηλές και σε αντίθεση η κάθετη ηλιακή ακτινοβολία επιβαρύνει πολύ τα κτίρια τους θερινούς μήνες, η θερμομόνωση της οροφής παρουσιάζει αυξημένες εξοικονομήσεις. Είναι αποδοτικότερη από τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας και αρκετά οικονομικότερη γεγονός που την καθιστά μια από τις βέλτιστες λύσεις.

Στα ορεινά είναι εξίσου σημαντικά και τα δύο σκέλη ενεργειακής αναβάθμισης που μελετήθηκαν (συστημάτων κλιματισμού και θωράκισης κελύφους) με τη θωράκιση του κελύφους όμως να θεωρείται άκρως απαραίτητη. Η μόνωση της οροφής δεν αρκεί και η συνολική θωράκιση με θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους είναι απαραίτητη για την ικανοποιητική απόδοση των κτιρίων. Επίσης δύο σημαντικές διαφορές με τις άλλες κλιματικές περιοχές είναι πρώτον ότι οι διπλοί υαλοπίνακες φαίνεται να είναι αποδοτικοί κυρίως στα ορεινά, ενώ σε παράλια και ενδοχώρα δεν αποφέρουν σημαντικές μειώσεις καταναλώσεων. Κατά δεύτερον ενώ σε παράλια και ενδοχώρα η σκίαση είναι απαραίτητη για την ενεργειακή απόδοση και άνεση ενός κτιρίου, στα ορεινά με μη ορθή χρήση μπορεί να αποβεί και αρνητική. Ως εκ τούτου συνίσταται ενδεδεχής μελέτη σκίασης σε όλες τις κλιματικές περιοχές και επίσης εάν η λειτουργία τους θα ορίζεται από τους χρήστες θα πρέπει να έχουν εκπαιδευτεί και ενημερωθεί κατάλληλα ώστε να μην επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα.

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι ότι ο συνδυασμός μερικών από τις τεχνικές που μελετήθηκαν μπορεί να επιφέρει εξοικονομήσεις μέχρι και 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σε αρκετές περιπτώσεις τα σενάρια ανακαίνισης και οι αποδόσεις των σχολικών κτιρίων συμπίπτουν με αποδόσεις σχολικών κτιρίων άλλων μελετών που έγιναν σε χώρες με παρόμοια κλιματικά δεδομένα [32-35]. Σε μελλοντική έρευνα στόχος είναι να γίνουν οι κατάλληλες οικονομοτεχνικές μελέτες ώστε να διαφανούν οι βέλτιστοι συνδυασμοί τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων για τη μέγιστη ενεργειακή αναβάθμιση και εξοικονόμηση ενέργειας.⁴

⁴ Μέρος των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου είναι δημοσιευμένα ως: Kafayiotou, M., Serghides, D. “Analysis of structural elements and energy consumption of school building stock in Cyprus: Energy simulations and upgrade scenarios of a typical school.” *Energy and Buildings*, Volume 72, April 2014, Pages 8–16.

Βιβλιογραφία 7^ο κεφαλαίου

- [1] Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού Σεπτέμβριος 2010, 2η Έκδοση-last update, Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων. Available: <http://www.mcit.gov.cy/mcit/I> [2013].
- [2] Balaras, C., & Argiriou, A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and Buildings*, 34(2), 171-183.
- [3] González-Aguilera, D., Lagüela, S., Rodríguez-Gonzálvez, P., & Hernández-López, D. (2013). Image-based thermographic modelling for assessing energy efficiency of buildings façades. *Energy and Buildings*, (65), 29–36.
- [4] Santamouris, M., Argiriou, A., Dascalaki, E., Balaras, C., & Gaglia, A. (1994). Energy characteristics and savings potential in office buildings. *Solar Energy*, 52(1), 59-66.
- [5] CRES Centre of Renewable Energy Sources. Εξοικονόμηση Ενέργειας. Retrieved 7,11, 2013, from http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomoni_osi.htm
- [6] Theodosiou, T., & Papadopoulos, A. (2008). The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. *Energy and Buildings*, 40(11), 2083-2089.
- [7] Papadopoulos, A. M., Oxizidis, S., & Papathanasiou, L. (2008). Developing a new library of materials and structural elements for the simulative evaluation of buildings' energy performance. *Building and Environment*, 43(5), 710-719.
- [8] Axaopoulos, I., Axaopoulos, P., & Gelezenis, J. (2014). Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind. *Applied Energy*, 117, 167-175.
- [9] Serghides, D. K., & Georgakis, C. G. (2012). The building envelope of mediterranean houses: Optimization of mass and insulation. *Journal of Building Physics*, 36(1), 83-98.
- [10] Serghides, D., & Katafygiotou, M. (2013). The role of materials in the energy efficient retrofitting of traditional buildings. *Materials and Processes for Energy: Communicating Current Research and Technological Developments* (ISBN (13): 978-84-939843-7-3 Ed., Pp.728-735) Formatex Research Center, Spain.
- [11] Serghides, D. (1993). *Zero Energy for the Cyprus House.*, Open University, London.

- [12] Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15(1), 27-52.
- [13] European Solar Shading Organization. Retrieved 10,22, 2013, from <http://www.es-so.com/science/projects>
- [14] Dimoudi, A., & Kostarela, P. (2009). Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of greece. *Renewable Energy*, 34(1), 289-296.
- [15] Athienitis, A., & Tzempelikos, A. (2002). A methodology for simulation of daylight room illuminance distribution and light dimming for a room with a controlled shading device. *Solar Energy*, 72(4), 271-281.
- [16] Santamouris, M., Argiriou, A., Dascalaki, E., Balaras, C., & Gaglia, A. (1994). Energy characteristics and savings potential in office buildings. *Solar Energy*, 52(1), 59-66.
- [17] Filippin, C. (2000). Benchmarking the energy efficiency and greenhouse gases emissions of school buildings in central argentina. *Building and Environment*, 35(5), 407-414.
- [18] Τα συστήματα σκίασης εξοικονομούν ενέργεια. Retrieved 2013, from <http://blog.xe.gr/?p=4495>
- [19] Serghides, D. (2006). Bioclimatic designs for the student housing of new university of cyprus. *International Workshop on Energy Performance and Environmental Quality of Buildings*, Greece.
- [20] US Department of Energy Framework Public Meeting for Residential Central Air Conditioners and Heat Pumps (June 12, 2008) at 35– 36 (transcript).
- [21] ANSI/AHRI 210/240-2008: (2008) Standard for Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment.
- [22] BS EN 15378:2007, (2008), Heating systems in buildings. Inspection of boilers and heating systems.
- [23] Infotrend Innovations/BRE for the Ministry of Commerce, Industry and Tourism (Ed.). (2009). *Methodology for assessing the energy performance of buildings*, (1st ed.). Cyprus.
- [24] Atthajariyakul, S., & Lertsatittanakorn, C. (2008). Small fan assisted air conditioner for thermal comfort and energy saving in Thailand. *Energy Conversion and Management*, 49(10), 2499-2504.

- [25] Niu, J., Zhang, L., & Zuo, H. (2002). Energy savings potential of chilled-ceiling combined with desiccant cooling in hot and humid climates. *Energy and Buildings*, 34(5), 487-495.
- [26] European Commission (2001). Directive 2001/77/EC of the European parliament and of the council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market, Official Journal of the European Communities.
- [27] Santamouris, M., & Argiriou, A. (1994). Renewable energies and energy conservation technologies for buildings in southern Europe. *International Journal of Solar Energy*, 15, 69-79.
- [28] Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου. Το κλίμα της Κύπρου. Retrieved 2010, from www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument
- [29] Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου. (2013). Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Retrieved 11,11, 2012, from <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu4-8-2>
- [30] Τσούτσος Θεοχάρης, Ζαχαρίας Γκούσκος, Ilona Elsenchmild, Eduardo Roman, Ricardo Alonso. «Φωτοβολταϊκά Συστήματα Ενσωματωμένα σε Κτίρια, Προοπτικές και Πλεονεκτήματα». Pure, Promotion of Building Integrated Photovoltaics. <http://www.pure-ie.com/en/Clients/ShowSection.aspx?OriginId=19507>.
- [31] Fthenakis M. Vasilis, Alec O. (2004). Bulawka. «Photovoltaics, Environmental Impact Of». *Encyclopedia of Energy*. No. 5.
- [32] Santamouris, M., Mihalakakou, G., Patargias, P., Gaitani, N., Sfakianaki, K., Papaglastra, M., Geros, V. (2007). Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings. *Energy and Buildings*, 39(1), 45-51.
- [33] Erhorn, H., Mroz, T., Mørck, O., Schmidt, F., Schoff, L., & Thomsen, K. E. (2008). The energy concept Adviser—A tool to improve energy efficiency in educational buildings. *Energy and Buildings*, 40(4), 419-428.
- [34] Tzikopoulos, A., Karatza, M., & Paravantis, J. (2005). Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings. *Energy and Buildings*, 37(5), 529-544.
- [35] Constantinos Balaras. (1994). In M. Santamouris- D.N. Asimakopoulos (Ed.), *A guide for energy conservation in school buildings* (1994th ed.). Athens: European Commission.

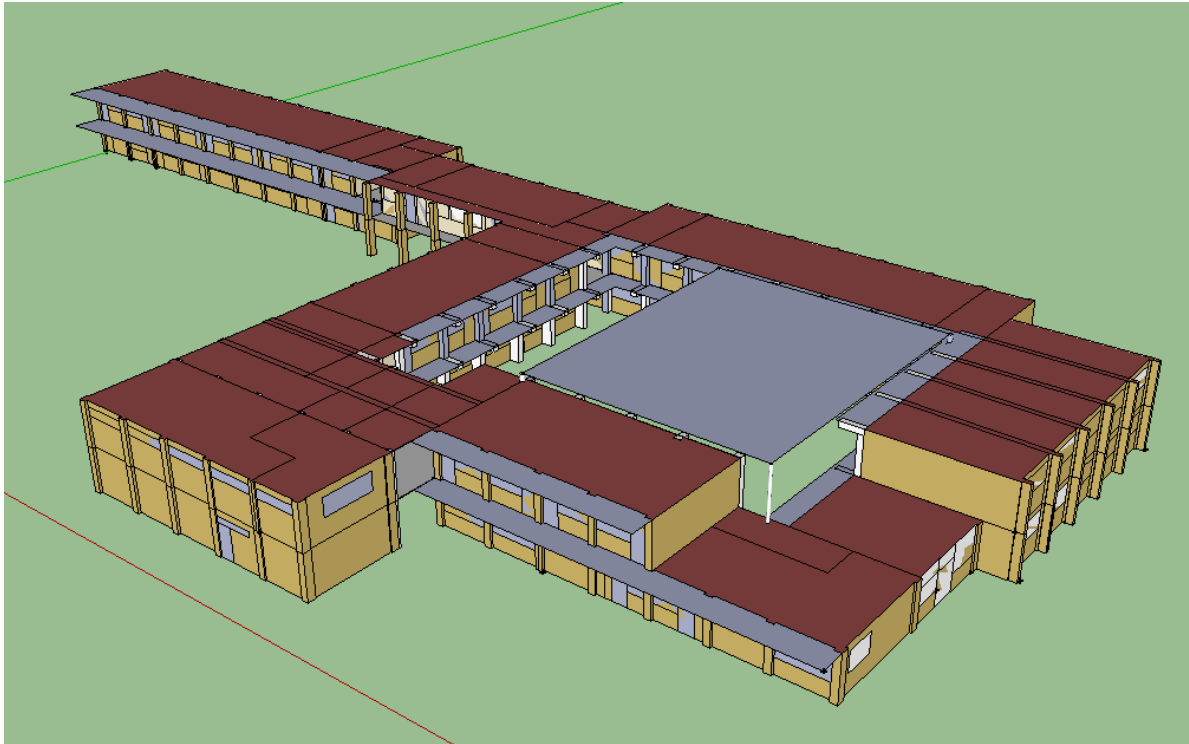
**Δ' ΜΕΡΟΣ: ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

8 Επαλήθευση αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης σχολικών κτιρίων

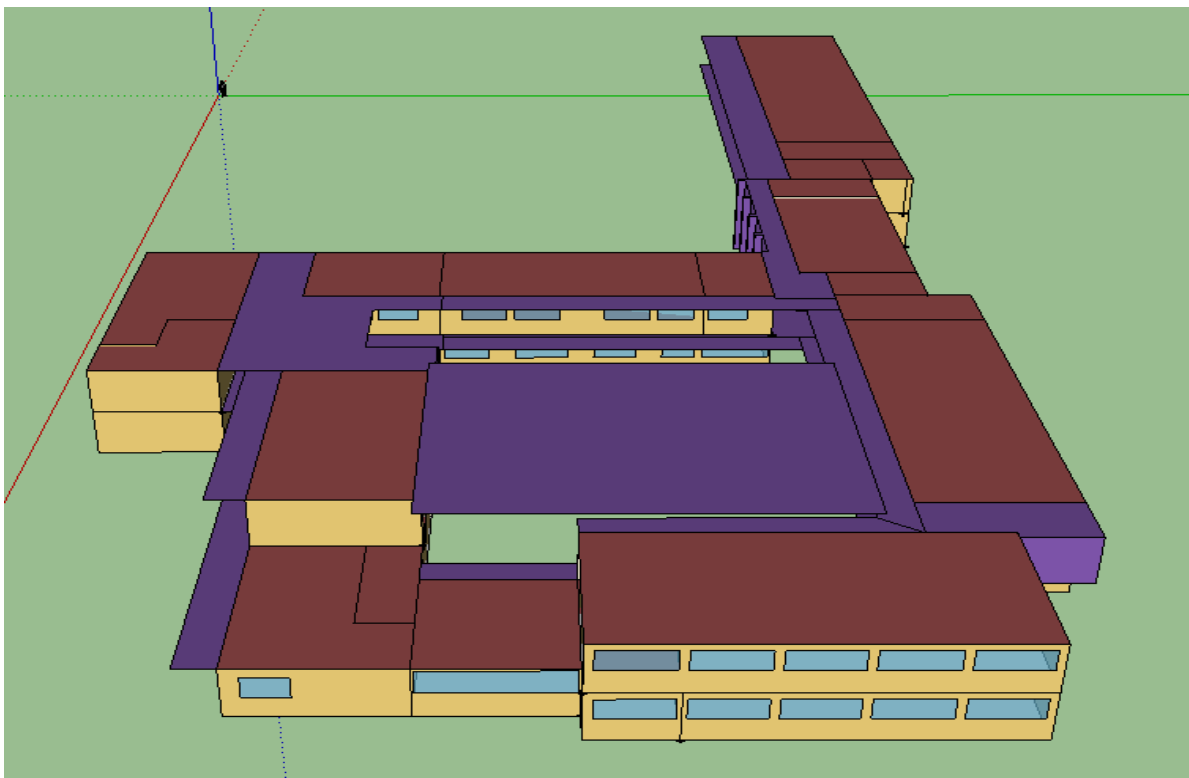
Η διδακτορική διατριβή εστιάζοντας στο πρόβλημα της ενεργειακής απόδοσης των σχολικών κτιρίων καταλήγει στην ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων ανά κλιματική περιοχή. Στοχεύοντας στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της μελέτης θα γίνει επαλήθευση των ενεργειακών αναγκών ενός σχολικού κτιρίου με ένα άλλο λογισμικό πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα του λογισμικού iSBEMcy συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του λογισμικού Energy Plus. Για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων έχει επιλεγθεί ένα από τα τυπικά σχολικά κτίρια, το Γυμνάσιο Νεάπολης. Το εν λόγω σχολείο επιλέχθηκε καθώς παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά τυπικού σχολείου όχι μόνο των παράλιων περιοχών αλλά εν γένει της Κύπρου και τα αποτελέσματα του μπορούν να δώσουν κατευθύνσεις για την πλειοψηφία των σχολείων στην Κύπρο.

Το λογισμικό Energy Plus με το οποίο θα γίνει η επαλήθευση είναι ένα πρόγραμμα δυναμικής προσομοίωσης ενεργειακών αναγκών για τη μοντελοποίηση θέρμανσης κτιρίων, ψύξης, φωτισμού, αερισμού, και άλλων ροών ενέργειας και έχει αναπτυχθεί από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ [1]. Βασίζεται στα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των BLAST και DOE-2, και περιλαμβάνει πολλές καινοτόμες δυνατότητες προσομοίωσης, όπως είναι οι προσομοιώσεις με χρόνο λιγότερο από μία ώρα. Το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης κτιρίων Energy Plus αποτελεί ένα εξαιρετικά ευέλικτο και προσαρμοστικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο παρέχεται χωρίς χρέωση.

Το υπό μελέτη κτίριο μελετάται και αποτυπώνεται αρχικά μέσω σχεδιαστικού λογισμικού CAD. Για να προσομοιωθεί ένα κτίριο στο Energy Plus, όπως προαναφέρθηκε πρέπει να εισαχθεί η γεωμετρία του κτιρίου από ένα λογισμικό με μια πιο κατάλληλη επιφάνεια εργασίας. Επιλέγεται το Open Studio, το οποίο στην πραγματικότητα είναι το γνωστό λογισμικό Google Sketch Up με ένα επιπλέον plug-in που εκδίδεται από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ [2]. Μέσω του Google Sketch Up δημιουργείται το σχολικό κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή.



Διάγραμμα 114: Τρισδιάστατη μορφή γυμνασίου Νεάπολης στο Google SketchUp

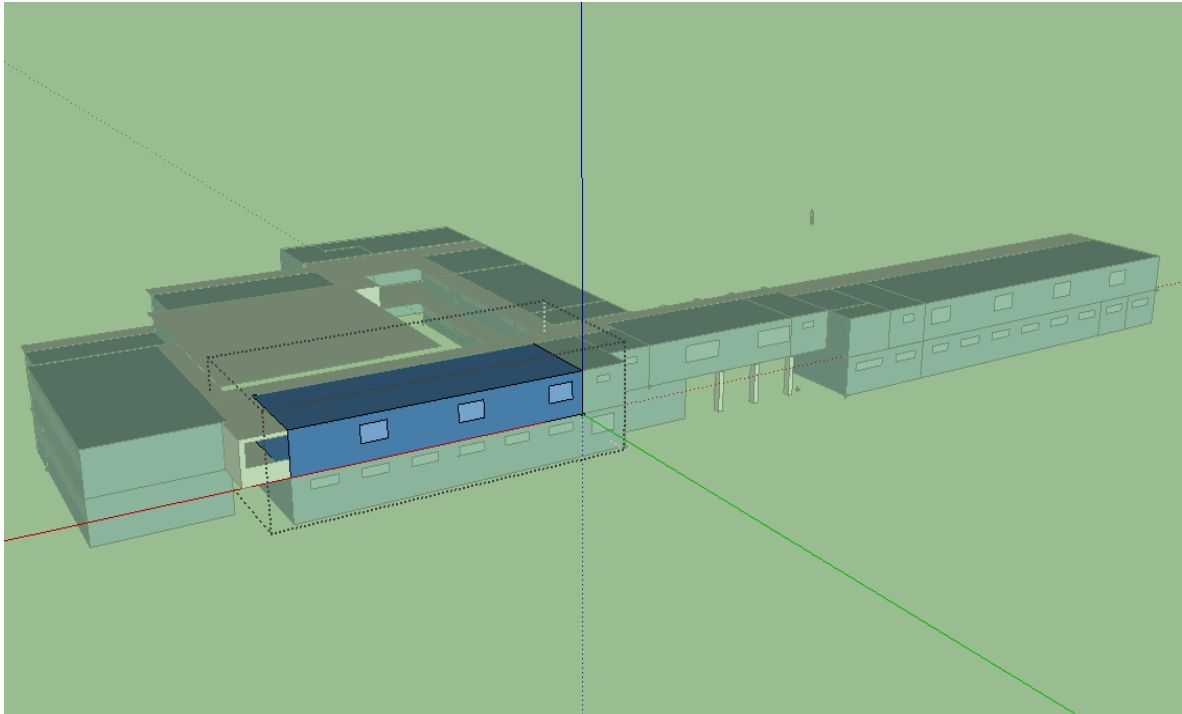


Διάγραμμα 115: Τρισδιάστατη μορφή γυμνασίου Νεάπολης, Google SketchUp and Open Studio Plug-in version.

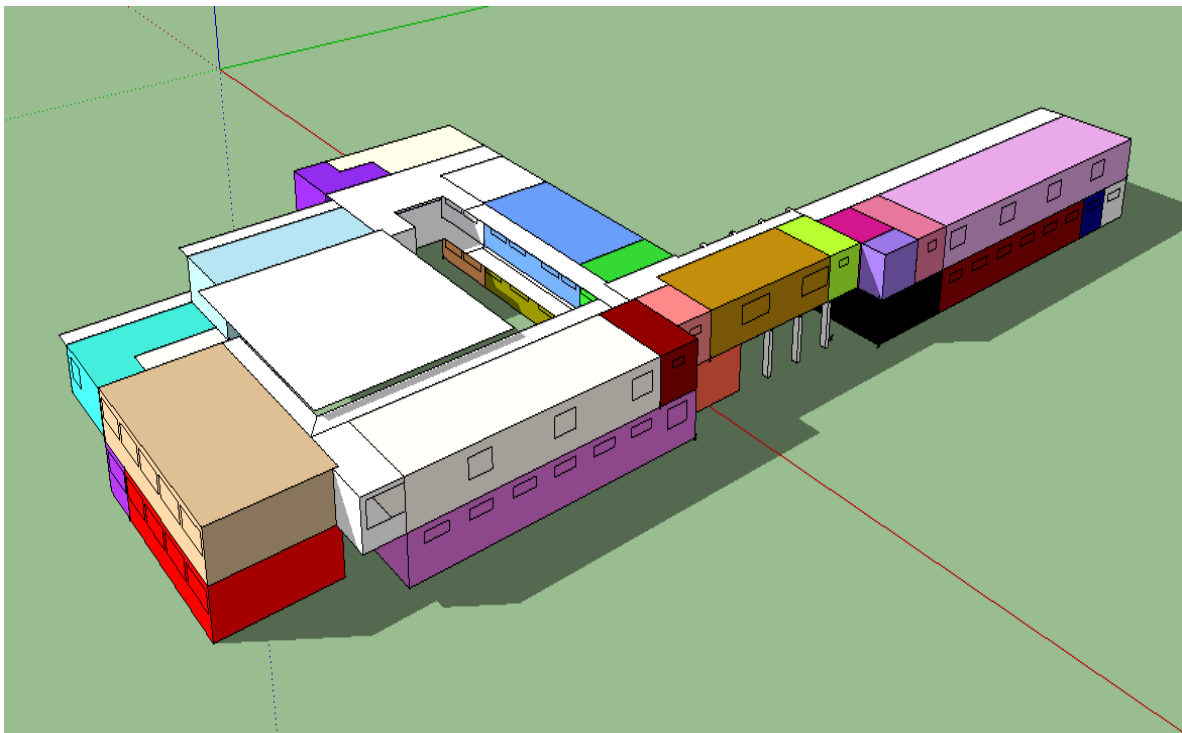
Στη συνέχεια και αφού έχει γίνει ο διαχωρισμός του σχολικού κτιρίου σε θερμικές ζώνες (όπως έγινε και στο κεφάλαιο 7), γίνεται η εισαγωγή των κατασκευαστικών δεδομένων του κτιρίου, η αναλυτική εισαγωγή των εσωτερικών κερδών, η εισαγωγή των μετεωρολογικών δεδομένων κλπ. Για την προσομοίωση και τον υπολογισμό της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας του κτιρίου απαραίτητα είναι πακέτα μετεωρολογικών δεδομένων τα οποία θα εισαχθούν στο λογισμικό ώστε να γίνει η κατάλληλη προσομοίωση. Στην ιστοσελίδα του Energy Plus μπορούμε να βρούμε καιρικά στοιχεία για την πόλη της Λάρνακας. Παρόλο που το τυπικό κτίριο που εξετάζεται βρίσκεται στη Λεμεσό τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Λάρνακας θεωρούνται ικανοποιητικά για επεξεργασία δεδομένων καθώς αναφέρονται σε συνθήκες παράλιων περιοχών με ελάχιστες αποκλίσεις από τις κλιματικές παραμέτρους της Λεμεσού.

Κατά την εισαγωγή των δεδομένων στο IDF Editor μέσω του Open Studio Plug-in δημιουργούνται τα προγράμματα λειτουργίας του κτιρίου. Δηλώθηκαν οι ώρες λειτουργίας του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός έτους και οι διαφοροποιήσεις των εργασιμων ημερών με τις ημέρες ανάπαυσης. Επίσης εισήχθησαν δεδομένα σχετικά με τον αριθμό ατόμων ανά χώρο ώστε να εντοπιστούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη καθώς και ο εξοπλισμός του κτιρίου για να εντοπιστούν οι καταναλώσεις και τα θερμικά κέρδη κατά τις ώρες λειτουργίας τους. Δημιουργήθηκαν επίσης προφίλ φωτισμού και αερισμού. Εισήχθησαν επίσης με λεπτομέρεια τα υλικά κατασκευής του σχολικού κτιρίου και δημιουργήθηκαν τα προφίλ των δομικών υλικών του κτιρίου.

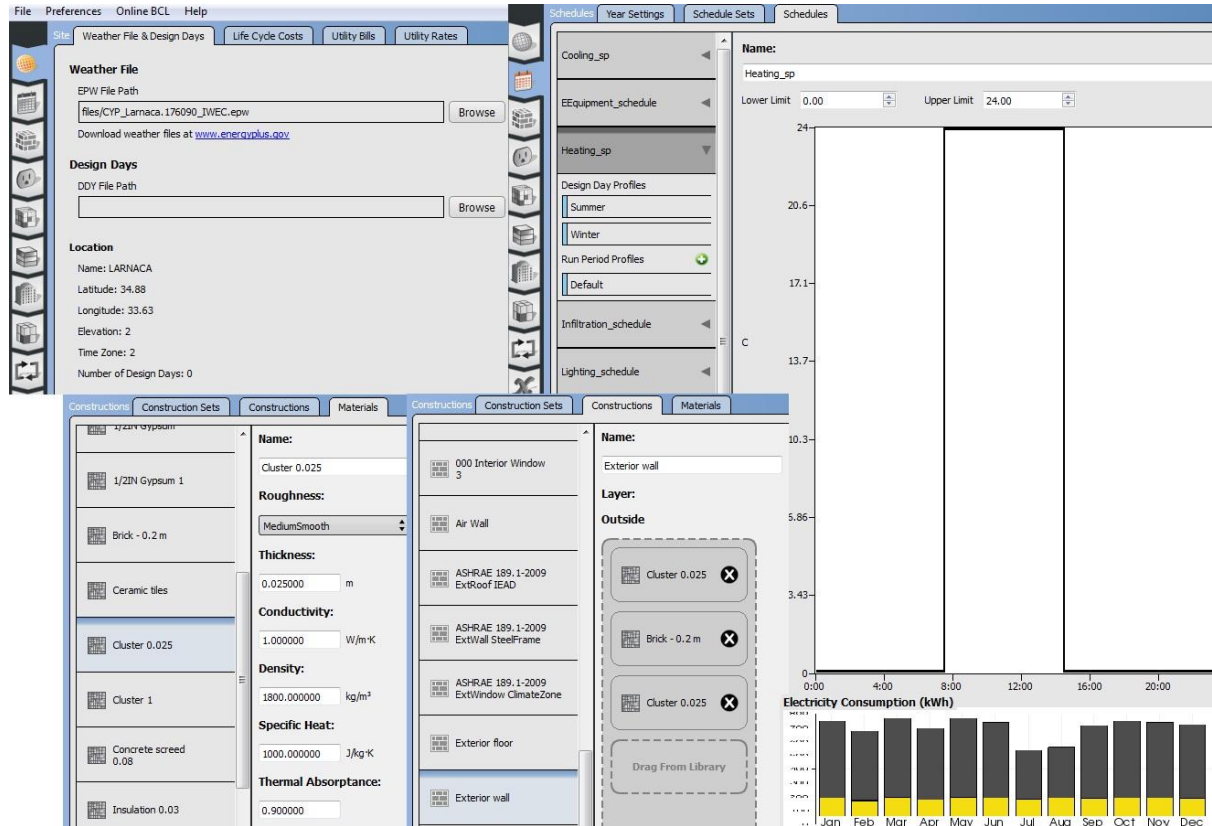
Σε αντίθεση με το λογισμικό iSBEMcy στο οποίο εισάγονται οι θερμικοί συντελεστές, στο Energy Plus εισάγονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των υλικών και εν συνεχεία των δομικών στοιχείων και το λογισμικό υπολογίζει αυτόματα τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας. Επίσης σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στον υπολογισμό του συντελεστή σκίασης μεταξύ των δύο μεθόδων. Ενώ στο iSBEMcy γίνεται ένας στατικός υπολογισμός του συντελεστή, στο Energy Plus ο υπολογισμός είναι δυναμικός και γίνεται ανά ώρα με τη βοήθεια του τρισδιάστατου μοντέλου και της πορείας του ήλιου.



Διάγραμμα 116: Παρουσίαση θερμικής ζώνης Γυμνασίου Νεάπολης στο SketchUp και στο Open Studio.



Διάγραμμα 117: Θερμικές ζώνες και σκιάσεις Γυμνασίου Νεάπολης στο SketchUp και στο Open Studio.

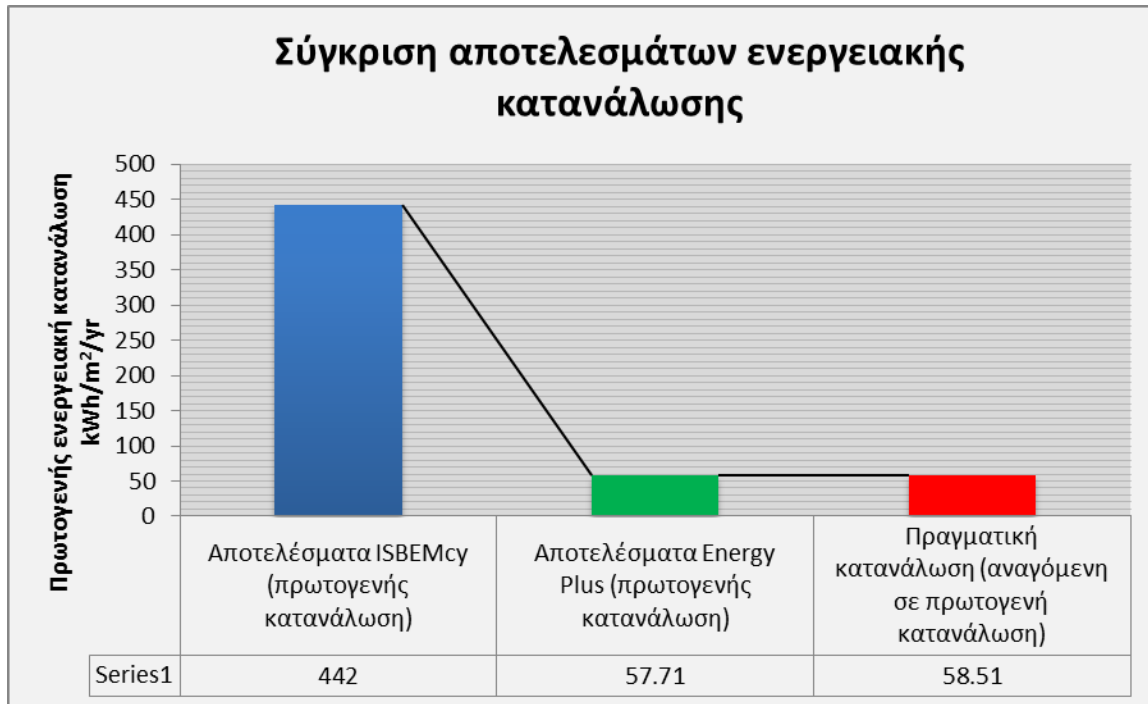


Διάγραμμα 118: Εισαγωγή δεδομένων το Open Studio Plug-in

Τα αποτελέσματα του δυναμικού λογισμικού Energy Plus έχουν μεγάλη απόκλιση από τα αποτελέσματα του στατικού λογισμικού iSBEMcy και συγκεκριμένα είναι κατά πολύ μειωμένα γεγονός που ήταν αναμενόμενο. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα του δυναμικού λογισμικού συγκλίνουν με τις πραγματικές καταναλώσεις (αναγόμενες σε πρωτογενή ενέργεια) όπως φαίνεται στο διάγραμμα 119. Η υπερεκτίμηση της κατανάλωσης βάσει του λογισμικού iSBEMcy έχει σχολιαστεί και σε προηγούμενο στάδιο της διατριβής. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του iSBEMcy φαίνεται να υπερεκτιμούν κυρίως την κατανάλωση ψύξης (και γενικά τη χρήση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων για κλιματισμό) στα κτίρια που μελετούνται ενώ τα αποτελέσματα Energy Plus υπερεκτιμούν μερικώς την κατανάλωση θέρμανσης. Τα αποτελέσματα του λογισμικού iSBEMcy παρουσιάζουν λανθασμένα αποτελέσματα στη μονοσήμαντη κατανάλωση ενέργειας κτιρίων και οι παραδοχές και αλγόριθμοι του επίσημου λογισμικού χρήζουν βελτίωσης.

Τα αποτελέσματα του Energy Plus παρουσιάζουν σύγκλιση με τις πραγματικές καταναλώσεις (αναγόμενες σε πρωτογενείς) γεγονός που δείχνει ότι όταν τα σενάρια προσομοίωσης μέσω Energy Plus πλησιάζουν τα πραγματικά και προσομοιώνουν με

ακρίβεια τη λειτουργία κλιματισμού όπως ισχύει στα κτίρια τότε δίνουν αρκετά έγκυρα αποτελέσματα. Οι μεγάλες διαφορές με τα αποτελέσματα iSBEMcy οφείλονται κυρίως στον παράγοντα χρήσης καθώς δεν εισάγονται συγκεκριμένα προφίλ λειτουργίας, καθώς και στο ότι το λογισμικό είναι στατικό και δίνει μηνιαία και όχι ωριαία αποτελέσματα.



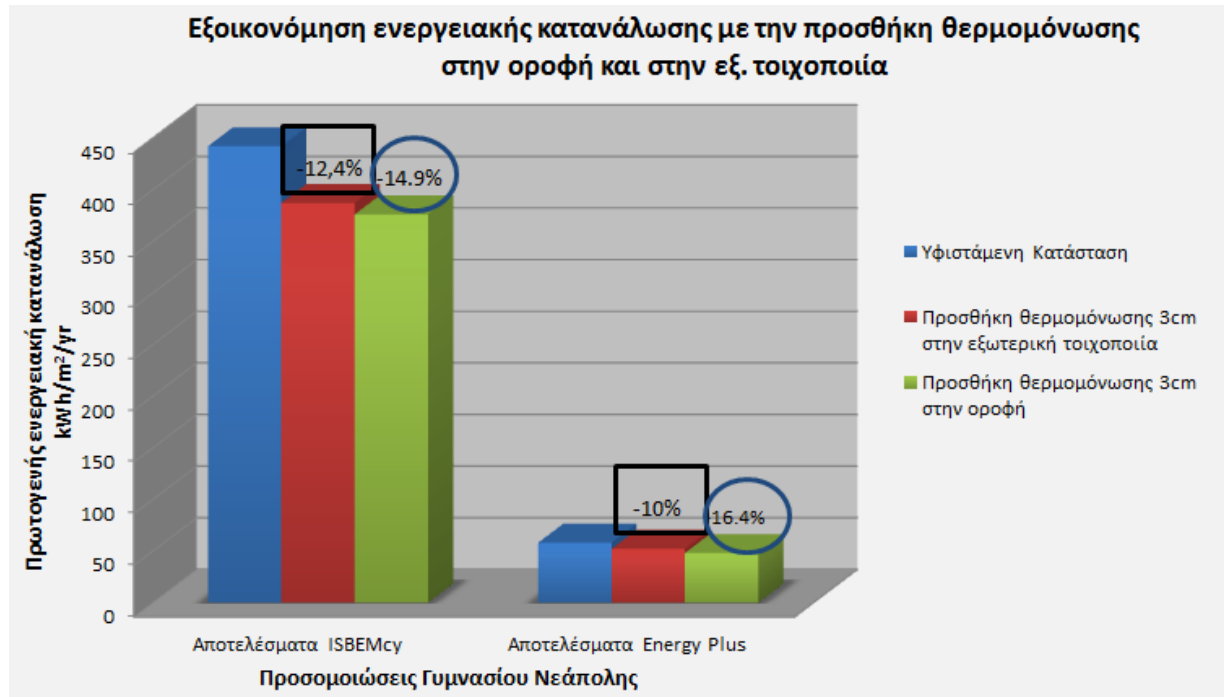
Διάγραμμα 119: Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ των λογισμικών iSBEMcy, Energy Plus και των πραγματικών καταναλώσεων.

Στόχος της επαλήθευσης όμως δεν ήταν να συγκριθούν οι πρωτογενείς καταναλώσεις που εξάγονται σαν αποτέλεσμα των δύο λογισμικών καθώς αναμένονταν οι μεγάλες διαφορές τους και οφείλονται σε πολλές παραμέτρους όπως δηλώνουν και σε παρόμοιες μελέτες [3].

Σκοπός ήταν η σύγκριση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων ώστε να διαφανεί η σύγκλιση ή όχι των αποτελεσμάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Στην επαλήθευση προσομοιώθηκαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Αρχικά το Γυμνάσιο Νεάπολης στην υφιστάμενη κατάσταση, στη συνέχεια με προσθήκη θερμομόνωσης 3εκ. στην οροφή και τέλος με την προσθήκη θερμομόνωσης 3εκ. στην εξωτερική τοιχοποιία. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά και στο Παράρτημα V.

Οι εξοικονομήσεις με τις επεμβάσεις αναβάθμισης με τη χρήση των δύο διαφορετικών λογισμικών παρουσιάζονται και στο διάγραμμα 120. Τα αποτελέσματα ενεργειακής

εξοικονόμησης συγκλίνουν και στα δύο σενάρια προσομοίωσης. Στην προσθήκη θερμομόνωσης (3εκ. εξηλασμένης πολυστερίνης) στην εξωτερική τοιχοποιία τα αποτελέσματα του iSBEMcy δίνουν ενεργειακή μείωση 12.4% ενώ με το Energy Plus 10% και στο σενάριο προσθήκης θερμομόνωσης στην οροφή η μείωση είναι της τάξεως του 14.9% και 16.4% αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις η διαφορά είναι περίπου 2%.



Διάγραμμα 120: Σύγκριση εξοικονόμησης ενέργειας σε κοινά σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης Γυμνασίου Νεάπολης.

8.1 Συμπεράσματα επαλήθευσης

Όπως επαληθεύτηκε και σε παρόμοιες μελέτες αν και τα στατικά λογισμικά δίνουν υπερεκτιμημένα αποτελέσματα καταναλώσεων εντούτοις τα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας στα διάφορα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων είναι ρεαλιστικά και αποδεκτά [3,4]. Δεδομένης της παρούσας σύγκρισης, τα αποτελέσματα της διατριβής μπορούν να θεωρηθούν έγκυρα όσον αφορά τις ενεργειακές προσομοιώσεις καθώς η ενεργειακή εξοικονόμηση μέσω των διαφορετικών τεχνικών αναβάθμισης συγκλίνει. Η ταξινόμηση των βέλτιστων τεχνικών θεωρείται έγκυρη και μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με τις εξοικονομήσεις που μπορούν να επιφέρουν τα διάφορα μέτρα και στρατηγικές.

Σε μελλοντικές έρευνες σκόπιμο θα ήταν να γίνει αναλυτικότερη σύγκριση των λογισμικών, καθώς αυτός δεν ήταν ο στόχος της παρούσας μελέτης, και να εξαχθούν συγκεκριμένα συμπεράσματα για τις παραμέτρους που διαφοροποιούν τα αποτελέσματα στην κάθε περίπτωση. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι δεδομένων των νέων και αυστηρότερων Οδηγιών Ενεργειακής Απόδοσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η προσομοίωση κτιρίων με στατικά λογισμικά μπορεί να είναι αποδεκτή κυρίως για ευρεία χρήση και έκδοση πιστοποιητικών αλλά η μελέτη κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (NZEB) θα πρέπει να γίνεται με δυναμικά λογισμικά ωριαίων προσομοιώσεων τα οποία μπορούν να αναπαραστήσουν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες.

Βιβλιογραφία 8^ο κεφαλαίου

- [1] U.S DEPARTMENT OF ENERGY, Energy Plus Software. Available: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> [4/23, 2012].
- [2] GOOGLE, Google Sketch Up. Available: <http://google-sketchup.en.softonic.com/> [4/23, 2012].
- [3] Seritoglou. (2012). ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΙΠΛΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- [4] Προεστάκης Εμμανουήλ (2008). Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου και αξιολόγηση σεναρίων μείωσης των ενεργειακών του απαιτήσεων με το λογισμικό EnergyPlus, Χανιά.

9 Επαλήθευση αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης σχολικών κτιρίων

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης σχετικά με την εσωτερική άνεση των σχολικών κτιρίων παρουσιάζουν αρνητικά αποτελέσματα κυρίως όσον αφορά τη θερμική άνεση. Οι μαθητές δήλωσαν ότι δεν αισθάνονται άνετα κυρίως κατά την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται επαλήθευση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης με δεδομένα και στοιχεία από επιτόπου μετρήσεις και έρευνα μέσω ερωτηματολογίων. Τα στοιχεία και η έρευνα γίνονται στο Γυμνάσιο Νεάπολης, το οποίο επιλέχθηκε σαν τυπικό και αντιπροσωπευτικό σχολείο για επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

9.1 Όρια και δείκτες θερμικής άνεσης

Η θερμοκρασία του αέρα είναι η βάση για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Κατά ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5°C και 25°C (με σχετική υγρασία 50%). Η θερμοκρασία του αέρα είναι αναμφισβήτητα καθοριστική παράμετρος όταν αναφερόμαστε στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Επηρεάζει την άνεση με πολλούς τρόπους και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί το κλειδί για το ενεργειακό ισοζύγιο μας, την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος, την άνεση, τη δυσφορία και την αίσθηση της ποιότητας εσωτερικού αέρα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες: το εξωτερικό περιβάλλον, το σχεδιασμό του κτιρίου και το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού [1]. Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων [2]. Όσον αφορά τα σχολεία ο ελληνικός κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων έκδωσε αντίστοιχες τιμές με τον ASHRAE για τη χειμερινή περίοδο οι οποίες παρατίθενται στον Πίνακα 87.

Η υγρασία, μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, αποτελούν τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζονται με σχετικούς και απόλυτους όρους όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά επιτρεπτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη συνθηκών άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων. Γενικά, η σχετική υγρασία σε ένα εσωτερικό χώρο πρέπει να κυμαίνεται

ανάμεσα στο 30 -70%. Στον πίνακα 88 παρουσιάζονται οι συνθήκες άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι αναφορικά με την υγρασία και τη θερμοκρασία σε διαφορετικά σχολεία σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ [3] .

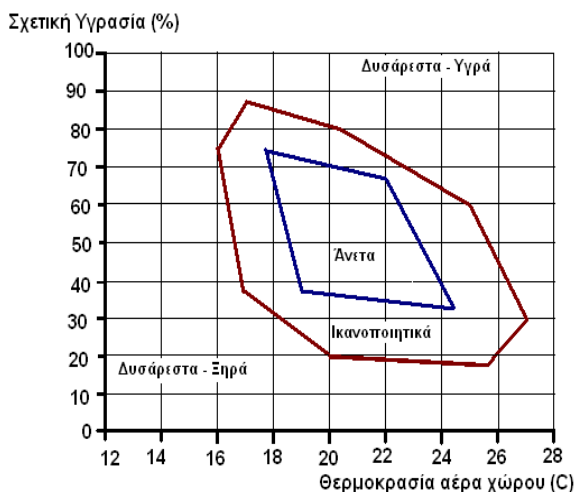
Πίνακας 88: Επιθυμητή θερμοκρασία χώρων για το χειμώνα στα σχολεία

Εκπαιδευτικά κτίρια- Χώρος	°C
Αίθουσες διδασκαλίας	20
Χώροι εργαστηρίων	15 έως 18
Αμφιθέατρα	18
Κλειστά γυμναστήρια	15
Αίθουσες λουτρών, αποδυτήρια	22
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλλειμάτων, WC	5 έως 10
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια και WC νηπιαγωγείων	15
Ιατρεία	24
Χώροι φύλαξης οργάνων και βεστιάρια	15

Πίνακας 89: Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα-καλοκαίρι

Χώρος	Χειμώνας			Καλοκαίρι			
	Κλιματισμός		Θέρμανση χωρίς ύγρανση	Κλιματισμός		Κλιματισμός υψηλών απαιτήσεων	
	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία °C	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)
Κατοικίες, γραφεία, <u>σχολεία</u> , ξενοδοχεία, νοσοκομεία	20-22	30-35	21-23	25-26	45-50	25-26	45-50

Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι πολύ ευρύ με τη θερμοκρασία του αέρα να παίζει ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Λόγω αυτού του γεγονότος τα διαγράμματα της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία οριοθετούν το πεδίο θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Τα διαγράμματα αυτά τα συνέταξε ο Γίνονι για κτίρια με παθητικό ενεργειακό σχεδιασμό και δείχνουν παραστατικά την επίδραση της θερμικής αδράνειας και του αερισμού στη θερμική άνεση. Δείχνουν, ότι η περιοχή θερμικής άνεσης μπορεί να επεκταθεί σε σημαντικό βαθμό με την εξασφάλιση υψηλών τιμών θερμικής αδράνειας στο κτίριο ακόμη και όταν οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές. Εφόσον μάλιστα τα κτίρια διαθέτουν μεγάλη θερμική αδράνεια, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν οι επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών στο εσωτερικό περιβάλλον σε βαθμό που να γίνουν αυτές αμελητέες [4].



Διάγραμμα 121: Τυπικά διαγράμματα θερμικής άνεσης που δείχνουν την περιοχή θερμικής άνεσης για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

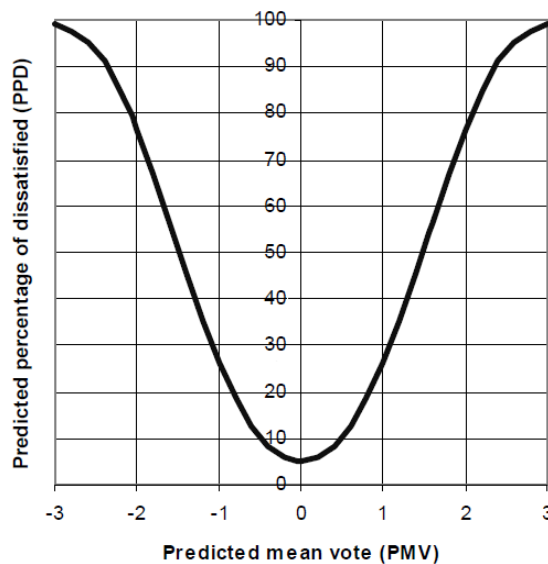
Με βάση την θεωρία της θερμικής άνεσης πολλοί οργανισμοί έχουν εκδώσει οδηγίες και κανονισμούς για τα επιτρεπτά επίπεδα των τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Η Διοίκηση Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (OSHA- Occupational Safety and Health Administration) συνιστά ο αέρας στους εσωτερικούς χώρους να διατηρείται μεταξύ 20 έως 24,5 °C με σχετική υγρασία 20-60% και σημείο δρόσου στους -4,5 °C έως 15,5 °C [5].

Για το χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου ο Fanger ανέπτυξε το δείκτη προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV [6]. Το 1970 παρουσιάζεται η μέθοδος όπου συναντάμε τον ορισμό δύο δεικτών της προβλεπόμενης μέσης ψήφου (P.M.V) και του προβλεπόμενου

ποσοστού δυσαρεστημένων (P.P.D). Ο δείκτης PMV είναι μία σύνθετη μαθηματική σχέση μεταξύ των επιπέδων δραστηριότητας, ρουχισμού και τεσσάρων των περιβαλλοντικών παραμέτρων, την ταχύτητα του αέρα, την θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση [7]. Ο προσδιορισμός του PMV επιτεύχθηκε με την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων που προέκυψαν από μια σειρά πειραμάτων. Η μέθοδος αυτή του υπολογισμού της θερμικής άνεσης παρουσιάζεται στο Διεθνές Πρότυπο ISO -7730, για χώρους με μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος [8]. Ο δείκτης PPD συνδέεται με το δείκτη PMV μέσω της εξίσωσης 18 αλλά και μέσω της καμπύλης που φαίνεται στο διάγραμμα 122.

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0,335 PMV^4 - 0,217 PMV^2)$$

Εξίσωση 18



Διάγραμμα 122: Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD) σε συνάρτηση με το PMV.

Παρατηρείται ότι η καμπύλη είναι συμμετρική και για $PMV=0$, παρουσιάζεται το ελάχιστο ποσοστό δυσαρέσκειας που είναι το $PPD=5\%$. Διαπιστώνεται δηλαδή ότι είναι αδύνατον να ικανοποιηθούν όλοι οι άνθρωποι που βρίσκονται σε ένα χώρο. Ο δείκτης PMV αναλύεται σε μια επταβάθμια κλίμακα η οποία κυμαίνεται από το -3 έως το 3. Πιο συγκεκριμένα η κλίμακα αυτή περιλαμβάνει τους εξής επτά βαθμούς θερμικής αίσθησης:

- +3 Πολύ θερμό
- +2 Θερμό
- +1 Λίγο θερμό
- 0 Ουδέτερη κατάσταση
- -1 Ελαφρά ψυχρό
- -2 Ψυχρό
- -3 Πολύ ψυχρό

Έτσι όταν ο δείκτης $PMV=0$, θεωρείται ότι παρέχονται οι βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης. Τιμές του PMV μεταξύ $-0,5$ και $0,5$ ή μέχρι -1 και $+1$ θεωρούνται γενικά αποδεκτές. Επίσης ο δείκτης PMV μπορεί να υπολογισθεί και από την πιο κάτω εξίσωση 19.

$$PMV=(0,303* e^{-0,036M} + 0,028)*[(M-W) -H-E_c-C_{res} -E_{res}]$$

Εξίσωση 19

Όπου

M : ο ρυθμός μεταβολισμού σε W/m^2

W : το ωφέλιμο έργο σε W/m^2

H : οι απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία σε W/m^2

E_c : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας σε W/m^2

C_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται με συναγωγή κατά την αναπνοή σε W/m^2

E_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή σε W/m^2

Σε πολλές χώρες όπου έχει γίνει αποδεκτή η θεωρία του Fanger, θεωρείται ότι η κατάσταση που θα επικρατεί σε έναν χώρο θα είναι ικανοποιητική, όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων (PPD) δεν θα ξεπερνά το 10%. Λόγω δύσκολης εφαρμογής της εξίσωσης 24 το πρότυπο ASHRAE 55 προτείνει την εύρεση των δεικτών με τη βοήθεια ερωτηματολογίων και την επιβεβαίωση τους μέσω της καμπύλης του διαγράμματος 115 [9].

9.2 Δείκτες θερμικής άνεσης για το τυπικό σχολείο

Η εύρεση των δεικτών θερμικής άνεσης έγινε με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων κυρίως από μαθητές και μέρος του προσωπικού. Η ανάλυση των ερωτηματολογίων για τη θερμική άνεση έγινε σύμφωνα με την επταβάθμια κλίματα του ASHRAE. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε σε φύλλα εργασίας Excel και το σφάλμα υπολογίστηκε $< \pm 5\%$. Το τυπικό εύρος σφάλματος ορίζεται βάσει του μεγέθους του δείγματος και του ποσοστού των απαντήσεων [10].

Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 13 ερωτήσεις απλού τύπου, έτσι ώστε να είναι εύκολο στη κατανόηση. Μέσα από τις ερωτήσεις ελέγχθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση των χρηστών στο κτίριο, δηλαδή ο μεταβολισμός, η ένδυση, η δραστηριότητα που

κάνουν, αλλά και το πόσο θερμικά άνετα αισθάνονται στο κτίριο κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχών.

Οι ερωτήσεις ένα μέχρι έξι ήταν γενικού περιεχομένου και αφορούσαν την ηλικία, το φύλο, τη θερμοκρασία και στοιχεία για το πότε απάντησαν το ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια μέχρι και την ερώτηση 11 συλλέχθηκαν πληροφορίες που αφορούσαν τη θέση όπου συνήθως απασχολούνται οι χρήστες στο κτίριο, την απόστασή τους από ανοίγματα, τα μέσα θέρμανσης και ψύξης, την ένδυση, το μεταβολισμό και τη δραστηριότητα των χρηστών. Οι δείκτες θερμικής άνεσης PPD-PMV εξεταστήκαν στις ερωτήσεις 12 και 13, όπου οι χρήστες απάντησαν πόσο θερμικά άνετα νιώθουν στο γραφείο βάσει των συνθηκών που επικρατούν για όλες τις εποχές του χρόνου και κατά πόσο είναι ικανοποιημένοι ή δυσαρεστημένοι από τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο [Παράρτημα VI]

Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των βασικών παραμέτρων και δεικτών PPD-PMV για τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου, που συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις που έδωσαν οι χρήστες στα ερωτηματολόγια. Οι ημερομηνίες που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια κυμαινόταν από τις 20/05/2013 μέχρι 24/05/2013, χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη ώρα, που απάντησε ο κάθε χρήστης του κτιρίου. Η μέση εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 25°C και 55%, αντίστοιχα, με καθαρό ουρανό. Απαντήθηκαν 100 ερωτηματολόγια από τα οποία 60% άνηκαν σε γυναίκες-κορίτσια 40% σε άνδρες-αγόρια.

Μερικά στοιχεία σημαντικά για την ανάλυση των ερωτηματολογίων περιγράφονται στη συνέχεια. Όσον αφορά τη θέση των χρηστών κατά τις δραστηριότητές τους μέσα στο κτίριο ποσοστό 66% δήλωσε ότι κάθονται κοντά σε εξωτερικό τοίχο, εξωτερική πόρτα ή παράθυρα και 34% κοντά σε εσωτερικά δομικά στοιχεία και επηρεάζονται άμεσα από τις εξωτερικές συνθήκες. Το είδος της δραστηριότητας, ή κάθονταν στο γραφείο/ θρανία, και λίγα άτομα περπατούσαν ή στέκονταν. Στο μεταβολικό ρυθμό ενός ατόμου, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται μια μέση τιμή για τις δραστηριότητες του την τελευταία ώρα. Σε κάθε περίπτωση η δραστηριότητα των τελευταίων 15 λεπτών έχει μεγαλύτερη βαρύτητα. Ο μέσος όρος του μεταβολικού ρυθμού είναι $\Sigma_{met} = 1.5$ σε αυτή τη μελέτη βάσει της δραστηριότητας των χρηστών. Επίσης, οι χρήστες χαρακτηρίζουν την δραστηριότητα που κάνουν κουραστική σε ποσοστό 41%, μέτρια 38%, ελαφριά το 15% και σκληρή το 6%. Επομένως παρατηρείται ότι ένα μεγάλο ποσοστό των χρηστών θεωρούν ότι η δουλειά τους είναι κουραστική.

Η θερμική αντίστασή σε clo το χειμώνα είναι 1.09, το φθινόπωρο 0.48 clo και την άνοιξη και το καλοκαίρι 0.40clo. Σημαντικό είναι να αναφερθεί το γεγονός ότι υπάρχει ενδεικτική

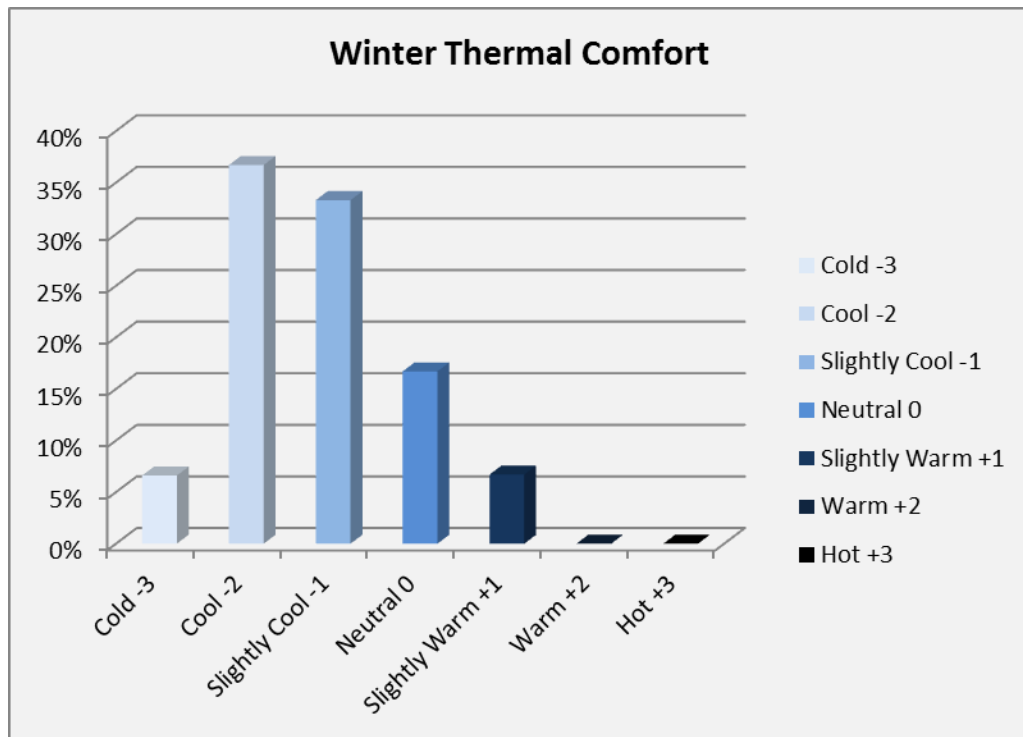
στολή μαθητών η οποία περιορίζει τις διακυμάνσεις στο ρουχισμό. Διαφορετικές περιπτώσεις παρουσιάζονται στο προσωπικό τους σχολείου.

Οι δείκτες θερμικής άνεσης αναλύονται στη συνέχεια. Πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ βάσει ASHRAE η ζώνη θερμικής άνεσης ορίζεται κυρίως μεταξύ -0.5 και +0.5, δηλαδή το ποσοστό δυσαρεστημένων ή αλλιώς PPD είναι μικρότερο του 10%, σύμφωνα με το TEE, δεκτές είναι οι τιμές από -1 μέχρι +1 για θερμική άνεση ώστε να μπορεί ευκολότερα να υπολογιστεί το ποσοστό των δυσαρεστημένων. Για το λόγο ότι η Κύπρος έχει κοινά χαρακτηριστικά με την Ελλάδα (κλίμα, τοπικές θερμικές συνθήκες.κ.λπ) υιοθετούνται τα όρια του TEE στην ανάλυση που ακολουθεί. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ακόμη και στην κατάσταση απόλυτης θερμικής άνεσης, δηλαδή για $PMV=0$, υπάρχει ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 5%, που δηλώνει δυσαρέσκεια, ενώ στις ακραίες συνθήκες $PMV=+3$ ή $PMV=-3$ υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό που δηλώνει ικανοποιημένο με τις συνθήκες άνεσης (PPD περίπου 99%).

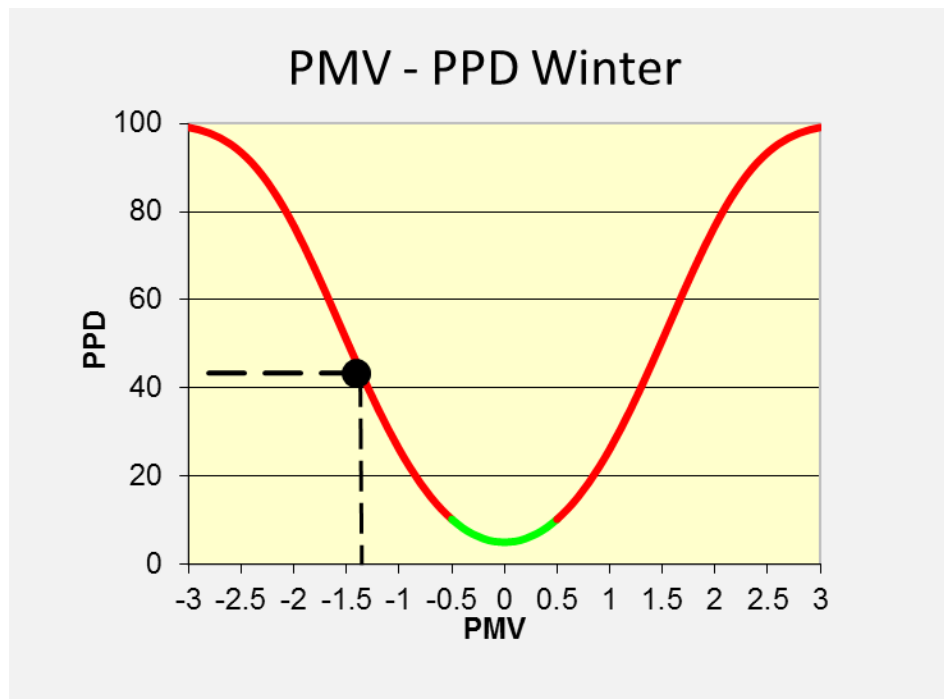
Χειμώνας

Στο ερώτημα πώς αισθάνονται οι χρήστες σχετικά με τη θερμική άνεση στο χώρο τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα παρατηρήθηκε ότι συνολικά ποσοστό 70% αισθάνονταν δροσερά ή και λίγο δροσερά. Ακόμη ποσοστό 6.67% αισθάνονταν κρύο τον χώρο που βρίσκονταν και ένα ποσοστό 16.67% απάντησαν ότι αισθάνονταν ουδέτερα σχετικά με την θερμοκρασία στον χώρο που βρίσκονταν (Διάγρ. 123). Μικρό ποσοστό της τάξεως του 6.7% νιώθει ζεστή στο χώρο. Συνεπώς, σύμφωνα με το διάγραμμα 124, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD= 43.35\%$ και το $PMV= -1.4$. Το ποσοστό των δυσαρεστημένων βρίσκεται από το άθροισμα όσων νιώθουν κρύο και δροσερά γιατί αυτά τα άτομα δηλώνουν δυσαρέστηση καθώς βρίσκονται έξω από τα αποδεκτά όρια -1 έως +1. Καθώς η πλειοψηφία των χρηστών δηλώνει απαντήσεις στην αρνητική κλίμακα του γραφήματος, το αποτέλεσμα του PMV βρίσκεται στην αρνητική πλευρά. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 43.35\%$ δεν κυμαίνεται εντός των αποδεκτών ορίων για τη θερμική άνεση στο χώρο, δεδομένου ότι το PMV είναι -1.4. Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το χειμώνα αισθάνονται λίγο δροσερά ή δροσερά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι λόγω μη θερμικής θωράκισης του κτιρίου οι συνθήκες το χειμώνα δεν είναι ικανοποιητικές και οι χρήστες αισθάνονται κρύο. Στην περίπτωση που αυξάνουν τη θερμοκρασία στους θερμοστάτες πετρελαίου τότε η δυσφορία εμφανίζεται και πάλι καθώς ζεσταίνονται. Στην ερώτηση που αφορούσε την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση στο χώρο οι ερωτηθέντες απάντησαν σε

ποσοστό 46.67% ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τη θερμική άνεση του χώρου δηλώνοντας ότι αισθάνονται λίγο άνετα ή καθόλου.



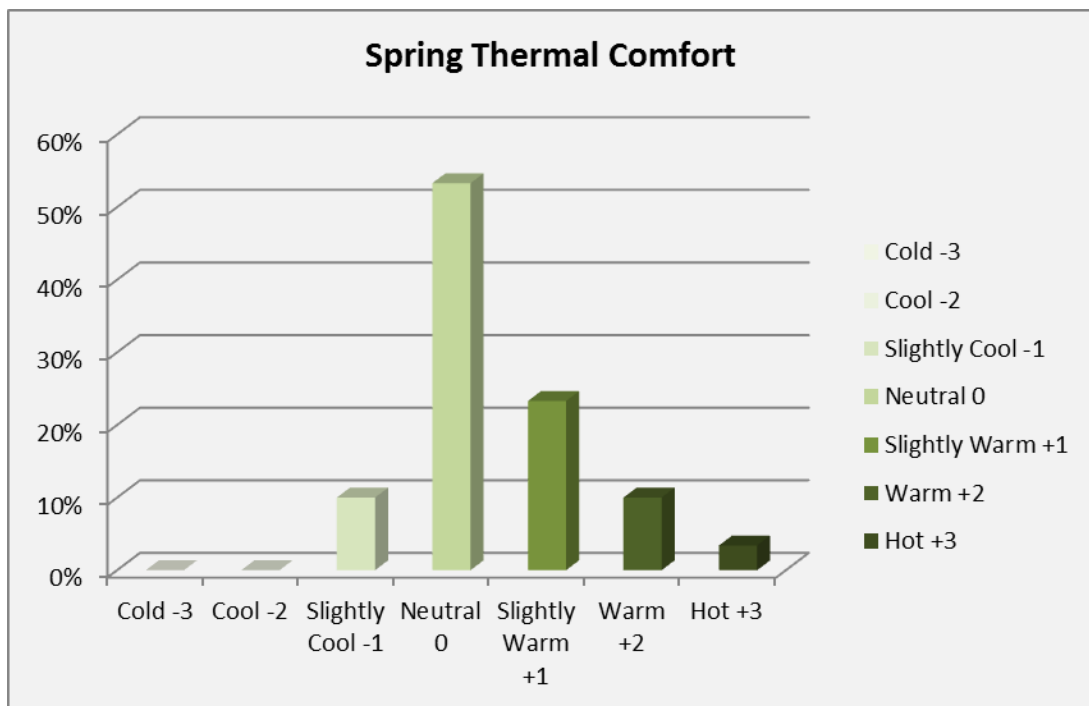
Διάγραμμα 123: Θερμική άνεση χρηστών το χειμώνα



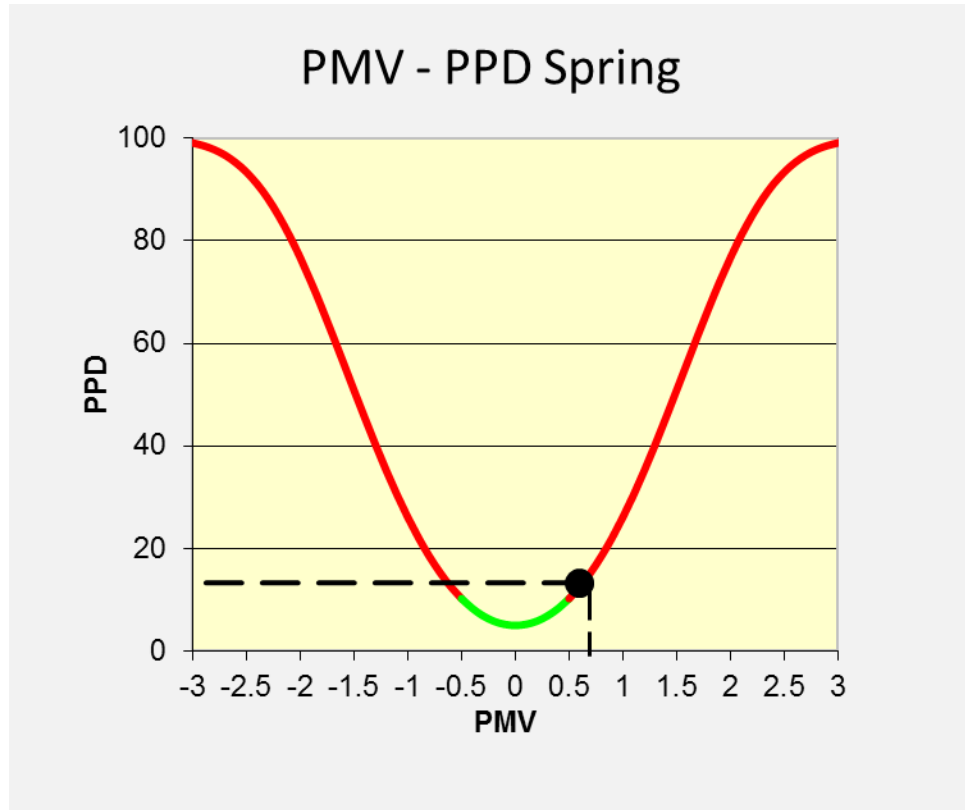
Διάγραμμα 124: Συσχετισμός PPD και PMV το χειμώνα

Άνοιξη

Στα διαγράμματα 125 και 126 καθορίζεται η σχέση μεταξύ των δεικτών PPD και PMV για την άνοιξη. Ποσοστό 53.3% δηλώνει ότι αισθάνεται ουδέτερα όσον αφορά τη θερμική άνεση. Επίσης αθροιστικά ποσοστό περίπου 36% έχει δηλώσει ότι αισθάνεται από λίγο έως πολύ ζεστά, ενώ πολύ μικρό ποσοστό του 10% απάντησε ότι αισθάνεται λίγο δροσερά. Συνεπώς, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 13.3\%$ και το $PMV = +0.6$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 13.3\%$ κυμαίνεται στα αποδεκτά όρια, δεδομένου ότι το PMV είναι $+0.6$. Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι την άνοιξη αισθάνονται ουδέτερα. Να σημειωθεί ότι ποσοστό 75% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι ο κλιματισμός ήταν απενεργοποιημένος κατά τη διάρκεια της άνοιξης.



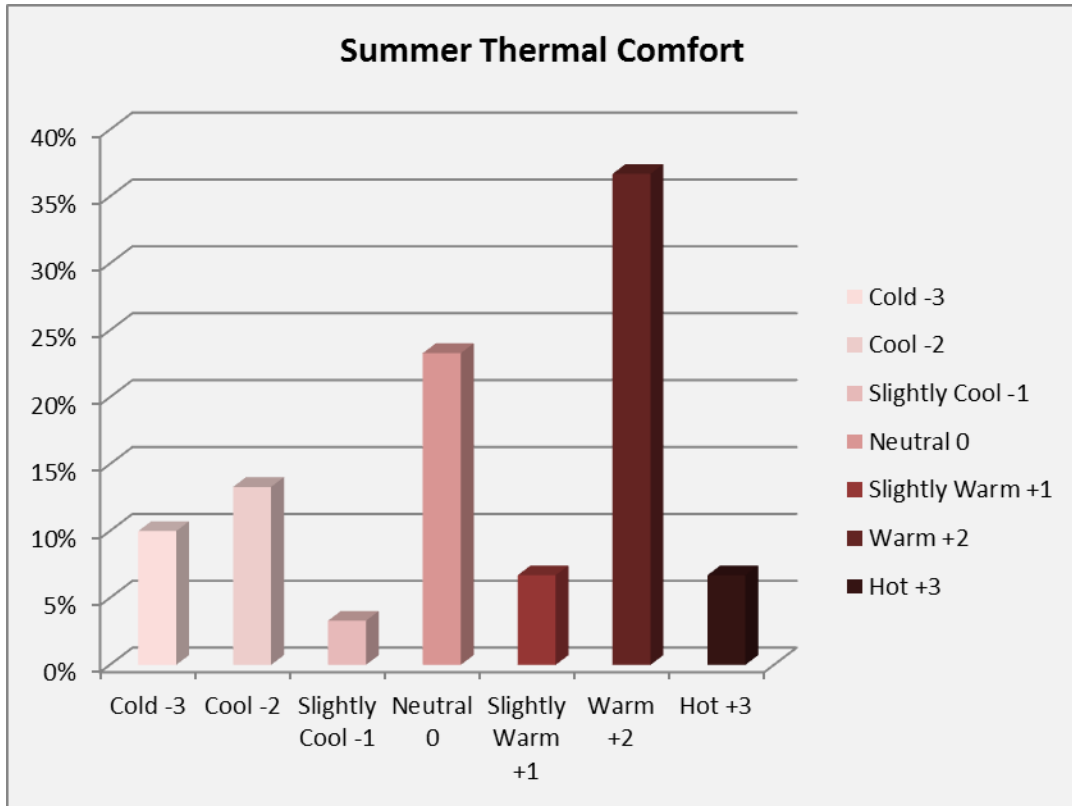
Διάγραμμα 125: Θερμική άνεση χρηστών την άνοιξη



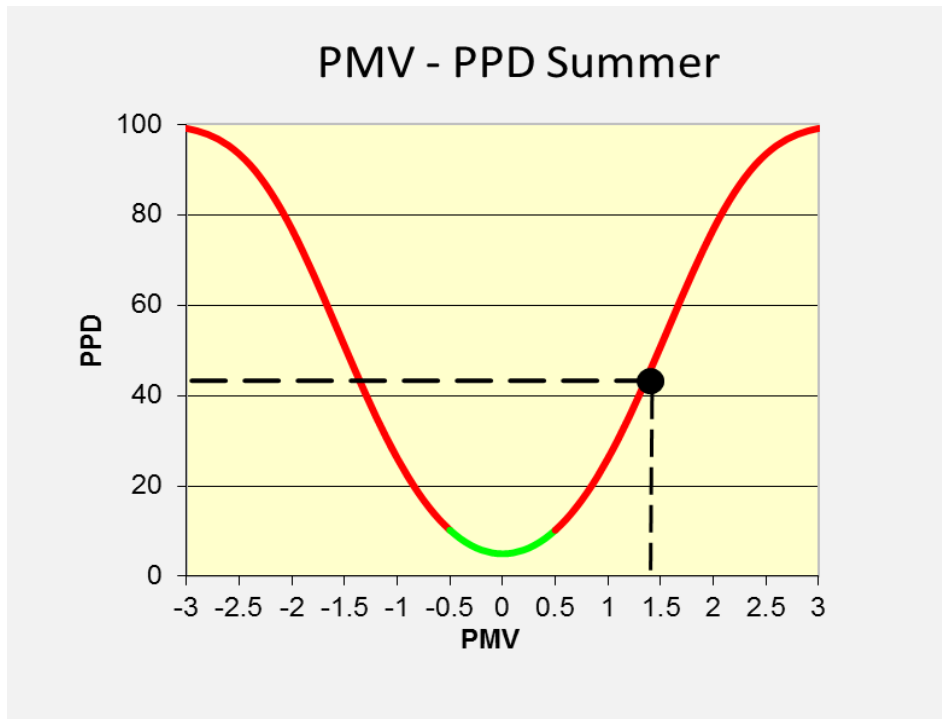
Διάγραμμα 126: Συσχετισμός PPD και PMV την άνοιξη

Καλοκαίρι

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και κυρίως κατά το μήνα Ιούνιο όπου το σχολείο λειτουργεί με όλο το προσωπικό και τους μαθητές διαφαίνεται ότι υπάρχει έντονη αίσθηση της ζέστης εντός του κτιρίου. Ποσοστό 23.3% δηλώνει ότι αισθάνεται ουδέτερα. Επίσης 23.3% απάντησε ότι αισθάνεται δροσερά και κρύο, ενώ ποσοστό 36.7% απάντησε ότι αισθάνεται ζεστά. Ποσοστό 43.4% αισθάνεται ζεστά και πολύ ζεστά, κάτι το οποίο θα πρέπει να τύχει περαιτέρω μελέτης και ανάλυσης (Διάγρ.127). Το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 43.34\%$ και το $PMV = +1.4$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 43.34\%$ δεν κυμαίνεται στα αποδεκτά όρια, δεδομένου ότι το PMV είναι $+1,4$ (Διάγρ. 128). Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το καλοκαίρι αισθάνονται ζεστά. Αξιοσημείωτο ποσοστό δηλώνει δροσερά καθώς στα γραφεία και σε μερικά εργαστήρια λειτουργεί σύστημα κλιματισμού σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες.



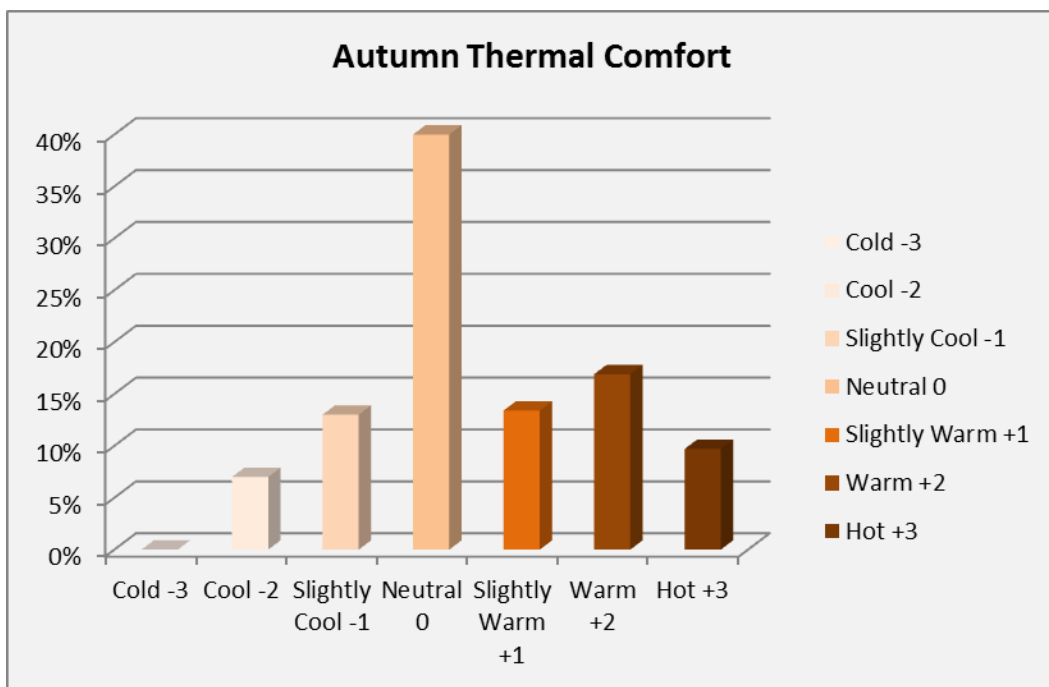
Διάγραμμα 127: Θερμική άνεση χρηστών το καλοκαίρι



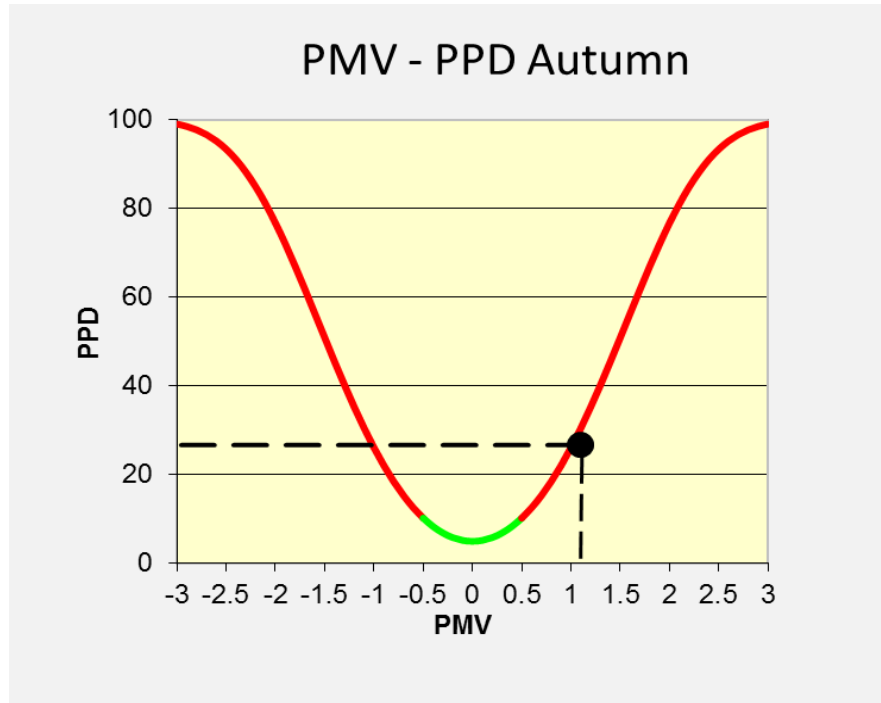
Διάγραμμα 128: Συσχετισμός PPD και PMV το καλοκαίρι

Φθινόπωρο

Συνολικά ποσοστό 40% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι αισθάνονται ουδέτερα κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Ποσοστό 20% έχει δώσει απαντήσεις ότι αισθάνονται λίγο δροσερά ή δροσερά, ενώ 40% ότι αισθάνεται λίγο έως πολύ ζεστά (Διάγρ. 129). Συνεπώς, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 26.7\%$ και το $PMV = +1.1$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 26.7\%$ κυμαίνεται οριακά εκτός των αποδεκτών ορίων. Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το φθινόπωρο αισθάνονται κυρίως ουδέτερα έως ζεστά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επικρατούν αρκετά υψηλές θερμοκρασίες κατά το μεγαλύτερο μέρος του φθινοπώρου στην Κύπρο. Επίσης στις αίθουσες όπου δεν υπάρχει κλιματισμός είναι έντονο το αίσθημα της ζέστης σε αντίθεση με τα γραφεία τα οποία χρησιμοποιούν κυρίως το Σεπτέμβρη και τον Οκτώβρη κλιματισμό. Να σημειωθεί ότι ποσοστό 80% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι ο κλιματισμός ήταν απενεργοποιημένος. Καταγράφεται σχετική ικανοποίηση από τη θερμική άνεση και από την ερώτηση 13 όπου 62% των απάντησαν ότι είναι μέτρια έως πολύ άνετα.



Διάγραμμα 129: Θερμική άνεση χρηστών το φθινόπωρο



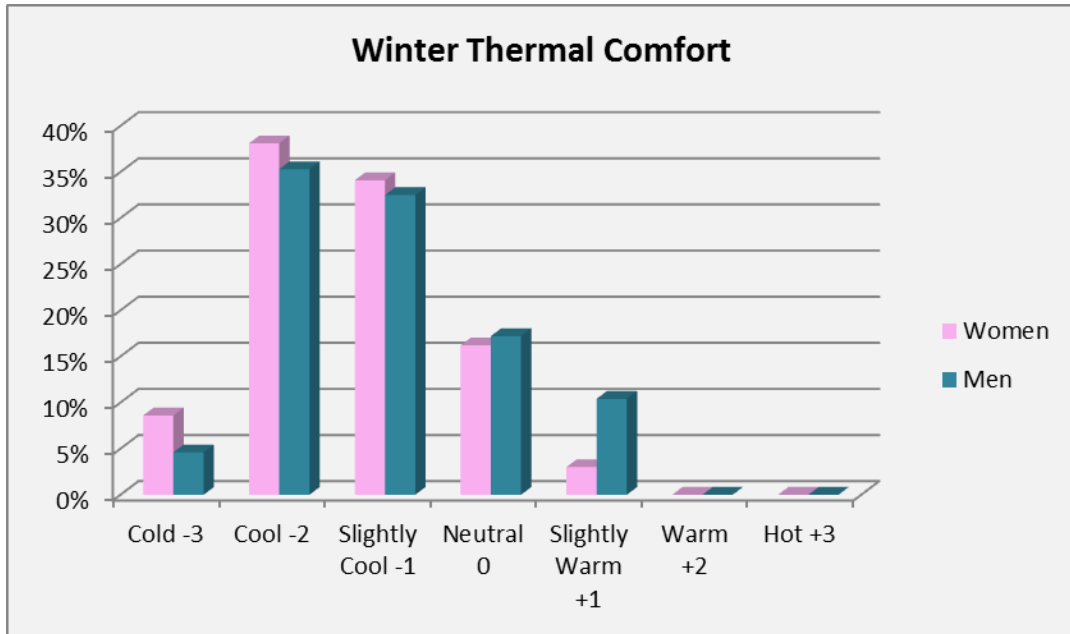
Διάγραμμα 130: Συσχετισμός PPD και PMV το φθινόπωρο

Σύγκριση Ανδρών και Γυναικών

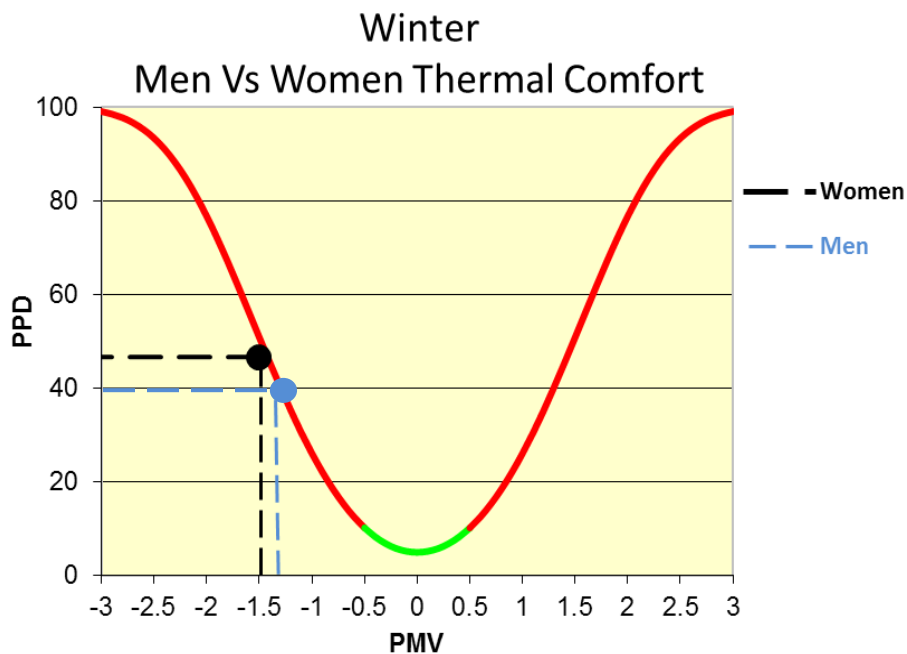
Οι άντρες και οι γυναίκες κυρίως λόγω μεταβολισμού παρουσιάζουν πολλές φορές διαφορετικές ανάγκες θερμικής άνεσης. Στη συνέχεια αναλύεται η θερμική άνεση των δύο φύλων κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού. Η άνοιξη και το φθινόπωρο δεν αναλύονται γιατί καθώς διαφάνηκε από την έρευνα υπάρχουν κοινά αποτελέσματα με σχετική άνεση και στα δύο φύλα με τις γυναίκες/κορίτσια να νιώθουν ελαφρώς πιο άνετα αυτές τις εποχές.

Στα διαγράμματα 131 και 132 παρουσιάζονται οι θερμικές συνθήκες όπως τις αισθάνονται οι άνδρες και οι γυναίκες στο σχολικό κτίριο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ποσοστό δυσαρεστημένων για τις γυναίκες είναι $PPD = 46.7\%$ και το $PMV = -1.49$ και αντίστοιχα για τους άνδρες το $PPD=39.9\%$ και το $PMV=-1.3$. Εντονότερο κρύο φαίνεται νιώθουν οι γυναίκες ενώ στο ουδέτερο αίσθημα υπάρχει παρόμοιο ποσοστό από τα δύο φύλα. Σημαντική είναι και η αίσθηση ελαφριάς ζέστης από ποσοστό των ανδρών/αγοριών, αρκετά μεγαλύτερο απ' ό τι των γυναικών. Αυτό ίσως να οφείλεται στη χρήση θέρμανσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που χρειάζονται οι άνδρες για να νιώσουν άνεση.

Χειμώνας



Διάγραμμα 131: Θερμική άνεση ανδρών και γυναικών το χειμώνα

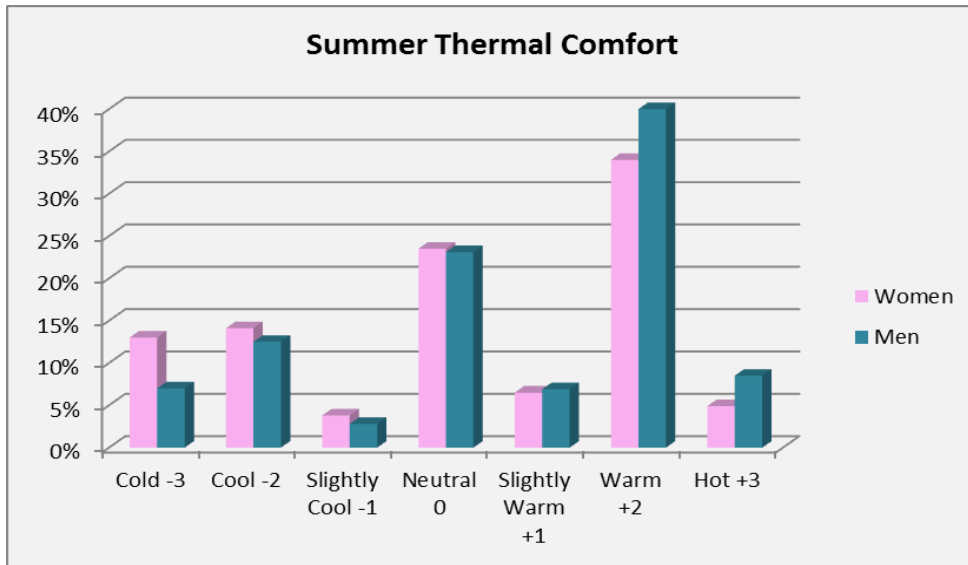


Διάγραμμα 132: Συσχετισμός PPD και PMV το χειμώνα μεταξύ ανδρών και γυναικών

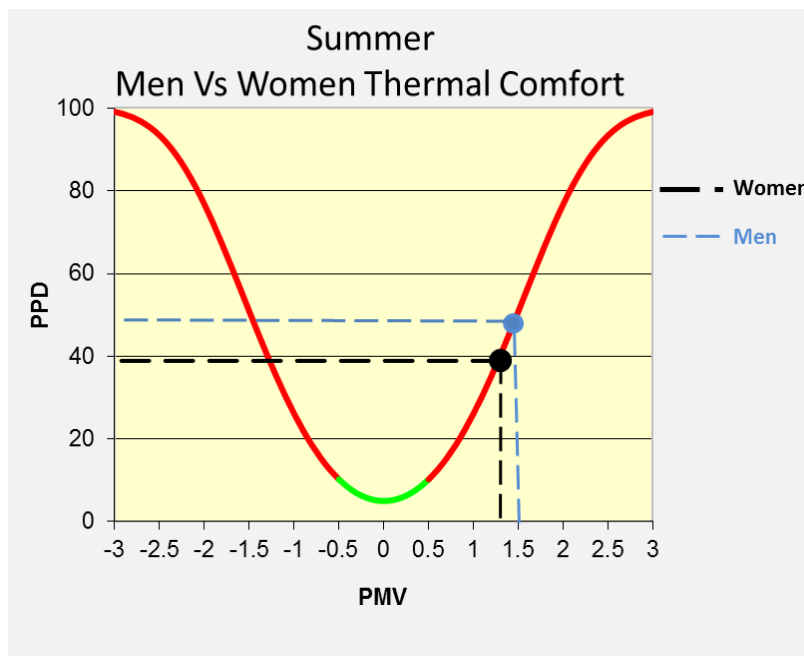
Καλοκαίρι

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρείται ότι οι γυναίκες ενώ στο μεγαλύτερο ποσοστό αισθάνονται ζέστη, κάποιοι κυρίως γυναίκες αισθάνονται και ψύχρα ή κρύο. Αυτό συμβαίνει λόγω των κλιματιστικών στα γραφεία τα οποία λειτουργούν σε χαμηλές

θερμοκρασίες προκαλώντας αίσθημα κρύου στους χρήστες και κυρίως στις γυναίκες. Το ποσοστό δυσαρεστημένων γυναικών είναι $PPD=38.9\%$ και $PMV= +1.3$. Οι άνδρες νιώθουν περισσότερη ζέστη εντός του κτιρίου και αυτό δικαιολογεί σε πολλές περιπτώσεις τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης στις οποίες ρυθμίζουν τα κλιματιστικά. Το ποσοστό δυσαρεστημένων αντρών είναι μεγαλύτερο από των γυναικών με $PPD=48,5\%$ και $PMV=+1.5$.



Διάγραμμα 133: Θερμική άνεση ανδρών και γυναικών το καλοκαίρι



Διάγραμμα 134: Συσχετισμός PPD και PMV το καλοκαιριού μεταξύ ανδρών και γυναικών

9.3 Ανάλυση και επαλήθευση θερμικών αποτελεσμάτων με επιτόπου μετρήσεις

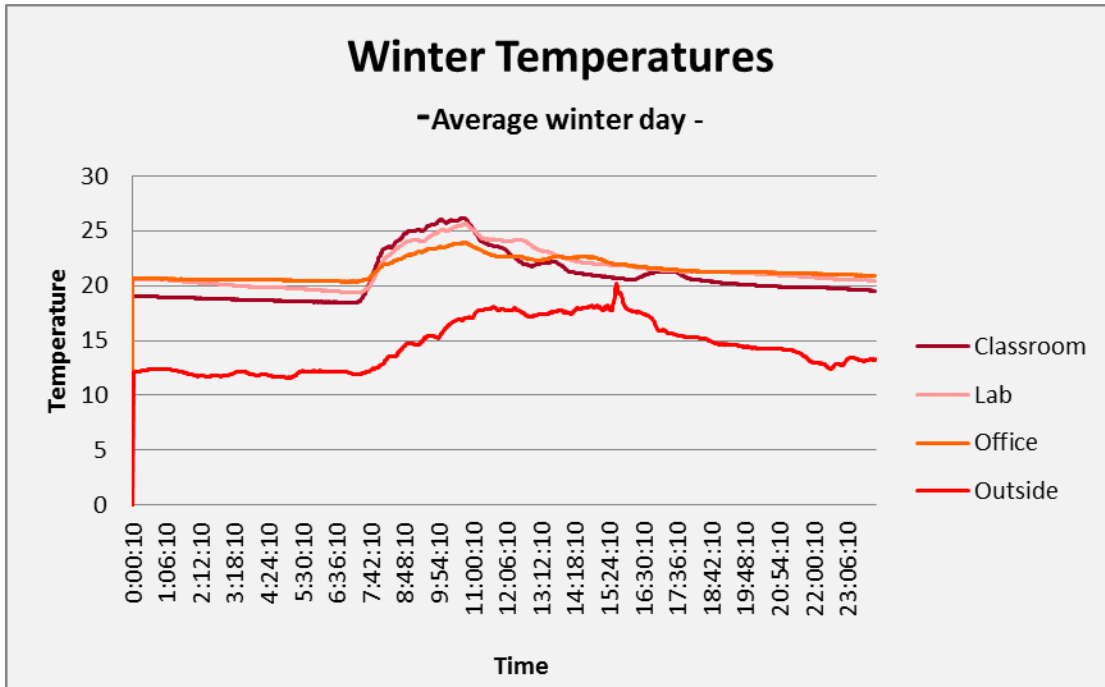
Με στόχο την επαλήθευση των αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης στο Γυμνάσιο Νεάπολης έγιναν και επιτόπου μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας για καταγραφή τιμών πραγματικού χρόνου κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχών του έτους. Οι μετρητές τοποθετούνται σε μια αίθουσα διδασκαλίας (νότια), σε ένα εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (βορειοδυτικά) και σε ένα γραφείο διοίκησης (δυτικά). Επίσης μετρητές τοποθετούνται και στον εξωτερικό χώρο του σχολικού κτιρίου (ανατολικά, δυτικά και βορειοδυτικά) ώστε να γίνεται σύγκριση των θερμοκρασιών εντός και εκτός του κτιρίου και γίνεται προσπάθεια ώστε να μην υπάρχει απευθείας ηλιακή ακτινοβολία.

Για τις μετρήσεις πεδίου θερμοκρασίας και υγρασίας εντός και εκτός των σχολικών κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν μετρητές με αισθητήρες και συγκεκριμένα οι CENTER 340 Thermo Recorder, Extech RHT10 Humidity And Temperature USB Datalogger. Οι μετρητές καταγράφουν τα αποτελέσματα ανά λεπτό για δέκα συνεχόμενες ημέρες κάθε εποχής. Τα στοιχεία συλλέγονται και μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Extech RHT10 Datalogger Version 5.6. Το σφάλμα μετρήσεων είναι $\pm 1^{\circ}\text{C}$ για τη θερμοκρασία αέρα και $\pm 3.5\%$ για τις μετρήσεις σχετικής υγρασίας.

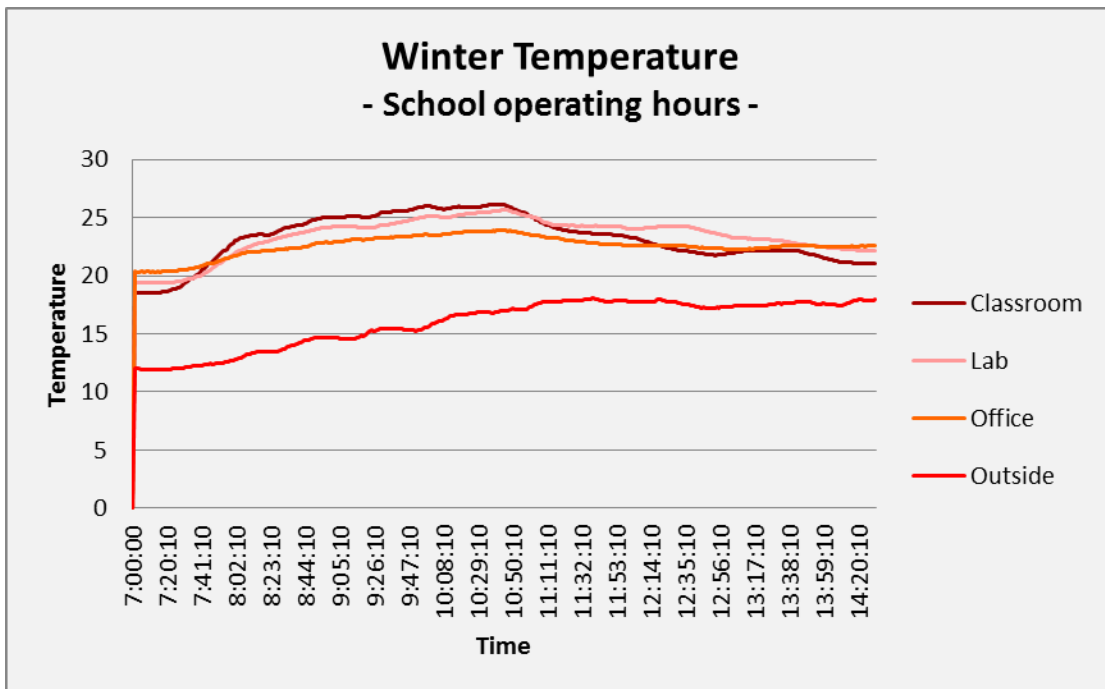
Γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή γραφικών παραστάσεων που απεικονίζουν τις συνθήκες που επικρατούν εντός και εκτός του σχολικού κτιρίου. Απομονώνονται τα αποτελέσματα μιας τυπική μέρα της κάθε εποχής. Επιλέγεται η μέρα όπου επικρατούν μέσες θερμοκρασίες για την εποχή. Οι μέσες θερμοκρασίες ορίζονται μέσα από υπολογισμούς από το σύνολο των μετρήσεων που συλλέχθηκαν από τις μετρήσεις πεδίου. Στη συνέχεια μελετούνται οι θερμοκρασίες που επικρατούν στο σχολικό κτίριο κατά τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας τους. Παρουσιάζονται γραφικές παραστάσεις μεταξύ των ωρών 7:00 και 14:30. Έτσι εξάγονται συμπεράσματα για τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης τις ώρες λειτουργίας του σχολείου καθώς και για τις συνθήκες άνεσης τις ώρες που οι χρήστες βρίσκονται εντός του σχολικού κτιρίου.

Οι μετρήσεις αυτές είναι απαραίτητες για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα όρια άνεσης στα σχολεία και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης. Βάσει των επιτρεπτών ορίων θερμοκρασίας και υγρασίας που αναπτύχθηκαν πιο πριν θα διαφανεί εάν στο σχολικό κτίριο που μελετάται επικρατούν συνθήκες άνεσης ή δυσφορίας ώστε να εξευρεθούν στη συνέχεια και οι κατάλληλες στρατηγικές για βελτίωση της άνεσης.

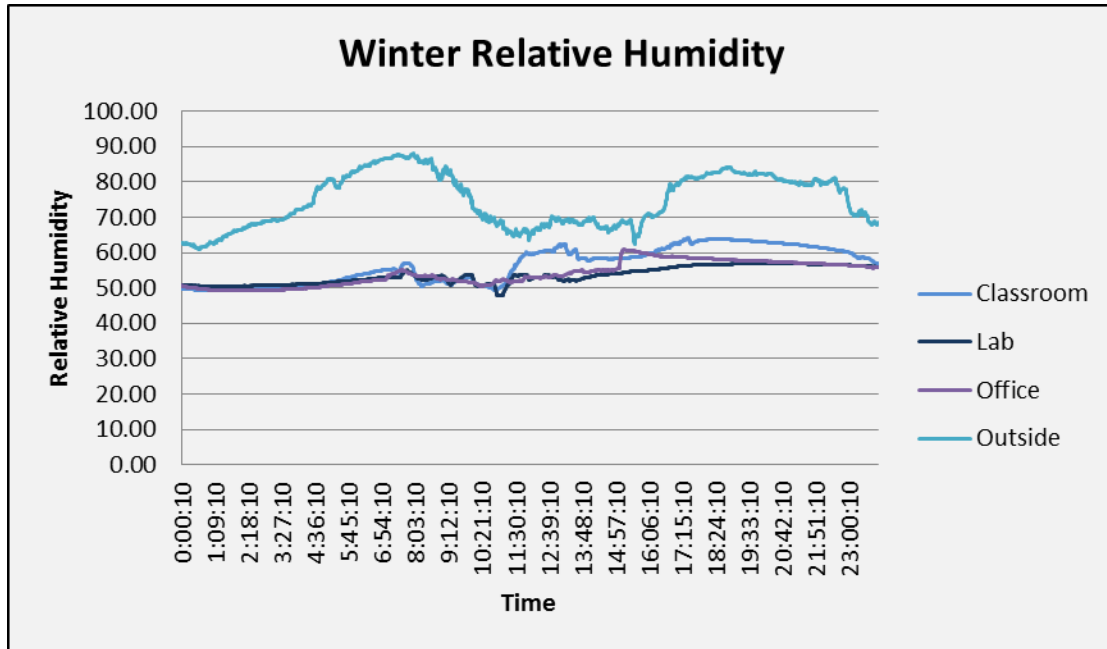
Χειμώνας



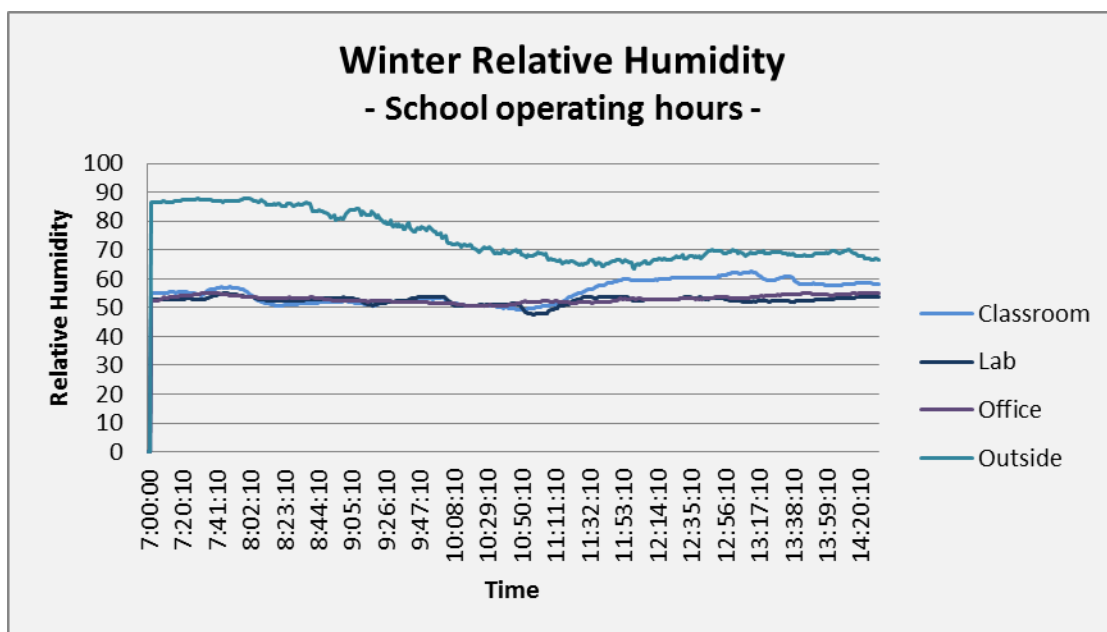
Διάγραμμα 135: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για 24 ώρες



Διάγραμμα 136: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για το δώρο λειτουργίας του



Διάγραμμα 137: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για 24 ώρες



Διάγραμμα 138: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το χειμώνα για το 8ώρο λειτουργίας του

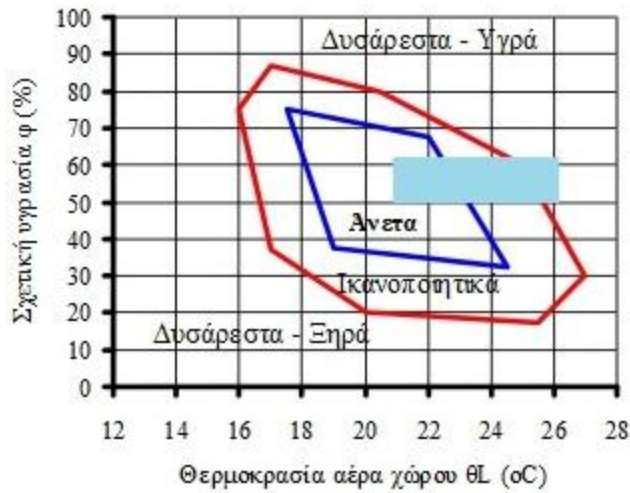
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από το τέλος Ιανουαρίου έως και τις αρχές Φεβρουαρίου του 2013 για δέκα συνεχόμενες μέρες. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι χαμηλότερες από τις εσωτερικές και αυτό οφείλεται στη χρήση θέρμανσης πετρελαίου εντός του κτιρίου. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας του σχολείου κυμαίνονται μεταξύ 12 και 18°C. Οι εσωτερικές θερμοκρασίες

κυμαίνονται από 19 έως 26°C. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζονται στην αίθουσα διδασκαλίας και το εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ οι προτεινόμενες συνθήκες άνεσης για κλιματιζόμενους χώρους και συγκεκριμένα για σχολικά κτίρια κυμαίνονται από 20 έως 22°C και πιο συγκεκριμένα 20°C για αίθουσες διδασκαλίας και 15~18°C για εργαστήρια. Το κατώτατο όριο ικανοποιείται καθώς μέχρι τις 7:30π.μ. που εισέρχονται οι μαθητές η θερμοκρασία χώρου είναι μεγαλύτερη των 20°C. Στη συνέχεια όμως της μέρας και μέχρι το τέλος σχεδόν των μαθημάτων η θερμοκρασία υπερβαίνει τα συνιστώμενα όρια άνεσης φτάνοντας μέχρι και τους 26°C κυρίως μεταξύ των ωρών 10 και 11π.μ. Αυτό δηλώνει χρήση του συστήματος θέρμανσης περισσότερο από όσο χρειάζεται με θερμοκρασίες θερμοστάτη ψηλότερες από τις συνιστώμενες. Οι θερμοστάτες του κτιρίου είναι κεντρικοί και ρυθμίζονται κάθε πρωί από το προσωπικό του σχολείου. Επίσης καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και συγκεκριμένα τις ώρες που το σχολείο δε λειτουργεί, οι θερμοκρασίες εντός του κτιρίου παραμένουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα και βρίσκονται σχεδόν συνέχεια άνω των 20°C.

Αναφορικά με τα επίπεδα υγρασίας στους χώρους, η εξωτερική υγρασία είναι κατά πολύ υψηλότερη συγκριτικά με την εσωτερική υγρασία. Επίσης η σχετική υγρασία είναι αυξημένη κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η σχετική υγρασία εντός του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας του κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 50 και 60%. Τα ποσοστά αυτά είναι κατά πολύ αυξημένα (διπλάσιο ποσοστό από το συνιστώμενο) γεγονός που προκαλεί συνθήκες δυσφορίας στο χώρο.

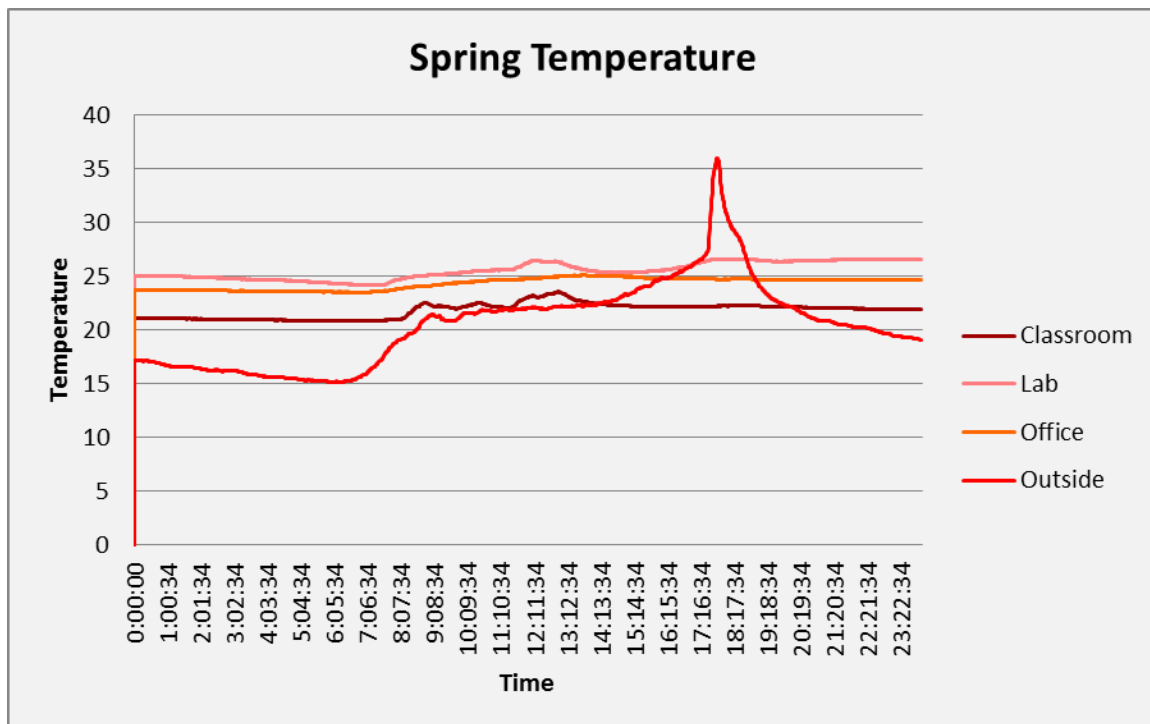
Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και οι δείκτες PMV και PPD που βρέθηκαν αποκλίνουν από τις μετρήσεις στους χώρους του κτιρίου καθώς ενώ οι χρήστες θα έπρεπε σε συντριπτική πλειοψηφία να αισθάνονται άνεση ή και ζέστη παρόλα αυτά η πλειοψηφία δηλώνει ότι αισθάνεται κρύο. Αυτό εξηγείται εν μέρει από τα πολύ υψηλά επίπεδα υγρασίας που επικρατούν στους χώρους κάνοντας τους χρήστες να αισθάνονται δυσάρεστα υγρά. Κυρίως οι άνδρες και σε ελάχιστο βαθμό οι γυναίκες αισθάνονται ζέστη σε μικρό ποσοστό ζέστη στους χώρους γεγονός που υποδηλώνει τις διαφορετικές ανάγκες μεταξύ των δύο φύλων. Στο διάγραμμα 139 φαίνεται ότι ένα ποσοστό των χρηστών είναι αναμενόμενο να αισθάνεται δυσάρεστα υγρά που μπορεί να εκφραστεί και σαν αίσθημα κρύου λόγω και των χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών που επικρατούν αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό θα έπρεπε να δηλώνει άνεση και ικανοποίηση. Βάσει ερωτηματολογίων το 70% των χρηστών δήλωσε ότι αισθάνεται δροσερά ή λίγο δροσερά και 6.67% κρύο. Αυτό εξηγήθηκε στις συνεντεύξεις των χρηστών καθώς όσοι κάθονται κοντά σε ανοίγματα δήλωσαν ότι

επηρεάζονται από κρύα ρεύματα. Επίσης πολλές φορές λόγω υπερθέρμανσης οι χρήστες ανοίγουν τα παράθυρα για αερισμό με αποτέλεσμα όσοι κάθονται κοντά να κρυώνουν και να νιώθουν δυσφορία.

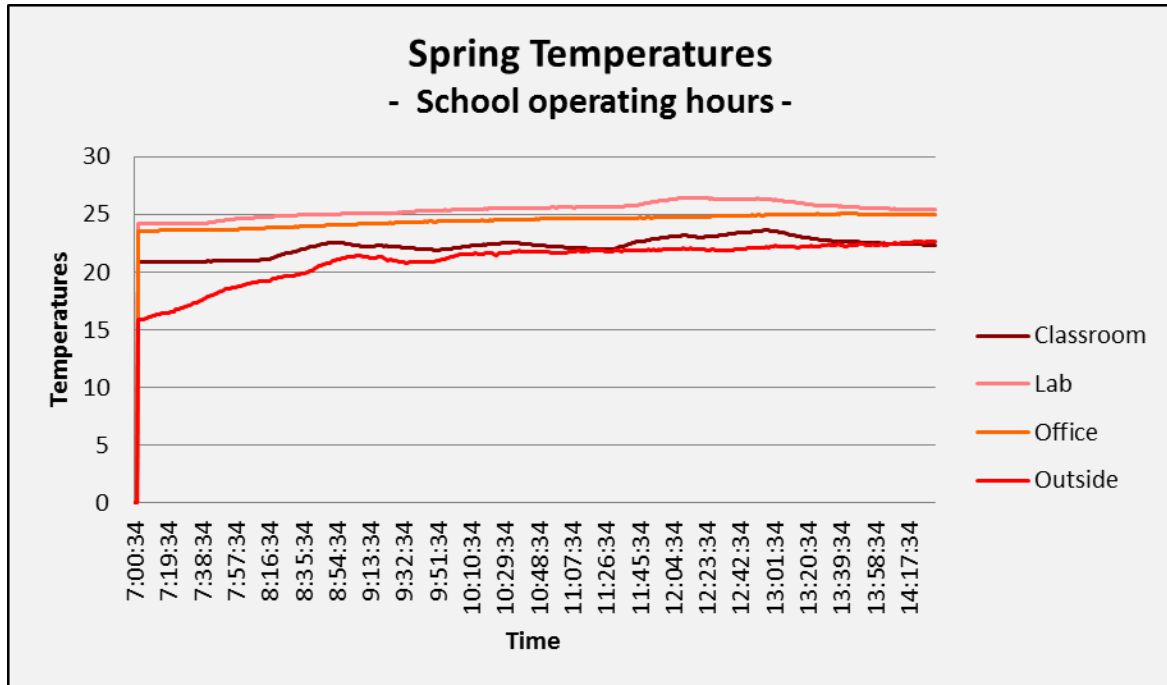


Διάγραμμα 139: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το χειμώνα.

Ανοιξη



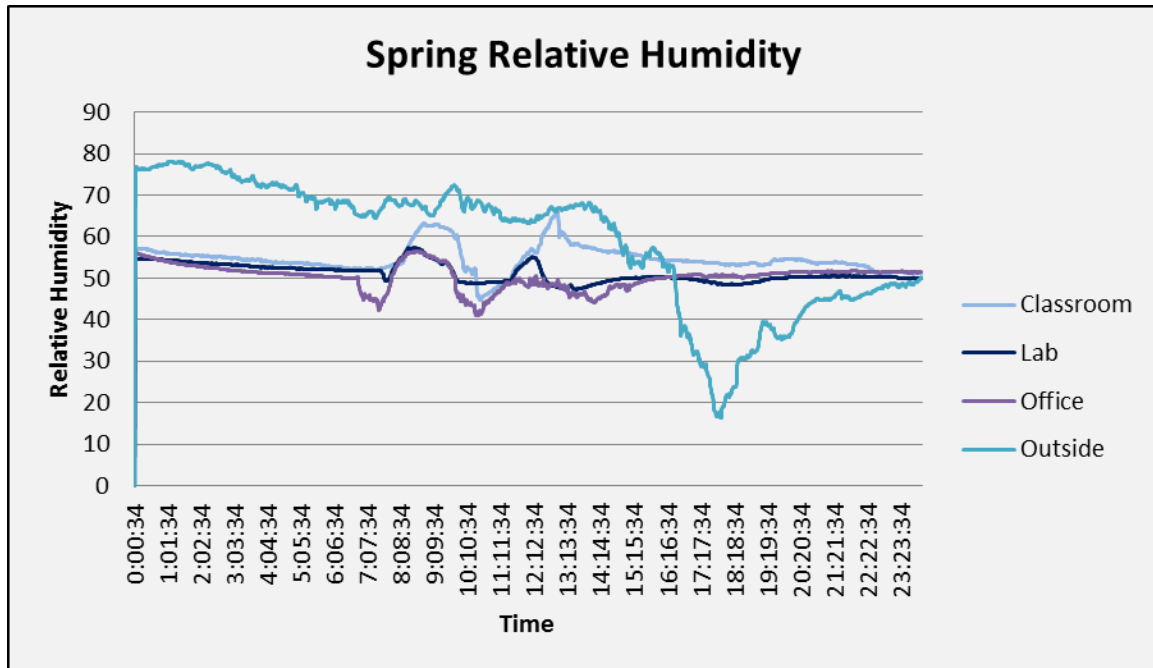
Διάγραμμα 140: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για 24 ώρες



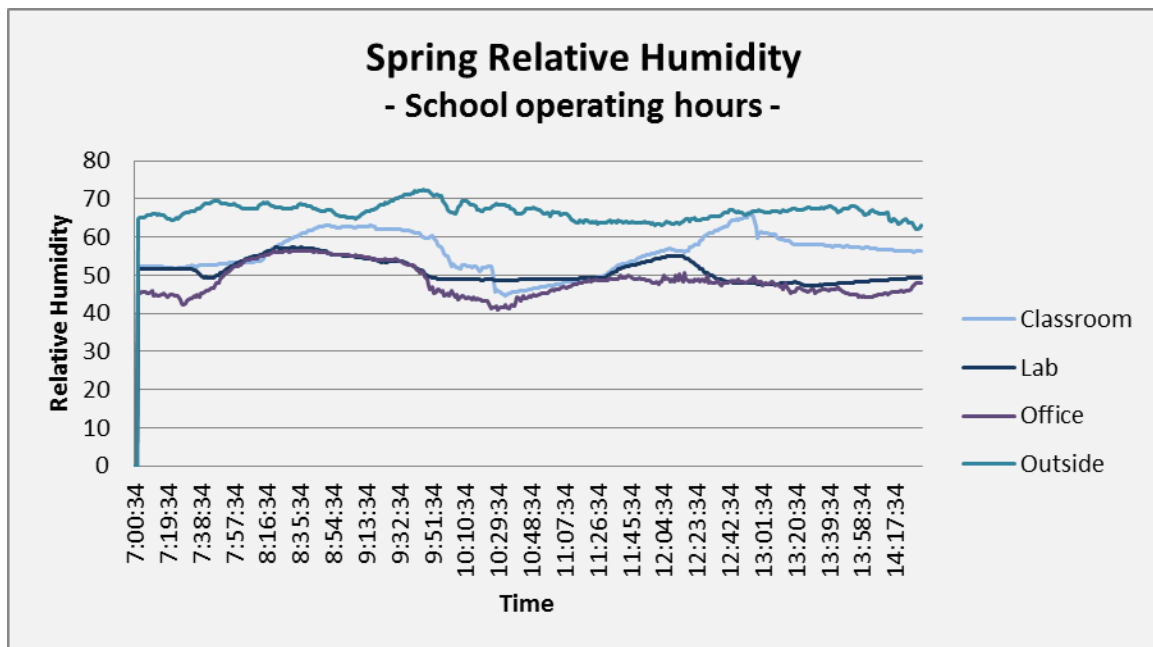
Διάγραμμα 141: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για το δώρο λειτουργίας του

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του Απριλίου. Οι εξωτερικές συνθήκες την άνοιξη είναι χαμηλότερες από τις εσωτερικές και αυτό διαφοροποιείται μόνο μετά το μεσημέρι κατά τη διάρκεια των ωρών 14:30 έως 19:00 όπου παρουσιάζεται μια απότομη αυξητική τάση των θερμοκρασιών. Παρόμοια τάση παρουσιάστηκε σε όλη τη διάρκεια των καταγραφών που έγιναν την άνοιξη με εξήγηση το δυτικό προσανατολισμό μερικών εξωτερικών μετρητών όπου κατά το απόγευμα η ακτινοβολία αυξάνεται και αυξάνονται και οι εξωτερικές θερμοκρασίες. Αυτό το γεγονός δείχνει πόσο δυσμενής είναι η δυτική πρόσοψη κτιρίων σε κλίματα παρόμοια με της Κύπρου καθώς επιβαρύνεται περισσότερο από κάθε άλλη όψη κατά τους θερμούς μήνες. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζονται στην αίθουσα διδασκαλίας και οι ψηλότερες στο εργαστήριο υπολογιστών. Οι θερμοκρασίες εντός σχολικών αιθουσών κυμαίνονται από 21 έως 27°C κατά τη διάρκεια των μαθημάτων. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες κυρίως μετά τις 8:30π.μ κυμαίνονται από 21 έως 23°C και είναι πολύ παρόμοιες με τις θερμοκρασίες εντός του κτιρίου. Οι αίθουσες δεν θερμαίνονται κατά τους ανοιξιάτικους μήνες του χρόνου, με εξαίρεση μόνο κάποιες πολύ κρύες μέρες του Μαρτίου. Η απουσία θερμικής θωράκισης του κελύφους του κτιρίου διαφαίνεται στα γραφήματα θερμοκρασίας κατά τους μήνες της άνοιξης όπου το κτίριο δεν κλιματίζεται. Οι θερμοκρασίες εντός και εκτός του κτιρίου έχουν μικρή σχετικά απόκλιση και συγκεκριμένα οι εσωτερικές υπερβαίνουν τις εξωτερικές από 1 έως 6°C. Οι εσωτερικές θερμοκρασίες

βρίσκονται λίγο ψηλότερα από τα αποδεκτά όρια άνεσης (τα όρια χειμώνα 20-22 °C και καλοκαιριού 25-26 °C άρα της άνοιξης είναι στο ενδιάμεσο 22-25 °C).



Διάγραμμα 142: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για 24 ώρες

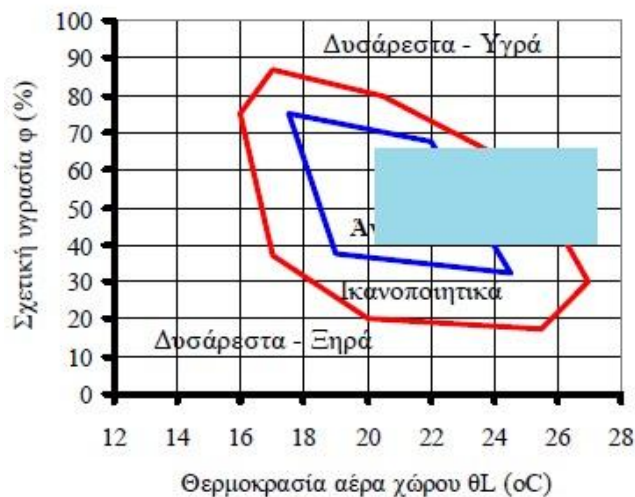


Διάγραμμα 143: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου την άνοιξη για το δώρο λειτουργίας του

Η σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια κυρίως των ωρών λειτουργίας του σχολείου βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα εξωτερικά και κυμαίνεται από 65 έως 72%. Εντός του κτιρίου η

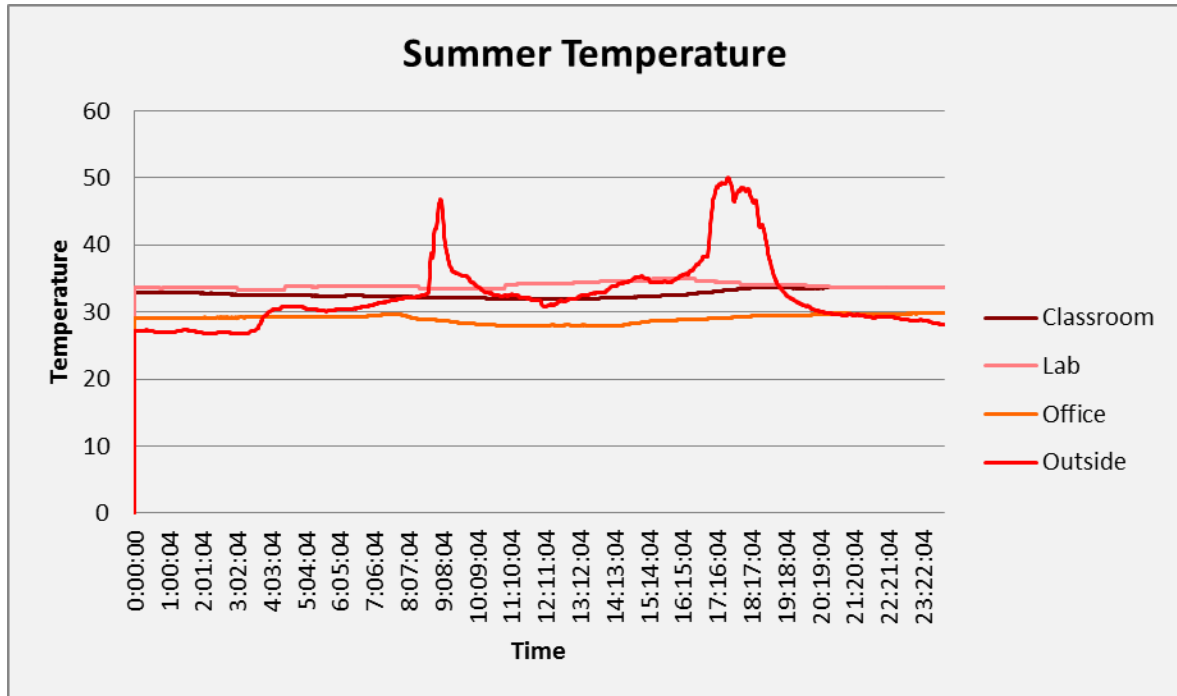
υγρασία κυμαίνεται από 40 έως 65% με τα υψηλότερα ποσοστά να βρίσκονται στην αίθουσα διδασκαλίας και τα χαμηλότερα στο γραφείο διοίκησης. Τα όρια άνεσης βάσει κανονισμών απέχουν και πάλι κατά πολύ από τις συνθήκες που παρουσιάζονται εντός σχολικού κτιρίου και αυτό προκαλεί αίσθημα δυσφορίας στους χρήστες παρόλο που οι θερμοκρασίες που επικρατούν βρίσκονται σε σχετικά ικανοποιητικά όρια για την εποχή.

Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και οι μετρήσεις που έγιναν συγκλίνουν την άνοιξη. Οι χρήστες σε ποσοστό πάνω από 50% δήλωσε ότι αισθάνεται ουδέτερα άρα άνετα την άνοιξη και ποσοστό 36% δήλωσε ότι αισθάνεται από λίγο έως πολύ ζεστά. Το ποσοστό που δήλωσε ότι αισθάνεται ζέστη επαληθεύεται και από τις μετρήσεις θερμοκρασίας που έγιναν που μπορεί ως επί το πλείστον να κυμαίνονται σε αποδεκτά όρια αλλά σε μερικές περιπτώσεις υπερβαίνουν το ανώτατο όριο. Επίσης οι μερικώς αυξημένες εσωτερικές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την πολύ αυξημένη σχετική υγρασία αυξάνουν το αίσθημα ζέστης και εφίδρωσης κάνοντας τους χρήστες να αισθάνονται δυσφορία. Στο διάγραμμα 144 παρουσιάζονται οι συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο κατά την άνοιξη τις ώρες λειτουργίας του σχολείου. Σε μεγάλο ποσοστό, τα όρια επιτρέπουν στους χρήστες να αισθάνονται άνετα ή ικανοποιητικά. Επικρατούν όμως και συνθήκες όπου λόγω κυρίως της υψηλής υγρασίας φαίνεται να προκαλούν δυσάρεστο αίσθημα και συγκεκριμένα ζεστό και υγρό. Το διάγραμμα και τα αποτελέσματα σε αυτό το σημείο επαληθεύουν την έρευνα που προηγήθηκε δείχνοντας ότι οι χρήστες σε σχετικά ευνοϊκές συνθήκες δίνουν ρεαλιστικές και αξιόπιστες απαντήσεις.

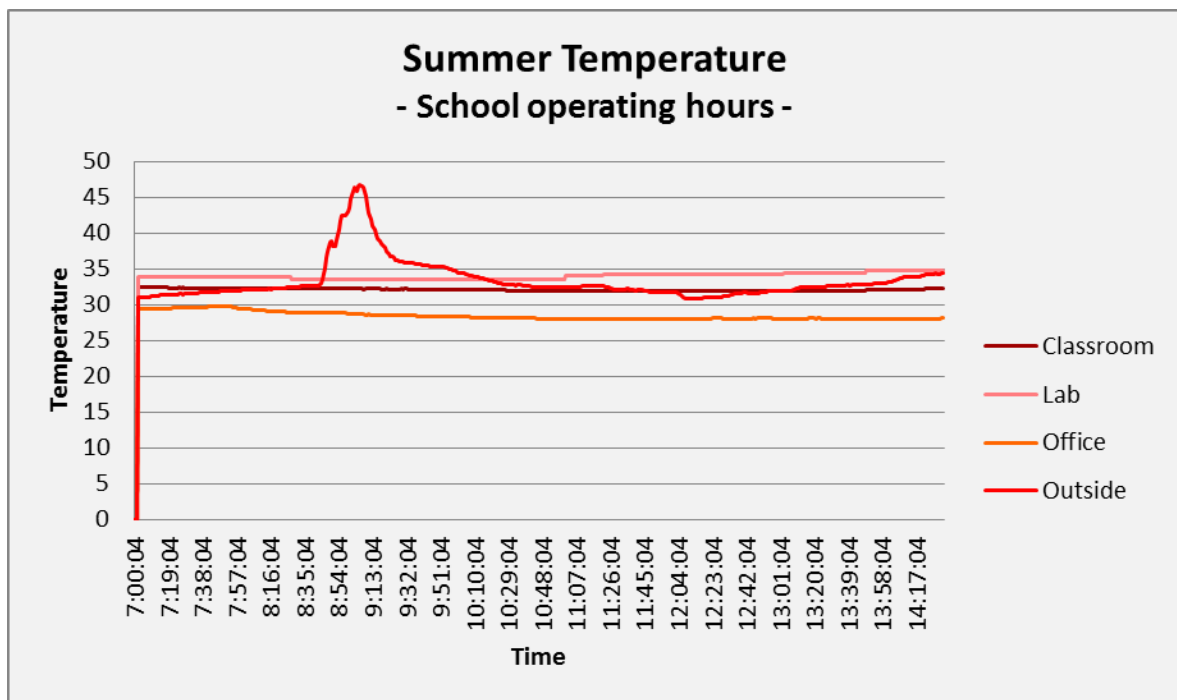


Διάγραμμα 144: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας την άνοιξη.

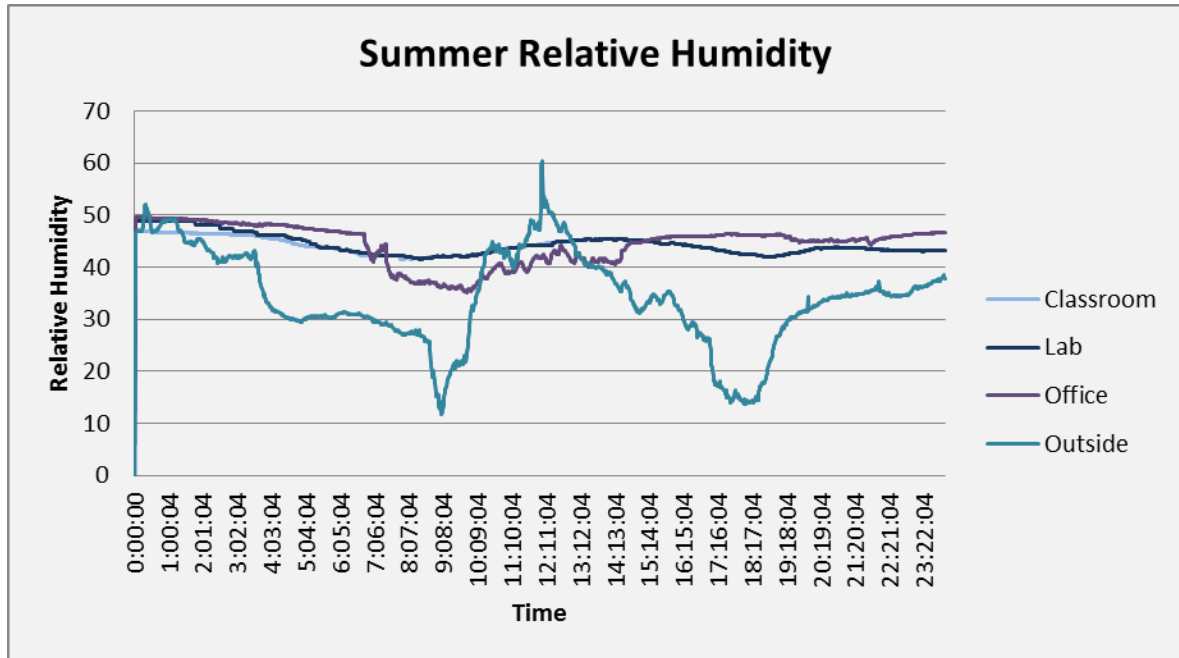
Καλοκαίρι



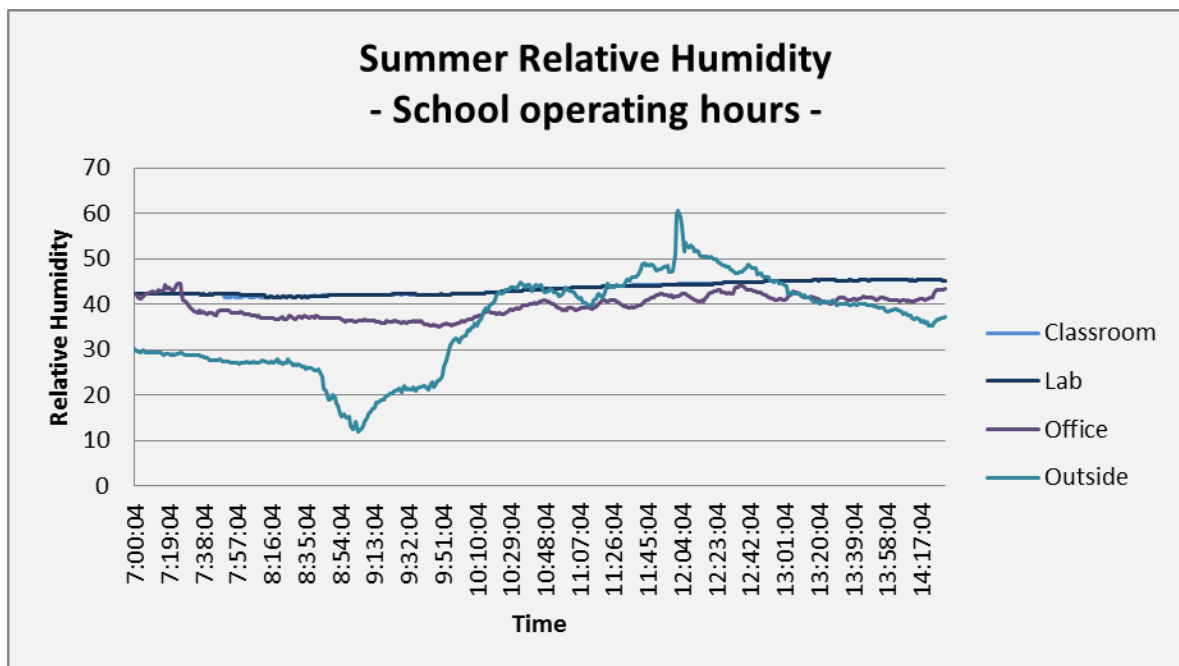
Διάγραμμα 145: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για 24 ώρες



Διάγραμμα 146: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για το δώρο λειτουργίας του



Διάγραμμα 147: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για 24 ώρες



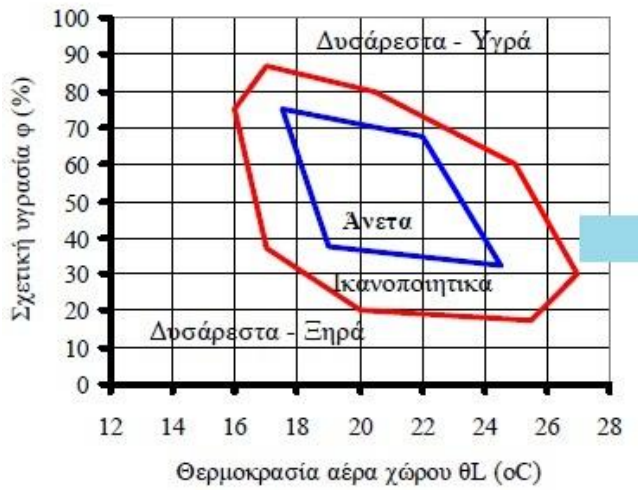
Διάγραμμα 148: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το καλοκαίρι για το δώρο λειτουργίας του

Το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα. Για να είναι σε χρήση και λειτουργία το σχολείο οι μετρήσεις έγιναν κατά το μήνα Ιούνιο. Εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες συγκλίνουν με απόκλιση το πρωί μεταξύ 8:30 και 9:30 και το απόγευμα μεταξύ 16:00 και 19:00 όπου παρουσιάζονται πολύ αυξημένες εξωτερικές θερμοκρασίες.

Κατά μέσο όρο οι εσωτερικές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 27 έως 35°C. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες αυξάνονται για μια ώρα το πρωί αλλά και το απόγευμα για μερικές ώρες και υπερβαίνουν κατά πολύ τους 40°C. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζονται στο εργαστήριο υπολογιστών και οι χαμηλότερες με αισθητή διαφορά παρουσιάζονται στο γραφείο διοίκησης. Υπάρχουν τουλάχιστον 4°C διαφορά σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του σχολείου και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο γραφείο υπάρχει κλιματισμός. Οι θερμοκρασίες βρίσκονται εκτός αποδεκτών ορίων για την εποχή αφού τα αποδεκτά όρια κυμαίνονται από 25 έως 26°C.

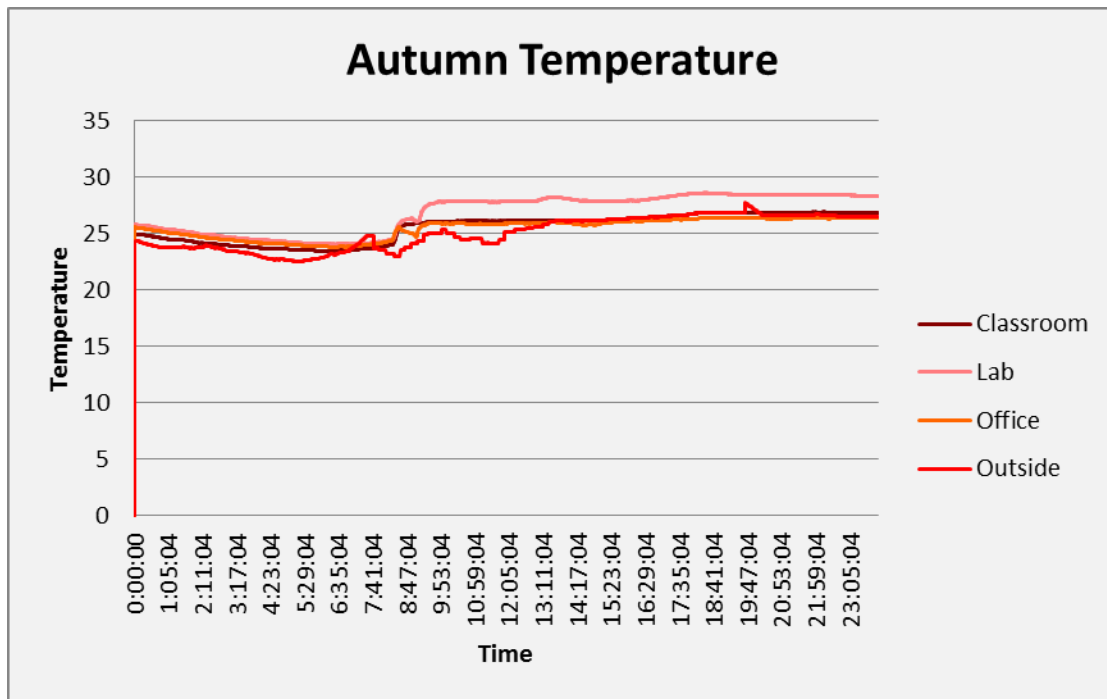
Η εξωτερική σχετική υγρασία παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας. Ιδιαίτερα αυξημένα επίπεδα υγρασίας παρουσιάζονται κατά τις μεσημεριανές και βραδινές ώρες. Στο εσωτερικό τα επίπεδα σχετικής υγρασίας είναι ομοιόμορφα και συγκεκριμένα στην αίθουσα διδασκαλίας και στο εργαστήριο υπολογιστών είναι σχεδόν τα ίδια και κυμαίνονται από 40 έως 46%. Στο γραφείο διοίκησης η σχετική εργασία βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα, 35 έως 45% καθώς χρησιμοποιείται ο κλιματισμός. Η σχετική υγρασία εσωτερικά φαίνεται να βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από τα αποδεκτά όρια (45 -50%) και αυτό οφείλεται κυρίως στο σχετικά ήπιο κλίμα του Ιουνίου.

Στο διάγραμμα 149 παρουσιάζονται οι εσωτερικές συνθήκες όπως μετρήθηκαν κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Λόγω περιορισμού του διαγράμματός μέχρι και τους 28°C δεν παρουσιάζονται ολοκληρωμένα αποτελέσματα τα οποία κανονικά επεκτίνονται δεξιότερα του γραφήματος καθώς επικρατούν θερμοκρασίες έως 35°C. Η υγρασία κατά τον Ιούνιο και συγκεκριμένα κατά τις ώρες λειτουργίας του σχολείου είναι μειωμένη αλλά δεν επικρατεί ξηρότητα με αποτέλεσμα να είναι πιο υποφερτές και οι υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν συγκλίνουν με τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων καθώς οι χρήστες δήλωσαν ότι αισθάνονται κατά το ένα τέταρτο άνετα και περίπου το άλλο ένα τέταρτο δροσερά. Αυτό ίσως να οφείλεται από τη χρήση κλιματισμού η οποία όμως υπάρχει μόνο στα γραφεία. Ένα ποσοστό 27% περίπου δήλωσε ότι αισθάνεται ζεστά με μικρό ποσοστό, περίπου 6% αισθάνονται πολύ ζεστά. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι αν όχι όλο τότε το μεγαλύτερο ποσοστό θα έπρεπε να αισθάνεται ζέστη κάτι που δεν παρουσιάζεται στα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων. Η δήλωση των χρηστών (κυρίως γυναικών) ότι αισθάνονται και δροσερά πολλές φορές καταδεικνύει τη χρήση κλιματιστικών σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις προτεινόμενες.

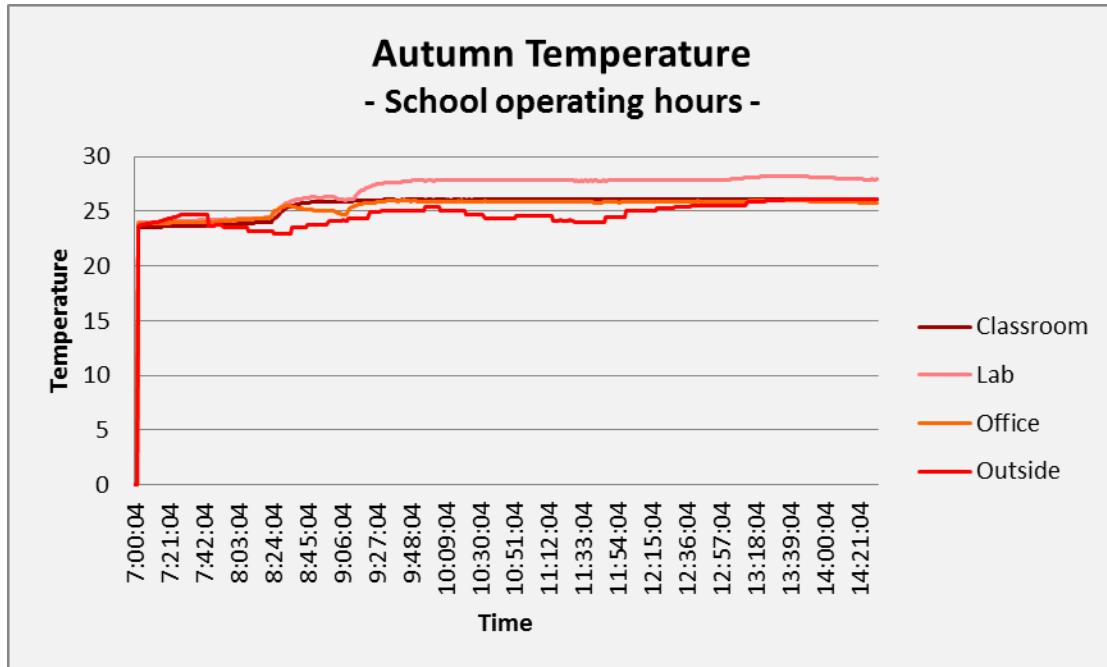


Διάγραμμα 149: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το καλοκαίρι.

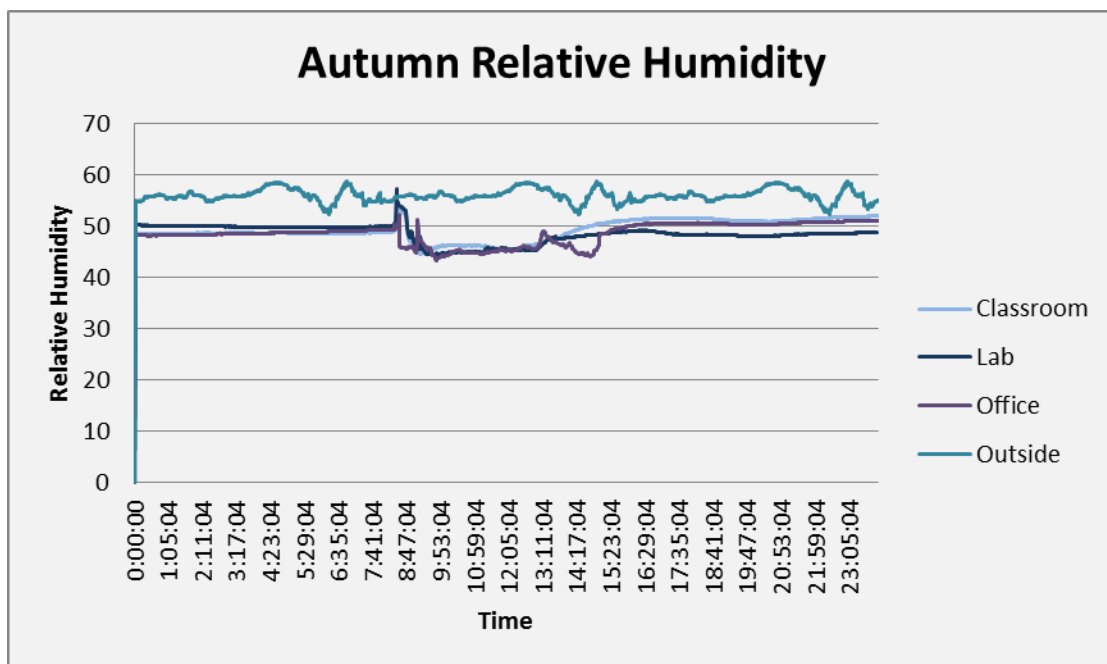
Φθινόπωρο



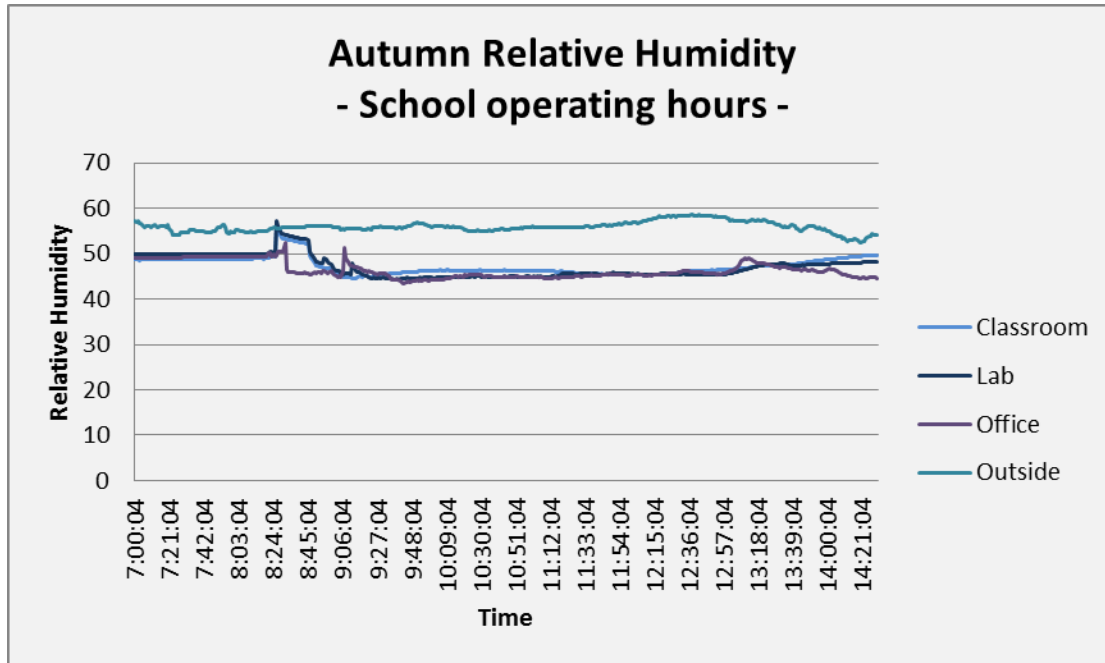
Διάγραμμα 150: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για 24 ώρες



Διάγραμμα 151: Θερμοκρασίες εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για το δώρο λειτουργίας του



Διάγραμμα 152: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για 24 ώρες



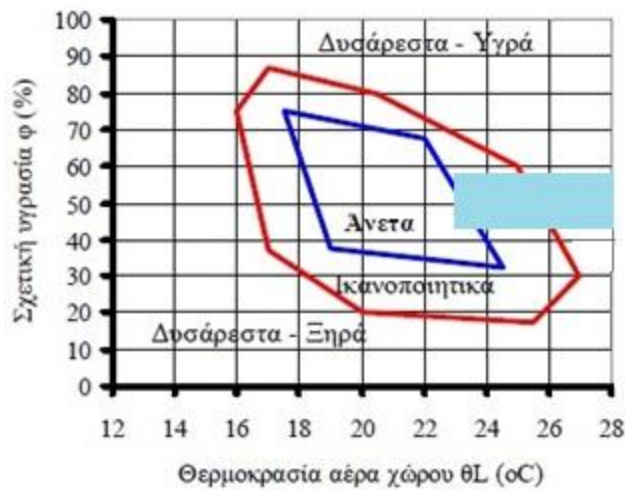
Διάγραμμα 153: Σχετική υγρασία εντός και εκτός σχολικού κτιρίου το φθινόπωρο για το δώρο λειτουργίας του

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το τέλος Σεπτεμβρίου. Καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας οι εξωτερικές συνθήκες του φθινοπώρου είναι παρόμοιες και μετά το μεσημέρι παρουσιάζεται μια αυξητική τάση των θερμοκρασιών. Παρόμοια τάση παρουσιάστηκε σε όλη τη διάρκεια των καταγραφών που έγιναν το φθινόπωρο με εξήγηση το δυτικό προσανατολισμό μερικών εξωτερικών μετρητών όπου κατά το απόγευμα η ακτινοβολία αυξάνεται και αυξάνονται και οι εξωτερικές θερμοκρασίες. Γενικά η θερμοκρασία κατά το φθινόπωρο είναι χαμηλότερη από τους καλοκαιρινούς μήνες αλλά υψηλότερη από τους ανοιξιάτικους. Ειδικά κατά το Σεπτέμβριο οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι αρκετά ψηλές. Στις μετρήσεις οι θερμοκρασίες καταγράφονται από το τέλος Σεπτεμβρίου μέχρι σχεδόν και τα μέσα Οκτωβρίου. Στους χώρους όπου έγιναν μετρήσεις οι χαμηλότερες παρουσιάζονται στην αίθουσα διδασκαλίας και τα γραφεία και οι ψηλότερες στο εργαστήριο υπολογιστών. Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και κυρίως τον Οκτώβριο και το Νοέμβριο οι χρήστες δεν λειτουργούν τα κλιματιστικά και γι' αυτό το λόγο υπάρχουν παρόμοιες θερμοκρασίες εντός και εκτός του κτιρίου. Στις συνεντεύξεις όμως που πάρθηκαν από τους χρήστες διαφάνηκε ότι το μήνα Σεπτέμβριο τα κλιματιστικά λειτουργούν σχεδόν καθημερινά καθώς οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλότερες από τους υπόλοιπους μήνες του φθινοπώρου. Οι θερμοκρασίες εντός σχολικών αιθουσών κυμαίνονται από 23 έως 28°C κατά τη διάρκεια των μαθημάτων. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες κυρίως μετά τις 8:30π.μ κυμαίνονται από 23

έως 26°C και είναι πολύ παρόμοιες με τις θερμοκρασίες εντός του κτιρίου. Οι αίθουσες δεν θερμαίνονται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες του χρόνου, με εξαίρεση μόνο κάποιες πολύ κρύες μέρες του Νοεμβρίου. Η απουσία θερμικής θωράκισης του κελύφους του κτιρίου διαφαίνεται στα διαγράμματα θερμοκρασίας κατά τους μήνες του φθινοπώρου όπου το κτίριο δεν κλιματίζεται. Οι θερμοκρασίες εντός και εκτός του κτιρίου έχουν μικρή σχετικά απόκλιση και συγκεκριμένα οι εσωτερικές υπερβαίνουν τις εξωτερικές από 1 έως 6°C κυρίως στις αίθουσες υπολογιστών όπου υπάρχουν αυξημένα θερμικά κέρδη. Οι εσωτερικές θερμοκρασίες βρίσκονται λίγο ψηλότερα από τα αποδεκτά όρια άνεσης (τα όρια χειμώνα 20-22°C και καλοκαιριού 25-26°C άρα του φθινοπώρου είναι παρόμοια με της άνοιξης και βρίσκονται στο ενδιάμεσο 22-25°C).

Η σχετική υγρασία βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα εξωτερικά και κυμαίνεται από 52 έως 59%. Εντός του κτιρίου η υγρασία κυμαίνεται από 42 έως 58% με παρόμοια ποσοστά σε όλες τις αίθουσες. Τα όρια άνεσης βάσει κανονισμών απέχουν από τις συνθήκες που παρουσιάζονται εντός σχολικού κτιρίου και αυτό προκαλεί αίσθημα δυσφορίας στους χρήστες.

Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και οι μετρήσεις που έγιναν συγκλίνουν το φθινόπωρο σε μεγάλο βαθμό. Οι χρήστες σε ποσοστό 40% δήλωσαν ότι αισθάνονται ουδέτερα άρα άνετα το φθινόπωρο και ίσιο ποσοστό δηλώνει ότι αισθάνεται από λίγο έως πολύ ζεστά. Το ποσοστό που δήλωσε ότι αισθάνεται ζέστη επαληθεύεται και από τις μετρήσεις θερμοκρασίας που έγιναν που σε αρκετές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα ανώτατα αποδεκτά όρια. Επίσης οι μερικώς αυξημένες εσωτερικές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την αυξημένη σχετική υγρασία αυξάνουν το αίσθημα ζέστης και εφίδρωσης κάνοντας τους χρήστες να αισθάνονται δυσφορία. Στο διάγραμμα 154 παρουσιάζονται οι συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο κατά το φθινόπωρο τις ώρες λειτουργίας του σχολείου. Επικρατούν συνθήκες μερικώς άνετες αλλά προκαλείται και δυσάρεστο αίσθημα, ζεστό και υγρό. Το ζεστό αίσθημα είναι έντονο κυρίως κατά το μήνα Σεπτέμβριο ενώ από τα μέσα Οκτωβρίου και μετά οι θερμοκρασίες μειώνονται αισθητά.



Διάγραμμα 154: Θερμική άνεση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας το φθινόπωρο.

9.4 Αποτελέσματα επαλήθευσης θερμικής άνεσης και συμπεράσματα

Βάσει της πιλοτικής μελέτης διαπιστώθηκε πως τα σχολικό κτίρια δεν προσφέρουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμικής άνεσης των χρηστών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και αυτό επαληθεύτηκε και στο παρόν στάδιο της έρευνας. Μέσα από τις μετρήσεις πεδίου και τους δείκτες άνεσης επιβεβαιώθηκαν οι μη ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης εντός του τυπικού σχολικού κτιρίου. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζονται στο εργαστήριο υπολογιστών όπου και υπάρχουν τα περισσότερα θερμικά κέρδη λόγω των Η/Υ. Τα θερμικά κέρδη μπορούν να συμβάλουν θετικά στη θέρμανση του χώρου το χειμώνα, το καλοκαίρι όμως προκαλούν αισθητή αύξηση θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δυσφορία γεγονός που επιβεβαίωσαν οι μαθητές και στην πιλοτική μελέτη. Οι καλύτερες συνθήκες επικρατούν στο γραφείο διοίκησης και αυτό οφείλεται στο μειωμένο αριθμό χρηστών σε αυτό και στην ύπαρξη κλιματισμού ψύξης-θέρμανσης. Στην αίθουσα διδασκαλίας επικρατούν παρόμοιες συνθήκες με το εργαστήριο υπολογιστών.

Κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών αισθάνεται δυσφορία και αυτό επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας που καταγράφηκαν κατά τις τέσσερες εποχές του χρόνου στο κτίριο. Οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών χώρων είναι μηδαμινές όταν δεν λειτουργεί κλιματισμός στους χώρους και αυτό οφείλεται στην έλλειψη θερμικής θωράκισης του κτιρίου.

Από την επαλήθευση επίσης προκύπτει διαφορά στην αίσθηση της θερμικής άνεσης μεταξύ των δύο φύλων κατά τις περιόδους κυρίως του χειμώνα και του καλοκαιριού. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες εντός του κτιρίου και οι χρήστες, ειδικά οι γυναίκες αισθάνονται κρύο. Επίσης φαίνεται ότι λόγω της αίσθησης κρύου οι χρήστες λειτουργούν τη θέρμανση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα μετά από ένα χρονικό διάστημα να νιώθουν ζέστη και όχι άνεση. Έτσι παρατηρείται ότι το χειμώνα η θερμοκρασία κυρίως στους χώρους διδασκαλίας υπερβαίνει τα αποδεκτά όρια γιατί οι θερμοστάτες βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία από την προτεινόμενη. Το γεγονός αυτό επιφέρει υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις χωρίς να επιφέρει τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης και πολλές φορές οι χρήστες αναγκάζονται να ανοίξουν τα παράθυρα για αερισμό προκαλώντας και πάλι συνθήκες δυσφορίας. Και τα δύο φύλα νιώθουν θερμικά άνετα στο χώρο κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου με ένα ποσοστό χρηστών, κυρίως ανδρών να νιώθει ελαφριά ζέστη. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι περισσότεροι χρήστες νιώθουν ζέστη με ένα μικρό ποσοστό των γυναικών να νιώθει ελαφριά δροσιά που πιθανόν οφείλεται στις ψηλές θερμοκρασίες που λειτουργεί το σύστημα του κλιματισμού κυρίως στα γραφεία και τα εργαστήρια. Το σχολείο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία μόνο κατά το μήνα Ιούνιο. Η διάφορα που προκύπτει μεταξύ των δύο φύλων οφείλεται στο διαφορετικό μεταβολισμό που έχουν καθώς έχουν διαφορετικό εμβαδόν επιφάνειας σώματος και διαφορετική αίσθηση του κρύου και της ζέστης. Επίσης αυτή η διαφορά οφείλεται και στο διαφορετικό είδος ένδυσης που έχουν και στη διαφορετική δραστηριότητα που πραγματοποιούν πολλές φορές.

Παρουσιάζεται ένας πίνακας ο οποίος συνοψίζει τα κυριότερα αποτελέσματα της έρευνας. Παρουσιάζονται οι δείκτες άνεσης PMV και PPD όπως εξήχθησαν από την έρευνα στους χρήστες του σχολείου για όλες τις εποχές του χρόνου. Παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες κάθε εποχής όπως καταγράφηκαν από τους μετρητές θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι αναφορές γίνονται στα γενικά αποτελέσματα και δεν παρουσιάζονται διαχωρισμοί όπως φύλο κλπ. Επίσης παρουσιάζονται τα αποδεκτά όρια βάσει της οδηγίας TEE 2425/86 η οποία βασίζεται στα διεθνή πρότυπα ASHRAE και ISO και τέλος παρουσιάζεται και ο πιθανός λόγος των προβλημάτων άνεσης για την κάθε εποχή του χρόνου. Συνοπτικά το χειμώνα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εσωτερικές συνθήκες βρίσκονται εκτός των ορίων άνεσης. Την άνοιξη τα αποτελέσματα είναι μερικώς εντός των ορίων άνεσης ενώ το καλοκαίρι η

θερμοκρασία είναι πάνω από τα αποδεκτά όρια και αυτό προκαλεί δυσφορία. Το φθινόπωρο τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μερικώς εντός των ορίων άνεσης.⁵

Πίνακας 90: Κυριότερα αποτελέσματα θερμικής άνεσης

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ				
	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
PMV	-1.4	+0.6	+1.4	+1.1
PPD	43.35%	13.3%	43.34%	26.7%
Θερμοκρασία εσ.	19~26°C	21~27°C	27~35°C	23~28°C
Υγρασία	50~60%	40~65%	35~46%	42~58%
Όρια άνεσης TEE 2425/86	Θ: 20-22°C Σ.Υ.: 30 ~35% PMV: -1 ~ +1	Θ: 22-25°C Σ.Υ.: 35~45% PMV: -1 ~ +1	Θ: 25-26°C Σ.Υ.: 45~50% PMV: -1 ~ +1	Θ: 22-25°C Σ.Υ.: 35~45% PMV: -1 ~ +1
	<u>Εκτός:</u> Χωρίς χρήση θέρμανσης κάτω από τα όρια, με θέρμανση πάνω από τα όρια. Διπλάσια ποσότητα σχετικής υγρασίας.	<u>Μερικώς εντός:</u> Θερμοκρασία εντός ορίων με μερική απόκλιση από το άνω όριο. Υγρασία περισσότερη από την προτεινόμενη.	<u>Εκτός:</u> Η θερμοκρασία είναι πάνω από τα αποδεκτά όρια. Η υγρασία κάτω από τα όρια.	<u>Μερικώς εντός:</u> Θερμοκρασία για μεγάλο διάστημα εντός ορίων με κάποια απόκλιση από το άνω όριο. Υγρασία περισσότερη από την προτεινόμενη.
Πιθανοί λόγοι προβλημάτων άνεσης	Μη θερμομονωμένο κτίριο. Υψηλή θερμοκρασία θερμοστατών.	Μη θερμομονωμένο κτίριο. Εσωτερικές θερμοκρασίες παρόμοιες με εξωτερικές.	Μη θερμομονωμένο κτίριο. Μη αποδοτικός αερισμός. Σημ: Οι μετρήσεις έγιναν Ιούνιο (ήπιος καλοκαιρινός μήνας).	Μη θερμομονωμένο κτίριο. Εσωτερικές θερμοκρασίες παρόμοιες με εξωτερικές.

⁵ Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου έχουν γίνει δεκτά για δημοσίευση ως: M. C. Katafygiotou, D.K. Serghides, “Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus”, Article in Press in Sustainable Cities and Society Journal, (Published Online).

Βιβλιογραφία 9^ο κεφαλαίου

- [1] Gaglia A.G., Balaras C.A., Mirasgedis S., Georgopoulou E., Sarafidis Y., Lalas D.P. (2007) Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, *Energy Conversion and Management*.
- [2] European Commission. (2002). Directive 2002/91/EC of the european parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, 4, L1.
- [3] ΤΕΕ ΕΝΔΥΚΝΥΟΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ (ΤΟΤΕΕ 2425/86).
- [4] ΤΕΚΤΟ HELLAS, Επιστημονική αρθρογραφία, «Θερμική άνεση και θερμική αδράνεια», http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=58&Itemid=356 (ανάκτηση 10 Ιανουαρίου 2012).
- [5] Occupational Safety and Health Administration. Retrieved 08/20, 2013, from <https://www.osha.gov/pls/publications/publication.html>
- [6] P.O.Fanger, (1970). *Thermal Comfort*, McGraw-Hill Book Company, New York,
- [7] Papadopoulos A.M., Oxizidis S., Papandritsas G. (2008) Energy, economic and environmental performance of heating systems in Greek buildings, *Energy & Buildings*.
- [8] ISO (1994). *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPP indices and specification of the conditions for thermal comfort ISO 7730*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [9] «ASHRAE Handbook – Heating, Ventilating and Air-Conditioning Systems and Equipment» (2008), «American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.».
- [10] Everitt, B., & Skrondal, A. (2002). *The Cambridge dictionary of statistics* Cambridge University Press Cambridge.

Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις

Σκοπός της διατριβής ήταν η μελέτη του κτιριακού αποθέματος σχολείων στην Κύπρο με στόχο την εύρεση και ιεράρχηση βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Αναλύονται εις βάθος όλοι οι παράμετροι που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση αλλά και την εσωτερική θερμική άνεση σε σχολεία των τριών κλιματικών περιοχών της Κύπρου, τα παράλια, την ενδοχώρα και τα ορεινά. Η μελέτη διαχωρίζει τα σχολικά κτίρια κυρίως βάσει του κλίματος της περιοχής που εδράζονται δίνοντας λύσεις και τεχνικές για ενεργειακή αναβάθμιση.

Αρχικά έγινε μελέτη και καταγραφή του σχολικού κτιριακού αποθέματος μέσης εκπαίδευσης στην Κύπρο. Η έρευνα για συλλογή στοιχείων διεξήχθη μέσω ερωτηματολογίων, επιτόπου επισκέψεων και τηλεφωνικών συνεντεύξεων. Στάλθηκαν ερωτηματολόγια και στα 156 σχολεία μέσης εκπαίδευσης και κατηγοριοποιήθηκαν πληροφορίες στη βάση δεδομένων που αφορούν το 75% του σχολικού αποθέματος. Από την καταγραφή διαφάνηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων στην Κύπρο εδράζεται στα παράλια και από το 1974 μέχρι και το 2000 χτίστηκαν τα περισσότερα σχολεία στην Κύπρο. Η λιγότερη κατανάλωση παρουσιάζεται στα νεότερα σχολεία. Όσον αφορά τα δομικά τους χαρακτηριστικά τα περισσότερα σχολεία είναι συνήθως διώροφα με ορθογώνιο ή Π σχήμα. Επικρατέστεροι είναι οι βόρειοι και νότιοι προσανατολισμοί. Όλα τα σχολεία έχουν εξωτερική αυλή και προτιμάται επίσης ο εξωτερικός κύριος διάδρομος. Ελάχιστα σχολεία έχουν θερμομόνωση σε οροφή ή/και τοιχοποιία, όπως επίσης και διπλούς υαλοπίνακες. Οι καταναλώσεις των σχολείων είναι αυξημένες με μέση συνολική ενεργειακή κατανάλωση $62,75\text{kWh/m}^2/\text{yr}$, εκ των οποίων οι $24,17\text{kWh/m}^2/\text{yr}$ χρησιμοποιούνται για ηλεκτρισμό και οι $38,39\text{kWh/m}^2/\text{yr}$ για θέρμανση. Μέσα από την καταγραφή και την ανάλυση των δεδομένων εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά στοιχεία των τυπικών σχολικών κτιρίων ανά κλιματική περιοχή και οι καταναλώσεις που επικρατούν σε παράλια, ενδοχώρα και ορεινά. Τα τυπικά σχολικά κτίρια θα βοηθήσουν στη συνέχεια της έρευνας αλλά και σε μελλοντικές μελέτες καθώς οι εφαρμογές και τα αποτελέσματα προσομοιώσεων τους ανταποκρίνονται στον ευρύτερο σχολικό τομέα.

Στη συνέχεια και πριν ενδιατρίψει η έρευνα σε τρία τυπικά σχολικά κτίρια εφαρμόστηκε πιλοτική μελέτη σε εννιά σχολικά κτίρια τα οποία επιλέχθηκαν με την απλή μέθοδο του ευρύτερου δείγματος. Επιλέχθηκαν τρία σχολεία ανά κλιματική περιοχή και η πιλοτική

μελέτη χωρίστηκε σε δύο μέρη. Την ενεργειακή τους μελέτη και την μελέτη εσωτερικής άνεσης. Στο πρώτο μέρος τα αποτελέσματα των ενεργειακών προσομοιώσεων έδειξαν ότι η ποιότητα δόμησης των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο, ακόμη και αυτών που κτίστηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, χρήζει αναβάθμισης και υπάρχουν πολύ μεγάλα περιθώρια βελτίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Συνοπτικά η ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων δεν υπερβαίνει την κλάση Δ. Επίσης παράδοξο ήταν το συμπέρασμα ότι ενώ τα σχολεία στην Κύπρο δε λειτουργούν κατά την καλοκαιρινή περίοδο, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος συνεχίζει να υφίσταται και μάλιστα σε πολύ ψηλά επίπεδα, όπως φάνηκε στις πραγματικές τελικές καταναλώσεις. Συμπεραίνεται από την πιλοτική μελέτη ότι υπάρχουν τεράστια περιθώρια βελτίωσης και θα πρέπει να γίνουν πιο επισταμένες μελέτες ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων στη συνέχεια.

Στο δεύτερο μέρος της πιλοτικής μελέτης εξετάζεται η εσωτερική περιβαλλοντική άνεση των μαθητών στα σχολικά κτίρια των τριών κλιματικών περιοχών. Η γενική εικόνα κατατάσσεται σε επίπεδο λίγο ψηλότερα από το μέτρια. Παρουσιάζονται μη ικανοποιητικές θερμικές συνθήκες στα σχολικά κτίρια και των τριών κλιματικών περιοχών. Λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών που επικρατούν το καλοκαίρι παρουσιάζονται έντονες συνθήκες δυσφορίας ακόμη και στις ορεινές περιοχές της Κύπρου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η μεγάλη αίσθηση κρύου όχι μόνο στις ορεινές περιοχές καταδεικνύει τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ανεπάρκεια των παλαιών συστημάτων θέρμανσης και από τις απώλειες θερμότητας λόγω μη θερμομόνωσης των σχολείων. Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι μερικές μέρες του χειμώνα οι θερμοκρασίες εντός των αιθουσών διδασκαλίας είναι τόσο υψηλές που είτε ανοίγουν τα παράθυρα για αερισμό είτε οι μαθητές φοράνε πιο καλοκαιρινά ρούχα. Αυτό το γεγονός οφείλεται κυρίως στη λανθασμένη χρήση των συστημάτων θέρμανσης στα σχολικά κτίρια τα οποία ρυθμίζονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, από τον κεντρικό διακόπτη χωρίς να υπολογίζονται τα εσωτερικά κέρδη εντός των αιθουσών ή τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία λόγω προσανατολισμού. Αναφορικά με την οπτική άνεση η έρευνα έδειξε ότι πολλές φορές δημιουργείται θάμβωση στον πίνακα διδασκαλίας και οι καθηγητές προτιμούν να αποφύγουν το φυσικό φωτισμό με το κλείσιμο των κουρτινών και να χρησιμοποιήσουν τεχνητό φωτισμό με αποτέλεσμα περισσότερες καταναλώσεις ρεύματος. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η δήλωση πολλών μαθητών ότι εάν λειτουργήσει ο τεχνητός φωτισμός κάποια στιγμή, τότε αυτός δεν απενεργοποιείται παρά μόνο όταν θα λήξει η σχολική μέρα. Ανησυχητικό είναι επίσης το γεγονός ότι μαζί με τη θερμική δυσφορία προβλήματα παρουσιάζονται και στην ακουστική άνεση αλλά και στα

επίπεδα σκόνης στην ατμόσφαιρα. Η ικανοποίηση είναι κάτω του μετρίου ή στην καλύτερη περίπτωση μέτρια και αυτοί οι τρεις παράγοντες επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα εσωτερικής άνεσης στα σχολικά κτίρια κτίρια.

Σημαντικά ήταν επίσης τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης από τη σύγκριση των σχολικών κτιρίων της έρευνας βάσει της ενεργειακής τους κατάταξης και της εσωτερικής τους άνεσης. Κατά πλειοψηφία παρουσιάστηκαν καλύτερες εσωτερικές συνθήκες άνεσης στα σχολεία που είχαν καλύτερη ενεργειακή κατηγοριοποίηση. Αυτό ίσως δηλώνει ότι τα κτίρια καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια μόνο εάν υπάρχουν καλύτερες τεχνικές δόμησης και εσωτερικής άνεσης λόγω παθητικού σχεδιασμού. Σε ένα κτίριο όπου καμία πρόνοια εσωτερικής άνεσης και βιοκλιματικού σχεδιασμού δεν εφαρμόζεται, εκτός του ότι θα είναι ενεργοβόρο, αποδείχτηκε ότι και τα συστήματα ψύξης ή θέρμανσης δεν μπορούν να φέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα άνεσης.

Μετά από τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά τη συλλογή δεδομένων και την πιλοτική έρευνα η διατριβή συνεχίζει με τη βιοκλιματική ανάλυση των τριών κλιματικών περιοχών ώστε να βρεθούν οι κατάλληλες στρατηγικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα διαφαίνεται άμεσα η αναγκαία βιοκλιματική ανάλυση της κάθε κλιματικής ζώνης ξεχωριστά. Με την υιοθέτηση των κατάλληλων στρατηγικών τα μεγαλύτερα ποσοστά άνεσης επιτυγχάνονται κατά μέσο όρο στην ενδοχώρα, έπειτα στα παράλια και τέλος στα ορεινά. Έκπληξη ίσως αποτελεί το γεγονός ότι σε καμία από τις τρεις κλιματικές περιοχές της Κύπρου δεν χρειάζεται μηχανική ψύξη για δροσισμό, νοούμενου ότι θα ακολουθηθούν όλες οι παθητικές τεχνικές που προτείνονται στους χάρτες. Παθητικές τεχνικές δροσισμού όπως ο δροσισμός με εξάτμιση, η αυξημένη θερμική μάζα και ο νυχτερινός κυρίως αερισμός. Στις παράλιες περιοχές λόγω αυξημένης υγρασίας παρατηρείται και η ανάγκη αφύγρανσης με μηχανικά μέσα έτσι ώστε μηδενιστεί η δυσφορία. Και οι τρεις κλιματικές περιοχές έχουν ανάγκες για σκίαση με τα παράλια να παρουσιάζουν τις υψηλότερες ανάγκες κατά μέσο όρο το χρόνο. Αξιολόγηση γίνεται και στις ανάγκες για υγρασία που είναι ελάχιστες και αναγκαίες κυρίως στην ενδοχώρα. Οι ορεινές περιοχές της Κύπρου δεν παρουσιάζουν ανάγκες ψύξης, ούτε κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Αντίθετα όσον αφορά τις ανάγκες για θέρμανση και ηλιακή ακτινοβολία οι ορεινές περιοχές παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις. Τις λιγότερες απαιτήσεις παρουσιάζουν οι παράλιες περιοχές. Μηχανική θέρμανση χρειάζονται κυρίως τα ορεινά και σε μικρότερο βαθμό οι περιοχές της ενδοχώρας. Στα παράλια μπορούν να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης μόνο με

παθητικά συστήματα θέρμανσης. Σε όλες τις κλιματικές περιοχές η προώθηση και η αξιοποίηση του ηλιασμού κατά τους θερινούς μήνες και η αποφυγή της αποβολής του θερμικού φορτίου είναι απαραίτητες στρατηγικές κατά τους χειμερινούς μήνες. Η αποτύπωση και η ανάλυση των βιοκλιματικών χαρτών αποδεικνύει ότι τα ποσοστά ενέργειας που καταναλώνονται σε κλιματισμό μπορούν να μειωθούν στο ελάχιστο με τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας.

Στη συνέχεια της μελέτης συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των βιοκλιματικών χαρτών, τα οποία αφορούν τις ανάγκες ηλιασμού, με τις μετρήσεις και τα δεδομένα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου για αξιολόγηση της επάρκειας της ηλιακής ακτινοβολίας, στις τρεις κλιματικές περιοχές. Αποδεικνύεται ότι οι ανάγκες θέρμανσης ικανοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τις απολαβές ηλιακής ακτινοβολίας. Στα παράλια η ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει τις απαιτούμενες ανάγκες για θέρμανση τους περισσότερους μήνες και κατά τους χειμερινούς μήνες, κυρίως τις μεσημβρινές ώρες, οι απολαβές είναι υψηλότερες των αναγκών και μπορούν με αποθήκευση να αξιοποιούνται σε όλο το διάστημα μιας μέρας. Στην ενδοχώρα πρόβλημα υπάρχει ουσιαστικά μόνο κατά το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο όπου θα χρειαστεί και μηχανική θέρμανση τις ημέρες αιχμής. Στα ορεινά και συγκεκριμένα στον Πρόδρομο οι μήνες Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και Μαρτίου έχουν ανάγκες πολύ περισσότερες από $560\text{W}/\text{m}^2$ και χρειάζεται μηχανική θέρμανση γιατί οι ηλιακές απολαβές δεν είναι αρκετές. Δεν γνωρίζουμε το ακριβές ποσό θέρμανσης που χρειάζονται τα ορεινά για να επικρατήσουν συνθήκες άνεσης γι' αυτό γίνεται μια προβολή και εκτίμηση αποτελεσμάτων.

Εντοπίστηκε επίσης η ανάπτυξη μιας νέας απλοποιημένης τεχνικής, κατάλληλης για την προκαταρκτική μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων, είναι απαραίτητη και επιτεύχθηκε σε αυτό το στάδιο της διατριβής. Στόχος ήταν η εύρεση ενός εύκολου και εύχρηστου τρόπου υπολογισμού των παθητικών αναγκών για θερμική άνεση αποφεύγοντας τη χρήση των βιοκλιματικών χαρτών τουλάχιστον κατά την αρχική φάση σχεδιασμού του κτιρίου. Πολλοί τύποι εξισώσεων μελετήθηκαν προκειμένου να παρουσιαστούν οι κατάλληλες πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού που θα αντικαθιστούσαν αξιόπιστα τους χάρτες. Μέσα από επεξεργασία των βιοκλιματικών χαρτών και εφαρμογή τους σε πολλές περιοχές, δημιουργήθηκαν οι βιοφόρμουλες ή «Bioforms», οι οποίες μπορούν να αντικαταστήσουν τον ποσοτικό βιοκλιματικό χάρτη των Olgays δίνοντας ακριβή

αποτελέσματα των παθητικών αναγκών για βιοκλιματική αρχιτεκτονική στις τρεις κλιματικές ζώνες ή περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες.

Έχοντας πλέον εντοπίσει τις καταλληλότερες στρατηγικές ενεργειακής απόδοσης η έρευνα συνεχίζεται με προσομοιώσεις ενός τυπικού σχολείου μέσης εκπαίδευσης ανά κλιματική περιοχή της Κύπρου με στόχο την εύρεση και ιεράρχηση των βέλτιστων τεχνικών ενεργειακής εξοικονόμησης. Επιλέχθηκαν τρία σχολικά κτίρια των οποίων τα χαρακτηριστικά τους ταυτίζονται με τα χαρακτηριστικά των τυπικών σχολικών κτιρίων στην κάθε κλιματική περιοχή. Έτσι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μπορούν αντιπροσωπεύουν το γενικότερο σχολικό απόθεμα του νησιού. Μελετήθηκαν περισσότερα από εξήντα σενάρια προσομοίωσης ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων τα οποία παρουσιάζουν αξιόλογα αποτελέσματα. Παράλια και ενδοχώρα παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα, ενώ έντονη διαφοροποίηση παρουσίασαν οι ορεινές περιοχές. Αναλυτικά σε παράλια και ενδοχώρα οι αποδοτικότερες τεχνικές αφορούν σε πρώτο λόγο στην ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων κλιματισμού και έπειτα της θερμομόνωσης των κτιρίων. Συγκεκριμένα το βέλτιστο σενάριο φαίνεται να είναι η αντικατάσταση των αυτοτελών μονάδων για ψύξη με ανεμιστήρες οροφής. Η εξοικονόμηση είναι τεράστια και το κόστος ελάχιστο έως και ανύπαρκτο. Αυξημένη εξοικονόμηση σε παράλια και ενδοχώρα παρουσιάζει και η θερμομόνωση της οροφής. Είναι αποδοτικότερη από τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας και αρκετά οικονομικότερη γεγονός που την καθιστά μια από τις βέλτιστες λύσεις. Η δυτική όψη φαίνεται να αποδίδει καλύτερα όταν θερμομονωθεί στα παράλια και την ενδοχώρα. Επισημαίνεται ότι σε όλες τις κλιματικές περιοχές η θερμομόνωση αποδίδει πολύ ικανοποιητικά σε πάχος 3 εκατοστών. Μεγαλύτερο πάχος μειώνει την κατανάλωση αλλά σε δυσανάλογο βαθμό συγκριτικά με το κόστος.

Συνεχίζοντας με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων στις ορεινές περιοχές διαφαίνεται ότι είναι εξίσου σημαντική η αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού και η θωράκιση του κελύφους η οποία θεωρείται άκρως απαραίτητη και για σκοπούς άνεσης. Η μόνωση της οροφής δεν αρκεί στα ορεινά και η συνολική θωράκιση τοιχοποιίας και οροφής είναι απαραίτητη για την ικανοποιητική απόδοση των κτιρίων. Δύο σημαντικές διαφορές με τις άλλες κλιματικές περιοχές είναι πρώτον ότι οι διπλοί υαλοπίνακες φαίνεται να είναι αποδοτικοί κυρίως στα ορεινά, ενώ σε παράλια και ενδοχώρα δεν αποφέρουν σημαντικές μειώσεις καταναλώσεων. Κατά δεύτερον ενώ σε παράλια και ενδοχώρα η κάθετη σκίαση

είναι απαραίτητη για την ενεργειακή απόδοση και άνεση ενός κτιρίου, στα ορεινά με μη ορθή χρήση μπορεί να αποβεί και αρνητική.

Το σημαντικότερο ίσως συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι ότι ο συνδυασμός μερικών από τις τεχνικές που μελετήθηκαν μπορεί να επιφέρει εξοικονομήσεις μέχρι και 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των σχολείων και με την εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως φωτοβολταϊκών συλλεκτών μπορούν τα σχολικά κτίρια να μειώσουν στο ελάχιστο τις καταναλώσεις τους. Σε πολλές περιπτώσεις τα σενάρια ενεργειακής ανακαίνισης και οι αποδόσεις των σχολικών κτιρίων συμπίπτουν με αποδόσεις σχολικών κτιρίων άλλων μελετών που έγιναν σε χώρες με παρόμοια κλιματικά δεδομένα, γεγονός που διασφαλίζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας επαληθεύονται στο τελευταίο μέρος της διατριβής με στόχο την αξιοπιστία των ευρημάτων. Για την επαλήθευση επιλέγεται το Γυμνάσιο Νεάπολης, το οποίο ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του τυπικού σχολείου της Κύπρου. Αρχικά τα ενεργειακά αποτελέσματα επαληθεύονται προσομοιώνοντας το Γυμνάσιο Νεάπολης με τη χρήση ενός επιπλέον λογισμικού, του Energy Plus. Τα αποτελέσματα των λογισμικών iSBEMcy και Energy Plus έχουν απόκλιση ως προς τους απόλυτους αριθμούς ενεργειακών καταναλώσεων αλλά συγκλίνουν στις εξοικονομήσεις που επιφέρουν κοινά σενάρια αναβάθμισης του σχολικού κτιρίου. Τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας με την προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή ή την εξωτερική τοιχοποιία του σχολείου είναι παρόμοια και στα δύο λογισμικά. Επίσης το λογισμικό Energy Plus δίνει αποτελέσματα πολύ κοντινά με τις πραγματικές καταναλώσεις γεγονός που επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του και κατά συνέπεια την επαλήθευση των ευρημάτων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται επαλήθευση των αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης της πιλοτικής μελέτης με στοιχεία από επιτόπου μετρήσεις και έρευνα μέσω ερωτηματολογίων βασισμένη στους δείκτες θερμικής άνεσης. Η επαλήθευση αποδεικνύει τις ότι οι συνθήκες θερμικής άνεσης στα σχολικά κτίρια είναι ικανοποιητικές την άνοιξη και μερικώς το φθινόπωρο αλλά κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού επικρατεί δυσφορία. Επίσης συμπεραίνεται ότι η χρήση της θέρμανσης το χειμώνα είναι λανθασμένη γεγονός που επιφέρει αρχικά την υπερθέρμανση των χώρων και στη συνέχεια την ανάγκη αερισμού με αποτέλεσμα τις θερμικές απώλειες και την αίσθηση κρύου σε όσους κάθονται κοντά σε ανοίγματα. Έτσι το ένα λάθος επιφέρει το επόμενο με αποτέλεσμα υψηλές καταναλώσεις και κακές θερμικές συνθήκες στα σχολικά κτίρια.

Τα αποτελέσματα της μελέτης καθώς και η μεθοδολογία που προτείνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αξιοπιστία και σε χώρες με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα τις χώρες της Μεσογείου. Τα αποτελέσματα είναι χρήσιμα και καινοτόμα για την ευρύτερη διεθνή ερευνητική κοινότητα και μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνες.

Συμπέρασμα της διατριβής είναι ότι τα οφέλη τα οποία θα προκύψουν από την εξοικονόμηση ενέργειας στα σχολικά κτίρια είναι πολλά. Θα απελευθερωθούν οικονομικοί πόροι και θα βελτιωθεί και η εσωτερική άνεση των σχολικών κτιρίων. Επιπλέον εξίσου σημαντικό είναι και το περιβαλλοντικό και κοινωνικό όφελος από τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, CO₂. Η ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων μπορεί να λειτουργήσει σαν προπομπός και παράδειγμα στην κοινωνία και επίσης να δημιουργήσει την απαραίτητη περιβαλλοντική συνείδηση στους αυριανούς ενεργούς πολίτες της κοινωνίας. Σε μελλοντική έρευνα στόχος είναι να γίνουν οι κατάλληλες οικονομοτεχνικές μελέτες ώστε να διαφανούν οι βέλτιστοι συνδυασμοί τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης. Επίσης μελέτες χαρτογράφησης της ενεργειακής απόδοσης των σχολικών μονάδων της Κύπρου θα μπορούσε να βοηθήσει στην ιεράρχηση των σχολείων με άμεσες ανάγκες, δίνοντας ξεκάθαρη εικόνα στους υπεύθυνους για την πορεία ενεργειακής αναβάθμισης που θα πρέπει να ακολουθήσουν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

I. Υλικό και άδεια συλλογής στοιχείων των σχολικών κτιρίων μέσης εκπαίδευσης

ΜΕΡΟΣ Α - ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

I. Στοιχεία Σχολείου

ΟΝΟΜΑ
ΣΧΟΛΕΙΟΥ: _____

ΠΟΛΗ: _____ ΕΠΑΡΧΙΑ: _____ ΤΗΛΕΦΩΝΟ: _____

EMAIL: _____ ΟΝΟΜΑΤ ΕΠΩΝΥΜΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: _____

II. Στοιχεία Τύπου και Λειτουργίας Σχολείου

ΤΥΠΟΣ ΣΧΟΛΕΙΟΥ: ΔΗΜΟΣΙΟ ΙΔΙΩΤΙΚΟ
 ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΛΥΚΕΙΟ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ: _____

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ: _____

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ: _____

ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: _____

ΜΗΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (παρακαλώ σημειώστε και τους μήνες που εργάζεται μόνο το διοικητικό προσωπικό):

ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΤΙΡΙΟΥ: ΚΡΑΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΟ

ΜΕΡΟΣ Β - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

1. ΕΤΟΣ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΟΥ (παρακαλώ αν έγιναν προσθήκες σημειώστε το έτος κατασκευής τους):

2. ΑΠΟ ΠΟΣΟΥΣ ΟΡΟΦΟΥΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ; _____

3. ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΠΕΡΙΠΟΥ ΤΟ ΥΨΟΣ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ; _____

4. ΕΜΒΑΔΟΝ ΣΧΟΛΕΙΟΥ (τετραγωνικά μέτρα, m²): _____

5. ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ: _____

6. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΑΝΑ ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ: _____

7. ΣΧΗΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ (παρακαλώ σημειώστε κάτω από το σχήμα):

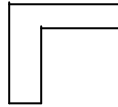
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ



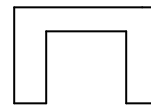
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ



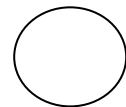
ΣΧΗΜΑ Γ



ΣΧΗΜΑ Π



ΚΥΚΛΙΚΟ



Παρακαλώ αναφέρετε αν υπάρχει εσωτερική ή εξωτερική αυλή: _____

8. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (π.χ. αν έχει σχήμα επίμηκες στον άξονα ανατολής-δύσης τότε έχει νότιο ή βόρειο προσανατολισμό, ανάλογα με το που βρίσκεται η πρόσοψη του): _____

9. ΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ: ΕΠΙΚΛΙΝΗΣ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ (ΣΤΕΓΗ)

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΟΡΟΦΗ (ΤΑΡΑΤΣΑ)

10. Ο ΚΥΡΙΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΕΙΝΑΙ: ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ

11. ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ: ΜΟΝΑΤΖΑΜΙΑ ΔΙΠΛΑΤΖΑΜΙΑ

12. ΥΠΑΡΧΕΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ; ΝΑΙ ΟΧΙ

13. ΑΝ ΝΑΙ ΣΕ ΠΙΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ:

ΟΡΟΦΗ ΔΑΠΕΔΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ
 ΑΛΛΟΥ

14. ΑΝΑΦΕΡΕΤΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΕΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ; _____

15. ΑΝΑΦΕΡΕΤΕ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ (π.χ. παραδοσιακή

πέτρα, τούβλα, τσιμεντοπλός): _____

16. ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΕ ΕΞΑΡΧΗΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΧΟΛΕΙΟΥ Ή ΟΧΙ; (Παρακαλώ σημειώστε την αρχική του χρήση): _____

17. ΕΓΙΝΕ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ; (Στατική ή Ενεργειακή αναβάθμιση; Αν έχουν γίνει και οι δυο αναβαθμίσεις ταυτόχρονα παρακαλώ σημειώστε το): _____

ΜΕΡΟΣ Γ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ι. Θέρμανση / Ψύξη

1. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ; ΝΑΙ ΟΧΙ

Θερμαίνονται όλοι οι χώροι του σχολείου; (παρακαλώ σημειώστε): _____

2. ΑΝ ΝΑΙ ΠΟΙΟΣ ΕΙΝΑΙ Ο ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ;

Κεντρική Θέρμανση Πετρελαίου Συσκευές Θέρμανσης Άλλο

3. ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ Ή ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΧΩΡΟ; _____

4. Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΕΙΝΑΙ:

≤ 5	6-10	11-15	16-20	21-25	>25
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Παρακαλώ σημειώστε τη συνολική ωφέλιμη ονομαστική ισχύ της κεντρικής θέρμανσης πετρελαίου (kW): _____

5. ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΥΠΑΡΧΕΙ:

Κεντρικό Σύστημα Αυτόνομες Μονάδες σε κάθε γραφείο

Παρακαλώ σημειώστε τη συνολική ονομαστική ισχύ (kW): _____

6. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ; ΝΑΙ ΟΧΙ

Ψύχονται όλοι οι χώροι του σχολείου; (παρακαλώ σημειώστε): _____

7. ΑΝ ΝΑΙ ΠΟΙΟΣ ΕΙΝΑΙ Ο ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ;

Κεντρικό Σύστημα Ψύξης Αυτόνομες Συσκευές Κλιματισμού Ψύξης

Παρακαλώ σημειώστε τη συνολική ονομαστική ισχύ (kW): _____

8. ΑΝ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΝΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ Ή ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΧΩΡΟ; _____

9. Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΨΥΞΗΣ ΕΙΝΑΙ:

≤ 5 6-10 11-15 16-20 21-25 >25

10. ΑΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΘΕΡΜΑΝΣΗ Ή/ΚΑΙ ΨΥΞΗ) ΣΗΜΕΙΩΣΤΕ:

Ενεργειακή Κλάση	A	B	C	D	E	F	G	Δεν Αναφέρεται
Αριθμός Μονάδων								

11. ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΤΟ ΙΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ; _____

II. Ζεστό Νερό

1. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ; (Αν ναι παρακαλώ σημειώστε το είδος συστήματος):

2. ΑΝ ΤΟ ΝΕΡΟ ΖΕΣΤΑΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΑΛΩ ΣΗΜΕΙΩΣΤΕ ΤΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ (m²):

III. Φωτισμός

1. ΤΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ (συμβατικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως, λαμπτήρες φθορισμού, φλορέντζες):

2. ΠΑΡΑΚΑΛΩ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ:

3. ΑΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΤΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΚΑΛΥΠΤΟΥΝ (%):

VI. Γραφειακός Εξοπλισμός

1. ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΝΔΕΙΞΗ "ENERGY STAR" ΣΤΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΓΡΑΦΕΙΟΥ:

2. ΑΝ ΝΑΙ ΤΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΓΡΑΦΕΙΑΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΛΥΠΤΕΙ (%):

ΜΕΡΟΣ Δ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

I. Πίνακας Μηνιαίων Ηλεκτρικών Καταναλώσεων (3 τελευταία σχολικά έτη)

2008-2009			2009-2010			2010-2011		
Περίοδος *	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)	Περίοδος *	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)	Περίοδος *	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)

*Περίοδος = Ανά διμηνία ή όπως αναγράφεται στο τιμολόγιο της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου

II. Πίνακας Μηνιαίων Καταναλώσεων Πετρελαίου ανά έτος

Μήνας	Καταναλώσεις Πετρελαίου Θέρμανσης (lt)			
	Έτος 2008	Έτος 2009	Έτος 2010	Έτος 2011
Ιανουάριος				
Φεβρουάριος				
Μάρτιος				
Απρίλιος				
Μάιος				
Ιούνιος				
Ιούλιος				
Αύγουστος				
Σεπτέμβριος				
Οκτώβριος				
Νοέμβριος				
Δεκέμβριος				
Σύνολο				

Παρατηρήσεις: Αναφέρατε εάν έχει προστεθεί/ αφαιρεθεί / αντικατασταθεί ηλεκτρικός εξοπλισμός ή κλιματιστικά συστήματα μεταξύ των αναγραφόμενων ετών. Αναφέρατε επίσης εάν υπήρξε αισθητή αύξηση ή μείωση του συνολικού χώρου του κτιρίου που χρησιμοποιείται ή αισθητή αύξηση ή μείωση προσωπικού / μαθητών.

ΜΕΡΟΣ Ε – ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

1. ΓΝΩΡΙΖΕΤΕ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ 2002/91/ΕΚ ΚΑΙ 2010/30/ΕΚ ΠΕΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ; (Σχολιάστε)
2. ΓΝΩΡΙΖΕΤΕ ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ);
3. ΘΑ ΘΕΛΑΤΕ ΝΑ ΕΚΔΟΘΕΙ ΕΝΑ «ΠΕΑ» ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΑΣ;
4. ΕΧΕΤΕ ΕΝΗΜΕΡΩΘΕΙ ΠΟΤΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤ' ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ;
5. ΑΝ ΝΑΙ ΑΠΟ ΠΟΙΟΝ;
6. ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΑΠΟΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΑΣ (αν ναι να γίνει αναφορά);
7. ΘΑ ΑΦΙΕΡΩΝΑΤΕ ΧΡΟΝΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΓΙΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ;
8. ΕΠΙΘΥΜΕΙΤΕ ΝΑ ΓΙΝΟΥΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ / ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΑΣ;
9. ΑΝ ΝΑΙ ΣΑΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΕΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ;
10. ΕΙΣΤΕ ΔΙΑΤΕΘΕΙΜΕΝΟΙ ΝΑ ΑΛΛΑΞΕΤΕ ΚΑΠΟΙΕΣ ΠΑΓΙΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Σχολιάστε) ;



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Αρ. Φακ.: 7.15.06.15.2
Αρ. Τηλ.: 22800630/631
Αρ. Φαξ: 22428268
E-mail: circularsec@schools.ac.cy

10 Οκτωβρίου 2011

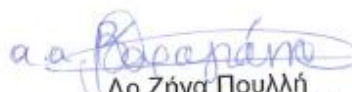
Κυρία
Μάρθα Καταφυγιώτου
Αγίας Φυλάξεως 34
3025 Λεμεσός

Θέμα: Παραχώρηση άδειας για διεξαγωγή έρευνας

Αναφορικά με τη σχετική με το πιο πάνω θέμα αίτησή σας στο Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας και Αξιολόγησης, ημερομηνίας 29/9/2011, πληροφορείστε ότι το αίτημά σας για διεξαγωγή έρευνας, με θέμα «*Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων εκπαιδευτικών κτιρίων*», στα πλαίσια έρευνας στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, εγκρίνεται. Νοείται ότι θα λάβετε υπόψη τις εισηγήσεις του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας και Αξιολόγησης οι οποίες επισυνάπτονται, και θα τηρήσετε τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

1. θα εξασφαλίσετε τη συγκατάθεση των Διευθυντών των σχολείων τα οποία θα συμμετάσχουν στην έρευνα,
2. η συμμετοχή των μαθητών και του εκπαιδευτικού και διοικητικού προσωπικού των σχολείων θα είναι προαιρετική,
3. θα εξασφαλίσετε τη συγκατάθεση των γονέων των μαθητών και του εκπαιδευτικού και διοικητικού προσωπικού των σχολείων που θα συμμετάσχουν στην έρευνα,
4. δε θα επηρεασθεί ο διδακτικός χρόνος και η ομαλή λειτουργία των σχολείων για τη διεξαγωγή της έρευνας,
5. θα χειριστείτε τα στοιχεία των συμμετεχόντων με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλιστεί πλήρως η ανωνυμία τους, και τέλος,
6. τα αποτελέσματα της έρευνας θα κοινοποιηθούν στο Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

Ευχόμαστε καλή επιτυχία στους ερευνητικούς σας σκοπούς.


Δρ Ζήνα Πουλλή
Διευθύντρια Μέσης Εκπαίδευσης

II. Ερωτηματολόγιο εσωτερικής άνεσης TENNERGY Project



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Γενικές Πληροφορίες

Φύλο:

- Θήλυ
- Άρρεν

Ηλικία: _____

Υπηκοότητα:

- Χώρα Εταίρων → Κυπριακή
- Άλλη

Περιεχόμενα

1. Στοιχεία Σχολείου
2. Γενικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του σχολείου
3. Θερμική Άνεση
4. Οπτική άνεση
5. Ακουστική Άνεση
6. Ασφάλεια και υγεία
7. Ψυχική και Σωματική ευεξία
8. Προτάσεις

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Όνομα Σχολείου: _____

Καθηγητής: Όνομα _____ E-mail: _____

Όροφος της τάξης: _____

Αριθμός ή αναφορά τάξης: _____ (Σημειώνεται μια φορά σε ένα ερωτηματολόγιο κάθε σχολείου από τον καθηγητή, απαραίτητος ο προσανατολισμός της αίθουσας και το είδος της αίθουσας π.χ. αν είναι συνήθης αίθουσα διδασκαλίας ή εργαστήριο)

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

(Θα χαρακτηριστούν σε: Ανεπαρκή, Μέτρια, Επαρκή και Καλή Κατάσταση)

Φωτισμός
 Θερμοκρασία
 Ακουστική (Ησυχία)
 Κατάσταση του κτιρίου
 Η ποιότητα των χώρων και των επίπλων
 Διαθέσιμος Χώρος ανά άτομο
 Άλλοι χώροι (τουαλέτες, αποδυτήρια, κλπ.)
 Καθαρισμός και συντήρηση

3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Α) Στην τάξη σας νιώθετε κρύο το χειμώνα;

___ ΚΑΘΟΛΟΥ ___ ΛΙΓΟ ___ ΠΟΛΥ

β) Στην τάξη σας αισθάνεστε ζέστη το καλοκαίρι;

___ ΚΑΘΟΛΟΥ ___ ΛΙΓΟ ___ ΠΟΛΥ

Γ) Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η τάξη είναι πολύ ζεστή και μερικοί από τους μαθητές φοράνε μόνο φανέλες;

___ ΚΑΝΕΝΑΣ ΔΕΝ ΦΟΡΑΕΙ ___ ΟΡΙΣΜΕΝΟΙ ΦΟΡΑΝΕ ___ ΠΟΛΛΟΙ ΦΟΡΑΝΕ

Δ) Το χειμώνα κρατάμε τα παράθυρα ανοιχτά γιατί έχει πολύ ζέστη στην τάξη:

___ ΠΟΤΕ ___ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ ___ ΠΑΝΤΑ

Ε) Το χειμώνα ΚΑΙ το καλοκαίρι τα παντζούρια από τα παράθυρα είναι κλειστά κατά τη διάρκεια των μαθημάτων;

___ ΠΟΤΕ ___ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ ___ ΠΑΝΤΑ

4. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Α) Στην τάξη σας πρέπει να ανάβουν τα φώτα, ακόμη και αν υπάρχει ηλιοφάνεια έξω;

___ ΠΟΤΕ ___ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ ___ ΠΑΝΤΑ

Β) Στο σχολείο σας υπάρχει αυτόματο σύστημα τεχνητού φωτισμού;

___ ΝΑΙ ___ ΟΧΙ

Γ) Το φυσικό φως που φθάνει στο θρανίο σας είναι :

___ ΕΚΤΥΦΛΩΤΙΚΟ ___ ΔΕΝ ΣΑΣ ΑΡΚΕΙ
 ___ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ ΣΚΙΑ ___ ΕΙΝΑΙ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ

Δ) Στις αίθουσες διδασκαλίας τα φώτα ανάβουν:

_____ ΠΑΝΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ _____ ΜΟΝΟ ΑΝ ΧΡΕΙΑΣΤΕΙ

Ε) Στην τάξη τα φώτα σβήνουν:

_____ ΠΑΝΤΑ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ
 _____ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ
 _____ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΒΗΣΤΑ ΑΝ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΟΝΤΑΙ
 _____ ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ ΠΟΙΟΣ ΤΑ ΣΒΗΝΕΙ

ΣΤ) Τηλεόραση, υπολογιστές και άλλα είδη εξοπλισμού:

_____ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΗΘΩΣ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΑ
 _____ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΠΑΝΤΑ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ

5. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Α) Στην τάξη σας, μπορείτε να ακούσετε θορύβους που έρχονται από το έξω;
 (Δρόμο, αυλή ...)

_____ ΠΟΤΕ _____ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ _____ ΠΑΝΤΑ

Β) Εάν ναι, αυτοί οι θόρυβοι είναι:

___ ΠΟΛΥ ΔΥΝΑΤΟΙ ___ ΔΥΝΑΤΟΙ ___ ΣΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΝ ΕΝΟΧΛΟΥΝ

Γ) Στην τάξη σας, μπορείτε να ακούτε τους θορύβους που προέρχονται από το εσωτερικό του κτιρίου (άλλες αίθουσες διδασκαλίας, διάδρομοι, κ.α.)

_____ ΠΟΤΕ _____ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ _____ ΠΑΝΤΑ

Δ) Εάν ναι, αυτοί οι θόρυβοι είναι:

___ ΠΟΛΥ ΔΥΝΑΤΟΙ ___ ΔΥΝΑΤΟΙ ___ ΣΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΝ ΕΝΟΧΛΟΥΝ

Ε) Μέσα από την τάξη η φωνή του δασκάλου μπορεί να ακουστεί

_____ ΟΧΙ ΠΟΛΥ ΚΑΛΑ _____ ΜΕΤΡΙΑ _____ ΚΑΛΑ

ΣΤ) Εάν δεν μπορείτε να ακούσετε τον καθηγητή πολύ καλά είναι γιατί:

_____ Η ΦΩΝΗ ΔΕΝ ΦΘΑΝΕΙ ΜΕΧΡΙ ΤΟΝ ΜΑΘΗΤΗ
 _____ ΥΠΑΡΧΕΙ ΗΧΩ
 _____ Η ΦΩΝΗ ΚΑΛΥΠΤΕΤΑΙ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΘΟΡΥΒΟΥΣ

6. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Πώς κρίνετε τα επίπεδα ασφάλειας και υγείας μέσα στο σχολικό κτίριο αναφορικά με τα πιο κάτω:

(Θα χαρακτηριστούν σε: Ανεπαρκή, Μέτρια, Επαρκή και Καλή Κατάσταση)

- Ηλεκτρική ενέργεια
- Φωτισμός
- Θόρυβος
- Θερμοκρασία
- Σκόνη
- Χρήση Υπολογιστών και βίντεο
- Απαγόρευση καπνίσματος

7. ΨΥΧΙΚΗ ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΕΥΕΞΙΑ

Κατά τους τελευταίους μήνες έχεις πάθει κάτι από τα ακόλουθα;

(Θα χαρακτηριστούν σε: Συνεχώς, Πολύ συχνά, Μερικές φορές, Ποτέ)

- Πονοκέφαλος και δυσκολίες στη συγκέντρωση
- Ναυτία
- Οπτικές δυσκολίες λόγω κούρασης ματιών
- Αναπνευστικά προβλήματα, άσθμα
- Συχνά κρυολογήματα

(Θα χαρακτηριστεί σε: Ανεπαρκή, Μέτρια, Επαρκή και Καλή)

-Νιώθεις συνεχή και ολική άνεση

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

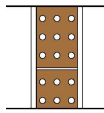
Ποια είναι τα πλέον επείγοντα ζητήματα προς επίλυση στο σχολείο σας;

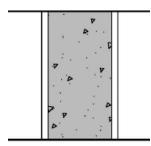
- Σύστημα θέρμανσης ώστε να βελτιωθεί η εσωτερική άνεση το χειμώνα
- Σύστημα ψύξης για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού χώρου το καλοκαίρι
- Αλλαγή παράθυρων και σκιάστρων κατά της αντανάκλασης και της υπερθέρμανσης
- Συστήματα φωτισμού, ώστε να βελτιωθεί η οπτική ποιότητα
- Ποιότητα του αέρα (καλοκαίρι ή/και χειμώνα)
- Ασφάλεια και υγεία μέσα στο σχολικό κτίριο
- Άλλες προτάσεις: _____

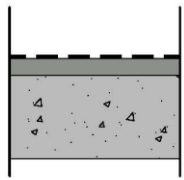
III. Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης και προτεινόμενων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης τυπικών σχολείων

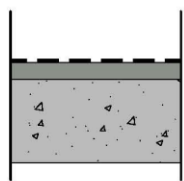
Γυμνάσιο Νεάπολης-Υφιστάμενη κατάσταση δομικών στοιχείων

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας και θερμοχωρητικότητας τοιχοποιίας, οροφής και δαπέδων

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από το ύβλο πάχους 25cm.					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα C_p [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	1000	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας C_m kJ/m²K
Rsi (m^2K/W)		0.130					
Rse (m^2K/W)		0.040		1.389			120
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα $U= 3,4 W/m^2K$. Αυτό καταδεικνύει μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου, τη μηδενική συντήρηση και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα πάχους 30cm (Κολώνες - Δοκοί- Τοιχία)					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα C_p [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	2300	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας C_m kJ/m²K
Rsi (m^2K/W)		0.130					
Rse (m^2K/W)		0.040		3.042			217.5
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα $U= 3,7 W/m^2K$. Αυτό καταδεικνύει ελαφρώς μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή 30cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	1100	1.00	
2	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	2000	1.00	
3	Σκυρόδεμα C30	0.245	2.300	0.107	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m ² K	
Rsi (m ² K/W)		0.100		3.275		230	
Rse (m ² K/W)		0.040		3.275		230	
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα U= 3,52 W/m ² K.					

Περιγραφή κατασκευής		Ενδιάμεσο πάτωμα οροφής- 30 cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμικά	0.020	1.300	0.015	2300	0.84	
2	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.080	1.350	0.059	2000	1.00	
3	Σκυρόδεμα C30	0.200	2.300	0.087	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m ² K	
Rsi (m ² K/W)		0.170		1.994		230	
Rse (m ² K/W)		0.170		1.994		230	
Σημειώσεις		Ο υπολογισμός γίνεται μόνο θεωρητικά και βιβλιογραφικά.					

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας πατωμάτων σε επαφή με το έδαφος υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο CYS EN ISO 13370:1998. Για αυτούς τους υπολογισμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά χαρακτηριστικά του εδάφους που δίνονται για την κάθε περιοχή παίρνοντας το μέσο όρο σε βάθος ίσο με το πλάτος του κτιρίου και για κανονικές συνθήκες υγρασίας για την κάθε περιοχή. Σε περίπτωση που ο τύπος του εδάφους δεν είναι γνωστός τότε να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές: $\lambda=2.0 \text{ W/(m.K)}$. $\rho_c=2.0 \cdot 10^6 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$.

Για όλους τους τύπους πατώματος η χαρακτηριστική διάσταση B' δίνεται από την εξίσωση:

$$B' = A/0,5P \text{ (m)}$$

A: το εμβαδόν του πατώματος

P: η περίμετρος του θερμαινόμενου κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον

Στη συνέχεια U_0 υπολογίζεται από την:

$$dt = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \text{ (m)}$$

dt: συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος (m)

w: το πάχος των εξωτερικών τοίχων (m)

R_f : είναι η θερμική αντίσταση των στρωμάτων του πατώματος από μονωτικό υλικό.

αν $dt < B'$ δηλαδή αν το πάτωμα είναι μέτρια ή καθόλου μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_0 υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$U_0 = 2\lambda / (\pi B' + dt) * (\ln (\pi B' / dt + 1))$$

αν $dt \geq B'$ δηλαδή αν το πάτωμα είναι καλά μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_0 υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$U_0 = \lambda / (0,457 * B' + dt)$$

Στην περίπτωση του σχολικού αυτού κτιρίου η θερμοπερατότητα του δαπέδου σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται ως εξής:

$$B' = 3234,24 / 0,5 * 841,98 = 7,68 \text{ m}$$

$$dt = 0,25 + 2(0,17 + 0 + 0,04) = 0,67 \text{ m} \quad \rightarrow dt < B'$$

$$U_0 = 2 * 2 / (\pi * 7,68 + 0,67) * (\ln (\pi * 7,68 / 0,67 + 1)) = \underline{0.582 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}$$

Υπολογισμός θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (ανοιγόμενων, συρόμενων ή σταθερών) υπολογίζεται αριθμητικά με τη μέθοδο που περιγράφεται στο πρότυπο EN ISO 10077-1:2006. Εναλλακτική μέθοδος στην αριθμητική είναι η πειραματική μέθοδος μέτρησης ολόκληρου του κουφώματος (παραθύρου ή θύρας) με βάση το πρότυπο CYS EN ISO 12567-1:2000.

Ο υπολογισμός του U_w δίνει με μεγάλη ακρίβεια τις απώλειες των παραθύρων. Ο τύπος υπολογισμού του U_w είναι ο ακόλουθος:

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g * \Psi_g) / A_w$$

Όπου

U_f = Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πλαισίου στο κούφωμα. (U_{frame})

A_f = Το εμβαδό του προφίλ του πλαισίου κουφώματος. (Αφαιρούμε από το συνολικό εμβαδό του κουφώματος το εμβαδό του τζαμιού).

U_g = Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του τζαμιού (U_{glass})

A_g = Το εμβαδό του τζαμιού

Ψ_g = Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του κενού ανάμεσα στα τζάμια

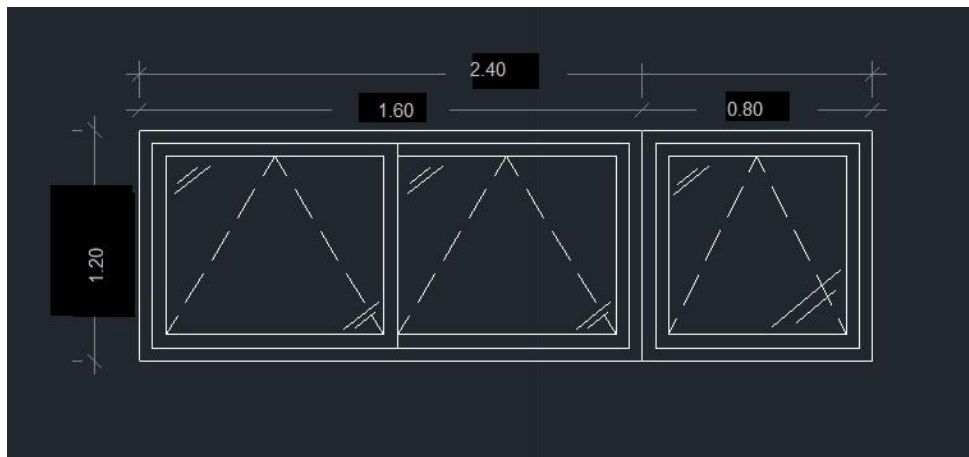
l_g = Όλο το μήκος περιμετρικά των τζαμιών

A_w = Επιφάνεια όλου του κουφώματος

ΥΛΙΚΟ	U
Πλαίσιο με συμβατικό προφίλ αλουμινίου	7
Πλαίσιο με θερμοδιακοπτόμενο προφίλ αλουμινίου	2,2~4,3
Τζάμι μονό πάχους 5mm	5,8
Τζάμι μονό πάχους 10mm	5,6
Τζάμι διπλό απλό (5mm - 12mm - 4mm)	2,8
Τζάμι διπλό απλό (5mm - 16mm - 4mm)	2,7
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 12mm - 4mm)	1,6
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 16mm - 4mm)	1,3
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 16mm - 4mm) με argon	1,0

Στο κτίριο υπάρχουν τρία διαφορετικά μεγέθη παραθύρων και οι συντελεστές θερμοπερατότητας τους υπολογίζεται στη συνέχεια.

Παράθυρο 1: 1,2 x 2,40



$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από πιστοποιητικό δοκιμών)

$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από πιστοποιητικό δοκιμών)

$$A_w = 1,20 \times 2,40 = 2,88 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,55 \times 0,7 \times 3 = 1,155 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 1,725 \text{ m}^2$$

$$l_g = 6 \times 0,55 + 6 \times 0,7 = 7,5 \text{ m}$$

$\Psi_g = 0 \text{ W/mK}$ (μονός υαλοπίνακας)

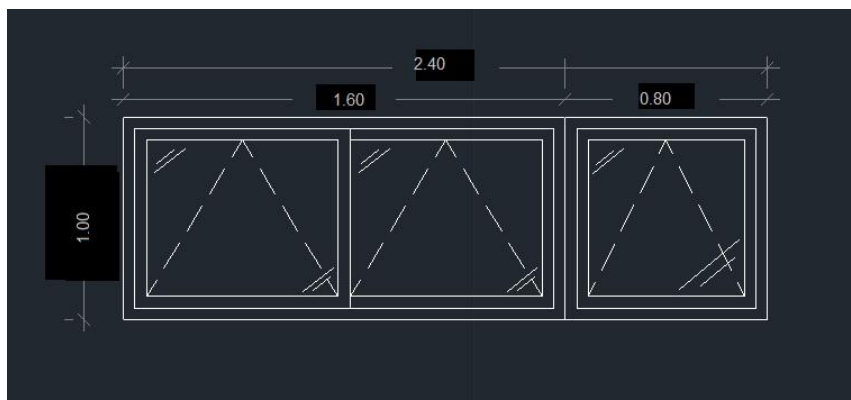
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 1,725 + 5,8 \times 1,155 + 7,5 \times 0) / 2,88 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 2: 1,0 x 2,40



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1,00 \times 2,40 = 2,40 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,45 \times 0,7 \times 3 = 0,945 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 1,455 \text{ m}^2$$

$$l_g = 6 \times 0,45 + 6 \times 0,7 = 6,9 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

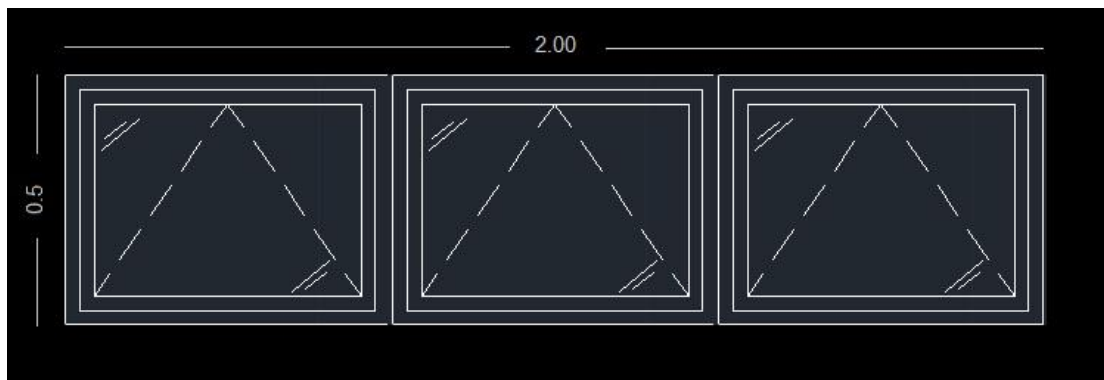
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 1,455 + 5,8 \times 0,945 + 6,9 \times 0) / 2,40 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 3: 0,5 x 2,00



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 0,50 \times 2,00 = 1,00 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,40 \times 0,6 \times 3 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,28 \text{ m}^2$$

$$l_g = 6 \times 0,4 + 6 \times 0,6 = 6 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

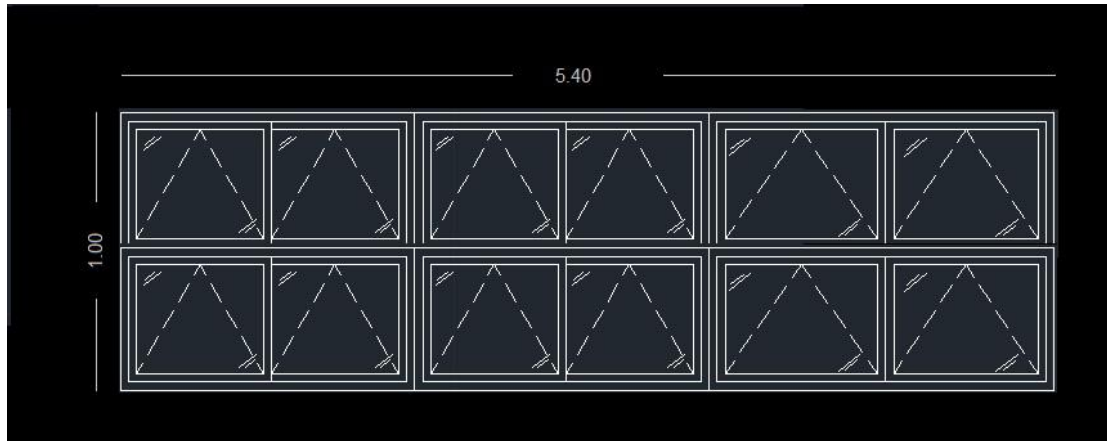
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0,28 + 5,8 \times 0,72 + 7,5 \times 0) / 1 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 4: 1,00 x 5.40 (κλειστό/σταθερό άνοιγμα εισόδου)



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 5,4 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0.40 \times 0.7 \times 12 = 3.36 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 2.04 \text{ m}^2$$

$$l_g = 26.4 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 2.04 + 5,8 \times 3.36 + 7,5 \times 0) / 5.4 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Πόρτα 1: 0.90x2.10 (τυπική αίθουσα διδασκαλίας):

$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_f = 1.05 \text{ m}^2$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_g = 0.84 \text{ m}^2$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

$$l_g = 3.8 \text{ m}$$

$$A_w = 1.89 \text{ m}^2$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 1.05 + 5.8 \times 0.84 + 3.8 \times 0) / 1.89 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Πόρτα 2: 1,80x2,10 (είσοδος κτιρίου)

$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_f = 2,52 \text{ m}^2$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_g = 1,26 \text{ m}^2$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK (μονός υαλοπίνακας)}$$

$$l_g = 6,4 \text{ m}$$

$$A_w = 3,78 \text{ m}^2$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 2,52 + 5,8 \times 1,26 + 6,4 \times 0) / 3,78 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Γυμνάσιο Νεάπολης – Υφιστάμενα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

Θέρμανση-ψύξη

Το γυμνάσιο Νεάπολης θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 2 λέβητες για θέρμανση χωρητικότητας 300lt και ισχύς 150 kW έκαστος. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 213 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Δεκέμβριο μέχρι και το Μάρτιο. Καταναλώνονται περίπου $5,3 \text{ m}^3 = 5269$ λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και δαπανούνται περίπου €4323,8. Θερμαίνονται $2021,3 \text{ m}^2$ άρα αναλογούν σε $2,6 \text{ lt/m}^2$. Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου $23 \sim 24 \text{ }^\circ\text{C}$ από υπεύθυνο τεχνικό εκτός σχολικού κτιρίου και δεν αλλάζει ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο σχολικό κτίριο.

Για ψύξη χρησιμοποιούνται 14 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 28kW και ψύχονται $516,5 \text{ m}^2$ κυρίως χώροι γραφείων και εργαστήρια Η/Υ. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο όταν το σχολείο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία. Λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα με θερμοκρασία δροσισμού να ανέρχεται στους 24°C .

Ζεστό νερό χρήσης

Για το ζεστό νερό υπάρχει ηλιακός θερμοσίφοντας με ηλιακά πλαίσια εμβαδού 5 m^2 , νότιου προσανατολισμού με 45° κλίση. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 4 ώρες τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα τη μέρα.

Φωτισμός

Όπως σε όλα τα σχολικά κτίρια της Κύπρου όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε όλο το σχολικό κτίριο έκτος από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα

Γραφειακός Εξοπλισμός

Στο κτίριο υπάρχουν έχει 55 υπολογιστές, 55 οθόνες εκ των οποίων 20 LCD, 10 εκτυπωτές, 10 σαρωτές, 2 φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, 2 ψυγεία και 3 μηχανές καφέ και σνακ.

Γυμνάσιο Νεάπολης προτεινόμενες ενεργειακές αναβαθμίσεις

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων με την προσθήκη θερμομόνωσης

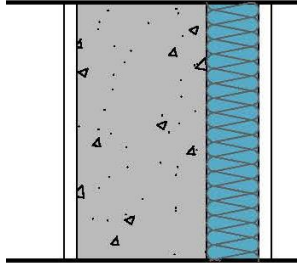
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 3 cm θερμομόνωση (28cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.130		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.581	
Σημειώσεις					

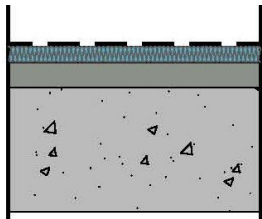
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 5cm θερμομόνωση (30cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130		0.419	
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 10cm θερμομόνωση (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130		0.247	
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κόλωνες-δοκοί με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κόλωνες-δοκοί με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα,κόλωνες-δοκοί θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Οροφή με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.100			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Οροφή με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.100		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.507	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Νεάπολης-Οροφή με θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.100		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.275	
Σημειώσεις					

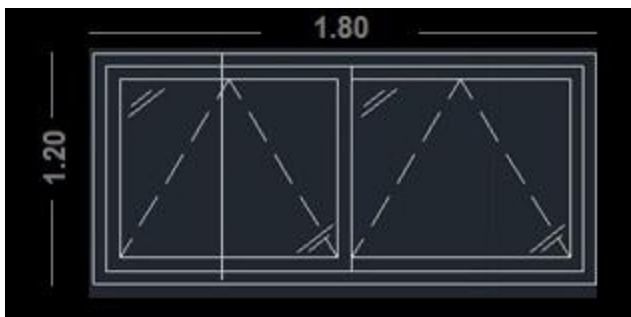
Αναβαθμίσεις υαλοπινάκων

A) Ο υπολογισμός του U_w δίνει με μεγάλη ακρίβεια τις απώλειες των παραθύρων. Ο τύπος υπολογισμού του U_w είναι ο ακόλουθος:

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g * \Psi_g) / A_w$$

Παράθυρο 1: 1.80 x 1.20

Τζάμι διπλό απλό (5mm - 12mm - 4mm)	2,8
-------------------------------------	-----



$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από πιστοποιητικό δοκιμών)

$U_g = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από πιστοποιητικό δοκιμών)

$A_w = 1.80 \times 1.20 = 2.16 \text{ m}^2$

$A_g = 1.10 \times 0.85 + 1.10 \times 0.4 \times 2 = 1.815 \text{ m}^2$

$A_f = A_w - A_g = 0.345 \text{ m}^2$

$l_g = 1.10 \times 4 + 0.85 + 0.4 \times 2 = 6.05 \text{ m}$

$\Psi_g = 0 \text{ W/mK}$ (μονός υαλοπίνακας)

Άρα

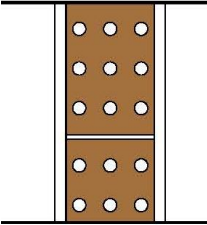
$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$

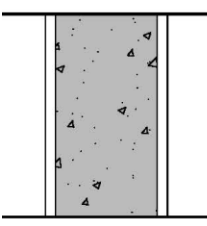
$U_w = (7 \times 0.345 + 2.8 \times 1.815 + 6.05 \times 0) / 2.16 \Rightarrow$

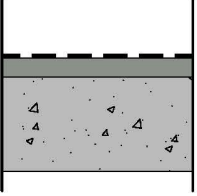
$U_w = 3,47 \text{ W/m}^2\text{K}$

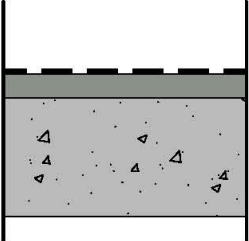
Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου- Υφιστάμενη κατάσταση

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από το ύβλο πάχους 25cm.					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	1000	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m²K
Rsi (m ² K/W)		0.130					
Rse (m ² K/W)		0.040					
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα U= 3,1 W/m ² K. Αυτό καταδεικνύει μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου τη μηδενική συντήρηση και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα πάχους 30cm (Κολώνες - Δοκοί- Τοιχία)					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	2300	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m²K
Rsi (m ² K/W)		0.130					
Rse (m ² K/W)		0.040					
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα U= 3,2 W/m ² K. Αυτό καταδεικνύει ελαφρώς μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή 30cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	1100	1.00	
2	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	2000	1.00	
3	Σκυρόδεμα C30	0.245	2.300	0.107	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m ² K	
Rsi (m ² K/W)		0.100					
Rse (m ² K/W)		0.040		3.275		230	
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν παρόμοιο αποτέλεσμα U= 3,3 W/m ² K.					

Περιγραφή κατασκευής		Πάτωμα οροφής- 30 cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμικά	0.020	1.300	0.015	2300	0.84	
2	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.080	1.350	0.059	2000	1.00	
3	Σκυρόδεμα C30	0.200	2.300	0.087	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m ² K	
Rsi (m ² K/W)		0.170					
Rse (m ² K/W)		0.170		1.994		230	
Σημειώσεις		Ο υπολογισμός γίνεται μόνο θεωρητικά και βιβλιογραφικά.					

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

Στην περίπτωση του σχολικού αυτού κτιρίου η θερμοπερατότητα του δαπέδου σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται ως εξής:

$$B' = 1357/0,5 \cdot 414 = 6,56m$$

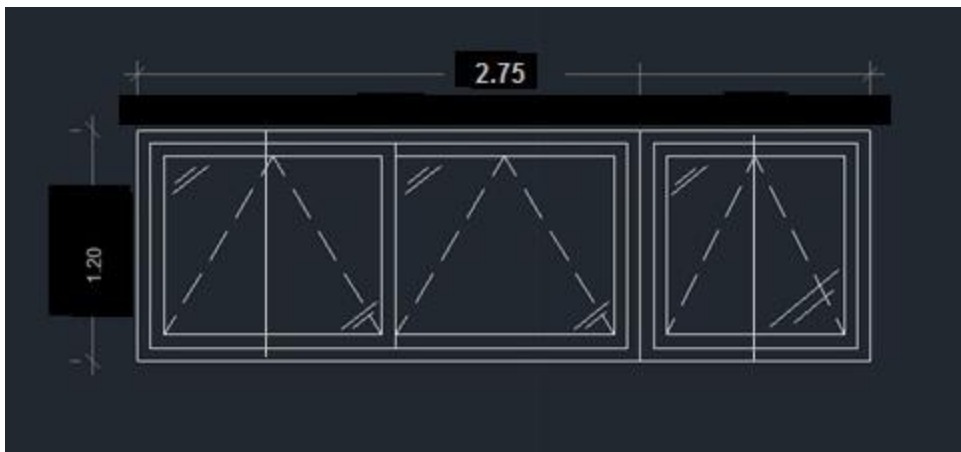
$$dt = 0,25 + 2(0,17 + 0 + 0,04) = 0,67m \quad \rightarrow dt < B'$$

$$U_o = 2 \cdot 2 / (\pi \cdot 6,56 + 0,67) \cdot (\ln(\pi \cdot 6,56 / 0,67 + 1)) = \underline{0,65 \text{ W}/(m^2 \cdot K)}$$

Υπολογισμός θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Στο κτίριο υπάρχουν έξι διαφορετικά μεγέθη υαλοπινάκων και οι συντελεστές θερμοπερατότητας τους υπολογίζεται στη συνέχεια. Για όλους τους μονούς υαλοπίνακες αντιστοιχούν T-ηλιακό=0,85 και L-ηλιακό= 0,9.

Παράθυρο 1: 1,2 x 2,75



$$U_f = 7 \text{ W}/m^2K \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W}/m^2K \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1,20 \times 2,75 = 3,3$$

$$A_g = 0,9 + 0,45 \times 4 = 2,7 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,6 \text{ m}^2$$

$$l_g = 3 \times 0,4 + 3,9 = 5,1 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W}/mK \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0,6 + 5,8 \times 2,7 + 5,1 \times 0) / 3,3 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,02 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 2: 2.80 x 1.20 m



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1,20 \times 2,80 = 3,36 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1,10 \times 0,30 \times 7 = 2,30 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 1,30 \text{ m}^2$$

$$l_g = 8 \times 1,1 + 7 \times 0,3 = 10,9 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

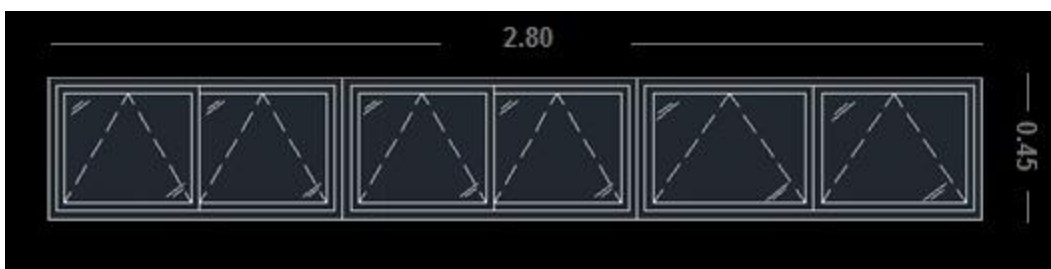
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 1,3 + 5,8 \times 2,3 + 10,9 \times 0) / 3,36 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,68 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 3: 2,8 x 2,45



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 2,8 \times 0,45 = 1,26 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,35 \times 0,46 \times 6 = 0,966 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,294 \text{ m}^2$$

$$l_g = 7 \times 0,35 + 6 \times 0,46 = 5,21 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0,294 + 5,8 \times 0,966 + 5,21 \times 0) / 1,26 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 4: 1.70 x 0.55



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1,7 \times 0,55 = 0,935 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,45 \times 0,45 \times 4 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,125 \text{ m}^2$$

$$l_g = 0,45 \times 5 + 0,55 \times 4 = 4,45 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK (μονός υαλοπίνακας)}$$

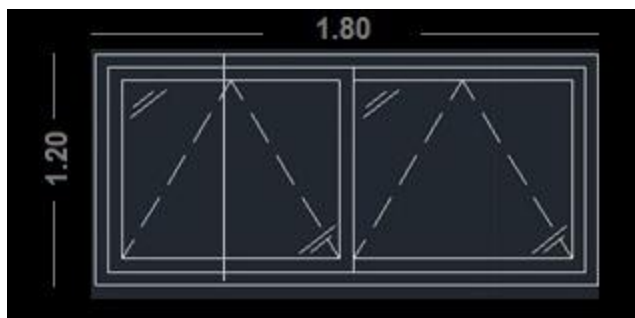
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0,125 + 5,8 \times 0,81 + 4,45 \times 0) / 0,935 \Rightarrow$$

$$U_w = 5,96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 5: 1.80 x 1.20



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1.80 \times 1.20 = 2.16 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1.10 \times 0.85 + 1.10 \times 0.4 \times 2 = 1.815 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0.345 \text{ m}^2$$

$$l_g = 1.10 \times 4 + 0.85 + 0.4 \times 2 = 6.05 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

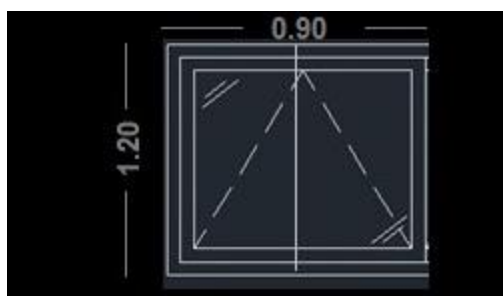
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.345 + 5.8 \times 1.815 + 6.05 \times 0) / 2.16 \Rightarrow$$

$$U_w = 6.0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 6: 0.90 x 1.20



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1.20 \times 0.90 = 1.08 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1.10 \times 0.36 \times 2 = 0.792 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0.288 \text{ m}^2$$

$$l_g = 1.10 \times 3 + 0.90 = 4.2 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.288 + 5.8 \times 0.792 + 4.2 \times 0) / 1.08 \Rightarrow$$

$$U_w = 6.12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Πόρτα 1: 1.0 x 2.20 (τυπική αίθουσα διδασκαλίας με ποσοστό υαλοστασίου > 40%):

$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_f = 0.31 \text{ m}^2$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_g = 1.89 \text{ m}^2$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

$$l_g = 6 \text{ m}$$

$$A_w = 2.20 \text{ m}^2$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.31 + 5.8 \times 1.89 + 6.0 \times 0) / 2.2 \Rightarrow$$

$$U_w = 5.97 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου- Υφιστάμενα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα*Θέρμανση-ψύξη*

Το γυμνάσιο Αγίου Δομετίου θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχουν 2 λέβητες για θέρμανση χωρητικότητας 300lt και ισχύς 160 και 220kW έκαστος. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 558 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου $7,1 \text{ m}^3=7100$ λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και δαπανούνται περίπου €5826,33. Θερμαίνονται 2026m^2 άρα αναλογούν σε $3,5 \text{ lt/m}^2$. Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 έως 25 °C από υπεύθυνο τεχνικό εκτός σχολικού κτιρίου και δεν αλλάζει ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο σχολικό κτίριο.

Για ψύξη χρησιμοποιούνται 10 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 42kW και ψύχονται $315,5\text{m}^2$ κυρίως χώροι γραφείων. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο όταν το σχολείο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία. Λειτουργούν περίπου 6 ώρες τη μέρα με θερμοκρασία δροσισμού να ανέρχεται στους 24°C.

Ζεστό νερό χρήσης

Για το ζεστό νερό τρεις ταχυθερμαντήρες ηλεκτρικού ρεύματος ισχύς 3kW. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα τη μέρα.

Φωτισμός

Όπως σε όλα τα σχολικά κτίρια της Κύπρου όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε όλο το σχολικό κτίριο έκτος από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα

Γραφειακός Εξοπλισμός

Στο κτίριο υπάρχουν έχει 55 υπολογιστές, 55 οθόνες εκ των οποίων 20 LCD, 10 εκτυπωτές, 10 σαρωτές, 2 φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, 2 ψυγεία και 3 μηχανές καφέ και σνακ.

Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου- Προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 3 cm θερμομόνωση (28cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 5cm θερμομόνωση (30cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130			
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 10cm θερμομόνωση (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.130			
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κόλωνες-δοκοί με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.130			
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κώλυνες-δοκοί με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.130		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.501	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κώλυνες-δοκοί θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.130		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.273	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Οροφή με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.100			
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Οροφή με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.100			
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου-Οροφή με θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.100		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.275	
Σημειώσεις					

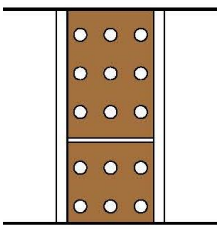
Αναβάθμιση υαλοπινάκων

Βλ. αναβάθμιση υαλοπινάκων Γυμνασίου Νεάπολης

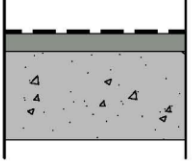
Γυμνάσιο Αγρού- Υφιστάμενη κατάσταση

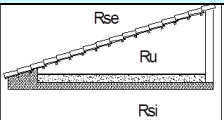
Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων


Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από πέτρα 40cm.					Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m^3)	Ειδική θερμότητα C_p [$kJ/(kgK)$]	
1	Πέτρα (πορώδης βραχώπετρα)	0,4	0,85	0,470	1500	1	
2	Ασβεστοεπίχρισμα	0,02	0,8	0,025	1600	1	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας C_m $kJ/m^2 K$	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)			
Rse (m^2K/W)		0.040		1,5			
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα $U=3,1 W/m^2K$. Αυτό καταδεικνύει μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου τη μηδενική συντήρηση και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο πάχους 25cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	1000	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m²K
Rsi (m ² K/W)		0.130					
Rse (m ² K/W)		0.040					
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα U= 3,3 W/m ² K. Αυτό καταδεικνύει μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου τη μηδενική συντήρηση και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα πάχους 30cm (Κολώνες - Δοκοί- Τοιχία)					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m ³)	Ειδική θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	2300	1.00	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	1800	1.00	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)			Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m²K
Rsi (m ² K/W)		0.130					
Rse (m ² K/W)		0.040					
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν δυσμενέστερο αποτέλεσμα U= 3,2 W/m ² K. Αυτό καταδεικνύει ελαφρώς μεγαλύτερες απώλειες παρότι ορίζει η βιβλιογραφία και οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου και τις αλλοιώσεις των υλικών.					

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή 30cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα C_p [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	1100	1.00	
2	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	2000	1.00	
3	Σκυρόδεμα C30	0.245	2.300	0.107	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας C_m kJ/m²K	
Rsi (m^2K/W)		0.100		3.275		230	
Rse (m^2K/W)		0.040		3.275		230	
Σημειώσεις		Στις επιτόπου μετρήσεις με το όργανο U-Value calculator τα αποτελέσματα κατέδειξαν παρόμοιο αποτέλεσμα $U = 3,3 W/m^2K$.					

Περιγραφή κατασκευής		Κεκλιμένη Οροφή 30cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμότητα C_p [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμίδια	0.015	1	0.015	2300	0.84	
2	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.017		1	
3	Επίχρισμα	0.025	1	0.025	1800	1	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα 2%	0.200	2.3	0.087	2300	1	
5	Επίχρισμα	0.025	1	0.025	1800	1	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας C_m kJ/m²K	
Rsi (m^2K/W)		0.100		1.963		218	
Rse (m^2K/W)		0.040		1.963		218	
Σημειώσεις		Ο υπολογισμός γίνεται μόνο θεωρητικά και βιβλιογραφικά.					

Περιγραφή κατασκευής		Πάτωμα οροφής- 30 cm					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m²K/W)	Πυκνότητα ρ(kg/m³)	Ειδική Θερμότητα Cp [kJ/(kgK)]	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμικά	0.01	1.300	0.015	2300	0.84	
2	Επίχρισμα	0.025	1	0,25	1800	1	
3	Σκυρόδεμα C30	0.200	2.300	0.087	2300	1.00	
Ροή Θερμότητας		Κατακόρυφα		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)		Συντελεστής Θερμοχωρητικότητας Cm kJ/m²K	
Rsi (m²K/W)		0.170					
Rse (m²K/W)		0.170		2,176		220	
Σημειώσεις		Ο υπολογισμός γίνεται μόνο θεωρητικά και βιβλιογραφικά.					

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

Στην περίπτωση του σχολικού αυτού κτιρίου η θερμοπερατότητα του δαπέδου σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται ως εξής:

$$B' = 1472 / 0,5 * 300 = 9,81m$$

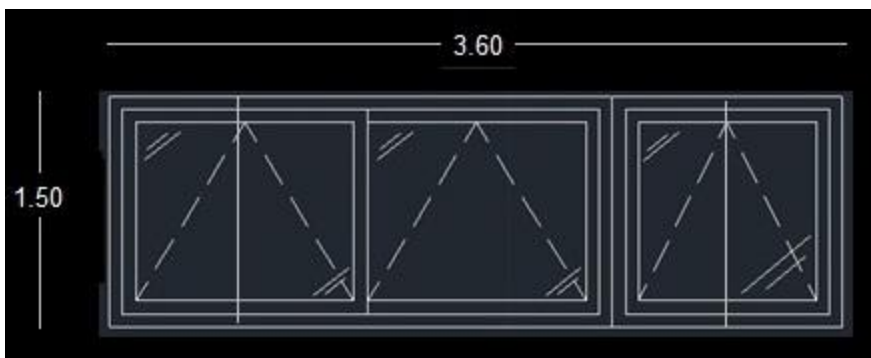
$$dt = 0.33 + 2(0,17 + 0 + 0,04) = 0.54m \rightarrow dt < B'$$

$$U_o = 2 * 2 / (\pi * 9,81 + 0,54) * (\ln (\pi * 9,81 / 0,54 + 1)) = \underline{0.37 W/(m^2 \cdot K)}$$

Υπολογισμός θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Στο κτίριο υπάρχουν έξι διαφορετικά μεγέθη υαλοπινάκων και οι συντελεστές θερμοπερατότητας τους υπολογίζεται στη συνέχεια. Για όλους τους μονούς υαλοπίνακες αντιστοιχούν T-ηλιακό=0,85 και L-ηλιακό= 0,9.

Παράθυρο 1: 1.5 x 3.6



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1.50 \times 3,60 = 5.4 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1.1 \times 1.3 \times 3 = 4.3 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 1.1 \text{ m}^2$$

$$l_g = 6 \times 1.3 + 1.1 \times 3 = 11.1 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

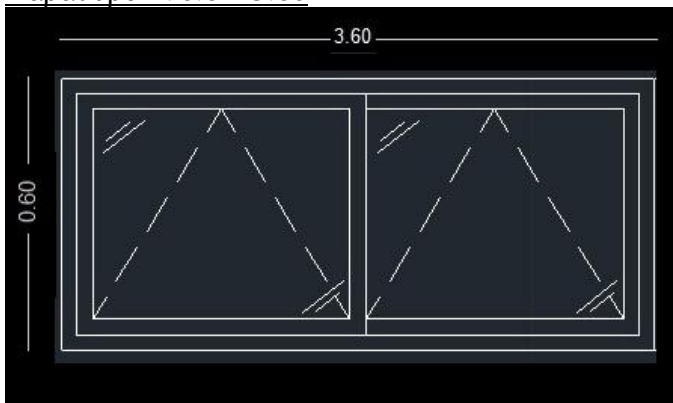
Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 1.1 + 5.8 \times 4.3 + 11.1 \times 0) / 5.4 \Rightarrow$$

$$U_w = 6,04 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 2: 0.6 x 3.60



$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 0.60 \times 3.60 = 2.16 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0.5 \times 1.70 \times 2 = 1.7 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0.46 \text{ m}^2$$

$$l_g = 0.5 \times 4 + 1.7 \times 4 = 8.8 \text{ m}$$

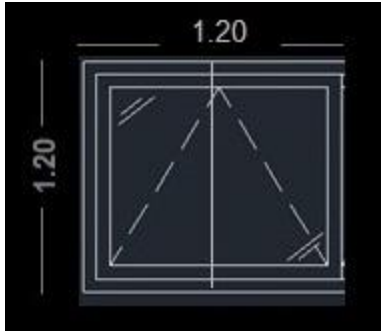
$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.46 + 5.8 \times 1.7 + 8.8 \times 0) / 2.16 \Rightarrow$$

$$U_w = 6.06 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παράθυρο 3: 1.2 x 1.20

$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (από πιστοποιητικό δοκιμών)}$$

$$A_w = 1.20 \times 1.20 = 1.44 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1.10 \times 0.5 \times 2 = 1.1 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0.34 \text{ m}^2$$

$$l_g = 1.10 \times 3 + 0.5 \times 2 = 4.3 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.34 + 5.8 \times 1.1 + 4.3 \times 0) / 1.44 \Rightarrow$$

$$U_w = 6.08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Πόρτα 1: 1.0 x 2.20 (τυπική αίθουσα διδασκαλίας με ποσοστό υαλοστασίου > 40%):

$$U_f = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_f = 0.31 \text{ m}^2$$

$$U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_g = 1.89 \text{ m}^2$$

$$\Psi_g = 0 \text{ W/mK} \text{ (μονός υαλοπίνακας)}$$

$$l_g = 6 \text{ m}$$

$$A_w = 2.20 \text{ m}^2$$

Άρα

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + l_g \times \Psi_g) / A_w \Rightarrow$$

$$U_w = (7 \times 0.31 + 5.8 \times 1.89 + 6.0 \times 0) / 2.2 \Rightarrow$$

$$U_w = 5.97 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

Θέρμανση-ψύξη

Το γυμνάσιο Αγρού θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο θέρμανσης μέσα από σώματα θέρμανσης και ένα κεντρικό θερμοστάτη ρύθμισης. Υπάρχει ένας λέβητας για θέρμανση ισχύς 700kW. Η θέρμανση λειτουργεί περίπου 1180 ώρες το χρόνο κατά κύριο λόγο από το μήνα Οκτώβριο μέχρι και τον Απρίλιο. Καταναλώνονται περίπου 21130 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης το χρόνο και δαπανούνται περίπου €13000. Θερμαίνονται 2583m² άρα αναλογούν σε 8,2lt/m². Η θέρμανση ρυθμίζεται σε θερμοκρασία δωματίου 23 έως 26 °C από υπεύθυνο τεχνικό εκτός σχολικού κτιρίου και δεν αλλάζει ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο σχολικό κτίριο.

Για ψύξη χρησιμοποιούνται 6 κλιματιστικές μονάδες ισχύος 25kW και ψύχονται 130m² κυρίως χώροι γραφείων. Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται καθημερινά κατά τους μήνες Ιούνιο, Σεπτέμβριο όταν το σχολείο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία. Λειτουργούν περίπου 4 ώρες τη μέρα με θερμοκρασία δροσισμού να ανέρχεται στους 24°C.

Ζεστό νερό χρήσης

Το ζεστό νερό θερμαίνεται μέσω της θέρμανσης πετρελαίου και επίσης υπάρχουν εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες στην οροφή του κτιρίου. Το ζεστό νερό χρησιμοποιείται 8 μήνες το χρόνο περίπου 1 ώρα τη μέρα και το χρησιμοποιούν περίπου 100 άτομα τη μέρα.

Φωτισμός

Όπως σε όλα τα σχολικά κτίρια της Κύπρου όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε όλο το σχολικό κτίριο εκτός από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα.

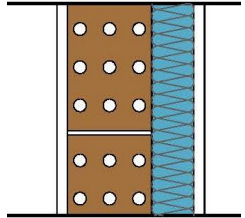
Γραφειακός Εξοπλισμός

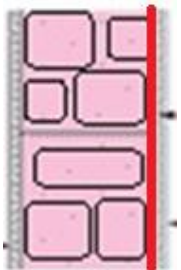
Στο κτίριο υπάρχουν έχει 55 υπολογιστές, 55 οθόνες εκ των οποίων 20 LCD, 10 εκτυπωτές, 10 σαρωτές, 2 φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, 2 ψυγεία και 3 μηχανές καφέ και σνακ. Μικρό ποσοστό του εξοπλισμού έχει την ένδειξη “Energy Star”.


Γυμνάσιο Αγρού- Προτεινόμενες επεμβάσεις αναβάθμισης

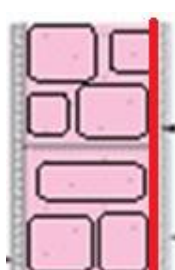
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 3 cm θερμομόνωση (28cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.130		0.581	
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 5cm θερμομόνωση (30cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.130		0.419	
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από τούβλο και 10cm θερμομόνωση (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Τούβλα	0.200	0.400	0.500	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.247	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από πέτρα και 3cm θερμομόνωση (43cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Πέτρα	0.400	0.850	0.471	
2	Θερμόμκνωση	0.030	0.030	1.000	
3	Ασβεστοεπίχρισμα	0.020	0.800	0.025	
4			1.000	0.000	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.600	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από πέτρα και 5cm θερμομόνωση (45cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Πέτρα	0.400	0.850	0.471	
2	Θερμόμωση	0.050	0.030	1.667	
3	Ασβεστοεπίχρισμα	0.020	0.800	0.025	
4			1.000	0.000	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.429	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από πέτρα και 10cm θερμομόνωση (50cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Πέτρα	0.400	0.850	0.471	
2	Θερμόμωση	0.100	0.030	3.333	
3	Ασβεστοεπίχρισμα	0.020	0.800	0.025	
4			1.000	0.000	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.250	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κώλωνες-δοκοί με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130		0.753	
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

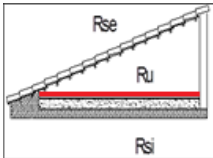
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα, κώλωνες-δοκοί με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m²K)	
Rsi (m ² K/W)		0.130		0.501	
Rse (m ² K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

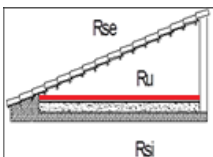
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Εξωτερική τοιχοποιία από σκυρόδεμα,κόλυνες-δοκοί θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.250	2.300	0.109	
3	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
4	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.130		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.273	
Σημειώσεις					

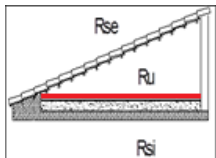
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού- Οριζόντια Οροφή με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.100		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.766	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Οριζόνια Οροφή με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.100		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.507	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Οριζόντια Οροφή με θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
2	Ασφαλτόπανο	0.005	0.230	0.022	
3	Σκυρόδεμα ρύσεων	0.050	1.350	0.037	
4	Σκυρόδεμα	0.245	2.300	0.107	
5			1.000	0.000	
6			1.000	0.000	
7			1.000	0.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m ² K/W)		0.100		U (W/m²K)	
Rse (m ² K/W)		0.040		0.275	
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Κεκλιμένη Οροφή με θερμομόνωση 3cm (33cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Κεραμίδια	0.015	1.000	0.015	
2	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.017	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 2%	0.200	2.300	0.087	
5	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
6	Ru	0.200	1.000	0.200	
7	Θερμομόνωση	0.030	0.030	1.000	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.100		0.663	
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

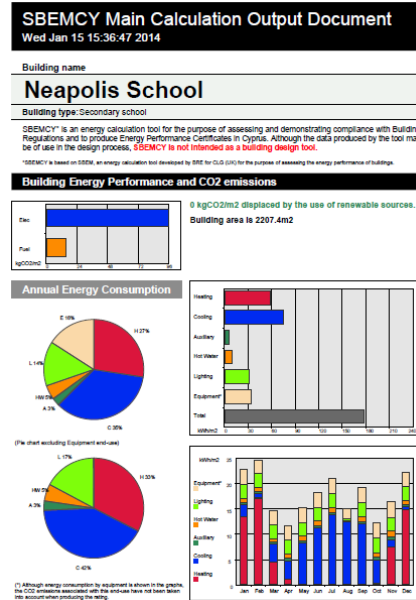
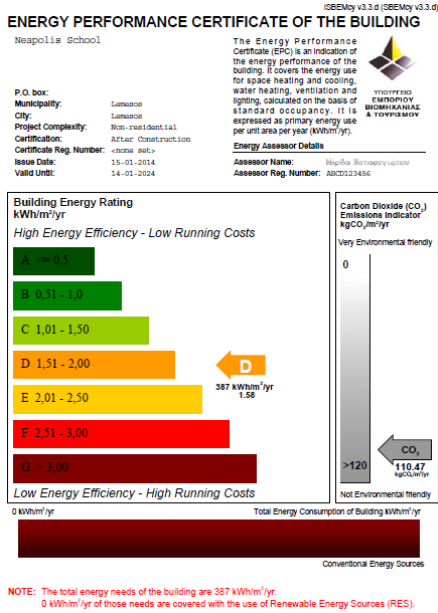
Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Κεκλιμένη Οροφή με θερμομόνωση 5cm (35cm)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Κεραμίδια	0.015	1.000	0.015	
2	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.017	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 2%	0.200	2.300	0.087	
5	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
6	Ru	0.200	1.000	0.200	
7	Θερμομόνωση	0.050	0.030	1.667	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)	
Rsi (m^2K/W)		0.100		0.460	
Rse (m^2K/W)		0.040			
Σημειώσεις					

Περιγραφή κατασκευής		Γυμνάσιο Αγρού-Κεκλιμένη Οροφή με θερμομόνωση 10cm (40cm)			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m^2K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
Ξεκινώντας από το εσωτερικό					
1	Κεραμίδια	0.015	1.000	0.015	
2	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.017	
3	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα 2%	0.200	2.300	0.087	
5	Επίχρισμα	0.025	1.000	0.025	
6	Ru	0.200	1.000	0.200	
7	Θερμομόνωση	0.100	0.030	3.333	
8			1.000	0.000	
9			1.000	0.000	
10			1.000	0.000	
Ροή Θερμότητας		Οριζόντια		Συντελεστής Θερμοπερατότητας	
Rsi (m^2K/W)		0.100		U (W/m^2K)	
Rse (m^2K/W)		0.040		0.260	
Σημειώσεις					

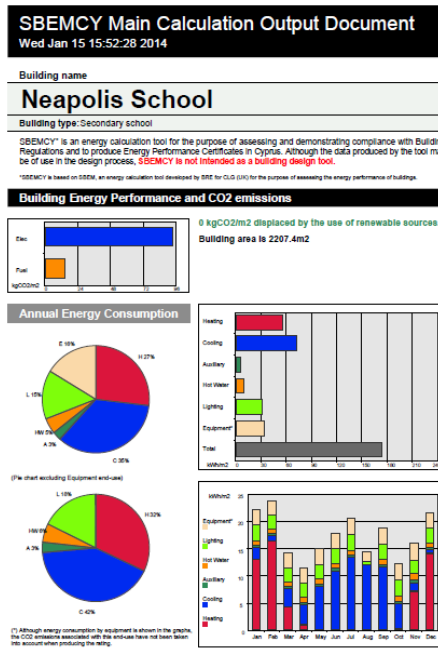
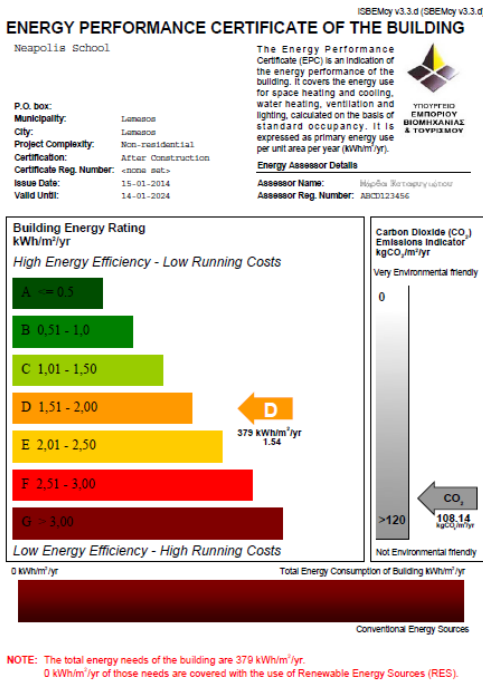
IV. Αποτελέσματα λογισμικού iSBEMcy για σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης

Προσθήκη θερμομόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία τυπικών σχολείων

3cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Νεάπολης



5cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Νεάπολης



10cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Νεάπολης

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)

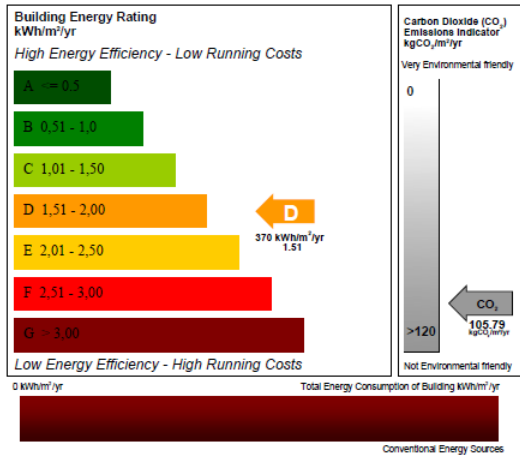
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηλπίδα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚΔ123456

Project Details
 P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Lemessos
 Project Complexity: Non-Residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: αβγαδ εστζ
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 370 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Wed Jan 15 16:01:52 2014

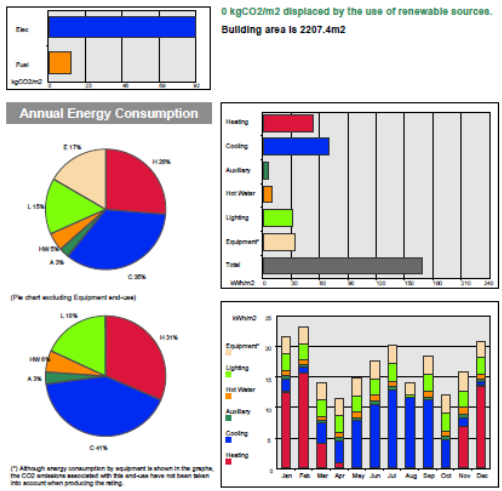
Building name
Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



3cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)

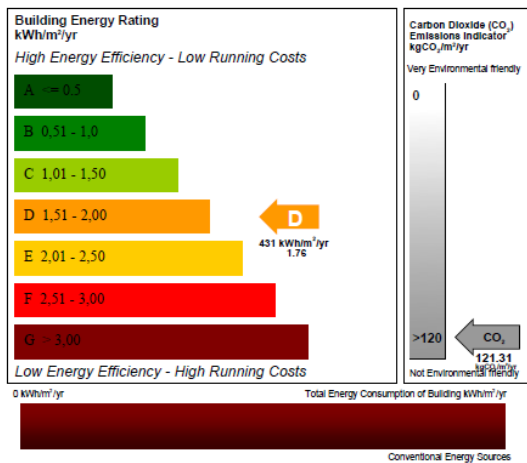
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηλπίδα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚΔ123456

Project Details
 P.O. box: Lefkosia
 Municipality: Agios Dometios
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: αβγαδ εστζ
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 431 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Wed Jan 15 16:48:29 2014

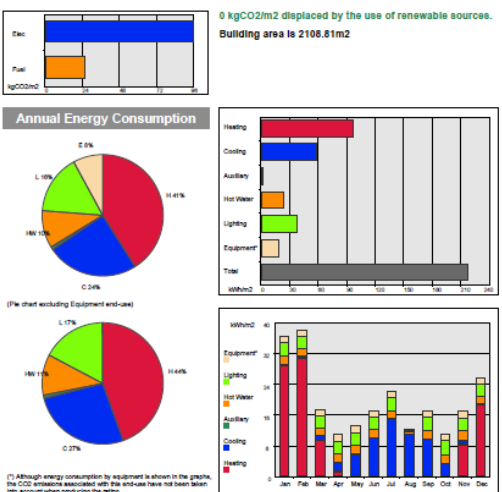
Building name
Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



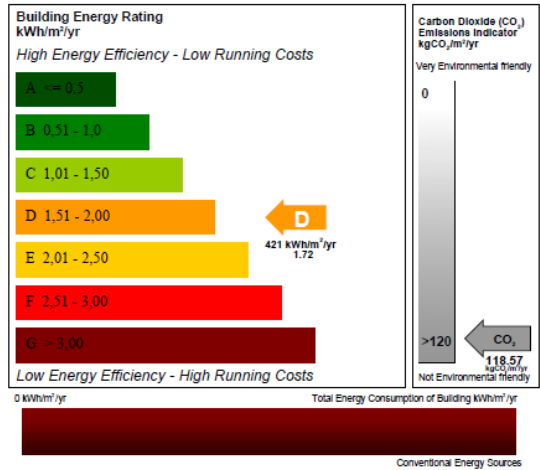
5cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ02123456

P.O. box: Λαφόια
 Municipality: Agios Dometios
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 421 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Wed Jan 15 16:51:56 2014

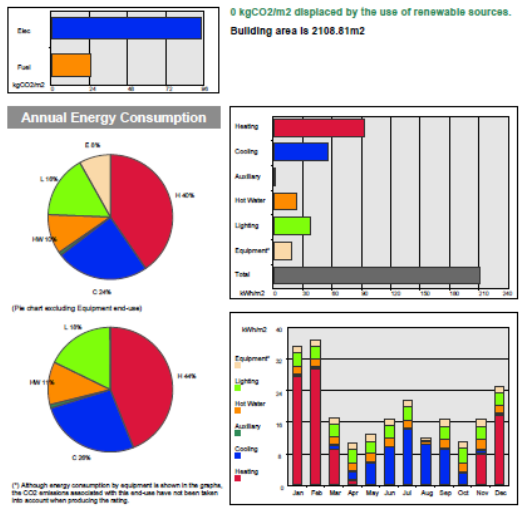
Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



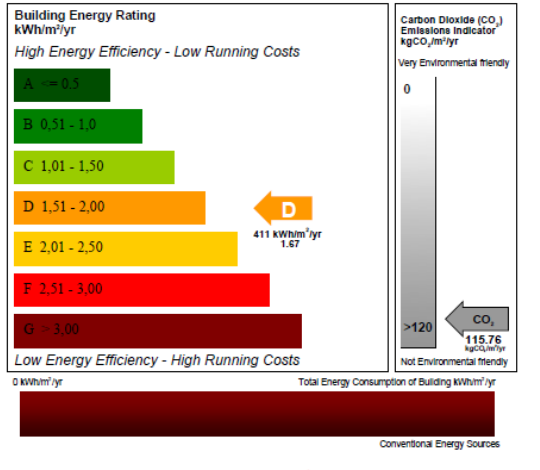
10cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Αγίου Δομετίου

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ02123456

P.O. box: Λαφόια
 Municipality: Agios Dometios
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 411 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Wed Jan 15 16:55:37 2014

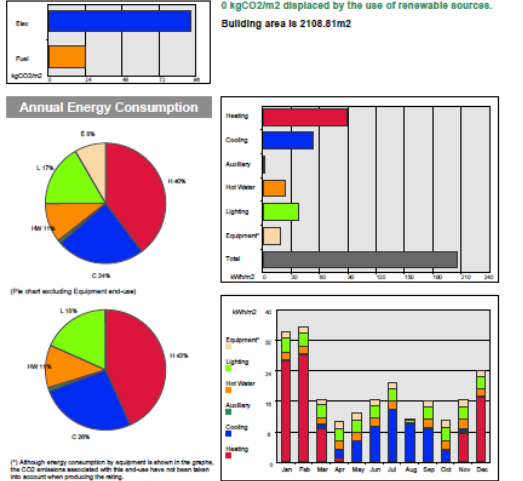
Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

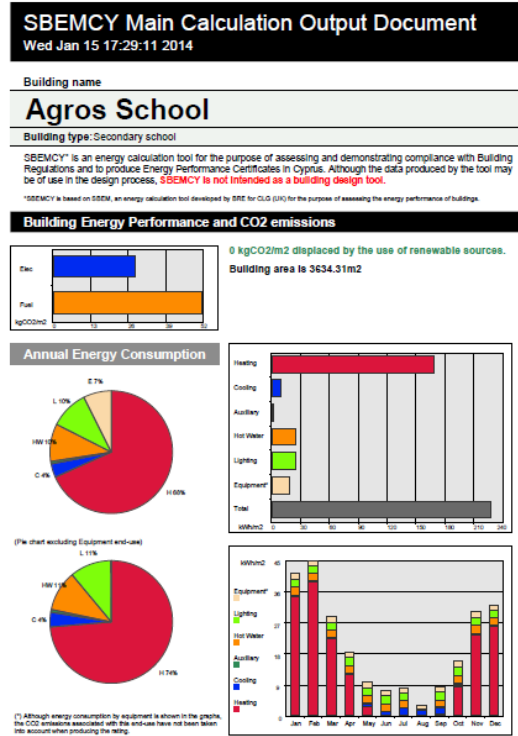
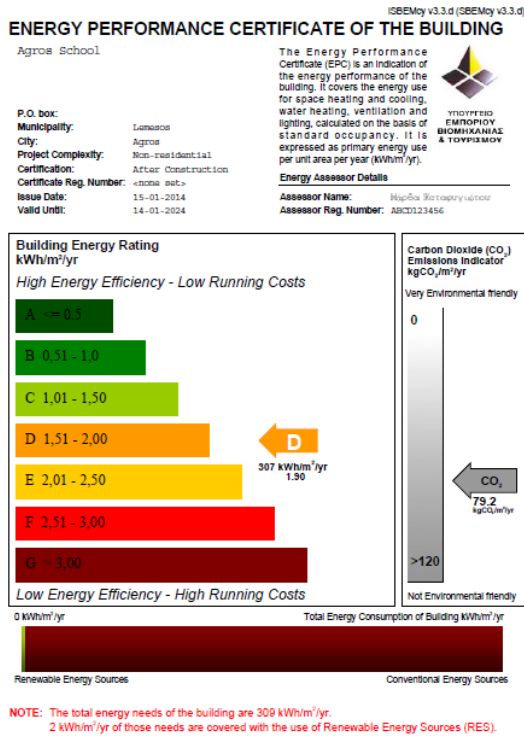
SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

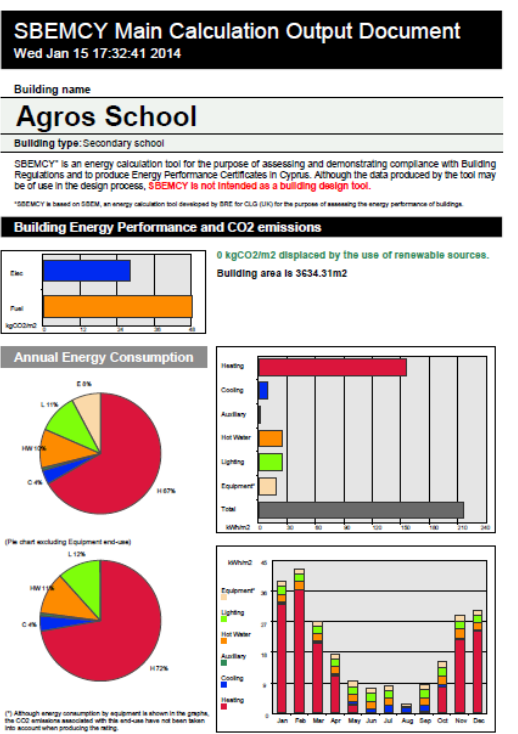
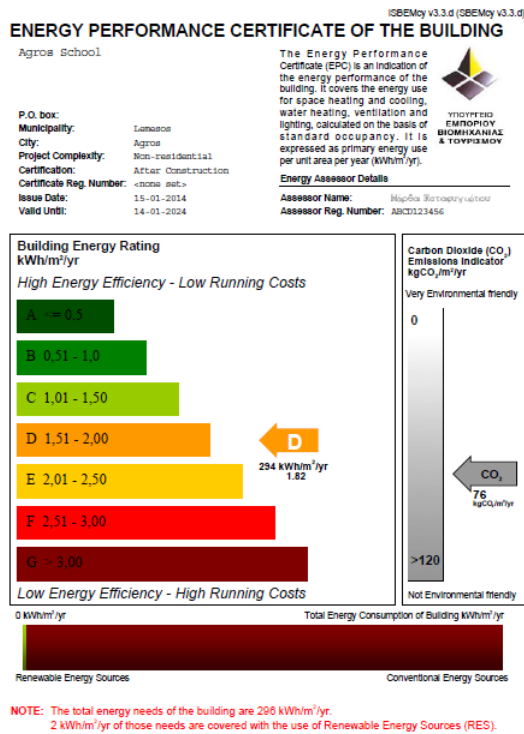
Building Energy Performance and CO2 emissions



3^η θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Αγρού



5^η θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιου Αγρού



10cm θερμομόνωση τοιχοποιίας στο Γυμνάσιο Αγρού

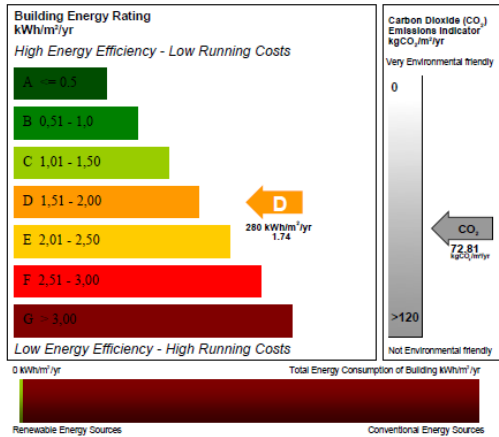
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ3223456

Project Details
 P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <name def>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 282 kWh/m²/yr. 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

Wed Jan 15 17:36:18 2014

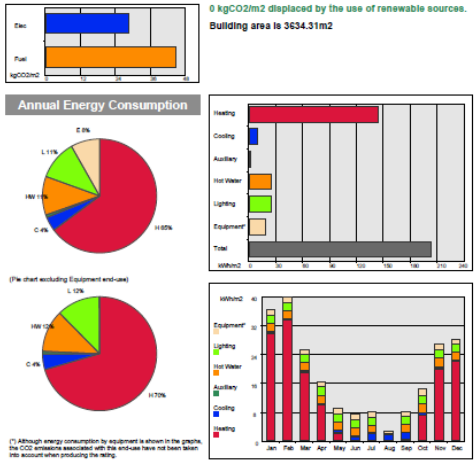
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY* is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY* is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



Προσθήκη θερμομόνωσης σε διαφορετικές όψεις της τοιχοποιίας

Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην βόρεια όψη της Νεάπολης

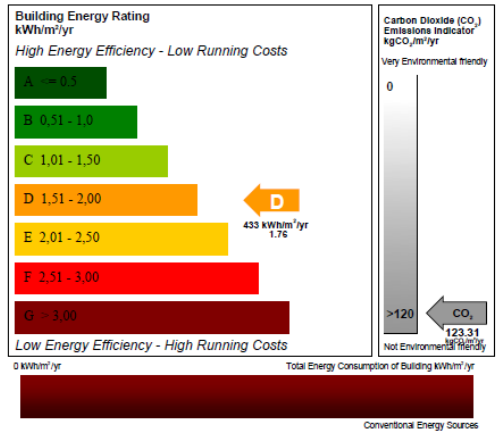
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ3223456

Project Details
 P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Lemessos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <name def>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 433 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

Thu Jan 16 14:10:04 2014

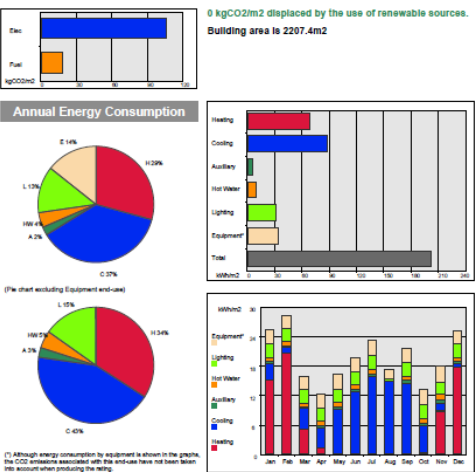
Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY* is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY* is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



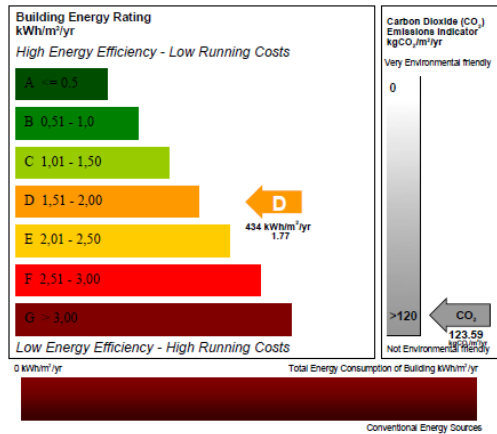
Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στη νότια όψη της Νεάπολης

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0123456

P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Lemessos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 434 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMcy Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 15:29:15 2014

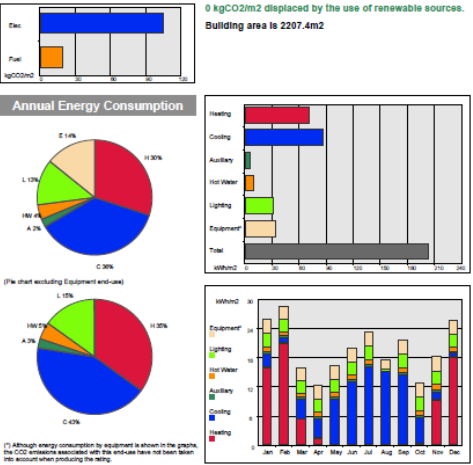
Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMcy™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMcy™ is not intended as a building design tool.

SBEMcy™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CIBS (CIB) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



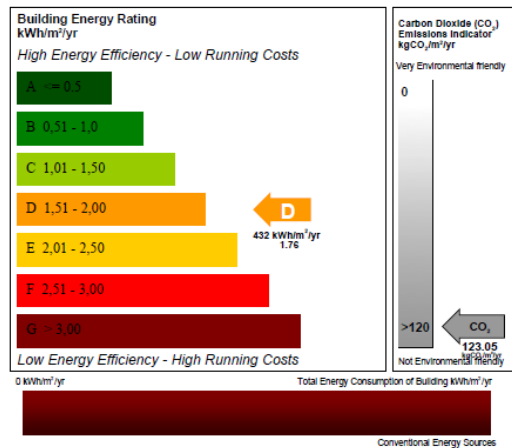
Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην ανατολική όψη της Νεάπολης

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0123456

P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Lemessos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 432 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMcy Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 15:21:26 2014

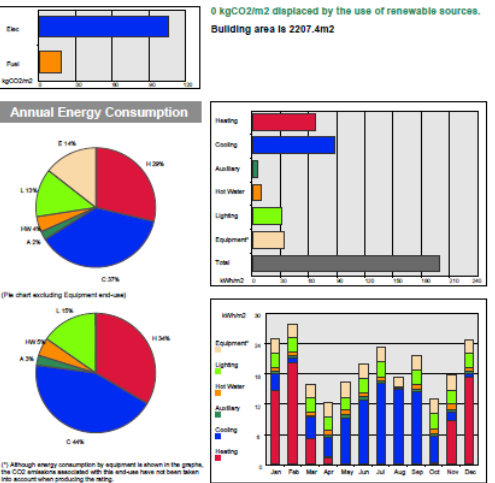
Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMcy™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMcy™ is not intended as a building design tool.

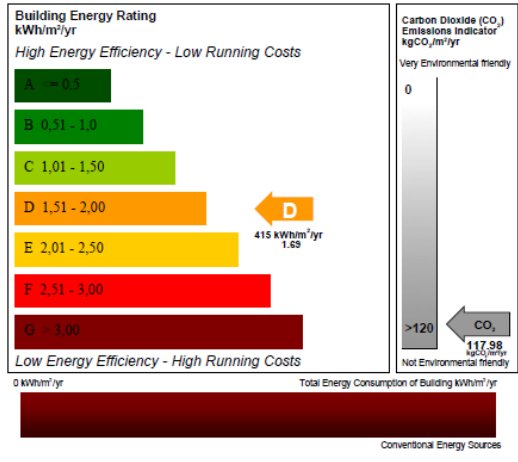
SBEMcy™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CIBS (CIB) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στη δοτική όψη της Νεάπολης

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School
 P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Lemessos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024
 The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).
Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρία Σατορνιούτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ123456

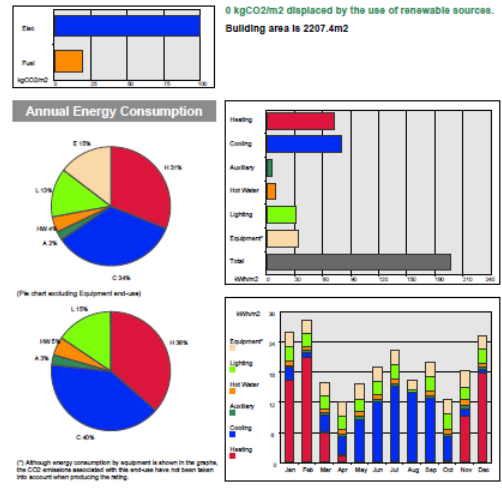


NOTE: The total energy needs of the building are 415 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Thu Jan 16 15:41:21 2014

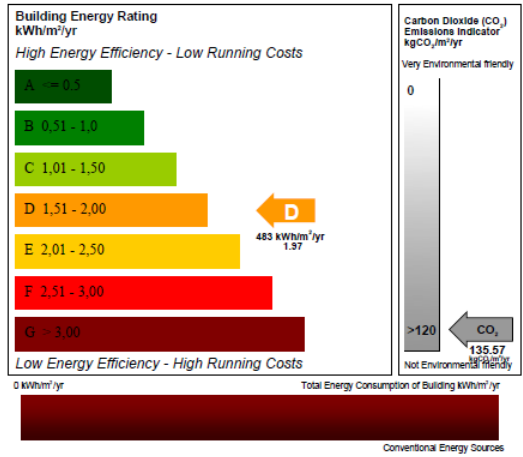
Building name
 Neapolis School
Building type: Secondary school
 SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.
 SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην βόρεια όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium
 P.O. box: Lefkosia
 Municipality: Lefkosia
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024
 The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).
Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρία Σατορνιούτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ123456

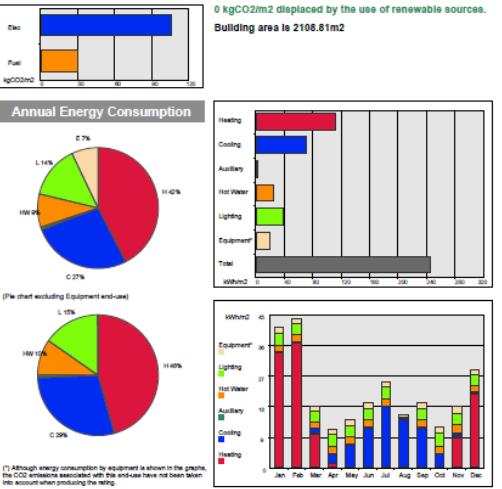


NOTE: The total energy needs of the building are 483 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Thu Jan 16 16:07:11 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium
Building type: Secondary school
 SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.
 SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



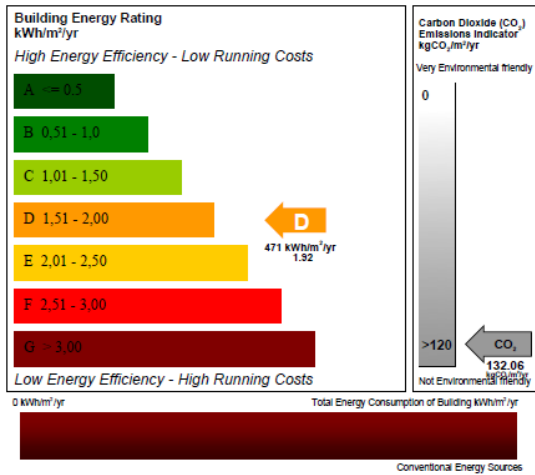
Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στη δοτική όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηαρίθα Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0323456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKοσία
 City: Αγιος Δομετιος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 471 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

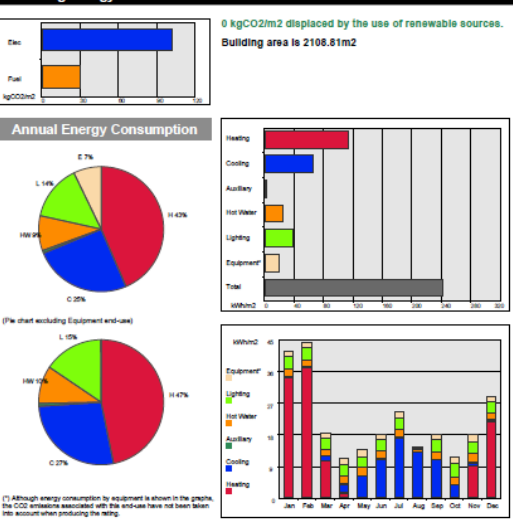
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 16:41:51 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY[®] is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



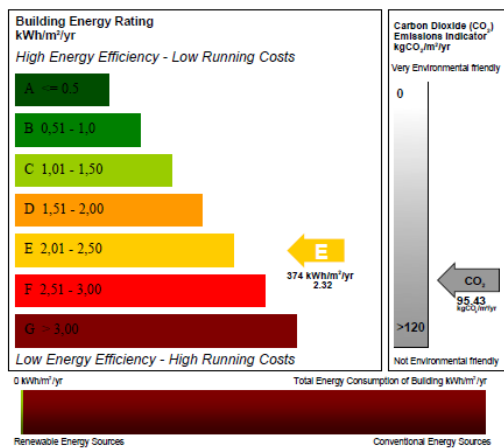
Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην βόρεια όψη του Αγρού

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηαρίθα Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0323456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKοσία
 City: Αγρος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 16-01-2014
 Valid Until: 15-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 374 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

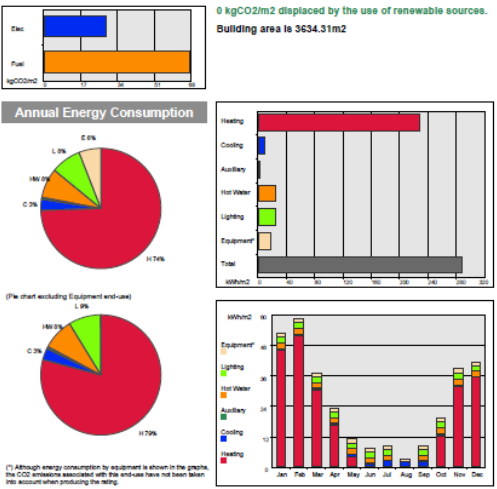
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 16:58:26 2014

Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY[®] is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στη νότια όψη του Αγρού

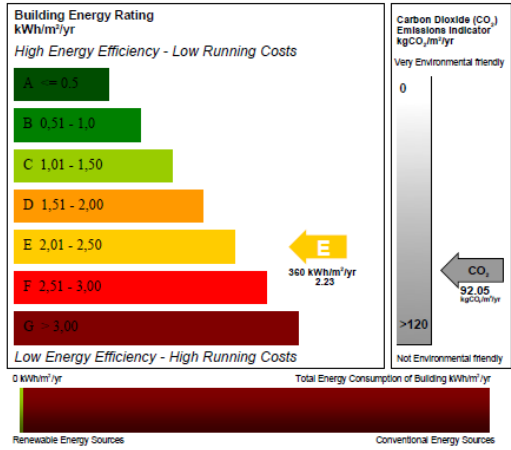
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

(SBEMcy v3.3.d) (SBEMcy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456



NOTE: The total energy needs of the building are 362 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 17:12:17 2014

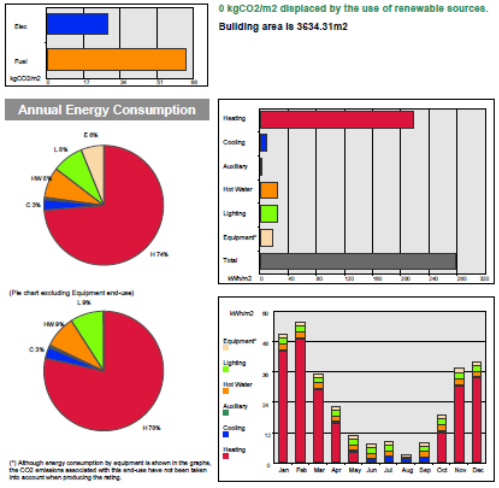
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CEG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions



Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στην ανατολική όψη του Αγρού

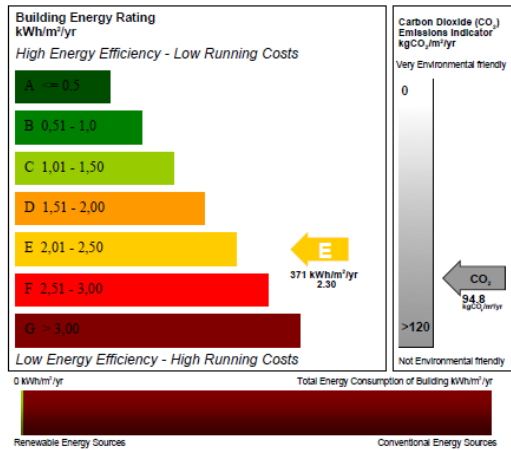
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

(SBEMcy v3.3.d) (SBEMcy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456



NOTE: The total energy needs of the building are 373 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Thu Jan 16 17:24:23 2014

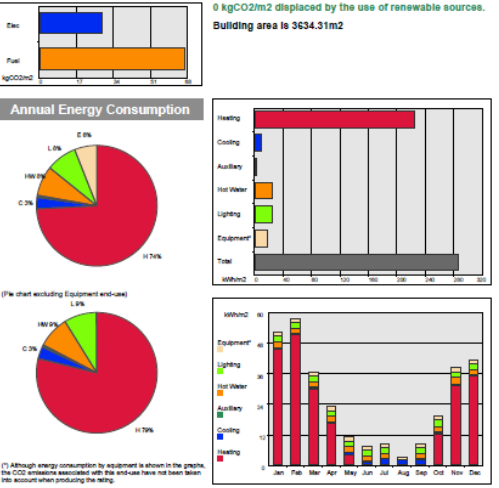
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CEG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions

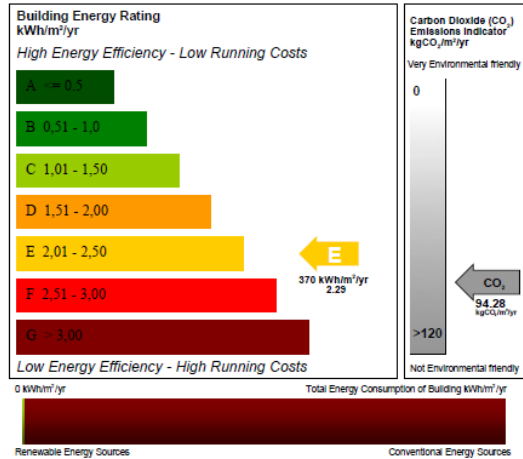


Προσθήκη 3cm θερμομόνωσης στη δοτική όψη του Αγρού

ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
Agros School

Energy Assessor Details
Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
Assessor Reg. Number: AB0323456

Energy Assessor Details
Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
Assessor Reg. Number: AB0323456



NOTE: The total energy needs of the building are 372 kWh/m²/yr. 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

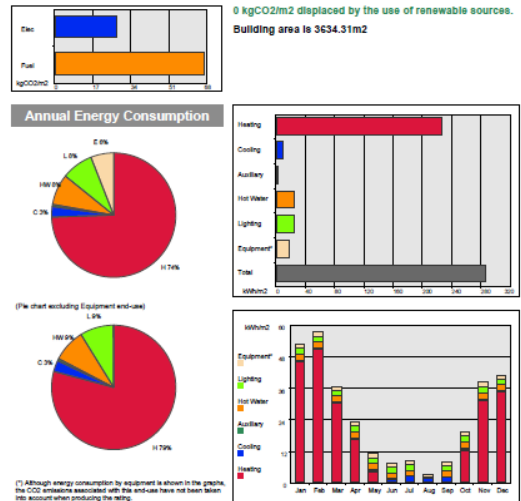
SBEMCY Main Calculation Output Document
Thu Jan 16 17:37:24 2014

Building name
Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

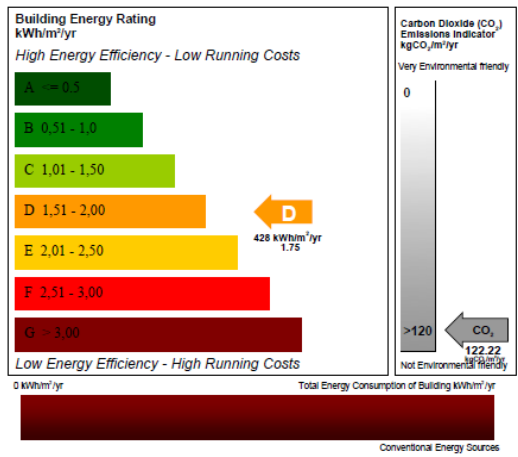
Building Energy Performance and CO2 emissions



Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς απλούς στη Νεάπολη

ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
Neapolis School

Energy Assessor Details
Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
Assessor Reg. Number: AB0323456



NOTE: The total energy needs of the building are 428 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
Fri Jan 17 14:49:04 2014

Building name
Neapolis School

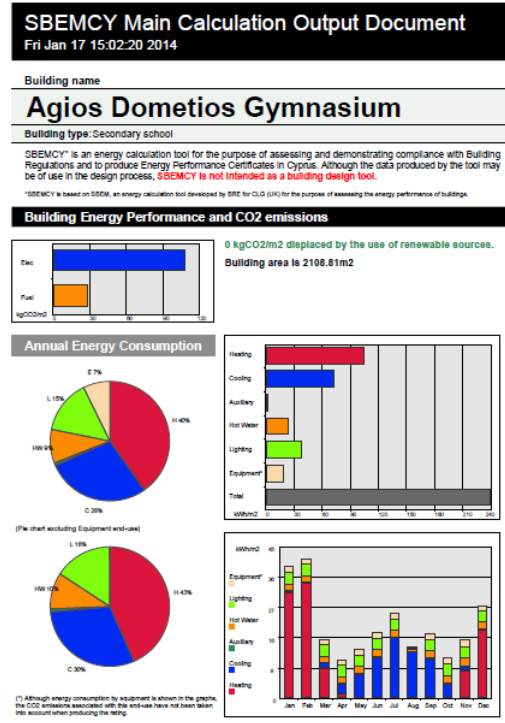
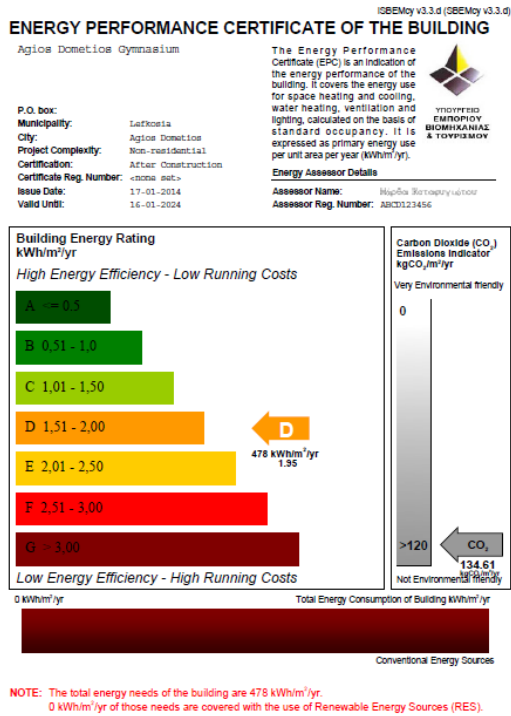
Building type: Secondary school

SBEMCY is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

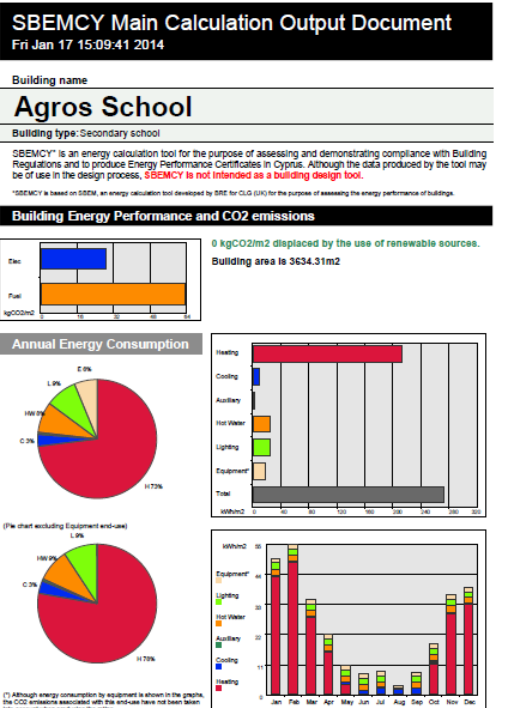
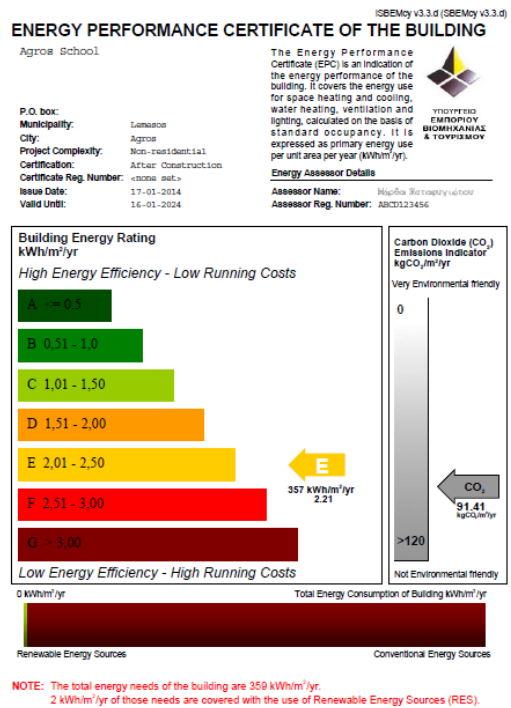
Building Energy Performance and CO2 emissions



Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς απλούς στον Αγ. Δομέτιο



Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς απλούς στον Αγρό



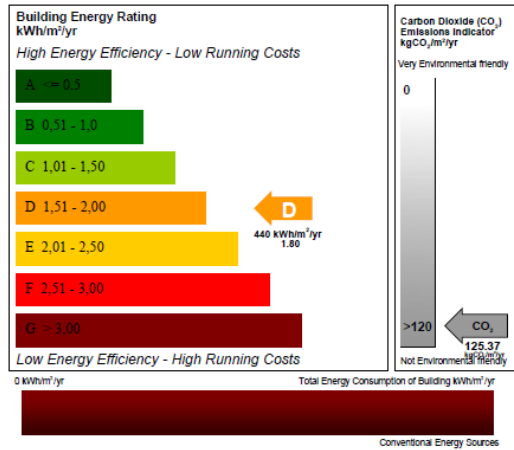
Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στη βόρεια όψη της Νεάπολης

SBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0323456

P.O. box: Λεμεσός
 Municipality: Λεμεσός
 City: Λεμεσός
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 440 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 11:10:12 2014

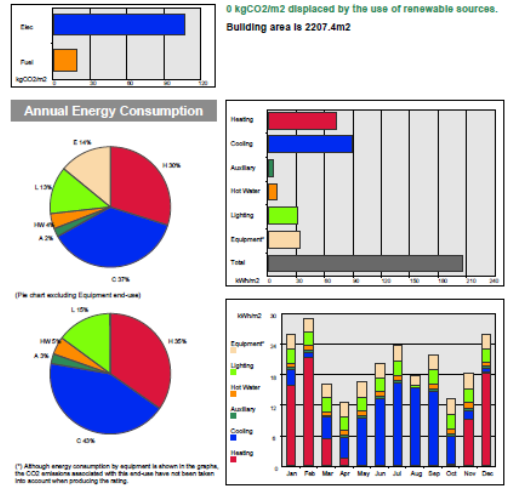
Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions



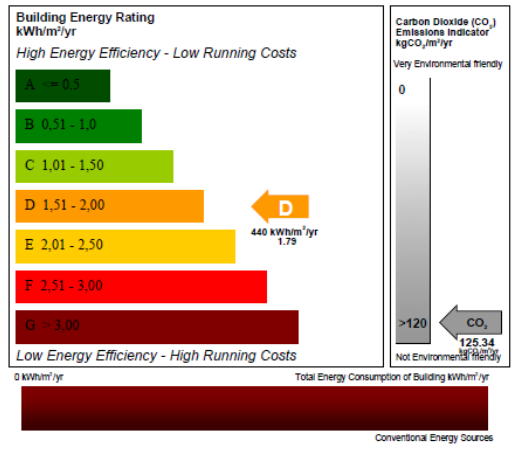
Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στη νότια όψη της Νεάπολης

SBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ0323456

P.O. box: Λεμεσός
 Municipality: Λεμεσός
 City: Λεμεσός
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 440 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 11:28:21 2014

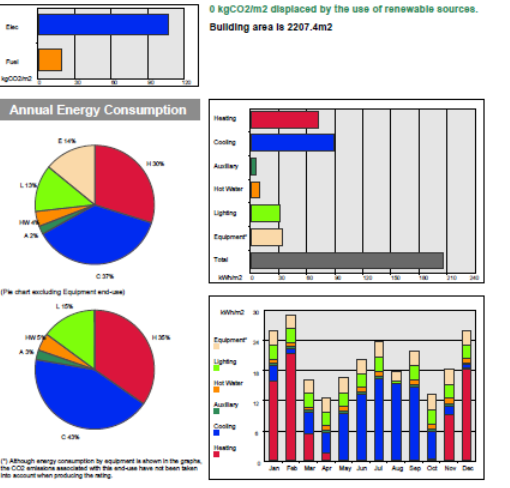
Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

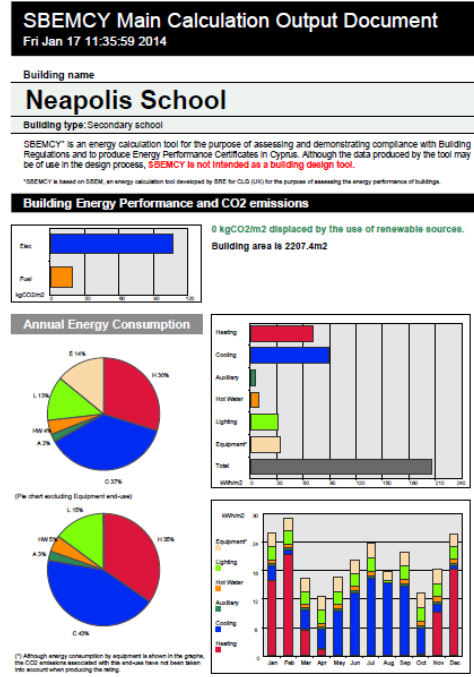
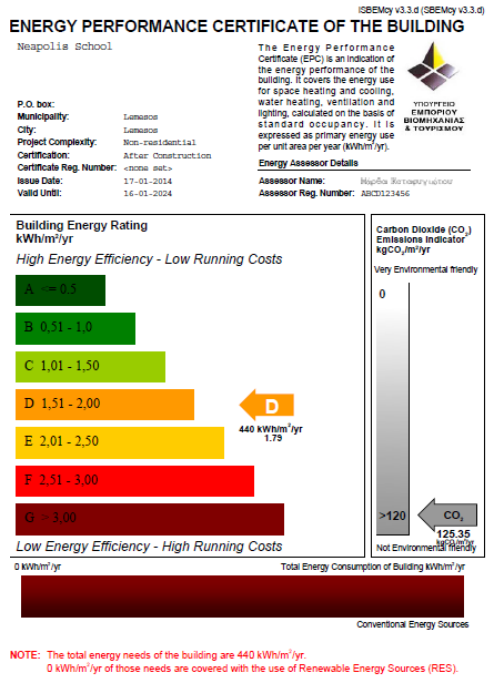
SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

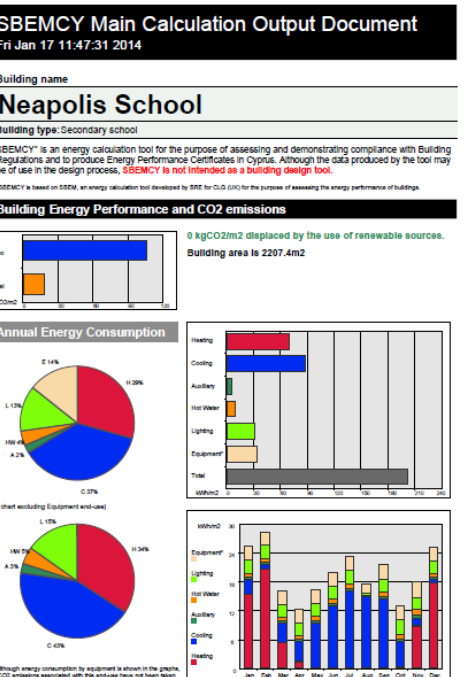
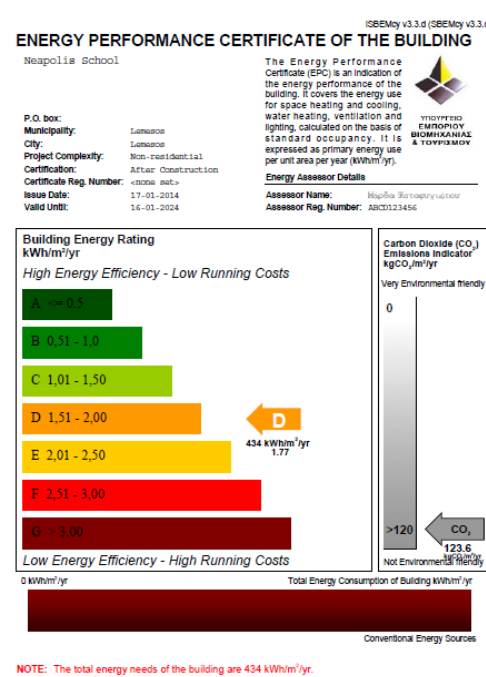
Building Energy Performance and CO₂ emissions



Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στην ανατολική όψη της Νεάπολης



Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στην δυτική όψη της Νεάπολης



Προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή

3cm θερμομόνωση στην οροφή του Γυμνασίου Νεάπολης

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

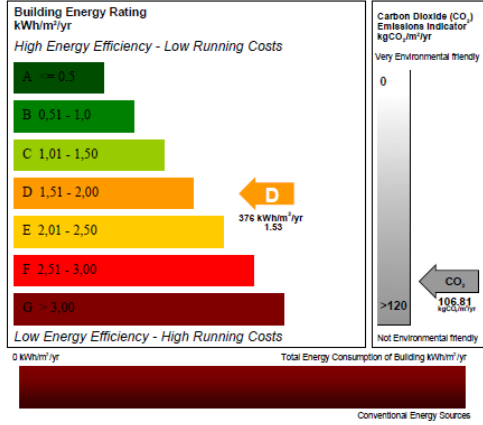
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

P.O. box: Lemesos
 Municipality: Lemesos
 City: Lemesos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 376 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

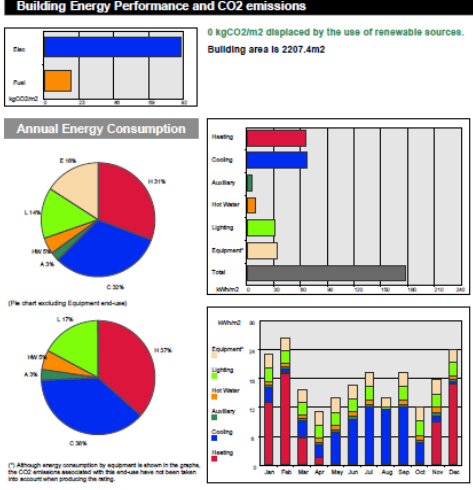
SBEMCY Main Calculation Output Document

Wed Jan 15 16:07:43 2014

Building name
Neapolis School
 Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



5cm θερμομόνωση στην οροφή του Γυμνασίου Νεάπολης

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

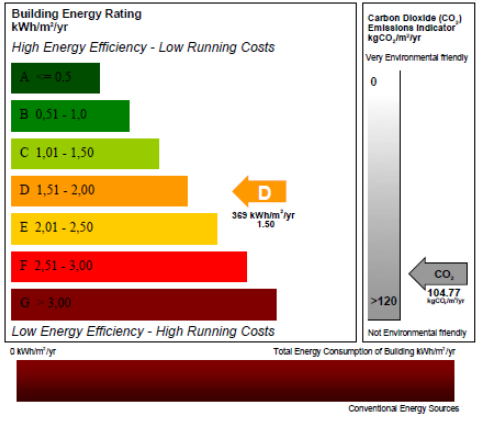
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

P.O. box: Lemesos
 Municipality: Lemesos
 City: Lemesos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 369 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

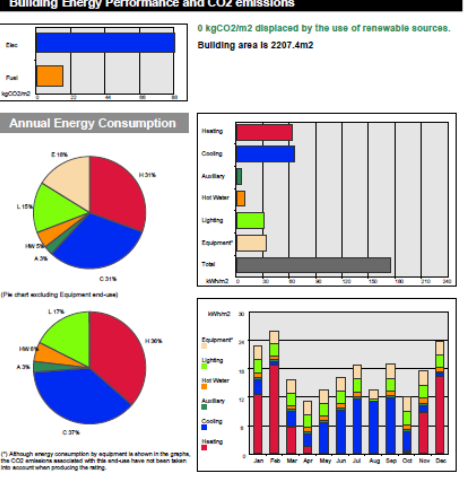
SBEMCY Main Calculation Output Document

Wed Jan 15 16:12:26 2014

Building name
Neapolis School
 Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



10cm θερμομόνωση στην οροφή του Γυμνασίου Νεάπολης

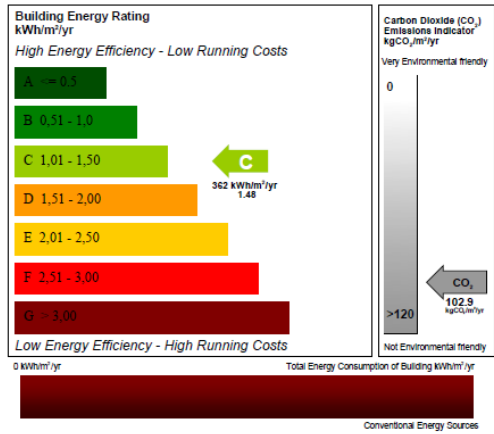
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρίνα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

Building Energy Rating
 kWh/m²/yr
High Energy Efficiency - Low Running Costs

Carbon Dioxide (CO₂) Emissions Indicator
 kgCO₂/m²/yr
 Very Environmental trendy

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρίνα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456



SBEMCY Main Calculation Output Document

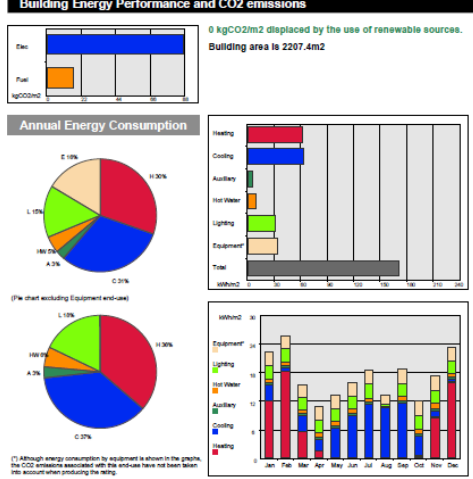
Wed Jan 15 16:16:20 2014

Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

Building Energy Performance and CO₂ emissions
 0 kgCO₂/m² displaced by the use of renewable sources.
 Building area is 2207.4m²



3cm θερμομόνωση στην οροφή του Αγίου Δομετίου

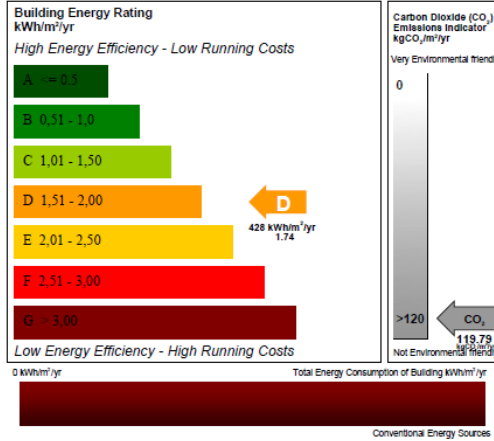
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρίνα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

Building Energy Rating
 kWh/m²/yr
High Energy Efficiency - Low Running Costs

Carbon Dioxide (CO₂) Emissions Indicator
 kgCO₂/m²/yr
 Very Environmental trendy

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρίνα Βασιλειάδου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456



SBEMCY Main Calculation Output Document

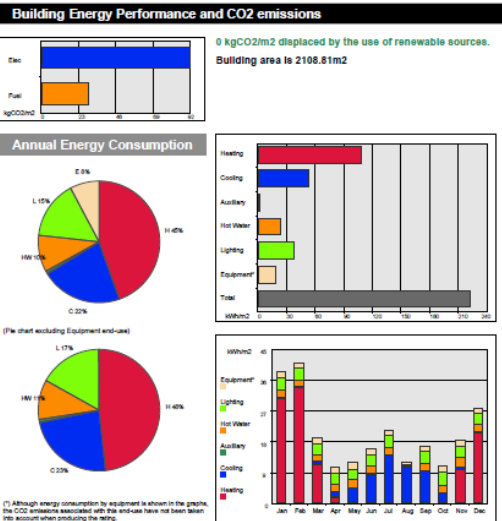
Wed Jan 15 17:02:40 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

Building Energy Performance and CO₂ emissions
 0 kgCO₂/m² displaced by the use of renewable sources.
 Building area is 2108.81m²



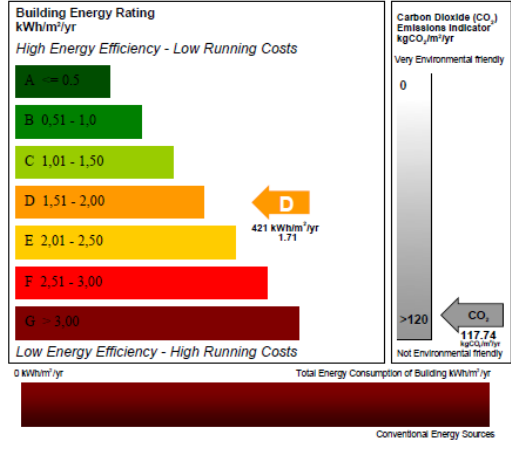
5cm θερμομόνωση στην οροφή του Αγίου Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d [SBEMoy v3.3.d]
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ABE0123456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKωσία
 City: Αγios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 421 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

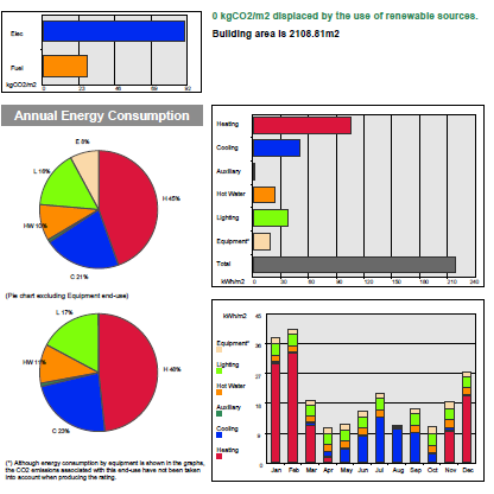
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Wed Jan 15 17:12:23 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



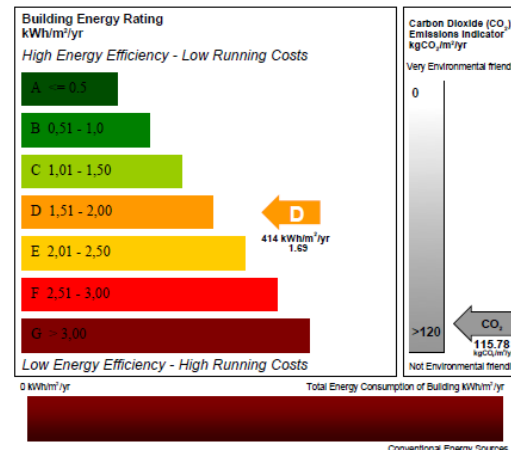
10cm θερμομόνωση στην οροφή του Αγίου Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d [SBEMoy v3.3.d]
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βασιλοπούλου
 Assessor Reg. Number: ABE0123456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKωσία
 City: Αγios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 414 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

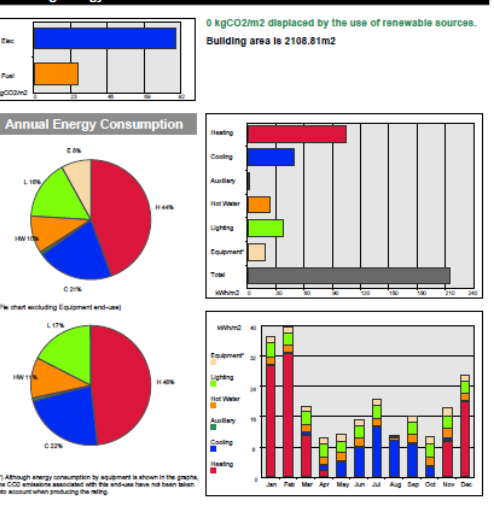
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Wed Jan 15 17:16:03 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



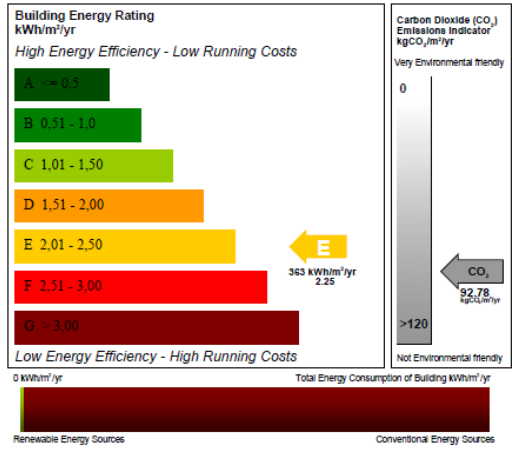
3cm θερμομόνωση στην οροφή Αγρού

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βατοπαργιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

P.O. box: Lemesos
 Municipality: Agros
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 365 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

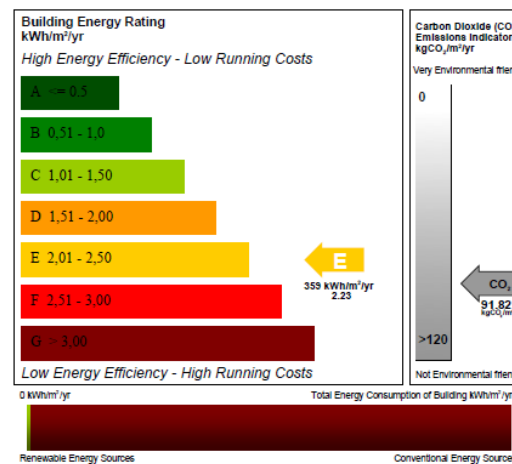
5cm θερμομόνωση στην οροφή Αγρού

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδια Βατοπαργιώτου
 Assessor Reg. Number: ABC0123456

P.O. box: Lemesos
 Municipality: Agros
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 15-01-2014
 Valid Until: 14-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 361 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

Wed Jan 15 17:51:40 2014

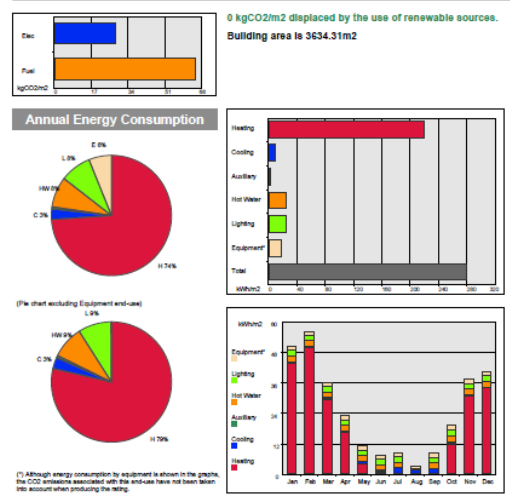
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



SBEMCY Main Calculation Output Document

Wed Jan 15 17:55:21 2014

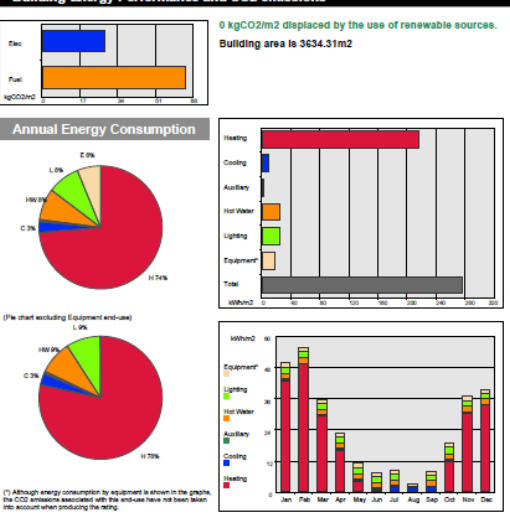
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

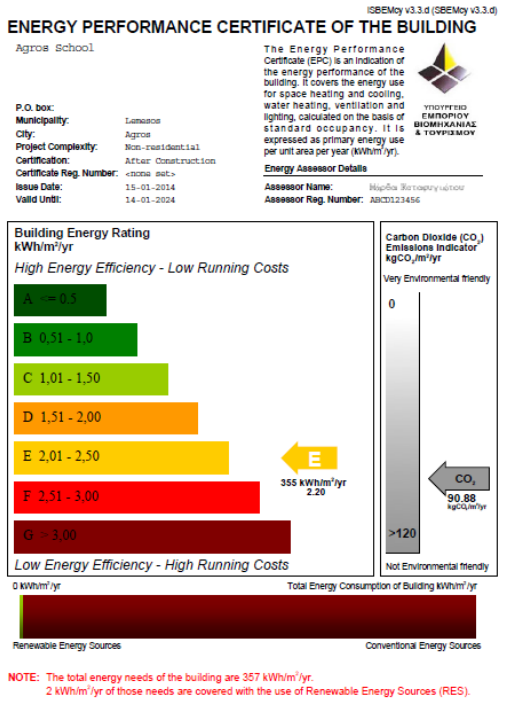
SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions

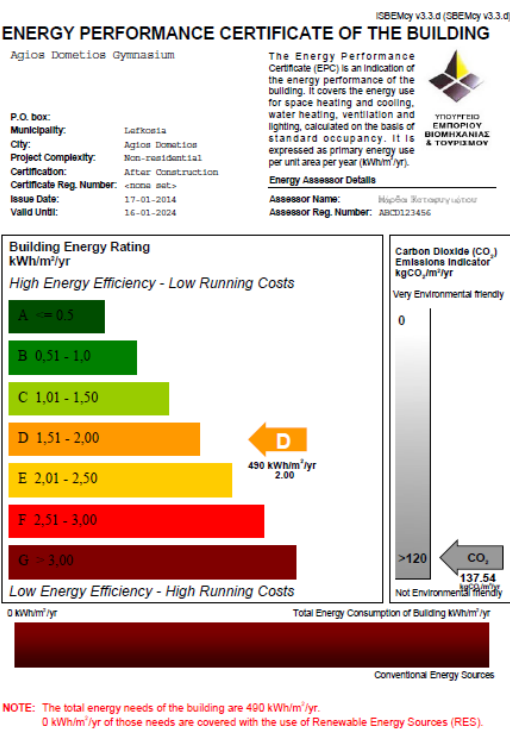


10cm θερμομόνωση στην οροφή Αγρού



Αναβάθμιση υαλοπινάκων σε διαφορετικές όψεις του κελύφους

Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς στη βόρεια όψη του Αγ. Δομετίου



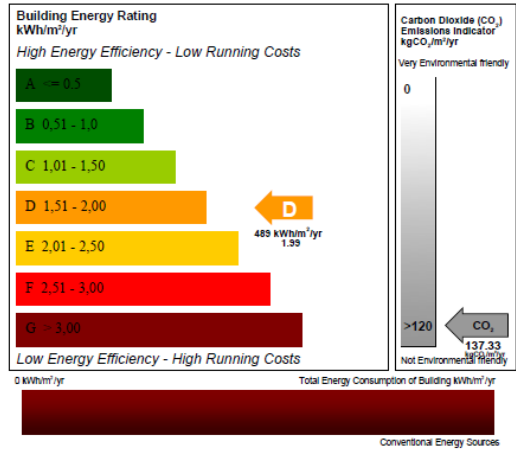
Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στη νότια όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCE123456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKoσία
 City: Αγίος Δομετίος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 489 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

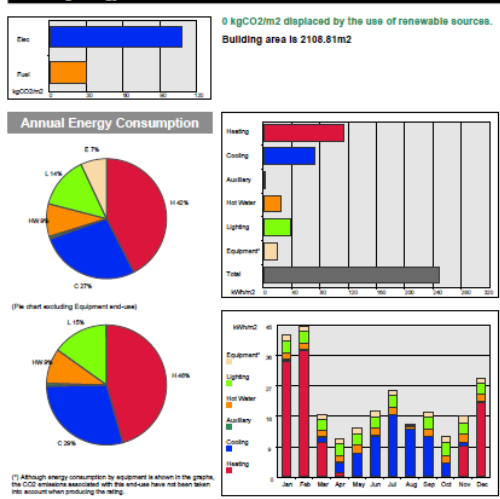
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 12:07:50 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY® is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLE (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



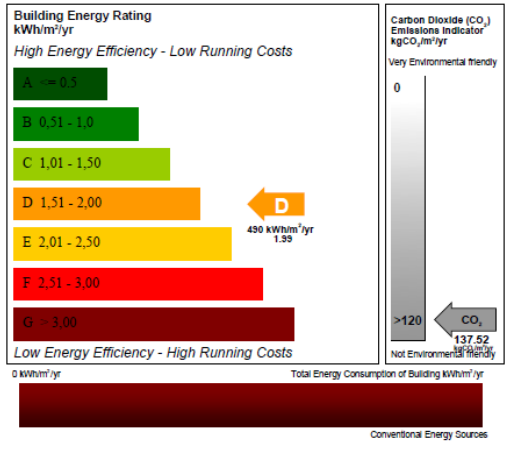
Αλλαγή μονών βαλοπινάκων με διπλούς στην ανατολική όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCE123456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKoσία
 City: Αγίος Δομετίος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 490 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

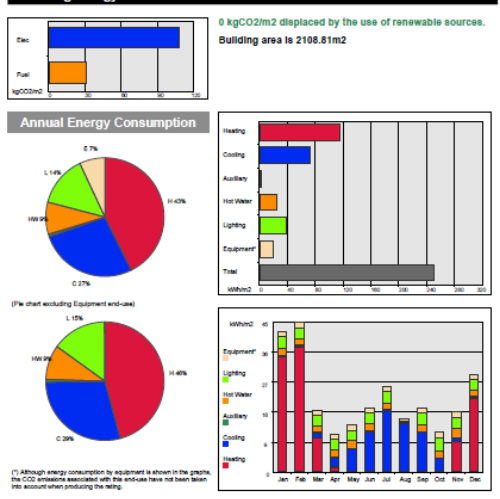
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 12:16:55 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY® is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLE (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



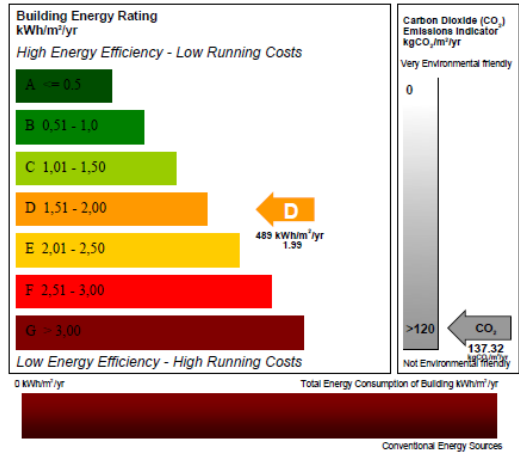
Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς στην δυτική όψη του Αγ. Δομετίου

SBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚΔ123456

P.O. box:
 Municipality: Λεωκεία
 City: Αγιος Δομετίος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 489 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

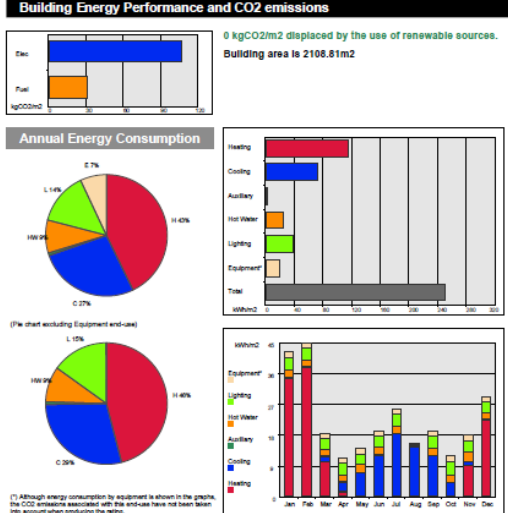
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 12:25:33 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



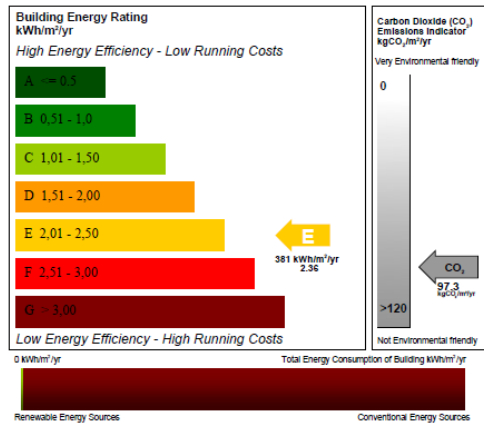
Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς στη βόρεια όψη του Αγρού

SBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚΔ123456

P.O. box:
 Municipality: Λεωκεία
 City: Αγρος
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 17-01-2014
 Valid Until: 16-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 381 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

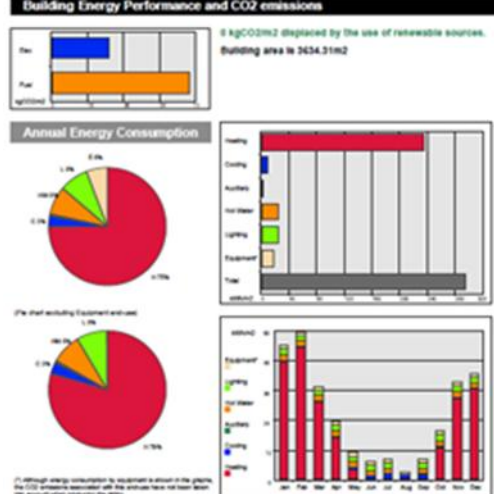
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Fri Jan 17 12:37:18 2014

Building name
 Agros School

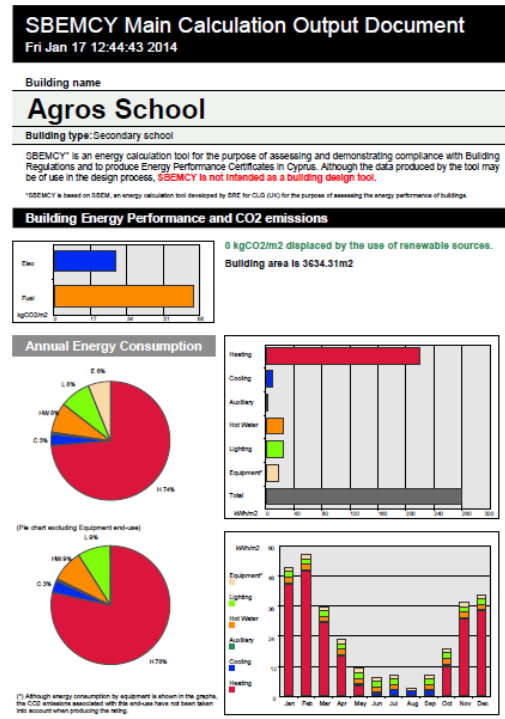
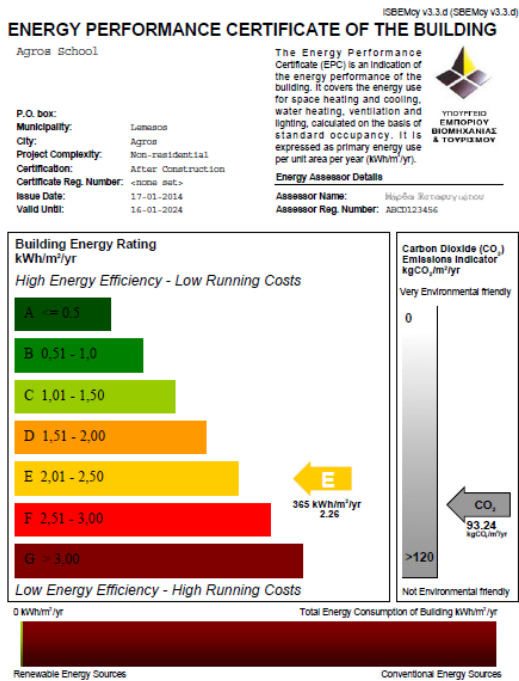
Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

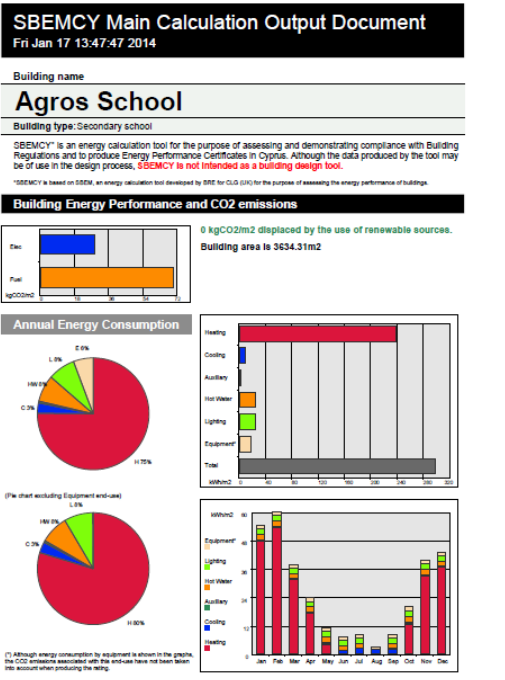
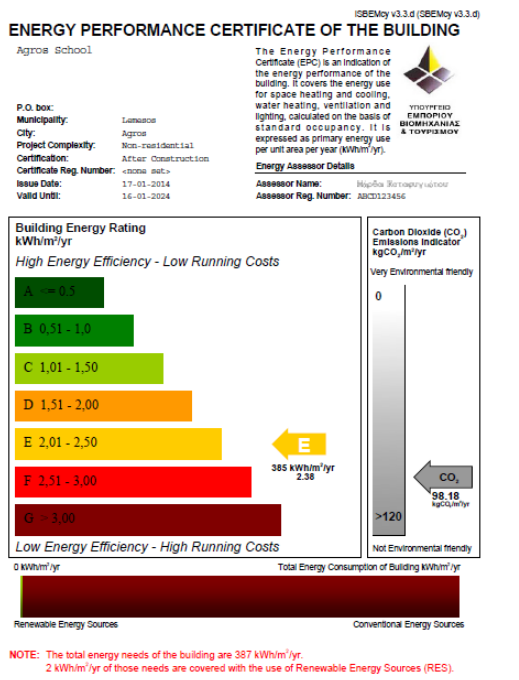
SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



Αλλαγή μονών ναλοπινάκων με διπλούς στη νότια όψη του Αγρού



Αλλαγή μονών ναλοπινάκων με διπλούς στην ανατολική όψη του Αγρού



Αλλαγή μονών υαλοπινάκων με διπλούς στην δυτική όψη του Αγροού

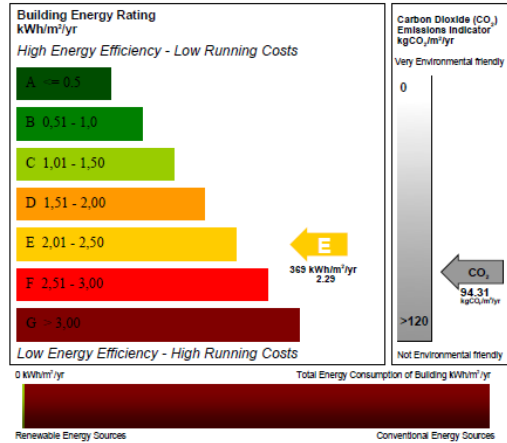
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
Agros School

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
Assessor Name: *Ηρώδια Παπαγιωργίου*
Assessor Reg. Number: *ASB0123456*

P.O. box:
Municipality: *Lemesos*
City: *Agros*
Project Complexity: *Non-residential*
Certification: *After Construction*
Certificate Reg. Number: *<none set>*
Issue Date: *17-01-2014*
Valid Until: *16-01-2024*



NOTE: The total energy needs of the building are 371 kWh/m²/yr.
2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Fri Jan 17 13:53:25 2014

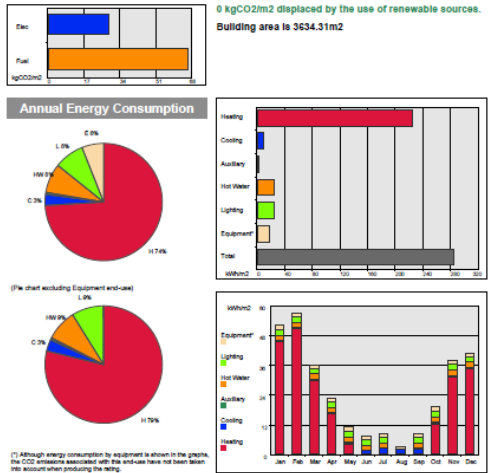
Building name
Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

*SBEMCY is based on SDEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions



Προσθήκη σκιάστρων σε διαφορετικές όψεις του κελύφους

Προσθήκη σκιάστρων στη νότια όψη της Νεάπολης

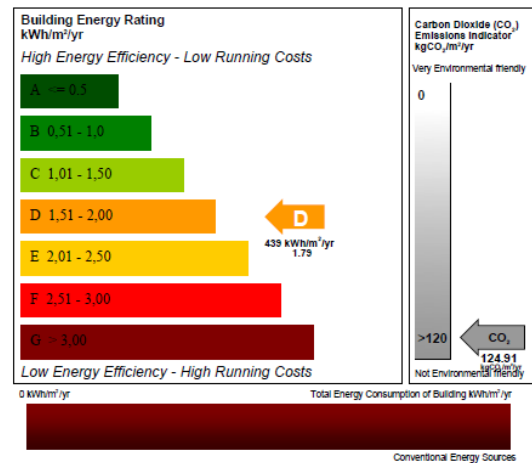
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
Neapolis School

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
Assessor Name: *Ηρώδια Παπαγιωργίου*
Assessor Reg. Number: *ASB0123456*

P.O. box:
Municipality: *Lemesos*
City: *Lemesos*
Project Complexity: *Non-residential*
Certification: *After Construction*
Certificate Reg. Number: *<none set>*
Issue Date: *18-01-2014*
Valid Until: *17-01-2024*



NOTE: The total energy needs of the building are 439 kWh/m²/yr.
0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document Sat Jan 18 12:12:44 2014

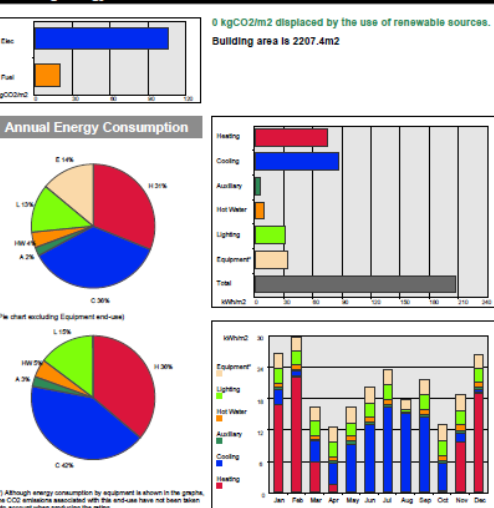
Building name
Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

*SBEMCY is based on SDEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions



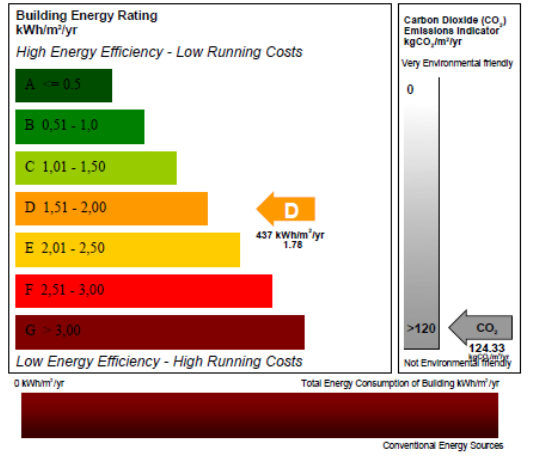
Προσθήκη σκιάστρων στην ανατολική όψη της Νεάπολης

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρία Βιταργυράτου
 Assessor Reg. Number: ANCI123456

P.O. box: Λεμεσός
 Municipality: Λεμεσός
 City: Λεμεσός
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



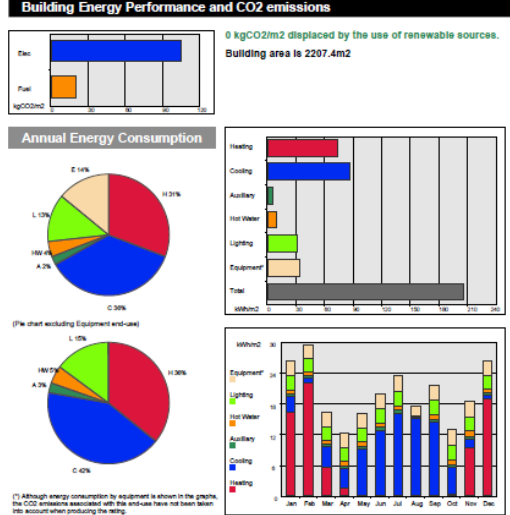
NOTE: The total energy needs of the building are 437 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 12:29:45 2014

Building name: **Neapolis School**
 Building type: Secondary school

SBEMCY* is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



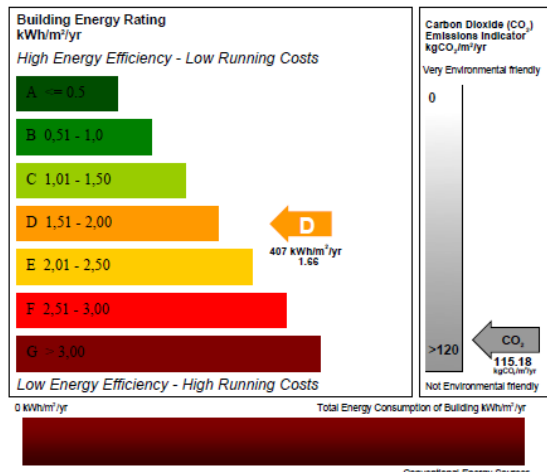
Προσθήκη σκιάστρων στη δυτική όψη της Νεάπολης

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μαρία Βιταργυράτου
 Assessor Reg. Number: ANCI123456

P.O. box: Λεμεσός
 Municipality: Λεμεσός
 City: Λεμεσός
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



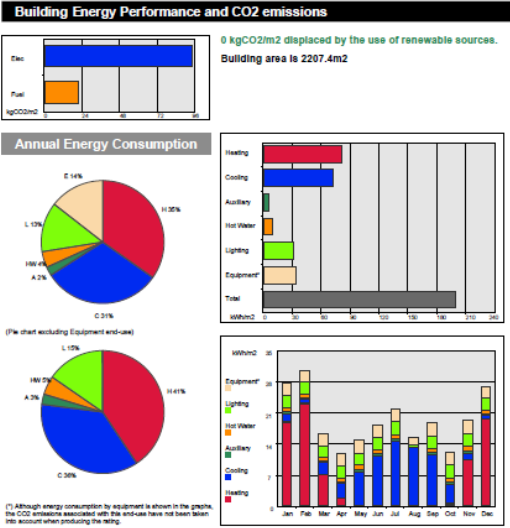
NOTE: The total energy needs of the building are 407 kWh/m²/yr. 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 12:36:59 2014

Building name: **Neapolis School**
 Building type: Secondary school

SBEMCY* is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



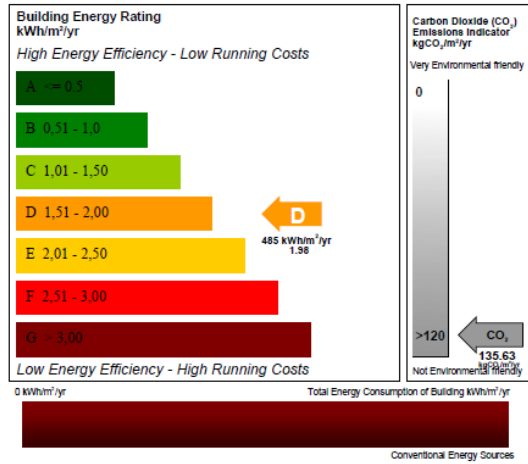
Προσθήκη σκιάστρων στη νότια όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: 3282323456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKosia
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 485 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

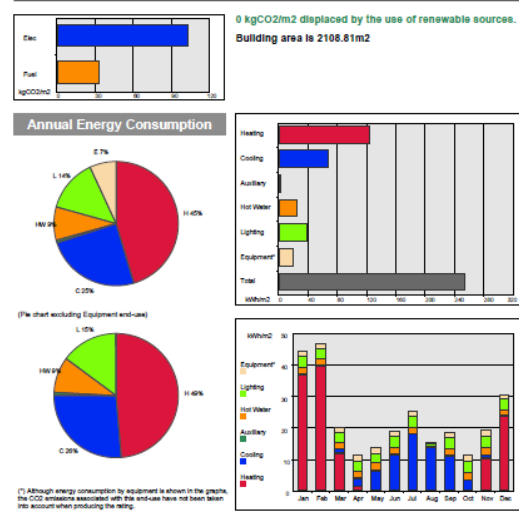
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 12:46:26 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



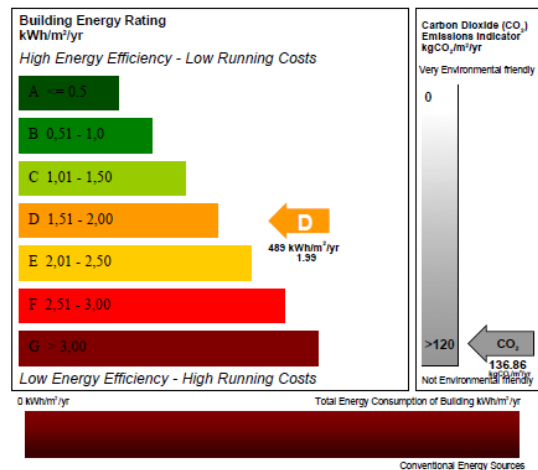
Προσθήκη σκιάστρων στην ανατολική όψη του Αγ. Δομετίου

ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: 3282323456

P.O. box:
 Municipality: ΛεFKosia
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 489 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

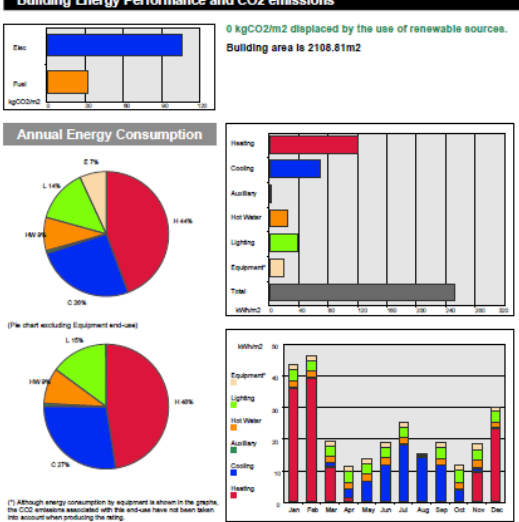
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 13:10:01 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



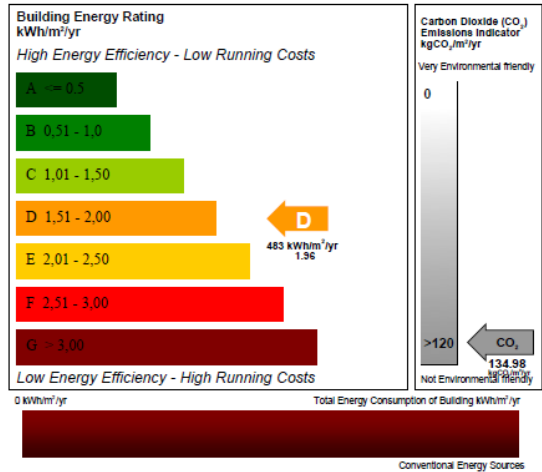
Προσθήκη σκιάστρων στη δυτική όψη του Αγ. Δομετίου

ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Agios Dometios Gymnasium
 P.O. box:
 Municipality: Lefkoia
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηλίας Βιτρούπης-επίτιμος
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ1123456



NOTE: The total energy needs of the building are 483 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

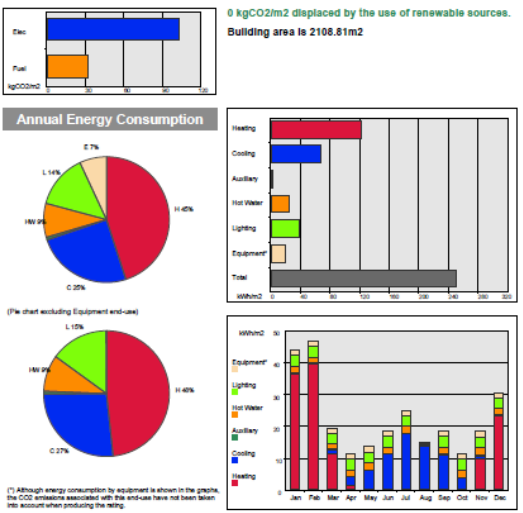
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 13:20:02 2014

Building name
Agios Dometios Gymnasium
 Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



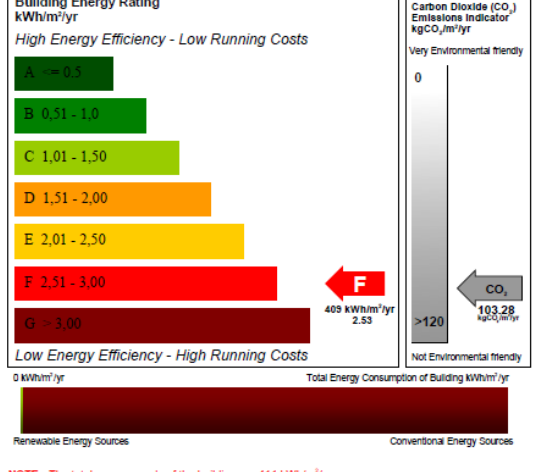
Προσθήκη σκιάστρων στη νότια όψη του Αγρού

ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Agros School
 P.O. box:
 Municipality: Lemesos
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηλίας Βιτρούπης-επίτιμος
 Assessor Reg. Number: ΑΒΚ1123456



NOTE: The total energy needs of the building are 411 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

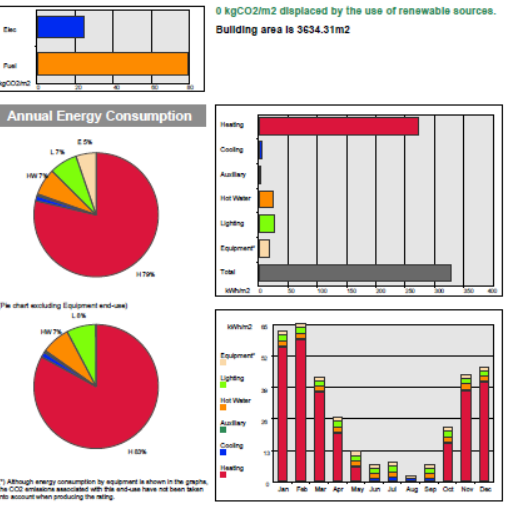
SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sat Jan 18 13:29:27 2014

Building name
Agros School
 Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



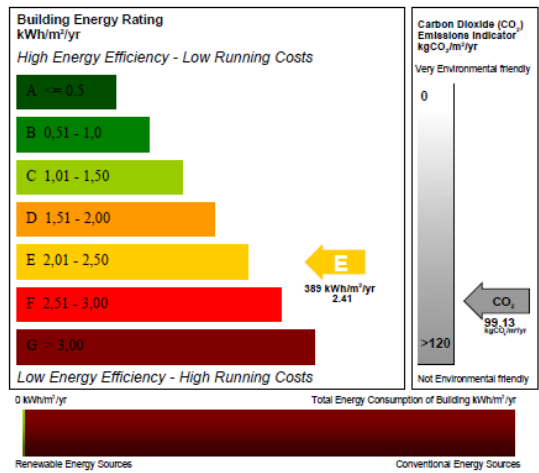
Προσθήκη σκιάστρων στην ανατολική όψη του Αγρού

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδα Βατορνηγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ00123456

P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none> (not set)
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 391 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

Sat Jan 18 13:37:56 2014

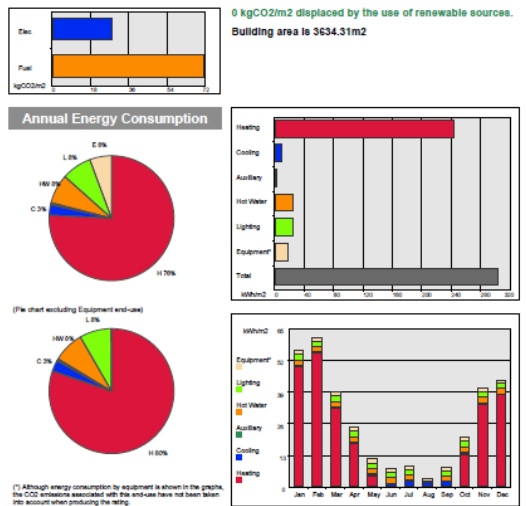
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be used in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SEDM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



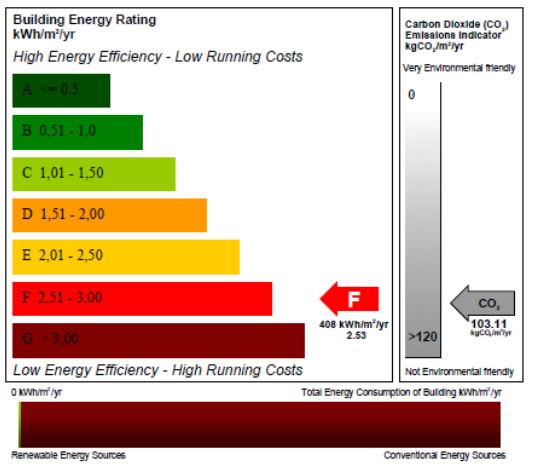
Προσθήκη σκιάστρων στη δυτική όψη του Αγρού

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Ηρώδα Βατορνηγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ00123456

P.O. box: Lemessos
 Municipality: Lemessos
 City: Agros
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none> (not set)
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 410 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

Sat Jan 18 13:44:08 2014

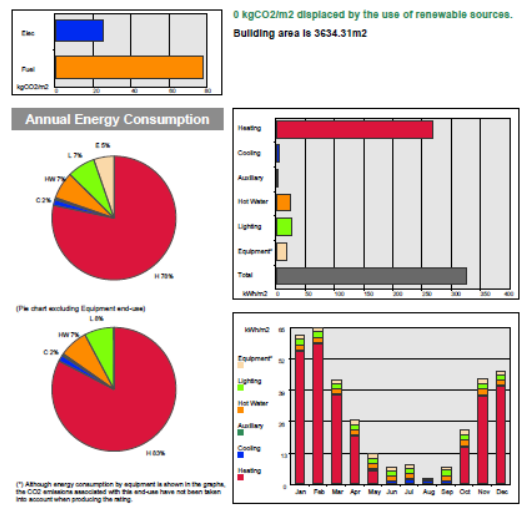
Building name
 Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be used in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

SBEMCY™ is based on SEDM, an energy calculation tool developed by BRE for CLG (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



Αναβαθμίσκη συστημάτων κλιματισμού

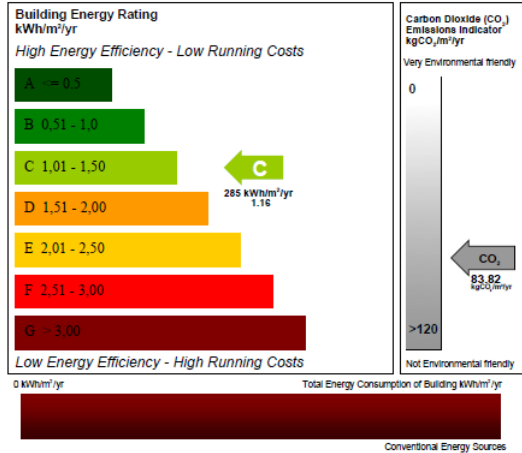
Αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στη Νεάπολη

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

Π.Ο. box: Lemsoce
 Municipality: Lemsoce
 City: Lemsoce
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



SBEMCY Main Calculation Output Document

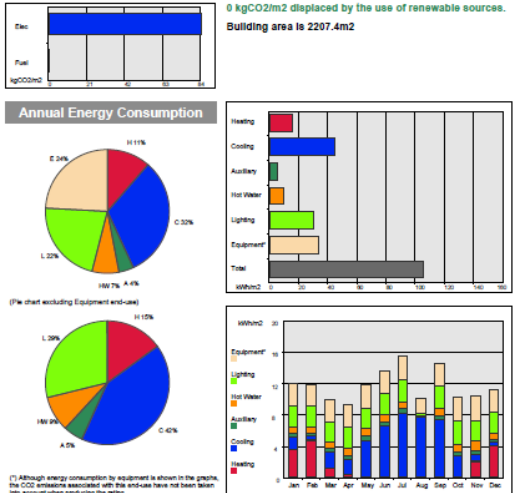
Sat Jan 18 16:06:53 2014

Building name
 Neapolis School

Building type: Secondary school

SBEMCY¹ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

Building Energy Performance and CO2 emissions



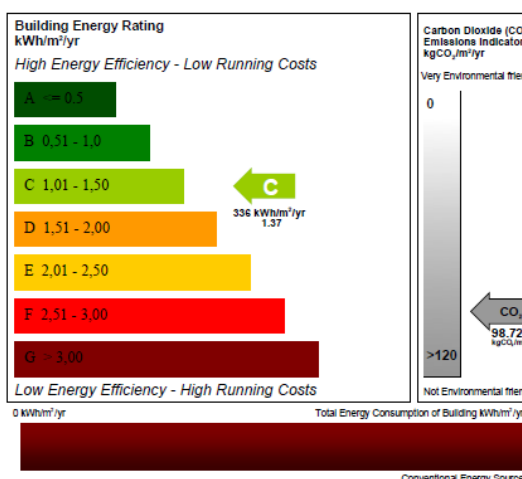
Αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στον Αγ. Δομέτιο

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

Π.Ο. box: Letkocia
 Municipality: Agios Dometios
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 18-01-2014
 Valid Until: 17-01-2024



SBEMCY Main Calculation Output Document

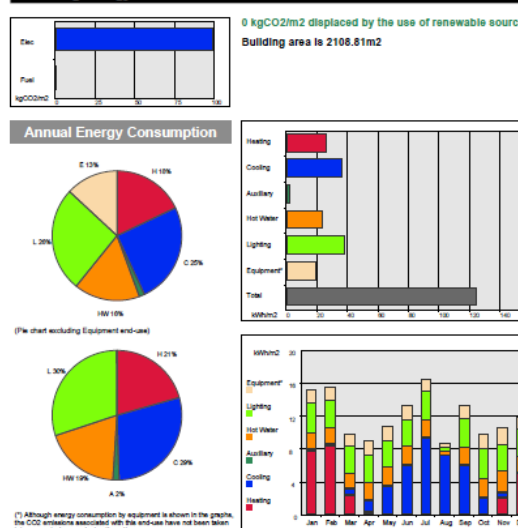
Sat Jan 18 16:12:20 2014

Building name
 Agios Dometios Gymnasium

Building type: Secondary school

SBEMCY¹ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, SBEMCY is not intended as a building design tool.

Building Energy Performance and CO2 emissions



Αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στον Αγρό

(SBEMoy v3.3.d) (SBEMoy v3.3.d)

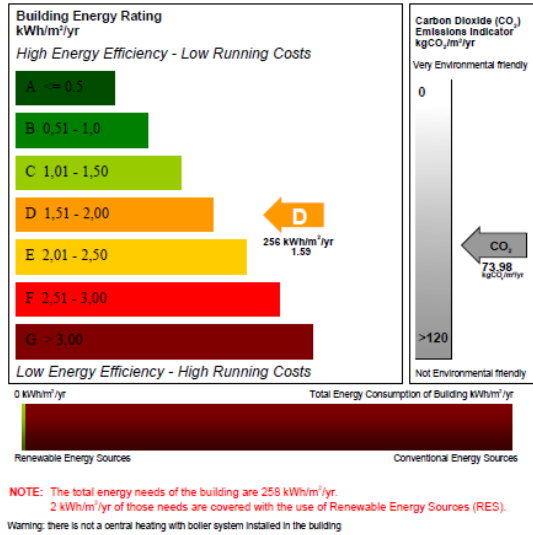
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ03123456

P.O. box: Lemesos
Municipality: Lemesos
City: Agros
Project Complexity: Non-residential
Certification: After Construction
Certificate Reg. Number: <none set>
Issue Date: 18-01-2014
Valid Until: 17-01-2024



SBEMCY Main Calculation Output Document

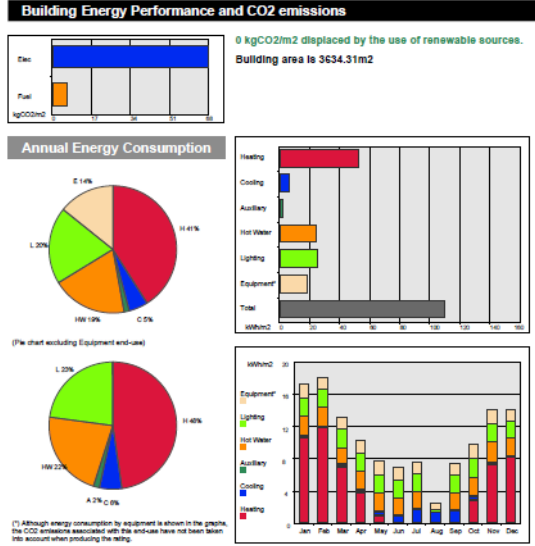
Sat Jan 18 15:58:03 2014

Building name
Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



Αφαίρεση κλιματιστικών μονάδων ψύξης

Αφαίρεση αυτοτελών κλιματιστικών μονάδων από το γυμνάσιο Νεάπολης

(SBEMoy v3.3.d) (SBEMoy v3.3.d)

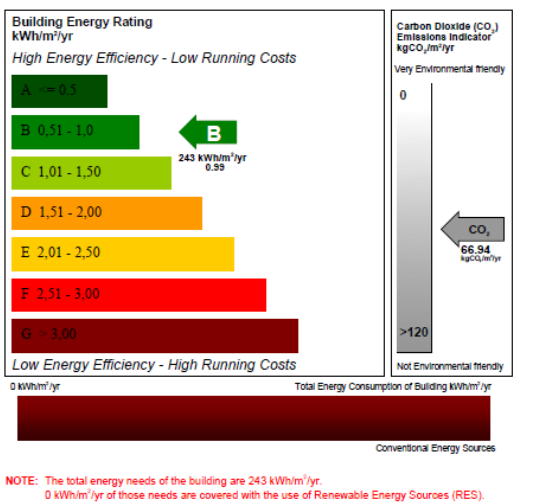
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING

Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ΑΒ03123456

P.O. box: Lemesos
Municipality: Lemesos
City: Lemesos
Project Complexity: Non-residential
Certification: After Construction
Certificate Reg. Number: <none set>
Issue Date: 19-01-2014
Valid Until: 18-01-2024



SBEMCY Main Calculation Output Document

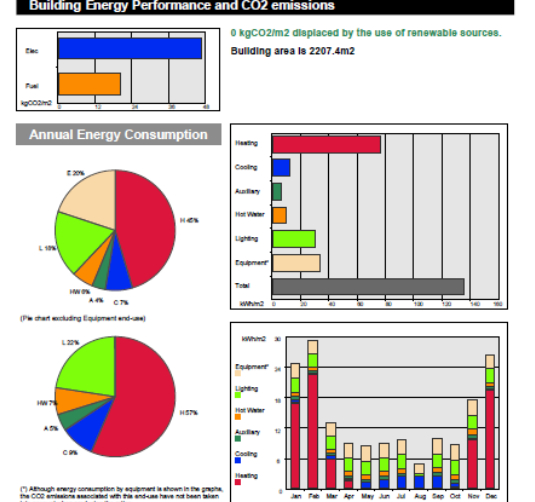
Sun Jan 19 10:56:26 2014

Building name
Neapolis School

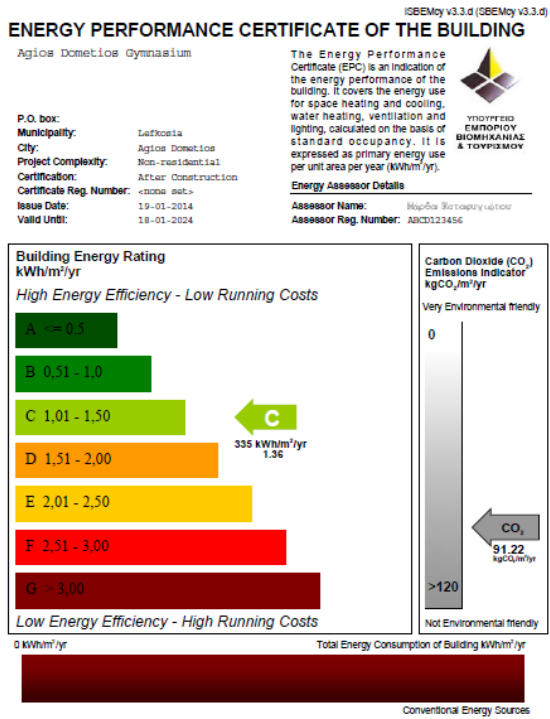
Building type: Secondary school

SBEMCY™ is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

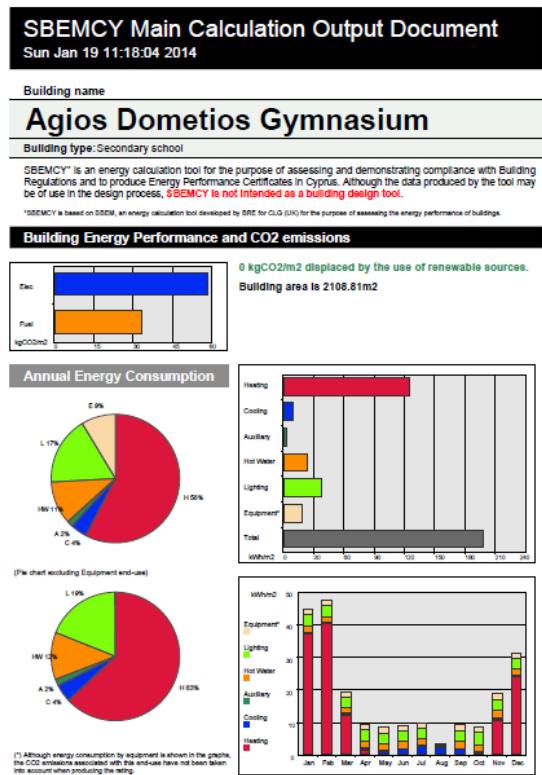
SBEMCY™ is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.



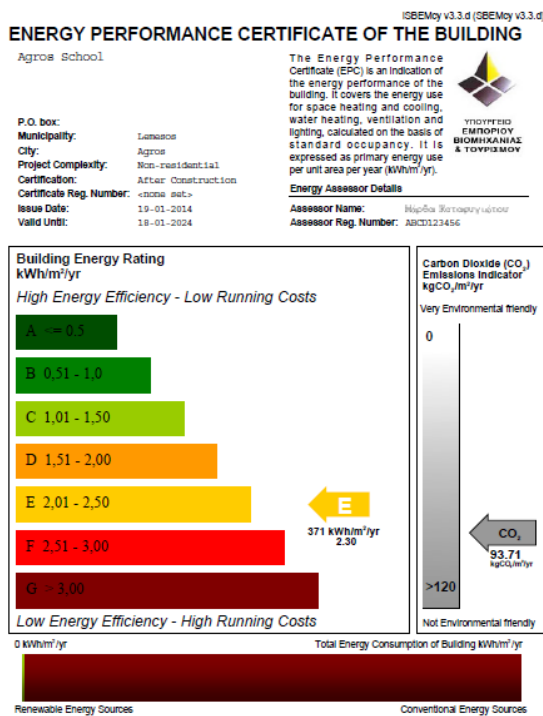
Αφαίρεση αυτοτελών κλιματιστικών μονάδων από το γυμνάσιο Αγ. Δομετίου



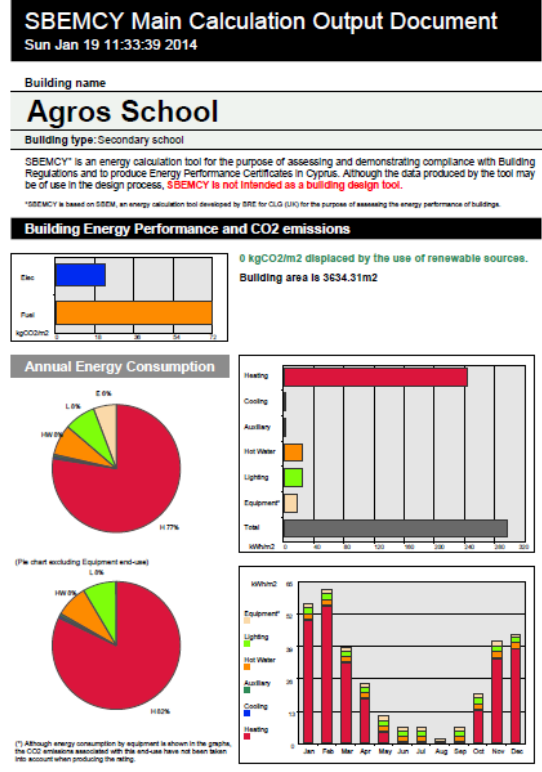
NOTE: The total energy needs of the building are 335 kWh/m²/yr.
 0 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).



Αφαίρεση αυτοτελών κλιματιστικών μονάδων από το γυμνάσιο Αγρού



NOTE: The total energy needs of the building are 373 kWh/m²/yr.
 2 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).



Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη Νεάπολη

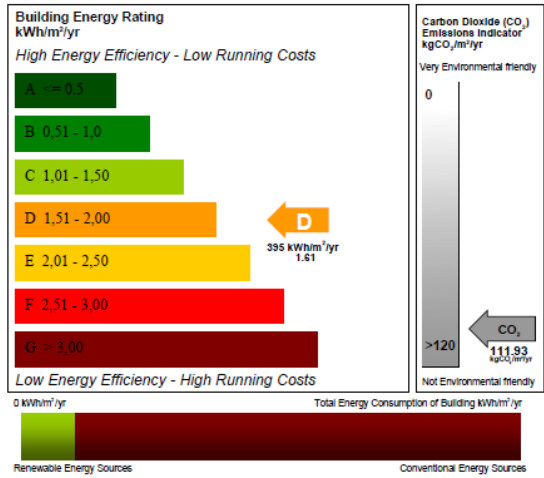
ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Neapolis School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ & ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ

P.O. box:
 Municipality: Lemesos
 City: Lemesos
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 19-01-2014
 Valid Until: 18-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 442 kWh/m²/yr. 47 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

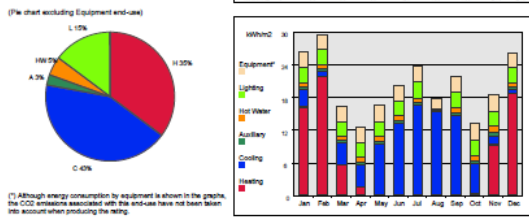
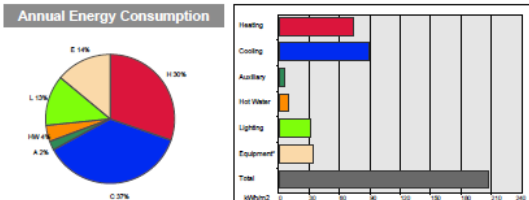
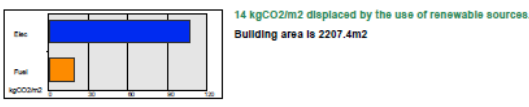
Sun Jan 19 12:45:53 2014

Building name: **Neapolis School**
 Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

[®]SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



(*) Although energy consumption by equipment is shown in the graphs, the CO₂ emissions associated with the end-use have not been taken into account when producing the rating.

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στον Αγ. Δομέτιο

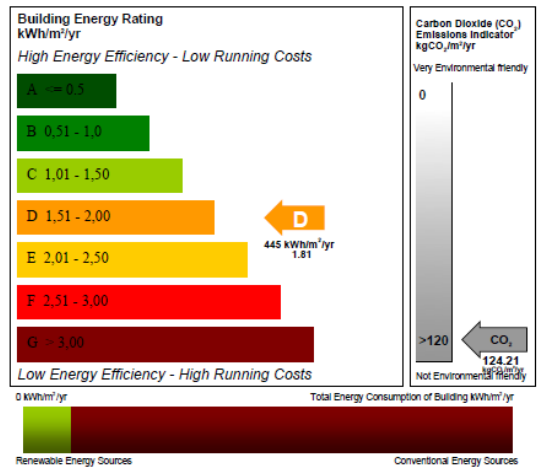
ISBEMoy v3.3.d (SBEMoy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agios Dometios Gymnasium

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCD123456

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ & ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ

P.O. box:
 Municipality: Lefkosia
 City: Agios Dometios
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: <none set>
 Issue Date: 19-01-2014
 Valid Until: 18-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 493 kWh/m²/yr. 48 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document

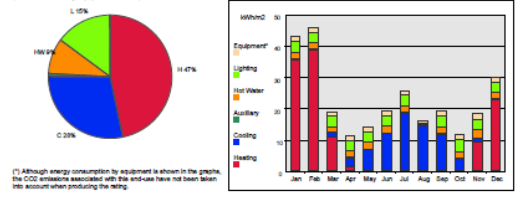
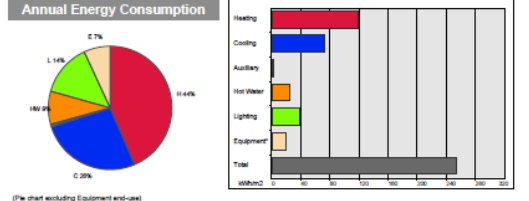
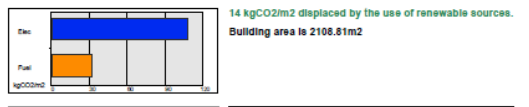
Sun Jan 19 12:55:20 2014

Building name: **Agios Dometios Gymnasium**
 Building type: Secondary school

SBEMCY[®] is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

[®]SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO2 emissions



(*) Although energy consumption by equipment is shown in the graphs, the CO₂ emissions associated with the end-use have not been taken into account when producing the rating.

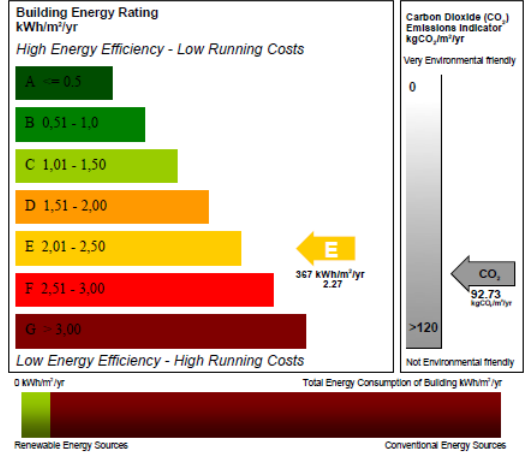
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στον Αγρό

ISBEMcy v3.3.d (SBEMcy v3.3.d)
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF THE BUILDING
 Agros School

The Energy Performance Certificate (EPC) is an indication of the energy performance of the building. It covers the energy use for space heating and cooling, water heating, ventilation and lighting, calculated on the basis of standard occupancy. It is expressed as primary energy use per unit area per year (kWh/m²/yr).

Energy Assessor Details
 Assessor Name: Μάρθα Καταφυγιώτου
 Assessor Reg. Number: ABCT123456

Municipality: Λεμεσός
 City: Αγρός
 Project Complexity: Non-residential
 Certification: After Construction
 Certificate Reg. Number: none set
 Issue Date: 19-01-2014
 Valid Until: 18-01-2024



NOTE: The total energy needs of the building are 380 kWh/m²/yr. 23 kWh/m²/yr of those needs are covered with the use of Renewable Energy Sources (RES).

SBEMCY Main Calculation Output Document
 Sun Jan 19 13:04:18 2014

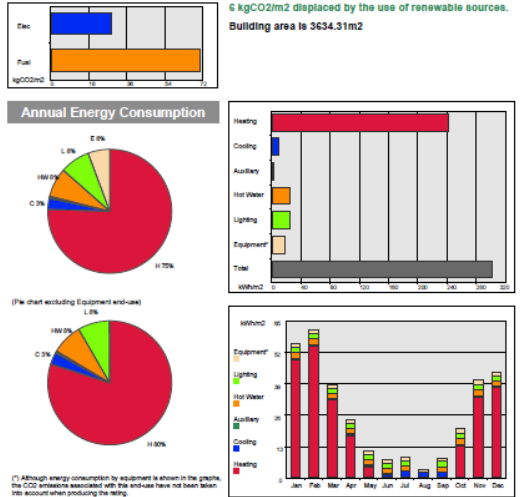
Building name
Agros School

Building type: Secondary school

SBEMCY* is an energy calculation tool for the purpose of assessing and demonstrating compliance with Building Regulations and to produce Energy Performance Certificates in Cyprus. Although the data produced by the tool may be of use in the design process, **SBEMCY is not intended as a building design tool.**

*SBEMCY is based on SBEM, an energy calculation tool developed by BRE for CLO (UK) for the purpose of assessing the energy performance of buildings.

Building Energy Performance and CO₂ emissions



V. Αποτελέσματα επαλήθευσης Energy Plus

Αρχική κατάσταση κτιρίου Γυμνασίου Νεάπολης

Electricity Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	314.8	287.2	326.6	293.4	326.6	313.5	297	316.2	305.2	314.8	313.5	306.5	3715
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	555.9	504.7	571.8	519.1	571.8	549.5	355.3	367.9	535	555.9	549.5	541.4	6178
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	870.8	792	898.4	812.5	898.4	862.9	652.3	684.1	840.1	870.8	862.9	848	9893

District Heating Consumption (Million Btu)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	43.69	34.28	27.6	8.849	0.7206	0.01314	0	0	0.0005532	1.115	12.41	32.25	160.9
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	43.69	34.28	27.6	8.849	0.7206	0.01314	0	0	0.0005532	1.115	12.41	32.25	160.9

District Cooling Consumption (Million Btu)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	3.494	2.587	3.239	2.528	5.385	12.79	16.43	18.17	13.51	4.585	3.08	3.053	88.86
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	3.494	2.587	3.239	2.528	5.385	12.79	16.43	18.17	13.51	4.585	3.08	3.053	88.86

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	169.79	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	93.75	0.00	0.00
Interior Lighting	13.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	35.62	0.00	0.00	93.75	169.79	0.00

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

Με θερμομόνωση 3εκ στην οροφή του Γυμνασίου Νεάπολης

Electricity Consumption (kWh)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	314.8	287.2	326.6	293.4	326.6	313.5	297	316.2	305.2	314.8	313.5	306.5	3715
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	555.9	504.7	571.8	519.1	571.8	549.5	355.3	367.9	535	555.9	549.5	541.4	6178
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	870.8	792	898.4	812.5	898.4	862.9	652.3	684.1	840.1	870.8	862.9	848	9893

District Heating Consumption (Million Btu)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	34.31	27.33	23.01	8.311	1.07	0.05599	0	0	0.004069	1.09	8.953	24.15	128.3
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	34.31	27.33	23.01	8.311	1.07	0.05599	0	0	0.004069	1.09	8.953	24.15	128.3

District Cooling Consumption (Million Btu)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	3.151	2.334	2.963	2.226	4.313	9.463	12.18	14.05	11.19	4.435	2.878	2.68	71.86
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	3.151	2.334	2.963	2.226	4.313	9.463	12.18	14.05	11.19	4.435	2.878	2.68	71.86

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	135.35	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	75.82	0.00	0.00
Interior Lighting	13.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	35.62	0.00	0.00	75.82	135.35	0.00

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

Με θερμομόνωση 3εκ. στην εξωτερική τοιχοποιία του Γυμνασίου Νεάπολης

Electricity Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	314.8	287.2	326.6	293.4	326.6	313.5	297	316.2	305.2	314.8	313.5	306.5	3715
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	555.9	504.7	571.8	519.1	571.8	549.5	355.3	367.9	535	555.9	549.5	541.4	6178
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	870.8	792	898.4	812.5	898.4	862.9	652.3	684.1	840.1	870.8	862.9	848	9893

District Heating Consumption (Million Btu)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	37.96	29.32	22.82	7.059	0.5668	0.01432	0	0	0.002006	0.9827	10.36	27.8	136.9
Cooling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	37.96	29.32	22.82	7.059	0.5668	0.01432	0	0	0.002006	0.9827	10.36	27.8	136.9

District Cooling Consumption (Million Btu)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cooling	3.228	2.379	2.95	2.48	5.701	12.62	15.67	17.2	13.12	4.793	3.084	2.853	86.08
Interior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Lighting	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Interior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Exterior Equipment	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pumps	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Rejection	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Humidification	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heat Recovery	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Water Systems	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Refrigeration	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Generators	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	3.228	2.379	2.95	2.48	5.701	12.62	15.67	17.2	13.12	4.793	3.084	2.853	86.08

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	144.41	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	90.82	0.00	0.00
Interior Lighting	13.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	35.62	0.00	0.00	90.82	144.41	0.00

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

VI. Ερωτηματολόγιο θερμικής άνεσης

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΕ ΣΧΟΛΕΙΑ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

1. ΦΥΛΟ: <input type="checkbox"/> ΑΡΡΕΝ <input type="checkbox"/> ΘΗΛΥ
2. ΗΛΙΚΙΑ :
3. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:
4. ΩΡΑ:
5. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C):
6. ΕΠΟΧΗ: <input type="checkbox"/> ΧΕΙΜΩΝΑΣ <input type="checkbox"/> ΑΝΟΙΞΗ <input type="checkbox"/> ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ <input type="checkbox"/> ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ
7. ΚΑΘΕΣΤΕ ΚΟΝΤΑ ΣΕ : <input type="checkbox"/> ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΙΧΟ <input type="checkbox"/> ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΠΟΡΤΑ <input type="checkbox"/> ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΙΧΟ <input type="checkbox"/> ΠΑΡΑΘΥΡΟ <input type="checkbox"/> ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΠΟΡΤΑ
8.α. ΣΗΜΕΙΩΣΤΕ ΑΝ ΚΑΘΕΣΤΕ ΚΟΝΤΑ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ Ή/ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ:
8.β ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΨΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΑΝΑΜΜΕΝΑ; (ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΕ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ). <input type="checkbox"/>
ΧΕΙΜΩΝΑ: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> ΑΝΟΙΞΗ ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>
9.α. ΤΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΝΕΤΕ?

<input type="checkbox"/>	ΚΑΘΕΣΤΕ	<input type="checkbox"/>	ΜΙΛΑΤΕ	<input type="checkbox"/>	ΑΛΛΟ
<input type="checkbox"/>	ΣΤΕΚΕΣΤΕ	<input type="checkbox"/>	ΓΡΑΦΕΤΕ		
<input type="checkbox"/>	ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΤΕ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ	<input type="checkbox"/>	ΠΕΡΠΑΤΑΤΕ		

9.β. ΠΑΝΤΑ ΚΑΝΕΤΕ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΥΤΟΝ ΤΟ ΧΩΡΟ?

ΝΑΙ ΟΧΙ ΣΥΝΗΘΩΣ

9.γ. ΠΩΣ ΘΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΑΤΕ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΚΑΝΕΤΕ;

ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ	<input type="checkbox"/>
ΣΚΛΗΡΗ	<input type="checkbox"/>
ΚΟΥΡΑΣΤΙΚΗ	<input type="checkbox"/>
ΜΕΤΡΙΑ	<input type="checkbox"/>
ΕΛΑΦΡΙΑ	<input type="checkbox"/>

10. ΠΟΣΑ ΑΤΟΜΑ ΕΙΣΤΕ ΣΥΝΗΘΩΣ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΑΙΘΟΥΣΑ;

11. ΚΑΝΤΕ ΤΗΝ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΙ ΦΟΡΑΤΕ ΣΥΝΗΘΩΣ ΣΤΗΝ ΑΙΘΟΥΣΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ, ΤΟΥ ΦΘΙΝΟΠΩΡΟΥ, ΤΟΥ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΟΙΞΗΣ. (ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΤΗΛΗ ΓΙ ΑΥΤΟ ΚΑΙ ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΜΟΝΟ ΜΙΑ, ΑΥΤΗ ΠΟΥ ΣΑΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΕΙ).

- | | |
|--------------|---|
| 1. ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ | 1. ΜΠΛΟΥΖΑ, ΖΑΚΕΤΑ, ΣΑΚΑΚΙ, ΜΑΚΡΥ ΠΑΝΤΕΛΟΝΙ ΚΑΙ ΜΠΟΥΦΑΝ |
| 2. ΧΕΙΜΩΝΑΣ | 2. ΜΑΚΡΟΜΑΝΙΚΗ ΜΠΛΟΥΖΑ ΚΑΙ ΜΑΚΡΥ ΠΑΝΤΕΛΟΝΙ |
| 3. ΑΝΟΙΞΗ | 3. ΚΟΝΤΟΜΑΝΙΚΗ ΜΠΛΟΥΖΑ ΚΑΙ ΜΑΚΡΥ ΠΑΝΤΕΛΟΝΙ |
| 4. ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ | 4. ΜΠΛΟΥΖΑ, ΣΑΚΑΚΙ, ΠΑΛΤΟ, ΚΑΣΚΟΛ ΚΑΙ ΓΑΝΤΙΑ |
| | 5. ΚΟΝΤΟ ΠΑΝΤΕΛΟΝΙ, ΜΠΛΟΥΖΑ ΚΑΙ ΣΑΝΔΑΛΙΑ |
| | 6. ΚΟΝΤΟ ΦΟΡΕΜΑ ΜΕ ΚΑΛΣΟΝ ΚΑΙ ΣΑΚΑΚΙ |
| | 7. ΚΟΝΤΟ ΦΟΡΕΜΑ ΜΕ ΣΑΝΔΑΛΙΑ |

12. ΠΩΣ ΑΙΣΘΑΝΕΣΤΕ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ, ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ?

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ

ΚΡΥΟ

ΔΡΟΣΙΑ

ΕΛΑΦΡΙΑ ΔΡΟΣΙΑ

ΟΥΔΕΤΕΡΑ

ΕΛΑΦΡΙΑ ΖΕΣΤΗ

ΖΕΣΤΗ

ΠΑΡΑ ΠΟΛΛΗ ΖΕΣΤΗ

ΑΝΟΙΞΗ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΚΡΥΟ

ΔΡΟΣΙΑ

ΕΛΑΦΡΙΑ ΔΡΟΣΙΑ

ΟΥΔΕΤΕΡΑ

ΕΛΑΦΡΙΑ ΖΕΣΤΗ

ΖΕΣΤΗ

ΠΑΡΑ ΠΟΛΛΗ ΖΕΣΤΗ

13. ΠΟΣΟ ΑΝΕΤΑ ΝΙΩΘΕΤΕ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΕΣΤΕ;

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ

ΑΝΟΙΞΗ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΠΟΛΥ ΑΝΕΤΑ

ΜΕΤΡΙΑ

ΛΙΓΟ ΑΝΕΤΑ

ΚΑΘΟΛΟΥ