



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΘΕΜΑ:**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ  
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ (ΣΧΟΛΕΙΑ,**

**ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ) ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΕ  
ΣΕ ΑΥΤΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΕΛΑΡΑΚΗ ΠΕΛΑΓΙΑ ΑΜ: 1877**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2017**

## Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος σχημάτων .....	5
Κατάλογος πινάκων .....	6
Περίληψη .....	7
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Γενικά .....	9
1.2 Κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα.....	10
1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη.....	13
1.4 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα.....	16
1.5 Εκπομπές αέριων ρύπων παγκοσμίως .....	18
1.6 Εκπομπές αέριων ρύπων στην Ελλάδα .....	19
2. Αειφορικές τεχνολογίες - Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	21
2.1 Γενικές πληροφορίες .....	21
2.2 Φωτοβολταϊκά .....	22
2.2.1 Γενικά .....	22
2.2.2 Συνθήκες λειτουργίας φωτοβολταϊκών στοιχείων .....	24
2.2.3 Σύνδεση φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	25
2.2.3.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	25
2.2.3.2 Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα.....	26
2.2.3.3 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα .....	26
2.2.6 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών στοιχείων .....	27
2.3 Ανεμογεννήτριες.....	28
2.3.1 Γενικά .....	28
2.3.2 Ισχύς και ενέργεια ανεμογεννητριών.....	29

2.3.3 Αιολικό δυναμικό.....	31
2.3.4 Παράμετροι αποδοτικότητας .....	33
2.4 Γεωθερμία.....	35
2.4.1 Γενικά .....	35
2.4.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα γεωθερμίας.....	36
2.4.3 Εφαρμογές γεωθερμίας.....	37
2.4.4 Αντλίες θερμότητας .....	38
3. Δημόσια κτίρια.....	41
3.1 Κατανάλωση ενέργειας .....	41
3.1.1 Γενικά .....	41
3.1.2 Κατανάλωση ενέργειας δημοσίων κτιρίων στην Ελλάδα .....	42
3.2 Εκπομπές αέριων ρύπων .....	43
4. Σχολεία.....	45
4.1 Κατανάλωση ενέργειας .....	45
4.2 Εκπομπές αέριων ρύπων .....	47
4.3 Μελέτη εφαρμογών ΑΠΕ .....	49
4.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκής στέγης .....	51
4.3.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαϊσίων .....	52
4.3.3 Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας .....	53
4.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας.....	55
4.4.1 Μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	58
4.4.2 Μόνωση κτιριακών υποδομών.....	59
5. Νοσοκομεία .....	61
5.1 Κατανάλωση ενέργειας .....	62
5.2 Εκπομπές αέριων ρύπων .....	64
5.3 Μελέτη εφαρμογών ΑΠΕ .....	66
5.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στέγης και αντλίας θερμότητας .....	67
5.3.2 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας.....	68
5.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας.....	71
5.4.1 Μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	72
5.4.2 Μόνωση κτιριακών υποδομών.....	73
6. Συμπεράσματα.....	75

7. Βιβλιογραφία .....	77
Ιστοσελίδες .....	78

## Κατάλογος σχημάτων

<b>Σχήμα 1:</b> Ενεργειακή κατανάλωση στο σύνολο του πλανήτη, στην Ευρώπη, την Ευρωπαϊκή Ένωση, τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD), την ομάδα κρατών G7 και την ομάδα κρατών BRICS, σε Mtoe για το 2015.....	11
<b>Σχήμα 2:</b> Ενεργειακή κατανάλωση σε διάφορες χώρες του πλανήτη για το έτος 2015 σε Mtoe.....	12
<b>Σχήμα 3:</b> Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση σε Mtoe από το έτος 1990 μέχρι το έτος 2015 .....	13
<b>Σχήμα 4:</b> Ποσοστό χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από χώρες της Ευρώπης για το 2013 .....	14
<b>Σχήμα 5:</b> Κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2014 σε Mtoe .	15
<b>Σχήμα 6:</b> Ποσοστά καταναλώσεων ανά τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2012 .....	17
<b>Σχήμα 7:</b> Ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) ανά ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2012 .....	20
<b>Σχήμα 8:</b> Παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών σε διάφορες χώρες για το έτος 2011 .....	22
<b>Σχήμα 9:</b> Εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανεμογεννητριών ανά τον κόσμο.....	29
<b>Σχήμα 10:</b> Παράδειγμα παραγωγής ισχύος (kW) από ανεμογεννήτρια σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου (m/s) .....	30
<b>Σχήμα 11:</b> Παράδειγμα διαγράμματος τιμών ταχυτήτων - προσεγγιστικής καμπύλης κατανομής Weibull - αναλυτικής καμπύλης κατανομής Weibull .....	32
<b>Σχήμα 12:</b> Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας σε κλίμακα από 0 έως 20 m/s.....	33
<b>Σχήμα 13:</b> Κατανάλωση ενέργειας σε δημόσια κτίρια και υπηρεσίες σε ποσοστό κατανάλωσης ανά τομέα.....	42
<b>Σχήμα 14:</b> Ποσοστά χρησιμοποίησης ενέργειας σε σχολεία ανάλογα με τον τρόπο αξιοποίησής της.....	46
<b>Σχήμα 15:</b> Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κατηγορίες για νοσοκομεία με λιγότερα από 300 κρεβάτια, σε νοσοκομεία με 300 έως 600 κρεβάτια και σε νοσοκομεία με περισσότερα από 600 κρεβάτια μετρημένα σε kWh ημερησίως ανά κρεβάτι.....	64
<b>Σχήμα 16:</b> Καμπύλη ισχύος και ενέργειας της ανεμογεννήτριας AAER A-2000 - 65, ισχύος 2000kW, από το πρόγραμμα RETScreen .....	70

## Κατάλογος πινάκων

<b>Πίνακας 1:</b> Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως ποσοστιαία και σε τόνους ανά κάτοικο για το έτος 2010.....	18
<b>Πίνακας 2:</b> Ποσοστά χρησιμοποίησης καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για το έτος 2016 σε GWh και επί τις εκατό αντίστοιχα.....	19
<b>Πίνακας 3:</b> Ενδεικτικά στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης σχολικών κτιρίων σε διάφορες χώρες για το έτος 2016 .....	47
<b>Πίνακας 4:</b> Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε τυπικό ελληνικό σχολείο και την ενεργειακή κατανάλωσή του στον τομέα της θέρμανσης και του ηλεκτρισμού .....	48
<b>Πίνακας 5:</b> Μεγέθη και κόστος των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που καλύπτουν όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός σχολικού κτιρίου στην Κρήτη .....	53
<b>Πίνακας 6:</b> Μεγέθη και κόστη των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αντλία θερμότητας και φωτοβολταϊκά που καλύπτουν όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός σχολικού κτιρίου στην Κρήτη .....	54
<b>Πίνακας 7:</b> (1): Τυπική κατανομή της χρήσης ενέργειας σε νοσοκομείο καλής πρακτικής με 500 κλίνες, (2): Κατανομή ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης σε ελληνικά νοσοκομεία.....	62
<b>Πίνακας 8:</b> Κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη χρήση της σε νοσοκομείο 300 κρεβατιών στην Κρήτη .....	63
<b>Πίνακας 9:</b> Ετήσιεςεκπομπές CO <sub>2</sub> (τόνοι CO <sub>2</sub> ) καιετήσιακατανάλωση (MWh) γιανοσοκομείοστηνΚρήτη .....	65
<b>Πίνακας 10:</b> Παραγωγή ισχύος (kW) και ενέργειας (MWh) από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ και αντλίας θερμότητας .....	68
<b>Πίνακας 11:</b> Κεφαλαιουχικό κόστος και κόστος χρήσης των διαφόρων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία μπορεί να παράγει όλη την απαιτούμενη ενέργεια σε νοσοκομείο στην Κρήτη.....	68

## Περίληψη

Στηνεργασία αυτή, διερευνάται η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και η δυνατότητα χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε δημόσια κτίρια και συγκεκριμένα σε σχολεία και νοσοκομεία. Αρχικά, γίνεται μία εκτίμηση για το ενεργειακό ισοζύγιο ανάμεσα σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο και ειδικότερα στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, αλλά και για το πόσο εκπέμπουν σύμφωνα με τη δραστηριότητά τους. Η ενεργειακή ζήτηση εμφανίζει με το πέρασμα του χρόνου άνοδο, κάτι το οποίο οφείλεται στην επέκταση της τεχνολογίας, παρά τη συνεχή ενεργειακή της αναβάθμιση, αλλά και στην ανύψωση του βιοτικού επιπέδου. Ο κτιριακός τομέας καταλαμβάνει ένα μεγάλο μερίδιο αυτή της ευθύνης και είναι επιτακτική ανάγκη να ληφθούν μέτρα για την καλύτερη διαχείριση της ενέργειας στα κτίρια, τη θωράκισή τους και την εφαρμογή τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ΑΠΕ εξασφαλίζουν μηδενικές εκπομπές αέριων ρύπων σε αντίθεση με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα ορυκτά καύσιμα τα οποία δυστυχώς κατέχουν τα πρωτεία στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Οι συνηθέστερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η ηλιακή, η αιολική, αλλά και η γεωθερμία. Στη χώρα μας, ευνοείται αποδοτικά η ηλιακή λόγω της ηλιοφάνειας και η αιολική λόγω της πληθώρας των νησιών. Αυτές οι τεχνολογίες, μπορούν να βρουν εφαρμογή σε κτίρια που ανήκουν στο δημόσιο, το οποίο είναι σε θέση να ενισχύσει ένα τέτοιο έργο. Τα σχολεία εμφανίζουν μειωμένη κατανάλωση συγκριτικά με άλλα δημόσια κτίρια, ενώ τα νοσοκομεία ιδιαίτερα αυξημένη. Παρά το γεγονός αυτό, μπορούν να εφαρμοστούν παραπλήσια μέτρα μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών, σε διαφορετική κλίμακα. Περαιτέρω, προτείνονται τρόποι κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των δύο αυτών τύπων κτιρίου, με σκοπό την αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων, άρα και την ταπείνωση των εκπομπών αέριων ρύπων που προκαλούν.

## **Abstract**

Investigation of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in public buildings, particularly in schools and hospitals, has been implemented in the current work. Initially comparison among buildings in Greece, Europe and worldwide is made. The energy demand continues to increase over time, which is due to the expansion of technology, despite the continuous upgrading of energy, and the raising living standards. The use of renewable energies in buildings coupled with better energy management in them are proposed, in order to improve their energy sustainability. RES ensure zero emissions of gaseous pollutants in contrast to the widely used fossil fuels which unfortunately hold primacy in power and heat generation. The most popular renewable energies, without any carbon emissions, are solar energy, wind energy and geothermal energy. In our country the solar irradiance and the wind potential are high. Therefore these benign energy sources could find many applications in buildings in Greece. Schools have lower energy consumption compared with hospitals. Therefore in both of them various sustainable energy technologies aiming to reduce their energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and replace conventional fuels, could be used.



## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Γενικά

Η σημασία της προστασίας του περιβάλλοντος, έχει πάρει ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, μεγάλη διάσταση, καθώς η ανθρώπινη φύση είναι έμμεσα αλλά και άμεσα εξαρτημένη από αυτό. Για την εκπλήρωση των βιοτικών αναγκών του ανθρώπου, αλλά και για την περαιτέρω βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου το περιβάλλον βρίσκεται σε θέση να απορροφά κάθε συνέπεια αυτών των ενεργειών. Οι ανάγκες αυτές απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας τα οποία για να παραχθούν με το συμβατικό τρόπο απελευθερώνουν εξ' ορισμού όγκους αέριων ρύπων. Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει ως αποτέλεσμα προβλήματα στην ισορροπία του περιβάλλοντος. Η πληθυσμιακή αύξηση της γης, η κλιματική αλλαγή, η αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια και οι πιθανές γεωπολιτικές επιπτώσεις από την εξάρτηση αυτή, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση να υιοθετήσει δραστικά μέτρα. Πάνω σε αυτή την ευρωπαϊκή φιλοσοφία θα βασίσουμε πολλές από τις προτάσεις περιβαλλοντικής βελτίωσης που θα αναφερθούν σε αυτή την εργασία. Βασικούς άξονες αποτελούν η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε μια βιώσιμη λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα με πολλαπλά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό και φυσικά περιβαλλοντικό επίπεδο. Η εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι απλά επιθυμητή, αλλά πλέον είναι απαραίτητη για τα σημερινά δεδομένα και το άμεσο μέλλον. Αρχικά, θα πρέπει να εκτιμηθεί η ποσότητα της ενέργειας που ζητείται καθημερινά και να μην θεωρείται ως κάτι δεδομένο καθώς είναι ένα μέγεθος εξαντλήσιμο και επίτονο να παραχθεί.

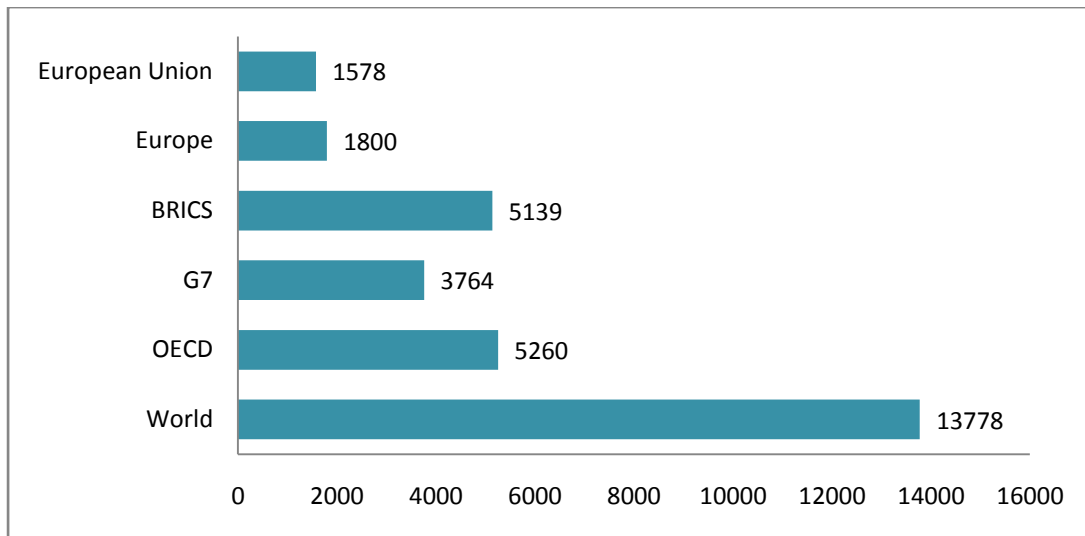
Στη χώρα μας, όπως και σε πολλές άλλες χώρες, οι πλέον διαδεδομένες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα ορυκτά καύσιμα όπως ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Με την καύση, όμως, αυτών των ενεργειακών πόρων απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ένα αέριο που συμβάλλει κατά κύριο λόγο στην έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου άρα και στην υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία έχει ως

αποτέλεσμα την κλιματική αλλαγή. Η συγκεκριμένη δημιουργεί πολλές συνέπειες στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον όπως το λιώσιμο των παγετώνων, την αύξηση της στάθμης των υδάτων, την απώλεια οικοσυστημάτων και καλλιεργήσιμων εδαφών αλλά και την επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας λόγω του χαμηλού επιπέδου βιωσιμότητας πολλών περιοχών από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι πόροι αυτοί είναι εξ' ορισμού εξαντλήσιμοι και μη ανανεώσιμοι. Οπότε, λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων των φυσικών ορυκτών πόρων, οι προσπάθειες τα τελευταία χρόνια εστιάζονται στην χρήση ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, αναζητούνται τρόποι που με τη βοήθεια της τεχνολογίας να αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος, ο αέρας και το νερό.

## **1.2 Κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα**

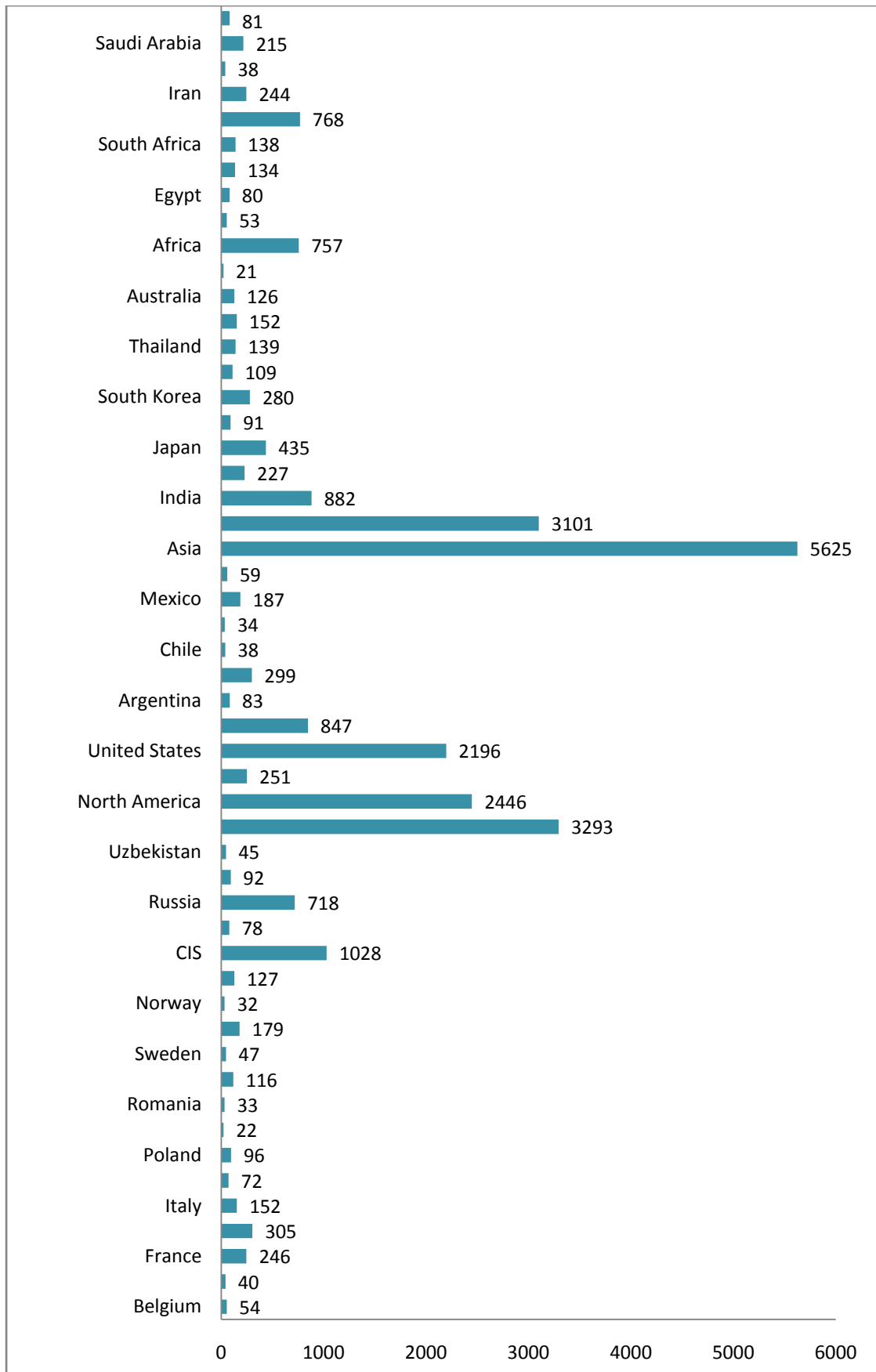
Η κατανάλωση της ενέργειας ανά τον κόσμο δεν είναι ανάλογα μοιρασμένη στις χώρες, καθώς ο βιομηχανικός τομέας και το μέγεθος του κτιριακού αποθέματος είναι δύο σημαντικοί παράγοντες και μερικές αναπτυγμένες χώρες όπως η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά και η Ευρώπη στο σύνολό της, εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένη κατανάλωση σε σχέση με άλλες αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες δεν έχουν τόσο ισχυρή βιομηχανία.

Στο παρακάτω σχήμα, παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση στο σύνολο του πλανήτη, στην Ευρώπη, την Ευρωπαϊκή Ένωση, τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD), την ομάδα κρατών G7 (ΗΠΑ, Καναδάς, Γερμανία, Αγγλία, Γαλλία, Ιταλία, Ιαπωνία) και την ομάδα κρατών BRICS (Βραζιλία, Ρωσία, Ινδία, Κίνα, Νότια Αφρική), για το έτος 2015 σε Mtoe.



**Σχήμα 1:** Ενεργειακή κατανάλωση στο σύνολο του πλανήτη, στην Ευρώπη, την Ευρωπαϊκή Ένωση, τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD), την ομάδα κρατών G7 και την ομάδα κρατών BRICS, σε Μτοε για το 2015, στοιχεία από: <https://yearbook.enerdata.net>

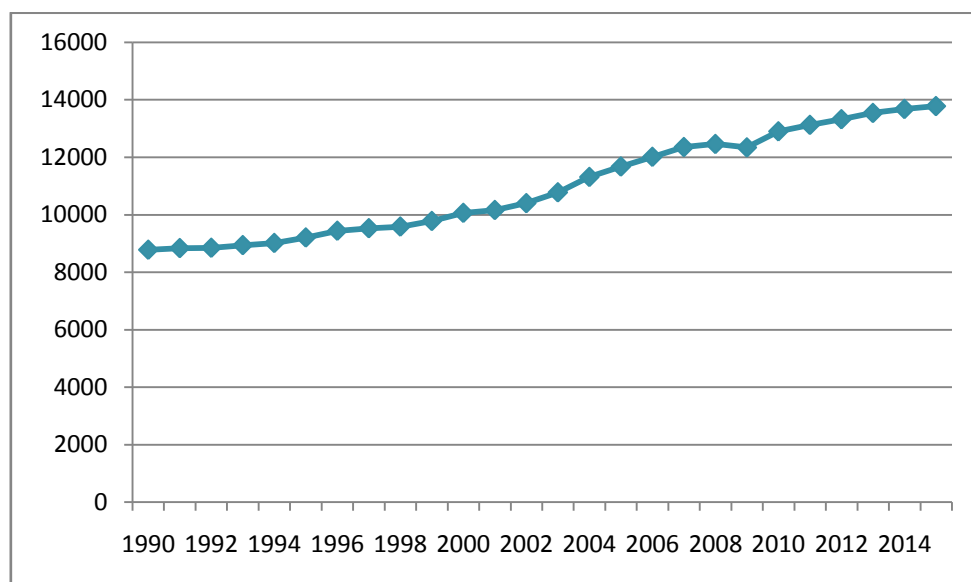
Συγκεκριμένα, η κατανάλωση ενέργειας σε διάφορες χώρες του πλανήτη για το έτος 2015 σε Μτοε, από το σύνολο των 13778 Μτοε παγκοσμίως, είναι:



Σχήμα 2: Ενεργειακή κατανάλωση σε διάφορες χώρες του πλανήτη για το έτος 2015 σε Mtoe, στοιχεία από: <https://yearbook.enerdata.net>

Η ενέργεια που χρειάζεται ο πλανήτης στο σύνολό του αυξάνεται σημαντικά με το πέρασμα των χρόνων και αυτό είναι απόλυτα δικαιολογημένο καθώς οι ανάγκες για ενέργεια θα αυξάνονται όσο η τεχνολογία θα αναπτύσσεται.

Στο παρακάτω διάγραμμα, βλέπουμε την άνοδο της ενεργειακής κατανάλωσης παγκοσμίως από το 1990 έως το 2015 σε Mtoe:



Σχήμα 3: Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση σε Mtoe από το έτος 1990 μέχρι το έτος 2015, στοιχεία από: <https://yearbook.enerdata.net>

Στο σχήμα αυτό, βλέπουμε μία μεγάλη αύξηση της ενέργειας που απαιτείται σε διάστημα μόνο 25 ετών, η οποία είναι της τάξεως των 5 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου πετρελαίου (από 8781 Mtoe σε 13778 Mtoe). Αυτή η ένδειξη είναι ανησυχητική, καθώς η διαφορά αυτή με το πέρασμα των χρόνων θα συνεχίσει να αμβλύνεται.

### 1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη

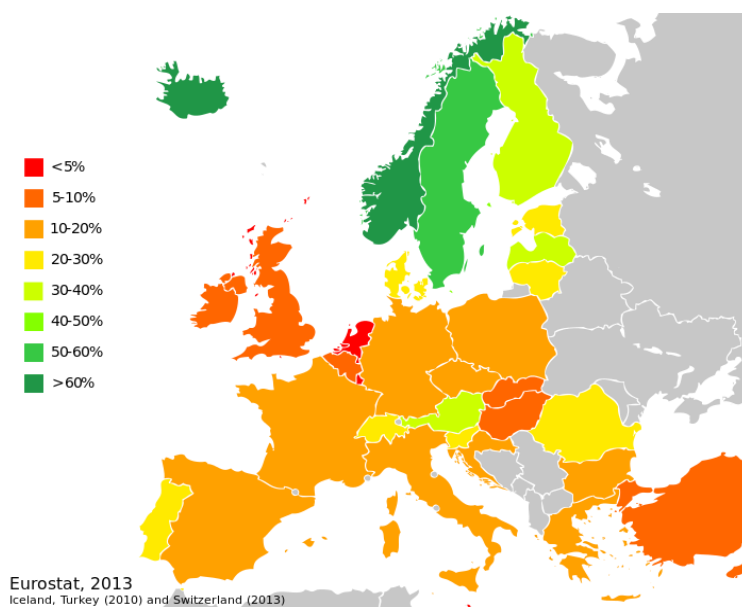
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 κρατών η ενεργειακή κατανάλωση υπολείπεται της παραγωγής, με ετήσιο ρυθμό αύξησης της ενεργειακής ζήτησης περίπου 2%. Το 2000, η Πράσινη Βίβλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, θεμελίωσε τις ενεργειακές πολιτικές που θα οδηγήσουν την ΕΕ στην ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια, με παράλληλη μείωση του οικολογικού κόστους. Σε επίπεδο ΕΕ, τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης), αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης. Ταυτόχρονα, η παραγωγή και χρήση ενέργειας ευθύνεται για το 94%

των εκπομπών CO<sub>2</sub>, από τις οποίες το 45% προέρχεται από τον κτιριακό τομέα. Στην Ευρώπη, ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας), αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας (σε απόλυτες τιμές 40%), με τη μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών να κυμαίνεται μεταξύ 150-230 kWh/m<sup>2</sup>.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ένα τεράστιο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης θέτουν εθνικούς δεσμευτικούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα είναι επομένως ένα κεντρικό σημείο-κλειδί όσον αφορά την προστασία του κλίματος. Το 1990, το 71% της συνολικής εγχώριας τελικής κατανάλωσης ενέργειας αποδόθηκε στον βιομηχανικό τομέα και μόνο το 20% στον κτιριακό τομέα. Η κατανομή έχει αλλάξει σημαντικά από τότε και το 2005 ο βιομηχανικός τομέας συνεισέφερε μόνο στο 44% της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ οι μεταφορές και ο τριτογενής τομέας (ιδιωτικά νοικοκυριά και δημόσια κτίρια, καθώς και μη οικιστικά κτίρια) αντιπροσώπευαν το 25% και το 31%, αντίστοιχα.

Οι ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες κρατούν τα σκήπτρα στον τομέα της κατανάλωσης ενέργειας είναι εκείνες των οποίων η βιομηχανική δραστηριότητα είναι πιο έντονη δηλαδή η Γερμανία, η Γαλλία, η Αγγλία αλλά και η Ιταλία. Δε σημαίνει αυτό, όμως, ότι είναι εκείνες και με την περισσότερη σπατάλη ενέργειας, κάτι το οποίο είναι το πρώτο βήμα για την επίλυση του περιβαλλοντικού προβλήματος. Έχει σημασία το ενεργειακό αποτύπωμα της κάθε χώρας αν θέλουμε να είμαστε πιο ακριβείς στη σύγκριση.

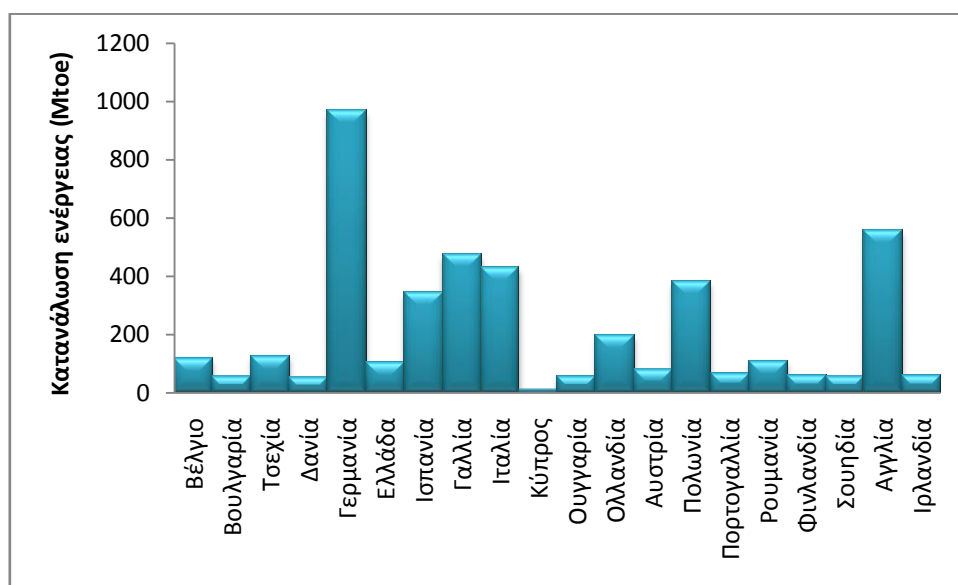
Παρακάτω, βλέπουμε το ποσοστό χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από διάφορες ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2013, κάτι το οποίο επιδρά θετικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της εκάστοτε χώρας και κατ' επέκταση του πλανήτη.



**Σχήμα 4: Ποσοστό χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από χώρες της Ευρώπης για το 2013, από Wikipedia: «Renewable energy in the European Union»**

Παρατηρούμε ότι οι χώρες με το πιο αξιόλογο υπόβαθρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι χώρες της βόρειας Ευρώπης, και μάλιστα στη Σουηδία και την Ιρλανδία, βλέπουμε ότι οι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι είναι και η κύρια πηγή ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα, παρατηρούμε τις διαφορές κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ διάφορων χωρών της Ευρώπης μετρημένη σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (toe) για το έτος 2014.



Σχήμα 5: Κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2014 σε Mtoe, στοιχεία από: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption\\_of\\_energy](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy)

Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, έχουν ήδη εφαρμόσει εδώ και χρόνια, διάφορα νομικά και οικονομικά εργαλεία που εξυπηρετούν την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, από στενά νομικά πλαίσια και έλεγχο, μέχρι συστήματα επιδότησης ή και φοροαπαλλαγής. Τα μέτρα αυτά, έχουν ήδη αποφέρει κέρδη στις χώρες αυτές, με αποτέλεσμα τα νέα κτίρια να εξοικονομούν ενέργεια έως και 60% παραπάνω από τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του '70 και έως και 28% σε σχέση με τα κτίρια που κατασκευάστηκαν το 1985. Παρ' όλα αυτά, περαιτέρω μέτρα κρίθηκαν αναγκαία για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και την αποκατάσταση της ποιότητας του περιβάλλοντος του πλανήτη.

## 1.4 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

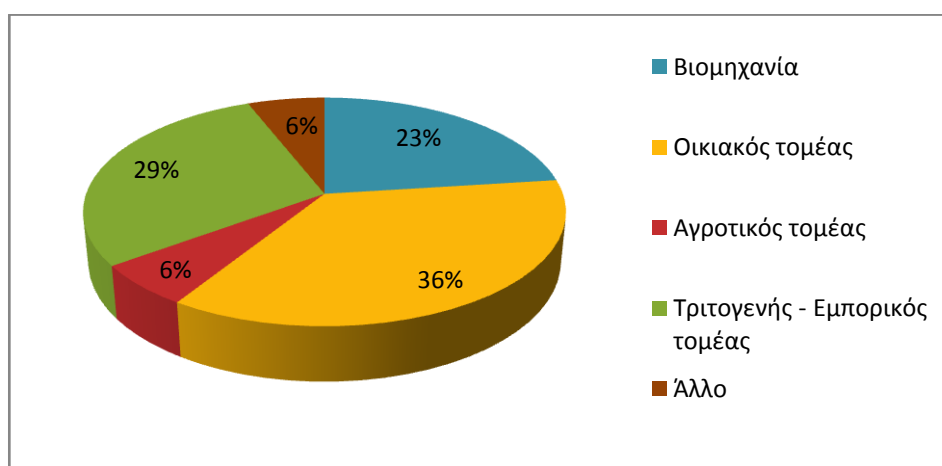
Η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα, αποτελείται κατά βάση από ηλεκτρική ενέργεια και ενέργεια από ορυκτά καύσιμα για θέρμανση και για μεταφορές. Οι εκτιμήσεις για την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010, προσδιορίστηκε σε 61 TWh, δηλαδή πολύ χαμηλότερα από το επίπεδο των 68-72 TWh το οποίο προβλεπόταν στις υποβληθείσες εθνικές εκθέσεις των προηγούμενων ετών στο πλαίσιο της οδηγίας. Η αναθεώρηση οφείλονταν στη μείωση της ζήτησης αλλά και στην αισθητή μείωση του προβλεπόμενου ρυθμού ανάπτυξης. Κατά συνέπεια, υπήρξε ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) της τάξης των 12,26 TWh κατά το έτος 2010. Σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, η συμμετοχή της βιομηχανίας στη συνολική κατανάλωση τελικής ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 23%. Η ενέργεια που καταναλώνουμε σαν χώρα είναι φανερά λιγότερη από τις χώρες οι οποίες έχουν σοβαρό βιομηχανικό υπόβαθρο όπως είδαμε παραπάνω (Κίνα, Ιαπωνία, Αμερική, Ρωσία, Γερμανία, Αγγλία, Γαλλία). Όμως, η ενεργειακή ένταση (κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος) που παρουσιάζει η ελληνική βιομηχανία είναι υψηλή σε σχέση με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εμφανίζουν παρεμφερή βιομηχανική δομή και ανάπτυξη. Η κατανάλωση ενέργειας υλοποιείται με χαμηλό βαθμό απόδοσης. Ο χαμηλός βαθμός ενεργειακής απόδοσης της ελληνικής βιομηχανίας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και τεχνολογικού εκσυγχρονισμού. Γενικότερα, στην Ελλάδα, το κτιριακό απόθεμα κτιρίων καταναλώνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας και απαιτείται γενικά 30% περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης, ιδιαίτερα στα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (πριν την έναρξη ισχύος του κανονισμού θερμομόνωσης). Την τελευταία πενταετία μάλιστα, είχαμε αύξηση κατά 25% της συνολικής τελικής ενέργειας που χρειάζονται τα κτίρια. Μελέτη που πραγματοποίησε ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός EUROACE, διαπίστωσε ότι η μηεφαρμογή ενεργειακά αποδοτικής νομοθεσίας στα ελληνικά κτίρια έχει ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες. Διαπιστώθηκε, ότι εάν η σχετική νομοθεσία της Δανίας εφαρμοζόταν για τα ελληνικά κτίρια κατοικίας, θα προέκυπτε εξοικονόμηση ενέργειας περίπου κατά 45%.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4,6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0,55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος. Τα κτίρια στην Ελλάδα αντιπροσωπεύουν περίπου το 36% της συνολικής τελικής ζήτησης ενέργειας, ενώ, κατά την περίοδο 2000–2005, αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά 24%, φθάνοντας τα 8,54 Mtoe, μια από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει αφενός την σπουδαιότητα του κτιριακού τομέα στο όλο ενεργειακό ισοζύγιο και αφετέρου το τεράστιο δυναμικό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσής τους και βελτίωσης των ενεργειακών τους



επιδόσεων. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η ανάγκη εύρεσης τρόπων μείωσης της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κτίρια χωρίς μόνωση στην Ελλάδα ανήκουν στην πλειοψηφία του 70%, εκείνα με ελλιπή μόνωση στο 20% και με πλήρη μόνωση μόλις στο 10% του κτιριακού αποθέματος.

Στο παρακάτω διάγραμμα, αναγράφονται οι τιμές των καταναλώσεων που είχε η χώρα μας ανά τομείς κατανάλωσης το έτος 2012.



Σχήμα 6: Ποσοστά καταναλώσεων ανά τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2012, στοιχεία από την ιστοσελίδα <http://www.cres.gr>

Παρατηρούμε πως το βάρος της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας πέφτει στον οικιακό τομέα αλλά και στον εμπορικό με αφορμή τα υψηλά ποσοστά κατανάλωσης συγκριτικά με τον υπόλοιπο πλανήτη, όπου το ποσοστό αυτό είναι χαμηλότερο κατά 10% περίπου.

Στον οικιακό τομέα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ελληνικό νοικοκυριό είναι περίπου 17.000 kWh (ή 1,45 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). Σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες, παρουσιάζουμε ενεργειακή κατανάλωση σχεδόν 30% μεγαλύτερη της Ισπανίας και περίπου 50% μεγαλύτερη της Πορτογαλίας. Επίσης, η ενεργειακή θερμική κατανάλωση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από βορειότερες χώρες, όπως η Δανία, η Γερμανία και η Βρετανία. Ταυτόχρονα, είναι σχεδόν ίση με αυτήν της Ολλανδίας και σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και η Τσεχία. Η ενέργεια στα ελληνικά νοικοκυριά δαπανάται κυρίως για θερμικές χρήσεις και συγκεκριμένα για θέρμανση των χώρων (περίπου το 59% του συνόλου).

## 1.5 Εκπομπές αέριων ρύπων παγκοσμίως

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη έχει ανάλογη συμπεριφορά με την κατανάλωση ενέργειας που έχει η κάθε χώρα(το 33% του παγκόσμιου συνόλου των εκπομπών σχετίζονται με την ενέργεια) αλλά και με το είδος καυσίμου που χρησιμοποιεί για την παραγωγή αυτής της ενέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε το ποσοστό των αερίων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε κάθε χώρα από τις παρακάτω και τις αντίστοιχες εκπομπές σε τόνους ανά κάτοικο για το έτος 2010.

Χώρα	Το επί τοις εκατό ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών CO <sub>2</sub> (%)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (σε μετρικούς τόνους ανά κάτοικο, έτος 2010)
Κίνα	26,43	6,19
Ηνωμένες Πολιτείες	17,33	17,6
Ευρωπαϊκή Ένωση	13,33	7,33
Ινδία	6,41	1,67
Ρωσία	5,55	12,23
Ιαπωνία	3,73	9,19
Ιράν	1,82	7,68
Νότια Κορέα	1,81	11,49
Καναδάς	1,59	14,68
Σαουδική Αραβία	1,48	17,04
Νότια Αφρική	1,47	9,04
Μεξικό	1,42	3,76
Ινδονησία	1,38	1,8
Βραζιλία	1,34	2,15
Αυστραλία	1,19	16,93
Ελλάδα	0,28	7,67

Πίνακας 1: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως ποσοστιαία και σε τόνους ανά κάτοικο για το έτος 2010, σύμφωνα με το paper: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915013148>

## 1.6 Εκπομπές αέριων ρύπων στην Ελλάδα

Όπως είδαμε στην παραπάνω ενότητα, ο οικιακός τομέας σημειώνει το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης για ηλεκτρισμό ο οποίος για την παραγωγή του μέσω της ΔΕΗ προϋποθέτει την καύση λιγνίτη απελευθερώνοντας έτσι μεγάλα ποσά διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, τα οποία δε θα είχαν απελευθερωθεί αν χρησιμοποιούσαμε σε μεγαλύτερο ποσοστό τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι και οι καθαρότερες πηγές ενέργειας.

Επακόλουθο της υψηλής κατανάλωσης και του υψηλού ποσοστού χρησιμοποίησης λιγνίτη, είναι και η υψηλή περιβαλλοντική επιβάρυνση σε αέριους ρύπους εκπομπών CO<sub>2</sub>. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κατοικίες στην Ελλάδα, παράγουν περίπου 12 - 13 τόνους CO<sub>2</sub>/κάτοικο/έτος, τιμή συγκριτικά μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεσογειακές χώρες και μεγαλύτερη από πολύ βορειότερες χώρες, όπως η Νορβηγία, η Γερμανία, η Αυστρία και η Βρετανία.

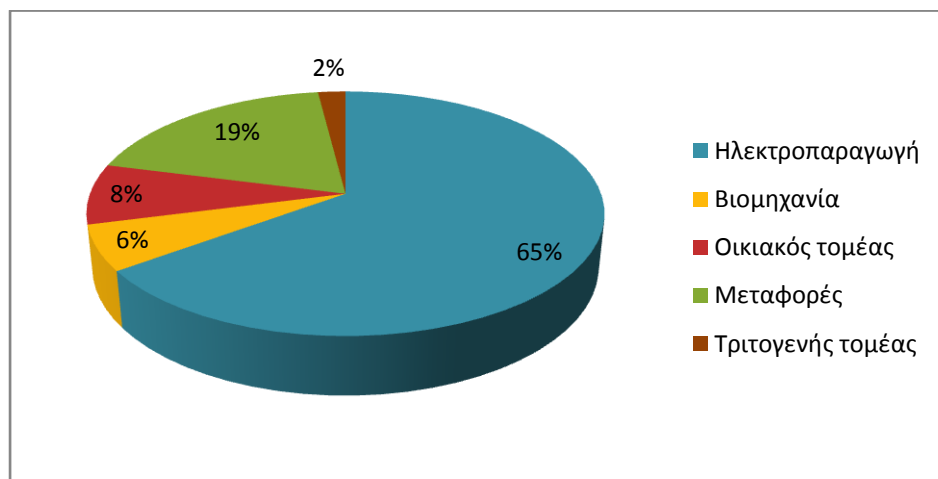
Η θέση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, έχει δευτερεύουσα θέση, καθώς η κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο λιγνίτης. Στο παρακάτω διάγραμμα αναγράφονται οι βασικές πηγές καυσίμου που χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

Πηγή καυσίμου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	GWh	%
Λιγνίτης	14.898	31,90%
Φυσικό αέριο	12.512	26,80%
Υδροηλεκτρικά	4.843	10,40%
ΑΠΕ	9.875	21,10%
Πετρέλαιο	4.571	9,80%
Σύνολο Παραγωγής	46.700	100%
Ισοζύγιο Διασυνδέσεων (εισαγωγές)	8.762	
Σύνολο Ζήτησης	55.462	

**Πίνακας 2: Ποσοστά χρησιμοποίησης καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για το έτος 2016 σε GWh και επί τις εκατό αντίστοιχα**

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα, είναι συνολικά χαμηλές σχετικά με άλλες χώρες. Παρ' όλα αυτά, είναι δυνατή η μείωσή τους, καθώς εκπέμπονται ως επί το πλείστον από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ιδιαίτερα καθοδική είναι η πορεία των εκπομπών στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, κυρίως ως αποτέλεσμα της οξύτατης οικονομικής ύφεσης. Το 2010, οι εγχώριες εκπομπές CO<sub>2</sub> έπεσαν στους 97.468.850 τόνους, έναντι 104.472.440 το 2009, μείωση της τάξης του 6,7%. Επίσης το 2010, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> έπεσαν για τρίτη συνεχόμενη χρονιά, από το 2007 όπου είχαν σκαρφαλώσει στην εθνική κορυφή τους, στους 114.442.270 τόνους.

Ειδικότερα, από την κατανομή των ποσοστών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα, φαίνεται, ότι η συμμετοχή του κτιριακού τομέα (οικιακός και τριτογενής) αντιστοιχεί στο 10%, για το 2012, όπως βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 7: Ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ανά ενεργειακό τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2012, στοιχεία από την ιστοσελίδα <http://www.cres.gr>

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα αυτό, η ηλεκτροπαραγωγή κατέχει τα σκήπτρα στον τομέα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και αυτό γιατί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας είναι μεγάλη και παρέχεται σχεδόν αποκλειστικά από ορυκτά καύσιμα.

## 2. Αειφορικές τεχνολογίες - Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

### 2.1 Γενικές πληροφορίες

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβάνουν διαρκείς και ανανεώσιμους πόρους, οι οποίοι ανανεώνονται διαρκώς μέσω φυσικών διαδικασιών. Είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες και αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων, ενώ θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, το κινούμενο νερό, οι οργανικές ύλες ή βιομάζα, όπως τα απορρίμματα γεωργικής προέλευσης, ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Η χρήση τους συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές ή μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και είναι συμβατή με την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης.

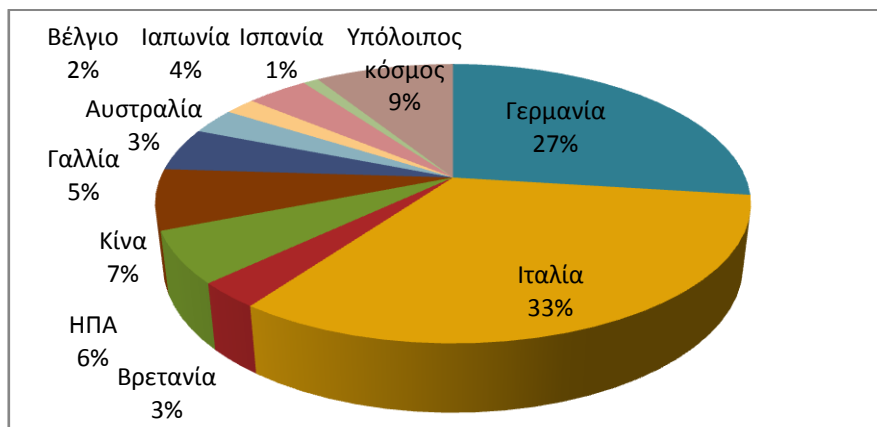
Η χρήση τέτοιων τεχνολογιών είναι αρκετά διαδεδομένη στην Ευρώπη και έχει επεκταθεί και στην Ελλάδα. Με βάση την Κοινοτική Οδηγία 2001/77/EC, έχει τεθεί ως στόχος για την Ελλάδα η κατά 20,1% συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο (Δεκέμβριος 2007). Επιπλέον, η ψήφιση της Οδηγίας 2009/28/EK3 η οποία τέθηκε για την εφαρμογή της Ενεργειακής Πολιτικής για την Ευρώπη ενέκρινε δεσμευτικό στόχο συνιστάμενο σε μερίδιο 20% συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της ΕΕ έως το 2020, με το νέο στόχο για τη χώρα μας να ανέρχεται στο 18%. Αυτό το ποσοστό αντιστοιχεί σε περίπου 3000 MW εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΚΑ, ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου το 35% της συνολικής ενέργειας σε εθνικό επίπεδο και είναι υπεύθυνος για την παραγωγή του 40% του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Επομένως, πρέπει να περιορισθούν οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, να μειωθεί η κατανάλωση των μη φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας και να αυξηθεί η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## 2.2 Φωτοβολταϊκά

### 2.2.1 Γενικά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν, λόγω της αυξημένης στη χώρα μας ηλιοφάνειας, μεγάλο ενδιαφέρον για τον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο προωθεί μάλιστα την εγκατάσταση συστημάτων από ιδιώτες. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Becquerel και έχει να κάνει με την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στα φωτοβολταϊκά στοιχεία οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο. Οι φωτοβολταϊκοί μετατροπείς ενέργειας είναι διατάξεις που αποτελούνται από δυο ημιαγωγικά στρώματα του ίδιου (ομοένωση) ή διαφορετικών (ετεροένωση) υλικών σε επαφή.

Η Ιταλία είναι η μεγαλύτερη αγορά φωτοβολταϊκών του κόσμου, ακολουθούμενη από τη Γερμανία, Κίνα, ΗΠΑ, Γαλλία και Ιαπωνία. Η συνολική εγκατεστημένη ηλιακή ενέργεια στον κόσμο στα τέλη του 2011 ανέρχεται σε 67,4 GW.



Σχήμα 8: Παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών σε διάφορες χώρες για το έτος 2011, στοιχεία από την ιστοσελίδα <http://www.sunblog.org>

Η αποδοτική λειτουργία τους, στηρίζεται στην προσπιπτόμενη ηλιακή ακτινοβολίας στην επιφάνεια του άνω ημιαγωγού και μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, η απόδοση του φωτοβολταϊκού πάνελ εξαρτάται από τη θερμοκρασία του, η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η απόδοση περιλαμβάνει τον παράγοντα της σκόνης επάνω στα πλαίσια και της τοποθέτησής τους η οποία είναι όσο το δυνατό κάθετα στις ακτίνες του ήλιου, λαμβάνοντας υπόψη για αυτό την κλίση που θα πρέπει να έχουν, σύμφωνα με την περιοχή που τοποθετούνται. Όσον αφορά την ένταση της

ακτινοβολίας, η οποία αυξομειώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς του πλαισίου εξαρτάται από την χρονική μεταβολή της έντασης της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Επίσης, σημαντικός είναι και ο παράγοντας της θερμοκρασίας τους, η οποία αυξάνεται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που μπορεί να επικρατούν, αλλά και εξαιτίας της μετατροπής μέσα σε αυτά, μέρους της ηλιακής ενέργειας σε θερμική ενέργεια. Έτσι, έχει αποδειχθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του Φ/Β στοιχείου, ελαττώνει τελικά την αποδιδόμενη από αυτό μέγιστη ισχύ. Ένας συντελεστής ο οποίος είναι ενδεικτικός για την σκόνη του πλαισίου και δεν είναι καθόλου αμελητέος για τη βέλτιστη απόδοση των πλαισίων, παίρνει την τιμή 1 για περιβάλλον χωρίς ρύπανση και την τιμή 0,8 για περιβάλλον με υψηλό επίπεδο ρύπανσης. Η καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται όταν υπάρχει έντονη ηλιακή ακτινοβολία, όταν προσπίπτει στο πλαίσιο κάθετα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη. Η περίπτωση αυτή δεν είναι απόλυτα εφικτή παρ' όλα αυτά τους χειμερινούς μήνες με έντονο ήλιο (η Ελλάδα εμφανίζει τέτοια φαινόμενα), μπορεί να επιτευχθεί μια πολύ καλή απόδοση, ανάλογα πάντα με την τοποθεσία που αναφερόμαστε.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα, χωρίζονται σε μονοκρυσταλλικού πυριτίου, πολυκρυσταλλικού πυριτίου και άμορφου πυριτίου (ή λεπτού υμενίου). Τα μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι τα πιο διαδεδομένα αλλά και τα πιο αποδοτικά. Η τεχνολογία αυτή, είναι η πιο δαπανηρή, καθώς σχηματίζονται κρύσταλλοι υπό μορφή ράβδου, οι οποίες κόβονται σε κυλίνδρους λεπτού πάχους. Τα πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι μία τεχνολογία, η οποία αντίθετα με την αντίστοιχη των μονοκρυσταλλικών στοιχείων, είναι λιγότερο δαπανηρή, όμως, ως αποτέλεσμα της ατελούς κρυσταλλικής μορφής, (δηλαδή στη στερεοποίηση σχηματίζονται κρυσταλλικές δομές διαφόρων μεγεθών, στα όρια των οποίων υπάρχουν ατέλειες του κρυσταλλικού πλέγματος του στοιχείου), η απόδοση του Φ/Β στοιχείου είναι μικρότερη. Τα άμορφου πυριτίου έχουν 200 φορές μικρότερο πάχος υλικού σε σχέση με το πάχος του μονοκρυσταλλικού πυριτίου (περίπου 1μm) σε ένα στρώμα από γυαλί, μέταλλο ή πλαστικό. Η παραγωγική τους μέθοδος είναι απλή και σχετικά ανέξοδη εξαιτίας των μικρών ποσοτήτων πυριτίου που χρησιμοποιούνται, ωστόσο χαρακτηρίζεται από μειωμένο βαθμό απόδοσης (5-9%) σε σχέση με τις άλλες δυο τεχνολογίες και γι' αυτό απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια για την απόδοση της ίδιας ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, τα Φ/Β στοιχεία αυτού του τύπου παρέχουν μεγάλη πλαστικότητα στην μορφή τους και προσφέρουν πολλές δυνατότητες αξιοποίησης.

Γενικά, και οι 3 Φ/Β τεχνολογίες, ενδείκνυνται για ποικίλες εφαρμογές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται, η ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων σε μεγάλα κτίρια, γνωστά και ως κτιριακά ολοκληρωμένα Φ/Β στοιχεία, όπου αντικαθιστούν τα υαλοστάσια (έπειτα από επεξεργασία για την αύξηση της

διαφάνειάς τους), συμβάλλοντας έτσι, στην τροφοδοσία του κτιρίου με ηλεκτρική ενέργεια. Ακόμη, με περαιτέρω επεξεργασία των συγκεκριμένων φωτοβολταϊκώνέτσι ώστε να αποκτήσουν θερμομονωτικές ιδιότητες, μπορούν και επιτυγχάνουν πέραν της ηλεκτροπαραγωγής, επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας 15-30%, σε σχέση με ένα κτίριο με συμβατικά υαλοστάσια.

Τέλος, στην προσπάθεια περαιτέρω μείωσης του κόστους κατασκευής και της βελτίωσης της απόδοσης, έχουν αναπτυχθεί τα στοιχεία πολλαπλών επαφών. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός στρώματα διαφορετικών υλικών, τα οποία απορροφούν ακτινοβολία διαφορετικής ενέργειας. Το υλικό που δεσμεύει ακτινοβολία υψηλότερης ενέργειας τοποθετείται στην επιφάνεια, επιτρέποντας συγχρόνως στην ακτινοβολία χαμηλότερης ενέργειας να απορροφηθεί από τα στρώματα υλικών που βρίσκονται από κάτω. Πρόκειται για μία μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που αναμένεται να επικρατήσει στο μέλλον.

### **2.2.2 Συνθήκες λειτουργίας φωτοβολταϊκώνστοιχείων**

Τα συνδεδεμένα Φ/Β στοιχεία αποδίδουν την μέγιστη ηλεκτρική ισχύ όταν δέχονται την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας κάθετα, αρκεί να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

α) Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος.Αυτή η απαίτηση είναι μείζονος σημασίας, καθώς η αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς είναι ευθέως ανάλογη του ποσού της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου. Σε διαφορετική περίπτωση, το Φ/Β σύστημα θα λειτουργεί με μειωμένη απόδοση.

β) Τα πλαίσια να τίθενται σε νότιο προσανατολισμό.Τα Φ/Β πλαίσια έχουν την μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό, διότι δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με την μέγιστη πυκνότητά της για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην διάρκεια της ημέρας.

γ) Να επιλέγεται η σωστή κλίση του Φ/Β πλαισίου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.Όταν το Φ/Β πλαίσιο τοποθετείται πάνω σε σταθερή βάση στήριξης, τότε η βέλτιστη γωνία κλίσης του πλαισίου για μέγιστη ετήσια ενεργειακή απολαβή, σε τόπους με μέσα ή μεγάλα γεωγραφικά πλάτη  $\lambda$  (πέραν των  $20^\circ$ ), βρίσκεται μέσα στην περιοχή  $10^\circ$  ως  $15^\circ$ . Συγκεκριμένα, αν επιδιώκεται να παράγεται περισσότερη ενέργεια στην διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του πλαισίου επιλέγεται  $15^\circ$  μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, ενώ για τον χειμώνα επιλέγεται κλίση  $15^\circ$  μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Όλα τα παραπάνω, προκύπτουν σε συνδυασμό βέβαια με τις μετεωρολογικές συνθήκες που



επικρατούν στον τόπο εγκατάστασης του πλαισίου. Τέλος, αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα, τότε το καλύτερο που μπορεί να γίνει είναι η επιλογή της κλίσης του πλαισίου κατά  $10^\circ$  χαμηλότερα από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, η οποία σύμφωνα με θεωρητικούς υπολογισμούς προσεγγίζει την θέση καλύτερης δυνατής εκμετάλλευσης της ημερήσιας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ακόμη, για την καλύτερη παρακολούθηση της κίνησης του ηλίου, το Φ/Β πλαίσιο δύναται να τοποθετείται πάνω σε κινητή βάση στήριξης με δυνατότητα εποχικής ή συχνότερης ρύθμισης της κλίσης του πλαισίου (tracking systems). Αυτό έχει να κάνει με το ότι ένα Φ/Β στοιχείο δέχεται την μέγιστη ισχύ της ακτινοβολίας όταν η κλίση του είναι τέτοια που η πρόσπτωση των ακτινών του ηλίου, να είναι κάθετη στην επιφάνειά του.

## **2.2.3 Σύνδεση φωτοβολταϊκών συστημάτων**

### **2.2.3.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα**

Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα, τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια ένα κτίριο το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ. Οι επιμέρους διατάξεις ενός τέτοιου συστήματος, είναι η συστοιχία συσσωρευτών που απαιτείται για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια για μεταγενέστερη χρήση (την νύχτα ή όταν έχει συννεφιά), ο ρυθμιστής φόρτισης των συσσωρευτών που φροντίζει για την ομαλή εκφόρτισή τους και προστατεύει επίσης από υπερφόρτιση ή και βαθιά εκφόρτισή τους. Ακόμη, λαμβάνεται μέριμνα για την ύπαρξη ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει την συνεχή τάση των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενη με κατάλληλα χαρακτηριστικά, ώστε να λειτουργούν οι συσκευές εμπορίου, αλλά και να μειώνει τις απώλειες που προκύπτουν από την μεταφορά συνεχούς ρεύματος έναντι του εναλλασσόμενου. Τέλος, τοποθετείται ένας πίνακας ελέγχου, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις αναγκαίες διατάξεις μετρήσεων και ελέγχου για την παρακολούθηση και σωστή λειτουργία του συστήματος. Σε αυτά τα συστήματα, είναι απαραίτητο να διαστασιολογείται σωστά το σύστημα, έτσι ώστε να επιλέγεται η ακριβής χωρητικότητα των συσσωρευτών για την συνολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τις μέρες κατά τις οποίες η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί.

### **2.2.3.2Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα**

Επειδή η περίπτωση του αυτόνομου Φ/Β συστήματος, οδηγεί στην επιλογή μεγάλου μεγέθους συσσωρευτών, για την ασφαλή κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης, και δεδομένου ότι το κόστος αγοράς και το κόστος συντήρησης των συσσωρευτών είναι μεγάλο, συχνά επιλέγεται ο συνδυασμός του ανωτέρω συστήματος με την ύπαρξη ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ή την τοποθέτηση ανεμογεννήτριας, ως βοηθητικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση, το υπό διαστασιολόγηση Φ/Β σύστημα είναι μικρότερο και λειτουργεί συμπληρωματικά με κάποιο από τα παραπάνω συστήματα, όταν δεν επαρκεί η παρεχόμενη από αυτό ενέργεια. Σε αυτήν την περίπτωση, προστίθεται μία ακόμη διάταξη, η διάταξη ανόρθωσης, η οποία μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα, που προέρχεται από την εξωτερική πηγή, σε συνεχές, ώστε να είναι κατάλληλο για την φόρτιση των συσσωρευτών. Τέλος, υπάρχει και ένας μετατροπέας συνεχούς ρεύματος, για την μετατροπή των χαρακτηριστικών της συνεχούς τάσης των Φ/Β, ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του υπόλοιπου κυκλώματος και να διατηρείται σταθερή η τάση εξόδου τους.

### **2.2.3.3Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα**

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα, παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε κτίρια τα οποία είναι συνδεδεμένα και με το δίκτυο της ΔΕΗ. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν απαιτείται η χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας, καθώς αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ, η οποία το αγοράζει έναντι μιας ορισμένης τιμής. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν η παραγόμενη από Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί, οι ανάγκες συμπληρώνονται από το δίκτυο. Έτσι, στην εγκατάσταση προστίθεται ένας διπλός μετρητής, για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας, ενώ δεν απαιτείται διάταξη ανόρθωσης.

## 2.2.6 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκώνστοιχείων

Συνοψίζοντας, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας με την χρήση Φ/Β συστημάτων, ανεξάρτητα από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Έτσι, όλα τα Φ/Β συστήματα μοιράζονται τα εξής πλεονεκτήματα:

- Φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή ενέργειαςμεμηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, η οποία είναι ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.
- Ασφάλεια και προβλεψιμότητα ενεργειακού εφοδιασμού
- Αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αμελητέο κόστος λειτουργίας και συντήρησης στις περιπτώσεις που δεν απαιτούνται συσσωρευτές
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Ευέλικτο σύστημα, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Διάθεση σε ποικιλία μεγεθών και σχημάτων, άνετη χρήση ως δομικά υλικά, δυνατότητα πρωτοποριακών αρχιτεκτονικών λύσεων.
- Εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, καθώς η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες και τις εποχικές αιχμές ζήτησης.
- Μηδενική ρύπανση
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση

## 2.3 Ανεμογεννήτριες

### 2.3.1 Γενικά

Η κινητική ενέργεια του ανέμου, είναι μια ελπιδοφόρα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μεσημαντική δυνατότητα σε πολλά μέρη του κόσμου. Η ενέργεια που μπορεί να συλληφθεί από τις ανεμογεννήτριες, εξαρτάται ιδιαίτερα από την τοπική μέση ταχύτητα αέρα, άρα και από το κλίμα. Οι περιοχές εκείνες που παρουσιάζουν την ελκυστικότερη δυνατότητα εγκατάστασης ανεμογεννητριών βρίσκονται κοντά στις ακτές, σε εγχώριες περιοχές με ομαλό ανάγλυφο και στις κορυφογραμμές.

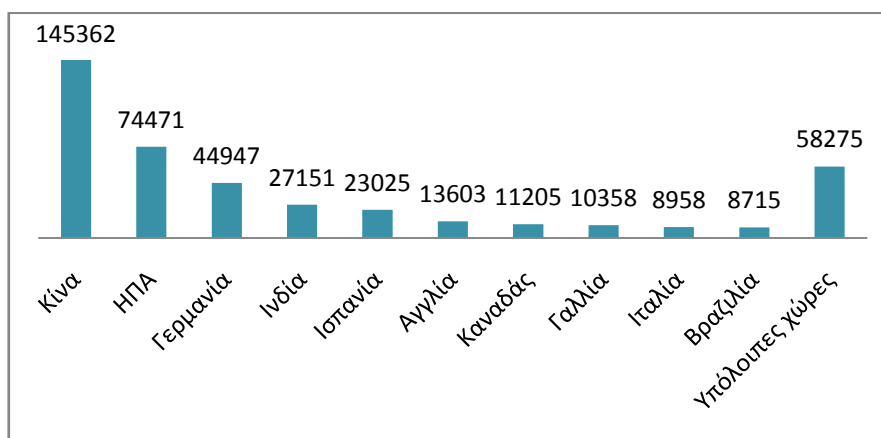


Παρά αυτούς τους γεωγραφικούς περιορισμούς για την τοποθέτηση, υπάρχει άφθονη έκταση στις περισσότερες περιοχές του κόσμου, για να καλύπτεται μια σημαντική μερίδα των τοπικών αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από επενδυτικά έργα αιολικής ενέργειας. Τα πιο κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός. Η παγκόσμια ζήτηση για τις ανεμογεννήτριες έχει αυξηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της απαίτησης, έχει οδηγηθεί από την ανάγκη για λειτουργία εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν καθαρότερα καύσιμα. Είναι αρκετά ωφέλιμη και μη ζημιογόνα λύση με χαμηλή όχληση και μεγάλη προσφορά ενέργειας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (συμβάλλοντας στην προσπάθεια κατά των κλιματικών αλλαγών). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα (kWh) που παράγεται από αιολική ενέργεια, και όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης περίπου 1 kg

διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου και οι ενώσεις του θείου).

Στο παρακάτω σχήμα, βλέπουμε την εγκατεστημένη ισχύ ανεμογεννητριών σε διάφορες χώρες, με την Κίνα να κατέχει την πρώτη θέση.



Σχήμα 9: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανεμογεννητριών ανά τον κόσμο, στοιχεία από την ιστοσελίδα <http://www.b2green.gr>

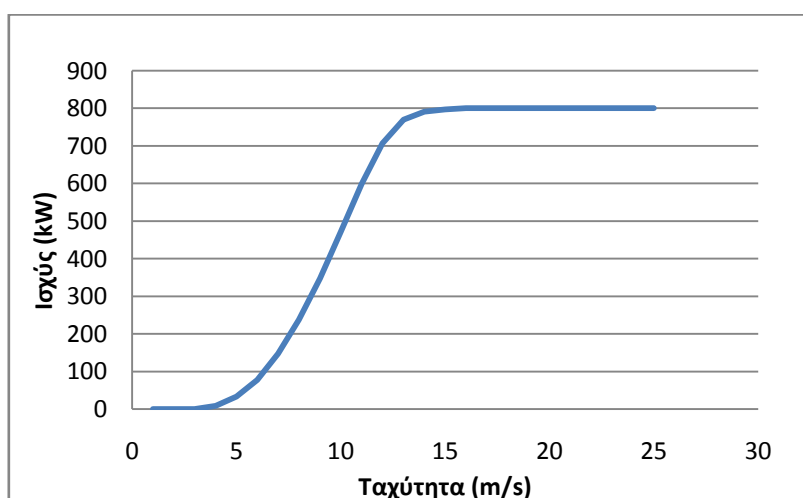
Συμπερασματικά, μία εγκατάσταση ανεμογεννητριών οφελεί αρκεί να τηρούνται οι προϋποθέσεις για τη βέλτιστη συμπεριφορά τους. Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι παράγουν ρεύμα από μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δε ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, όπως τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού τα οποία στηρίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον, οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου. Από την άλλη, τα μειονεκτήματα των αιολικών πάρκων είναι ότι κάνουν ένα μικρό θόρυβο, μπορεί τα πτερύγια των ανεμογεννητριών να τραυματίσουν ή σκοτώσουν πτηνά και δεν παράγουν τόσο ρεύμα όσο ένα ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο. Τέλος, υπάρχει μεγάλο κόστος και χρειάζεται μεγάλη έκταση για να κατασκευαστεί ένα αιολικό πάρκο, χρειάζεται άνεμο για να παράγουν ρεύμα, και σε μία περιοχή δεν φυσάει συνέχεια όλο το χρόνο.

### 2.3.2 Ισχύς και ενέργεια ανεμογεννητριών

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας, τα οποία με τη σειρά τους περιστρέφουν ένα μοτέρ το οποίο παράγει ρεύμα. Το ρεύμα αυτό μπορεί να διοχετεύεται κατ' ευθείαν στο κεντρικό δίκτυο ρεύματος, να αποθηκεύεται σε συσσωρευτές, ή και να θερμαίνει νερό. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες μεγάλης

κλίμακας έχουν πλέον ονομαστική ισχύ μεγαλύτερη του 1 MW. Τα αιολικά πάρκα που χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό ανεμογεννητριών κατασκευάζονται σε τάξη μεγέθους των πολλών MW. Τα χαρακτηριστικά μεμονωμένα μεγέθη γεννητριών έχουν αυξηθεί από λίγες δεκάδες kW στη δεκαετία του 1990 σε μερικά MW κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, και συνεχίζουν να αυξάνονται στο μέγεθος. Κατά τη διάρκεια του 2012, μόνο η βιομηχανία ανεμογεννητριών εγκατέστησε πάνω 44,2 GW. Πάνω από 282 GW ανεμογεννητριών υπολογίζεται τώρα ότι είναι σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο. Οι επενδύσεις μεγάλης κλίμακας σε αιολική ενέργεια, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με δαπάνες ανταγωνιστικές με τις συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (π.χ. πυρηνικές, πετρελαίου και άνθρακα). Εκτός από αυτές τις εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας, υπάρχουν διάφορες άλλες εφαρμογές για τις ανεμογεννήτριες, όπως οι εφαρμογές μέσης κλίμακας σε χρήσεις, για την άντληση νερού και την παροχή των μικρότερων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας για τους αυτόνομους σταθμούς φόρτισης μπαταριών. Οι επενδύσεις αιολικής ενέργειας, είναι γενικά, οικονομικά βιώσιμες στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η διαφορά υπολογίζεται από την αεροδυναμική, τα μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της μετατροπής της ενέργειας και τις αποδόσεις των ανεμογεννητριών. Αυτό σημαίνει ότι ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από μία ανεμογεννήτρια, θα αυξηθεί κατά περίπου 20% για κάθε αύξηση 10% της ταχύτητας του αέρα. Συνεπώς, η κατάλληλη αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τις επενδύσεις αιολικής ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική με μία ανεμογεννήτρια.

Στο παρακάτω σχήμα, βλέπουμε την παραγόμενη ισχύ από μία ανεμογεννήτρια συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου. Λαμβάνουμε υπόψη ότι η αύξηση ισχύος σημαίνει αύξηση ενέργειας.



Σχήμα 10: Παράδειγμα παραγωγής ισχύος (kW) από ανεμογεννήτρια σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου (m/s)

Χαρακτηριστικές τιμές της καμπύλης είναι η ταχύτητα έναρξης λειτουργίας  $V_{in}$ , η ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας  $V_R$  και η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας  $V_{out}$  οι οποίες χωρίζουν την καμπύλη ισχύος σε τέσσερις διακριτές περιοχές. Η περιοχή μεταξύ των  $V_{in}$  και  $V_R$  στην καμπύλη, μπορεί να προσεγγιστεί με ευθεία γραμμή.

Είναι αδύνατο να πάρουμε όλη την ισχύ της αιολικής ενέργειας, εξ' αιτίας παραγόντων που αναλύουμε στο άρθρο για τον τρόπο υπολογισμού της αιολικής ενέργειας. Μια καλής ποιότητας μικρή ανεμογεννήτρια, συνήθως, μπορεί να αποδώσει μέχρι το 30-35% της διαθέσιμης στον άνεμο ισχύος. Αν δηλαδή, για ένα συγκεκριμένο μέγεθος ανεμογεννήτριας και ταχύτητας ανέμου, η ισχύς του ανέμου που φθάνει στα πτερύγιά της είναι 1000W, θα είναι σε θέση να αποδώσει μόνο τα 350W. Μια μεγάλη ανεμογεννήτρια μπορεί να δώσει και λίγο παραπάνω. Για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε μία τοποθεσία, είναι απαραίτητη η μελέτη επένδυσης αιολικής ενέργειας, δηλαδή η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών για να επιτύχουμε τη βέλτιστη απόδοση, σύμφωνα με την ενεργειακή ανάγκη που επιθυμούμε και την περιοχή που θα διεξαχθεί το έργο αυτό.

Η εκμετάλλευση του ανέμου μέσω αιολικών πάρκων, είναι μία ιδιαίτερα διαδεδομένη εναλλακτική μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα εγκατάστασης μικρότερων ανεμογεννητριών που να έχουν την ικανότητα να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ενέργεια για τις ανάγκες του σπιτιού. Οι εν λόγω ανεμογεννήτριες, έχουν διάμετρο μικρότερη του ενός μέτρου, με ισχύ κάτω του 1 kW και μπορούν να φθάσουν σε ισχύ έως και τα 50 kW με διάμετρο πτερυγίων 20 μέτρων. Ουσιαστικά, πρόκειται για συστήματα μικρού μεγέθους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε οικιακό επίπεδο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε αντίθεση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που κατά κανόνα εφαρμόζονται σε αιολικά πάρκα.

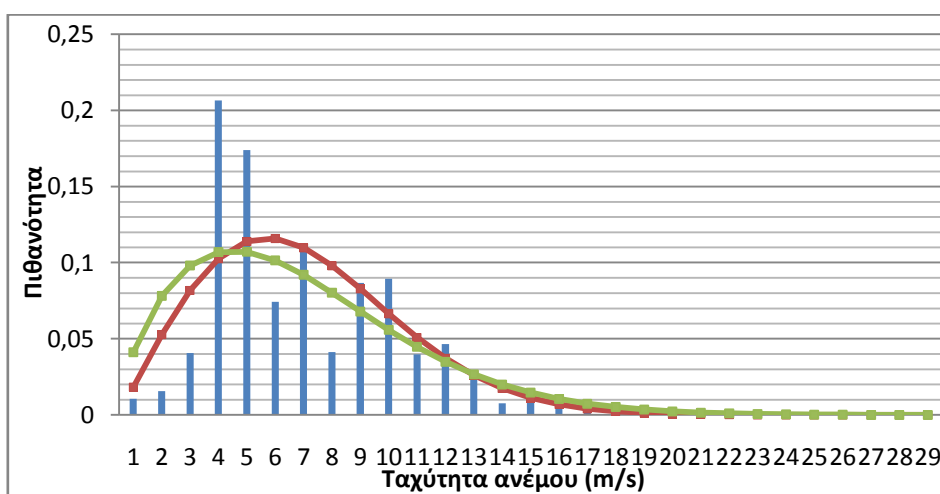
### 2.3.3 Αιολικό δυναμικό

Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και μπορεί να είναι οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα. Το δυναμικότητα ενέργειας του αέρα συσχετίζεται με τον κύβο της ταχύτητας αέρα. Η συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας του ανέμου και της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από μια ανεμογεννήτρια, δίνεται από την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας (σχήμα 10). Η πραγματική αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας, υπολογίζεται μέσω του συντελεστή χρησιμοποίησης, ο οποίος διαιρεί την ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια με την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά εάν λειτουργούσε στην ονομαστική της ισχύ.

Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων, είναι απαραίτητη η γνώση των χαρακτηριστικών παραμέτρων του ανέμου. Αυτές είναι η ταχύτητα ανέμου (μέση και στιγμιαία), η διεύθυνση ανέμου, η επικρατούσα ανατάραξη ανέμου, ο στροβιλισμός ανέμου και η κατανομή ανέμου. Για την μεταβλητότητα του ανέμου, απαιτούνται ο υπολογισμός μέσων ετήσιων ταχυτήτων ανέμου, ο υπολογισμός μέσων μηνιαίων ταχυτήτων ανέμου και ο υπολογισμός μέσων ωριαίων ταχυτήτων ανέμου. Η ανατάραξη του ανέμου καθορίζεται από την ένταση της ανατάραξης, δηλαδή το πηλίκο της τυπικής απόκλισης της ταχύτητας του ανέμου και της μέσης ταχύτητας ανέμου. Η μαθηματική ανάλυση των πειραματικών ανεμολογικών δεδομένων γίνεται με χρήση της κατανομής Weibull, η οποία εκφράζει την πιθανότητα για κάθε ταχύτητα. Η κατανομή του ανέμου επηρεάζει την αιολική ενέργεια που απορροφά η αιολική μηχανή, την κόπωση της αιολικής μηχανής και την αντοχή του πύργου στήριξης, ενώ εκφράζει τις μεταβολές του ανέμου καθ' ύψος.

Η κατανομή του ανέμου είναι ένα από τα χαρακτηριστικά του ανέμου τα οποία πρέπει να γνωρίζουμε για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων στις μελέτες εκτίμησης της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος. Η κατανομή αυτή προσεγγίζεται με την καμπύλη κατανομής Weibull, με παραμέτρους την παράμετρο σχήματος  $k$  ( $1 < k < 3$ ) και την παράμετρο κλίμακας  $c$  (κάτι παραπάνω από τη μέση ταχύτητα ανέμου). Όσο αυξάνεται η παράμετρος  $k$ , ισορροπεί η κατανομή της πιθανότητας, ενώ όσο αυξάνεται το  $c$  η καμπύλη, τείνει να μετατοπίζεται στις μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας ανέμου.

Από το παρακάτω διάγραμμα, μπορούμε να καταλάβουμε ποιά είναι η πιθανότητα να εμφανιστεί μία ταχύτητα ανέμου σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Για παράδειγμα, στην περιοχή που αναφέρεται το διάγραμμα αυτό, οι πιθανότητες ο άνεμος να είναι μεταξύ 3-7m/s είναι μεγαλύτερες.



Σχήμα 11: Παράδειγμα διαγράμματος τιμών ταχυτήτων - προσεγγιστικής καμπύλης κατανομής Weibull - αναλυτικής καμπύλης κατανομής Weibull



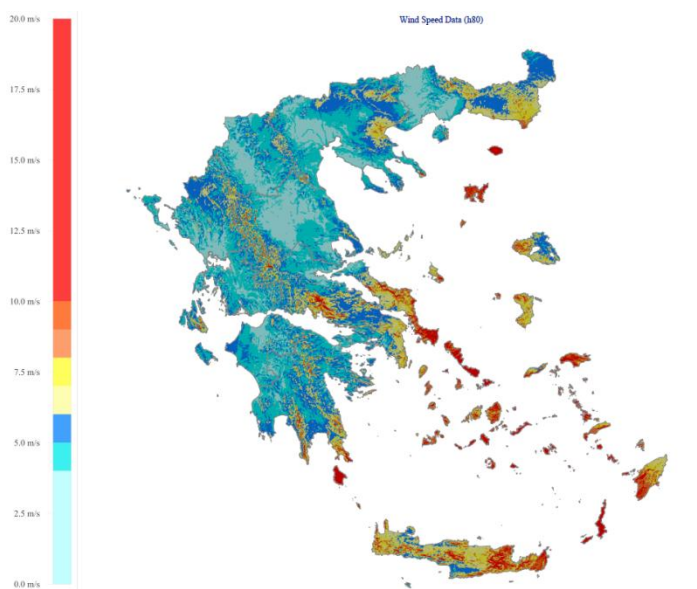
### 2.3.4 Παράμετροι αποδοτικότητας

Ο άνεμος είναι μία σημαντική πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να συλληφθεί από ανεμογεννήτριες και εξαρτάται ιδιαίτερα από την μέση τοπική ταχύτητα ανέμου. Η ταχύτητα του αέρα εξαρτάται από την τραχύτητα-ανάγλυφο του εδάφους και από την πυκνότητα του αέρα, η οποία σχετίζεται με την ατμοσφαιρική πίεση, ανάλογα το υψόμετρο. Καλύτερη απόδοση για μία αιολική επένδυση, δίνεται σε εγχώριες περιοχές με ομαλό πεδίο, σε κορυφογραμμές ή σε ακτές. Άλλοι παράμετροι για την επένδυση αυτή είναι η χωροθέτηση των ανεμογεννητριών (ρομβοειδής διάταξη), σύμφωνα με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, το εμβαδό του κυκλικού τους δίσκου και το ρυθμό ανάπτυξης του ορόρου (λόγω της επιβράδυνσης του ανέμου από το στρόβιλο).

Αναλυτικότερα, η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τρεις παράγοντες, και αυτοί είναι η ταχύτητα του ανέμου, το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και το είδος της ανεμογεννήτριας.

- Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec) και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο αυξάνει πολλαπλώς η παραγωγή της ανεμογεννήτριας. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου, τόσο μεγαλύτερη η ισχύς. Με διπλάσια ταχύτητα ανέμου, οκταπλασιάζεται η ισχύς της ίδιας ανεμογεννήτριας.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται οι περιοχές της Ελλάδας με μεγάλες ταχύτητες ανέμου (κόκκινο χρώμα) στις οποίες είναι αποδοτικότερη η τοποθέτηση ανεμογεννητριών.



Σχήμα 12: Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας σε κλίμακα από 0 έως 20 m/s, από: <https://www.oleng.eu>

Από ότι παρατηρούμε, οι περιοχές στις οποίες είναι ωφέλιμη η εγκατάσταση αιολικού πάρκου είναι τα νησιά καθώς δεν υπάρχει το φαινόμενο της μείωσης

της ταχύτητας του αέρα από οροσειρές, αλλά και οι περιοχές με ιδιαίτερα μεγάλο υψόμετρο.

- Το μήκος των πτερυγίων είναι σημαντικός παράγοντας στην απόδοση της ανεμογεννήτριας. Οι ανεμογεννήτριες με την μικρότερη διάμετρο πτερυγίων θα παράγουν πάντα και το λιγότερο ρεύμα. Όσο μεγαλύτερα είναι, τόσο περισσότερο ρεύμα παράγει η ανεμογεννήτρια και αυτό γιατί όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια, τόσο μεγαλύτερη η ισχύς της. Διπλασιάζοντας το μήκος των πτερυγίων, τετραπλασιάζεται η ισχύς σε κάθε ταχύτητα ανέμου.
- Το είδος της ανεμογεννήτριας επηρεάζει την παραγωγή ρεύματος. Όπως είδαμε και πιο πάνω, οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε οριζόντιου και καθέτου άξονα. Αν και οι καθέτου άξονα ξεκινούν την περιστροφή τους με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου, εντούτοις, έχουν πολύ χαμηλή απόδοση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.

## 2.4 Γεωθερμία

### 2.4.1 Γενικά

Μία από τις έντονα χρησιμοποιούμενες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας τελευταία, είναι η γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια. Γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150°C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100-150°C), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100°C). Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού σ' όλο τον κόσμο. Θα λέγαμε πως είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή, πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσής του, κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα, που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια, είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε, είτε αντλούνται με γεώτρηση, και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι, ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, είναι η ενέργεια που αποθηκεύεται στο έδαφος, αναδημιουργείται συνεχώς από το φως του ήλιου και από τη ροή θερμότητας από το βάθος της γης. Βρίσκεται στο έδαφος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών και εποχών του έτους και είναι διαθέσιμη από το βάθος 1,5m. Σε βάθος 10m επικρατεί καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μια σταθερή θερμοκρασία από περίπου 8 έως 12 ° C.

Ο χαρακτηριστικός αριθμός απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας (ο λόγος της ισχύος που η αντλία προσδίδει στο χώρο, προς την ισχύ που καταναλώνει) κυμαίνεται από 4 έως 5, που σημαίνει ότι το σύστημα χρησιμοποιεί 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας για να παράξει 4-5 kWh θερμικής ενέργειας, γεγονός που οφείλεται στο ότι αντλείται δωρεάν ενέργεια από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων.

## 2.4.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα γεωθερμίας

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Η γεωθερμική ενέργεια είναι στην ουσία ανεξάντλητη
- Όπως και οι υπόλοιπες ΑΠΕ, η γεωθερμία παρέχει ασφάλεια των ενεργειακών προμηθειών μειώνοντας την εξάρτηση από συμβατικές πηγές καυσίμων.
- Εξοικονομείται ενέργεια
- Με το ίδιο γεωθερμικό σύστημα μπορεί να εξασφαλιστεί θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης χωρίς επιπλέον κόστος.
- Είναι διαθέσιμη όλο το 24ώρο, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες, κάτι που την κάνει αξιόπιστη (συντελεστής λειτουργίας >90%)
- Περιορίζει την ενεργειακή εξάρτηση μίας χώρας από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα
- Έχει μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Εξοικονομείται εσωτερικός χώρος, καθώς δεν απαιτείται δεξαμενή πετρελαίου και καπνοδόχος στην εγκατάσταση.
- Είναι φιλική προς το περιβάλλον
- Η λειτουργία της είναι αθόρυβη
- Συμβάλει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>

Από την άλλη όψη του νομίσματος, τα μειονεκτήματα εφαρμογής της γεωθερμίας είναι:

- Δεν καλύπτει ανάγκες μεγάλων αστικών κέντρων
- Απαιτεί την παροχή καθαρού νερού
- Δημιουργείται λάσπη κατά τη γεώτρηση
- Προϋποθέτει μεγάλο κόστος εγκατάστασης εξοπλισμού

Όλοι οι τύποι γεωθερμίας θεωρούνται ανανεώσιμοι, εφόσον ο ρυθμός άντλησης της θερμότητας δεν υπερβαίνει το ρυθμό επαναφόρτισης της γεωθερμικής δεξαμενής από τη γη. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού, μπορεί να χρειαστούν αρκετές εκατοντάδες χρόνια για να επαναφορτιστεί μια γεωθερμική δεξαμενή η οποία έχει αδειάσει τελείως. Τα περιφερειακά συστήματα θέρμανσης μπορεί να πάρουν 100 με 200 χρόνια για να επαναφορτιστούν, ενώ οι γεωθερμικές αντλίες

μόνο 30 χρόνια.Θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι πραγματικά ανανεώσιμη, γιατί με την πάροδο του χρόνου το εσωτερικό της γης θα κρυώσει και η ραδιενεργή φθορά των στοιχείων που κρατούν το εσωτερικό της γης θερμό θα μειωθεί. Όμως, επειδή οι δεξαμενές γεωθερμίας είναι τεράστιες σε μέγεθος συγκριτικά με τις ανάγκες του ανθρώπου, η γεωθερμική ενέργεια είναι πρακτικά ανανεώσιμη.

### **2.4.3 Εφαρμογές γεωθερμίας**

Υπάρχουν 4 τύποι γεωθερμικών συστημάτων: το ανοικτό γεωθερμικό σύστημα, το κλειστό οριζόντιο γεωθερμικό σύστημα, το κλειστό κάθετο γεωθερμικό σύστημα και το κλειστό κωνικό γεωθερμικό σύστημα. Στην περίπτωση που δεν επαρκεί ο χώρος του οικοπέδου για την εφαρμογή οριζόντιου συστήματος, και δεν υπάρχει και υπόγειο νερό για την εφαρμογή ανοικτού, πραγματοποιούνται τα εναλλακτικά σενάρια των κάθετων ή κωνικών γεωθερμικών συστημάτων. Σε ένα σύστημα εκμετάλλευσης αβαθούς γεωθερμίας, η θερμότητα απάγεται ή προσδίδεται στο έδαφος μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων (γεωεναλλάκτης), τοποθετημένου εντός εδάφους, που μπορεί να είναι κλειστού ή ανοικτού κυκλώματος. Ένας γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος αποτελείται από ένα κλειστό δίκτυο θαμμένων σωλήνων, συνήθως πολυαιθυλενίου, στο οποίο συνεχώς ανακυκλοφορεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υπό πίεση και ανταλλάσσει θερμότητα με το έδαφος. Το κλειστό αυτό δίκτυο σωληνώσεων μπορεί να τοποθετηθεί σε οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη. Ένας οριζόντιος κλειστός γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1 -2,5m, και αποτελεί ίσως την οικονομικότερη κατασκευαστική λύση από οποιοδήποτε άλλο γεωθερμικό σύστημα. Η απαιτούμενη έκταση είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους, ενώ η απόδοσή του κυμαίνεται μεταξύ 20-35W/m. Ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία πρόσληψης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. Το κλειστό κύκλωμα σωλήνων τοποθετείται εντός γεωτρήσεων με διάμετρο 6-8” και βάθους μεταξύ 60 - 120m, ενώ στη συνέχεια γίνεται πλήρωση με θερμοαγωγίμο μίγμα. Στην περίπτωση γεωεναλλάκτη ανοικτού κυκλώματος, αντλείται νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα (υπέδαφος, θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι), διέρχεται από την αντλία θερμότητας (μέσω συνήθως ενός ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού), όπου απορροφάται ή αποδίδεται θερμότητα, και κατόπιν το νερό επανεισάγεται στην ίδια πηγή.

Η πρώτη εφαρμογή της γεωθερμίας βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά και για άλλες χρήσεις (θέρμανση

κτιρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή με γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι, συνήθως, από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα, όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης, να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες. Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή, διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι η θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150°C), μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού. Μία τέτοια εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων. Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπόγειων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης.

#### **2.4.4 Αντλίες θερμότητας**

Οι αντλίες θερμότητας για ψύξη και θέρμανση κτιρίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την πηγή ή τον αποδέκτη θερμότητας, καθώς και με την κατασκευή ή το μέγεθος τους. Ανάλογα με την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, νερού-αέρα, νερού-νερού, εδάφους-νερού και εδάφους-αέρα.

Η αντλία θερμότητας αέρα-αέρα είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος αντλίας, και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών καταστημάτων. Κατά την θερμαντική λειτουργία, ο εξατμιστής απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος και την απορρίπτει μέσω του συμπυκνωτή στον αέρα του χώρου που θερμαίνεται (εσωτερικός αέρας). Με την αντιστροφή του λειτουργικού της κύκλου, η αντλία θερμότητας μπορεί να ψύξει τον αέρα του χώρου. Η πιο χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι οι κλιματιστικές συσκευές για την ψύξη των χώρων κατά τους θερινούς μήνες, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση το χειμώνα.

Οι αντλίες θερμότητας αέρα-νερού χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτιρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη. Επίσης, εγκαθίστανται και σε

βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού. Η άντληση και η απόρριψη θερμότητας από τον εξωτερικό αέρα, γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην αντλία θερμότητας αέρα-αέρα, δηλαδή με αερόψυκτο συμπυκνωτή/εξατμιστή. Στο δευτερεύον κύκλωμα, δηλαδή στην πλευρά του νερού, υπάρχει υδρόψυκτος εναλλάκτης που τροφοδοτεί το δίκτυο σωληνώσεων με θερμό/ψυχρό νερό. Στην περίπτωση της θέρμανσης ενός χώρου, η αντλία θερμότητας αέρα-νερού απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και θερμαίνει νερό σε μία εγκατάσταση κλιματισμού. Με την αντιστροφή του κύκλου λειτουργίας, η αντλία θερμότητας ψύχει το νερό της εγκατάστασης και απορρίπτει τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Ο βαθμός επίδοσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού που ψύχεται στον εξατμιστή και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Οι αντλίες θερμότητας νερού-αέρα χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας, και τον αέρα για να μεταφέρουν ή να απάγουν θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Οι συσκευές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται με νερό μέσω κατάλληλου δικτύου και συνδέονται με δίκτυο αεραγωγών, για την προσαγωγή/απαγωγή του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Οι εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας νερού-αέρα χρησιμοποιούν νερό πηγής, λίμνης, ποταμού ή σπανιότερα θάλασσας για την προσαγωγή/απαγωγή θερμότητας. Σε μερικές περιπτώσεις, γίνεται και χρήση των απόνερων, κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση που αυτά τα νερά μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση ή οξείδωση στα μηχανικά μέρη της αντλίας θερμότητας, τότε μεταξύ της πηγής και της αντλίας θερμότητας παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης θερμότητας που εξασφαλίζει την αντίστοιχη προστασία. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας ειδικής κατασκευής, με μεταλλικά μέρη που αντέχουν σε αυτές τις συνθήκες. Στις περιπτώσεις αυτές, το κόστος είναι αρκετά υψηλό, γι' αυτό οι εγκαταστάσεις αυτές είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους.

Οι αντλίες θερμότητας νερού-νερού χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή/αποδέκτη θερμότητας, τόσο στη θερμαντική όσο και στην ψυκτική τους λειτουργία. Στην αβαθή γεωθερμία τέτοιου τύπου αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται σε υπόγεια ύδατα, επιφανειακά γλυκά νερά, στη θάλασσα, νερά πηγαδιών/εγκαταλειμμένων ορυχείων και άλλα. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον, ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου ή με στοιχεία κεντρικών κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου.

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους για τον κλιματισμό κτιρίων κάθε μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό, κατασκευάζεται στο έδαφος ένα κλειστό δίκτυο με πλαστικές σωληνώσεις, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρωμένο νερό ή διάλυμα νερού-αντιπηκτικού. Με την βοήθεια του γεωεναλλάκτη, ο

εξατμιστής/συμπυκνωτής του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας, απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο έδαφος. Κατά αντίστοιχο τρόπο και ανάλογα με το είδος του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη, οι αντλίες θερμότητας εδάφους διακρίνονται σε ανοιχτού κυκλώματος, κλειστού κυκλώματος και απευθείας εκτόνωσης.

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα έχουν λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμά τους όμως, αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος συμπυκνωτής/εξατμιστής, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτιρίου.



## **3. Δημόσια κτίρια**

### **3.1 Κατανάλωση ενέργειας**

#### **3.1.1 Γενικά**

Στους καιρούς που διανύουμε, είναι επιτακτική η ανάγκη για τον περιορισμό της σπατάλης ενέργειας σε ατομικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο με την ανάπτυξη συνείδησης ατομικής οικονομίας, την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων, τον περιορισμό της σπατάλης ενέργειας για μεταφορές, την βελτίωση της ενεργειακής επάρκειας, ώστε με λιγότερη ενέργεια να διεκπεραιώνεται η ίδια εργασία, την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας, τον περιορισμό της χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ενεργειακό σχεδιασμό. Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης. Ειδικότερα, τα δημόσια κτίρια, είναι πολυσύχναστα και ανάλογα με τον τομέα τους καταναλώνουν ένα σημαντικό μερίδιο της γενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων.

Η ολοκληρωμένη ενεργειακή διαχείριση αποτελεί το κλειδί επίτευξης των ενεργειακών στόχων σε μια δημόσια υπηρεσία ή εταιρία, θεσπίζοντας μία ενεργειακή επιθεώρηση με ορισμό ενεργειακού υπευθύνου, δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων, καθώς και συνεχή ενημέρωσή του, με σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων προς τη διοίκηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, και φυσικά με τη συνεργασία όλου του τεχνικού προσωπικού, αλλά και την εκπαίδευσή του σχετικά με ένα τέτοιο πρόγραμμα.

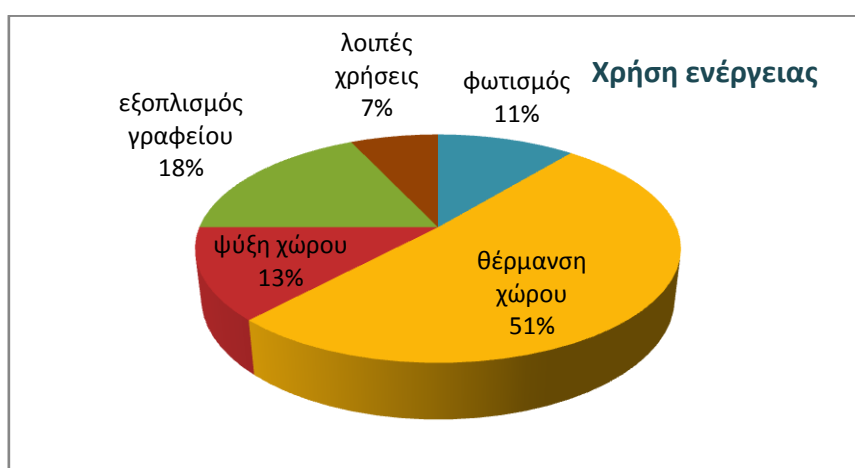
Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 31/2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, όλα τα νέα δημόσια κτίρια μετά την 31.12.2018, θα πρέπει να είναι κοντά στη μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, τα δημόσια κτίρια που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βελτιώσουν την ενεργειακή τους απόδοση. Ως εκ τούτου, η χρήση ορυκτών καυσίμων πρέπει να μειωθεί στα δημόσια κτίρια, συμπεριλαμβανομένων σχολείων και νοσοκομείων, και το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να αυξηθεί.

### 3.1.2 Κατανάλωση ενέργειας δημοσίων κτιρίων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το κλίμα της χώρας μας, η λειτουργία κλιματιστικών για ψύξη τους θερινούς μήνες, και ιδιαίτερα σε γραφεία αστικών κέντρων, είναι ένα εξαιρετικά συχνό φαινόμενο. Γι' αυτό το λόγο, η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επιπλέον, τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν, με την εκτίναξη του δείκτη θερμοκρασίας το καλοκαίρι.

Τα ελληνικά μη οικιακά κτίρια ευθύνονται για το 7,3% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας και καταναλώνουν το 29,7% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα και το 2,1% της συνολικής θερμικής ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στα μη οικιακά κτίρια αντιπροσωπεύει το 23,7% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται από τον τομέα των ελληνικών κτιρίων.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται τα ποσοστά χρήσης ενέργειας σε δημόσια κτίρια ανά τομέα κατανάλωσης.



Σχήμα 13: Κατανάλωση ενέργειας σε δημόσια κτίρια και υπηρεσίες σε ποσοστό κατανάλωσης ανά τομέα, από άρθρο της εφημερίδας «Βόρειες Σποράδες»

Ο κτιριακός τομέας χρησιμοποιεί περίπου το ένα τρίτο του συνόλου των πρώτων υλών και της ενέργειας που παράγεται στην Ελλάδα, και πάνω από το ήμισυ της ηλεκτρικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα της βελτίωσης της νομοθεσίας (π.χ. προδιαγραφές για τα κτίρια και τα πρότυπα μόνωσης), η χρήση των νέων οικοδομικών υλικών και με πιο αποτελεσματικό εξοπλισμό, έχει επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος σε ενεργειακά αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον νέα κτίρια κατά την τελευταία δεκαετία. Από την άλλη πλευρά, το υψηλότερο επίπεδο διαβίωσης και τα πρότυπα εργασίας, μαζί με την εισαγωγή του νέου εξοπλισμού και συσκευών, συμπεριλαμβανομένων των AC, μπορεί να αντισταθμίσει αυτές τις εξοικονομήσεις και πραγματικά να αυξήσει τη μέση κατανάλωση ενέργειας στα

κτίρια και να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα σε ώρες αιχμής φορτίου. Έτσι, η προσπάθεια για την εξοικονόμηση ενέργειας, διατηρώντας ταυτόχρονα το βέλτιστο εσωτερικό περιβάλλον, είναι μια συνεχής μάχη, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές καυσίμων, συγκρατεί το ισοζύγιο ενέργειας και μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ορυκτά καύσιμα. Η ενεργειακή απόδοση των μη οικιακών κτιρίων μπορεί να οδηγήσει σε ένα πλήθος θετικών επιδράσεων, όπως είναι η μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, η ελάφρυνση των επιβαρύνσεων των εισαγωγών ενέργειας και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Τα κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται σαν κατοικίες στην Ελλάδα αποτελούν περίπου το 5% του συνόλου των κτιρίων σε αριθμό και αντιπροσωπεύουν το 26% της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού αποθέματος. Εξ' αυτών, το 57% περίπου είναι κτίρια γραφείων και εμπορικής χρήσης, το 19% εκπαιδευτικά κτίρια, το 16% ξενοδοχεία και το 8% περίπου είναι νοσοκομεία και κλινικές. Ο τομέας των μη οικιακών κτιρίων καταναλώνει το 47,6% της ηλεκτρικής ενέργειας (13235 GWh) και το 8,2% της θερμικής ενέργειας (3908 GWh) που απαιτείται από τον τομέα των ελληνικών κτιρίων. Υπάρχουν τρία είδη κτιρίων γραφείων στην Ελλάδα, το ενεργειακά τυπικό κτίριο (138 kWh/m<sup>2</sup>/έτος), που αντιστοιχεί στο 50% του δείγματος των κτιρίων γραφείων, το βέλτιστο κτίριο, που αντιστοιχεί στο 20% των καλύτερων ενεργειακά κτιρίων, γραφείων και το παθητικό κτίριο, που αντιστοιχεί στο 5% των καλύτερων ενεργειακά κτιρίων γραφείων. Η εφαρμογή των διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να μειώσει τη ζήτηση θερμικής ενέργειας από 33-604 GWh για τα γραφεία ή τα εμπορικά κτίρια, από 10,7 έως 390 GWh για τα ξενοδοχεία, από 6 έως 205 GWh για τα σχολεία και από 19- 188 GWh για τα νοσοκομεία. Επίσης, μπορεί επίσης να μειωθεί η ηλεκτρική ενεργειακή ζήτηση από 18-682 GWh για τα γραφεία ή τα εμπορικά κτίρια, από 15,03 έως 406,9 GWh για τα ξενοδοχεία, από 5 έως 143 GWh για τα σχολεία και από 16 έως 174 GWh για τα νοσοκομεία.

### **3.2 Εκπομπές αέριων ρύπων**

Είναι ιδιαίτερα σημαντική η κατανόηση του όρου ενεργειακό αποτύπωμα, ώστε να αντιληφθούμε πως το οτιδήποτε πράττουμε μπορεί να έχει αντίκτυπο στο περιβάλλον. Το ενεργειακό αποτύπωμα είναι η ποσότητα σε διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα και που σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η ποσότητα είναι που πρέπει να μειωθεί, μέσω της μη σπάταλης και ορθής χρήσης της παραγόμενης ενέργειας, έτσι ώστε να επιτύχουμε τη λεγόμενη αιμόφορο ανάπτυξη. Ένα μεγάλο μερίδιο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που

εκλύονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση προέρχεται και από τον κτιριακό τομέα.

Τα κτίρια είναι στο επίκεντρο της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση, καθώς το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αναλογεί σε κατοικίες, γραφεία, καταστήματα και άλλα κτίρια.Ενώ οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα μη οικιακά κτίρια αντιπροσωπεύουν περίπου το 18% του εθνικού συνόλου των εκπομπών.

Τα κτίρια στην Ελλάδα, λόγω της υψηλής κατανάλωσης καυσίμου που έχουν, υπολογίζεται ότι από κάθε τετραγωνικό δομημένης επιφάνειας παράγουν 12-13 τόνους διοξειδίου του άνθρακα, του πιο σημαντικού από τα αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές στην περίπτωση της χώρας μας, υπολογίζονται περίπου στο 1,05 kg CO<sub>2</sub> ανά kWh για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, και 0,264 kg CO<sub>2</sub> ανά kWh για τη θερμική ενέργεια.

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα θέμα μεγάλης ανησυχίας για το σχεδιασμό ενός κτιρίου. Η χρήση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, συνολικά, ήταν υπεύθυνη για 7,85Gt διοξειδίου του άνθρακα, το 2002.Η παγκόσμια συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, κύριο συστατικό των αερίων του θερμοκηπίου, είναι επί του παρόντος 390 ppm, έχοντας αυξηθεί κατά σχεδόν 35% κατά τα τελευταία 200 χρόνια, με το ήμισυ της αύξησης αυτής να έχει συμβεί κατά τα τελευταία 30 χρόνια.Έχει εκτιμηθεί ότι ο διπλασιασμός των συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα μεταφράζεται σε αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης των 2-4,5 ° C.

Ανάλογα με τον τύπο καυσίμου, έχουμε και διαφορετικές ποσότητες εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, και συγκεκριμένα είναι, για το φυσικό αέριο 3142 κιλά CO<sub>2</sub> ανά τόνο καυσίμου, για το ντίζελ είναι 2,68 κιλά ανά λίτρο, για τη βενζίνη είναι 2,31 κιλά ανά λίτρο, για το υγραέριο 1,51 κιλά ανά λίτρο και για τον άνθρακα 2419 κιλά ανά τόνο.

Η καύση ορυκτών καυσίμων και η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η λήψη μέτρων και η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, κρίνεται αναγκαία.

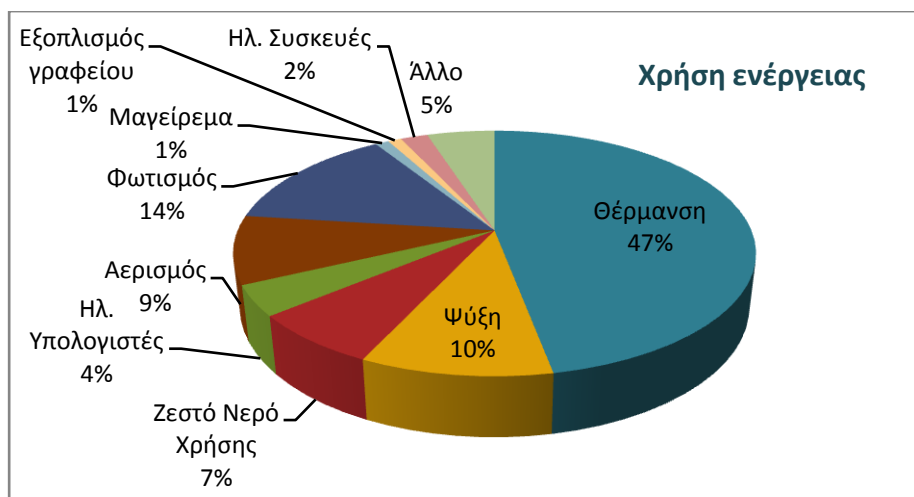
## 4. Σχολεία

### 4.1 Κατανάλωση ενέργειας

Η ενέργεια που καταναλώνεται για τη λειτουργία ενός κτιρίου, πόσο μάλλον ενός κτιρίου το οποίο φιλοξενεί πλήθος παιδιών αλλά και δασκάλων, θα πρέπει να εφαρμόσει ένα πρόγραμμα περιβαλλοντικής προστασίας, όχι μόνο για το άμεσο όφελος του περιβάλλοντος την παρούσα χρονική στιγμή, αλλά και για τη σωστή διαπαιδαγώγηση των μαθητών, έχοντας σαν παράδειγμα το σχολείο τους για να εφαρμόσουν και τα ίδια αυτή τη νοοτροπία, με έμμεσο όφελος του περιβάλλοντος, για τις επόμενες γενιές. Με αυτόν τον τρόπο, δεν αντιμετωπίζουμε απλά το πρόβλημα, αλλά στη ρίζα του, ώστε να μη συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια, τα οποία θα είναι όπως αντιλαμβανόμαστε δυσκολότερα και το πρόβλημα εντονότερο. Τα σχολεία, συμπεριλαμβανομένων παιδικών σταθμών, δημοτικών σχολείων, γυμνασίων και λυκείων, αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,41% του συνολικού κτιριακού αποθέματος των ελληνικών μη οικιακών κτιρίων, και έχουν, επίσης, τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας σε σχέση με άλλες κύριες κατηγορίες μη οικιακών κτιρίων. Αυτό συμβαίνει λόγω της χαμηλής ανάγκης σε εναλλασσόμενο ρεύμα, λόγω της διακοπής της λειτουργίας τους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και λόγω των χαμηλών θερμικών φορτίων (υψηλά εσωτερικά φορτία θερμότητας από τους επιβάτες-μαθητές).

Γίνεται αναφορά για τα σχολικά κτίρια τα οποία θα κτιστούν, και πάνω στη μελέτη κατασκευής τους, θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα, αλλά και σε παλαιότερα σχολεία, τα οποία προκαλούν υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και έχουν μεγάλες καταναλώσεις, όπου είναι επιτακτική η χρησιμοποίηση νεότερων τεχνολογιών για παραγωγή ενέργειας, όπως είναι οι ΑΠΕ, αλλά και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, γενικότερα.

Τα σχολικά κτίρια καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια ως επί το πλείστον για φωτισμό και λειτουργία των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένης της ψύξης και θερμότητας χώρων, αλλά και της προετοιμασίας ζεστού νερού όταν χρειάζεται. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή και σε σύγκριση με άλλα δημόσια κτίρια, όπως νοσοκομεία και κτίρια γραφείων. Στο παρακάτω σχήμα, αναγράφονται τα ποσοστά χρησιμοποίησης ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας σε σχολεία κατά μέσο όρο σε παγκόσμια κλίμακα.



Σχήμα 14: Ποσοστά χρησιμοποίησης ενέργειας σε σχολεία ανάλογα με τον τρόπο αξιοποίησής της, στοιχεία από: <http://www.industrialcontrolsonline.com>

Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε κάποια στοιχεία από ενεργειακές καταναλώσεις σε σχολεία διάφορων χωρών, σύμφωνα με άρθρο του JenChunWang, για το έτος 2016, μετρημένες σε kWh/m<sup>2</sup>/έτος.

Χώρα	Ετήσια χρήση ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> /έτος)	Έρευνα και προσομοίωση κατανάλωσης ενέργειας
Κύπρος	89,5 (62,75 - 116,22)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 24 σχολεία δευτεροβάθμιας: 107,99 kWh/m <sup>2</sup> /έτος σε ορεινές περιοχές, 55,67 kWh/m <sup>2</sup> /έτος στην ενδοχώρα και 48,44 kWh/m <sup>2</sup> /έτος σε παράκτιες περιοχές.
Σλοβενία	192	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 24 σχολικά κτίρια: 100 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για θέρμανση και μέση συνολική κατανάλωση ενέργειας 192 kWh/m <sup>2</sup> /έτος .
Ιρλανδία	145 (55 - 235)	Στα ιρλανδικά δημοτικά σχολεία η ηλεκτρική ενέργεια είναι μεταξύ 5 και 35 kWh/m <sup>2</sup> /έτος και για τη θέρμανση είναι μεταξύ 50 και 200 kWh/m <sup>2</sup> /έτος, με μέση κατανάλωση για θέρμανση 96 kWh/m <sup>2</sup> /έτος .
Γερμανία	93 (31 - 205)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 105 σχολικά κτίρια
Ελλάδα	81,5 (68 - 95)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 320 σχολικά κτίρια: 68 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για θέρμανση και 27 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για ηλεκτρική ενέργεια. Σε 10 δημοτικά σχολεία για τη θέρμανση απαιτούνται 71,18 kWh/m <sup>2</sup> /έτος και 8,64 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για ηλεκτρισμό.
Λουξεμβούργο	93 (24 - 97)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 68 σχολικά κτίρια: 77 kWh/m <sup>2</sup> /έτος και με χρήση συστήματος τηλεθέρμανσης 66 kWh/m <sup>2</sup> /έτος. Όλα τα σχολεία που κατασκευάστηκαν μετά το 2005 καταναλώνουν λιγότερο από 100 kWh/m <sup>2</sup> /έτος και λιγότερο από 50 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για θερμική ενέργεια.
Φινλανδία	190,25	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 74 σχολικά κτίρια και 13 πανεπιστημιακά κτίρια. Στα σχολεία: 383 kWh/m <sup>2</sup> /έτος έως 31 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για θέρμανση και 212 kWh/m <sup>2</sup> /έτος έως 10 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για ηλεκτρική ενέργεια. Στα πανεπιστήμια: 178 kWh/m <sup>2</sup> /έτος έως 6 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για τη θέρμανση, και 450 kWh/m <sup>2</sup> /έτος έως 89 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για ηλεκτρική ενέργεια. Τα νεότερα σχολεία καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια θέρμανσης .

Πορτογαλία	67	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 8 σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης: 16 kWh/m <sup>2</sup> /έτος σχετικά με τη χρήση φυσικού αερίου και 51 kWh/m <sup>2</sup> /έτος που αναφέρονται, Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 41 kWh/m <sup>2</sup> /έτος πριν από την ανακαίνιση και 67 kWh/m <sup>2</sup> /έτος μετά την ανακαίνιση.
Νότια Κορέα	405	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 10 δημοτικά σχολεία: 289 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για ηλεκτρική ενέργεια, 26 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για το πετρέλαιο, 90 kWh/m <sup>2</sup> /έτος για φυσικό αέριο και 42-112 kWh/ φοιτητή μηνιαίως.
Ηνωμένο Βασίλειο	173 (132 - 210)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας με 4 σχολικά αρχέτυπα .
Ταϊβάν	47,5 (16 - 79)	Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 74 σχολικά κτίρια: 79 kWh/m <sup>2</sup> /έτος, στα πανεπιστήμια 26 kWh/m <sup>2</sup> /έτος, στα λύκεια 16 kWh/m <sup>2</sup> /έτος και στα γυμνάσια 17 kWh/m <sup>2</sup> /έτος .

**Πίνακας 3: Ενδεικτικά στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης σχολικών κτιρίων σε διάφορες χώρες για το έτος 2016, σύμφωνα με paper του JenChunWang, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.036>**

Συγκεκριμένα, για τα σχολικά κτίρια της Ελλάδας, σύμφωνα με τα στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων και του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας, έχει βρεθεί ότι με βάση μετρήσεις κτιρίων σε διάφορες περιοχές και λαμβάνοντας υπόψη 65000 σχολικές τάξεις, η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι περίπου 270000 MWh, εκ των οποίων, η μέση ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση αντιστοιχεί σε 78000 MWh. Όπως είδαμε και στον παραπάνω πίνακα, η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο είναι από 68 έως 95 kWh και μπορεί να φτάσει σε ορισμένες περιπτώσεις τις 100 ή και τις 200 kWh θερμαινόμενου χώρου. Ένα τυπικό σχολικό κτίριο (50% των σχολικών κτιρίων), καταναλώνει περίπου 55 – 77 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως για θέρμανση και 13 – 19 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως για ηλεκτρισμό, ενώ ένα βέλτιστο αποδοτικά σχολικό κτίριο (25-30% των σχολικών κτιρίων), καταναλώνει 32 kWh/m<sup>2</sup> το έτος για θέρμανση και 10 kWh/m<sup>2</sup> το έτος για ηλεκτρισμό. Πολλά σχολικά κτίρια στη χώρα μας έφεραν βελτίωση πάνω στην εξοικονόμηση ενέργειας, και συγκεκριμένα το 43% έφερε βελτίωση στη θωράκιση του κτιρίου και στα κουφώματα, το 24% έλαβε μέτρα για τη βελτίωση της θέρμανσης και το 23% για τη βελτίωση του φωτισμού.

## 4.2 Εκπομπές αέριων ρύπων

Όσον αφορά τα σχολικά κτίρια της Ελλάδας, και πάλι σύμφωνα με τα στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων και του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας, βρέθηκε ότι το ποσοστό του 98% των σχολικών κτιρίων θερμαίνεται με πετρέλαιο, μόλις το 2% χρησιμοποιεί φυσικό αέριο, ενώ υπάρχουν και εφαρμογές

καύσης λιγνίτη και ξύλου. Η συνολική ετήσια κατανάλωση των 270000 MWh αντιστοιχεί σε 16300 τόνους πετρελαίου ντίζελ. Οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτουν από το πετρέλαιο είναι 150000 τόνοι, ενώ οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι 1000 τόνοι. Γενικότερα, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχολικά κτίρια κυμαίνονται μεταξύ 20 και 60 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ένα τυπικό ελληνικό σχολείο για θέρμανση και ηλεκτρισμό, ετησίως.

	Ενεργειακή κατανάλωση (KWh/m <sup>2</sup> έτος)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> έτος)
Θέρμανση	55	17,6
Ηλεκτρισμός	13	10,4
Σύνολο	68	28

**Πίνακας 4:** Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε τυπικό ελληνικό σχολείο και την ενεργειακή κατανάλωσή του στον τομέα της θέρμανσης και του ηλεκτρισμού, JohnVourdoubas: «CreationofZero CO<sub>2</sub> EmissionsSchoolBuildingsDuetoEnergyUseinCrete-Greece»

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, έχει παρατηρηθεί μια σημαντική αύξηση της ζήτησης για δροσισμό το καλοκαίρι στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Η παγκόσμια θέρμανση αναμένεται να επηρεάσει δυσμενώς, τόσο το περιβάλλον, όσο και τις ανθρώπινες δραστηριότητες, με τα σενάρια για μέση ετήσια αύξηση της θερμοκρασίας από 2,2 έως 5οC μέχρι το 2100 (ή ακόμα και νωρίτερα). Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος IPCC (2007), μια μέση αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερη του 1,5οC είναι πιθανόν να έχει σοβαρές επιπτώσεις στα τοπικά οικοσυστήματα και περιβάλλοντα, ενώ παράλληλα, οι αυξημένες θερμοκρασίες αναμένεται να προκαλέσουν μακρύτερα κύματα ζέστης (καύσωνες), μείωση των βροχοπτώσεων, καθώς και μακρύτερα σε διάρκεια καλοκαίρια. Οι συγκριμένες προβλέψεις θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη, ιδιαίτερα στην περίπτωση ανακαίνισης κτιρίων με ιδιαίτερη έμφαση στα σχολεία. Το πρόγραμμα ZEMedS θα ανοίξει το δρόμο προς την κατεύθυνση μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας στην ανακαίνιση των σχολικών κτιρίων στη Μεσόγειο, με την εφαρμογή στρατηγικών στο κέλυφος του κτιρίου, στα συστήματα, στις ανανεώσιμες ενεργειακές εφαρμογές, καθώς και στη διαχείριση ενέργειας και τη συμπεριφορά των χρηστών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μια ολιστική προσέγγιση ανακαινίσεων των σχολικών μονάδων, θα πρέπει να συνδυάζει μέτρα βέλτιστου κόστους, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ενεργειακή απόδοση και να διασφαλιστεί η ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος στα σχολεία.

Από το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1997, διάφορες προσπάθειες για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου έχουν ασκηθεί σε όλο τον κόσμο. Η κυβέρνηση της Νότιας Κορέας δήλωσε ότι θα μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> της χώρας έως και 30% μέχρι το 2020, κατά τη διάσκεψη για την αλλαγή του κλίματος της Κοπεγχάγης. Για να



υπάρξει ανταπόκριση σε τέτοιες φιλικές προς το περιβάλλον πολιτικές και να μεγιστοποιηθεί το αποτέλεσμα βελτίωσης, είναι πολύ σημαντικό να μειωθεί η ενέργεια που χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 11680 εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις. Ενώ, για να μεγιστοποιηθεί το αποτέλεσμα και η βελτίωση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, είναι πολύ σημαντικό να επιλεγεί μια εγκατάσταση με στόχο με τη μείωση της ενέργειας.

Οι πεπερασμένοι πόροι και η κλιματική αλλαγή, είναι μερικά από τα πιο γνωστά προβλήματα που μπορούν να εξομαλυνθούν με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Παράδειγμα προς μίμηση, αποτελεί η βρετανική κυβέρνηση, η οποία έδωσε απάντηση σε αυτά τα κρίσιμα ζητήματα, με το να θέσει ως νομικά δεσμευτικό στόχο τη μείωση των καθαρών εκπομπών CO<sub>2</sub> σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80%, μέχρι το 2050, από την αρχική τιμή του 1990. Ως εκ τούτου, υπάρχει επιτακτική ανάγκη για τη μείωση των εκπομπών από κτίρια όπως τα σχολεία, για την επίτευξη του στόχου το 2050.

#### **4.3 Μελέτη εφαρμογών ΑΠΕ**

Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι εφικτές σε κτίρια που ανήκουν στο δημόσιο, το οποίο είναι σε θέση να ενισχύσει οικονομικά ένα τέτοιο έργο, σε αντίθεση με την πλειοψηφία των ιδιωτικών κτιρίων, καθώς οι ιδιώτες δύσκολα μπορούν να διαχειριστούν ένα έργο με υψηλό κεφαλαιουχικό κόστος και μακροχρόνια απόσβεση.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα σχολικά κτίρια και η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτά, είναι σήμερα τεχνολογικά και οικονομικά εφικτή, ενώ προωθείται και από τις πολιτικές της ΕΕ. Μετά το 2019, όλα τα νέα δημόσια κτίρια σε χώρες της ΕΕ πρέπει να είναι κοντά στη μηδενική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η χρήση των διαφόρων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχολικά κτίρια στην Ελλάδα, μπορεί να οδηγήσει σε μηδενισμό της χρήσης ορυκτών καυσίμων και των εκπομπών CO<sub>2</sub> από αυτά.

Για τη μείωση εκπομπών την οποία επιδιώκουμε, ένας βασικός άξονας που θα κινηθούμε είναι η εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ, οι οποίες όπως έχουμε αναφέρει δεν προϋποθέτουν την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, όπως η παραγωγή ενέργειας με το συμβατικό τρόπο. Οι ανανεώσιμες πηγές που θα ήταν ωφέλιμο να υιοθετήσουν σχολικά κτίρια στη χώρα μας μπορεί να είναι ο ήλιος, από τον οποίο θα λαμβάνεται ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών πλασιών ή

και φωτοβολταϊκής στέγης, και η γεωθερμία μέσω αντλιών θερμότητας για τη θέρμανση των κτιρίων τους χειμερινούς μήνες. Οπότε, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ΑΠΕ δεν προβλέπεται απελευθέρωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς καθεμιά από αυτές αποτελεί μία καθαρή πηγή ενέργειας.

Η τοποθέτηση τεχνολογιών ΑΠΕ έχει συμπεριληφθεί και σε νομοθετικά πλαίσια. Συγκεκριμένα, από το 2011, για να δοθεί άδεια κατασκευής νέου σχολικού κτιρίου, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί ένα ετήσιο ποσοστό από ηλιακή ενέργεια, της τάξης του 60%, για παραγωγή καθαρού ζεστού νερού από ηλιακά θερμικά συστήματα (Greek NREAP, 2010), ή σε κάθε άλλη περίπτωση, να αναλυθούν διεξοδικά οι τεχνικές δυσκολίες που απέτρεψαν τη συμμόρφωση με το συγκεκριμένο νόμο. Καινούργια και ήδη υπάρχοντα κτίρια που υποβάλλονται σε σημαντική ανακαίνιση, πρέπει να μπορούν να αποκτήσουν κατά την ολοκλήρωσή τους, ενεργειακό πιστοποιητικό κλάσης Β, και υποχρεούνται να έχουν επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας (U-values), καθώς και σύστημα ανάκτησης θερμότητας σε κεντρικές μονάδες κλιματισμού.

Στην Ιταλία, με την υιοθέτηση ενός νόμου το 1991, εισήχθησαν για πρώτη φορά περιορισμοί για την ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων. Στη Γαλλία, έχει τεθεί μια σειρά στόχων (από το Environment Round Table) και έχουν εφαρμοστεί θεσμικά από το 2009. Η εκτεταμένη ανάπτυξη νέων, χαμηλής κατανάλωσης κτιρίων έχει ενισχυθεί, με το επόμενο βήμα να είναι η ανάπτυξη κτιρίων θετικής ενέργειας μέχρι το 2020. Έχουν ξεκινήσει ήδη εκτενείς ανακαινίσεις, με στόχο τις 400000 περίπου ανακαινίσεις τον χρόνο (Ecofys 2013), οδηγώντας σε μείωση της βασικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά 38% μέχρι το 2020. Σημειώνεται ότι πρόκειται να ανακαινιστούν δημόσια κτίρια, ώστε να επιτευχθεί ελάχιστη μείωση ενέργειας κατά 40%, και μείωση 50% σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εντός 8 ετών (French NREAP, 2010).

Κάποιοι μέθοδοι που επιτρέπουν την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε σχολικά κτίρια, είναι η χρήση ηλιακής ενέργειας και γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας, οι οποίες είναι άφθονες στην Κρήτη. Τα σχολικά κτίρια στην Ελλάδα καταναλώνουν σημαντικά λιγότερη ενέργεια, συγκεκριμένα 68-95 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως, και εκπέμπουν λιγότερο CO<sub>2</sub>, κατά μέσο όρο 28 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ετησίως, από τα αντίστοιχα κτίρια σε άλλες χώρες. Το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προκειμένου να αντικαταστήσουν όλα τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στα σχολικά κτίρια στην Ελλάδα, και να εκπέμπουν σχεδόν μηδενικές ποσότητες CO<sub>2</sub> λόγω της χρήσης αυτών των πηγών ενέργειας, εκτιμάται σε 47,42 με 87,71 €/m<sup>2</sup>, που αντιστοιχεί σε 1,69 – 3,13 €/kg CO<sub>2</sub>.

### 4.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκής στέγης

Σε κάθε σχολικό κτίριο είναι απαραίτητος ο φωτισμός του εσωτερικού του, και ιδιαίτερα στους διαδρόμους και στους ενιαίους χώρους μεταξύ των αιθουσών, οι οποίοι πολλές φορές δεν έχουν παράθυρα όπως οι αίθουσες, λόγω της διάταξης του κτιρίου στις περισσότερες περιπτώσεις. Για το φωτισμό τέτοιων χώρων χαμηλού φωτισμού, λειτουργούν πολλές φορές φώτα κατά τη διάρκεια της ημέρας, κάτι το οποίο σε μεγάλες σχολικές μονάδες εκτινάσσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ύψη. Μία καλή λύση πάνω σε αυτό, είναι να εκμεταλλευτούμε τον ήλιο, όχι μόνο για την ενέργειά του, αλλά και για το φως που προσφέρει ακόμα και τις ημέρες με συννεφιά. Στην οροφή του κτιρίου, μπορούν να δημιουργηθούν μεγάλα παράθυρα ή ανοίγματα σε όλη την οροφή που να επιτρέπουν την είσοδο του ήλιου σε ένα βαθμό(από 10 έως 50%),μέσα από τζάμι. Αυτή η ενέργεια εξοικονομεί κατανάλωση ούτως ή άλλως, αλλά επίσης, ο διαμερισμός του ήλιου ο οποίος εισέρχεται από την οροφή, μπορεί να γίνει και με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων, μέσα σε δύο επιφάνειες από τζάμι,η επιφάνεια των

οποίων θα μπορεί να καταλάβει την οροφή του κτιρίου, με εμβαδό από 20 έως όσα τετραγωνικά μέτρα είναι δυνατό να υποστηριχθούν.Το τζάμι στο πάνω μέρος της κατασκευής θα πρέπει να είναι



Εικόνα 1: Φωτογραφία από φωτοβολταϊκή στέγη, από την ιστοσελίδα: <http://www.archiexpo.com>

λεπτότερο σε σχέση με το κάτω, για να διατηρεί καλή την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων.Σε αυτή την εγκατάσταση, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, για να επιτύχουν την απόδοση που επιθυμούμε, θα πρέπει να έχουν προσανατολισμό στο νότο και την κατάλληλη κλίση, όπως βλέπουμε και σε αυτή την φωτογραφία.

Έπειτα, καλό θα ήταν να μπορέσει να συνδυαστεί και ο εξαερισμός του κτιρίου, αλλά και η ψύξη του εν μέρει, με αυτή τη στέγη, ειδικά σε χώρους που όπως είπαμε δεν υπάρχουν παράθυρα και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα ήταν αναγκαίο να λειτουργήσει κλιματισμός. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, εξοικονομείται και ηλεκτρική ενέργεια, όπου σε χώρες όπως η Ελλάδα, και ειδικά στην Κρήτη, χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για ψύξη. Για την καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη, τα συγκεκριμένα τζάμια θα πρέπει να είναι διπλά, ώστε να είναι ικανά να μονώνουν το χώρο από την εξωτερική θερμοκρασία, ή για ακόμη καλύτερη προστασία, μπορούν να τοποθετηθούν ειδικές μεμβράνες σκίασης πάνω στο τζάμι, για να εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου, στην κάτω επιφάνεια φυσικά, για να μην εμποδίζεται η ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών.

Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία άμορφου πυριτίου, θυσιάζοντας ένα μέρος από την απόδοση, συνδυάζοντας, το όφελος της σκίασης, επιτρέποντας την είσοδο του ηλιακού φωτός κατά ένα ποσοστό.

#### **4.3.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων**

Μία κλασική εναλλακτική λύση, αν δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η παραπάνω πρόταση, είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή του κτιρίου, προσφέροντας έτσι, λιγότερο κόστος, αλλά και μεγαλύτερη ισχύ. Επειδή μιλάμε για σχολικό κτίριο στο οποίο θα συχνάζουν παιδιά, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων στο ύπαιθρο θα ήταν κακή ιδέα, καθώς μία τέτοια εγκατάσταση προϋποθέτει αυστηρά μέτρα φύλαξης.

Η ηλιακή ακτινοβολία στην Κρήτη είναι υψηλή, και συγκεκριμένα περίπου 1700 - 1880 KWh/m<sup>2</sup> ανά έτος. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί να καλύπτει όλες τις ανάγκες τροφοδοσίας των σχολείων. Τέτοιου είδους συστήματα, είναι κατάλληλα για να μπορούν να παράγουν σε ετήσια βάση την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που τα σχολικά κτίρια καταναλώνουν. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που τοποθετούνται στις στέγες των διασυνδεδεμένων στο δίκτυο σχολικών κτιρίων, έχουν τη δυνατότητα να παράγουν πράσινη ηλεκτρική ενέργεια, τροφοδοτώντας το ηλεκτρικό δίκτυο και αντισταθμίζοντας τα ορυκτά καύσιμα ηλεκτρικής ενέργειας. Η τρέχουσα μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων επιτρέπει την αύξηση των εφαρμογών τους, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης τους σε διάφορα κτίρια.

Αν πάρουμε ως κλίμακα τον ελεύθερο χώρο μιας οροφής κτιρίου από 150 έως 250 τετραγωνικά, τότε με έναν πρώτο υπολογισμό θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε από 45 έως 81 περίπου πλαίσια εμβαδού 1,49 τετραγωνικά μέτρα, ισχύος 215W το ένα και απόδοσης 14,5% (πολυκρυσταλλικού πυριτίου Kyocera KD215GX-LPU). Οπότε, μπορούν να δώσουν ισχύ 9675 W έως 17415 W, και ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο 15610 MWh έως 28098 MWh ετησίως, τιμή που υπερκαλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες ενός σχολικού κτιρίου, ανάλογα με τον αριθμό των πλαισίων που θέσαμε ως κλίμακα παραπάνω. Με τη βοήθεια του λογισμικού RETScreen, βρέθηκε ότι η καθαρή ετήσια μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να είναι το λιγότερο 6 έως 15,2 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, ανάλογα με τον τύπο καυσίμου που υποκαθιστούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, και 10,9 έως 27,4 τόνοι CO<sub>2</sub> ετησίως με το σύστημα μεγαλύτερης ισχύος. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πλαίσια ποικίλει ανάλογα την τοποθεσία, πιο συγκεκριμένα την ηλιοφάνεια μιας περιοχής, και το γεωγραφικό

της πλάτος. Συγκεκριμένα, για πάνελ ισχύος 1kW, αυτή τη φορά, μπορούν να παραχθούν από 800 έως και 2700 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο ετησίως. Στην Ελλάδα, η ηλιακή ενέργεια κυμαίνεται από 1400 έως 1900 περίπου kWh ανά τετραγωνικό μέτρο ετησίως ή 6 – 6,5 kWh/m<sup>2</sup> την ημέρα.

Μία παρόμοια εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων μπόρεσε να μειώσει τις ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 21,8 τόνους από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο 7ο Λύκειο Πειραιά.

Άλλο ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα, όπου αναγράφονται οι καταναλώσεις ενέργειας ενός σχολείου στην Κρήτη και η κάλυψη των αναγκών αυτών με λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη ότι το κόστος του ηλιακού συστήματος PV είναι 1200 €/kWp.

Θερμότητα που απαιτείται	55.000 kWh/έτος
Ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται	13.000 kWh/έτος
Συνολική ενέργεια που απαιτείται	68.000 kWh/έτος
Ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος	8,7 kWp
Παρεχόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκού συστήματος	14.037 MWh/έτος
Κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος	13.050 €

**Πίνακας 5: Μεγέθη και κόστος των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που καλύπτουν όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός σχολικού κτιρίου στην Κρήτη, JohnVourdoubas: «Creation of Zero CO<sub>2</sub> Emissions School Buildings Due to Energy Use in Crete-Greece»**

#### 4.3.3 Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν βαθμό απόδοσης 3 έως 4, ή ακόμη και υψηλότερο, και μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης των σχολείων. Χρησιμοποιούν τη θερμότητα του εδάφους ή τη θερμότητα του νερού σε ένα πηγάδι ή στη θάλασσα που έχει μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία όλο το χρόνο, παρέχοντας έτσι, υψηλό βαθμό απόδοσης σε μια αντλία θερμότητας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ένας εναλλάκτης θερμότητας τοποθετείται λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, προκειμένου να γίνει ανταλλαγή θερμότητας. Το κόστος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι υψηλότερο από το κόστος των άλλων συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούν πετρέλαιο θέρμανσης, φυσικό αέριο, ή βιομάζα, και συγκεκριμένα αντιστοιχεί περίπου στο ποσό των 1800 € ανά kW. Ωστόσο, το γεγονός ότι οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιούν μια καθαρή πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι ΑΠΕ, ευνοεί τη χρήση τους.

Έχοντας σαν πηγή ενέργειας για την αντλία θερμότητας μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων, θα εκτιμήσουμε τη θερμότητα που μπορεί να παραχθεί από αυτή, για ένα σχολικό κτίριο στην Κρήτη. Η αντλία θερμότητας θα έχει τέτοιο μέγεθος, ώστε να μπορεί να καλύψει το φορτίο θέρμανσης αιχμής, το οποίο συχνά είναι 50% υψηλότερο από το μέσο φορτίο. Δεδομένου ότι η αντλία θερμότητας καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια, το μέγεθος του ηλιακού συστήματος Φ/Β θα είναι υψηλότερο σε σύγκριση με την προηγούμενη περίπτωση, θεωρώντας ότι θα παράγει ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό, λειτουργία των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών και επιπλέον την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται από την αντλία θερμότητας.

Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε τις ενεργειακές ανάγκες ενός σχολείου στην Κρήτη, και το πώς αυτές καλύπτονται από το συνδυασμό αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκού συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους.

Θερμότητα που απαιτείται	55.000 kWh/έτος
Ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται	13.000 kWh/έτος
Συνολική ενέργεια που απαιτείται	68.000 kWh/έτος
Επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας	15.714 kWh
Σύνολο ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης της αντλίας θερμότητας	28.714 kWh
Ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος	19,14 kWp
Παρεχόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκού συστήματος	31.300 MWh/έτος
Λειτουργία της αντλίας θερμότητας	800 ώρες/έτος
Συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας	3,5
Ισχύς της αντλίας θερμότητας	29,5 kW
Κόστος της αντλίας θερμότητας	59.000 €
Συνολικό κόστος κεφαλαίου των συστημάτων ΑΠΕ	87.710 €
Κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος	28.710 €
Κόστος πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται	0
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα	28 tCO <sub>2</sub>
Κέρδος από τη χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος και αντλίας θερμότητας	1,69 €/kg CO <sub>2</sub>

**Πίνακας 6: Μεγέθη και κόστη των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αντλία θερμότητας και φωτοβολταϊκά που καλύπτουν όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός σχολικού κτιρίου στην Κρήτη, JohnVourdoubas: «CreationofZero CO<sub>2</sub> EmissionsSchoolBuildingsDuetoEnergyUseinCrete-Greece»**

Η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μεγαλύτερη στη δεύτερη περίπτωση και το κόστος κεφαλαίου των απαιτούμενων βιώσιμων πηγών ενέργειας για τα παραπάνω συστήματα είναι επίσης υψηλότερο από ότι στην πρώτη περίπτωση. Ωστόσο, το ετήσιο κόστος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που απαιτείται στη

δεύτερη περίπτωση είναι μηδενικό σε σχέση με τα 1580 €/έτος στην πρώτη περίπτωση, αν και αυτές οι τιμές θα αλλάξουν εάν ληφθούν υπόψη τα έξοδα συντήρησης και απόσβεσης, με τη ζυγαριά να γέρνει υπέρ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντί των ορυκτών καυσίμων σε σχολικά κτίρια, είναι ένα σημαντικό βήμα για την Ελλάδα, η οποία εξαρτάται ιδιαίτερα από εισαγόμενα καύσιμα. Επιπλέον, αυτό θα οδηγήσει σε οφέλη για την τοπική οικονομία, λόγω της χρήσης των τοπικών ενεργειακών πόρων και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία μπορούν να κατασκευάζονται και να συντηρούνται σε τοπικό επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο, λοιπόν, οι μαθητές και οι καθηγητές θα μάθουν για τις βιώσιμες ενεργειακές τεχνολογίες και τα περιβαλλοντικά οφέλη τους, δεδομένου ότι τα υπάρχοντα συστήματα ΑΠΕ θα λειτουργήσουν ως ένα ζωντανό εργαστήριο στα σχολικά κτίρια.

#### **4.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας**

Για να επιτύχουμε τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα σχολικό κτίριο, θα πρέπει αρχικά να αναλογιστούμε την ποσότητα της ενέργειας που χρειάζεται το συγκεκριμένο κτίριο, με γνώμονα την ανεπιτήδευτη συμπεριφορά των μαθητών όσον αφορά τη χρήση της ενέργειας.

Η θερμική ενέργεια είναι η κύρια κατανάλωση σε όλα τα είδη των σχολείων. Το σύστημα θέρμανσης στα περισσότερα σχολεία είναι παραδοσιακό, χωρίς σύστημα ελέγχου για τις παροχές και χωρίς θερμικό έλεγχο των κατηγοριών, στις περισσότερες περιπτώσεις με καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Η χρήση των κτιριακών όγκων ενός σχολείου προκαλεί καταστάσεις όπου χώροι μπορεί να είναι γεμάτοι σε συγκεκριμένες ώρες και εντελώς άδειοι σε άλλες, γι' αυτό οι χώροι θα πρέπει να θερμαίνονται ανάλογα με τη χρήση τους. Ένα σχολικό κτίριο χαρακτηρίζεται από μια ιδιότυπη χρήση, δηλαδή, ημερήσιες και εβδομαδιαίες ώρες απασχόλησης, διαφορετικές χρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας και διαφορετικές χρήσεις των όγκων (αίθουσες διδασκαλίας, τουαλέτες, γραφεία, εργαστήρια, αίθουσες γυμναστικής). Το πρόβλημα της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας στα σχολικά κτίρια είναι στενά συνδεδεμένο με τη σωστή διαχείριση των εγκαταστάσεων και την ειδική συντήρηση. Αυτά τα δύο σημεία είναι σημαντικά για να εξασφαλιστεί η περιβαλλοντική άνεση με το υψηλότερο επίπεδο της ενεργειακής απόδοσης και την οικονομική άνεση. Η ορθολογική χρήση της ενέργειας στον τομέα των σχολικών κτιρίων σχετίζεται με πολλούς παράγοντες, όπως η δομή του κτιρίου,

φωτισμός, τεχνολογικές χρήσεις, συστήματα θέρμανσης, πυκνότητα κατάληψη των σχολικών δομών.

Για αρχή, ένας μεγάλος παράγοντας κατανάλωσης ενέργειας είναι η κατασκευή ενός κτιρίου. Ένα στοιχείο που αφορά την κατασκευή του κτιρίου είναι η μόνωση που θα πρέπει να έχει ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του σταθερή όσο αυτό είναι δυνατό. Ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να απομονώσουμε όσο το δυνατόν το εσωτερικό του κτιρίου μας από το περιβάλλον είναι τοποθετώντας πόρτες οι οποίες θα ανοιγοκλείνουν αυτόματα με φωτοκύτταρο στις κύριες εισόδους του σχολικού κτιρίου.

Ένας τρόπος για να εξασφαλιστεί χαμηλότερη κατανάλωση σε ένα σχολικό κτίριο κατά τη σχεδίαση της κατασκευής του, είναι το σχήμα του. Τα σχολικά κτίρια με ευθύγραμμο σχήμα έχει αποδειχτεί ότι καταναλώνουν περισσότερο από κτίρια σχήματος Γ, και ακόμη περισσότερο από κτίρια σχήματος Π ή τετραγώνου τα οποία καταναλώνουν υποπολλαπλάσια ενέργεια, κυρίως για θέρμανση.

Επιπλέον, ο προσανατολισμός του κτιρίου παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο για την εξοικονόμηση ενέργειας, δηλαδή τα σχολεία των βόρειων ή ορεινών περιοχών καλό είναι να έχουν νότιο προσανατολισμό ώστε να επιδιώκεται έντονος ηλιασμός των αιθουσών τις πρωινές ειδικά ώρες, ενώ ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός θα πρέπει να αποφεύγονται.

Ο σωστός ηλιασμός των κτιρίων αποτελεί ένα από τα βασικά ζητήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καθώς η ρύθμιση της ηλιακής ενέργειας μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού των κατασκευών, μπορεί να συμβάλλει στη διασφάλιση αποδεκτών εσωκλιματικών συνθηκών και στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας. Η προστασία των εσωτερικών χώρων από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία με κατάλληλη εξωτερική σκίαση των διαφανών στοιχείων του κτιρίου, μπορεί να μειώσει το φορτίο ψύξης κατά 30%. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση κινητών ή σταθερών σκιάστρων, προβόλων, υπόστεγων, ειδικών κρυστάλλων, μεμβρανών επί των κρυστάλλων για σκίαση ή ακόμη και δέντρων. Εάν το κτίριο είναι κατασκευασμένο ώστε να είναι προσβάσιμο το φως του ήλιου έως και τις απογευματινές ώρες, τότε ο φωτισμός θα είναι λιγότερο αναγκαίος. Τα μεγάλα σκιαζόμενα παράθυρα με διπλά τζάμια, οι φεγγίτες, τα υαλότουβλα, τα ανοίγματα στις οροφές και άλλα, είναι καλές λύσεις και για φωτισμό του εσωτερικού με ελεγχόμενο τρόπο, ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή.

Επίσης, ο φυσικός αερισμός ενός σχολικού κτιρίου είναι και αυτός ένας παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη και λειτουργεί με την απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο όταν δεν είναι επιθυμητή. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να επιτευχθεί με διαμπερή αερισμό, με ηλιακή καμινάδα (ο εγκλωβισμένος αέρας εντός υπερθερμαίνεται έναντι στον εξωτερικό), με κατακόρυφα φρεάτια και ανοιχτά κλιμακοστάσια, με πύργο ψύξης (οδηγεί τον εξωτερικό αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου) και με το φαινόμενο του ελκυσμού (έξοδος του θερμότερου αέρα από το υψηλότερο τμήμα ενός δωματίου).



Παράδειγμα σχολείου στην Ελλάδα το οποίο καταναλώνει λιγότερο και συνάδει με τα περιβαλλοντικά πρότυπα είναι το 4<sup>ο</sup> νηπιαγωγείο Παλαιού Φαλήρου. Σε αυτό το σχολείο, έχουν τοποθετηθεί φωτοβολταϊκά πλαίσια στη στέγη και η περίσσεια ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από αυτά αποθηκεύεται σε συσσωρευτές και διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ. Έπειτα διαθέτουν αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα για αναβάθμιση και καθαρισμό του αέρα στις σχολικές τάξεις, ειδικούς αυτοματισμούς ώστε ο φωτισμός να μειώνεται ή να αυξάνεται ανάλογα με την εξωτερική ηλιοφάνεια και τα φώτα να αναβοσβήνουν αυτόματα με φωτοκύτταρα, ενώ το κτίριο θερμαίνεται με φυσικό αέριο. Ο σχεδιασμός των σχολείων αυτών στηρίζεται στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, καθώς παράγουν μόνα τους ενέργεια και προστατεύουν το περιβάλλον. Για τις καινοτόμες βιοκλιματικές δράσεις που έχουν εφαρμοστεί στο συγκεκριμένο σχολείο, το 70% της στέγης του καλύπτεται με γκαζόν. Στη μεσημβρινή πλευρά του κτιρίου υπάρχει ένας χώρος με τζάμι που συσσωρεύει ενέργεια, η οποία επικοινωνεί με την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, όπου ενώ τα παιδιά βγαίνουν διάλειμμα, η αίθουσα αυτή θερμαίνεται μέσω της ενέργειας του ήλιου. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφαλίζουν οι βιοκλιματικές αυτές δράσεις, τα σχολεία αυτά θα συμβάλουν καταλυτικά στον περιορισμό των εκπομπών αερίων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα.

Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει από την εφαρμογή ενός προγράμματος διαχείρισης ενέργειας κυμαίνεται συνήθως από 2 έως 31% και η αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από 7 έως 40%, με χρόνο απόσβεσης 8 έτη. Τα υψηλότερα σε πολυπλοκότητα σενάρια, μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας έως 70% και σε μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> έως 83%, με χρόνο απόσβεσης 10,5 έτη για μεσαία σενάρια και 13 έτη για πιο φιλόδοξα σενάρια. Όπως είναι αναμενόμενο, τα φιλόδοξα σενάρια έχουν μεγαλύτερο οικονομικό όφελος, αλλά και φυσικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα σχολεία δεν σημαίνει ότι θέτει σε κίνδυνο την άνεση του προσωπικού και των μαθητών. Σε πολλές περιπτώσεις, η εφαρμογή ορισμένων απλών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, στην πραγματικότητα, βελτιώνει τις συνθήκες, καθώς και την εξοικονόμηση χρημάτων. Και οι δύο αυτοί λόγοι ώθησαν σχολεία να αξιοποιήσουν στο έπακρο τους πόρους τους, ενώ παρείχαν μια σταθερή εκπαίδευση για τους μαθητές. Εκτός από τα οικονομικά οφέλη, υπάρχουν κοινωνικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, όπως η διατήρηση ορυκτών καυσίμων και η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι οι μαθητές, οι εκπαιδευτικοί και οι γονείς έχουν όλο και μεγαλύτερη επίγνωση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για να γίνει ενεργειακά αποδοτικό ένα σχολείο, παρέχουν μια εξαιρετική ευκαιρία για την πρακτική εκμάθηση και την εφαρμογή της πραγματικής ζωής στους μαθητές.

#### 4.4.1 Μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης

Η κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία είναι ένα θέμα το οποίο πρέπει να διαχειριστεί από τους διδάσκοντες του εκάστοτε σχολείου, καθώς τα παιδιά εάν δεν έχουν περιβαλλοντική εκπαίδευση δεν είναι σε θέση να σκεφτούν την κατανάλωση ενέργειας ή την επιβάρυνση από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, γι' αυτό και τα σχολεία θα πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα, ώστε να καταναλώνουν λιγότερο.

Ένα από τα ζητούμενα στη βιοκλιματική κατά το σχεδιασμό των κτιρίων, αποτελεί η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας, ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσει δραστικά την άσκοπη χρήση του τεχνητού φωτισμού τις ηλιόλουστες ώρες της ημέρας, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικό ποσό από την ενέργεια που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη η ύπαρξη ανοιγμάτων, μεγάλων παραθύρων, τοίχων από υαλότουβλα, υπερυψωμένης οροφής του διαδρόμου, λύσεις οι οποίες προσφέρουν φωτισμό με φυσικό τρόπο από τον ήλιο, μιας και τα σχολεία είναι κτίρια που λειτουργούν στην πλειοψηφία τους πρωινές και μεσημβρινές ώρες.

Για μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για ψύξη, μπορεί να γίνει χρήση ανεμιστήρων οροφής (εγκατεστημένοι σε γραφεία διοίκησης, αίθουσες διδασκαλίας, μεγάλες περιοχές συγκέντρωσης και διαδρόμους), οι οποίοι σε συνδυασμό με την κατάλληλη σκίαση του κτιρίου, εξαλείφουν ουσιαστικά την ανάγκη για κλιματισμό, κάτω από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες στις περισσότερες πόλεις. Σύμφωνα με άρθρο του Μ. Σανταμούρη, η μέση ετήσια κατανάλωση για ψύξη μπορεί να μειωθεί από 27,6 kWh/m<sup>2</sup> σε 14 kWh/m<sup>2</sup>, επιτυγχάνοντας μείωση της τάξεως του 97%. Επίσης, μπορεί να μειωθεί κατά 50% με χρήση τεχνικών νυχτερινού αερισμού, και στο ποσοστό του 30% από την κατάλληλη σκίαση του κτιρίου.

Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για φωτισμό, η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι κατά μέσο όρο 16 kWh/m<sup>2</sup>. Με βελτιωμένους λαμπτήρες φθορίζοντος φωτός, με έξοδο των 80lm/W, η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι 10,8 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή έχουμε μείωση 30,7%. Με μετάλλου-αλογονιδίου (117 lm/W), η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι ίση με 8,6 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή μείωση 45%. Ενώ, με βελτιωμένα φωτιστικά αυξημένης ανακλαστικότητας, μπορεί να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων έως 100 lm/W, με μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας να είναι ίση με 9,5 kWh/m<sup>2</sup>, επιτυγχάνοντας μείωση 39%.

Επίσης, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι τηλεοράσεις θα πρέπει να απενεργοποιούνται, διότι εάν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής η ηλεκτρική κατανάλωσή τους είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από ότι σε λειτουργία. Πράγμα που θεωρείται άξιο προσοχής, καθώς η εγκατεστημένη ισχύς σε εξαιρετικά μηχανογραφημένους χώρους μπορεί να φτάσει τα 100 W/m<sup>2</sup>. Η αυξημένη κατανάλωση, μπορεί επίσης να αποδοθεί και σε υπερβολική χρήση του εξωτερικού φωτισμού, στην εκτεταμένη χρήση λαμπτήρων πυρακτώσεως και στη χρήση κλιματιστικού σε χώρους που δεν είναι απαραίτητη συνεχώς η ψύξη ή η θέρμανση (αποθήκες, αίθουσες πολλαπλών χρήσεων, υπόγεια). Τέλος, θα πρέπει ο φωτισμός του κτιρίου σε όλο το σύνολό του να λειτουργεί με αυτοματισμό, ώστε να μην ξεχνιούνται αναμμένα φώτα και να λειτουργούν σε ευρέως χρησιμοποιούμενους χώρους, όπως για παράδειγμα στις τουαλέτες, μόνο όταν ο εκάστοτε χώρος χρησιμοποιείται.

#### **4.4.2 Μόνωση κτιριακών υποδομών**

Ένας θα λέγαμε έξυπνος τρόπος να ελαττώσουμε την ενέργεια την οποία καταναλώνει ένα κτίριο χωρίς απαραίτητα να μειώσουμε τις δραστηριότητές μας σε αυτό, άσκοπες και μη, είναι να εξασφαλίσουμε τη μόνωσή του. Το διαχωρισμό δηλαδή του εσωτερικού του από την ατμόσφαιρα του περιβάλλοντος εξωτερικά, διατηρώντας τη θερμοκρασία μέσα στο κτήριο τις κρύες ημέρες του χειμώνα αλλά και τις θερμές του καλοκαιριού για τις οποίες σπαταλάται μεγάλος όγκος ενέργειας. Έτσι η χρήση ορυκτών καυσίμων όπως είναι το πετρέλαιο για την θέρμανση των χώρων μειώνεται αλλά και η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη των χώρων μπορεί επίσης να περιοριστεί.

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν ένα υγιές περιβάλλον και διαμορφώνουν την κατανάλωση ενέργειας, είναι οι αλλαγές του αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία, η μέση θερμοκρασία των τοιχωμάτων και το επίπεδο του φωτισμού. Το πρώτο και απαραίτητο στάδιο της διαγνωστικής διαδικασίας για την ενεργειακή επιθεώρηση των σχολικών κτιρίων, είναι η ανάλυση του κτιρίου και η ανάλυση των θερμικών και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Για να αναλυθεί ένα κτίριο, σημαίνει να εξετάσει προσεκτικά τη δομική τυπολογία του, προκειμένου να εντοπίσει πιθανές ατέλειες στην θερμομόνωση και τα θερμικά-υγρομετρικά χαρακτηριστικά των εξωτερικών επιφανειών.

Η σημασία της θερμικής άνεσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας απόδοσης των μαθητών στα σχολεία. Εκτός αυτού, η σωστή μόνωση συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και κατ' επέκταση στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Κάθε κτίριο αποτελεί ένα κέλυφος, μέσω του

οποίου μπορούν να διέρχονται ποσά θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό και αντίστροφα με ροή που εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η μόνωση μπορεί να γίνει με άμεσο τρόπο εσωτερικά και εξωτερικά με κοινά μονωτικά υλικά ή οικολογικά σε τοίχους και οροφή, ή με έμμεσο τρόπο με διπλούς τοίχους με κενό, πατώματα με κενό και διπλά τζάμια με κενό. Σημαντικό ρόλο κατέχει και η στεγάνωση, καθώς η μη ύπαρξή της μπορεί να εξουδετερώσει τη θερμομονωτική ικανότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση.

Όσον αφορά τη θερμική συμπεριφορά των σχολικών μονάδων στη Ελλάδα, παρατηρήθηκε κακή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος στην πλειοψηφία τους, πράγμα το οποίο δείχνει κυρίως απουσία θερμικής μόνωσης, έλλειψη συντήρησης και ανεπάρκεια του συστήματος ελέγχου θέρμανσης και φωτισμού. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων και του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας, ο αριθμός των σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα είναι 14446, εκ των οποίων το 38% είναι νηπιαγωγεία, το 37% δημοτικά, το 13% γυμνάσια, το 9% ΓΕΛ και το 3% ΕΠΑΛ. Η συνολική έκταση των σχολικών κτιρίων είναι 10772913 τετραγωνικά μέτρα. Η μέση ηλικία των κτιρίων είναι 36,5 χρόνια και στην πλειοψηφία τους κατασκευάστηκαν πριν το 1964. Κατά συνέπεια, τα κτίρια αυτά δεν είναι θερμικά μονωμένα, δεδομένου ότι ο ελληνικός κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων τέθηκε σε ισχύ το 1979. Από την άλλη όμως, ένα ποσοστό της τάξης του 42% των σχολικών κτιρίων κατασκευάστηκε μετά το 1985, με την πλειοψηφία των νηπιαγωγείων να είναι κάτω των 20 ετών, μιας και σχετικά πρόσφατα έγινε υποχρεωτική. Πιο συγκεκριμένα, το περίβλημα ενός σχολικού κτιρίου στην Ελλάδα είναι σε καλή κατάσταση στο ποσοστό του 54%, ενώ τα κουφώματα που βρίσκονται σε καλή κατάσταση ανήκουν στο ποσοστό του 42% μόλις. Τα ανεπαρκώς μονωμένα κτίρια ανήκουν στο ανησυχητικό ποσοστό του 25%, με τα ΕΠΑΛ να αγγίζουν το 34% (κτίρια που στην πλειοψηφία τους είναι πρόσφατα κατασκευασμένα). Παράλληλα, το 51% των κτιρίων εμφανίζει ικανοποιητικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικού συστήματος. Η πλειοψηφία των σχολικών κτιρίων δεν έχει επαρκή μόνωση στα κουφώματα, καθώς μόλις το 23% διαθέτουν διπλά τζάμια, με τις ανάλογες επιπτώσεις στη θερμομόνωση και υψηλότερες καταναλώσεις.

Οι βελτιώσεις στη θερμική μόνωση έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου. Στην περίπτωση μόνωσης του σκελετού του κτιρίου, επιτυγχάνεται μείωση της τάξης του 13%, ενώ με την αύξηση του πάχους μόνωσης των τοίχων έχουμε μείωση της κατανάλωσης έως 6%. Έπειτα, με την αύξηση της αεροστεγανότητας μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης 6%, με ελεγχόμενη κινητή σκίαση 2% και με την αναβάθμιση των κουφωμάτων 1,5%. Κατ' επέκταση ο συνδυασμός των παραπάνω μπορεί να δώσει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 28,5%.

Τα αποδοτικότερα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση είναι η θερμομόνωση, και για ψύξη ο νυχτερινός αερισμός και η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής. Τέλος, μεγάλη αποτελεσματικότητα μόνωσης έχει η αντικατάσταση απλών

τζαμιών με διπλά τζάμια στα παράθυρα, κάτι που αντιπροσωπεύει μια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 40%.

## **5. Νοσοκομεία**

## 5.1 Κατανάλωση ενέργειας

Τα κτίρια υγειονομικής περίθαλψης, όπως νοσοκομεία, κλινικές και κέντρα υγείας, αντιπροσωπεύουν το χαμηλότερο ποσοστό του 0,05%, του συνολικού κτιριακού αποθέματος της Ελλάδας, ενώ έχουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ανά επιφάνεια μονάδας σε σύγκριση με τις άλλες βασικές κατηγορίες κτιρίων. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας οφείλεται στην υψηλή χρήση του ιατρικού εξοπλισμού, στην υψηλή θέρμανση, στην ψύξη και τον εξαερισμό, σε συνεχή 24ωρη λειτουργία για την πλειοψηφία των εγκαταστάσεων. Κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών, σχεδόν όλα τα κτίρια έχουν εξοπλιστεί με κάποιο είδος εναλλασσόμενου ρεύματος, αυξάνοντας έτσι περαιτέρω την ενεργειακή τους κατανάλωση.

Τα νοσοκομεία είναι από τα πιο ενεργοβόρα, όπως είπαμε, κτίρια και η πλειοψηφία τους καταναλώνει μεταξύ των 200 και 400 KWh/m<sup>2</sup> το χρόνο. Διάφορες εκτιμήσεις σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία, δίνουν τιμές 407 με 410 KWh/m<sup>2</sup> το χρόνο. Επιπλέον εκτιμήσεις για την κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία ποικίλλουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη που βρίσκεται το νοσοκομείο. Οι κύριες πηγές ενέργειας που καταναλώνονται στα νοσοκομεία είναι πετρέλαιο θέρμανσης και φυσικό αέριο για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό, κλιματισμό και λειτουργία διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Η κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία συναντάται σε διάφορους τομείς κατανάλωσης, όπως η θέρμανση χώρου, η ψύξη χώρου, η παραγωγή ζεστού νερού, ο φωτισμός και η λειτουργία διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών και συσκευών. Η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα νοσοκομείο ανά τομέα κατανάλωσης, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Τομέας	Κατανάλωση ενέργειας (1)	Κατανάλωση ενέργειας (2)
Φωτισμός	14%	12,80%
Θέρμανση	34%	13,80%
Άλλες χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας	38%	73,40%
Άλλες χρήσεις θερμότητας	14%	

**Πίνακας 7: (1): Τυπική κατανομή της χρήσης ενέργειας σε νοσοκομείο καλής πρακτικής με 500 κλίνες, (2): Κατανομή ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης σε ελληνικά νοσοκομεία, JohnVourdoubas: «Creationofzero CO2 EmissionsHospitalsDuetoEnergyUseACaseStudyinCrete-Greece»**

Σύμφωνα με αυτή την τυπική κατανομή της χρήσης ενέργειας σε ένα νοσοκομείο με 500 κρεβάτια, χρησιμοποιούνται τα ορυκτά καύσιμα με σκοπό τη θέρμανση σε ποσοστό 34%, τα ορυκτά καύσιμα για βασικό φορτίο 14%, για φωτισμό 14% και για ηλεκτρική ενέργεια 38%.

Η κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης σε ένα τυπικό ελληνικό νοσοκομείο είναι: για ψύξη 3 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως, για θέρμανση 299 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως, για φωτισμό 52 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως, για εξοπλισμό 53 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως, άρα συνολικά 407 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως. Διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση ενέργειας ποικίλλει ανάλογα με την κλιματική ζώνη από 270 KWh/m<sup>2</sup> έτη (νότια) έως 438 KWh/m<sup>2</sup> έτη (βόρεια). Η μέση κατανάλωση ήταν 370 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως, και συγκεκριμένα 290 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως για θέρμανση και 80 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως για ηλεκτρική ενέργεια. Οπότε, η κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία κυμαίνεται μεταξύ 250 και 1000 KWh/m<sup>2</sup> και μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 20-44%. Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία εκτιμάται σε 300 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις 110 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως. Για παράδειγμα, στην Πολωνία κατά την περίοδο 2003-2008, η κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλα νοσοκομεία με πάνω από 600 κλίνες κυμάνθηκε μεταξύ 250-333 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως.

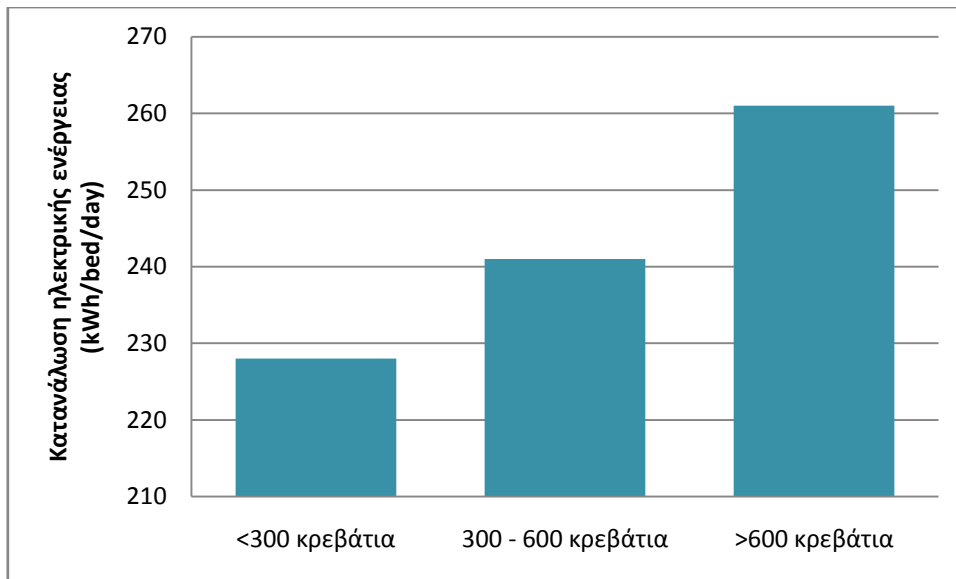
Τα ορυκτά καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αν και δεν υπάρχουν σήμερα πάρα πολλές περιπτώσεις που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Η εφαρμογή διαφόρων απλών και ανέξοδων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, μπορεί να εξοικονομήσει έως και 10% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας, ενώ η χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι καταναλώσεις ενέργειας σε κάθε περίπτωση χρήσης ενέργειας, για ένα νοσοκομείο στην Κρήτη με 300 κλίνες και έκταση 15000 m<sup>2</sup>.

Ειδική ετήσια κατανάλωση ενέργειας	366 KWh/m <sup>2</sup>
Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας	5490 MWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	2306 MWh
Ενέργεια για παραγωγή ζεστού νερού	1208 MWh
Ενέργεια για θέρμανση και άλλες χρήσεις θερμότητας	1976 MWh

**Πίνακας 8: Κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη χρήση της σε νοσοκομείο 300 κρεβατιών στην Κρήτη, JohnVourdoubas: «Creationofzero CO2 EmissionsHospitalsDuetoEnergyUseACaseStudyinCrete-Greece»**

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία χρησιμοποιείται για φωτισμό, για ψύξη χώρων και για τη λειτουργία διαφόρων ειδών εξοπλισμού και μηχανημάτων (αντλιών, βαλβίδων, ανελκυστήρες, οι συσκευές αερισμού, ψυγεία, χειρουργικά εργαλεία και εξοπλισμό κλπ) ενός νοσοκομείου, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, μετρημένη σε kWhανά κρεβάτι ανά ημέρα, ανάλογα με το μέγεθος του νοσοκομείου, σε κλίνες.



**Σχήμα 15:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κατηγορίες για νοσοκομεία με λιγότερα από 300 κρεβάτια, σε νοσοκομεία με 300 έως 600 κρεβάτια και σε νοσοκομεία με περισσότερα από 600 κρεβάτια μετρημένη σε kWh ημερησίως ανά κρεβάτι

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα μεγάλα νοσοκομεία καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια, άρα παράγουν περισσότερες αέριες εκπομπές από τα μικρά, θεωρώντας σαν μονάδα μέτρησης την κλίνη, δηλαδή θέτοντας σαν μέσο όρο τα 50m<sup>2</sup>/κλίνη.

Αναλυτικότερα, σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε νοσοκομείο, διαπιστώθηκε ότι ο φωτισμός καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας (36,3%), ακολουθούμενος από τον βιοϊατρικό εξοπλισμό (34,5%), τον εξοπλισμό γραφείου (8,9%), τον μηχανοκίνητο εξοπλισμό, όπως ηλεκτρικά κρεβάτιατων ασθενών (8,7%), τις συσκευές επικοινωνίας (4,1%), τους ανεμιστήρες οροφής (3,45%), τα ψυγεία (2,2%) και τον υπόλοιποεξοπλισμό, όπως τηλεοράσεις (2,1%), ηλεκτρικές συσκευές (1,2%), ηλεκτρικές θύρες (0,9%) και αντλίες (0,6%). Ο φωτισμός και ο βιοϊατρικός εξοπλισμός καταναλώνουν ένα σημαντικό κλάσμα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, οπότε είναι επιτακτική ανάγκη, για τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, η βελτίωση της αποδοτικότητας των συσκευών του νοσοκομείου. Ωστόσο, υψηλότερη προτεραιότητα δίνεται στη θεραπεία των ασθενών για τους ιατρούς, ενώστην ενεργειακή απόδοση δίνεται χαμηλή προτεραιότητα. Ως εκ τούτου, είναι πιο πρακτικό να στοχεύσουν στο μηχανοκίνητο εξοπλισμό για βελτίωση της αποδοτικότητας, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας του εξοπλισμού αυτού να μπορεί να μειωθεί.

## 5.2 Εκπομπές αέριων ρύπων



Για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, πρωτίστως, θα πρέπει να μειώσουμε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι και ο κύριος λόγος για την απελευθέρωση των αέριων αυτών ρύπων.

Η χρήση των διαφόρων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προκειμένου να καλύψουν όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός νοσοκομείου, οδηγεί σε περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της ελάττωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Προκειμένου να εκτιμηθούν αυτές οι εξοικονομήσεις εκπομπών CO<sub>2</sub>, θα υποθέσουμε ότι το νοσοκομείο χρησιμοποιεί συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια (που παράγεται από ορυκτά καύσιμα) και το πετρέλαιο θέρμανσης, ώστε να καλύπτει όλες τις ανάγκες του.

Παρακάτω, βλέπουμε ένα πίνακα στον οποίο αναγράφονται οι ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> για ηλεκτρική ενέργεια και πετρέλαιο θέρμανσης αντίστοιχα, σε τόνους CO<sub>2</sub> και επίσης, τις ετήσιες καταναλώσεις της κάθε περίπτωσης σε MWh για νοσοκομείο της Κρήτης.

Καύσιμο	Ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> (τόνοι CO <sub>2</sub> )	Ετήσια κατανάλωση (MWh)
Ηλεκτρική ενέργεια (για τη λειτουργία των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών και μηχανημάτων)	2281	2306
Πετρέλαιο θέρμανσης (για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, άλλες χρήσεις θερμότητας)	975	3184
Σύνολο	3256	5490
Σύνολο ανά κλίνη	10,9	18,3

**Πίνακας9: ΕτήσιεςεκπομπέςCO<sub>2</sub> (τόνοι CO<sub>2</sub>) καιετήσιακατανάλωση (MWh) γιανοσοκομείοστηνΚρήτη, John Vourdoubas: «Creation of zero CO<sub>2</sub> Emissions Hospitals Due to Energy Use A Case Study in Crete-Greece»**

Στον παραπάνω πίνακα, λαμβάνουμε υπόψη ότι συντελεστής εκπομπών για την ηλεκτρική ενέργεια είναι 0,989 kg CO<sub>2</sub>/kWh, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από το πετρέλαιο θέρμανσης είναι 3,2 kg CO<sub>2</sub>/kg και η καθαρή αξία για θέρμανση με καύση πετρελαίου θέρμανσης είναι 9000 kcal/kg (10,45 kWh/kg).

Έπειτα, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία οχήματα θα πρέπει να βασίζονται σε βιοκαύσιμα, ούτως ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>. Ως εκ τούτου, τα νοσοκομεία μπορούν να παράγουν θερμότητα χρησιμοποιώντας ηλιακή θερμική ενέργεια και ψύξη χρησιμοποιώντας επίγειας πηγής αντλίες θερμότητας(χαμηλής ενθαλπίας γεωθερμική ενέργεια). Επίσης, θα παράγεται ηλεκτρισμός μέσω φωτοβολταϊκών πλαισίων τα οποία θα τροφοδοτούν το ηλεκτρικό δίκτυο δίνοντας ενέργεια ίση με την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το αυτό. Άρα, με αυτούς τους τρόπους μπορούμε να προσεγγίσουμε

τη θεωρία των μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και να κάνουμε ένα βήμα στην προσέγγισή της από τον κτιριακό τομέα συνολικά.

Παράδειγμα αποτελεί ένα νοσοκομείο της Αυστραλίας με 104 κρεβάτια, το οποίο μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 20% (μια ετήσια μείωση εκπομπών άνθρακα ίση με την απομάκρυνση 600 αυτοκινήτων από το δρόμο) μέσα σε δύο χρόνια αφού έκανε τις περικοπές που είναι απαραίτητες για τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, με τη βελτίωση του φωτισμού και κλιματισμού του συστήματος, καθώς και με την αναβάθμιση του μηχανογραφικού συστήματος διαχείρισης, το οποίο παρακολουθεί και ελέγχει την οικοδόμηση λειτουργιών, όπως ο κλιματισμός, τα ιατρικά αέρια, η θέρμανση νερού και η παραγωγή ατμού.

Άλλο παράδειγμα νοσοκομείου, βρίσκουμε στη Γερμανία το οποίο έχει εφαρμόσει μια σειρά μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, που επέτρεψαν να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά περισσότερο από 25% με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών τεχνολογίας CHP που έχουν 75% αποδοτικότητα (έναντι 35% απόδοση των συμβατικών γεννητριών) και με θερμική μόνωση στα παράθυρα όλου του κτιρίου.

### **5.3 Μελέτη εφαρμογών ΑΠΕ**

Για τη δημιουργία των νοσοκομείων με μηδενικές εκπομπές, λόγω της χρήσης ενέργειας, θα πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα δύο κριτήρια. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να αντισταθμίζεται από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σε μια τέτοια περίπτωση, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που οφείλονται στην άμεση χρήση ενέργειας στο νοσοκομείο θα είναι μηδενικές.

Η προώθηση κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλών εκπομπών CO<sub>2</sub> βρίσκεται στον πυρήνα των σημερινών ενεργειακών πολιτικών της ΕΕ. Παρόλο που τα ενεργειακά συστήματα του νοσοκομείου είναι πολύ περίπλοκα χρησιμοποιώντας συμβατικά καύσιμα, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολύ σημαντική. Οι πρόσφατες εξελίξεις στις διάφορες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αυξήσει την αξιοπιστία τους και η αποτελεσματικότητα του κόστους τους επιτρέπει την ευρεία εφαρμογή τους σε νέους τομείς.

Τα νοσοκομεία, γενικά, είναι υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτίρια που χρησιμοποιούν κυρίως συμβατικές πηγές ενέργειας όπως η ηλεκτρική ενέργεια, το πετρέλαιο θέρμανσης και το φυσικό αέριο λίγο πιο πρόσφατα. Όμως οι ανανεώσιμες ενεργειακές τεχνολογίες επιτρέπουν τη χρήση τους, προκειμένου να

καλυφθούν όλες οι ενεργειακές απαιτήσεις των νοσοκομείων με μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>, λόγω χρήσης αυτών των τεχνολογιών. Παρά το γεγονός ότι πολλά νοσοκομεία προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, προκειμένου να μειώσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση, δεν υπάρχουν σήμερα πολλές εφαρμογές των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα σε αυτά. Η ηλιακή ενέργεια, η στερεά βιομάζα και χαμηλής ενθαλπίας γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμα στην περιοχή της Μεσογείου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θερμότητα και ηλεκτρική ψύξη στα νοσοκομεία. Μια μελέτη περίπτωσης για ένα νοσοκομείο 300 κλινών στην Κρήτη, έχει δείξει ότι η ηλιακή θερμική ενέργεια, η ηλιακή και στερεά βιομάζα μπορούν να καλύψουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες του με μηδενισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Από απαραίτητες επενδύσεις από τις προαναφερθείσες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει υπολογιστεί εξοικονόμηση 7434€ ανά κλίνη και εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 10,9 τόνους CO<sub>2</sub> ανά κλίνη ετησίως. Οι αναγκαίες επενδύσεις σε αυτή την περίπτωση είναι ελαφρώς υψηλότερες από ότι στο παρελθόν, δηλαδή μιλάμε για το ποσό των 8679 € ανά κρεβάτι. Στην παρούσα φάση, απαιτούνται περαιτέρω εργασίες για την εκτίμηση της καθαρής παρούσας αξίας των επενδύσεων αυτών και για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντί των ορυκτών καυσίμων στα νοσοκομεία.

### 5.3.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στέγης και αντλίας θερμότητας

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, η απότομη μείωση των τιμών στα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχει οδηγήσει σε αυξανόμενη χρήση τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως σε διασυνδεδεμένα συστήματα. Ο συνδυασμός αυτής με τη γεωθερμία αποτελεί μία καλή λύση για την επιθυμητή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας συμβατικών πηγών.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα μεγέθη διαφόρων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και συγκεκριμένα της γεωθερμίας με αντλία θερμότητας και της ηλιακής με φωτοβολταϊκά πλαίσια στέγης, τα οποία μπορούν να καλύψουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες του νοσοκομείου, και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ενός τέτοιου σχεδίου σε νοσοκομείο της Κρήτης.

Ενεργειακό σύστημα	Μέγεθος	Παραγωγή ενέργειας (MWh)
--------------------	---------	--------------------------

Περιοχή που καταλαμβάνουν οι επίπεδοι συλλέκτες	503 m <sup>2</sup>	906
Ισχύς της αντλίας θερμότητας	172 KW	2624
Ονομαστική ισχύς του ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος	1807 KW	2710
Σύνολο	-	6240

**Πίνακας 10: Παραγωγή ισχύος (kW) και ενέργειας (MWh) από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ και αντλίας θερμότητας, JohnVourdoubas: «Creationofzero CO2 EmissionsHospitalsDuetoEnergyUse A CaseStudyinCrete-Greece»**

Βλέπουμε λοιπόν, ότι από το σύνολο παραγωγής ενέργειας καλύπτεται επαρκώς η ενεργειακή κατανάλωση ενός νοσοκομείου.

Στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε τα κόστη για τη χρήση των συμβατικών καυσίμων ετησίως έναντι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και το κεφάλαιο για την τοποθέτηση των ανανεώσιμων αυτών πηγών ανά κατηγορία.

Ενεργειακό σύστημα	Κόστος κεφαλαίου με χρήση ηλιακής ενέργειας και γεωθερμικής ενέργειας με αντλίες θερμότητας (€)	Χρήση της ηλιακής ενέργειας και η γεωθερμική ενέργεια (€ ετησίως)	Χρήση των συμβατικών καυσίμων (€ ετησίως)
Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας	-	-	576500
Πετρέλαιο θέρμανσης	-	-	304689
Ηλιακή θερμική	125750	-	-
Ηλιακή φωτοβολταϊκή	2168400	-	-
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	309600	-	-
Σύνολο	2603750	0	881189
Σύνολο ανά κλίνη	8679	0	2937

**Πίνακας 11: Κεφαλαιουχικό κόστος και κόστος χρήσης των διαφόρων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία μπορεί να παράγει όλη την απαιτούμενη ενέργεια σε νοσοκομείο στην Κρήτη, JohnVourdoubas: «Creationofzero CO2 EmissionsHospitalsDuetoEnergyUse A CaseStudyinCrete-Greece»**

Για τα παραπάνω, λαμβάνουμε υπόψη το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο το οποίο είναι 0,25€/KWh και το κόστος πετρελαίου θέρμανσης που είναι περίπου 1 €/lt.

### 5.3.2 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας

Αρχικά, σε μία εγκατάσταση ανεμογεννήτριας θα πρέπει να ελέγξουμε εάν το περιβάλλον είναι κατάλληλο, δηλαδή θα πρέπει να υπάρχει ελεύθερος υπαίθριος χώρος και υψηλής ταχύτητας άνεμοι χωρίς να ανακόπτονται, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω (παράγραφος 2.3).

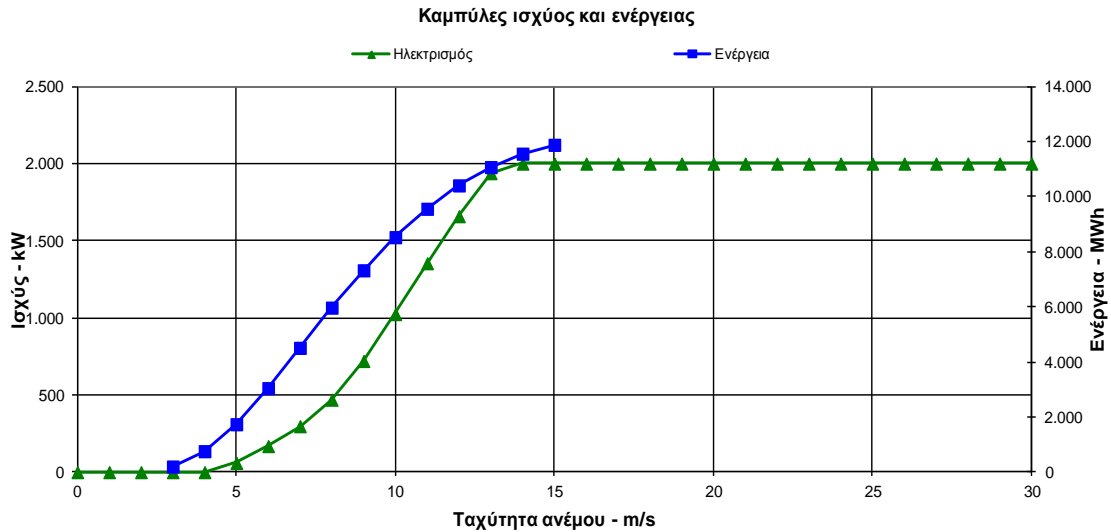
Η πραγματική αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας υπολογίζεται μέσω του συντελεστή χρησιμοποίησης (ΣΧ) ο οποίος αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο ετήσιος ΣΧ διαιρεί την ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια σε ένα χρόνο EWTyear (σε kWh) με την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά η ανεμογεννήτρια εάν λειτουργούσε στην ονομαστική της ισχύ  $P_R$  (σε kW) και για τις 8760 ώρες του έτους.

Η ισχύς μίας ανεμογεννήτριας (Ισχύς (Watt) = 0,5 x επιφάνεια x 1,23 χτρεις φορές την ταχύτητα του ανέμου) είναι ένα από τα χαρακτηριστικά για την επιλογή της σύμφωνα με τις συνθήκες της περιοχής, αλλά και το μέγεθος της ενέργειας που ζητάμε. Άρα, η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από την ταχύτητα που έχει ο άνεμος, η οποία συνδέεται άμεσα με το υψόμετρο και όχι μόνο, σε μία περιοχή και κάποια χρονική στιγμή. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό RETScreen, μπορούμε να υπολογίσουμε για τα δεδομένα μιας συγκεκριμένης περιοχής στην οποία βρίσκεται το νοσοκομείο την ενέργεια που μπορεί να παράξει μία ανεμογεννήτρια, αλλά και τα χαρακτηριστικά της. Στην περίπτωση που τοποθετούμε μία ανεμογεννήτρια ύψους 65 μέτρων, διαμέτρου πτερυγίων 71 μέτρα, με επιφάνεια σάρωσης 3959 τετραγωνικά μέτρα και ονομαστική ισχύ 2000 kW (AAERA-2000 - 65), μπορούμε να επωφεληθούμε ενέργεια 1377kWh ανά τετραγωνικό μέτρο σάρωσης ή 5452MWh τελική ενέργεια στο δίκτυο ετησίως, με ανεμολογικά δεδομένα της Νάξου (μέση ταχύτητα ανέμου στα 6,5 m/s, και ταχύτητα στο ύψος του πυλώνα της ανεμογεννήτριας 8,4m/s).

Στο παρακάτω σχήμα, βλέπουμε την καμπύλη ισχύος για την εγκατάσταση της παραπάνω ανεμογεννήτριας. Φαίνονται οι τιμές της ισχύος που μπορεί να φτάσει η ανεμογεννήτρια και η μέγιστη ενέργεια που μπορεί να δώσει, η οποία είναι δύσκολα εφικτή.



Κολοράντο, από StefanFalke



**Σχήμα 16: Καμπύλη ισχύος και ενέργειας της ανεμογεννήτριας AAER A-2000 - 65, ισχύος 2000kW, από το πρόγραμμα RETScreen**

Η καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τη μία ανεμογεννήτρια αρχίζει από 0,439 τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανά MWhή 2392,7 τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως και φτάνει έως 1,109 tCO<sub>2</sub>/MWhή 6048tCO<sub>2</sub> ετησίως, ανάλογα με το είδος του ορυκτού καυσίμου που υποκαθιστά. Οπότε, με μία τέτοια ανεμογεννήτρια μπορεί να καλυφθεί μέχρι και το 100% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ενός νοσοκομείου σε ένα ελληνικό νησί, όπως η Νάξος. Για τα δεδομένα των Χανίων (μέση ταχύτητα ανέμου στα 3,2 m/s), η ίδια ανεμογεννήτρια θα έδινε λιγότερο από 920 MWhετησίως, καλύπτοντας μόλις το 39,8% της ηλεκτρικής μόνο κατανάλωσης του αντίστοιχου νοσοκομείου και το 16,7% της συνολικής ετήσιας ενέργειας. Από αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι οι ανεμογεννήτριες δεν είναι ωφέλιμο τα τοποθετούνται σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου μικρότερη των 6 m/s, όπως επίσης και σε αστικά κέντρα (λόγω του περιορισμένου χώρου, αλλά και των μικρών ταχυτήτων ανέμου που επικρατούν).

## 5.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας

Η ενέργεια την οποία καταναλώνει ένα νοσοκομείο είναι μεγάλη λόγω του ειδικού του εξοπλισμού, αλλά και λόγω της συνεχούς έως αλόγιστης χρησιμοποίησής της από επισκέπτες και προσωπικό, λόγω του ότι το κόστος της αποτελεί δημόσια δαπάνη, χωρίς τον υπολογισμό των συνεπειών προς το περιβάλλον.

Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί στην πράξη σε ποσοστό περίπου έως 50%, παρ' όλα αυτά, ένα επιθυμητό ποσοστό βρίσκεται ανάμεσα στο 20 με 40%. Για να πραγματοποιηθεί μία τέτοια μείωση, είναι επιτακτική η εφαρμογή κάποιων παρεμβάσεων στο κτίριο. Το σύνολο των παρεμβάσεων για την ορθολογική χρήση της ενέργειας, είναι δυνατόν να επιφέρουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, μετά από μια ενεργειακή διάγνωση της δομής και της χρήσης του κτιρίου, ξεκινώντας από την ηλεκτρική και τη θερμική κατανάλωση. Οι παρεμβάσεις για την ορθολογική χρήση της ενέργειας αφορούν το ηλεκτρικό σύστημα του κτιρίου, τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος, την αντικατάσταση της χαμηλής απόδοσης του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού με φωτισμό υψηλής απόδοσης, επίσης περιλαμβάνουν παρεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης, με αξιολόγηση της γεννήτριας θερμότητας, με θερμική μόνωση των σωληνώσεων, με εγκατάσταση θερμοστατικών αξιών, με έλεγχο της εσωτερικής αποδοτικότητας θερμορύθμισης και με διαφορετικές θερμικές ρυθμίσεις για διαφορετικά εκμεταλλεούμενους χώρους. Έπειτα, είναι επιτακτικές οι παρεμβάσεις στο κτίριο, με μόνωση των εξωτερικών τοίχων, με εξωτερικά κουφώματα θερμικά αναβαθμισμένα, και τέλος με παρεμβάσεις στη διαχείριση, με βελτιστοποίηση των συμβάσεων με τους προμηθευτές και με ανάλυση κόστους-οφέλους για το βέλτιστο αποτέλεσμα εξοικονόμησης ενέργειας.

Παραδείγματος χάρι, σε ένα νοσοκομείο στην Κούβα η χρήση της ενέργειας του νοσοκομείου ήταν 80% ηλεκτρική ενέργεια, 14,5% μαζούτ και 2,6% υγραέριο. Με ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την εξοικονόμηση ενέργειας, κατάφερε να επιφέρει μείωση 21%, αφού μεταξύ των άλλων δράσεων 171 κλιματιστικά και 52 ψυγεία αντικαταστάθηκαν με πιο αποδοτικά μοντέλα, το ηλεκτρικό σύστημα και λέβητες αναβαθμίστηκαν και η κατανάλωση πετρελαίου καυσίμου μειώθηκε.

### 5.4.1 Μείωση ηλεκτρικής κατανάλωσης

Για τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε ένα νοσοκομειακό κτίριο, είναι επιτακτική ανάγκη να ληφθούν κάποια μέτρα από τη διοίκηση, τα οποία προϋποθέτουν με την εφαρμογή τους, ένα μεγάλο μέρος της επιθυμητής μείωσης να επιτευχθεί αποκλειστικά και μόνο από την κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια.

Γενικά, κάποιες εύχρηστες περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες που εξυπηρετούν αυτό το σκοπό, αποτελούν, οι συσκευές σκίασης, η χρήση του φυσικού φωτός, οι αυτόματες πόρτες για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης ψύξης ή θέρμανσης, οι ανεμιστήρες οροφής υψηλής ενεργειακής απόδοσης, το υβριδικό σύστημα εξαερισμού φωτισμού αισθητήρα κίνησης και τα φωτιστικά νερού χαμηλής ροής.

Επιπλέον, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ένα νοσοκομείο, όπως οι ηλεκτρικές συσκευές για τη λειτουργία του, αλλά και ο ιατρικός εξοπλισμός, θα πρέπει να είναι τελευταίας τεχνολογίας, και ενεργειακά αποδοτικότερος, ώστε να παρέχει τις ίδιες και καλύτερες υπηρεσίες στους πολίτες με μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την παρακολούθηση και τη διατήρηση της ενέργειας, ο σχεδιασμός ενός νοσοκομειακού κτιρίου, επίσης περιλαμβάνεται σε ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας κτιρίου, ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει ψηλά ταβάνια, μεγάλα παράθυρα, φεγγίτες (light tubes) που δημιουργούν φυσικό φως σε όλο το κτίριο. Ένα τέτοιο νοσοκομείο στην Ιταλία καταναλώνει 35% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη, και 36% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από ένα τυπικό νεόκτιστο ιταλικό νοσοκομείο.

Έπειτα, είναι επιτακτική ανάγκη η αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων του νοσοκομείου με καινούριους τεχνολογίας led (λαμπτήρες φθορισμού) οι οποίοι έχουν πολύ μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, παράγουν λιγότερη ανεπιθύμητη θερμότητα (8 έως 10 φορές περισσότερο), και στο σύνολό τους θα οδηγήσουν σε ραγδαία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Είναι μία από τις πιο εύκολες, εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων, λύσεις για άμεση μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώνονταν άσκοπα με τη χρήση των συμβατικών λαμπτήρων πυρακτώσεως ή αλογόνου.



#### 5.4.2 Μόνωση κτιριακών υποδομών

Κύριο εργαλείο για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας, αποτελεί η ισχυρή θερμική προστασία του κτιριακού εξωτερικού περιβλήματος με την εφαρμογή κατάλληλης θερμομόνωσης. Η βελτίωσή της οδηγεί σε μείωση της απώλειας και αντιστοίχως της κατανάλωσης ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, και βοηθάει στην ταχεία ανάκτηση της θερμοκρασίας του χώρου.

Ειδικότερα, το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών, λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Έπειτα, δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης και επιτυγχάνεται μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι). Και τέλος, επιτυγχάνεται η διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου.

Τα απαιτούμενα επίπεδα θερμομόνωσης σύμφωνα με τη νομοθεσία, για την Αθήνα, είναι  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  για τοίχους,  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  για την οροφή και  $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  για το δάπεδο. Αυτός ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-values), είναι υψηλότερος από το μέσο όρο για την υπόλοιπη Ευρώπη. Δηλαδή, στην Ελλάδα δαπανάται περισσότερη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο για κάθε βαθμό θερμοκρασίας που απέχει το εσωτερικό ενός κτιρίου από το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτή η διαφορά ενέργειας, καλύπτεται μερικώς λόγω του ήπιου κλίματος της χώρας μας.

Η μόνωση των νοσοκομείων, όπως και για κάθε κτίριο, θα πρέπει να είναι επαρκής, ώστε να μειώνονται στο μέγιστο οι απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου στο εσωτερικό. Πόσο μάλλον σε ένα δημόσιο κτίριο όπως το νοσοκομείο, όπου είναι συχνή η διέλευση ανθρώπων καθημερινά όλες τις ώρες.

Αναλυτικότερα, σε κάθε νοσοκομείο είναι απαραίτητη η τοποθέτηση εισόδων με φωτοκύτταρο ή ακόμα καλύτερα περιστρεφόμενων εισόδων ώστε να μην υπάρχει το ενδεχόμενο εισόδου η οποία μένει ανοιχτή. Αυτό το φαινόμενο είναι πιο έντονο τις πιο κρύες ή τις πιο ζεστές ημέρες.

Έπειτα, είναι απαραίτητη και η θερμομόνωση της οροφής, των δαπέδων και των τοίχων, η μόνωση των σωληνώσεων και η αντικατάσταση των κουφωμάτων, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι διαρροές θερμότητας. Οπότε, με την προστασία του κελύφους των νοσοκομειακών κτιρίων, είναι επόμενο να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη σε ποσοστά από 20 έως 30%.

Μία ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί για κτίρια με και χωρίς θερμική μόνωση, περιελάμβανε 180 μη μονωμένα και 58 μονωμένα κτίρια, τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά της χώρας μας, με τη μόνωση των κτιρίων να είναι υποχρεωτική μόνο από το 1979. Για μόνωση σε νοσοκομειακά κτίρια, η θερμική κατανάλωση

ενέργειας ήταν 40% λιγότερο από ότι χωρίς μόνωση των κτιρίων. Πάνω από το 88% των μονωμένων νοσοκομειακών κτιρίων έχουν μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας κάτω από 100 kWh/m<sup>2</sup>, σε σύγκριση με το 79% για τα μη μονωμένα κτίρια. Συγκεκριμένα, η χρήση παραθύρων με διπλά τζάμια, θα έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση θερμοκρασίας κατά 6,1% με περίοδο αποπληρωμής 4-7 ετών. Μία αύξηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων θερμικής παραγωγής και διανομής κατά 10%, μπορεί να οδηγήσει σε συνολική διατήρηση της θερμότητας 6%. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με τη σωστή λειτουργία και συντήρηση της μονάδας παραγωγής και με βελτιστοποίηση του συστήματος ελέγχου. Πρόσθετα οφέλη μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση των κατάλληλων ελέγχων εξοπλισμού, αλλά και με τη μόνωση λεβήτων και συστημάτων σωληνώσεων.

Όμως, η παρούσα κατάσταση στη χώρα μας, είναι η ελλιπής προστασία των υπαρχόντων κτιρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο αναρθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτιρίων σαν συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για την ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτιρίων, έχουν σαν αποτέλεσμα την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας, τη συμπίεση των οικονομικά και κοινωνικά χαμηλών εισοδηματικών τάξεων, την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας και την ακύρωση των διεθνών δεσμεύσεων της χώρας για το περιβάλλον, όπως η συμφωνία του Κιότο, η Οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Ενεργειακές Επιδόσεις των Κτιρίων.

Εν αντιθέσει, σε παγκόσμιο επίπεδο, η ενεργειακή και περιβαλλοντική τεχνολογία για το δομημένο περιβάλλον έχει βελτιωθεί εντυπωσιακά. Η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων τείνει να μηδενισθεί και κράτη όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και η Γαλλία, έχουν ήδη καταστρώσει και εφαρμόζουν σχέδια για να πετύχουν θετικά ενεργειακά ισοζύγια για τον κτιριακό τομέα από τα μέσα της επόμενης δεκαετίας, εφαρμόζοντας νέες αντιλήψεις και αρχές σχεδιασμού.

## 6. Συμπεράσματα

Ένα σχέδιο μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας αποτελείται από ένα σύνολο δράσεων για την επίτευξη ορθολογικής χρήσης ενέργειας στα δημόσια κτίρια. Κάτι τέτοιο, μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα σχολικά και νοσοκομειακά κτίρια και όχι μόνο, και περιλαμβάνει αρχικά τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα δομικά χαρακτηριστικά και τις ενεργειακές καταναλώσεις των εκάστοτε κτιρίων, και έπειτα τον καθορισμό των πιθανών παρεμβάσεων σε αυτά. Οι δράσεις αυτές, μπορούν να απευθύνονται σε μαθητές, διδάσκοντες, εργαζομένους, διευθύνοντες και φιλοξενούμενους, αλλά και σε ιδιωτικές ή δημόσιες διοικήσεις που διαχειρίζονται τα σχολεία και τα νοσοκομεία σε τοπικό επίπεδο, με ένα συγκεκριμένο όργανο να αποφασίζει για τις απαραίτητες πρωτοβουλίες εξοικονόμησης ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτιριακό τομέα είναι εφικτή, και η τεχνολογία της σημερινής εποχής μπορεί να επιτρέψει κάτι τέτοιο. Τα κτίρια στην Ελλάδα, παρουσιάζουν μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση και προβληματική περιβαλλοντική ποιότητα. Αυτό οφείλεται αφενός στην μέχρι πρόσφατα ελλιπή ενεργειακή νομοθεσία και αφετέρου στην μη-χρήση ενεργειακά αποδοτικής τεχνολογίας. Οπότε, με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικότερων συσκευών, μπορούμε να εξοικονομήσουμε ενέργεια, χωρίς να ελαττώσουμε το χρόνο χρησιμοποίησής τους. Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός των νοσοκομείων είναι αρκετά μεγάλος συγκριτικά με άλλα είδη κτιρίων, γι' αυτό το συγκεκριμένο ζήτημα θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη. Επίσης, μπορεί να ρυθμιστεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχολεία και νοσοκομεία με αυτοματισμούς και χαμηλής κατανάλωσης λαμπτήρες.

Στην εξοικονόμηση ενέργειας που προορίζεται για θέρμανση, η μόνωση του κάθε κτιρίου έχει τον πρωτεύοντα ρόλο καθώς ένα καλά μονωμένο κτίριο μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια έως 30% αν εφαρμοστεί σε αυτό η κατάλληλη θερμομόνωση και στεγανότητα, σε τοίχους, παράθυρα, δάπεδα και οροφή. Δυστυχώς, στη χώρα μας, η πλειοψηφία των κτιρίων δε διαθέτουν την κατάλληλη μόνωση, και αυτό γιατί τα ίδια είναι παλιάς κατασκευής.

Για μια πιο εντατική προσπάθεια μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης σε δημόσια κτίρια, κατά τη δημιουργία ή τον ανασχεδιασμό του κτιρίου μπορούν να ενσωματωθούν βιοκλιματικές τεχνικές, όπως είναι ο φυσικός φωτισμός και αερισμός, ο ρυθμιζόμενος ηλιασμός ή η σκίαση, αν απαιτείται θέρμανση ή ψύξη αντίστοιχα.

Όσον αφορά τη μείωση των αέριων εκπομπών που προκαλεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα, είναι ανάγκη όσο περνούν τα χρόνια να αντικαθίστανται σε όλο και μεγαλύτερο ποσοστό τα ορυκτά καύσιμα από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες προϋποθέτουν εξ' ορισμού μηδενικές εκπομπές. Στα δημόσια κτίρια που έχουμε αναφερθεί, λόγω της μαζικής κατανάλωσης ενέργειας που συναντάμε σε αυτά, είναι εύλογο το να μιλάμε για χρήση ΑΠΕ, ενώ επίσης μπορούν να υποστηριχθούν από το δημόσιο και την τοπική

διοίκηση. Η χρήση ηλιακής ενέργειας στη χώρα μας, λόγω της αφθονίας της, είναι μία αρκετά αποδοτική λύση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό, ψύξη και θέρμανση χώρου και νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλων των ειδών τα δημόσια ή και ιδιωτικά κτίρια, λόγω του ότι είναι μία εύχρηστη τεχνολογία, καθώς δεν απαιτεί τεράστιες υποδομές. Η αιολική ενέργεια, είναι μία επίσης καθαρή πηγή ενέργειας η οποία μπορεί να προσφέρει υψηλές τιμές ισχύος σε περιοχές εκτός πόλης με υψηλές ταχύτητες ανέμου. Για τα ελληνικά νοσοκομεία, είναι αρκετά ωφέλιμη η εγκατάσταση έστω και μίας ανεμογεννήτριας, ιδιαίτερα σε νησί στο οποίο επικρατούν μεγάλες ταχύτητες ανέμου, καθώς μπορεί να προσφέρει όλη την ενέργεια που απαιτεί το νοσοκομείο συνολικά. Από την άλλη, η αντλία θερμότητας με χρήση γεωθερμίας είναι μία αποδοτικότερη τεχνολογία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως για παραγωγή θερμότητας. Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που μπορεί να επιτευχθεί αγγίζει το ποσοστό του 80% εάν εφαρμοστούν οι παραπάνω τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες ενός δημοσίου κτιρίου.

Καθοριστικό ρόλο σε μια τέτοια προσπάθεια έχει η αυτοδιάγνωση του συστήματος, και ο προσδιορισμός των αναγκών και των παρεμβάσεων προτεραιότητας. Η ανάλυση κόστους-οφελών του έργου συνδέεται με την διάχυση μίας κοινής μεθοδολογίας ανάλυσης ανάμεσα σε νοσοκομεία ή σχολεία αντίστοιχα και με τον αριθμό των ενεργειακών βελτιώσεων που θα εφαρμοστούν. Έπειτα, τα μελλοντικά κτίρια, δεν θα πρέπει να υπακούν στη δομή και την τεχνολογία εκείνων του παρελθόντος, αλλά να εξελίσσονται ενεργειακά συνεχώς. Περαιτέρω οφέλη, που δεν μπορούν οικονομικά να ποσοτικοποιηθούν, προέρχονται από την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των εμπλεκόμενων και των φιλοξενούμενων του κάθε δημοσίου κτιρίου σχετικά με τα προβλήματα της εξοικονόμησης ενέργειας και των αυξανόμενων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και των επιπτώσεων που ακολουθούν.

## 7. Βιβλιογραφία

- 1) Vourdoubas J. (2016) Creation of Zero CO2 Emissions School Buildings Due to Energy Use in CreteGreece. *Open Journal of Energy Efficiency*, 5, 12-18.  
[http://jea-net.com/journals/jea/Vol\\_3\\_No\\_2\\_December\\_2015/9.pdf](http://jea-net.com/journals/jea/Vol_3_No_2_December_2015/9.pdf)
- 2) Vourdoubas J. (2015) Creation of Zero CO2 Emissions Hospitals Due to Energy Use. A Case Study in Crete-Greece. *Journal of engineering and Architecture*, 3, 79-86.  
<http://dx.doi.org/10.4236/ojee.2016.51002>
- 3) Chatzizacharia K., Benekis V., Hatziaavramidis D. (2016) A blueprint for an energy policy in Greece with considerations of climate change. *Applied Energy*, 162, 382–389.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915013148>
- 4) Desideri U., Proietti S. (2002) Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy. *Energy and Buildings*, 34, 1003-1016.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000257>
- 5) Thewes A., Maas S., Scholzzena F., Waldmanna D., Zürbes A. (2014) Field study on the energy consumption of school buildings inLuxembourg. *Energy and Buildings*, 68, 460-470.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.002>
- 6) Hong S.M., Paterson G., Mumovic D., Steadman P. (2013) Improved benchmarking comparability for energy consumption in schools. *BuildingResearch&Information*, 42, 47-61.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2013.814746>
- 7) DascalakiG. E., Sermpetzoglou G. V. (2011) Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. *Energy and Buildings*, 43, 718-727.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.017>
- 8) Santamouris M.,BalarasC.,Dascalaki E., Balaras C., Argiriou A., Gaglia A. (1994)Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings in Hellas. *Energy*, 19, 653-660.  
[https://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90005-1)
- 9) Jen Chun Wang (2016) A study on the energy performance of school buildings in Taiwan.*Energy and Buildings*, 133, 810–822.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.036>

## Ιστοσελίδες

- 1) <https://yearbook.enerdata.net>
- 2) <http://ec.europa.eu/eurostat>
- 3) <http://www.varnas-ete.gr>
- 4) <http://www.anemogennitria.gr>
- 5) <http://stefanfalke-archive.photoshelter.com>
- 6) <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia>
- 7) <http://www.eshops.gr/wind-generators.html>
- 8) <https://el.wikipedia.org>
- 9) <http://www.rae.gr/geo>
- 10) <http://www.cea.org.cy>
- 11) <http://www.eng.ucy.ac.cy>
- 12) <http://www.garyfallidou.org>
- 13) <http://www.ee.teihal.gr/labs>
- 14) <http://www.kyriakoglou.gr>
- 15) <http://www.solarmarket.gr>
- 16) <https://thermansipress.gr>
- 17) <http://www.iqsolarpower.com/odigos1>
- 18) <http://thesecretrealtruth.blogspot.com>
- 19) <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>
- 20) <http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos>
- 21) <http://users.sch.gr>
- 22) <http://www.ypeka.gr>
- 23) <https://www.energia.gr/geofar>
- 24) <http://www.naftemporiki.gr/story>
- 25) <http://heatpump-nikomilona.blogspot.gr>
- 26) <http://atticaexecutive.gr/geothermia>
- 27) <http://www.aeriodynamiki.gr>
- 28) <http://www.kathimerini.gr>
- 29) <https://insidestory.gr>

- 30) <http://www.cres.gr/energyhubforall>
- 31) <http://www.industrialcontrolsonline.com>
- 32) <http://www.osk.gr>
- 33) <http://www.kee.gr>
- 34) <http://www.archiexpo.cn/prod/scheuten-solar>
- 35) <http://www.res-hospitals.eu>
- 36) <http://www.who.int/globalchange/en>
- 37) <https://www.bms.com>
- 38) <https://www.elke.teicrete.gr>
- 39) <http://www.crete.gov.gr>
- 40) <https://www.researchgate.net>
- 41) <http://www.ccsenet.org>
- 42) <http://www.elsevier.com/locate/enbuild>
- 43) <http://www.wwf.gr>