

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Μ.Κ.Καταφυγιώτου¹, Δ.Κ. Σεργίδη²

^{1,2} *Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου/
Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος
Αρχιεπισκόπου Κυπριανού 31, Τ.Κ.3036, Λεμεσός, Κύπρος
Ηλεκτρονική. Διεύθυνση: martha.katafygiotou@cut.ac.cy*

² *Ηλεκτρονική. Διεύθυνση: despina.serghides@cut.ac.cy*

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Ενεργειακή και περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται αποτελέσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος MED-TEENERGY-Ενεργειακή Απόδοση Σχολείων στην περιοχή της Μεσογείου. Η έκθεση επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της ποιότητας της δόμησης και τις πρακτικές που ακολουθούνται στον κατασκευαστικό τομέα στις παράλιες περιοχές της Κύπρου.

Γίνεται καταγραφή της ενεργειακής απόδοσης τριών σχολικών κτιρίων και επιθεωρούνται οι κρίσιμες πτυχές που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση. Με προσομοιώσεις με τη χρήση του λογισμικού iSBEMcy επιτυγχάνεται η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των κτιρίων. Το λογισμικό αυτό είναι το επίσημο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην Κύπρο για την κατηγοριοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ και έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια συμμόρφωσης με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΚ.

Οι κύριοι τομείς των κτιρίων που μελετούνται είναι:

1. Γενικές πληροφορίες (τοποθεσία, κλιματικά δεδομένα κ.τ.λ.)
2. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες (σχεδιασμός κτιρίων, κέλυφος, ανοίγματα κελύφους κ.α.)
3. Συστήματα κλιματισμού (τύπος, καθημερινή λειτουργία, κατάσταση των συστημάτων)
4. Φωτισμός (τύπος, ισχύς)
5. Σύστημα ζεστού νερού χρήσης (τύπος, καθημερινή λειτουργία)
6. Άλλος εξοπλισμός (είδος, αριθμός τεμαχίων, δύναμη)
7. Πληροφορίες σχετικά με την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα και πετρέλαιο θέρμανσης)
8. Προσομοιώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και κατηγοριοποίηση

Τα συμπεράσματα που εξάγονται θα αποτελέσουν τη βάση για μελλοντική έρευνα ανάπτυξης στρατηγικών και τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανακαίνιση των σχολικών κτιρίων, με υψηλές προδιαγραφές, που θα τα καθιστά ενεργειακά αποδοτικά και ταυτόχρονα θα παρέχουν συνθήκες εσωτερικής άνεσης.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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[1]. 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. Η ενεργειακή απόδοση είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα κυρίως για τα σχολικά κτίρια. Αυτό οφείλεται

κυρίως στο ότι η ενεργειακή κατανάλωση ενός σχολείου είναι ουσιαστικά ο κυριότερος παράγοντας των εξόδων του. 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 [2, 3].

Στην Κύπρο η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EK είναι η κύρια νομοθετική αναφορά για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [4] και βάση αυτής έχει θεσπιστεί και το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο στην Κύπρο [5]. Η οδηγία έχει σαν κύριο στόχο της την προώθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Υποχρεωτική είναι πλέον μέσω της οδηγίας και η ενεργειακή πιστοποίηση και κατηγοριοποίηση όλων των νέων κτιρίων αλλά και των υφιστάμενων τα οποία πωλούνται, ενοικιάζονται ή μεταβιβάζονται.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην Κύπρο για ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων βασίζεται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα. [6,7,8,9,10] σύμφωνα πάντα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό πιστοποίησης [11,12,13,14]. Για την κατηγοριοποίηση και την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης ΠΕΑ στην Κύπρο χρησιμοποιείται το λογισμικό iSBEMcy [15]. Αυτό είναι το επίσημο κρατικό λογισμικό το οποίο δημιουργήθηκε και χρησιμοποιείται για συμμόρφωση προς την οδηγία 2002/91/EK και προσδιορισμό ενεργειακής απόδοσης αλλά και εκπομπών CO₂ για κάθε οικοδομή. 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. Ο ενεργειακός έλεγχος των κτιρίων αποτελεί πια επιτακτική ανάγκη. Ήδη αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αρκετά στοιχεία δεκαετιών για την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τους αποθέματος και διενεργούν συγκριτικές μελέτες για βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης [16,17,18]. Στην Κύπρο όπως και σε κάποιες άλλες χώρες δεν υπάρχει καμία καταγραφή για τις καταναλώσεις και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κατά τα προηγούμενα έτη. Η έλλειψη στοιχείων αποτελεί πολλές φορές τροχοπέδη στις όποιες ενέργειες και έρευνες προσπαθούν να υλοποιηθούν. Η καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης και απόδοσης θα δημιουργήσει μια βάση δεδομένων η οποία θα φανεί πολύ βοηθητική σε μεταγενέστερες έρευνες.

Αυτή η έρευνα, μελετά δεδομένα και αποτελέσματα τα οποία προέρχονται από τον ενεργειακό έλεγχο σχολικών κτιρίων που προέκυψε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Med-Programme *TEENERGY*- Ενεργειακή Απόδοση Σχολείων στην περιοχή της Μεσογείου. Επικεντρώνεται στην παράλια κλιματική περιοχή της Κύπρου και παρουσιάζει αποτελέσματα από τον ενεργειακό έλεγχο τριών σχολείων.

Το Med-Programme *TEENERGY* στοχεύει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τα οποία βρίσκονται σε τρεις κλιματικές ζώνες της περιοχής της Μεσογείου (παράλια, ορεινή και πεδινή-ενδοχώρα) [19].

2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ

Τα τρία επιλεγμένα σχολεία βρίσκονται στις παράλιες περιοχές της επαρχίας Λεμεσού και Πάφου. Είναι το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκέπαστης, η Αμερικανική Ακαδημία και το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου. Γενικές πληροφορίες αναφορικά με τις ταυτότητες τους, την τοπογραφία τους και το έτος κατασκευής τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής που εδράζεται το κάθε σχολείο αντίστοιχα Πίνακας 2 [20].

Πίνακας 1: Γενικές πληροφορίες σχολικών κτιρίων

Σχολικό Κτίριο	Πόλη/ Επαρχία	Έτος κατασκευής
Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκέπαστης	Πάφος	2004,2009
Αμερικανική Ακαδημία	Λεμεσός	1971, 2005
Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου	Λεμεσός	2001

Πίνακας 2: Κλιματική Τοπολογία

	Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης	Αμερικανική Ακαδημία	Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου
Υψόμετρο	27m	27m	17m
Γεωγραφικό Πλάτος	34° 43'	34° 76'	34° 43'
Γεωγραφικό Μήκος	32° 29'	33° 03'	33° 03'
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	33.7°C (Ιούλιος)	36.7°C (Ιούλιος)	36.7°C (Ιούλιος)
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	2.4°C (Φεβρουάριος)	3.6°C (Φεβρουάριος)	3.6°C (Φεβρουάριος)
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	67%	64.5%	64.5%
Ημέρες Ψύξης ¹ (20°C)	606	1011	1011
Ημέρες Θέρμανσης ² (20°C)	876	1093	1093

1. Ημέρες Ψύξης- Θερμοκρασιακή Βάση 20°C

2. Ημέρες Θέρμανσης – Θερμοκρασιακή Βάση 20°C

Οι γενικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για την μελέτη της λειτουργίας και της ενεργειακής απόδοσης του κάθε σχολείου. Το έτος κατασκευής υποδεικνύει τις κατασκευαστικές πρακτικές που ακολουθούνταν στην οικοδομική βιομηχανία τη συγκεκριμένη εποχή. Οι κλιματικές παράμετροι επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό ενός κτιρίου. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες και τα επίπεδα υγρασίας καθορίζουν τη ψύξη, τη θέρμανση και τον αερισμό που χρειάζεται το κάθε κτίριο. Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας στις παράλιες περιοχές της Κύπρου καθορίζουν τις τεχνικές και τις στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για να επιτευχθεί εσωτερική άνεση στα κτίρια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά είναι επίσης απαραίτητα σε περίπτωση ανακαίνισης ή αναβάθμισης ενός κτιρίου.

Τα τρία επιλεγμένα σχολεία απαρτίζονται κυρίως από κτίρια της προηγούμενης δεκαετίας. Η Αμερικανική Ακαδημία έχει σαν κεντρικό κτίριο ένα παλαιότερο κατασκευής του 1971.

Οι πληροφορίες σχετικά με την περίοδο λειτουργίας του κάθε κτιρίου, τον αριθμό μαθητών και προσωπικού, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τον εξοπλισμό καθώς και την κατανάλωση ενέργειας του κάθε σχολείου, έχουν παρθεί από τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, τις Σχολικές Εφορίες και τις Σχολικές Αρχές [21].

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κάθε σχολείου .

3.1 Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης

Το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης βρίσκεται στην παράλια περιοχή της επαρχίας Πάφου. Αποτελείται από 2 ορόφους Α: Ισόγειο και Β: Πρώτος όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 4,800 m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια στα 2111 m² και η συνολική επιφάνεια η οποία ψύχεται στα 165m².

Ο αριθμός των εργαζομένων στο Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης ανέρχεται στα 68 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στους 338. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από δύο τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Νοτιοανατολικά και Βορειοδυτικά.. Στον Πίνακα 3 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της οικοδομής και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και θερμομόνωσης κτιρίου στην Κύπρο [22].

Πίνακας 3: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους -Γυμνασίου Παναγίας Θεοσκεπάστης

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	1.37	$U \leq 0.85$
Εξωτερική τοιχοποιία 2	Σκυρόδεμα	OXI	4,00	
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	$U \leq 0.75$
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	NAI (Εξηλασμένη πολυστερίνη 50mm)	0,51	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Διπλοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου	NAI	3,8	$U \leq 3.8$

3.2 Αμερικανική Ακαδημία

Η Αμερικανική Ακαδημία βρίσκεται στην παράλια περιοχή της επαρχίας Λεμεσού. Αποτελείται από 3 ορόφους: Α: Ισόγειο, Β: 1^{ος} όροφος και Γ: 2^{ος} όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 1,600m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια είναι 1400m² και η συνολική επιφάνεια η οποία ψύχεται είναι επίσης 1400m².

Ο αριθμός των εργαζομένων στην Αμερικανική Ακαδημία ανέρχεται στα 95 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στα 435. 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 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Νότια .

Πίνακας 4: 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	$U \leq 0.75$
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Διπλοί υαλοπίνακες με πλαίσιο	NAI	3.8	$U \leq 3.8$

	αλουμινίου			
Παράθυρα-Ανοίγματα	Μονοί υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο	OXI	7.0	$U \leq 3.8$

3.3 Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου

Το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου βρίσκεται στη παράλια περιοχή της επαρχίας Λεμεσού. Αποτελείται από δύο ορόφους: Α: Ισόγειο και Β: 1^{ος} όροφος. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου ανέρχεται στα 3135 m². Η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια στα 2728 m² και η συνολική επιφάνεια η οποία ψύχεται στα 190 m².

Ο αριθμός των εργαζομένων ανέρχεται στα 76 άτομα και ο αριθμός των μαθητών στα 519. Το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από ένα τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας, δάπεδο και οροφή. Το μεγαλύτερο μέρος των ανοιγμάτων εκτίθεται Δυτικά. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Γυμνασίου Αγίου Αθανασίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Περιγραφή χαρακτηριστικών κελύφους-Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου

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	OXI	1.25	$U \leq 0.85$
Δάπεδο	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	OXI	0.86	$U \leq 0.75$
Οροφή	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Επίπεδη οροφή)	OXI	2.016	$U \leq 0.75$
Παράθυρα-Ανοίγματα	Διπλοί υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου	ΝΑΙ	3.8	$U \leq 3.8$

Διαβάζοντας τους πίνακες 3,4 και 5 και συγκρίνοντας και με άλλες μελέτες [19] διαφαίνονται κάποια χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. Οι πέτρινες κατασκευές παρουσιάζουν σχετικά καλές θερμικές ιδιότητες (U-Value=0,93 και 1,21), καλύτερες από το τούβλο (U-Value=1,39) και το σκυρόδεμα (U-Value= 4,0). Παρόλα αυτά δεν είναι τόσο καλές ώστε να χαρακτηριστούν ως θερμομονωτικά υλικά. Επίσης παρόλο που το σκυρόδεμα δεν παρουσιάζει καλές θερμικές ιδιότητες διαθέτει υψηλή θερμοχωρητικότητα (θερμική μάζα), πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τις θερμικές συνθήκες της Κύπρου όπου παρουσιάζει αυξημένες θερμοκρασιακές μεταβολές μεταξύ ημέρας και νύχτας [22,24].

4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Το σύστημα θέρμανσης και στα τρία σχολεία αποτελείται από κεντρική θέρμανση με σώματα θέρμανσης –καλοριφέρ-. Αναλυτική περιγραφή του συστήματος θέρμανσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Το κόστος του πετρελαίου θέρμανσης δεν είναι σταθερό γιατί εξαρτάται από την τιμή του πετρελαίου την ημέρα αγοράς του. Στις μετρήσεις αυτής της έρευνας υπολογίστηκε περίπου στα €0,61 το λίτρο. Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή του απόδοση γιατί αποτελεί τον κύριο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης και του ετήσιου κόστους

κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης και η μετατροπή της σε πρωτογενή μορφή ενέργειας φαίνεται στον Πίνακα 7 [24].

Πίνακας 6: Περιγραφή συστήματος θέρμανσης

Σχολικό Κτίριο	Είδος	Σύστημα	Λέβητας	Εμβαδόν θέρμανσης [m ²]	Ημερήσια Λειτουργία	Ετήσια Λειτουργία	Τρόπος Λειτουργίας
Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκέπαστης	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	2 θερμομονωμένοι	2111	7:30- 13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης
Αμερικανική Ακαδημία	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	1 θερμομονωμένος	1032	7:30-13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης
	Άλλο	51 Μονάδες διαιρεμένου τύπου	-	368	7:30-13:30	Νοέ-Απρ	Θερμοστάτης για κάθε μονάδα
Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου	Πετρέλαιο θέρμανσης	Κεντρική Θέρμανση	1 θερμομονωμένος	2728	7:30-13:30	Νοέ-Απρ	Ένας θερμοστάτης

Πίνακας 7: Περιγραφή κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης κατά το έτος 2009

Σχολικό Κτίριο	Κατανάλωση Πετρελαίου [lt]	Κόστος	Μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια [*1,1 → kWh/kWh]	Μετατροπή σε εκπομπές CO ₂ [*0,266 → kgCO ₂ /kWh]
Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκέπαστης	1385	€955,65	1523,5	368,41
Αμερικανική Ακαδημία	2487	€1716,28	2735,7	661,54
Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου	3400	€2346	3740	904,40

5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Στην Κύπρο τα περισσότερα δημόσια σχολεία δεν χρησιμοποιούν σύστημα ψύξης παρά μόνο για την ψύξη ορισμένων γραφείων. Η Αμερικανική Ακαδημία Λεμεσού είναι ιδιωτικό σχολείο και ίσως για αυτό το λόγο παρατηρούμε μονάδες διαιρεμένου τύπου για κλιματισμό σχεδόν σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου. Η θερμοκρασία δωματίου στους ψυχόμενους χώρους διατηρείται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μεταξύ 21-24 °C.

Πίνακας 8: Περιγραφή συστήματος ψύξης

Σχολικό Κτίριο	Είδος	Μονάδες	Εμβαδόν	Ημερησία	Ετήσια
----------------	-------	---------	---------	----------	--------

			Ψύξης [m ²]	Λειτουργία	Λειτουργία
Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης	Μονάδες διαιρεμένου τύπου	6	165	7:30-13:30	Ιούν-Σεπ-Οκτ
Αμερικανική Ακαδημία	Μονάδες διαιρεμένου τύπου	51	1400	7:30-13:30	Ιούν-Σεπ-Οκτ
Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου	Μονάδες διαιρεμένου τύπου	7	190	7:30-13:30	Ιούν-Σεπ-Οκτ

6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Όλες οι αίθουσες των σχολείων φωτίζονται με τεχνητό φωτισμό. Χρησιμοποιούνται φλορέντζες για φωτισμό σχεδόν σε ολόκληρο το σχολικό κτίριο έκτος από τους διαδρόμους στους οποίους χρησιμοποιούνται απλοί λαμπτήρες πυράκτωσης. Ο φωτισμός συνήθως λειτουργεί έξι ώρες ημερησίως παρόλο που τις περισσότερες φορές δεν είναι απαραίτητος. Συνήθως στα σχολεία τοποθετείται μια φλορέντζα ανά 4 έως 10 τετραγωνικά μέτρα, ισχύος 60 ή 75 watts.

7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στο Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης υπάρχουν εγκατεστημένα ηλιακά πλαίσια 20 m² για θέρμανση του ζεστού νερού. Στον Άγιο Αθανάσιο χρησιμοποιείτε σύστημα καύσης πετρελαίου για ζεστό νερό χρήση και στην Αμερικανική Ακαδημία δεν υπάρχει σύστημα θέρμανσης ζεστού νερού. Η ημερήσια λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ζεστού νερού είναι περίπου 4 ώρες και χρησιμοποιούν ζεστό νερό περίπου 100 άτομα τη μέρα.

8 ΑΛΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

8.1. Περιγραφή εξοπλισμού

Όλες οι συσκευές οι οποίες καταναλώνουν ποσά ενέργειας μεγαλύτερά των 2 kW ή χρησιμοποιούνται περισσότερο από 2 ώρες ημερησίως καταγράφονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Περιγραφή σχολικού εξοπλισμού

Σχολείο		Η/Υ	Οθόνες	Εκτυπωτές	Σαρωτές	Φωτοτυπικές μηχανές	Μηχανές για σνακ	Ανελκυστήρες
Παναγία Θεοσκεπάστη	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	Μονάδες	90	90	10	3	4	2	-
	Ημερήσια							

Αθανάσιος	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	-

8.2 Ηλεκτρική κατανάλωση

Η ηλεκτρική κατανάλωση οφείλεται κυρίως στη ψύξη, το φωτισμό και τις καταναλώσεις των διαφόρων συσκευών όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κ.α. Στη παρούσα μελέτη Πίνακας 10 γίνεται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία καταναλώθηκε στα σχολεία κατά το έτος 2009 σε πρωτογενή ενέργεια και εκπομπές CO₂ [24]. 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 10: Περιγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Σχολικό Κτίριο	Ηλεκτρισμός [kWh]	Κόστος [Ευρώ]	Μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια [*2,7→kWh/kWh]	Μετατροπή σε εκπομπές CO ₂ [*0,794→kgCO ₂ /kWh]
Παναγία Θεοσκέπαστη	67586	€13513,13	182.482,2	53.663,284
Αμερικανική Ακαδημία	85245	€15051,19	230.161,5	67.684,53
Άγιος Αθανάσιος	63921	€12071,21	172.586,7	50.753,274

9 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Για την προσομοίωση της ενεργειακής κλάσης των κτιρίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό iSBEMCY. Το προαναφερθέν λογισμικό είναι το επίσημο αναγνωρισμένο εργαλείο στην Κύπρο για κατηγοριοποίηση και έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής κατάταξης κτιρίων. Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση ISBEM-CY_3.3.d_Patched_04. Το εν λόγω λογισμικό πρόγραμμα συνεχώς αναβαθμίζεται από την Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προσομοίωση των κτιρίων.

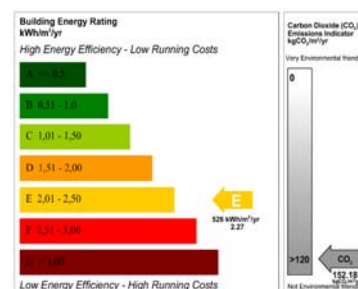
Οι υπολογισμοί και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή αποτελεσμάτων αφορούν ένα τυπικό μέρος των σχολικών κτιρίων.



Διάγραμμα 1: Παναγία Θεοσκέπαστη



Διάγραμμα 2: Αμερικανική Ακαδημία



Διάγραμμα 3: Άγιος Αθανάσιος

Τα τρία σχολεία καταναλώνουν μεταξύ 460 και 657 kWh/m²/year και εκπέμπουν 130 έως 187 kgCO₂/m²year. Συγκεκριμένα η Αμερικανική Ακαδημία βρίσκεται στην χαμηλότερη κατάταξη, κατηγορία F, με ενεργειακή κατανάλωση 657 kWh/m²/year και εκπέμπει 186,85kgCO₂/m²year. Το Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου φαίνεται να καταναλώνει 526 kWh/m²/year και να εκπέμπει 152,18 kgCO₂/m²year και βρίσκεται στην κατάταξη E. Το Γυμνάσιο Παναγίας Θεοσκεπάστης καταναλώνει 460 kWh/m²/year και εκπέμπει 130,29 kgCO₂/m²year και κατατάσσεται στην κατηγορία D.

Η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των τριών επιλεγμένων σχολείων παρουσιάζεται μέσα από τα διαγράμματα 1,2 και 3. Τα πόσα ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζονται είναι αρκετά μεγάλα και αυτό μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου επηρεάζεται και καθορίζεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Τις κλιματικές συνθήκες περιοχής, τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά (ανοίγματα, σκίαση, 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 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.

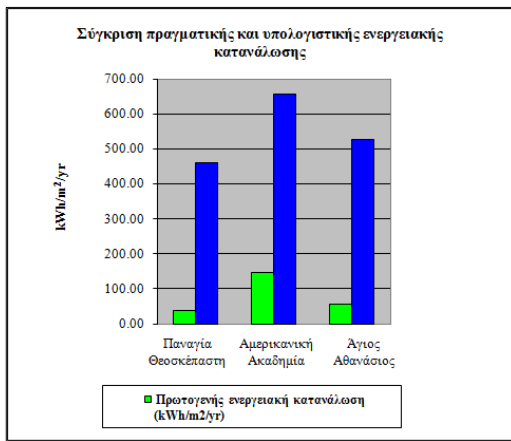
Οι υπολογισμοί μέσω του λογισμικού προγράμματος SBEMcy βασίζονται στη αρχιτεκτονική μελέτη του κτιρίου (Asset rating) και ακολουθούν μια σειρά παραδοχών όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Αυτές οι παραδοχές της υπολογιστικής μεθόδου πολλές φορές απέχουν κατά πολύ από την πραγματική κατανάλωση σε κάθε κτίριο γιατί διαφέρουν από τις πραγματικές συνθήκες του χρήστη.

Αν αναλυθεί η ενεργειακή απόδοση των σχολείων βάση των πραγματικών καταναλώσεων (Operational rating) τότε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν ίσως είναι τελείως διαφορετικά. Μια πρώτη ματιά στα διαγράμματα 4 και 5 δείχνει τις μεγάλες αποκλίσεις που υπάρχουν μεταξύ των δύο μεθόδων. Ποσοστό της απόκλισης ίσως προκύπτει σε κάποιο σφάλμα, κυρίως γιατί οι καταναλώσεις που συλλέχθηκαν για το κάθε κτίριο αφορούν μόνο ένα ολοκληρωμένο έτος, το οποίο ίσως είχε ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες. Γενικά όμως οι δύο μέθοδοι δείχνουν να μην συγκλίνουν.

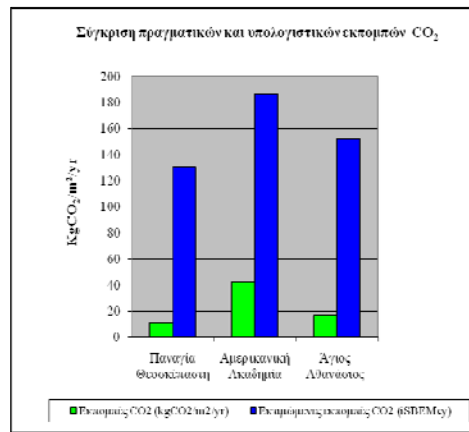
Επίσης αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα υπό εξέταση σχολεία καταναλώνουν περισσότερη πρωτογενή ενέργεια για ψύξη, φωτισμό, μηχανήματα (δηλαδή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος) παρά για θέρμανση (πετρέλαιο). Στα διαγράμματα 6,7 παρουσιάζεται η σύγκριση.

Table 11: Assumptions parameters of iSBEMcy software

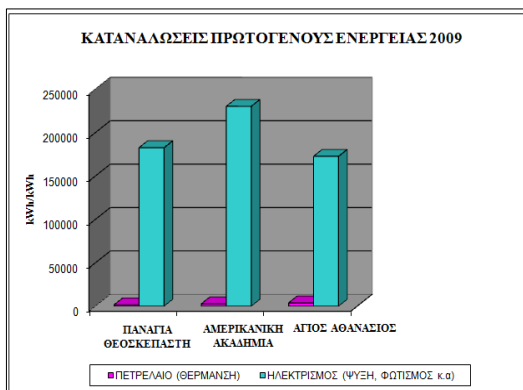
FULL_NAME	OCCUPANCY_DENSITY per/m ²	METABOLIC_RATE W/per	COOL_SET_POINT °C	HEAT_SET_POINT °C	SET_BACK_TEMP °C	OA_FLOW_PERSON l/s/per	LIGHTING LUX	EQUIPMENT W/m ²	DHW l/m ²
Domestic Lounge	0.02	110	25	21	12	10	150	5	0.53
Domestic Kitchen	0.02	160	23	18	12	12	300	40	0.53
Domestic Dining room	0.02	110	25	18	12	10	150	5	0.53
Domestic Bathroom	0.02	120	27	18	12	12	150	2	0.53
Domestic Bedroom	0.02	90	25	18	12	10	100	5	0.53



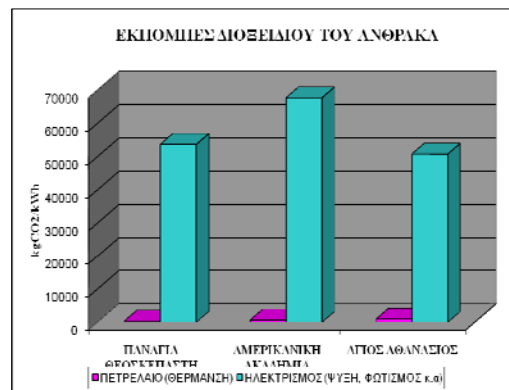
Διάγραμμα 4: Σύγκριση πραγματικής κατανάλωσης με τα αποτελέσματα του λογισμικού προγράμματος



Διάγραμμα 5: Σύγκριση πραγματικών εκπομπών CO₂ με τα αποτελέσματα του λογισμικού προγράμματος



Διάγραμμα 6: Σύγκριση ενεργειακών καταναλώσεων πετρελαίου και ηλεκτρισμού



Διάγραμμα 7: Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από το πετρέλαιο θέρμανσης και τον ηλεκτρισμό

10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ποιότητα δόμησης των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο ακόμη και αυτών που κτίστηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας χρήζει αναβάθμισης. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και ο σχεδιασμός των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο είναι παρόμοιος σε κοινές κλιματικές περιοχές. Τα περισσότερα σχολικά συγκροτήματα στις παράλιες περιοχές της Κύπρου δεν παρουσιάζουν θερμομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου. Τα σχολεία χρειάζονται αναβαθμίσεις για να επιτύχουν καλύτερες θερμικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ένα συμπέρασμα που εξάγεται ακόμη είναι ότι στα σχολικά κτίρια στα παράλια η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για ψύξη, φωτισμό και διάφορες άλλες καταναλώσεις μέσω ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για θέρμανση.

Επίσης ένα ακόμη συμπέρασμα που εξάγεται μέσα από την παρούσα μελέτη είναι το ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την προσομοίωση του κτιρίου στο λογισμικό πρόγραμμα, υπολογιστική μέθοδος, και τις μέτρησης των πραγματικών καταναλώσεων. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων (asset Vs operational rating) αποκλίνουν σημαντικά (η υπολογιστική προσέγγιση «υπερεκτιμά» την κατανάλωση).

Αυτό δεν σημαίνει και ανάγκη ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν είναι αξιόπιστη. Ο υπολογισμός βάση αρχιτεκτονικής μελέτης που χρησιμοποιεί το λογισμικό και έχει υιοθετηθεί στην Κύπρο συγκρίνει την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου με ένα πρότυπο κτίριο αναφοράς το οποίο έχει τις ίδιες διαστάσεις αλλά διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας υλικών. Με αυτό τον τρόπο γίνεται αντιληπτή και η στρατηγική που πρέπει να εφαρμοστεί για επίτευξη καλύτερης κατηγορίας και συνεπώς αποδοτικότερης ενεργειακής συμπεριφοράς. Μειώνοντας τα θερμικά

φορτία και χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου παρουσιάζει βελτίωση.

Ο υπολογισμός βάσει των πραγματικών καταναλώσεων υπολογίζει τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση για την κάθε κατηγορία κατανάλωσης, μετατρέπει τις καταναλώσεις σε πρωτογενή ενέργεια με τη βοήθεια των συντελεστών [23], αφαιρείται από το συνολικό ποσό η συνεισφορά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m².

Το ερώτημα που προκύπτει από αυτή τη μέθοδο είναι αν ο υπολογισμός ανά τετραγωνικό μέτρο κτιρίου πρέπει να αφορά μόνο τον κλιματιζόμενο χώρο του κτιρίου ή το συνολικό εμβαδόν. Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε βάση του συνολικού εμβαδού των κτιρίων.

Η ενεργειακή απόδοση των τριών 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. Η νομοθεσία σήμερα θέτει ως ελάχιστη κλάση κατηγοριοποίησης των νέων κτιρίων την Β κλάση. Τα σχολεία που μελετήσαμε βρίσκονται πολύ χαμηλότερα. Παναγία Θεοσκέπαστη κλάση D Αμερικανική Ακαδημία κλάση F και Γυμνάσιο Αγίου Αθανασίου κλάση E.

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 αιεφόρο ανάπτυξη στα μάτια των μικρών παιδιών οι οποίοι θα είναι οι αυριανοί συνεχιστές αυτού του έργου και οι κληρονόμοι αυτού του πλανήτη.

Σε μελλοντική έρευνα προγραμματίζεται να γίνει κριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων και να δοθεί μια εμπεριστατωμένη ερμηνεία. Με αυτό τον τρόπο θα διαφανούν οι στρατηγικές και οι τεχνικές που θα πρέπει να ακολουθηθούν ούτως ώστε να επιτευχθεί ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] United Nations Environment Programme, Buildings and Climate Change Status, Challenges and Opportunities, United Nations Environment Programme, Paris (2007) ISBN: 9789280727951.
- [2] A.M. Papadopoulos, A. Avgelis, Indoor environmental quality in naturally ventilated office buildings and its impact on their energy performance, International Journal of Ventilation 2 (3) (2003) 203–212.
- [3] A. Argiriou, D.N. Asimakopoulos, C. Balaras, E. Dascalaki, A. Lagoudi, M. Loizidou, M. Santamouris, I. Tselepidaki, On the energy consumption and indoor air quality in office and hospital buildings in Athens, Hellas, Energy Conservation and Management 35 (1994) 385–394.
- [4] European Council, Directive 2002/91/ec on the energy performance of buildings, 2002.
- [5] PG-N37 Standards supporting the Energy Performance of Buildings Directive
- [6] EN 15193-1 Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation
- [7] EN 15217 Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings
- [8] EN 15243 Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems
- [9] 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
- [10] 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.
- [11] 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
- [12] EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling

- [13] EN15316-3 Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – part 3 Domestic hot water systems
- [14] 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
- [15] Developed by Infotrend Innovations Co.Ltd & BRE for the Cyprus Ministry of Commerce, Industry and Tourism.
- [16] M. Santamouris, et al., Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings, *Energy and Buildings* 39 (1) (2007) 45–51.
- [17] P.G. Jones, et al., Energy benchmarks for public sector buildings in Northern Ireland, in: *Proceedings of CIBSE National Conference*, Dublin, 2000.
- [18] 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.
- [19] MED-TEENERGY Programme Energy Efficient Schools in the Mediterranean Area 2009-2011.
- [20] Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου.
- [21] Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, Σχολικές αρχές.
- [22] *Building Insulation Guide*, 2nd Edition, Energy Service, Ministry of Commerce, Industry and Tourism of Cyprus.
- [23] Serghides D.K. (2007). Low Energy Building Design-The effectiveness of Mass. *Proceedings of 2nd Palenc Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century* September 2007, Crete Island, Greece I:936-940.
- [24] Serghides D.K. (2009). Optimisation of Insulation on Mediterranean Houses. *ICPSR Journal “ISESCO Science and Technology Vision* 5(8):79-83.
- [25] *Methodology for Assessing the Energy Performance of Buildings*, Cyprus Energy Service, 2009.