



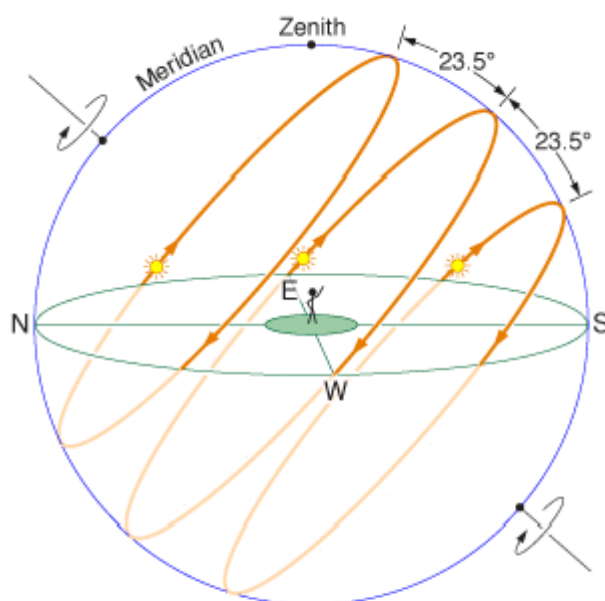
# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

## «ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΙΑΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΩΝ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ»



**ΒΕΝΕΔΙΚΗ ANNA ΔΕΣΠΟΙΝΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΣΚΛΑΒΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, ΥΠΟΨΗΦΙΑ ΔΙΔΑΚΤΩΡ**

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014**



# **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

**Διπλωματική Εργασία:**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΙΑΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΩΝ  
ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ»**

**Βενεδίκη Άννα Δέσποινα**

**Επιβλέπων: Ι.Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ**

**Συνεπιβλέπουσα: Σκλάβου Ευαγγελία, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Υποψήφια Διδάκτωρ**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2014**

## **Ευχαριστίες**

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τη συνεπιβλέπουσα, Αρχιτέκτονα Μηχανικό και Υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., κα Ευαγγελία Σκλάβου για την καθοδήγηση που μου παρείχε, το χρόνο που αφιέρωσε και για την ουσιαστική βοήθεια που παρείχε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου Άρη Κοτσαμπόπουλο και Αλέξανδρο Μαυράκη για τις πολύτιμες πληροφορίες και τη βοήθεια που μου προσέφεραν.

## Περίληψη

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, εξετάζουμε τη σχέση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της γεωμετρίας του εξεταζόμενου κτιρίου. Στην προκειμένη περίπτωση το εξεταζόμενο κτίριο είναι μορφής σταυρού ενώ επιλέγεται και ένα κτίριο αναφοράς, τετραγωνικής κάτοψης, ίδιου όγκου και προσανατολισμού με το εξεταζόμενο. Στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση των δύο κτιριακών μορφών με γνώμονα την ενεργειακή τους απόδοση. Πιο συγκεκριμένα, διερευνάται η επίδραση της σκίασης που προσφέρει η ίδια η μορφή του κτιρίου και γίνεται προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων για την επίδραση των αυτοσκιαζόμενων μορφών στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Αν και η δυνατότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού να αποτελέσει μορφογενετικό μέσο έχει αναγνωρισθεί ευρέως, παραμένει μέχρι σήμερα σχετικά ανεξερεύνητη αφού οι κύριες αρχές του περιορίζονται τις περισσότερες φορές σε τεχνικό επίπεδο, παρά στην αρχιτεκτονική σύνθεση. Ωστόσο, οι βασικές αρχές του σκιασμού και του φυσικού φωτισμού είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ηλιακή γεωμετρία και επομένως με τη μορφή του κτιρίου. Το ερώτημα που δημιουργείται είναι κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία αρχιτεκτονικών μορφών που να έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ταυτόχρονα να προσφέρουν στο χρήστη ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης ειδικά όταν πρόκειται για χρήστες μονάδων υγειονομικής περίθαλψης όπου οι απαιτήσεις για την εξασφάλιση ενός θεραπευτικού περιβάλλοντος είναι αυξημένες. Σε πρώτη φάση, το κτίριο αναλύεται ως προς τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του και στη συνέχεια αναλύεται ως προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνειά του. Προσδιορίζονται οι παράμετροι που επηρεάζουν τις τιμές φυσικού φωτισμού και αναλύεται η αποδοτικότερη λύση από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκταση οικονομικών πόρων που κρίνεται αναγκαία σε περιπτώσεις εξαιρετικά ενεργοβόρων εγκαταστάσεων όπως μια μονάδα υγειονομικής περίθαλψης. Τα μοντέλα σχεδιάστηκαν με το Google SketchUp και οι προσομοιώσεις εκτελέστηκαν μέσω των λογισμικών Open Studio, Radiance και Energy Plus.

## **Abstract**

The purpose of this diploma thesis is to study the relation between bioclimatic building design and building geometry. It includes the evaluation of the influence of a cross-shaped building (the main building of the nursing unit of a general hospital), with self-shading facades on the energy performance of the building, based on a comparison with a typical building form. Since most buildings have orthogonal shapes, a cube with the same volume and orientation is used as the reference shape. Specifically, we investigate the effect of the morphology of a building shape and its influence (e.g. via self-shading) on the thermal performance and natural light levels. Prescriptive building energy codes often set minimum requirements concerning thermal properties of building components and do not focus on building geometry although, the basic principles of shading and daylighting are connected to the terms of solar geometry and therefore the form of the building. Thus, the effectiveness of self-shading is investigated while the parameters given greater focus are energy consumption, thermal comfort and natural light levels. The need to provide pleasant living conditions and a therapeutic environment is increased when it comes to users of healthcare facilities. The models were constructed with Google SketchUp and simulations were performed by the software Open Studio, Radiance and Energy Plus, all of which work in full cooperation.

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία και σύντομο ιστορικό πλαίσιο της πράσινης αρχιτεκτονικής .....	8
1.2 Οι αρχές της ‘πράσινης αρχιτεκτονικής’ .....	14
1.3 Ηλιακή Γεωμετρία .....	18
1.4 Παθητικά συστήματα.....	22
1.4.1 Ηλιακά Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης .....	22
1.4.2 Παθητικά συστήματα δροσισμού.....	27
1.5 Βιβλιογραφία 1 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	40
2.1 Ένταση φωτισμού / Illuminance (E).....	41
2.2 Θάμβωση.....	44
2.3 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού .....	47
2.4 Βιβλιογραφία 2 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου .....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ .....	51
3.1 Google SketchUp .....	51
3.2 OpenStudio.....	51
3.3 Energy Plus .....	53
3.4 Radiance.....	53
3.5 Βασικές ιδιότητες υλικών κελύφους και παράμετροι λογισμικού.....	54
3.6 Βιβλιογραφία 3ου Κεφαλαίου .....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ .....	59

4.1 Υπάρχουσα σκίαση όψεων- Διαστασιολόγηση σκιάστρων.....	61
4.2 Ιδιότητες υλικών κατασκευής κτιρίου .....	65
4.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με αυτοσκίαση και χωρίς αυτοσκίαση .....	72
4.3.1 Βορινή πτέρυγα.....	75
4.3.2 Νότια πτέρυγα.....	87
4.3.3 Ανατολική πτέρυγα.....	99
4.3.4 Δυτική πτέρυγα .....	111
4.4 Συμπεράσματα .....	123
4.5 Βιβλιογραφία 4 <sup>ο</sup> Κεφαλαίου .....	139
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ .....</b>	<b>140</b>
5.1 Απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη .....	141
5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	154
5.2.1 Βόρεια πτέρυγα.....	155
5.2.2 Νότια πτέρυγα.....	157
5.2.3 Ανατολική πτέρυγα.....	159
5.2.4 Δυτική πτέρυγα .....	161
5.3 Συμπεράσματα .....	163
5.4 Βιβλιογραφία 5 <sup>ο</sup> Κεφαλαίου .....	167
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>168</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Εισαγωγικά στοιχεία και σύντομο ιστορικό πλαίσιο της πράσινης αρχιτεκτονικής**

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό λόγω των μικρότερων απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση, τον δροσισμό και το φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και για τα πολλαπλά οφέλη που συνεπάγονται, ενεργειακά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά.

Από μετρήσεις που έγιναν τις δεκαετίες του 1960 και 1970 αποδείχθηκε ότι οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους επιστήμονες και τη διεθνή κοινότητα να δράσουν. Το 1988, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) δημιούργησαν τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος. Αυτή η ομάδα παρουσίασε την πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC). Η Σύμβαση ήταν έτοιμη προς υπογραφή στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο.

Συνέχεια της ευαισθητοποίησης σε θέματα περιβάλλοντος αποτελεί το Πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το 1997 ως συμπλήρωμα της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές και τέθηκε σε ισχύ το 2005. Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν υπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τις εκπομπές προηγούμενων ετών.

### **Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)**

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές που μπορούν με φυσικό τρόπο να ανανεώσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια.



- Ηλιακή
- Υδραυλική
- Αιολική
- Βιομάζα (οργανική ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, παραγωγή βιοαερίου, παραγωγή αιθανόλης και βιοντήζελ)
- Γεωθερμική (ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής)

Η χρήση τους παρουσιάζει σχετική αύξηση τα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετώντας το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος, καθώς πρόκειται για "καθαρές" και φιλικές προς το περιβάλλον ενεργειακές πηγές.

### **Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Οι μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (γαιάνθρακες: λιγνίτης, ανθρακίτης, τύρφη, κτλ., πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια) είναι αυτές οι οποίες:

- Δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια
- Η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια

Τα τελευταία χρόνια η αλόγιστη χρήση τους έχει οδηγήσει σε ενεργειακές κρίσεις, αλλά και στη δημιουργία σειράς προβλημάτων, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη της τεχνολογίας που σχετίζεται με τις ΑΠΕ εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο

φιλόδοξο στόχο που έθεσε για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.[1]

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ σύμφωνα με τον Ν. 2773/1999 είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από:

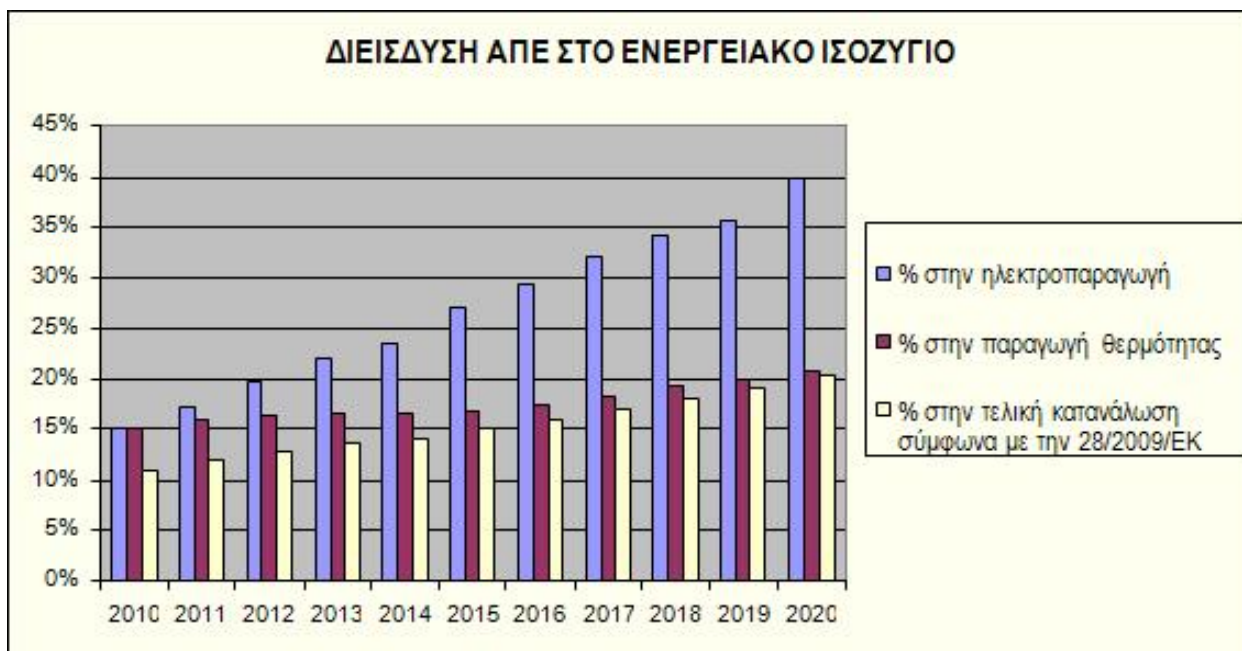
- Την εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου.
- Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
- Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα.
- Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.
- Συνδυασμό των ανωτέρω.

Η ενέργεια είναι για την ανθρώπινη κλίμακα ένας περιορισμένος πόρος, επειδή τα αποθέματα πρωτογενών αρχικών πόρων είναι συγκεκριμένα και περιορισμένα. Ακόμη και οι λεγόμενες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας προέρχονται από άλλες, περιορισμένες και εξαντλήσιμες, πηγές.

### **Εθνικό Σχέδιο Δράσης**

Η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/EK, και περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Αναφέρονται επίσης μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου.[11]



Εικ.1.1 Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Πηγή: <http://www.ypeka.gr>\_Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».

Ειδικότερα για το σύνολο των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται:

- α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές.[6]

Οι εθνικοί ενεργειακοί στόχοι για το 2020, όπως έχουν διαμορφωθεί από τις πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις και τα αντίστοιχα εθνικά προγράμματα διαμορφώνουν ένα ισχυρά αναπτυξιακό επιχειρηματικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που της προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο «πράσινης» ανάπτυξης. Παράλληλα, η επίτευξη αυτών των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και στη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων.

Το αποτέλεσμα αυτής της ανάλυσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (40%) μέχρι το 2020, θα επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, κανονιστικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου και στη σταδιακή ανάπτυξη ενός διεσπαρμένου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αντίστοιχα, για την ικανοποίηση των εθνικών στόχων συμμετοχής των ΑΠΕ σε θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, προβλέπεται αξιοποίηση όλων των θεσμικών αλλαγών που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή δρομολογούνται ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και υιοθέτησης πολιτικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Παράλληλα, η ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπως οι αντλίες θερμότητας, καθώς και η ενίσχυση και περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών από θερμικά ηλιακά συστήματα και βιομάζα τόσο στον οικιακό και τριτογενή τομέα, όσο και στη βιομηχανία απαιτείται ώστε να μπορέσουν να ικανοποιηθούν οι συγκεκριμένοι εθνικοί στόχοι.

Συγκεκριμένα οι εθνικοί στόχοι για το 2020, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ενεργειακών μοντέλων, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7500MW, υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου 2500MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.[2]

## **Με ποιό τρόπο επιδρούν τα κτίρια στην κλιματική αλλαγή**

Η ενέργεια που παράγεται προκειμένου να θερμάνουμε και να τροφοδοτήσουμε τα κτίρια οδηγεί στην κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα, τα οποία παράγουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το πιο διαδεδομένο αέριο που συμβάλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα κτίρια στις ΗΠΑ παράγουν το 38,1% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ολόκληρου του έθνους. Μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τα κτίρια επιβραδύνεται ο ρυθμός με τον οποίο επέρχεται η παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Τα κτίρια μπορεί να σχετίζονται με την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και με άλλους τρόπους. Για παράδειγμα, τα μπάζα που παράγονται κατά την κατασκευή ή την κατεδάφιση κτιρίων και καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής παράγουν μεθάνιο ενώ κατά την εξόρυξη και την κατασκευή δομικών υλικών έχουμε εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.

Καλά σχεδιασμένα και σωστά κατασκευασμένα κτίρια που συντηρούνται τακτικά μπορεί να έχουν πολλά οφέλη. Αυξημένη αντοχή, μειωμένο κόστος για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, μειωμένη κατανάλωση νερού άρα, μειωμένο κόστος για τη λειτουργία και τη συντήρησή τους.

Ένα πράσινο κτίριο μπορεί να κοστίζει περισσότερο κατασκευαστικά , αλλά γίνεται εξοικονόμηση χρημάτων κατά τη διάρκεια ζωής του έργου μέσω της μείωσης του λειτουργικού κόστους. Η εξοικονόμηση αυτή μπορεί να είναι πιο εμφανής μέσω της αξιολόγησης του κύκλου ζωής του έργου (LCA) .

## **Πώς σχετίζεται η πράσινη αρχιτεκτονική με την «έξυπνη ανάπτυξη» και την βιώσιμη ανάπτυξη**

Έξυπνη ανάπτυξη είναι αυτή που υπηρετεί την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον δημιουργώντας ευκαιρίες για οικονομική ανάπτυξη και θέσεις εργασίας. Βιώσιμη ανάπτυξη είναι η ικανότητα επίτευξης συνεχούς οικονομικής ευημερίας, προστατεύοντας ταυτόχρονα τα φυσικά συστήματα του πλανήτη και παρέχοντας υψηλή ποιότητα ζωής στους πολίτες της. Η πράσινη αρχιτεκτονική σχετίζεται άμεσα με αυτές τις έννοιες δεδομένου ότι ακολουθεί πρακτικές που εξοικονομούν ενέργεια και ταυτόχρονα διαφυλάσσουν τους φυσικούς πόρους του πλανήτη.[5]



Εικ.1.2 Στόχοι βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Πηγή:[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/)

## 1.2 Οι αρχές της ‘πράσινης αρχιτεκτονικής’

Η πράσινη αρχιτεκτονική ή αλλιώς η κατασκευή βιώσιμων κτιρίων ή κτιρίων υψηλής απόδοσης είναι η αρχιτεκτονική η οποία έχει στόχο με την εφαρμογή ορισμένων ‘κανόνων’ να δημιουργήσει κτίρια τα οποία :

- α. θα έχουν αυξημένη αποδοτικότητα όσον αφορά στη χρήση ενέργειας, νερού και υλικών,
- β. θα προστατεύουν και θα αποκαθιστούν την υγεία των ενοίκων αλλά και το φυσικό περιβάλλον σε όλη τη διάρκεια ζωής του έργου η οποία μπορεί να περιλαμβάνει τα εξής στάδια: χωροθέτηση, σχεδίαση, κατασκευή, λειτουργία, συντήρηση, ανακαίνιση και αποδόμηση.

Ένα πράσινο κτίριο είναι μια κατασκευή η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον και χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την λειτουργία της. Οι στόχοι αυτοί συμπληρώνουν τις κλασικές σχεδιαστικές απαιτήσεις ενός κτιρίου όπως το χαμηλό κόστος, τη λειτουργικότητα, την ανθεκτικότητα και την άνεση.

Τα πράσινα κτίρια σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν τις συνολικές επιπτώσεις του δομημένου περιβάλλοντος στην υγεία και στο φυσικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, μπορεί να αποτελούνται από βιώσιμα υλικά π.χ. υλικά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακυκλωθούν ή υλικά που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές με αποτέλεσμα να εκπέμπουν ελάχιστους ρύπους στην ατμόσφαιρα. Ακόμη, μπορεί να διαθέτουν χώρους πρασίνου που μειώνουν την ανάγκη για νερό π.χ. με τη χρήση ενδημικών φυτών που επιβιώνουν χωρίς επιπλέον πότισμα. Επομένως, οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση ηλιασμού, η προστασία από τους δυνατούς ανέμους και η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα, καθώς και η προστασία από τον ήλιο, η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων και η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι. Με τη χρήση παθητικών βιοκλιματικών συστημάτων στις κατοικίες, παρέχεται παθητική ηλιακή θέρμανση, ενισχύεται ο φυσικός δροσισμός και ρυθμίζεται το μικρόκλιμα μέσα και γύρω από τις κατοικίες. Έτσι, το βιοκλιματικό κτίριο αποκτά δυναμικό χαρακτήρα, αλλάζοντας ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας.

Τα συμβατικά κτίρια έχουν τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον, στη δημόσια υγεία και την παγκόσμια οικονομία. Η επιτυχής υιοθέτηση των μεθόδων της βιοκλιματικής σχεδίασης κτιρίων μπορούν να μεγιστοποιήσουν την οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση των κτιρίων. Η έρευνα συνεχίζεται για να προσδιοριστούν και να διευκρινιστούν όλα αυτά τα οφέλη αλλά και το κόστος της οικολογικής δόμησης και για να βρεθεί τρόπος να επιτύχουν τα μέγιστα οφέλη με το χαμηλότερο κόστος.[3]

Αναλυτικότερα, ο σχεδιασμός στοχεύει στην:

- Βελτίωση ή ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών

Η βελτίωση και η ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στο χώρο κατασκευής του κτιρίου επιτυγχάνεται με τη βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλίου, των επικρατούντων ανέμων, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της υγρασίας. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.

Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	22	30-50	
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	20-22	40-50	
Νοσοκομεία	24	30	
Εσπαστόρια και Κέντρα διασκέδασης	21-23	30-40	
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	25-26	40-50	
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	22	40-55	
Εσπαστόρια και Κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60	
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50	
Νοσοκομεία	Αίθουσες	24	45-50
	Χειρουργεία	20-24	50-60
	Αναρρωτήρια	24	50-60

Εικ.1.3 Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους (ΤΟΤΕΕ 2425/86).

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.

- Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας επιτυγχάνεται με τον ορθό σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου (μεγιστοποίηση της απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας το χειμώνα και ελαχιστοποίησή της το καλοκαίρι), τον ορθό προσανατολισμό των χώρων του και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος), την κατάλληλη διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων, τη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων με βάση τις θερμικές τους ανάγκες και με την υιοθέτηση των κατάλληλων παθητικών εφαρμογών που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης.



- Θερμική προστασία κτιρίων και προστασία μέσω σκίασης

Η θερμική προστασία του κτιρίου επιτυγχάνεται κυρίως με τον κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων ώστε να αποφευχθεί η διαφυγή της θερμότητας από το κτίριο, η σωστή μόνωση του κελύφους και η ορθή διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η σωστή διαστασιολόγηση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης, η τακτική συντήρησή τους, καθώς και η κατάλληλη μόνωση των μερών τους. Επίσης, η χρήση αυτοματισμών, όπως οι θερμοστατικοί διακόπτες και οι χρονοδιακόπτες, εξασφαλίζουν, με χαμηλό κόστος, σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Αντίστοιχα, τα συστήματα ψύξης πρέπει να διαστασιολογούνται και να συντηρούνται σωστά. Με την προστασία μέσω της σκίασης επιδιώκεται η προστασία του κτιρίου από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι με την τοποθέτηση εσωτερικών και εξωτερικών, κάθετων και οριζόντιων σκίαστρων.

- Φυσικός φωτισμός

Αποτελεί την εκμετάλλευση του άμεσου και έμμεσου ηλιακού φωτός με επάρκεια ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες άνεσης ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, με ομαλή κατανομή στους εσωτερικούς χώρους και σε όλες τις εποχές του χρόνου. Σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μπορούμε να έχουμε και από το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Η αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού από φυσικό μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση ενέργειας (30-70%), όταν η ένταση των λαμπτήρων αυξομειώνεται σε σχέση με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο. Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό αντιστοιχεί περίπου στο 20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού παγκοσμίως και αυξάνεται με ρυθμό (2005-2010) περίπου 2,4% το χρόνο.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η κατανάλωση για φωτισμό, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, αντιπροσωπεύει το 4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και 18% στον τριτογενή. Στα κτίρια γραφείων ειδικότερα ο φωτισμός αποτελεί το 28% της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης με το ποσοστό αυτό να τροποποιείται ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου.

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, μέσα από τη χρήση αποδοτικότερων συστημάτων και βελτιωμένου σχεδιασμού, είτε με τη μείωση του χρόνου λειτουργίας, μέσα από την υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου.[12]

### 1.3 Ηλιακή Γεωμετρία

Η Ηλιακή Γεωμετρία αναφέρεται στη μελέτη της θέσης του Ήλιου σε σχέση με δεδομένο σημείο κατά ορισμένο χρονικό διάστημα.

Σχετίζεται με ποικίλα θέματα του Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού όπως:

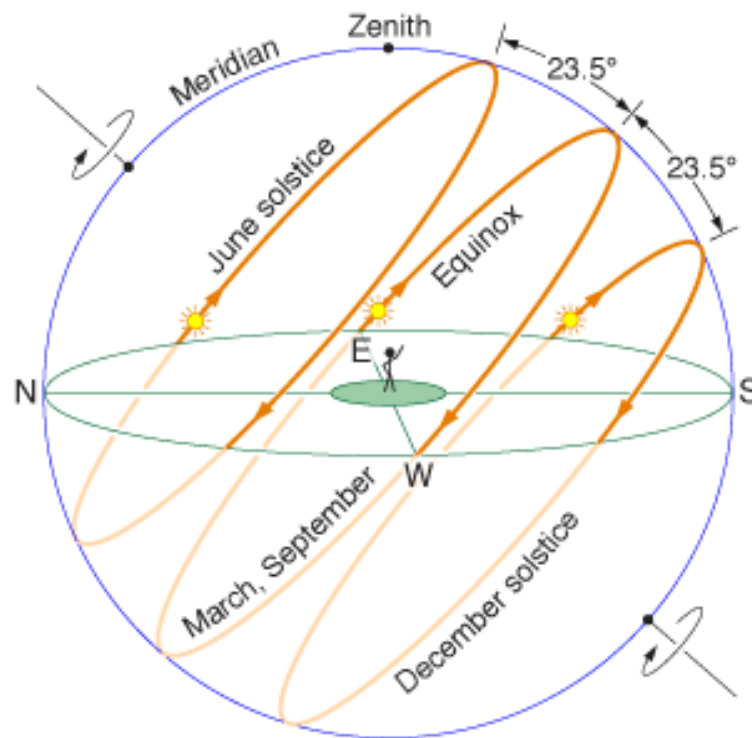
- την ερμηνεία των κλιματικών συνθηκών
- τον υπολογισμό της ηλιακής πρόσπτωσης
- τον προσδιορισμό της ηλιακής πρόσβασης
- τον σχεδιασμό ηλιοπροστασίας.

#### Οι κινήσεις της Γης

Η Ηλιακή Γεωμετρία συνδέεται με τις δύο κύριες κινήσεις της Γης, την ημερήσια περιστροφή γύρω από τον άξονα B-N και την ετήσια γύρω από τον Ήλιο.

Η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε ελλειπτική τροχιά (με τον Ήλιο στη θέση μια εστία) και με μεταβλητή ταχύτητα (ανάλογα με την απόστασή της από τον Ήλιο).

Για απλότητα θεωρούμε τη τροχιά ως κυκλική και με σταθερή ταχύτητα, τον δε Ήλιο στο κέντρο της.



Εικ.1.4 Ισημερίες και ηλιοστάσια.

Πηγή: <http://www.solar-for-energy.com/windows-and-overhangs.html>

### Διάρκεια ημέρας

Η διάρκεια της ημέρα διαφέρει σε κάθε γεωγραφικό πλάτος επειδή ποικίλλει το τμήμα κάθε παραλλήλου μέσα στο φωτεινό ημισφαίριο της Γης.

Για παράδειγμα, στις 21/12 ένα σημείο σε βόρειο παράλληλο διαγράφει μικρότερο τόξο στη φωτεινή πλευρά απ' ότι στη σκοτεινή, άρα η ημέρα διαρκεί λιγότερο από τη νύχτα. Την ίδια μέρα, προχωρώντας προς τον ισημερινό η αναλογία φωτεινού-σκοτεινού τόξου αλλάζει, άρα και η διάρκεια της ημέρας.

Κατά τις δύο ισημερίες, ημέρα και νύχτα έχουν την ίδια διάρκεια σε όλα τα πλάτη.

## Γωνία πρόσπτωσης

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάποιο επίπεδο εξαρτάται κυρίως από τη γωνία μεταξύ των ακτινών και του επιπέδου.

Η γωνία αυτή μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας. Για οριζόντιο επίπεδο είναι μηδέν κατά την ανατολή και τη δύση. Κατά το 'ηλιακό μεσημέρι' παρουσιάζεται η μέγιστη ημερήσια τιμή της, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και την ημερομηνία.

## Ηλιακές γωνίες

Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών ( 'ηλιακό υψόμετρο' & 'αζιμούθιο' ), που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του Ήλιου στη δεδομένη στιγμή.

- Το υψόμετρο είναι η γωνία μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο  $0^\circ$ , ενώ το υψόμετρο του ζενίθ είναι  $90^\circ$ .
- Το αζιμούθιο είναι η γωνία της οριζόντιας προβολής της ακτίνας και της διεύθυνσης που λαμβάνεται ως αφετηρία. Μετράται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα, με αφετηρία τον Βορρά ή τον Νότο, ανάλογα με την επιλεγμένη σύμβαση.

Ο προσδιορισμός της θέσης του ήλιου για μια επιφάνεια που συλλέγει ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να γίνει γνωρίζοντας τις ακόλουθες πέντε γωνίες:

- Γεωγραφικό πλάτος  $\varphi$
- Ηλιακή απόκλιση  $\delta$
- Γωνία ώρας  $\omega$
- Κλίση επιφάνειας  $\beta$
- Γωνία αζιμούθιου  $\gamma$

## Ανάλυση ηλιακής ακτινοβολίας

Η ποσότητα της οριζόντιας ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης μπορεί να διαιρεθεί σε δύο συνιστώσες: την άμεση (ή απευθείας) ακτινοβολία και τη διάχυτη ακτινοβολία.

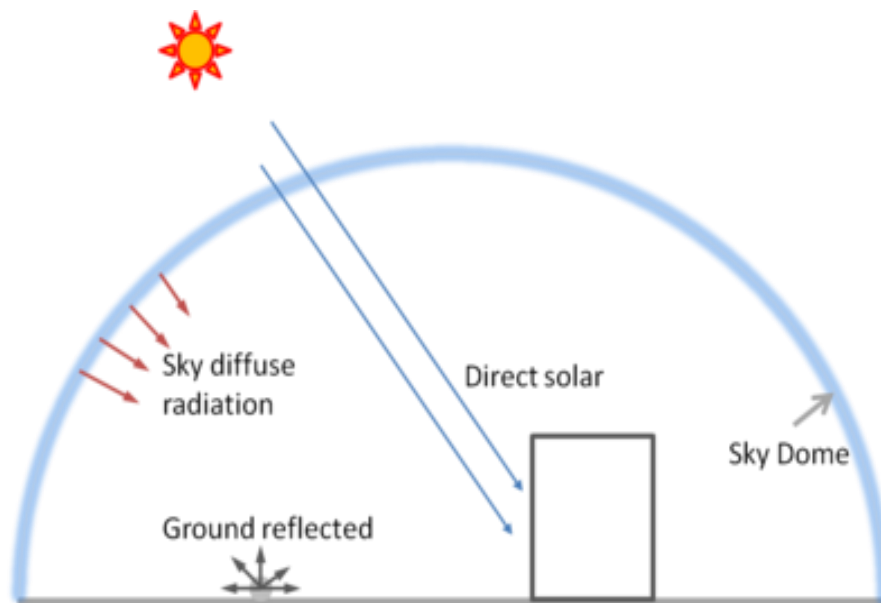
Η άμεση ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση στην ατμόσφαιρα.

Η διάχυτη ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης με αλλαγμένη διεύθυνση, αφού έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα και ανάκλαση από το έδαφος. Επομένως, η διάχυτη ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης με τυχαίες διευθύνσεις από όλο τον ουράνιο θόλο.

Επιπλέον, σε μια κεκλιμένη επιφάνεια ένα τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προέρχεται και από αυτήν που ανακλάται διάχυτα από το έδαφος.

Συλλογή μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλιακούς συλλέκτες:

- Η βέλτιστη γωνία κλίσης σε όλη τη διάρκεια του έτους θα πρέπει, σύμφωνα με τη θεωρία, να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη χώρα μας το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερη από αυτή του χειμώνα, η βέλτιστη γωνία κλίσης είναι περίπου  $7^{\circ}$ - $10^{\circ}$  μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
- Κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να είναι περίπου  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.
- Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να είναι περίπου  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Αν στο έδαφος υπάρχει επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης (π.χ. χιόνι) απαιτείται μεγαλύτερη κλίση.
- Ο βέλτιστος προσανατολισμός (αζιμούθιο) είναι νότιος, ενώ απόκλιση κατά  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  από νότο έχει μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ενέργεια.[14]



Εικόνα 1.5 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας

Πηγή: <http://www.solar-for-energy.com/windows-and-overhangs.html>

## 1.4 Παθητικά συστήματα

### 1.4.1 Ηλιακά Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει ένα σωστά ενεργειακά σχεδιασμένο κτίριο, σύμφωνα με τις αρχές που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Ιδιαίτερα, η διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοια, που να

επιτρέπει τη μέγιστη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Κρίσιμο, βέβαια, ζήτημα είναι αυτή η συνεισφορά θερμότητας να μην επιβαρύνει τον εσωτερικό χώρο την περίοδο του καλοκαιριού.

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων στηρίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από τη συλλογή στην αποθήκη και στο χώρο που θα θερμανθεί. [13]

### **Ταξινόμηση Ηλιακών Παθητικών Συστημάτων Θέρμανσης**

Η επικρατέστερη μέθοδος ταξινόμησης στηρίζεται στη συσχέτιση των στοιχείων συλλογής και αποθήκευσης της θερμότητας με το χώρο που θερμαίνεται. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες.

- **Άμεση ηλιακή πρόσδοδος:** Η συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση της θερμότητας γίνεται μέσα στο χώρο, για τον οποίο έχει σχεδιαστεί το σύστημα. Το ηλιακό παθητικό σύστημα αποτελεί μέρος του κελύφους.
- **Έμμεση ηλιακή πρόσδοδος:** Η συλλογή και αποθήκευση γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο του κελύφους, ο οποίος εφάπτεται στο χώρο που προβλέπεται να θερμανθεί.
- **Απομονωμένη ηλιακή πρόσδοδος:** Το στοιχείο συλλογής βρίσκεται μακριά από την αποθήκη θερμότητας και το χώρο που προκύπτει να θερμανθεί. Σ' αυτή την περίπτωση δημιουργείται ένα σύστημα- μηχανισμός μεταφοράς της θερμότητας από τη συλλογή στην αποθήκευση και έπειτα στο θερμαινόμενο χώρο.

### **Άμεση ηλιακή πρόσδοδος: Μεγάλα νότια ανοίγματα – Παθητικό σύστημα Άμεσου κέρδους**

Οι παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος είναι:

**Η θέση και ο προσανατολισμός των υαλοστασίων.** Με βάση την αρχή ότι η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να μπαίνει στο κτίριο το χειμώνα και να κρατιέται μακριά το καλοκαίρι, καθοριστικά στοιχεία για την απόδοση είναι ο προσανατολισμός του ανοίγματος και η ηλιοπροστασία του.

Γενικοί κανόνες που αφορούν στον προσανατολισμό των παραθύρων:

Η Νότια πρόσοψη ή με απόκλιση  $30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά από το Νότο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο. Δέχεται τη μέγιστη μέση τιμή στη χειμερινή περίοδο και την ελάχιστη μέση τιμή στη θερινή. Επίσης δέχεται τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιασμού στη χειμερινή περίοδο.

Τα παράθυρα που είναι προσανατολισμένα στο Νότο (ή  $\pm 30^\circ$ ) επειδή δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας, απαιτούν ηλιοπροστασία για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο. Παράθυρα σε ανατολικό, δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό, στη θέρμανση του χώρου.

**Το μέγεθος των υαλοστασίων.** Όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα τόσο μεγαλύτερη και η ηλιακή πρόσδοδος. Εάν όμως το άνοιγμα δεν συνοδεύεται από νυχτερινή κινητή θερμομόνωση μπορεί να αποδώσει αρνητικά, καθώς επιτρέπει αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα.

**Η ηλιοπροστασία των υαλοπινάκων.** Ο συνδυασμός εξωτερικών και εσωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων πρέπει να διασφαλίζει αποτελεσματικό ηλιακό έλεγχο. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια των μη ηλιοπροστατευτικών ανοιγμάτων, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμική επιβάρυνση των χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία και κατά συνέπεια ο κίνδυνος υπερθέρμανσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

**Η επιλογή του υαλοπίνακα.** Η διαπερατότητα, η ανακλαστικότητα και η απορροφητικότητα του διαφανούς υλικού στην ηλιακή ακτινοβολία και η αντοχή του στις κλιματικές μεταβολές είναι καθοριστικά κριτήρια επιλογής.

Το τζάμι θεωρείται το σημαντικότερο μέρος του παραθύρου. Τα τζάμια πολλαπλών στρώσεων είναι τα πιο δημοφιλή εμπορικά διαθέσιμα τζάμια. Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου και η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση. Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή απαιτείται ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα να εξασφαλίζουν και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων.



Στον παρακάτω Πίνακα 1.1, δίνονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας ( $k_F$ ) [ $Wm^{-2}K^{-1}$ ] διπλών υαλοπινάκων, σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής του πλαισίου, του ποσοστού του πλαισίου, κ.α.

Υαλοπίνακες				Τύπος αερίου στο διάκενο		
Τύπος	Τύπος γυαλιού	Ικανότητα θερμικής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλός	Χωρίς επικάλυψη (σύνηθες γυαλί)	0.89	4 / 6 / 4	3.3	3.0	2.8
			4 / 9 / 4	3.0	2.8	2.6
			4 / 12 / 4	2.9	2.7	2.6
			4 / 15 / 4	2.7	2.6	2.6
			4 / 20 / 4	2.7	2.6	2.6

Εικ.1.6 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [ $Wm^{-2}K^{-1}$ ] διπλών υαλοπινάκων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο.  
Πηγή: <http://www.e-greenbuilding.gr>

Οι διπλοί υαλοπίνακες εκτός από εξοικονόμηση ενέργειας παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως: μείωση της ακτινοβολίας από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης. Αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους και μειώνουν το θόρυβο.

Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά είναι:

- Ανακλαστικοί υαλοπίνακες
- Έγχρωμοι υαλοπίνακες
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής Low-e
- Ηλεκτροχρωμικοί

- Φωτοχρωμικοί
- Θερμοχρωμικοί

**Η θέση και η ποσότητα της μάζας θερμικής αποθήκευσης.** Ο ρόλος της θερμικής μάζας είναι να αποθηκεύσει τη θερμότητα που συλλέχθηκε από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τις ώρες της ηλιοφάνειας, ώστε να αξιοποιηθεί τη νύχτα. Επίσης, ο ρόλος της είναι να συμβάλει στην ομαλή διακύμανση της θερμοκρασίας σε ημερήσια βάση, εφόσον με την απορρόφηση της θερμότητας στη διάρκεια της ημέρας καθυστερεί την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα, ενώ με την αποφόρτισή της στη διάρκεια της νύχτας συμβάλει στην καθυστέρηση της πτώσης της θερμοκρασίας του αέρα.

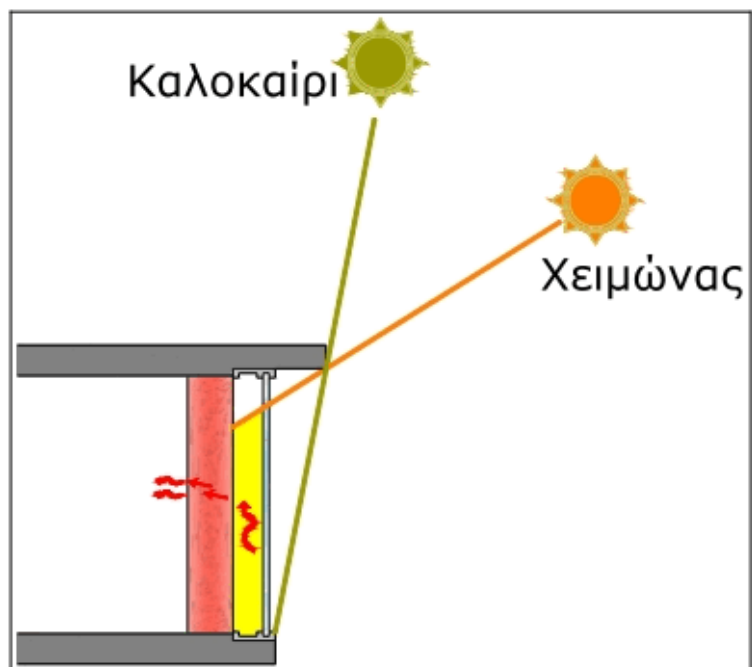
#### **Έμμεση Ηλιακή πρόσδοος: τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή θερμικής συσσώρευσης**

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος. Η απόδοση του τοίχου εξαρτάται από:

**Το υλικό κατασκευής και το πάχος του τοίχου.** Όσο μεγαλύτερη πυκνότητα έχει το υλικό κατασκευής για να αποθηκεύει τη θερμότητα και συγχρόνως υψηλή θερμική αγωγιμότητα για να επιτυγχάνεται η μετάδοση της θερμότητας, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του τοίχου. Η μετάδοση της θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου στην εσωτερική δεν γίνεται αμέσως αλλά με χρονική υστέρηση που εξαρτάται από το υλικό και το πάχος του τοίχου. Με την επιλογή δηλαδή του πάχους του τοίχου προσφέρεται η δυνατότητα να αποδοθεί η θερμότητα το βράδυ ή και να ελεγχθεί η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

**Επιλογή υαλοστασίων.** Στους τοίχους θερμικής αποθήκευσης, επειδή η ροή θερμότητας από το θερμό τοίχο πραγματοποιείται και προς το εξωτερικό περιβάλλον, χρησιμοποιούνται διπλοί υαλοπίνακες. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο η λειτουργία του τοίχου μάζας πρέπει να αποτραπεί για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Η πλήρης σκίαση του υαλοστασίου είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος.

**Τοίχος Trombe.** Όταν ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι εξοπλισμένος με ανοίγματα στην κορυφή και τη βάση του, ώστε να επικοινωνεί ο αέρας που βρίσκεται ανάμεσα στον υαλοπίνακα και στον τοίχο με τον εσωτερικό χώρο, το σύστημα ονομάζεται τοίχος Trombe. Με αυτή την κατασκευή του τοίχου αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη λειτουργία του τοίχου. Το βράδυ κλείνοντας τις θυρίδες ο τοίχος λειτουργεί σαν τον κλασικό τοίχο θερμικής αποθήκευσης αποδίδοντας με ακτινοβολία και έμμεση μεταφορά τη θερμότητα που έχει συγκεντρωθεί στη μάζα του.[15]



Εικ.1.7: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης.

Πηγή: <http://www.ecoarchitects.gr/>

#### 1.4.2 Παθητικά συστήματα δροσισμού

##### Ο αυτοσκιασμός του κτιριακού κελύφους

Πέρα από τη βλάστηση του περιβάλλοντος χώρου, στα κτήρια δημιουργείται συχνά σκιά από γειτονικές κατασκευές ή από την τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής. Επίσης η ίδια ογκοπλαστική

διαμόρφωσή τους (εσωτερικές αυλές, προεξοχές), συντελεί στη δημιουργία σκιαζόμενων και ηλιαζόμενων τμημάτων στις όψεις.

Αυτή η δυνατότητα είναι γνωστή από παλιά στα θερμά και ξηρά κλίματα, στα οποία κάποιες πόλεις σχεδιάστηκαν και χτίστηκαν με πολύ συμπαγή μορφή και στενούς δρόμους έτσι ώστε όλα τα κτίρια να σκιάζονται σε κάποιο ποσοστό. Γι' αυτό όταν επιλέγεται η θέση ενός κτιρίου σε περιοχές στις οποίες είναι πιθανή η υπερθέρμανση, είναι λογικό μα καταβάλλεται προσπάθεια να κατασκευάζεται το κτίριο σε τέτοια θέση, ώστε να επωφελείται από τη σκιά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, ωστόσο, είναι σημαντικό να μη δημιουργούνται εμπόδια προς τη διεύθυνση των επικρατούντων δροσερών ανέμων της θερινής περιόδου και τα κτίρια να μη χωροθετούνται πολύ κοντά μεταξύ τους για να μην εμποδίζεται ο αερισμός τους.

### **Ανακλαστικότητα των εξωτερικών επιφανειών**

Η επιλογή υλικών που έχουν υψηλή ανακλαστικότητα ή χαμηλή δυνατότητα θερμικής εκπομπής στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει στο να περιοριστεί η θερμοκρασία του κελύφους. Στα αδιαφανή τμήματα του κελύφους η ανάκλαση επιτυγχάνεται με την επιλογή υλικών με λεία επιφάνεια και ανοιχτό χρώμα. Στη σύγχρονη δόμηση, η τοποθέτηση στο δώμα στεγανοποιητικών μεμβρανών με επικάλυψη αλουμινίου, ή η εφαρμογή ψυχρών υλικών συμβάλλει στον περιορισμό της ανόδου της θερμοκρασίας του κελύφους.

Η επίδραση της ανακλαστικής επικάλυψης στη θερμική κατάσταση της διατομής πραγματοποιείται αφενός με την αποφυγή της υπερθέρμανσης στη διάρκεια της ημέρας και αφετέρου με την αποβολή θερμότητας στη διάρκεια της νύχτας.

Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών –αδρή ή λεία– επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας. Ο συντελεστής ανάκλασης του φωτός σε ένα χώρο παίζει σημαντικό ρόλο επηρεάζοντας τη φωτεινότητά του, αλλά και την απορρόφηση ενέργειας. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές ανάκλασης των βασικών χρωμάτων σε τρεις διαφορετικές αποχρώσεις.[16]

<b>Συντελεστές Ανάκλασης Βασικών Χρωμάτων</b>			
<b>Χρώμα</b>	<b>Ανοικτό</b>	<b>Μέσο</b>	<b>Σκούρο</b>
Κίτρινο	0,7	0,5	0,3
Μπεζ	0,65	0,45	0,25
Κόκκινο	0,35	0,2	0,1
Πράσινο	0,6	0,3	0,12
Μπλε	0,5	0,2	0,05
Γκριζο	0,6	0,35	0,2
Καφέ	0,5	0,25	0,08
Λευκό	0,8	0,7	-
Μαύρο	-	0,04	-

*Εικ.1.8: Συντελεστές ανάκλασης των βασικών χρωμάτων σε τρεις διαφορετικές αποχρώσεις.*

Πηγή: <http://www.sustainableceilings.com/>

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συμπεριφορά οροφών και τοίχων σε περίπτωση πρόσπτωσης φωτός.

<b>Συντελεστές Ανάκλασης Οροφών και Τοίχων</b>		
<b>Συντελεστής Ανάκλασης Οροφής</b>	<b>Συντελεστής Ανάκλασης Τοίχων</b>	
Πολύ ανοιχτά χρώματα	0,7	-
Ανοιχτά χρώματα	0,5	0,5
Μεσαία χρώματα	0,3	0,3
Σκούρα χρώματα	-	0,1

*Εικ.1.9: Συντελεστές ανάκλασης οροφών και τοίχων για διαφορετικές αποχρώσεις.*

Πηγή: <http://www.sustainableceilings.com/>

## **Ηλιοπροστασία**

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι:

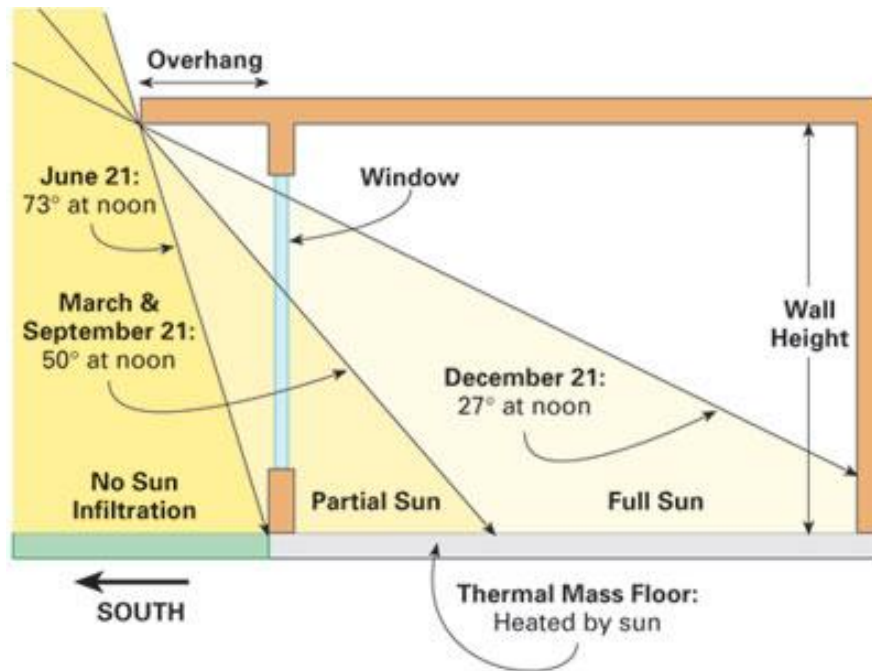
- ο προσανατολισμός της όψης,
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος),
- η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους

Σε σχέση με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι:

α) **για το νότιο προσανατολισμό**, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής -προβόλου ή περσίδων- από το κτίριο, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκίασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

β) **για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό**, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα.

γ) **για προσανατολισμό νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό**, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας. Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.

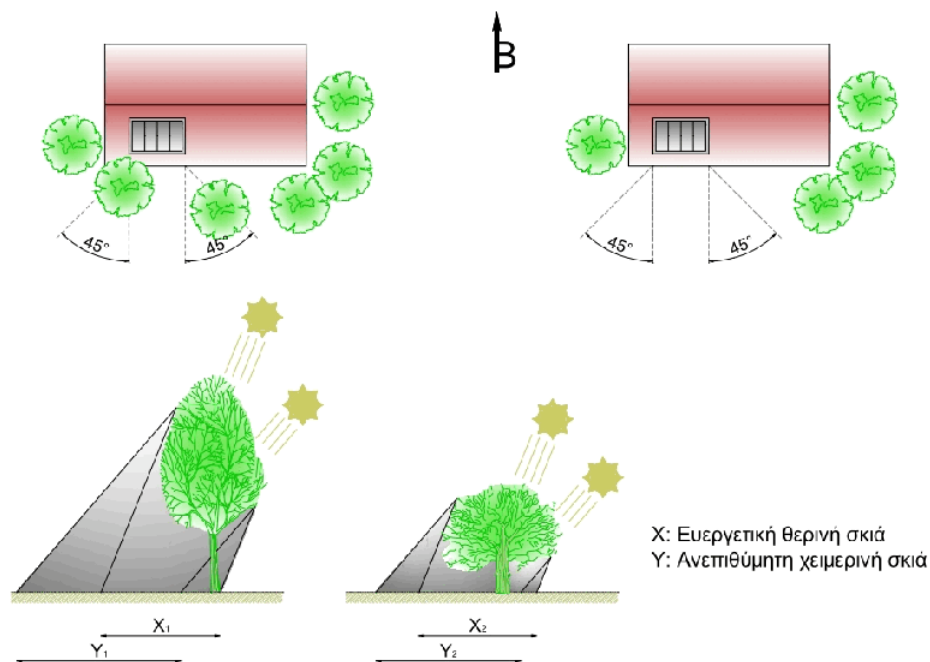


Εικ.1.10 Λειτουργία συστήματος σκίασης.

Πηγή: <http://www.solar-for-energy.com/windows-and-overhangs.html>

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης -μορφής και αποδοτικότητας- εξαρτάται άμεσα και από τη χρήση του κτιρίου και από τις ώρες λειτουργίας του. Η ηλιοπροστασία μιας κατοικίας καλύπτεται πλήρως με μια τέντα, ενώ για ένα κτίριο γραφείων ή μια βιβλιοθήκη το είδος του σκιάστρου οφείλει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των μόνιμων, σταθερών θέσεων εργασίας.

Επίσης, και το υλικό κατασκευής του ηλιοπροστατευτικού συστήματος επηρεάζει την απόδοσή του. Σκιάστρα κατασκευασμένα με υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως το σκυρόδεμα, αποθηκεύουν θερμότητα την οποία ακτινοβολούν και ενώ εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, δεν αποτρέπουν την υπερθέρμανση του κτιρίου.



Εικ.1.11: Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του.

Πηγή: <http://www.ecoarchitects.gr/>

## Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι αναγκαία προϋπόθεση για την εξασφάλιση υγιεινής, ευχάριστης και θερμικά άνετης διαμονής μέσα σε ένα κτίριο κάτω από συνθήκες οικονομίας. Ιδιαίτερα στις κατοικίες που λειτουργούν όλο το 24ώρο, η θερμομόνωση είναι βασική ανάγκη.

Το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εσωτερικές, δημιουργείται ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στον εσωτερικό χώρο. Η εφαρμογή θερμομόνωσης στο κέλυφος περιορίζει τη διείσδυση θερμότητας και αποτρέπει, ως ένα βαθμό, την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.



Με την καλή θερμομόνωση του κτιρίου επιτυγχάνεται :

- α) Εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας από τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο.
- β) Περιορισμός των φθορών που παρατηρούνται λόγω της έλλειψης θερμομόνωσης, όπως οι θραύσεις σωληνώσεων από τον παγετό, οι αποκολλήσεις επιχρισμάτων και χρωματισμών από συμπύκνωση υδρατμών στις ψυχρές εξωτερικές επιφάνειες.
- γ) Μείωση των δαπανών κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης, που είναι ανάλογες με την εγκατεστημένη ισχύ του λέβητα.
- δ) Μείωση των εκλυόμενων ρύπων στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται αφενός από την ποιότητα της θερμομόνωσης, αφετέρου από άλλες παραμέτρους όπως:

- α) Η έντονη έκθεση του κτιρίου στους ανέμους, η οποία αυξάνει τις θερμικές απώλειες. Αντίθετα η ύπαρξη γειτονικών κτιρίων, δέντρων ή άλλων εμποδίων τα οποία προφυλάσσουν το κτίριο από την άμεση επίδραση των ανέμων, μειώνουν τις θερμικές απώλειες.
- β) Ο αριθμός ελεύθερων πλευρών. Όσο περισσότερες είναι οι ελεύθερες πλευρές ενός κτιρίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές απώλειες. [8]

Η θερμομονωτική ικανότητα των στοιχείων κατασκευής χαρακτηρίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) του δομικού στοιχείου ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_a} \quad [1.1]$$

Όπου  $\alpha_i$  και  $\alpha_a$  είναι οι συντελεστές μεταβάσεως του αέρα για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες αντίστοιχα. Τα ανώτατα όρια των συντελεστών μεταβάσεως του αέρα για εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες, δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.12.

	Συντελεστής θερμικής μεταβάσεως ( $\alpha_i$ ) και ( $\alpha_\alpha$ )	Αντίσταση θερμικής μεταβάσεως ( $1/\alpha_i$ ) και ( $1/\alpha_\alpha$ )
	[W/m <sup>2</sup> .K]	[m <sup>2</sup> .K/W]
Επιφάνεια τοίχων, εσωτερικά παράθυρα, εξωτερικά παράθυρα	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από κάτω προς τα επάνω	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από επάνω προς τα κάτω	$\alpha_i = 5,84$	$1/\alpha_i = 0,17$
Στις εξωτερικές πλευρές με μέση ταχύτητα ανέμου περίπου 2 [m/s]	$\alpha_\alpha = 23,26$	$1/\alpha_\alpha = 0,04$

Εικ. 1.12 Συντελεστές θερμικής μεταβάσεως και αντίσταση θερμικής μεταβάσεως

Πηγή: ΦΕΚ 362 Δ'. ΚΘΚ – Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, Π.Δ. της 1.6/4.7.1979

$1/\Lambda$ , είναι ο συντελεστής θερμοδιαφυγής ενός δομικού στοιχείου σε [m<sup>2</sup>.h.°C/kcal] και υπολογίζεται από τη σχέση [1.2].

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{d_n}{\lambda_n} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad [1.2]$$

όπου

$d_i$ , είναι το αντίστοιχο πάχος του κάθε υλικού,

$\lambda_i$ , είναι οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των διαφόρων υλικών που αποτελούν ένα δομικό στοιχείο σε [W/m.K].

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας (**k**) των δομικών στοιχείων του κτιρίου, θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπ' όψη οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες, όπως υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683. Σε διαφορετική περίπτωση, ο συντελεστής θερμοπερατότητας **k** των δομικών στοιχείων, για κατακόρυφη απόσταση έως 1,5m εκατέρωθεν του στοιχείου θερμογέφυρας, θα προσαυξάνεται κατά 10% έναντι της τιμής που προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης [1.1].

Σε όλες τις ζώνες συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων κυρίως στις πλευρές του κτιρίου που είναι εκτεθειμένες σε ψυχρούς ανέμους, (ανάλογα την επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου). Αντίστοιχα στα κτίρια που βρίσκονται στην Κλιματική Ζώνη Γ και Δ συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε όλες τις πλευρές του κτιρίου.[7]

### **Φυσικός αερισμός**

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας. Στοχεύει στην απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής.

Σε περιοχές στις οποίες το κλίμα είναι ήπιο και υπάρχει ανάγκη για φυσικό αερισμό και δροσισμό κτιρίων, ο σχεδιασμός εκμεταλλεύεται τα τοπικά κλιματικά χαρακτηριστικά, όπως τις θαλάσσιες αύρες και τα δροσερά ρεύματα αέρα που δημιουργούνται από τη βλάστηση.

Στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, η κίνηση του αέρα πρέπει να ελέγχεται, για να μεγιστοποιείται η θετική επίδραση της στη θερμική άνεση το καλοκαίρι, αυξάνοντας τόσο την ταχύτητα ψύξης του σώματος μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα, όσο και την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον του.

Φυσικός αερισμό προκαλείται είτε λόγω διαφοράς θερμοκρασίας στα στρώματα του αέρα, είτε λόγω ανεμοπίεσης στις θέσεις στις οποίες υπάρχουν ανοίγματα στο κτίριο.[9]

Χώρος	Εκτιμώμενα άτομα ανά 100 m <sup>2</sup> επιφάνειας δαπέδου	Απαιτούμενος αερισμός ανά άτομο (m <sup>3</sup> /h. άτομο)	
		Ελάχιστος	Συνιστώμενος
<b>Νοσοκομεία</b>			
Αίθουσες αναμονής	55	34	42-51
Δωμάτια ασθενών	22	17	26-34
Χειρουργεία	--	34	--
Αίθουσες εξετάσεων	10	50	70-85
Αναρρωτήρια	--	25	--
<b>Γραφεία</b>			
Γενικά	10	25	25-42
Αίθουσες συνδιαλέξεων	65	42	51-68
Σχεδιαστήρια	22	12	17-25
Αίθουσες αναμονής	32	12	25-34
Αίθουσες Η/Μ	22	9	12-17

Εικ.1.13 Απαιτούμενος αερισμός κτιρίων τριτογενή τομέα, Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2425

Πηγή: Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.

## Πίνακες για τις εσωτερικές συνθήκες αναφοράς για τα κτίρια

### Επιθυμητή Θερμοκρασία και Υγρασία Κτιρίων

Κτίρια με ειδικές χρήσεις όπως π.χ. τα νοσοκομεία, η επιθυμητή θερμοκρασία καθορίζεται ανάλογα την χρήση των επιμέρους χώρων (γραφεία, δωμάτια ασθενών, χειρουργεία κλπ) [Τ.Ο. 2425/86].

<b>Είδος χώρου κτιρίου: Νοσοκομεία</b>	<b>Επιθυμητή θερμοκρασία (°C )</b>
Γραφεία	20
Αίθουσες ασθενών, δωμάτια	20
Αίθουσες αναμονής	18
Αίθουσες εξετάσεων	18 - 21
Χειρουργεία	18 - 21
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων	16
Βοηθητικοί χώροι	15

*Εικ.1.14 Θερμοκρασίες Χώρων Διαμονής για την περίοδο θέρμανσης.*

*Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.*

Αντίστοιχα στην Εικόνα 1.15 δίνονται οι συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού, (θερμοκρασία, υγρασία), για κλιματιζόμενους χώρους την χειμερινή και θερινή περίοδο, για κτίρια του οικιακού και τριτογενή τομέα, όπως ορίζονται στην Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 2425.

<b>Χώρος Νοσοκομεία</b>	<b>Χειμερινή περίοδος</b>		<b>Θερινή περίοδος</b>	
	<b>Θερμοκρασία (°C )</b>	<b>Υγρασία (%)</b>	<b>Θερμοκρασία (°C )</b>	<b>Υγρασία (%)</b>
Αίθουσες	24	30	24	45-50
Χειρουργεία			20-24	50-60
Αναρρωτήρια			24	50-60
Γραφεία	21-23	30-35	25-26	40-50

*Εικ.1.15 Θερμοκρασίες και Υγρασίες για κλιματιζόμενα κτίρια.*

*Πηγή: Θερμοκρασίες και Υγρασίες για κλιματιζόμενα κτίρια Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.*

## Απαιτούμενος Αερισμός Κτιρίων

Για τον αερισμό των κατοικιών οι Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2425, ορίζει τις ελάχιστες και τις συνιστώμενες απαιτήσεις για τον αερισμό στα κτίρια του τριτογενή τομέα Πίνακας 1.16.

Χώρος	Εκτιμώμενα άτομα ανά 100 m <sup>2</sup> επιφάνειας δαπέδου	Απαιτούμενος αερισμός ανά άτομο (m <sup>3</sup> /h. άτομο)	
		Ελάχιστος	Συνιστώμενος

<b>Νοσοκομεία</b>			
Αίθουσες αναμονής	55	34	42-51
Δωμάτια ασθενών	22	17	26-34
Χειρουργεία	--	34	--
Αίθουσες εξετάσεων	10	50	70-85
Αναρρωτήρια	--	25	--
<b>Γραφεία</b>			
Γενικά	10	25	25-42
Αίθουσες συνδιαλέξεων	65	42	51-68
Σχεδιαστήρια	22	12	17-25
Αίθουσες αναμονής	32	12	25-34
Αίθουσες Η/Μ	22	9	12-17

Εικ.1.16 Απαιτούμενος αερισμός κτιρίων τριτογενή τομέα

Πηγή: : Θερμοκρασίες και Υγρασίες για κλιματιζόμενα κτίρια Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.

## 1.5 Βιβλιογραφία 1<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

[1] <http://www.epa.gov>

[2] <http://www.ypeka.gr>

[3] <http://el.wikipedia.org>

[4] <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>

[5] Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».

[6] ΦΕΚ 89, Νόμος 3661/19-05-2008. “Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις”.

[7] ΦΕΚ 362 Δ'. ΚΘΚ – Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, Π.Δ. της 1.6/4.7.1979.

[8] Τ.Ο. ΤΕΕ 2425/86 – Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.

[9] ΕΛΟΤ – 234. Ελληνικό Πρότυπο για “Λέβητες κεντρικής θερμάνσεως – Ορολογία – Ονομαστική Ισχύς – Τεχνικές απαιτήσεις θερμάνσεως – Σήμανση”.

[10] ΥΠΕΧΩΔΕ - ΕΑΑ, Αναθεώρηση του 2ου Εθνικού Προγράμματος μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου - Εκτίμηση της ανάγκης αξιοποίησης των μηχανισμών του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Αθήνα 2007.

[11] 2008 Building Energy Efficiency Standards for Residential and Non Residential Buildings, December 2008, CEC-400-2008-001-CMF

[12] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), <http://www.cres.gr/kape/index.htm>

[13] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)

[14] <http://www.e-greenbuilding.gr>

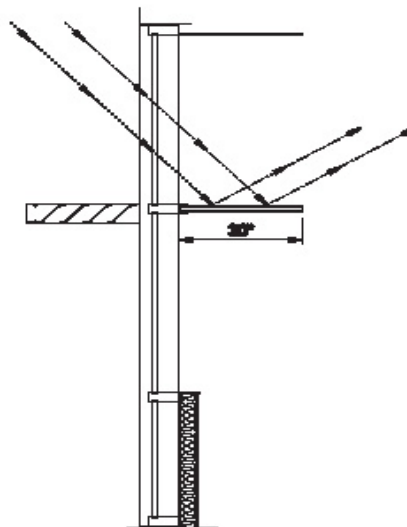
[15] Αιμ. Γ. Κορωναίος καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ. Ι. Πουλάκος ΑΝ. Καθηγητής Ε.Μ.Π., Τεχνικά Υλικά, Τόμος 4, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2006

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εξυπηρετήσει με φυσικό τρόπο και τις ανάγκες για φωτισμό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων και τεχνικών φυσικού φωτισμού, που στοχεύουν στην κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό με αξιοποίηση του φυσικού φωτός, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις εργασίες που επιτελούνται μέσα στους χώρους. Η επάρκεια του φυσικού φωτισμού και η κατανομή του εξαρτώνται από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων και του φωτιζόμενου χώρου, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (υφή, χρώμα) και των υαλοπινάκων (ανακλαστικότητα, φωτεινή διαπερατότητα), αλλά και από τη χρήση ανακλαστικών διατάξεων ελέγχου (περσίδες).[1]

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί
- Ειδικοί Υαλοπίνακες
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Σκίαστρα



Εικ.2.1 Βασική αρχή των ραφιών φωτισμού.

Πηγή: <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/buildings/basics/windows/how/images>



## 2.1 Ένταση φωτισμού / Illuminance (E)

Ως «ένταση φωτισμού» μιας επιφάνειας ορίζεται ο λόγος της φωτεινής ροής που φθάνει σε μία ομοιόμορφη επιφάνεια προς το εμβαδόν της τελευταίας.

Ένταση φωτισμού επιφάνειας = φωτεινή ροή / εμβαδό

Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το lux, όπου  $\text{lux} = \text{lm} / \text{m}^2$  [2]

### Απαιτήσεις για Φωτισμό

Η Εικόνα 2.2 περιλαμβάνει ενδεικνυόμενες τιμές για την στάθμη φωτισμού και την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού, σύμφωνα με το EN 12464-1:2002.

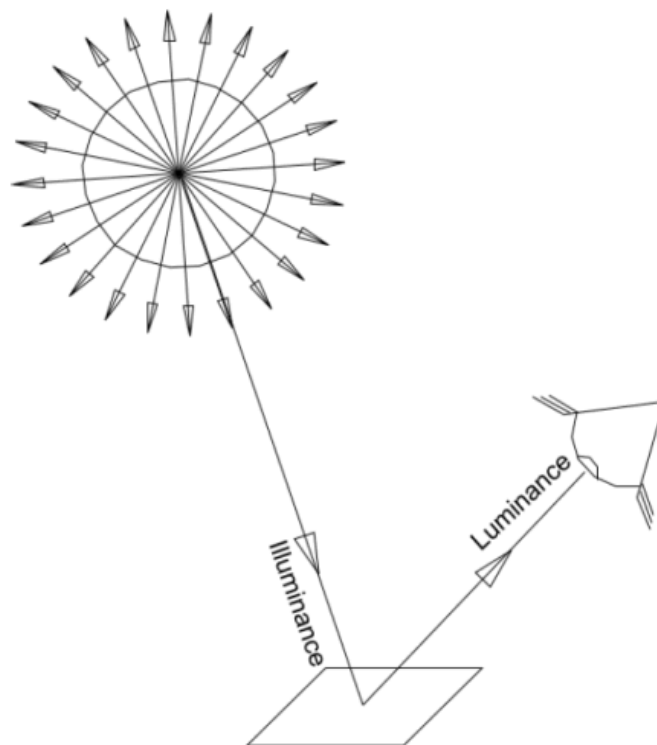
Χρήση κτιρίου	Χρήση Χώρου	Στάθμη Φωτισμού (lux)	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Επίπεδο μέτρησης (m)
Κτίρια Γραφείων	Γραφεία	500	15	0.80
Νοσοκομεία	Θάλαμος	100	15	0.80

Εικ.2.2 Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίων τριτογενή τομέα ( EN 12464-1:2002).

Τα ποιοτικά κριτήρια ως προς το φωτισμό τίθενται ανάλογα με τη λειτουργία των χώρων και τις δραστηριότητες που απασχολούν την όραση των χρηστών του χώρου. Η δυσχέρεια μιας οπτικής δραστηριότητας εξαρτάται από τη λεπτομέρεια μιας εργασίας, την ορθότητα και την ταχύτητα της αντίληψης, καθώς και από τις εμφανιζόμενες φωτεινές εντάσεις και τις φωτεινές αντιθέσεις. Είναι

εύκολο να αξιολογήσουμε την ποιότητα του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο βάσει των παρακάτω αντικειμενικών κριτηρίων:

- Φωτεινή ένταση
- Κατανομή φωτεινής πυκνότητας
- Αποφυγή θαμπώματος
- Κατεύθυνση φωτός και σκιά
- Χρωματισμός φωτός και απόδοση χρωμάτων
- Σε εσωτερικούς χώρους με την υποβοήθεια τεχνητού φωτισμού συνιστώνται οι παρακάτω τιμές φωτεινής έντασης[3]

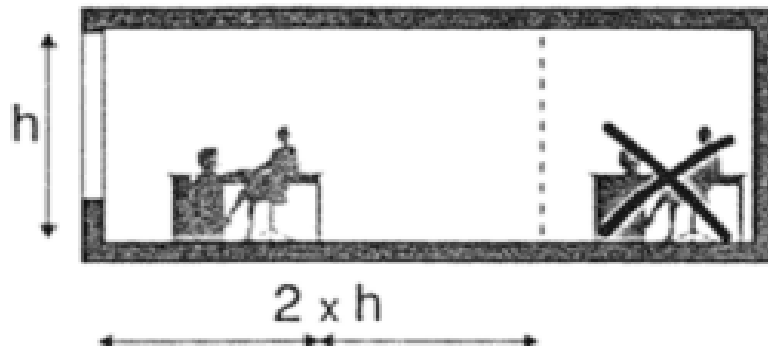


**Luminance is what gets into your eye**

*Εικ.2.3 Λαμπρότητα και ένταση φωτισμού.*

*Πηγή: [www.ransen.com](http://www.ransen.com)*

Ισχύει, επίσης, ο απλός κανόνας ότι εάν το βάθος του χώρου υπερβαίνει το διπλάσιο του ύψους της άνω ακμής του ανοίγματος από το πάτωμα, χρειάζεται στην περιοχή εκείνη διαρκής τεχνητός φωτισμός και κατά συνέπεια, αυξημένη ανάγκη ενέργειας.[4]



Εικ.2.4 Βάθος των χώρων για εργασία με επαρκή Φυσικό Φωτισμό.

Πηγή: [www.ransen.com](http://www.ransen.com)

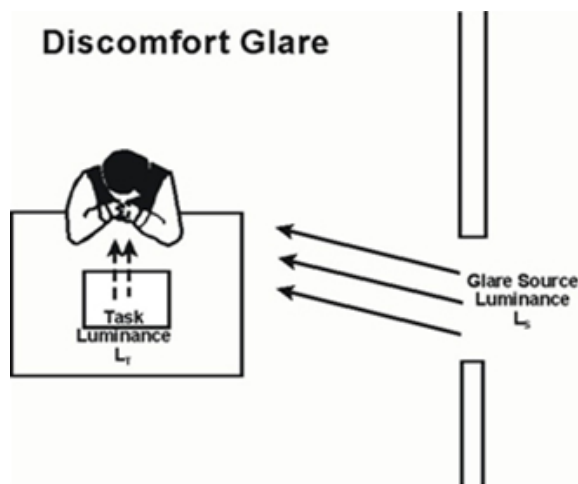
Στην 9η έκδοση του IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) αναφέρονται ορισμένα γενικά όρια έντασης φωτισμού επιφανειών για τα νοσοκομεία, τα οποία είναι τα εξής:

- Γενικός φωτισμός πτερύγων : 300 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο
- Φωτισμός απλής εξέτασης : 500 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο
- Φωτισμός εξέτασης και θεραπείας : 1000 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο

Κατά την ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers), η προτεινόμενη μέση αποδεκτή τιμή λαμπρότητας φωτισμού είναι 30ft (όπου ft=footcandles=cd/ft<sup>2</sup>) σε ύψος 30 ιντσών από το δάπεδο ή αλλιώς περίπου 320 cd/ft<sup>2</sup> σε ύψος περίπου 0.75 μ από το δάπεδο.[5]

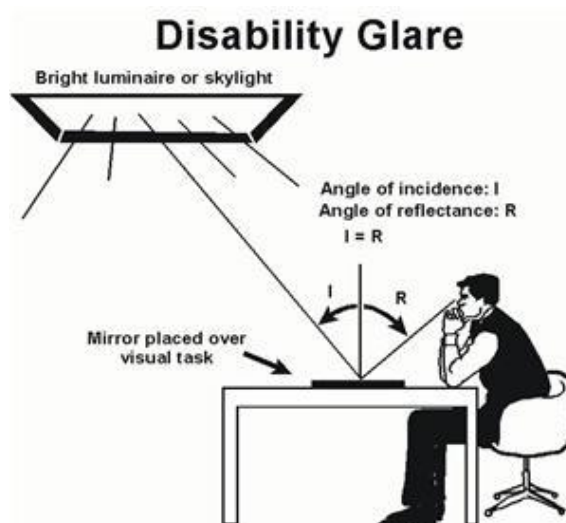
## 2.2 Θάμβωση

Θάμβωση είναι η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία ή μείωση της απόδοσης ή και της ορατότητας. Θάμβωση μπορεί να προκύψει από την άμεση θέαση του ήλιου ή τμήματος του ουρανού μεγάλης φωτεινότητας, δια μέσου των ανοιγμάτων ή από την πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο εργασίας.



Εικ.2.5 Θάμβωση από εξωτερική πηγή

Πηγή: <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/buildings/basics/windows/how/images>



Εικ.2.6 Θάμβωση και δυσφορία

Πηγή: <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/buildings/basics/windows/how/images>

Η ποσοτική αποτίμηση της θάμβωσης γίνεται με διάφορους τρόπους. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφορά στον υπολογισμό του δείκτη θάμβωσης (glare index, GI), μέσω της σταθεράς της θάμβωσης (glare constant, G):

$$G = K \times P \times \frac{L_s^{1,6} \times \omega^{0,8}}{L_b} \quad [-]$$
$$GI = 10 \times \log G \quad [-]$$

Όπου :

G η σταθερά της θάμβωσης [-]

GI ο δείκτης θάμβωσης [-]

K σταθερά [-], εξαρτώμενη από τις μονάδες των παραμέτρων

P συντελεστής θέσης [-], ο οποίος εξαρτάται από τη θέση της πηγής της θάμβωσης σε σχέση με την κατεύθυνση εστίασης (επόμενος πίνακας)

V κατακόρυφη απόσταση φωτεινής πηγής - ματιού

R οριζόντια απόσταση φωτεινής πηγής - ματιού

L πλευρική απόσταση φωτεινής πηγής και γραμμής εστίασης

Ls η φωτεινότητα της πηγής [cd / m<sup>2</sup>]

Lb η φωτεινότητα των επιφανειών του οπτικού πεδίου [cd / m<sup>2</sup>]

ω η στερεά γωνία θέασης της πηγής [ sr ]

Η παραπάνω εξίσωση εφαρμόζεται συνήθως όταν η κύρια πηγή θάμβωσης είναι η εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού.[6]

Η εκτίμηση της θάμβωσης από το φυσικό φως, η οποία προκαλείται από τη θέαση του ουράνιου θόλου μέσα από έναν εσωτερικό χώρο, σχετίζεται με το δείκτη θάμβωσης για τον τεχνητό φωτισμό (GI) και υπολογίζεται από τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

$$DGI = \frac{2}{3} \times (GI + 14)$$

Όπου:

**GI** ο δείκτης θάμβωσης, υπολογισμένος με βάση τις δύο προηγούμενες εξισώσεις,

**DGI** ο δείκτης θάμβωσης για το φυσικό φως

Κλίμακα αξιολόγησης της θάμβωσης βάσει των τιμών του δείκτη DGI διαμορφώνεται ως εξής:

- DGI < 18 : Ανεπαίσθητη Θάμβωση
- DGI > 18 και DGI < 24 : Αισθητή Θάμβωση
- DGI > 24 και DGI < 31 : Ενοχλητική Θάμβωση
- DGI > 31 : Ανυπόφορη Θάμβωση[7]

### **Daylight Glare Probability, DGP**

Πιθανότητα Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού (Daylight Glare Probability, DGP).

Η έννοια αυτή ορίστηκε το 2006 από τους Wienold και Christoffersen.

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} E_v + 9.18 \times 10^{-5} \log_{10} 2 \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{L_{s,i}^2 \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} P_i^2} \right)$$

Η απλοποιημένη του μορφή είναι η εξής:

$$DGP_{(s)} = 6.22 \times 10^{-5} \times E_v + 0.184$$

Βάσει των τιμών του DGP, η κλίμακα αξιολόγησης της θάμβωσης είναι:

- $DGP < 0,35$  : Ανεπαίσθητη Θάμβωση
- $DGP > 0,35$  και  $DGP < 0,40$  : Αισθητή Θάμβωση
- $DGP > 0,40$  και  $DGP < 0,45$  : Ενοχλητική Θάμβωση
- $DGP > 0,45$  : Ανυπόφορη Θάμβωση[8]

### 2.3 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού

Ο δείκτης της **Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού** (Daylight Autonomy, **DA**) ορίζεται ως το ποσοστό των κατειλημμένων ωρών ετησίως, που ενδεχομένως να διατηρηθεί το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού που έχει ορισθεί να εξασφαλίζεται, μόνο από το φυσικό φως, ενώ εξετάζει όλες τις συνθήκες του ουρανού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού αντιστοιχεί στην ελάχιστη απαίτηση φυσικού φωτισμού που πρέπει να διατηρηθεί, ώστε μια ορισμένη εργασία να είναι δυνατόν να εκτελεστεί ακίνδυνα και χωρίς κούραση του εργαζομένου. Παραδείγματος χάριν, μια αυτονομία φυσικού φωτισμού 70% για ένα χώρο εργασίας με ώρες απασχόλησης στις εργάσιμες ημέρες μεταξύ 8 πμ. και 6 μμ. και κατώτερα επίπεδα φωτισμού 500 lux, υπονοεί ότι ο υπάλληλος μπορεί, σε γενικές γραμμές, να εργαστεί το 70% του έτους μόνο με τη χρήση του φυσικού φωτισμού.[9]

Ο **Δείκτης Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού** (Useful Daylight Illuminance, **UDI**), είναι ένας νέος τρόπος αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού στα κτίρια, ο οποίος σχετίζεται κυρίως με την ποσότητα αλλά και με την ποιότητα του φωτός στο επίπεδο εργασίας [Nabil & Mardaljevic, 2005], [Nabil &

Mardaljevic, 2006]. βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα ωριαίων τιμών φυσικού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ η συγκεκριμένη προσέγγιση λαμβάνει υπόψη πραγματικούς, ρεαλιστικούς τύπους ουρανού (και όχι απλά το νεφοσκεπή), προβλέποντας ωριαίες τιμές φυσικού φωτισμού (lux) μέσα στα κτίρια. Επιπλέον, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τάση των υψηλών τιμών φωτισμού να προκαλούν οπτική δυσφορία στους χρήστες (θάμβωση), καθώς και ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη. Η νέα αυτή μέθοδος υπολογίζει τη συχνότητα κατά την οποία επιτυγχάνονται τιμές φυσικού φωτισμού συγκεκριμένου εύρους (κλίμακας).

Ωφέλιμες τιμές φυσικού φωτισμού ορίζονται αυτές που περιλαμβάνονται στο εύρος των 100-2000 lux. Το εύρος αυτό καθορίστηκε βάσει πρόσφατων επιτόπιων ερευνών σχετικά με τη συμπεριφορά χρηστών υπό διαφορετικές συνθήκες φυσικού φωτισμού [Nabil & Mardaljevic, 2006:906]. Έτσι, έγινε ο εξής διαχωρισμός όσον αφορά στα επίπεδα φωτισμού που προκύπτουν σε έναν οποιονδήποτε εσωτερικό χώρο λόγω φυσικού φωτισμού:

- Τιμές < 100 lux θεωρούνται ανεπαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (ώστε ο φυσικός να αποτελέσει τη μοναδική πηγή φωτισμού)
- Τιμές 100 – 500 lux θεωρούνται επαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (με το φυσικό φωτισμό να αποτελεί είτε μοναδική πηγή είτε συμπληρωματική του τεχνητού φωτισμού)
- Τιμές 500 – 2000 lux θεωρούνται επιθυμητές και πλήρως επαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (με το φυσικό να αποτελεί μοναδική πηγή φωτισμού)
- Τιμές > 2000 lux θεωρούνται ικανές να προκαλέσουν προβλήματα οπτικής ή θερμικής άνεσης

Τέλος, ο **Δείκτης Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού** (Continuous Daylight Autonomy, **conDA**), προτεινόμενος από τον Rogers το 2006, είναι ένας άλλος δείκτης που προέκυψε από την έρευνα. Αντίθετα με τη συμβατική Αυτονομία Φυσικού Φωτισμού, μερική συμβολή του φυσικού φωτός αποδίδεται στα χρονικά σημεία που η ένταση φυσικού φωτός βρίσκεται κάτω από το κατώτατο απαιτούμενο επίπεδο έντασης φωτισμού. Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου απαιτούνται 500 lux και παρέχονται 400 lux από το φυσικό φως σε μία δεδομένη στιγμή, μια μερική συμβολή  $400\text{lux}/500\text{lux}=0.8$  προσφέρεται για εκείνο το χρονικό διάστημα. Το αποτέλεσμα είναι η κατάργηση ενός αυστηρού κατώτατου ορίου και η εξομάλυνση της μετάβασης μεταξύ της συνεισφοράς και της μη συνεισφοράς. Αυτή η αλλαγή στο δείκτη μπορεί να δικαιολογηθεί από τις έρευνες πεδίων που δείχνουν ότι οι προτιμήσεις φωτισμού ποικίλουν μεταξύ των ατόμων και ότι πολλοί υπάλληλοι γραφείων τείνουν να εργάζονται σε χαμηλότερα επίπεδα φυσικού φωτός από τα συνήθως



αναφερόμενα 300 ή 500 lux. Ουσιαστικά, ο δείκτης αναγνωρίζει ότι ακόμη και μια μερική συμβολή του φυσικού φωτός σε ένα χώρο είναι ευεργετική. Ιδιαίτερα, η μέθοδος της Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού είναι χρήσιμη για την εμφάνιση της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας στην περίπτωση που ο τεχνητός φωτισμός έχει δυνατότητα ρύθμισης της έντασης (dimming) ή διακόπτες με δυνατότητα πολύ-επίπεδης επιλογής.[10]

## 2.4 Βιβλιογραφία 2<sup>ο</sup> Κεφαλαίου

- [1] Chartered Institution of Building Services Engineers, [www.cibse.org](http://www.cibse.org)
- [2] «Advanced Energy Design Guide for Small Hospitals and Healthcare Facilities», American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)
- [3] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012
- [4] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων ,Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010
- [5] <http://tinyhousetalk.com/passive-solar-design-for-tiny-houses/>
- [6] <http://www.ecoarchitects.gr/>
- [7] <http://www.solar-for-energy.com/windows-and-overhangs.html>
- [8] Μιχάλης Β. Χατζηγιακουμής, Αξιολόγηση παραμέτρων φυσικού φωτισμού Θαλάμων Νοσηλείας μέσω λογισμικού Relux, , Διπλωματική Εργασία, Επιβλέποντες: Τζουβαδάκης Ι., Σκλάβου Ε., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2013
- [9] Lighting Guide 2: Lighting for Hospital and Healthcare Buildings, CIBSE, (1989, added-on 1999)
- [10] IESNA, The Lighting Handbook, Ninth Edition

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Στην παρούσα εργασία, έγιναν προσομοιώσεις με χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Google SketchUp το οποίο είναι συνδεδεμένο με το λογισμικό OpenStudio. Επίσης έγινε χρήση του προγράμματος Radiance για τη μέτρηση επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας και απόδοσης φωτισμού, μέσω αντίστοιχων επεκτάσεων (plug-in). Τελικά, η θερμική ανάλυση και η εξαγωγή γενικότερων ενεργειακών παραμέτρων επετεύχθη μέσω του προγράμματος EnergyPlus

### 3.1 Google SketchUp

Το SketchUp είναι ένα τρισδιάστατο πρόγραμμα σχεδίασης το οποίο εκτός από την εικονική αποτύπωση κάθε κτιρίου επιτρέπει και τον καθορισμό της λειτουργικότητας αυτού (π.χ. νοσοκομείο, κατοικία κ.α.) με έτοιμες προδιαγραφές. Επίσης, υποστηρίζει πολλές επεκτάσεις προγραμμάτων (plug-ins), παρέχοντας διάφορες δυνατότητες εύκολα και άμεσα, όπως τη φωτο-ρεαλιστική απόδοση.

Το SketchUp, με τη βοήθεια της επέκτασης του OpenStudio είναι το μέσο για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Ο χρήστης δημιουργεί γρήγορα το κτίριο με την γεωμετρία του και τα χαρακτηριστικά αυτού. Στη συνέχεια, για την ενεργειακή μελέτη χρησιμοποιείται το OpenStudio.[1]

### 3.2 OpenStudio

Η εφαρμογή Openstudio είναι ένα γραφικό εργαλείο ενεργειακής μοντελοποίησης ολόκληρου του κτιρίου, μέσω του EnergyPlus και της ανάλυσης φυσικού φωτός, μέσω του Radiance. Το Openstudio περιλαμβάνει επιπλέον το Parametric Analysis Tool, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να τροποποιούν ένα μοντέλο Openstudio ώστε να παράγει εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού, το Run Manager, το οποίο επιτρέπει την περιήγηση, τη σχεδίαση και τη σύγκριση δεδομένων από μοντελοποιήσεις και τέλος, το Results Viewer, που είναι και το μέσον εξαγωγής αποτελεσμάτων.

Το νέο Openstudio Plug-in καθιστά εύκολη τη δημιουργία και την επεξεργασία της γεωμετρίας του κτιρίου στα αρχεία εισόδου του EnergyPlus και την εκχώρηση χωρικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιώντας την ενσωματωμένη λειτουργικότητα του SketchUp, συμπεριλαμβανομένων των υφιστάμενων εργαλείων σχεδίασης, ενοποίηση με το Google Earth, το Building Maker και το Photo

Match. Επίσης, επιτρέπει να γίνουν προσομοιώσεις στο EnergyPlus και να εξαχθούν τα αποτελέσματα χωρίς την έξοδο από το SketchUp.

Το OpenStudio Plug-in δημιουργήθηκε από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (National Renewable Energy Laboratory) για το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α., προκειμένου να διευκολύνει τη χρήση του Energy Plus. Ουσιαστικά, επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργεί και να επεξεργάζεται θερμικές ζώνες και επιφάνειες μέσω του Google SketchUp, οι οποίες εισάγονται στο Energy Plus για να γίνει η προσομοίωση.

Εισάγεται στην πλατφόρμα του OpenStudio η γεωμετρία και τα χωρικά χαρακτηριστικά, όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα SketchUp και στη συνέχεια γίνεται η επεξεργασία δεδομένων, όπως οι ιδιότητες των υλικών, η διαμόρφωση των δομικών στοιχείων (π.χ. τοίχοι, παράθυρα, δάπεδα, κτλ.), η προσθήκη σκίασης, συστημάτων αερισμού, κλιματισμού, θέρμανσης και άλλες λειτουργίες του κτιρίου, σε σχέση με τους χώρους ή τις θερμικές ζώνες. Σε όλα τα παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται η δυναμική επιλογή αντίστοιχων χρονοδιαγραμμάτων. Τελικώς, προστίθεται η χρήση μιας ετήσιας προσομοίωσης μέσω Radiance για τη μέτρηση φυσικού φωτισμού ή θάμβωσης σε προεπιλεγμένο σημείο του μοντέλου.

Οι βασικές λειτουργίες του OpenStudio Plug-in παρέχουν τη δυνατότητα για:

- Δημιουργία και επεξεργασία θερμικών ζωνών και επιφανειών στο Energy Plus.
- Εισαγωγή δεδομένων στο Energy Plus, εκτέλεση του προγράμματος και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων μέσω του SketchUp.
- Ενοποίηση των επιφανειών που βρίσκονται σε γειτονικές θερμικές ζώνες.
- Αναζήτηση επιφανειών πληκτρολογώντας το όνομα τους.
- Προσθήκη των εσωτερικών θερμικών κερδών και της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Προσθήκη του ιδανικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Ρύθμιση και αλλαγή λανθασμένων κατασκευών.
- Προσθήκη στοιχείων ελέγχου του φυσικού φωτισμού και ηλιακών χαρτών. [2]

### 3.3 Energy Plus

Το EnergyPlus είναι ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία προσομοίωσης διαθέσιμα σήμερα . Συγκεκριμένα, το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. με στόχο την προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει πολλές πρωτοποριακές δυνατότητες προσομοίωσης όπως π.χ. της θερμικής άνεσης , της χρήσης του νερού , του φυσικού αερισμού , τα φωτοβολταϊκά συστήματα κ.ά. Είναι βασισμένο σε δύο προηγούμενα λογισμικά, το BLAST (Building Loads and System Thermodynamics) και το DOE-2 (Department Of Energy-2), που δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Τα προγράμματα αυτά είχαν κάποιες αδυναμίες τις οποίες το EnergyPlus έχει καταφέρει και έχει αντιμετωπίσει με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων, όπως είναι η προσομοίωση με συστήματα ψύξης-θέρμανσης τελευταίας τεχνολογίας, η εξαγωγή αποτελεσμάτων με χρονικά βήματα κ.ά.[3]

Οι ερευνητές το χρησιμοποιούν για να μοντελοποιήσουν την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και τελικά να βελτιστοποιήσουν το σχεδιασμό του έχοντας βασικό στόχο τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση σε ενέργεια και νερό. Είναι άμεσα συγχρονισμένο με το εκάστοτε αρχείο του OpenStudio και του SketchUp, και έτσι δίνει τη δυνατότητα απόδοσης των μεταβλητών αυτών των προγραμμάτων. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα υπολογισμού πληθώρας αποτελεσμάτων, όπως η θερμοκρασία και το ποσοστό υγρασίας που επικρατούν στους χώρους του κτιρίου, η ενεργειακή κατανάλωσή του καθώς και συστημάτων, όπως ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, αερισμού, μηχανολογικού εξοπλισμού, χρήσης νερού καθώς και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κ.ά. Όλα όσα χρειάζονται δηλαδή για να γίνει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των ροών ενέργειας του κτιρίου. Και όλα αυτά τα αποτελέσματα έχουν χρονικά βήματα λιγότερο από μία ώρα.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία και με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα ο μελετητής μπορεί πλέον να σχεδιάσει το κτίριο ή να επέμβει στο ήδη υπάρχον έτσι ώστε αυτό να αναβαθμιστεί ενεργειακά μέσω της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας. [4]

### 3.4 Radiance

Το Radiance είναι ένα πρόγραμμα για την ανάλυση και οπτικοποίηση του φυσικού φωτισμού στο σχεδιασμό καθώς και του τεχνητού. Είναι ένα εργαλείο το οποίο υπολογίζει και προβλέπει την ορατή ακτινοβολία στον χώρο. Τα αρχεία εισόδου είναι η γεωμετρία ,τα υλικά, τα φωτιστικά, η ώρα, η

ημερομηνία και οι συνθήκες του ουρανού (για τους υπολογισμούς του φυσικού φωτισμού). Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη φασματική ακτινοβολία (δηλαδή φωτεινότητα και χρώμα), την ακτινοβολία (φωτισμός και χρώμα) κ.ά. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορεί να εμφανίζονται ως έγχρωμες εικόνες ή αριθμητικές τιμές. Η ειδικότητά του ως πρόγραμμα είναι η παροχή τόσο ρεαλιστικών εικόνων και αριθμητικών δεδομένων. Οι σχεδιαστές μπορούν να δουν πώς θα μοιάζει η δουλειά τους και ταυτόχρονα χρησιμοποιούν τα αριθμητικά δεδομένα (τιμές φωτεινότητας ή έντασης φωτισμού) για να ελέγξουν την επιθυμητή ποσότητα του φωτός ή να συγκρίνουν τις τιμές με εκείνες που προκύπτουν από άλλες πηγές φωτός.

Το κύριο πλεονέκτημα του Radiance είναι ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τη γεωμετρία ή τα υλικά που μπορεί να προσομοιώσει. Το Radiance χρησιμοποιείται από τους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς για να προβλέψουν τον φωτισμό, την οπτική ποιότητα και εμφάνιση καινοτόμων χώρων σχεδιασμού, καθώς και από τους ερευνητές για την αξιολόγηση των νέων τεχνολογιών φωτισμού και φυσικού φωτισμού.

Το Radiance πλεονεκτεί έναντι άλλων προγραμμάτων φωτισμού για διάφορους λόγους. Πρώτον, χρησιμοποιεί τεχνική προσομοίωσης ray-tracing, που συνεπάγεται τον υπολογισμό των ανακλάσεων σε όλες τις επιφάνειες του χώρου στο τελικό αποτέλεσμα. Επιπλέον, μπορεί να χειριστεί οποιοδήποτε είδος υλικού (κατοπτρικό, ημι-κατοπτρικό και διάχυτο) και δίνει καλά αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις, σε αντίθεση με κάθε άλλο πρόγραμμα προσομοίωσης φωτισμού. Τέλος, έχει κάποιες σημαντικές δυνατότητες που δεν υπάρχουν σε άλλα αντίστοιχα προγράμματα όπως η δυνατότητα για την ακριβή καταγραφή αλληπάλληλων ανακλάσεων (diffuse and specular interreflection) σε πολύπλοκους χώρους. Αυτή είναι μια βασική προϋπόθεση για την πρόβλεψη της φωτεινότητας σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές.[5]

### 3.5 Βασικές ιδιότητες υλικών κελύφους και παράμετροι λογισμικού

**Ανακλαστικότητα** επιφάνειας ορίζεται το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, που ανακλά η επιφάνεια αυτή, επηρεάζεται κυρίως από το χρώμα και την υφή της.

Το χρώμα της επιφάνειας ρυθμίζει τη θερμική της συμπεριφορά στην ηλιακή ακτινοβολία. Υλικά με ίδιες θερμικές ιδιότητες, αλλά διαφορετικό χρώμα, αναπτύσσουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Όσο πιο σκούρα είναι μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη επιφανειακή θερμοκρασία αναπτύσσει. Η διαφορά μεταξύ των επιφανειακών θερμοκρασιών ενός υλικού σκούρου χρώματος και του ίδιου υλικού ανοιχτού χρώματος, μπορεί να φτάσει έως και 20 °C.

Υλικά με μεγάλη ανακλαστικότητα, ανοιχτόχρωμα και λεία, όπως το λευκό μάρμαρο, ανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, διατηρώντας έτσι σχετικά χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες. Αντίθετα, υλικά με μικρή ανακλαστικότητα, σκουρόχρωμα και αδρά, όπως η άσφαλτος, απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει πάνω τους, αυξάνοντας έτσι πολύ τη θερμοκρασία της μάζας και της επιφάνειάς τους.

Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα, αν και αναπτύσσουν χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες από τις σκουρόχρωμες, δημιουργούν στο επίπεδο ζωής, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ένα οπτικά και θερμικά δυσάρεστο περιβάλλον. Οι χρήστες του χώρου δέχονται πάνω τους άμεσα τις ανακλάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας. Το λευκό χρώμα σίγουρα δεν είναι η καλύτερη στρατηγική ψύξης ενός υπαίθριου χώρου, καθώς δημιουργεί μεγάλη οπτική και θερμική δυσφορία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1, για πλήρη ανάκλαση.

**Ψυχρά Υλικά.** Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τα ονομαζόμενα «ψυχρά υλικά» και «ψυχρά επιχρίσματα». Είναι υλικά, τα οποία απορροφούν, από το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας την ορατή και έτσι δεν προκαλούν θάμβωση. Ανακλούν τη θερμική ακτινοβολία, επειδή έχουν υψηλό συντελεστή εκπομπής, οπότε αντί να συσσωρεύουν θερμότητα στη μάζα τους, την επανεκπέμπουν άμεσα στο περιβάλλον, διατηρώντας σχετικά χαμηλή θερμοκρασία επιφάνειάς. Τα ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται από:

Υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία  $\geq 0,65$ .

Υψηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής (υπέρυθρης) ακτινοβολίας  $\geq 0,80$ .

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά εκφράζονται σε κλίμακα με τιμές 0 – 1. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή τόσο πιο «ψυχρή» είναι η επιφάνεια και τόσο χαμηλότερη είναι η επιφανειακή θερμοκρασία που

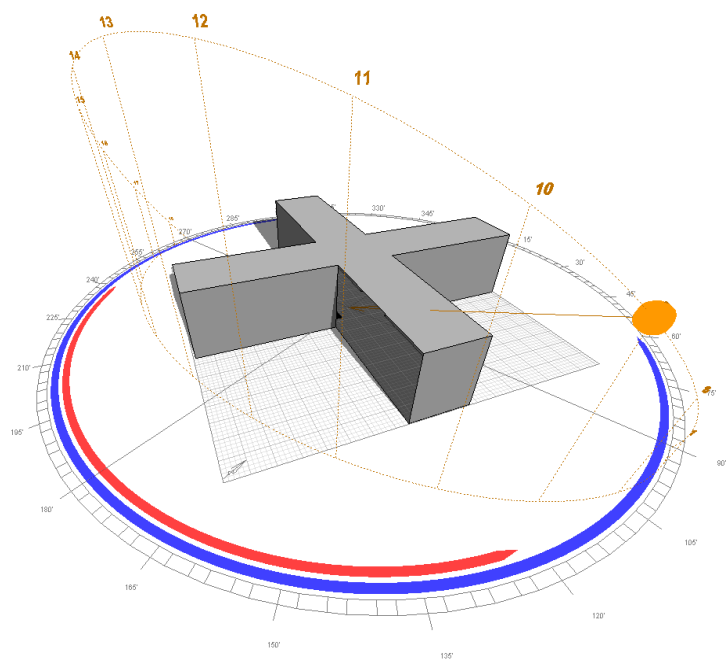
αναπτύσσει. Θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή μελέτη και από το κόστος, ότι η επένδυση είναι οικονομικά αποδοτική.

**Θερμική απορροφητικότητα (Thermal absorptance).** Η θερμική απορροφητικότητα αντιπροσωπεύει το κλάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που απορροφάται από το υλικό. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ διαφόρων επιφανειών και επηρεάζει την θερμική ισορροπία της επιφάνειας (τόσο εντός όσο και εκτός ανάλογα με την περίπτωση). Οι τιμές για αυτό το πεδίο θα πρέπει να είναι μεταξύ 0,0 και 1,0 (με 1,0 αντιπροσωπεύει συνθήκες «μαύρου σώματος»).

**Ηλιακή απορροφητικότητα (Solar absorptance).** Το πεδίο ηλιακής απορροφητικότητας αντιπροσωπεύει το κλάσμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το υλικό. Η ηλιακή ακτινοβολία περιλαμβάνει το ορατό φάσμα καθώς και υπέρυθρες και υπεριώδη μήκη κύματος. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται κατά τον υπολογισμό του ποσού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από διάφορες επιφάνειες και επηρεάζει την θερμική ισορροπία της επιφάνειας (τόσο εντός όσο και εκτός ανάλογα με την περίπτωση). Οι τιμές για αυτό το πεδίο θα πρέπει να είναι μεταξύ 0,0 και 1,0.

**Ορατή απορροφητικότητα (Visible absorptance).** Το πεδίο της ορατής απορροφητικότητας αντιπροσωπεύει το κλάσμα της προσπίπτουσας ορατής ακτινοβολίας μήκους κύματος που απορροφάται από το υλικό. Η ορατή ακτινοβολία μήκους κύματος είναι ελαφρώς διαφορετική από την ηλιακή ακτινοβολία καθώς η ορατή ζώνη μηκών κύματος είναι πολύ πιο στενή, ενώ η ηλιακή ακτινοβολία περιλαμβάνει το ορατό φάσμα, καθώς και υπέρυθρη και τα υπεριώδη μήκη κύματος. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται κατά τον υπολογισμό του ποσού της προσπίπτουσας ορατής ακτινοβολίας που απορροφάται από διάφορες επιφάνειες και επηρεάζει την θερμική ισορροπία της επιφάνειας (τόσο εντός όσο και εκτός, κατά περίπτωση), καθώς και τους υπολογισμούς του φυσικού φωτισμού. Οι τιμές για αυτό το πεδίο πρέπει να είναι μεταξύ 0,0 και 1,0.[6]





*Εικ.3 Τροχιά του ήλιου στις 21 Μαρτίου και το εξεταζόμενο κτίριο.*

### 3.6 Βιβλιογραφία 3ου Κεφαλαίου

[1] <http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp>

[2] <http://openstudio.nrel.gov/>

[3] <http://search.nrel.gov/query.html>

[4] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

[5] Simon Crone, 1992, Radiance User's Manual (Volume 2), <http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf>

[6] Αιμ. Γ. Κορωναίος καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ. Ι. Πουλάκος ΑΝ. Καθηγητής Ε.Μ.Π., Τεχνικά Υλικά, Τόμος 4, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2006

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ

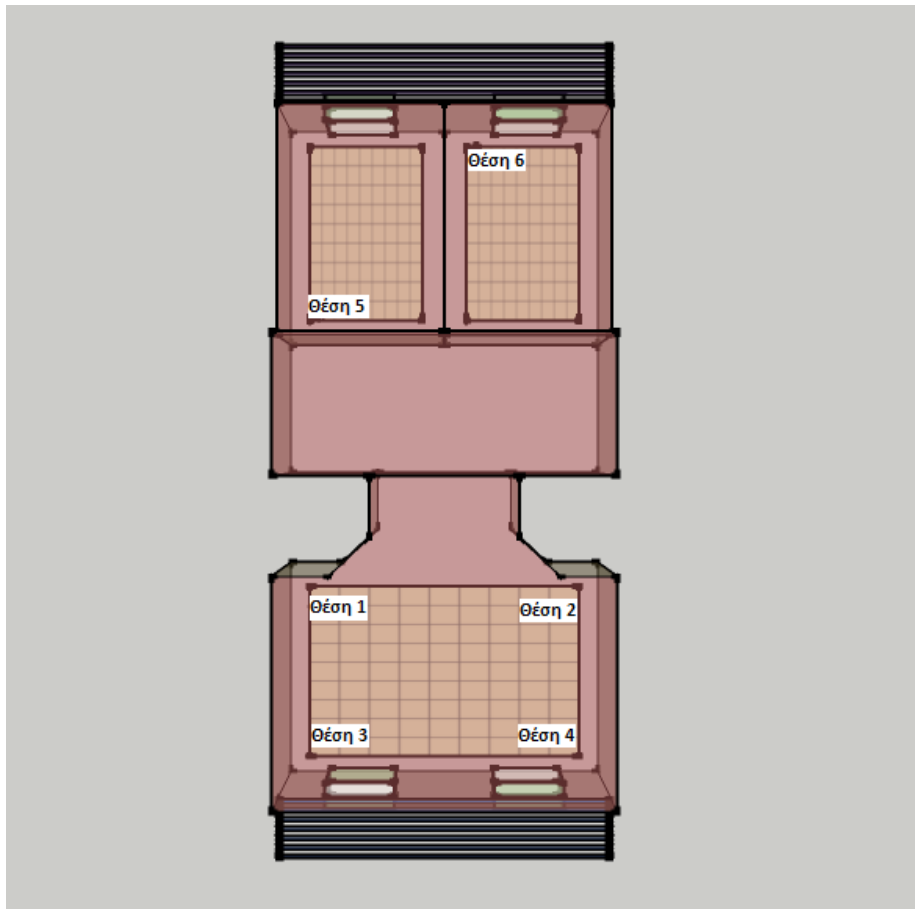
Η μελέτη, η προσομοίωση, η καταγραφή των αποτελεσμάτων, καθώς και η μεταξύ τους σύγκριση, αφορούν σε τετράκλινο θάλαμο νοσηλείας καθώς και σε γραφεία ιατρών. Απαιτήθηκε να είναι ένας «αντιπροσωπευτικός» χώρος του εν λόγω νοσοκομείου, ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να αναχθούν σε ολόκληρο το κτίριο, γι' αυτό επελέγησαν θάλαμοι και γραφεία του πρώτου ορόφου. Το νοσοκομείο έχει σχήμα σταυρού, αποτελείται από τέσσερις πτέρυγες κάθε μια από τις οποίες έχει εκτός από θαλάμους ασθενών και γραφεία ιατρών. Έτσι έγιναν τέσσερις τομές κάθετες στον άξονα κάθε μιας πτέρυγας του πρώτου ορόφου, δηλαδή σε ύψος 3m περίπου από το έδαφος. Τα παράθυρα των θαλάμων και των γραφείων έχουν διαστάσεις 1.50m x 1.50m (0.90 m ύψος ποδιάς και 2.50 m ύψος προεκτιμώμενου), όπως θα φανεί και σε παρακάτω εικόνες.

Ο έλεγχος φυσικού φωτισμού και θάμβωσης έγινε για έξι συνολικά θέσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, οι οποίες είναι οι εξής:

- Οι τέσσερις θέσεις των ασθενών σε ανάκλιση, σε ύψος ματιών 1.15m από το έδαφος, σε απόσταση 0.50m από τον τοίχο που ακουμπά το κρεβάτι και συνολική (κάθετη) απόσταση από το παράθυρο 1.50m και 3.50m, αντίστοιχα.
- Δύο πιθανές θέσεις γραφείων, μία κοντά στο παράθυρο και μία μακριά από αυτό.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται καθαρά οι έξι θέσεις που μελετώνται:

- Θέση 1: Ασθενής στο βάθος του θαλάμου
- Θέση 2: Έναντι αυτού
- Θέση 3: Ασθενής κοντά στο παράθυρο
- Θέση 4: Έναντι αυτού
- Θέση 5: Θέση γραφείου μακριά από το παράθυρο
- Θέση 6: Θέση γραφείου κοντά στο παράθυρο



Εικ.4.1 Θέσεις προς μελέτη θαλάμου νοσηλείας

Αφού προσομοιώθηκε ο νοσηλευτικός θάλαμος γεωμετρικά, με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Google SketchUp, εισήχθησαν τα στοιχεία που το αφορούν (είδος χρήσης χώρου, θερμική ζώνη, υλικά, δομικά στοιχεία, κλπ.) παράλληλα με την πλατφόρμα του OpenStudio τα βασικότερα από τα οποία παρατίθενται στις εικόνες που ακολουθούν. Κλιματικά/καιρικά δεδομένα (Design Days Files) λήφθηκαν υπόψη αυτά της Αθήνας, τα οποία διατίθενται από τη σελίδα του προγράμματος EnergyPlus. Για τα αποτελέσματα φωτισμού τοποθετήθηκαν εντός του θαλάμου δύο σένσορες, ένας για την ένταση φυσικού φωτισμού (daylight control) και ένας για τα επίπεδα θάμβωσης (glare sensor), στην εκάστοτε θέση ενδιαφέροντος. Ακόμη, τοποθετήθηκε ειδικός χάρτης ένδειξης φωτισμού (illuminance map) σε ύψος 0.80m από το δάπεδο που μετρά το φως που προσπίπτει σε κάθε σημείο του χώρου σε κάτοψη.[1]

Οι χαρακτηριστικές ημερομηνίες του έτους που τέθηκαν προς μελέτη είναι οι εξής έξι:

- 21 Ιανουαρίου (τοπική ψυχρή ημέρα)
- 21 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία)
- 21 Ιουνίου (Θερινό Ηλιοστάσιο)
- 21 Ιουλίου (τοπική θερμή ημέρα)
- 23 Σεπτεμβρίου (Φθινοπωρινή Ισημερία)
- 21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)[2]

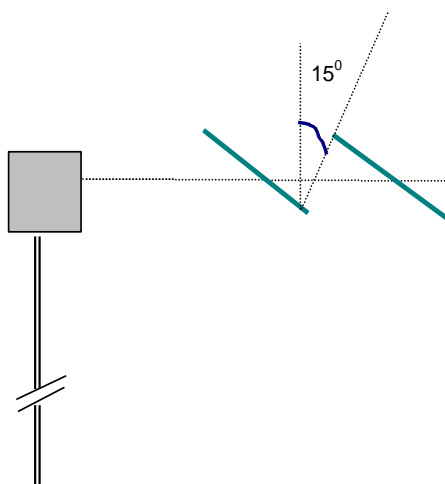
#### 4.1 Υπάρχουσα σκίαση όψεων- Διαστασιολόγηση σκιάστρων Νότιο-νοτιοδυτικές όψεις (NNA)

Προσανατολισμός:  $208^{\circ}$  από Βορρά ή  $28^{\circ}$  Δυτικά του Νότου

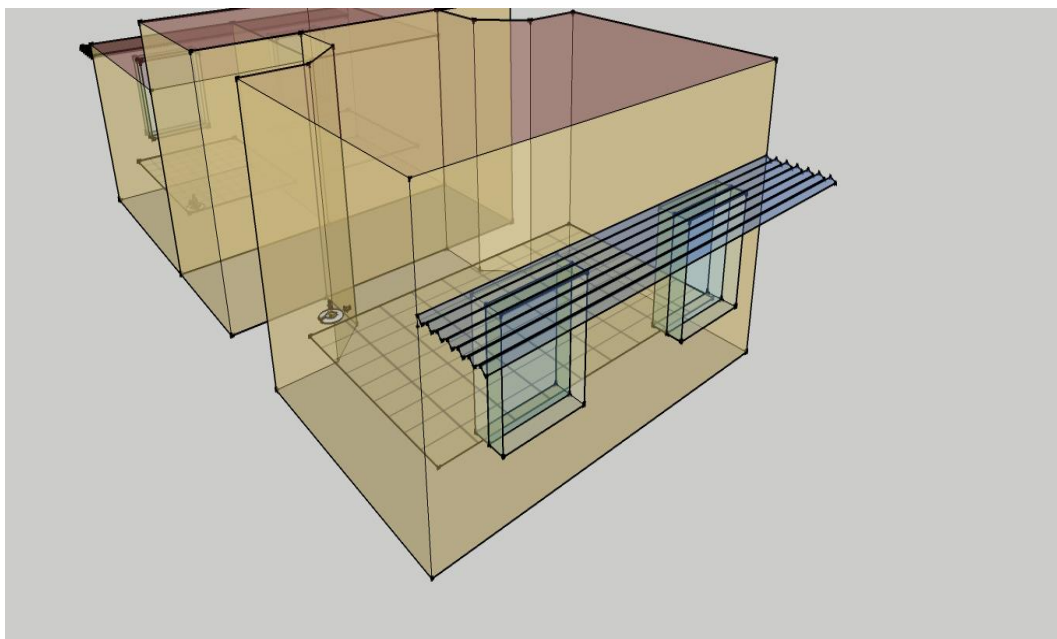
Οι όψεις σκιάζονται με οριζόντιο περσιδωτό πρόβολο συνολικής προεξοχής  $d$

$$d = 0.8 * \text{ύψος παραθύρου}$$

Οι περσίδες τοποθετούνται με κλίση τέτοια ώστε η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ τους και με την κατακόρυφο να είναι ίση ή μικρότερη των 15 μοιρών (Εικ.4.2).



Εικ.4.2 Όψη περσιδωτού προβόλου



Εικ.4.3 Σχεδίαση θαλάμου και οριζόντιων περσιδών στο SketchUp

Οι περσίδες διαστασιολογούνται ώστε να επιτρέπουν τον χειμώνα όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκθεση στον ήλιο ενώ το καλοκαίρι την μικρότερη. Το γεωγραφικό πλάτος της Χαλκίδας είναι περίπου  $38.5^{\circ}$ . Τον Δεκέμβριο στον συγκεκριμένο προσανατολισμό ο ήλιος είναι απέναντι από το άνοιγμα περίπου δύο ώρες μετά το μεσημέρι. Αυτή την ώρα η γωνία πρόσπτωσης είναι περίπου  $24^{\circ}$  τον Δεκέμβριο ενώ το μεσημέρι  $35^{\circ}$ . Αντίθετα τον Ιούνιο ο ήλιος είναι απέναντι από το άνοιγμα μία ώρα μετά το μεσημέρι (κανονική ώρα) . Η γωνία πρόσπτωσης είναι  $72^{\circ}$  ενώ το μεσημέρι είναι  $77^{\circ}$  .

### **Ανατολικά -νοτιοανατολικά (ΑΝΑ) ανοίγματα**

Προσανατολισμός  $118^{\circ}$  από Βορρά ή  $62^{\circ}$  Ανατολικά του Νότου

Η σκίαση επιτυγχάνεται με συνδυασμό οριζοντίου περσιδωτού και κατακόρυφου σκιάστρου. Η συνολική προεξοχή του οριζοντίου σκιάστρου θα πρέπει να είναι 80% του ύψους του ανοίγματος. Το σκίαστρο εκτείνεται εκατέρωθεν κατά περίπου το 1/3 του πλάτους του ανοίγματος.

Τα προτεινόμενα κατακόρυφα σκιάστρα για την μείωση της πρωινής ηλιακής ακτινοβολίας, μπορεί να είναι περσιδωτά στόρια και να τοποθετηθούν εσωτερικά.

Ο συνδυασμός του προτεινόμενου οριζόντιου σκιάστρου και των κατακόρυφων εσωτερικών περσίδων μπορεί να μειώσει κατά περίπου 80% την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η μηνιαία άμεση ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται 1 τ.μ. ανοίγματος χωρίς σκίαση και με την προτεινόμενη σκίαση κατά την θερμή περίοδο.

Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί βάσει των ακόλουθων παραδοχών:

- Για τους υπολογισμούς της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε ένα τυπικό μετεωρολογικό έτος (ΤΜΥ) της Αθήνας
- Για τους υπολογισμούς της σκιάς θεωρείται ότι εκατέρωθεν του ανοίγματος υπάρχει λαμπάς που προεξέχει 30 εκ. Το οριζόντιο περσιδωτό σκίαστρο τοποθετήθηκε στα 20 εκ πάνω από το άνοιγμα.
- Οι εσωτερικές κατακόρυφες περσίδες είναι λευκές και έχουν συντελεστή σκιάς  $sc = 0.45$
- Στην περίπτωση του ασκίαστου ανοίγματος δεν προβλέπονται λαμπάδες ούτε πρέκι.[2]

Μήνας	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	Μείωση της άμεσης
	(kWh/m <sup>2</sup> μήνα)	(kWh/m <sup>2</sup> μήνα)	ηλιακής ακτινοβολίας
	<b>Χωρίς σκίαση</b>	<b>Με την προτεινόμενη σκίαση</b>	<b>(%)</b>
Απρίλιος	44.2	8.9	0.80
Μάιος	46.0	7.5	0.84
Ιούνιος	35.7	5.2	0.85
Ιούλιος	47.8	7.8	0.84
Αύγουστος	51.6	10.3	0.80
Σεπτέμβριος	33.0	7.9	0.76

Πίνακας 4.4 Τιμές ηλιακής ακτινοβολίας με σκίαση και χωρίς σκίαση (ΑΝΑ)

Εφ' όσον είναι επιθυμητό η σκίαση μπορεί να επιτευχθεί με εξωτερικά κατακόρυφα σκίαστρα ή με σκίαστρο τύπου εσχάρας. Η διαστασιολόγηση τους θα γίνει με σκοπό να επιτυγχάνεται σκίαση κατά, τουλάχιστον, 70% της προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

### **Δυτικά-βορειοδυτικά ανοίγματα (ΔΒΔ)**

Προσανατολισμός 298<sup>0</sup> ή 28<sup>0</sup> Βόρεια της Δύσης.

Προτείνεται σκίαση με οριζόντιο περσιδωτό σκίαστρο και κατακόρυφες εσωτερικές περσίδες (κατακόρυφα στόρια).

Εάν χρησιμοποιηθεί ο ίδιος συνδυασμός σκιάστρου και εσωτερικές περσίδες όμοιος με αυτόν του ΑΝΑ προσανατολισμού τότε επιτυγχάνεται μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά 70%.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται το ποσοστό μείωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα για 1m<sup>2</sup> ανοίγματος.

Μήνας	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	Μείωση της άμεσης
	(kWh/m <sup>2</sup> μήνα)	(kWh/ m <sup>2</sup> μήνα)	ηλιακής
	<b>Χωρίς σκίαση</b>	<b>Με την προτεινόμενη σκίαση</b>	ακτινοβολίας
			(%)
Απρίλιος	29.6	8.9	0.70
Μάιος	45.1	12.9	0.71
Ιούνιος	55.9	17.1	0.70
Ιούλιος	49.4	14.1	0.71
Αύγουστος	44.0	12.9	0.71
Σεπτέμβριος	31.2	9.2	0.70

Πίνακας 4.5 Τιμές ηλιακής ακτινοβολίας με σκίαση και χωρίς σκίαση(ΔΒΔ)



### **Δυτικά - νοτιοδυτικά ανοίγματα**

Προσανατολισμός  $254^{\circ}$  ή  $74^{\circ}$  δυτικά του Νότου.

Στον προσανατολισμό αυτόν υπάρχει μία μόνο όψη η οποία μπορεί να σκιασθεί όπως και στην περίπτωση ΔΒΔ ανοιγμάτων.

### **Βόρεια - βορειοανατολικά ανοίγματα**

Προσανατολισμός  $28^{\circ}$  ανατολικά του Βορρά.

Τα ανοίγματα αυτά δέχονται πολύ λίγη ηλιακή ακτινοβολία με μεγάλες γωνίες πρόσπτωσης. Οι μεγάλες γωνίες πρόσπτωσης συνεπάγονται την ανάκλαση του μεγαλύτερου μέρους της ακτινοβολίας με αποτέλεσμα η επιβάρυνση σε φορτίο ψύξης να είναι συγκριτικά με άλλους προσανατολισμούς πολύ μικρότερη.

Προτείνονται λοιπόν εσωτερικά σκίαστρα τα οποία ίσως να συμβάλλουν σε μεγαλύτερη συνολικά ενεργειακή οικονομία εάν ληφθεί υπ' όψιν και η ενεργειακή δαπάνη της κατασκευής των εξωτερικών σκιάστρων που συνήθως αποτελούνται από υλικά με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις σε παραγωγή/επεξεργασία.[3]

### **Ανατολικά – βορειοανατολικά ανοίγματα**

Προσανατολισμός  $74^{\circ}$  ανατολικά του Βορρά.

Υπάρχει μία μόνο όψη σ' αυτόν τον προσανατολισμό η οποία σκιάζεται όπως και στην περίπτωση των ΒΒΑ ανοιγμάτων ή των ΑΝΑ ανοιγμάτων.

## **4.2 Ιδιότητες υλικών κατασκευής κτιρίου**

Οι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμικής διαπερατότητας  $U$  θα ληφθούν μειωμένοι και συγκεκριμένα: για τους εξωτερικούς τοίχους  $U \leq 0.4 \text{ w/m}^2\text{k}$ , για τις οροφές  $U \leq 0.25 \text{ w/m}^2\text{k}$ , και για δάπεδα  $U \leq 0.3 \text{ w/m}^2\text{k}$ , με ανάλογη προσαύξηση του θερμομονωτικού υλικού. Τα πάχη του θερμομονωτικού σε καμία περίπτωση δεν θα είναι μικρότερα από 6 εκ για τους τοίχους και 10 εκ για την οροφή. Πέρα των

μέτρων αυτών οι εξωτερικοί τοίχοι θα επενδυθούν με το σύστημα αεριζόμενης μόνωσης με την πρόβλεψη ευχερώς αεριζόμενου κενού μεταξύ εξωτερικής επένδυσης και μονωτικής στρώσης.

Για τους υαλοπίνακες των κατακόρυφων ανοιγμάτων θα προβλεφθεί  $U \leq 2.9 \text{ w/m}^2\text{k}$  και για τους διαφώτιστους των skylights  $U \leq 1.5 \text{ w/m}^2\text{k}$  και **συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους (Solar Heat Gain Coefficient) < 0.40**. Η επιλογή των υαλοπινάκων πέραν των χαρακτηριστικών αυτών θα προβλέπει και υψηλή σχετικά διαπερατότητα στο φυσικό φως όπως ορίζεται παρακάτω.

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί σ' εκείνες τις όψεις που σκιάζονται από το ίδιο το κτίριο ή άλλα εμπόδια ώστε ο σχεδιασμός των εξωτερικών σκιάστρων να μην επιβαρύνει την δυνατότητα φυσικού φωτισμού των χώρων. Όλα τα ανοίγματα θα πρέπει να φέρουν διαυγείς υαλοπίνακες με πολύ καλή διαπερατότητα στο φυσικό φως (η εισερχόμενη φωτεινή ακτίνα να είναι μεγαλύτερη του 70% της προσπίπτουσας φωτεινής ακτίνας).[4],[5]

#### Αναλυτικότερα οι ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν

Field	Units	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Name		Alouminio	Dromiki Optoplinthodomi	Eksilasmeni Polyesterini	Epihrisma Asvestokoniamia-Tavani
Roughness		VerySmooth	Rough	MediumSmooth	Smooth
Thickness	m	0,12	0,12	0,08	0,02
Conductivity	W/m-K	54	0,45	0,0345	0,87
Density	kg/m3	2500	1200	35	1800
Specific Heat	J/kg-K	880	1000	1450	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,15

Εικ.4.6 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj12	Obj13	Obj14
Name		Epixrisma Asvestokoniama-esoterikos toxos	Epixrisma asvestokoniama-partition parathuron	Epixrisma asvestokoniama-partition pteruga
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth
Thickness	m	0,1	0,1	0,1
Conductivity	W/m-K	0,87	0,87	0,87
Density	kg/m <sup>3</sup>	1800	1800	1800
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7
Visible Absorptance		0,5	0,6	0,7

Εικ.4.7 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
Name		Fyllo Alouminiou	Fyllo PVC	Garpilodema Leiasmeno Oplismeno En Kseiro	Gypsosanida
Roughness		Smooth	VerySmooth	VeryRough	MediumSmooth
Thickness	m	0,001	0,002	0,1	0,0125
Conductivity	W/m-K	54	0,17	1,1	0,36
Density	kg/m <sup>3</sup>	2500	1390	1900	1150
Specific Heat	J/kg-K	880	900	1000	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,15
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,5

Εικ.4.8 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj19	Obj20
Name		Halikia	Homa Sympyknomeno
Roughness		VeryRough	MediumSmooth
Thickness	m	0,08	0,05
Conductivity	W/m-K	2300	2000
Density	kg/m <sup>3</sup>	2600	1800
Specific Heat	J/kg-K	1000	1670
Thermal Absorptance		0,9	0,9
Solar Absorptance		0,3	0,7
Visible Absorptance		0,7	0,7

Εικ.4.9 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj8
Name		Yalopinakas
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0,004
Solar Transmittance at Normal Incidence		0,837
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0,075
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0,075
Visible Transmittance at Normal Incidence		0,898
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0,081
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0,081
Infrared Transmittance at Normal Incidence		
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		
Conductivity	W/m-K	
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance		
Solar Diffusing		
Young's modulus	Pa	
Poisson's ratio		

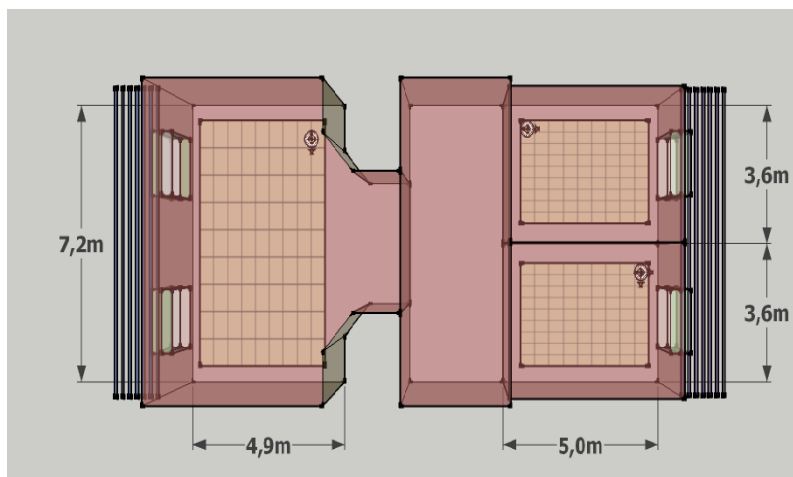
Εικ. 4.10 Ιδιότητες υαλοπίνακα

Field	Units	Obj1
Name		Air
Gas Type		Air
Thickness	m	0,006

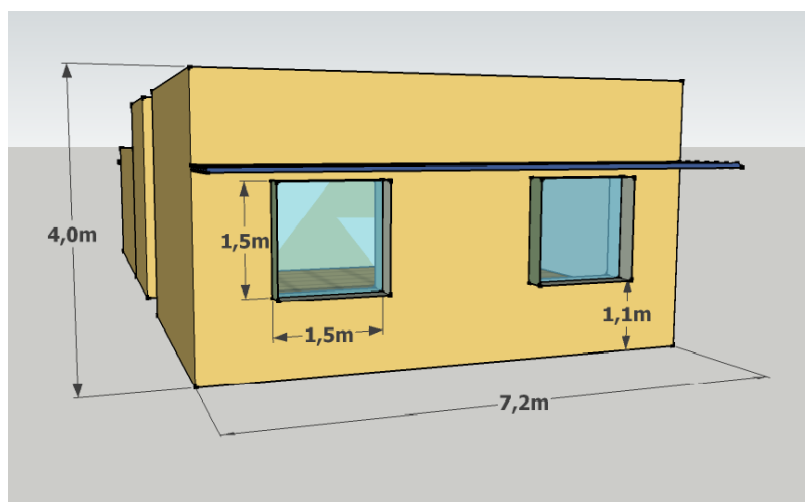
Εικ. 4.11 Κενό αέρος ανάμεσα από τους διπλούς υαλοπίνακες του παραθύρου

Field	Units	Obj102	Obj103	Obj104	Obj105	Obj106	Obj107
Name		Exterior Wall Isogeiou	Partition parathourou	Partition Pterugas	Skiadi alouminiou	Windows	Parathura me skiasi
Outside Layer		Epixisma Asvestokoniama-Tavani	Epixisma asvestokoniama-partition parathuron	Epixisma asvestokoniama-partition pteruga	Alouminio	Yalopinakas	Aluminum blinds
Layer 2		Dromiki Optoplinthodomi				Air	Yalopinakas
Layer 3		000 F04 Wall air space resistance				Yalopinakas	Air
Layer 4		Dromiki Optoplinthodomi					Yalopinakas
Layer 5		Oriktovmvakas					
Layer 6		Gypsosanida					
Layer 7		Gypsosanida					

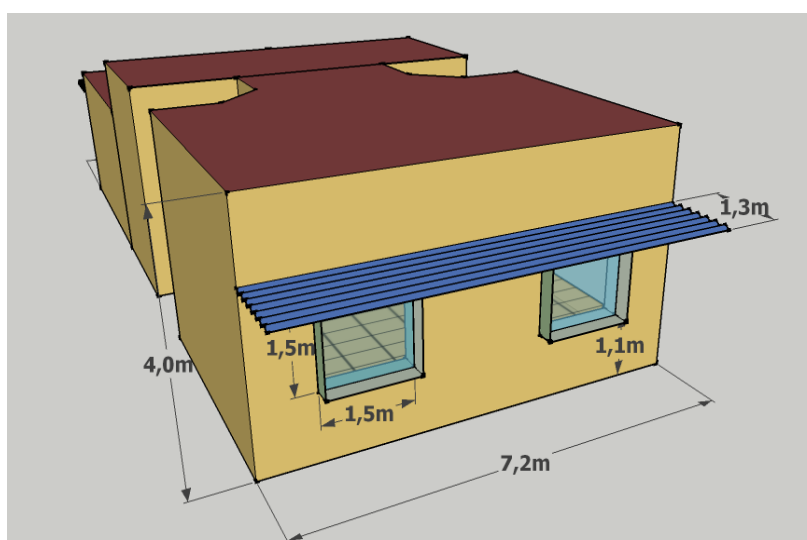
Εικ. 4.12 Δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και στρώσεις υλικών τους (από έξω προς τα μέσα)



Εικ.4.13 Κάτοψη θαλάμου πρώτου ορόφου, με σένσορες και χάρτη φωτισμού



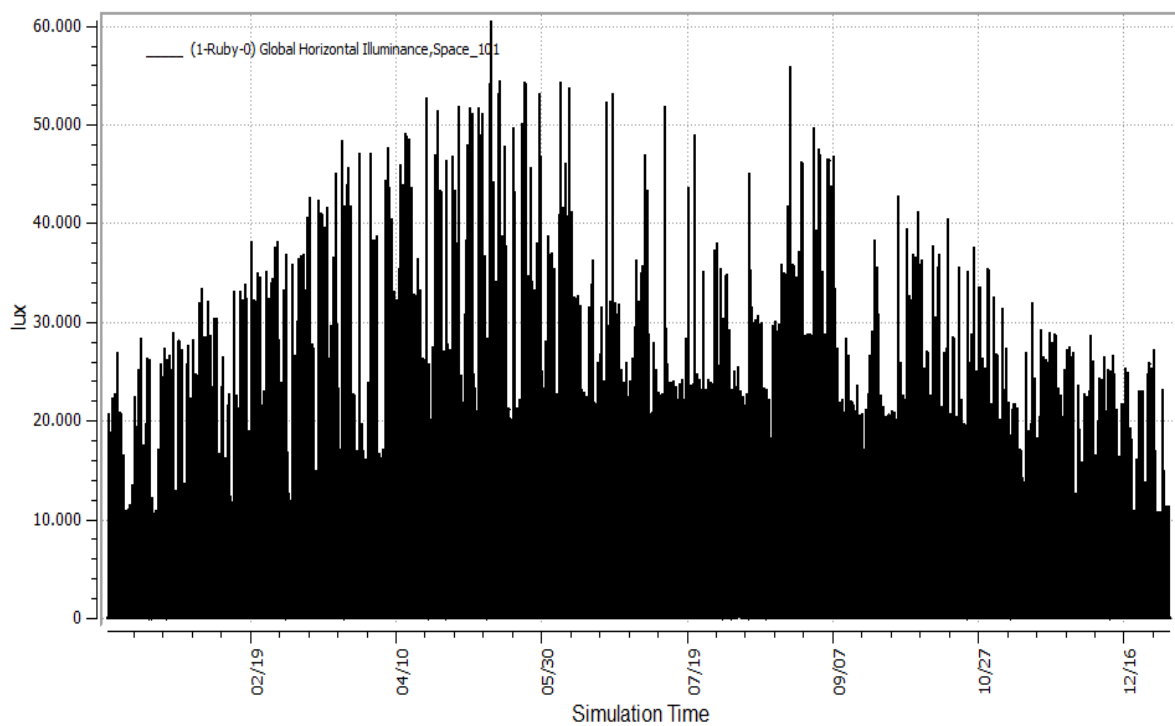
Εικ.4.14 Όψη θαλάμου



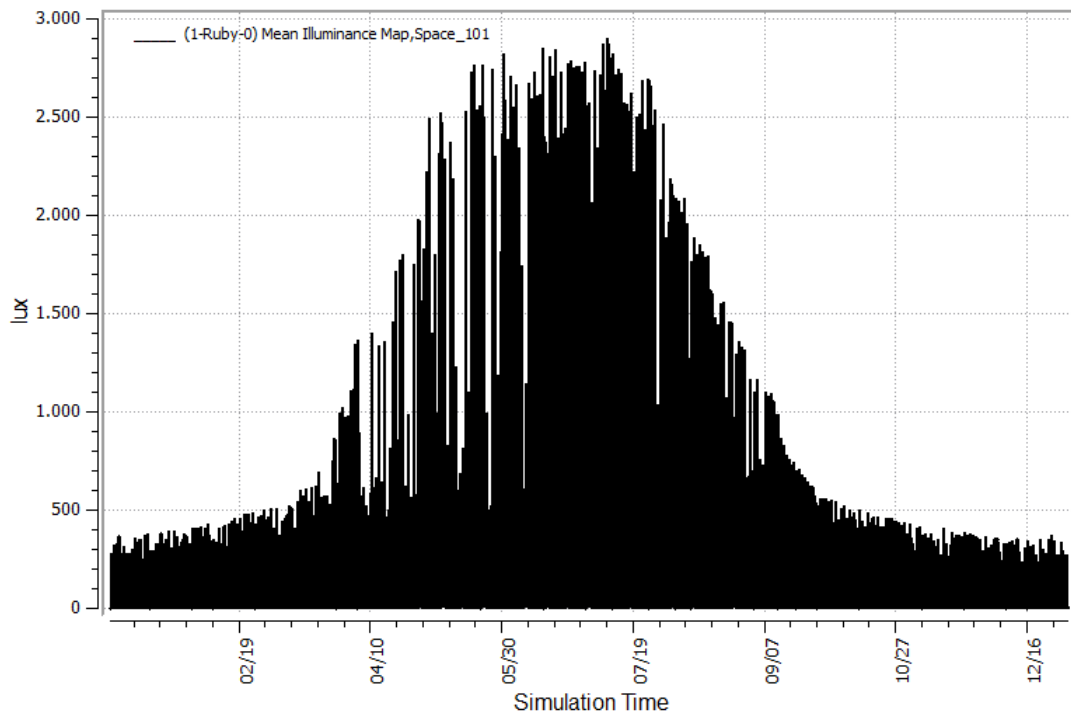
Εικ.4.15 Όψη θαλάμου με σκίαστρο

Αρχικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα των μεταβλητών **Global Horizontal Illuminance** και **Mean Illuminance Map** όλου του έτους. Η πρώτη μεταβλητή αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή που έχουμε εισάγει (περιβάλλοντας χώρο). Για να την υπολογίσουμε, προσομοιώνουμε τον περιβάλλοντα χώρο με ένα ιδεατό οριζόντιο επίπεδο και υπολογίζουμε την ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η δεύτερη μεταβλητή είναι η μέση τιμή εντάσεως της ακτινοβολίας που προσπίπτει μέσα στους θαλάμους κατά τη διάρκεια του χρόνου.

### Σε μορφή γραφήματος



Εικ.4.16 Global Horizontal Illuminance, για όλο το έτος με χρήση του λογισμικού Radiance



Εικ.4.17 Mean Illuminance Map του θαλάμου νοσηλείας, για όλο το έτος με χρήση του λογισμικού Radiance

Από τα διαγράμματα του Global Horizontal Illuminance φαίνεται καθαρά η ένταση φωτισμού της περιοχής κατά τη διάρκεια του έτους, η αύξησή της σε αρκετά υψηλά επίπεδα τους εαρινούς μήνες αλλά και η δραματική της μείωση τους χειμωνιάτικους. Αντίστοιχα, από εκείνα του Mean Illuminance Map, καταγράφεται με σαφήνεια πόσο από το ηλιακό φως «περνά» μέσα στο χώρο του θαλάμου και με ποιες αναλογίες την εκάστοτε εποχή. Γίνεται αντιληπτή, δηλαδή η μεγάλη ένταση στο φωτισμό το καλοκαίρι, αλλά και τους τελευταίους μήνες της άνοιξης.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα φωτισμού που προέκυψαν για τις διάφορες θέσεις του θαλάμου νοσηλείας και των γραφείων, στις θέσεις ενδιαφέροντος που αναφέρθηκαν παραπάνω, για τις χαρακτηριστικές ημερομηνίες, καθώς επίσης και μεταξύ τους συγκρίσεις. Τα επιθυμητά όρια με βάση τις προδιαγραφές είναι για την ελάχιστη ένταση φωτισμού 300 lux και για την μέγιστη θάμβωσης 0.35.

### 4.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με αυτοσκίαση και χωρίς αυτοσκίαση

Η μορφολογία του κτιρίου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ηλιακή γεωμετρία και κατ' επέκταση με τις βασικές αρχές της σκίασης και του φυσικού φωτισμού. Η σκίαση που μπορεί να δημιουργεί η ίδια η μορφή του κτιρίου δημιουργεί ένα πεδίο μελέτης με στόχο την εξερεύνηση των μειονεκτημάτων και πλεονεκτημάτων των αυτοσκιαζόμενων μορφών. Το ερώτημα που δημιουργείται είναι κατά πόσο μια αυτοσκιαζόμενη μορφή μπορεί να συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, προσφέροντας ταυτόχρονα στο χρήστη ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης. Σε πρώτη φάση το κτίριο αναλύεται ως προς τα επίπεδα φυσικού φωτισμού και θάμβωσης στο εσωτερικό του λαμβάνοντας υπόψη την αυτοσκίαση που δημιουργείται. Το κτίριο είναι μορφής σταυρού, με αποτέλεσμα η μία πτέρυγα να σκιάζει την άλλη. Στη συνέχεια μελετώνται τα επίπεδα φυσικού φωτισμού και θάμβωσης στο εσωτερικό των θαλάμων για την υποθετική περίπτωση στην οποία το κτίριο ήταν τετραγωνικής κάτοψης, ίδιου όγκου, χωρίς αυτοσκίαση και τέλος συγκρίνονται τα αποτελέσματα με σκοπό την εύρεση της μορφής αυτής που εξασφαλίζει δυνητικά καλύτερη ενεργειακή απόδοση.

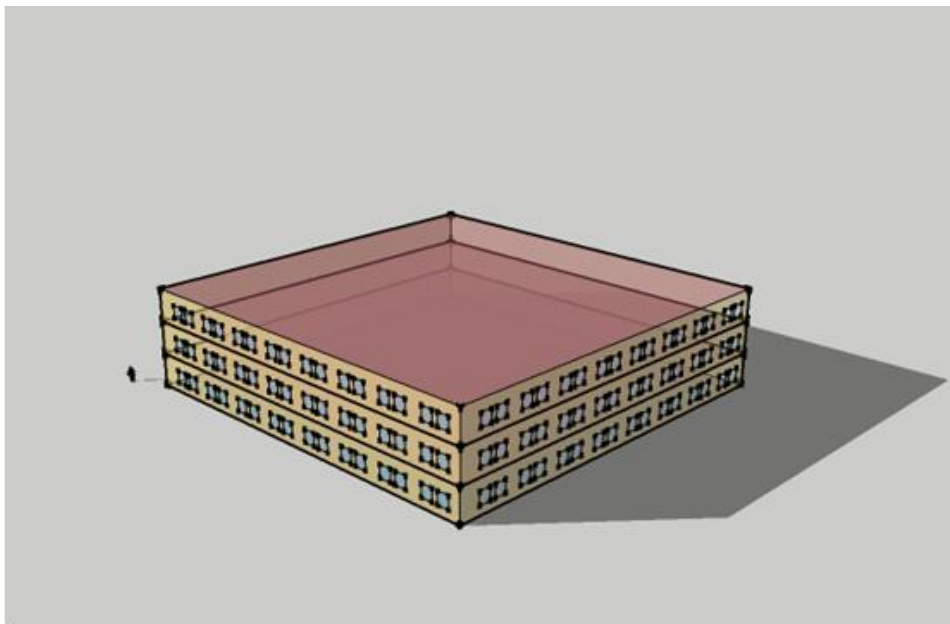
Χαρακτηριστικά κτιρίου	Μορφή κάτοψης	
	Εξεταζόμενο κτίριο: Σταυρός	Κτίριο αναφοράς: Τετράγωνο
Περίμετρος	342 m	196,54 m
Εμβαδό	2414,32 m <sup>2</sup>	
Ύψος	12 m	
Όγκος	28971,84 m <sup>3</sup>	
Προσανατολισμός άξονα Βορρά-Νότου	28° ανατολικά του Βορρά	

Εικ.4.18. Χαρακτηριστικά κτιρίων. Στην προκειμένη περίπτωση το εξεταζόμενο κτίριο είναι μορφής σταυρού. Επιλέγεται ένα ισοδύναμο κτίριο αναφοράς, τετραγωνικής κάτοψης, ίδιου όγκου και προσανατολισμού με το εξεταζόμενο.





*Εικ.4.19 Γεωμετρική μορφή εξεταζόμενου κτιρίου. Απεικόνιση με χρήση λογισμικού SketchUp.*

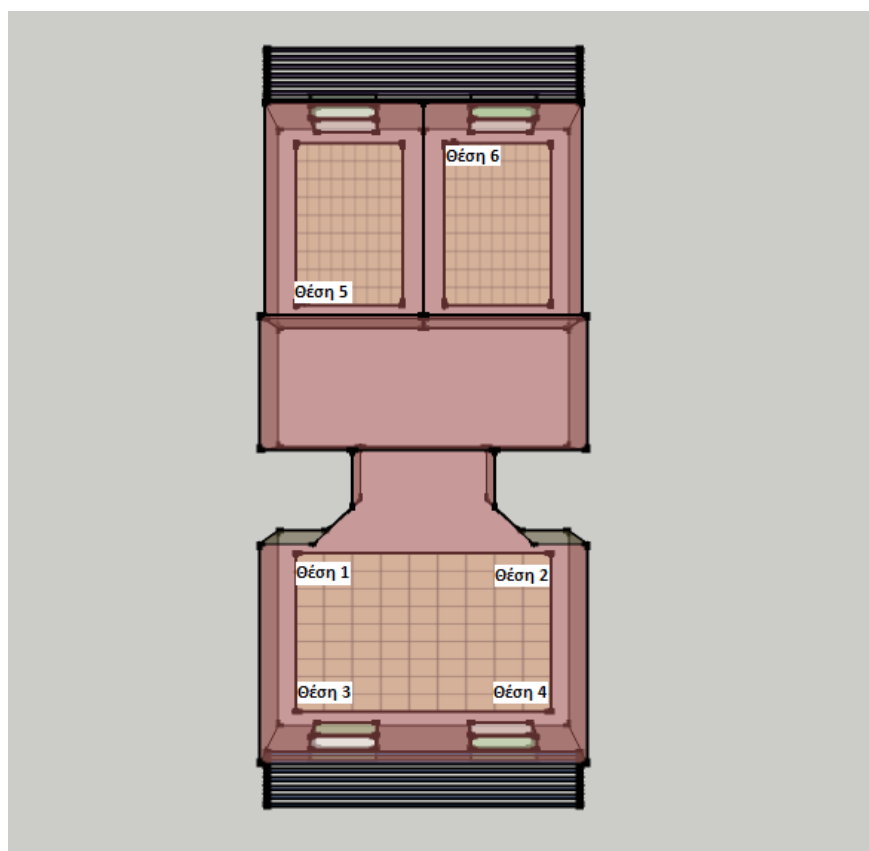


*4.20 Γεωμετρική μορφή κτιρίου αναφοράς. Απεικόνιση με χρήση λογισμικού SketchUp.*

Στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας, το κτίριο αναλύεται ως προς την ενέργεια που δέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, ως προς τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση ανάλογα με τη γεωμετρική μορφή του κτιρίου, την ύπαρξη αυτοσκίασης ή όχι.

Οι δύο περιπτώσεις δοκιμάζονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Από τα γραφήματα που ακολουθούν διεξάγονται συμπεράσματα για την μορφολογία του κτιρίου.



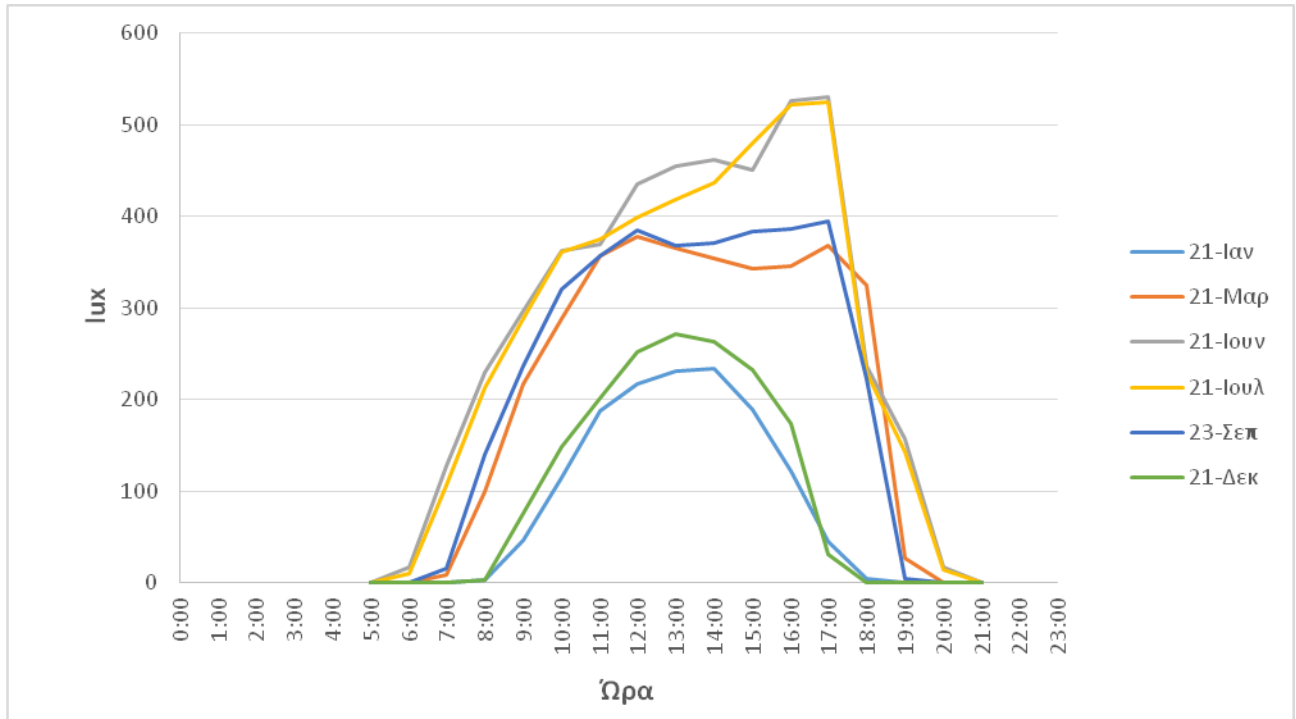
Εικ.4.21 Απεικόνιση θέσεων μελέτης με χρήση του λογισμικού SketchUp.

- Θέση 1: Ασθενής στο βάθος του θαλάμου
- Θέση 2: Έναντι αυτού
- Θέση 3: Ασθενής κοντά στο παράθυρο
- Θέση 4: Έναντι αυτού
- Θέση 5: Θέση γραφείου μακριά από το παράθυρο
- Θέση 6: Θέση γραφείου κοντά στο παράθυρο

### 4.3.1 Βορινή πτέρυγα

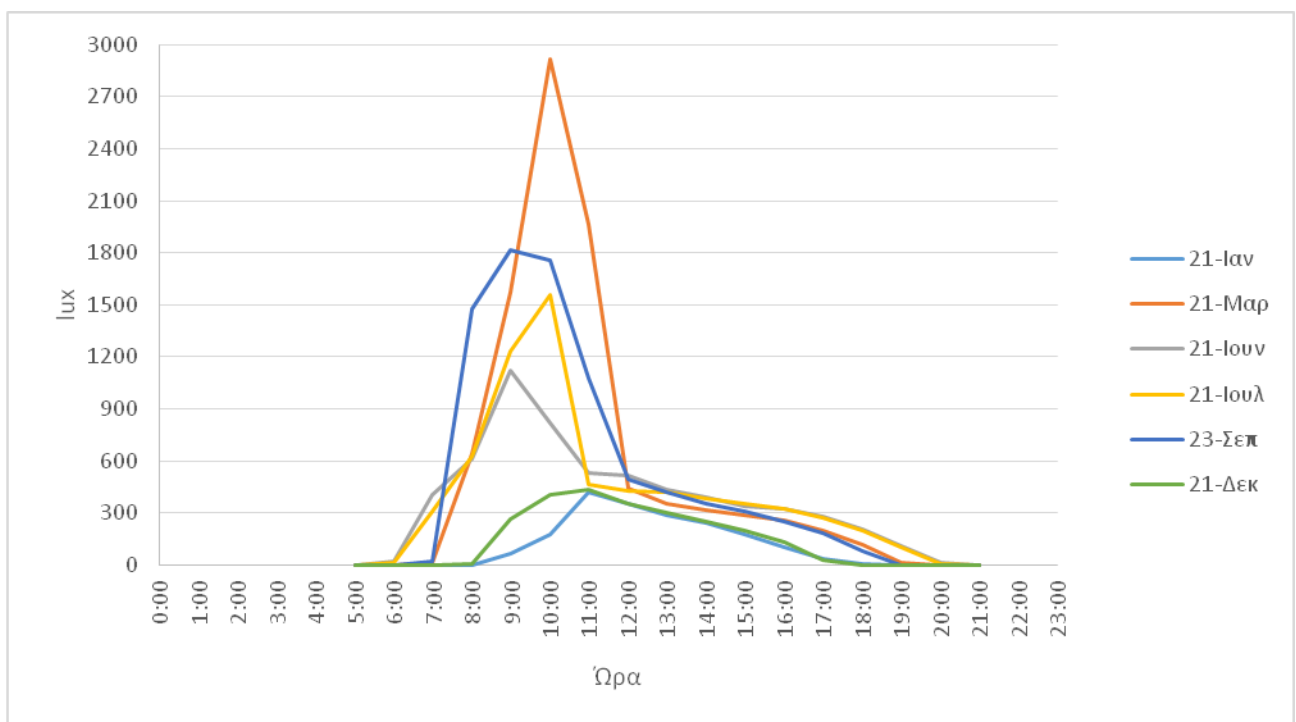
Daylight (lux) - Ένταση φυσικού φωτισμού (lux)

Θέση 1- Με αυτοσκίαση



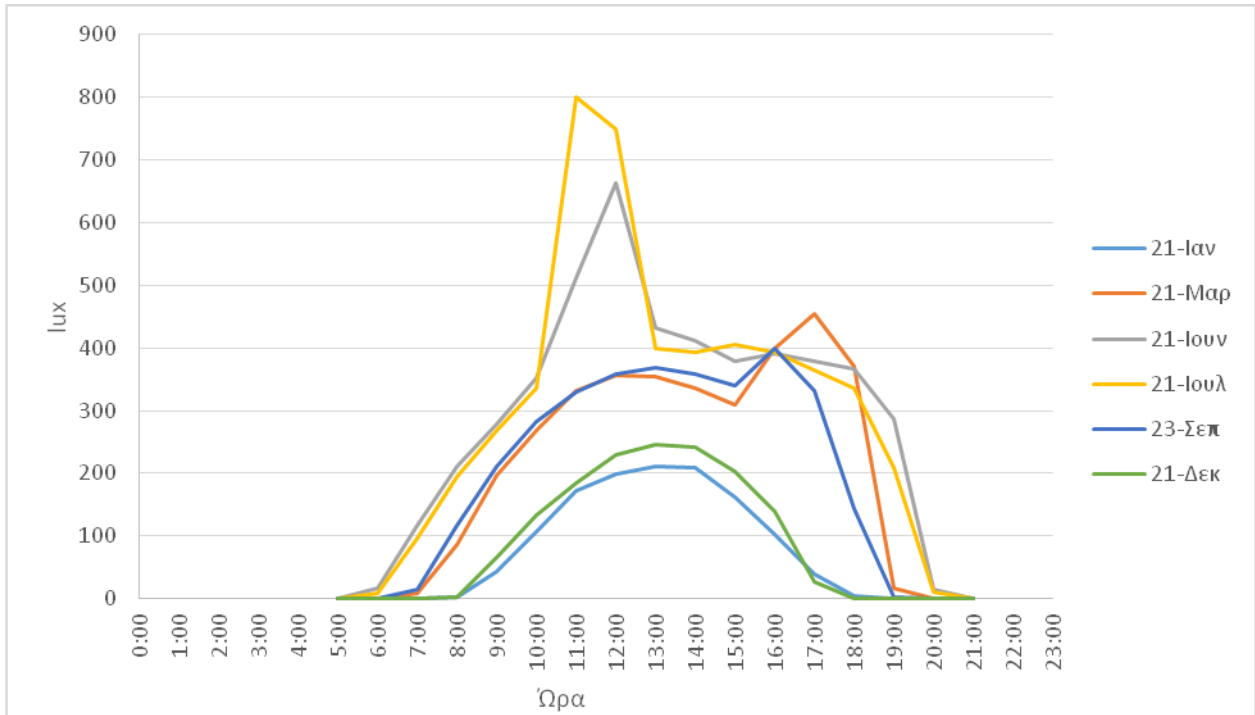
Εικ.4.22 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

Θέση 1 - Χωρίς αυτοσκίαση



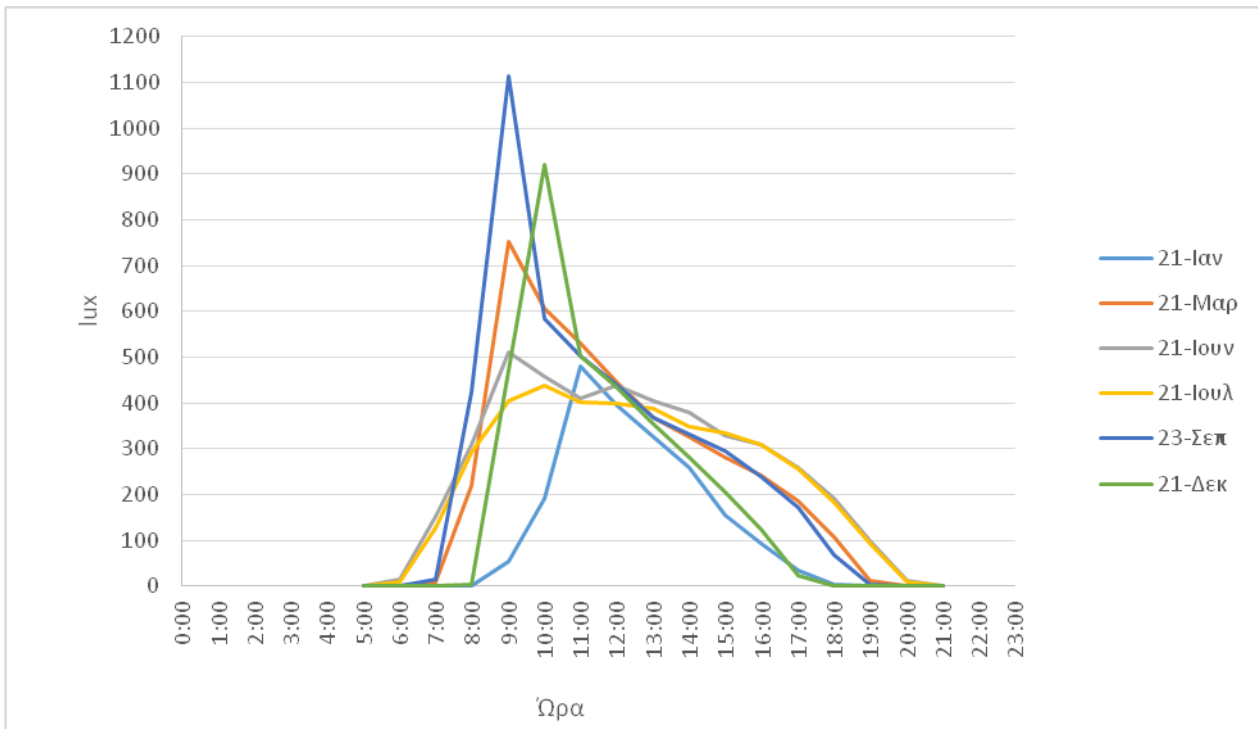
Εικ.4.23 Ένταης φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση



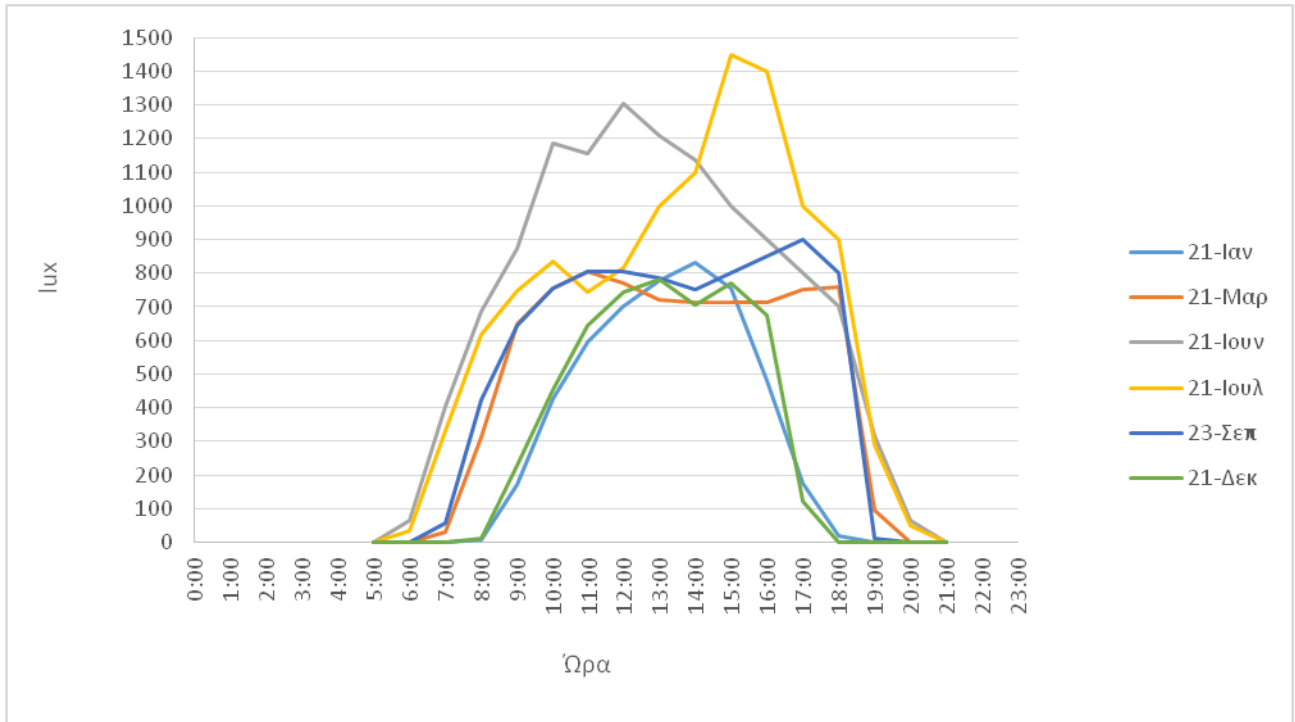
Εικ.4.24 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



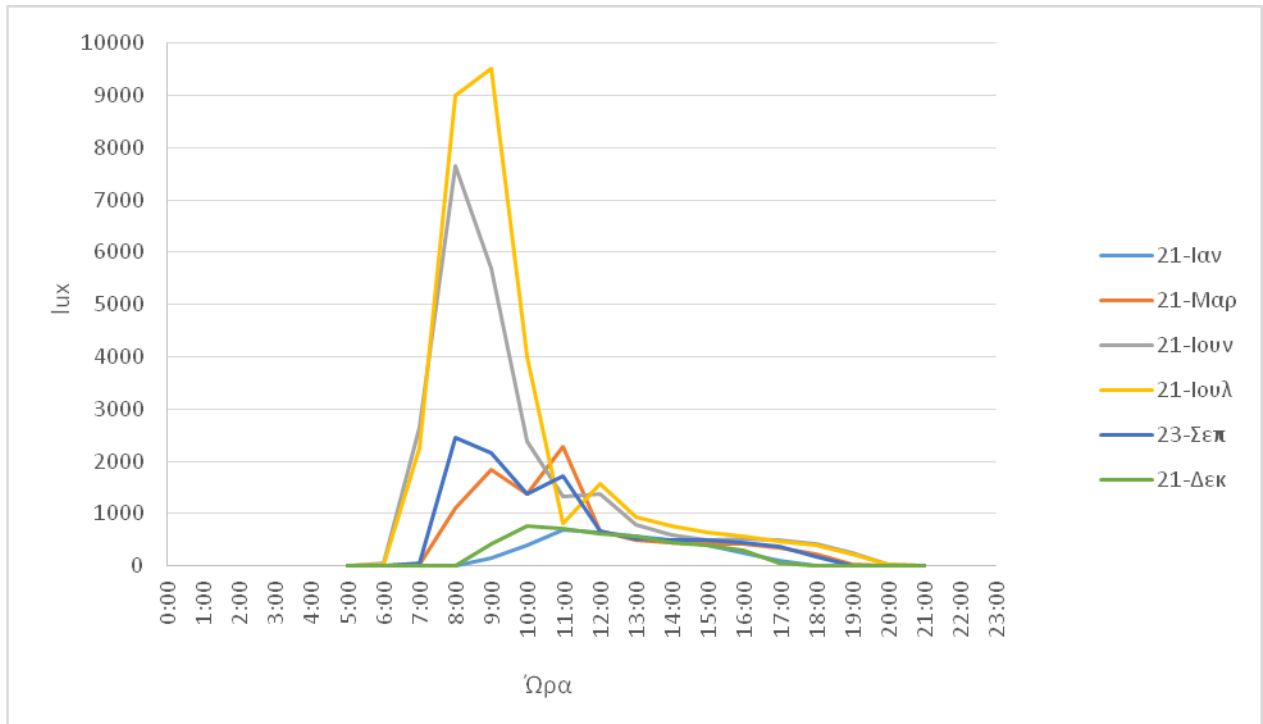
Εικ.4.25 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



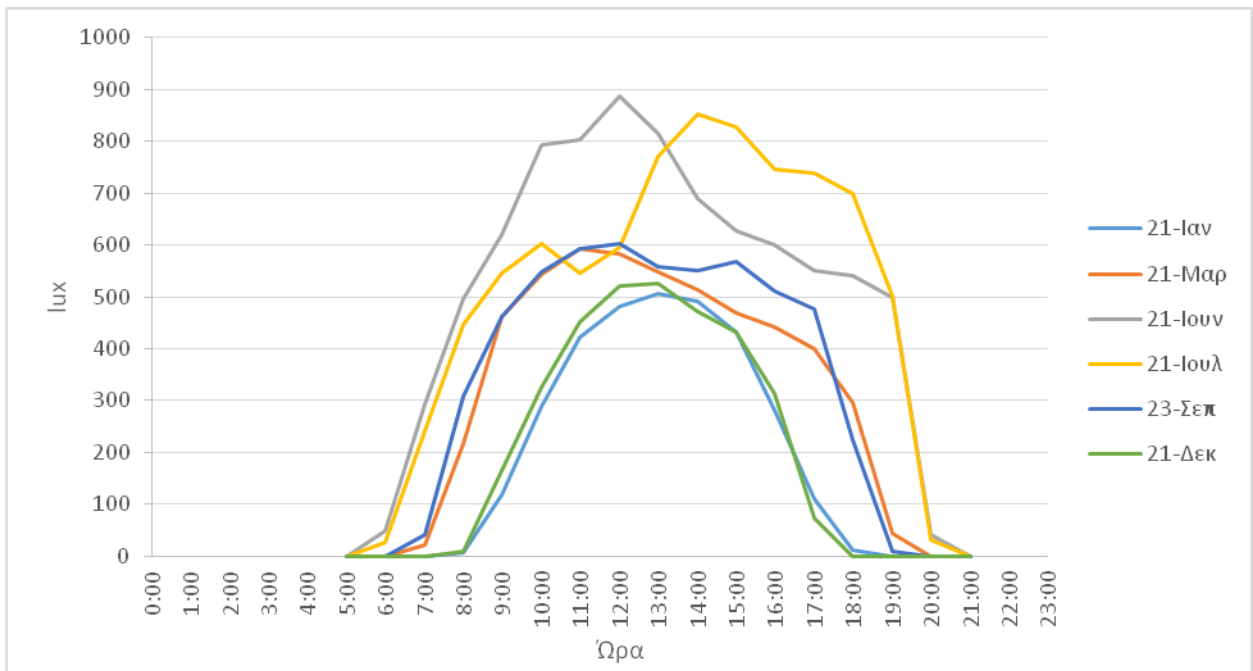
Εικ.4.26 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



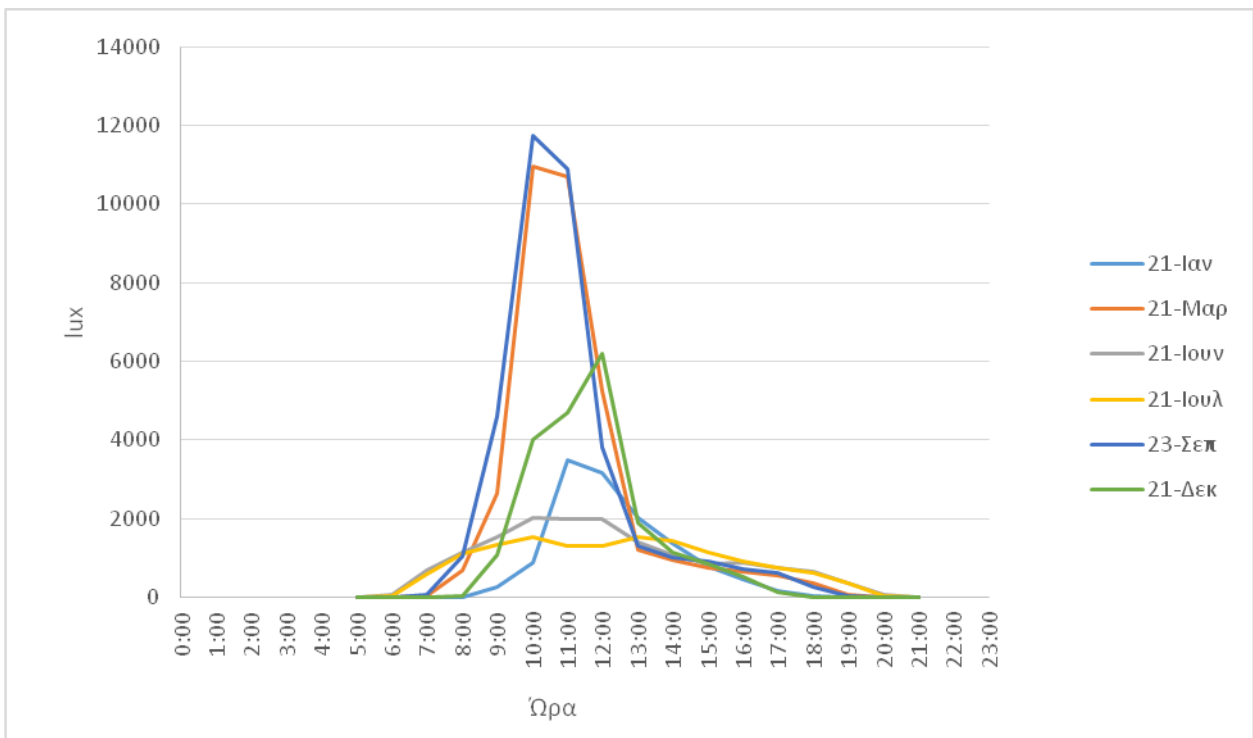
Εικ.4.27 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



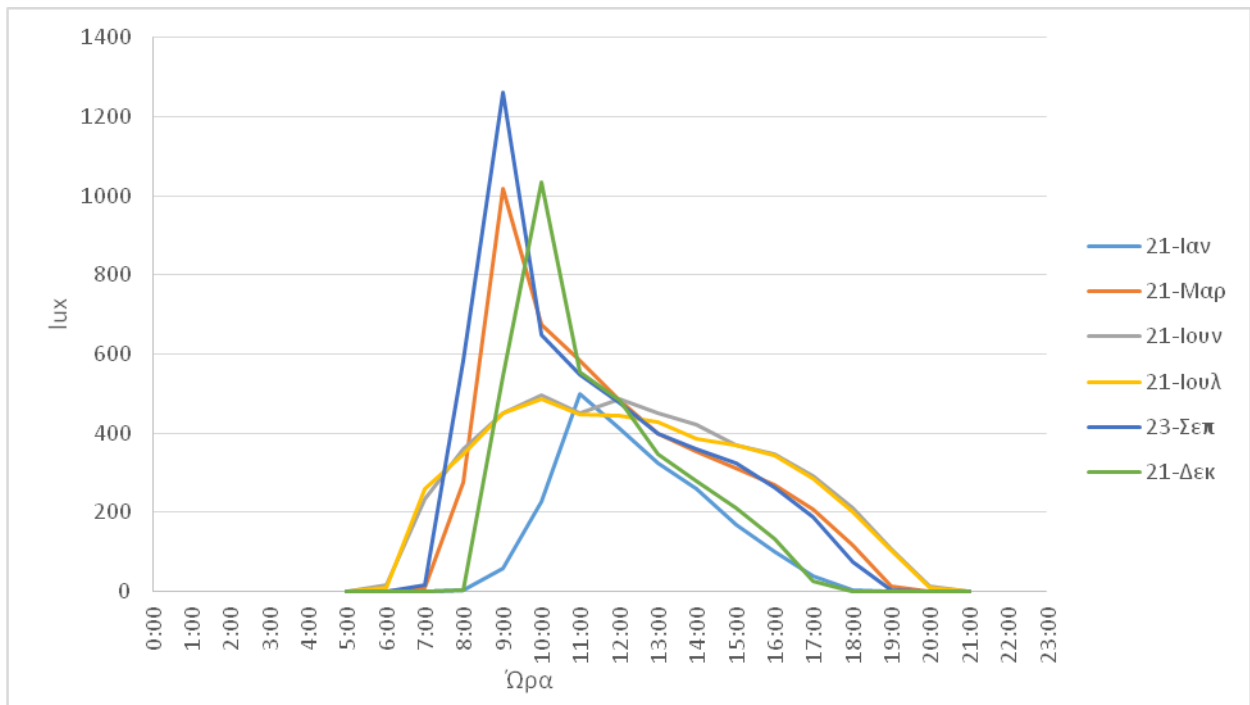
Εικ.4.28 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



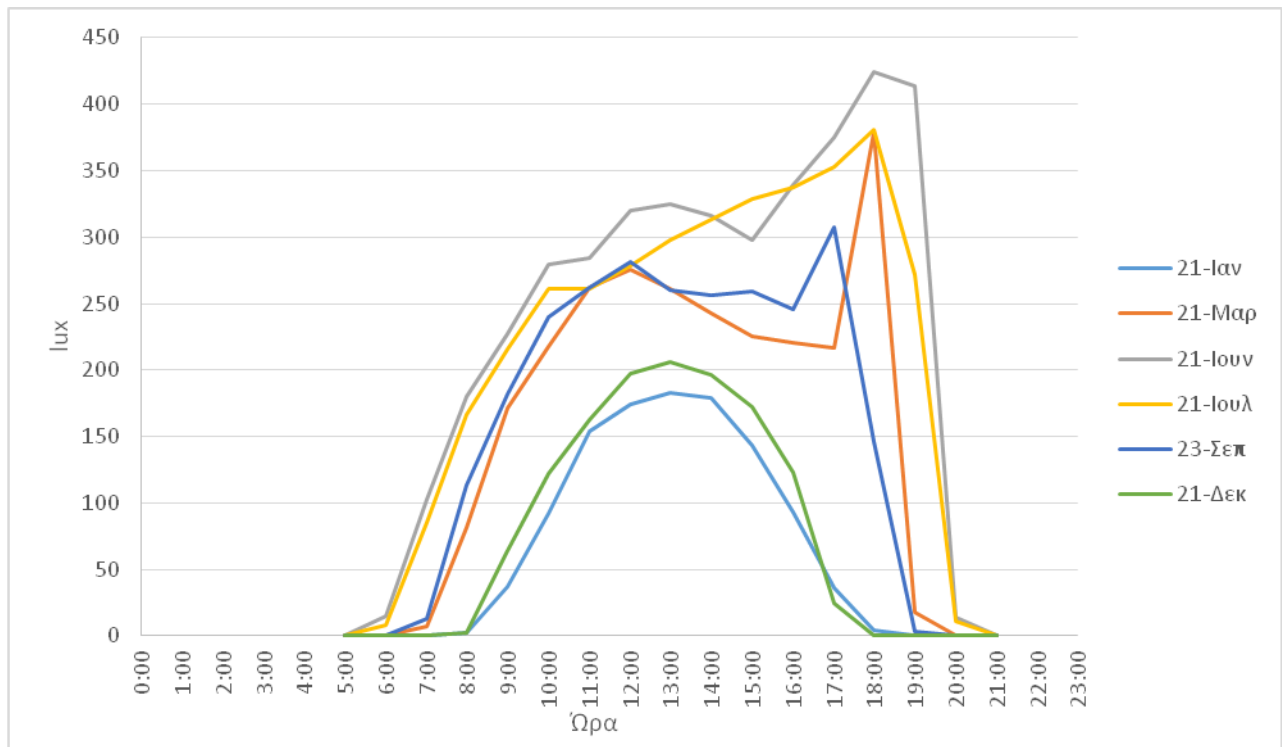
Εικ.4.29 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



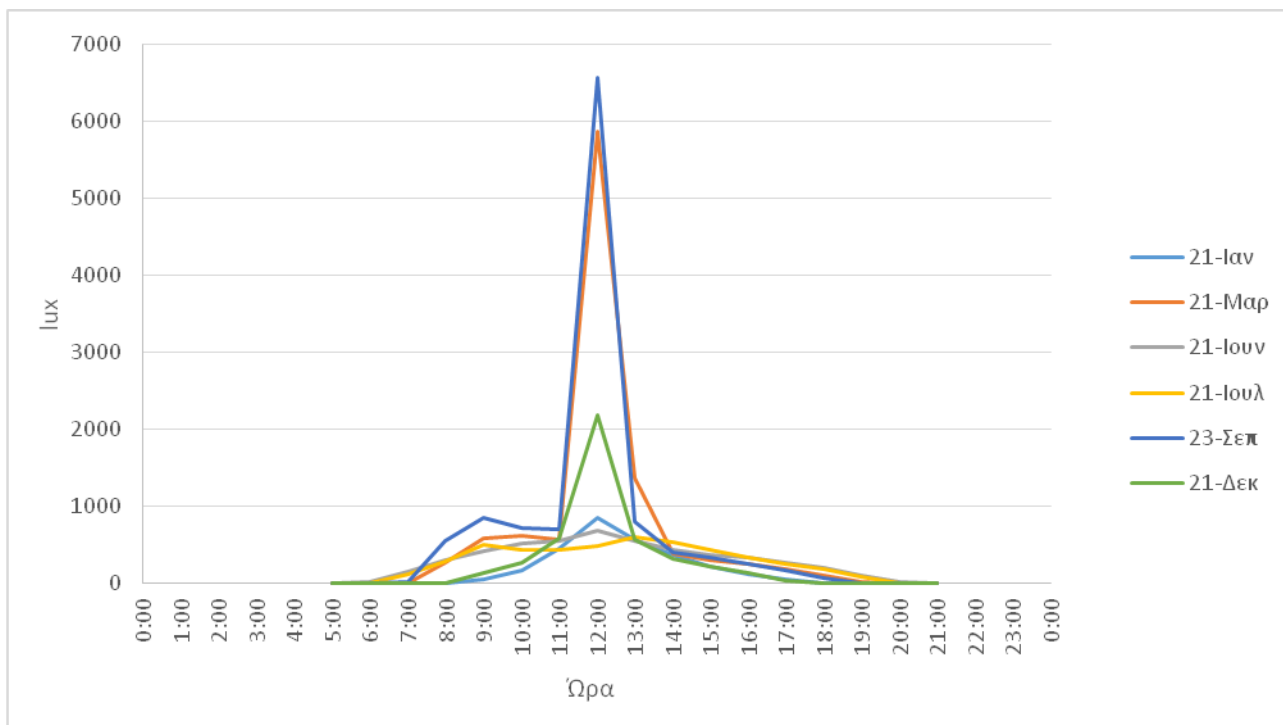
Εικ.4.30 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5 - Χωρίς αυτοσκίαση



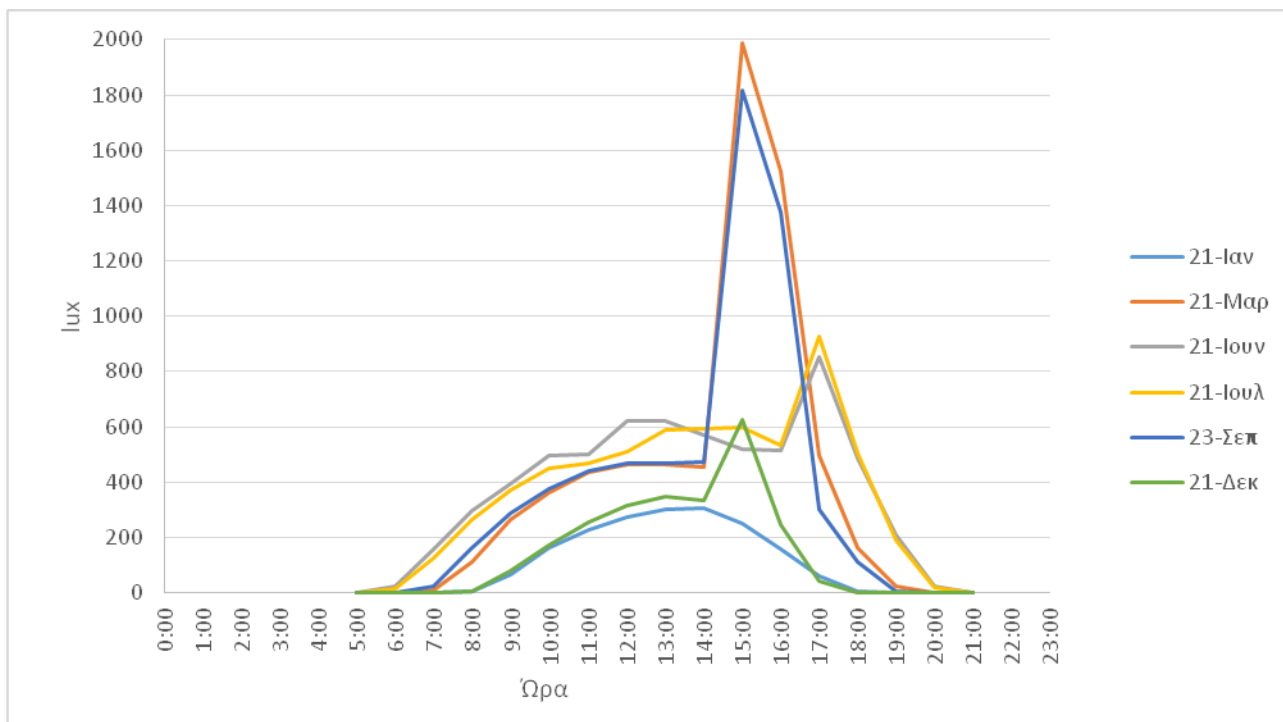
Εικ.4.31 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6 - Με αυτοσκίαση



Εικ.4.32 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 6 - Χωρίς αυτοσκίαση

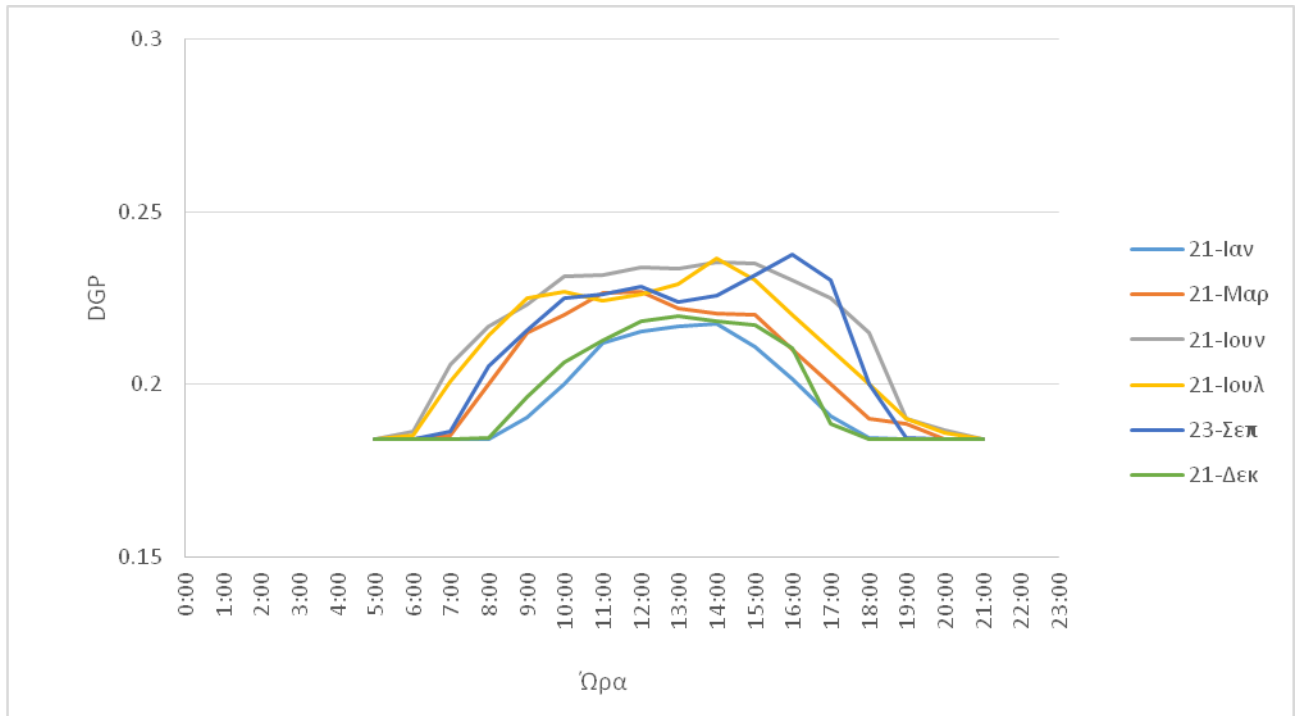


Εικ.4.33 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση



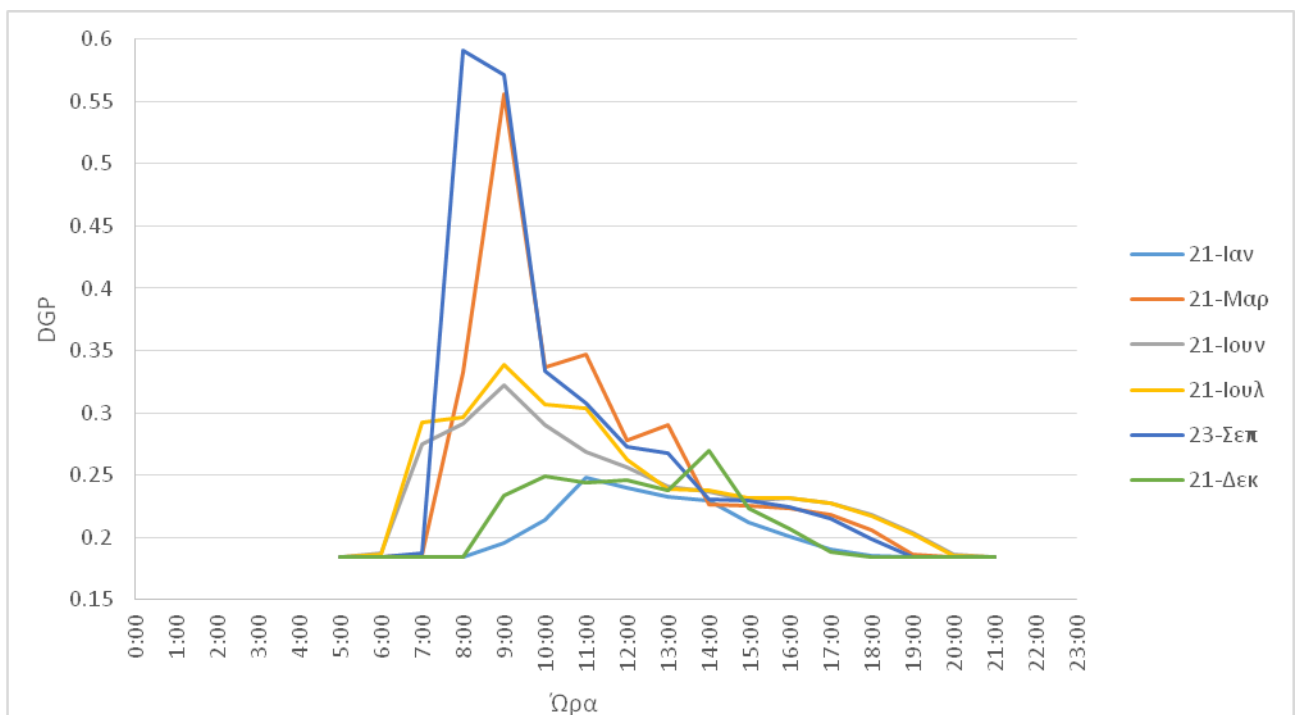
## Daylight Glare Probability (DGP) - Θάμβωση

### Θέση 1 – Με αυτοσκίαση



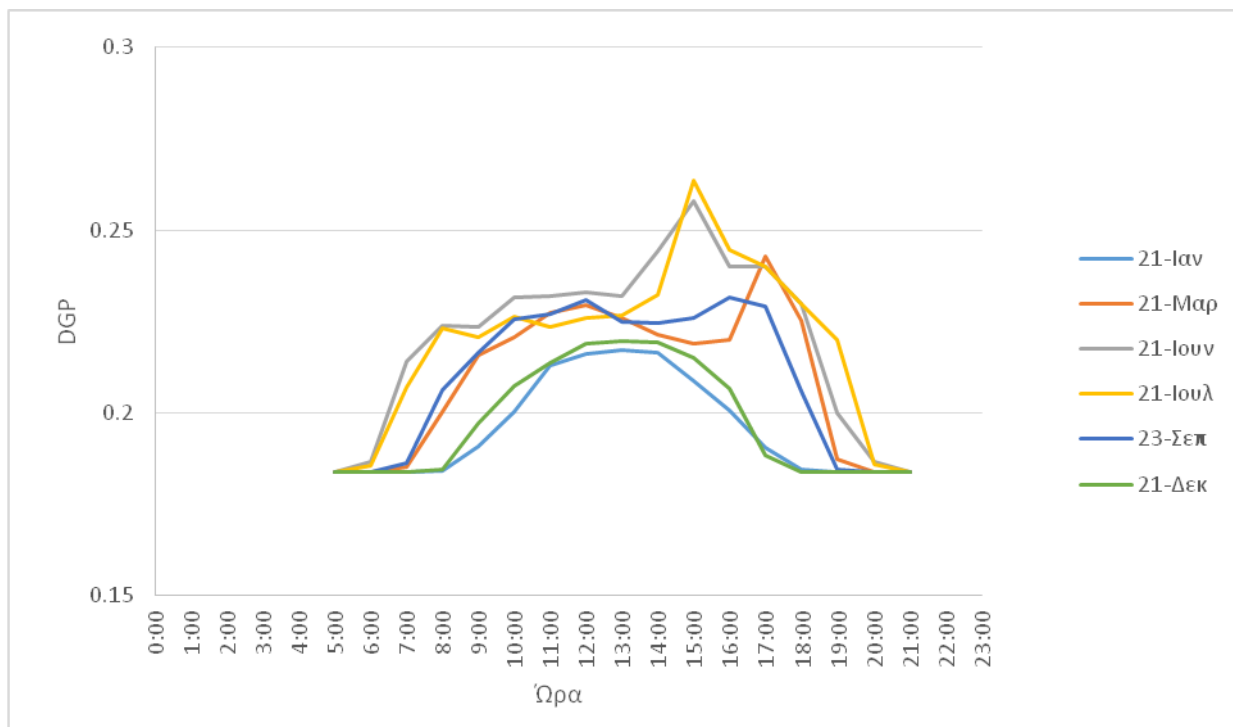
Εικ.4.34 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



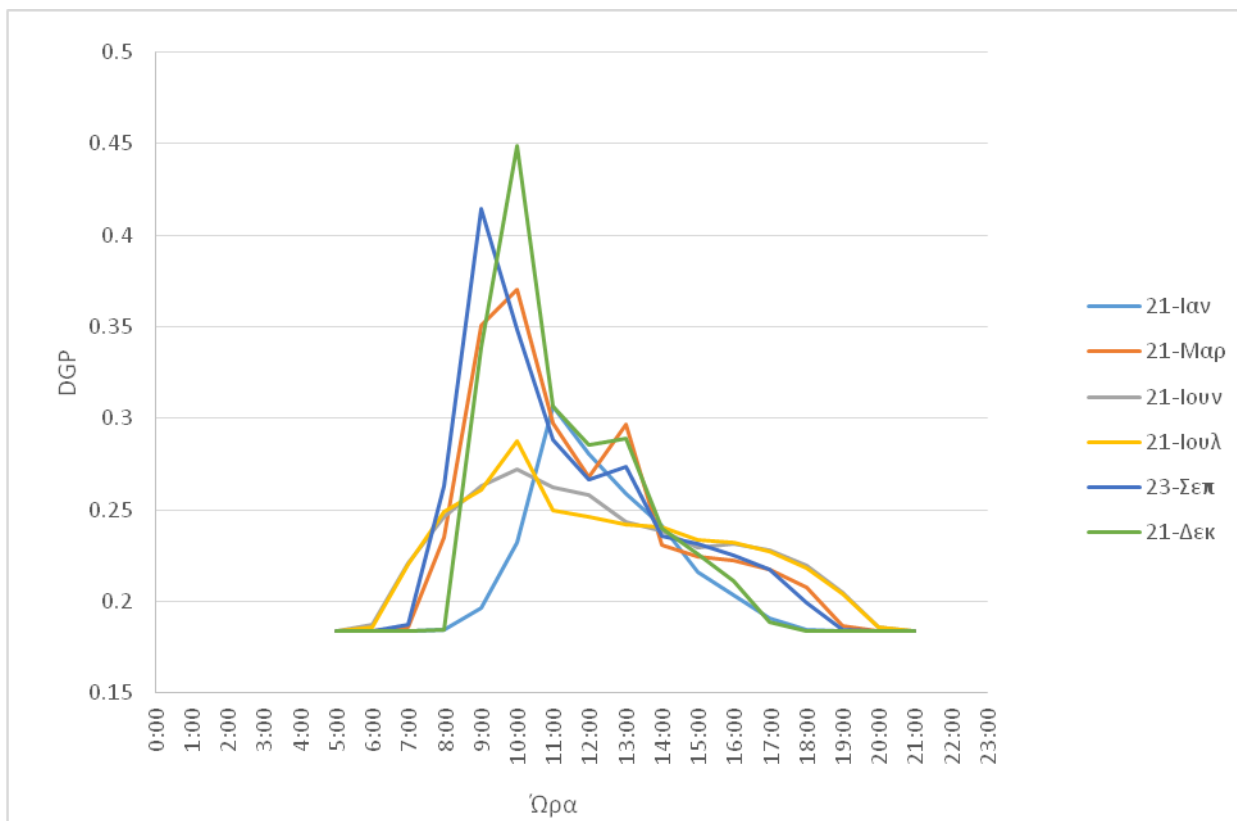
Εικ.4.35 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

## Θέση 2 – Με αυτοσκίαση



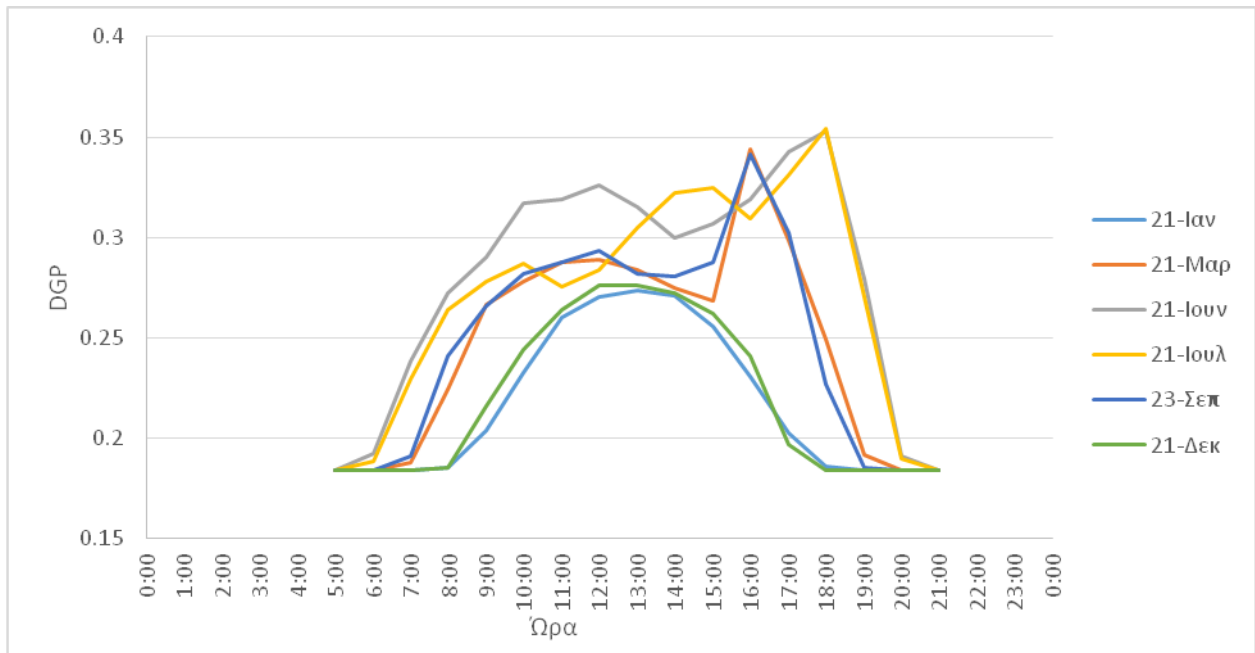
Εικ.4.36 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

## Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



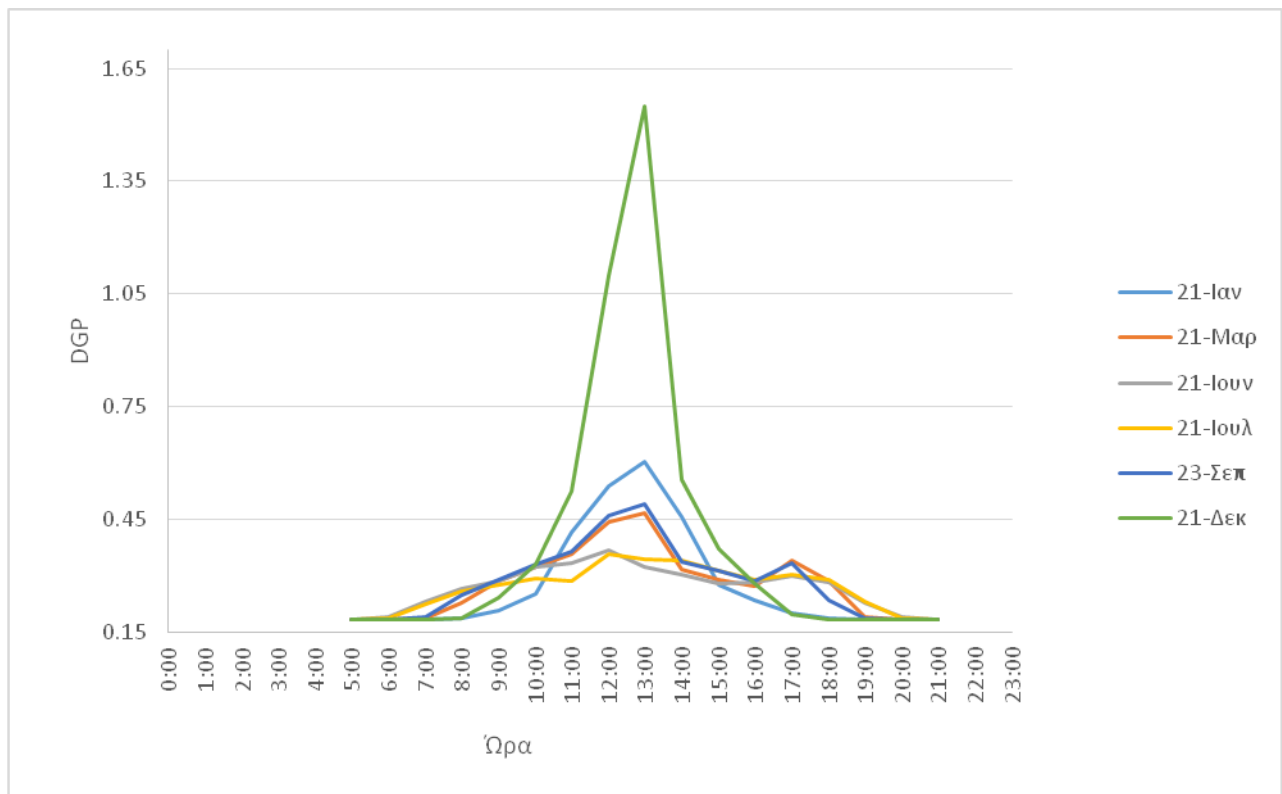
Εικ.4.37 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3 – Με αυτοσκίαση



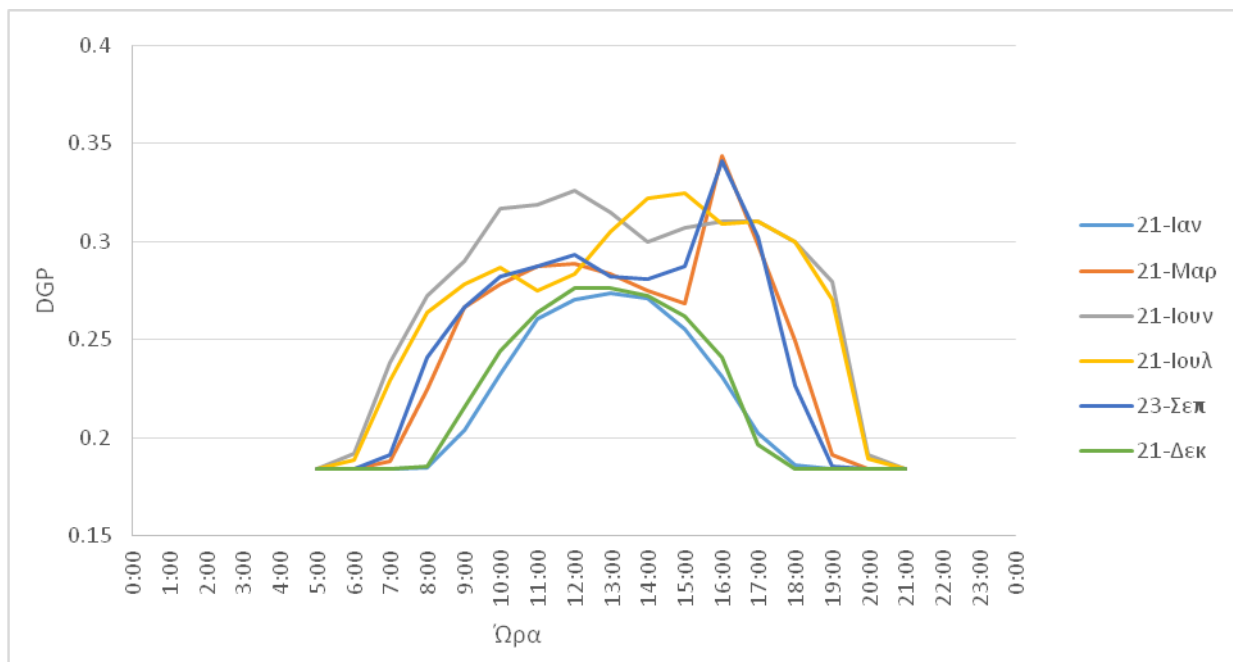
Εικ.4.38 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



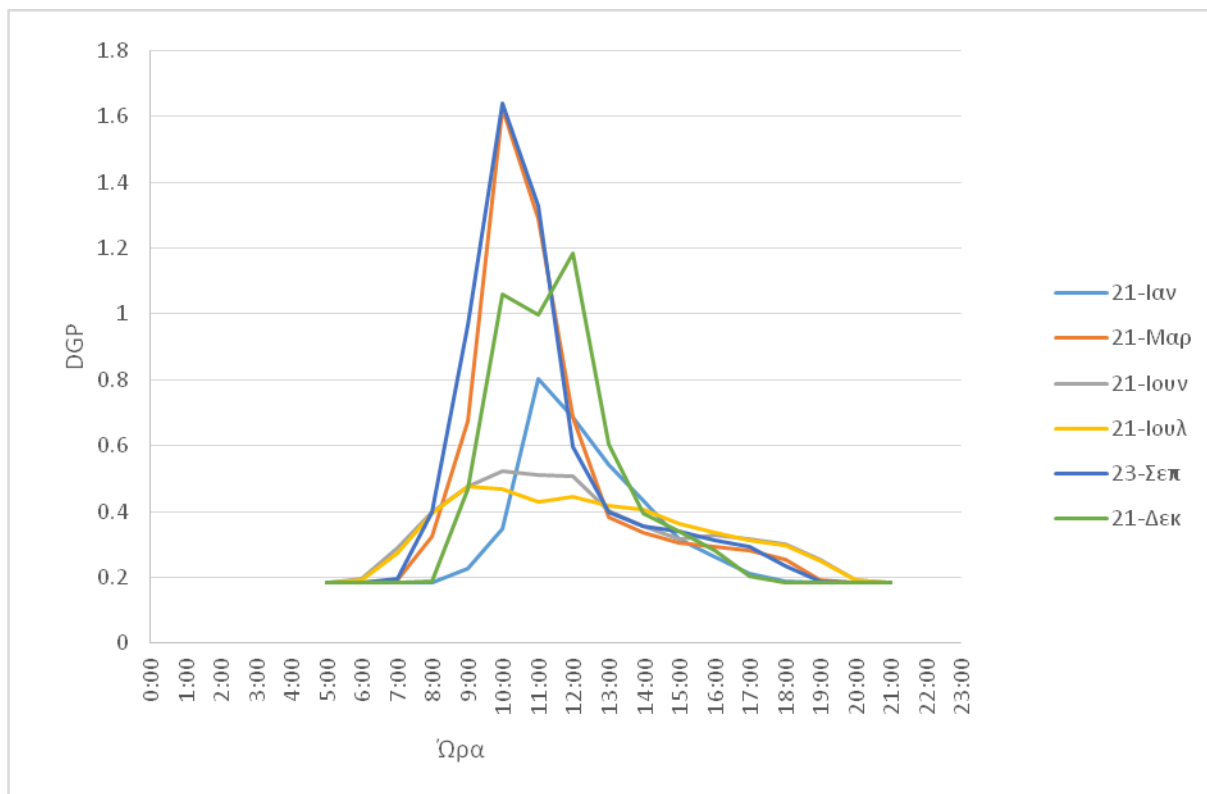
Εικ.4.39 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 4 – Με αυτοσκίαση



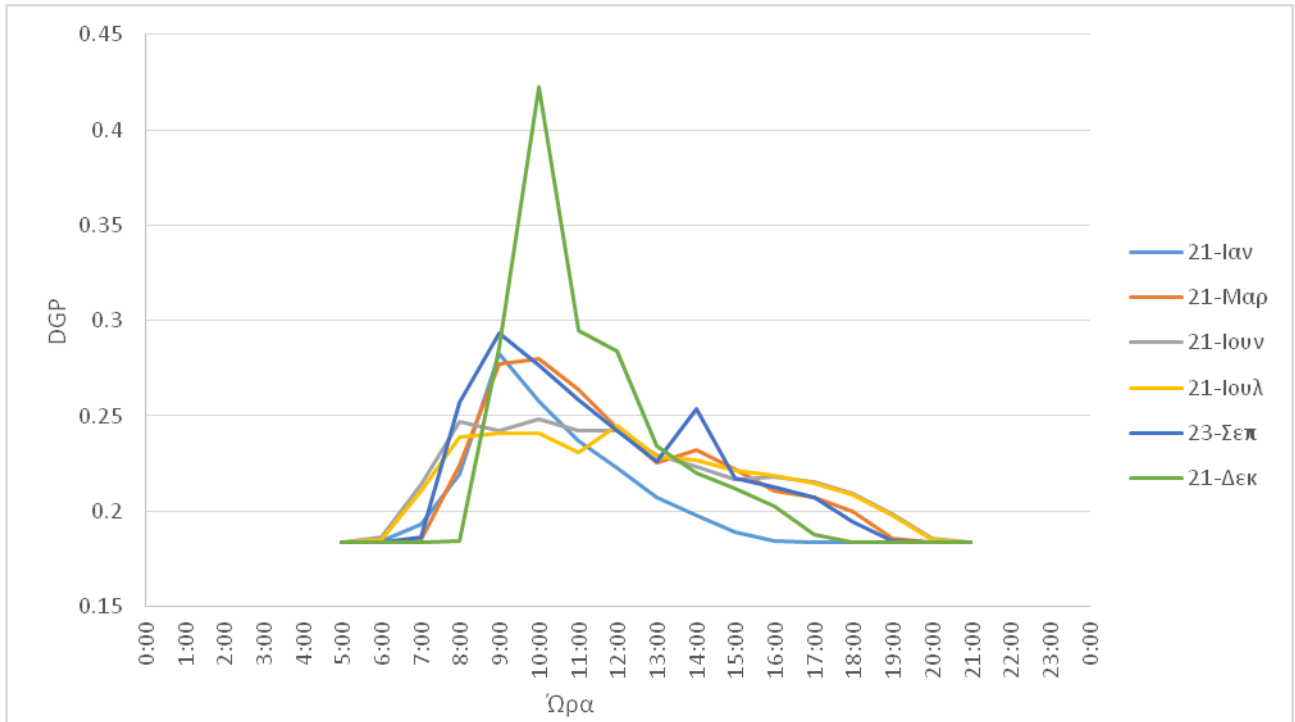
Εικ.4.40 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



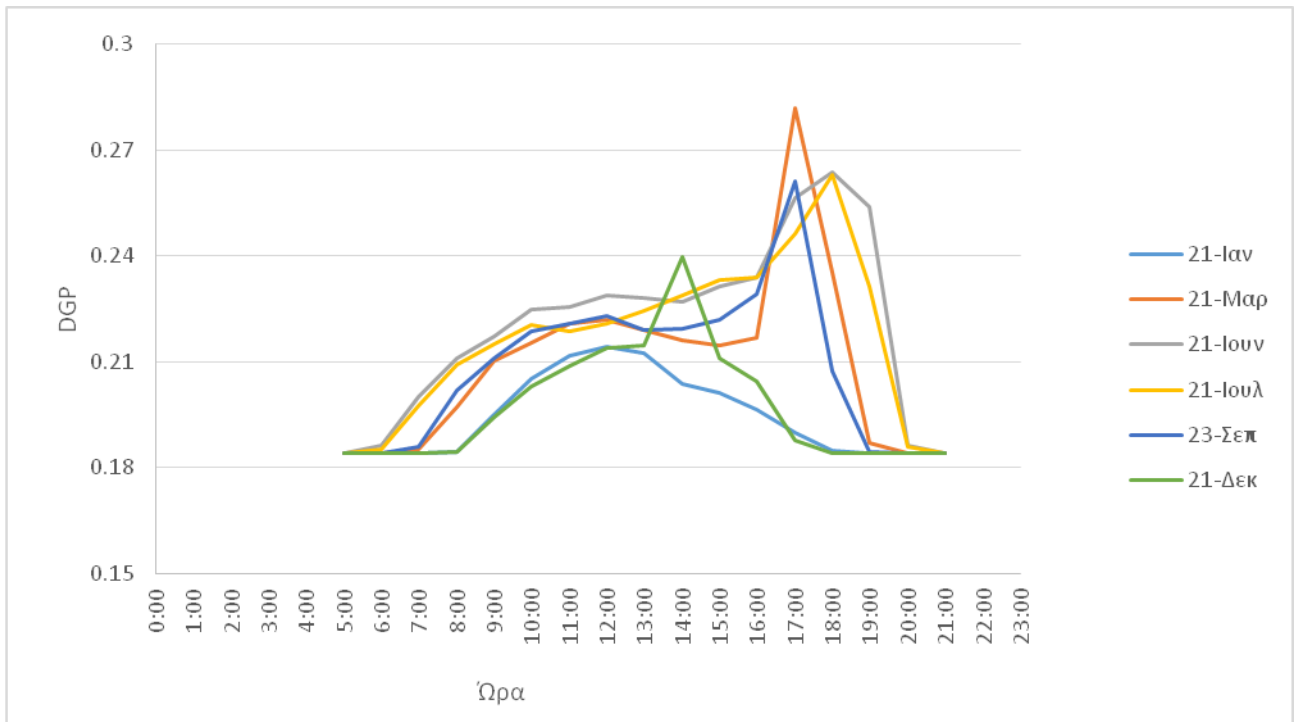
Εικ.4.41 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5 – Με αυτοσκίαση



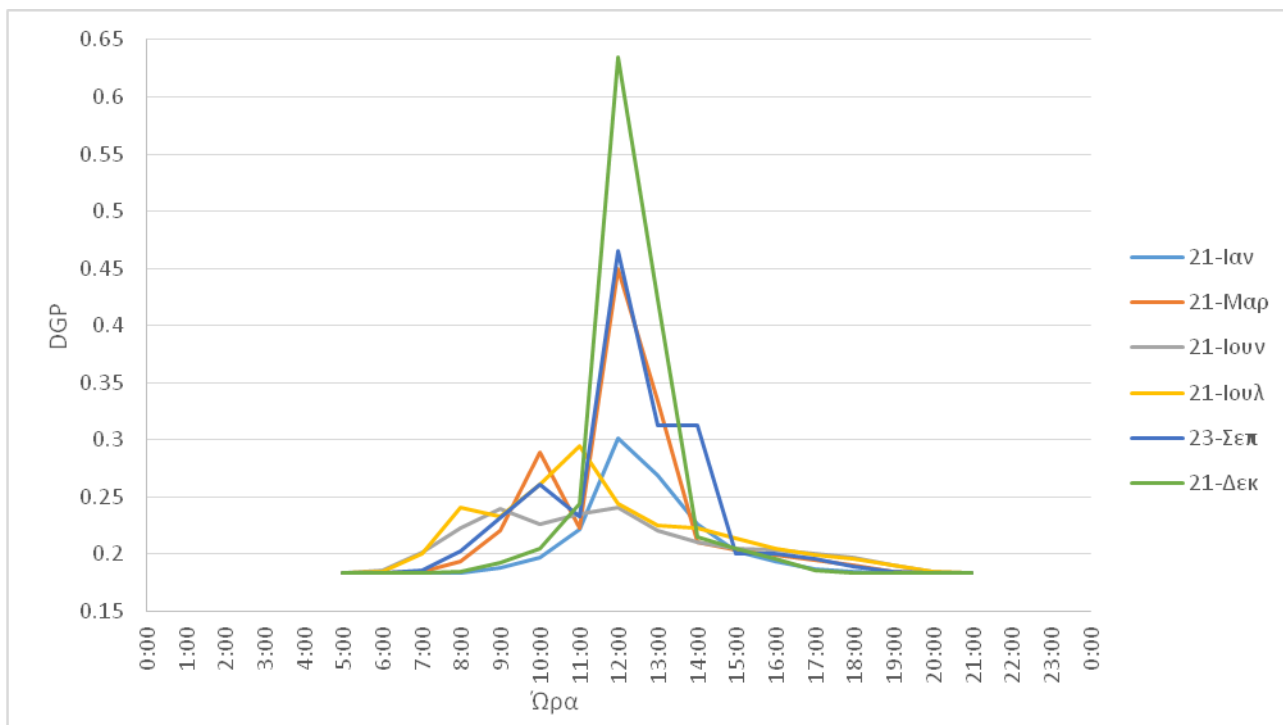
Εικ.4.42 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



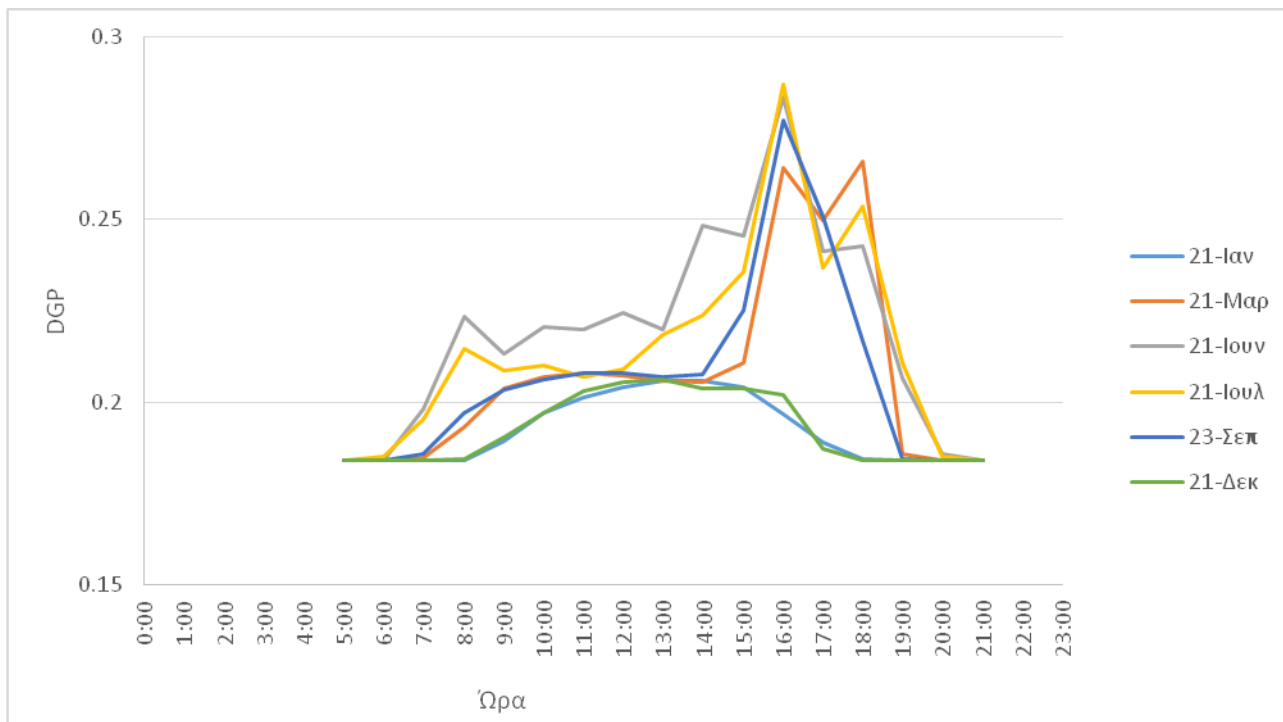
Εικ.4.43 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6 – Με αυτοσκίαση



Εικ.4.44 Θάμβωση στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση

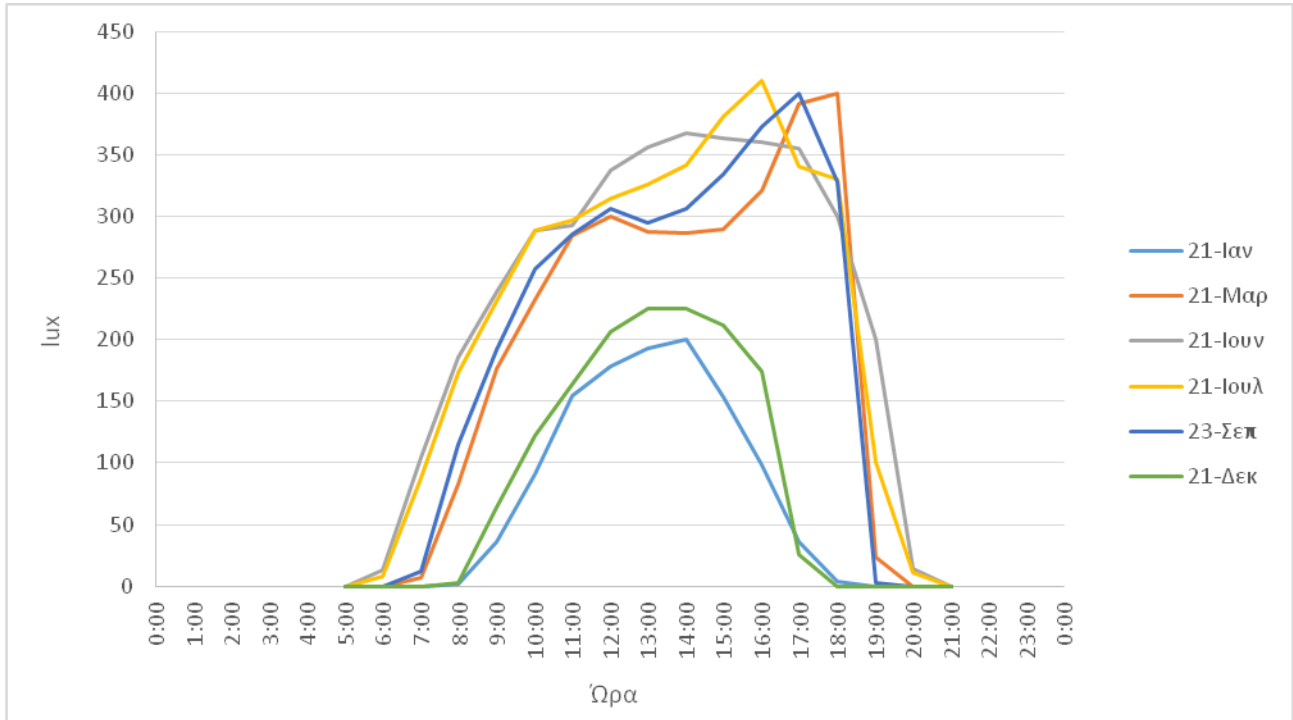


Εικ.4.45 Θάμβωση στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### 4.3.2 Νότια πτέρυγα

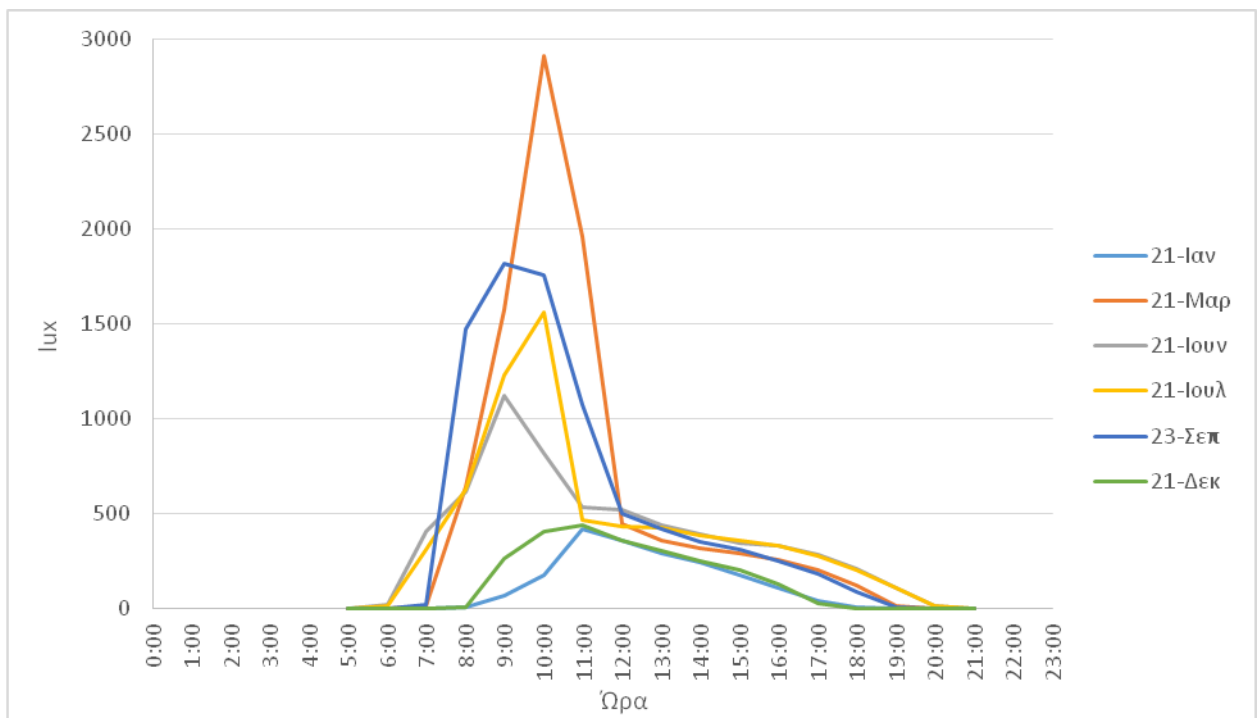
#### Daylight (lux) - Ένταση φυσικού φωτισμού

##### Θέση 1- Με αυτοσκίαση



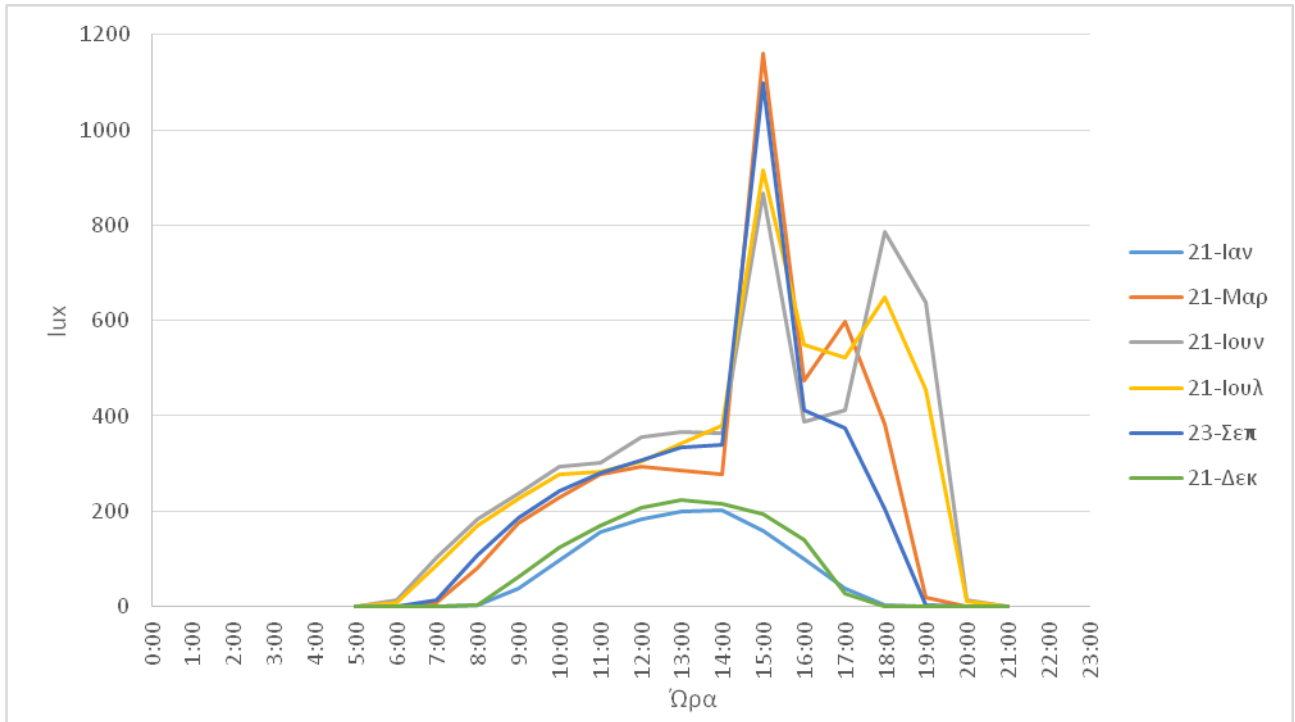
Εικ.4.46 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

##### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



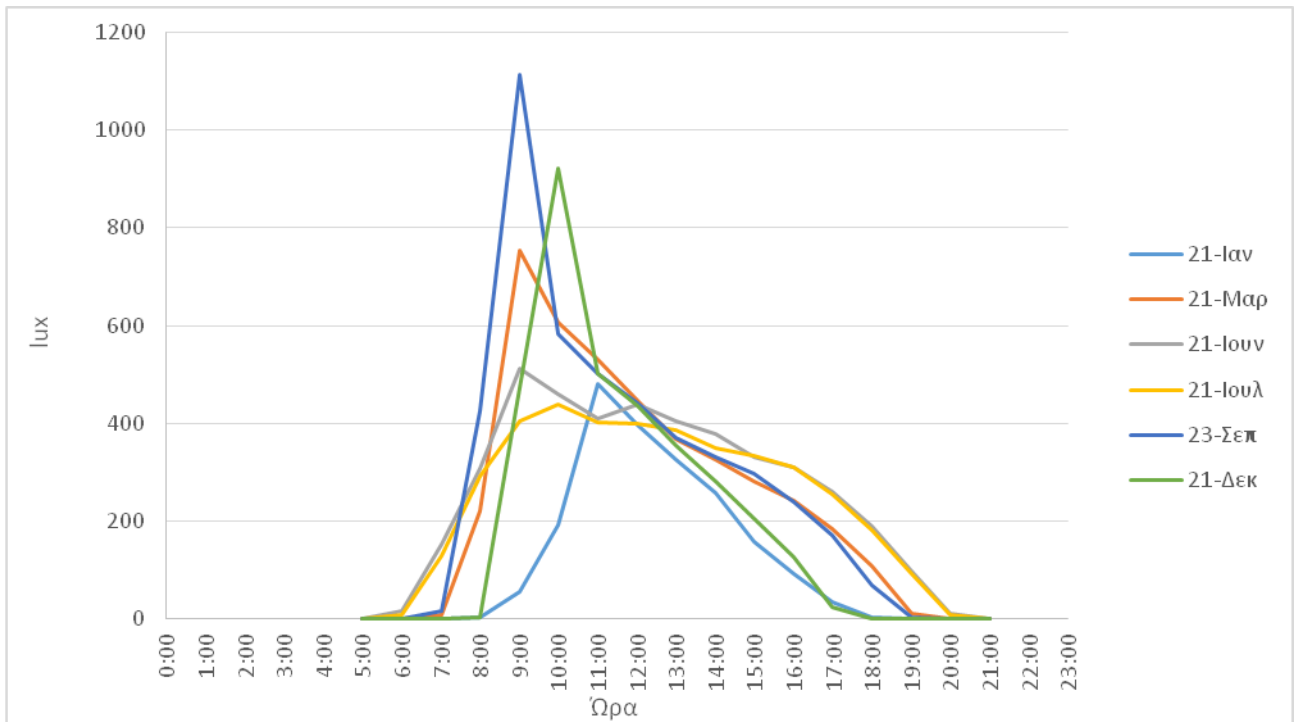
Εικ.4.47 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.48 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

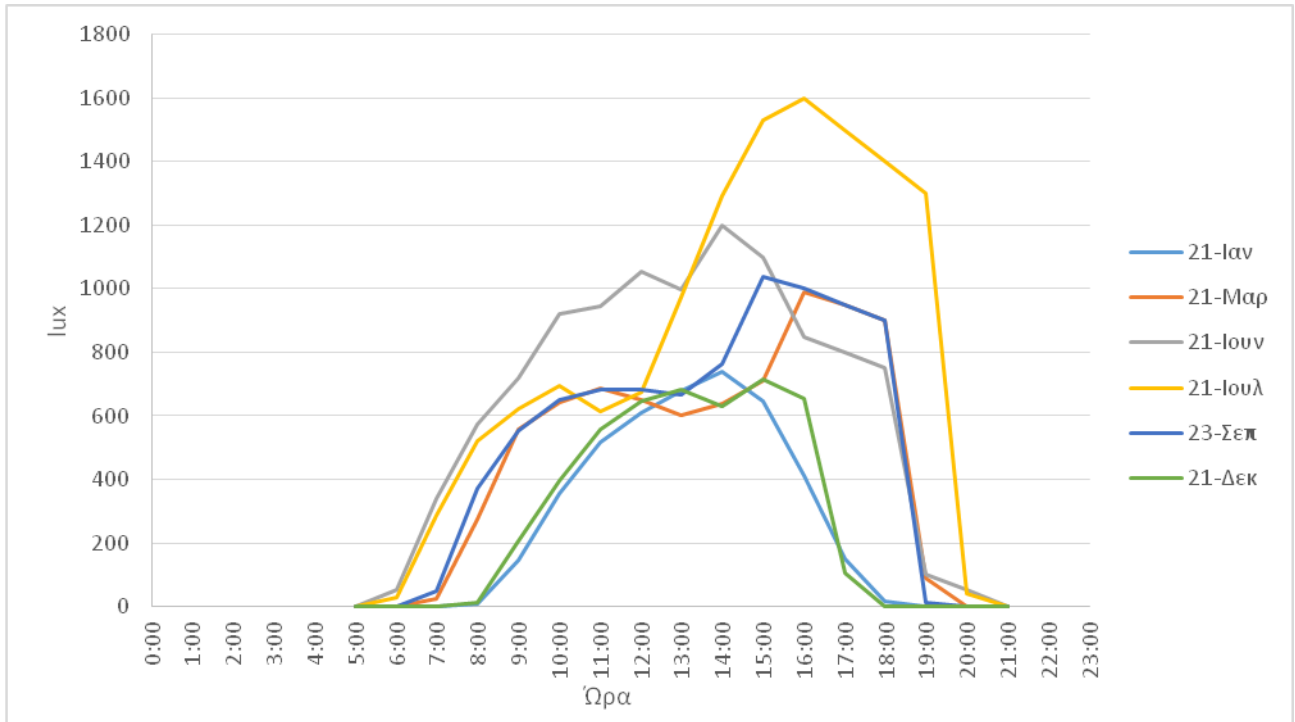
### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.49 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

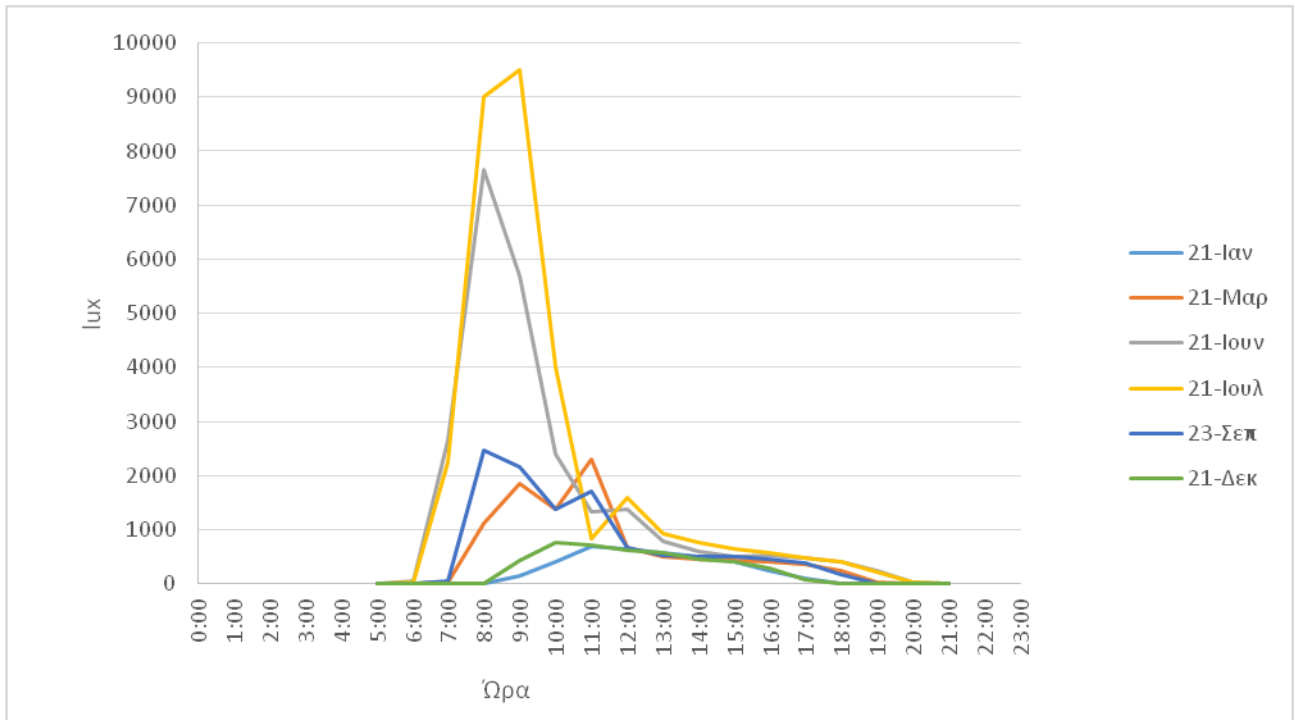


### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



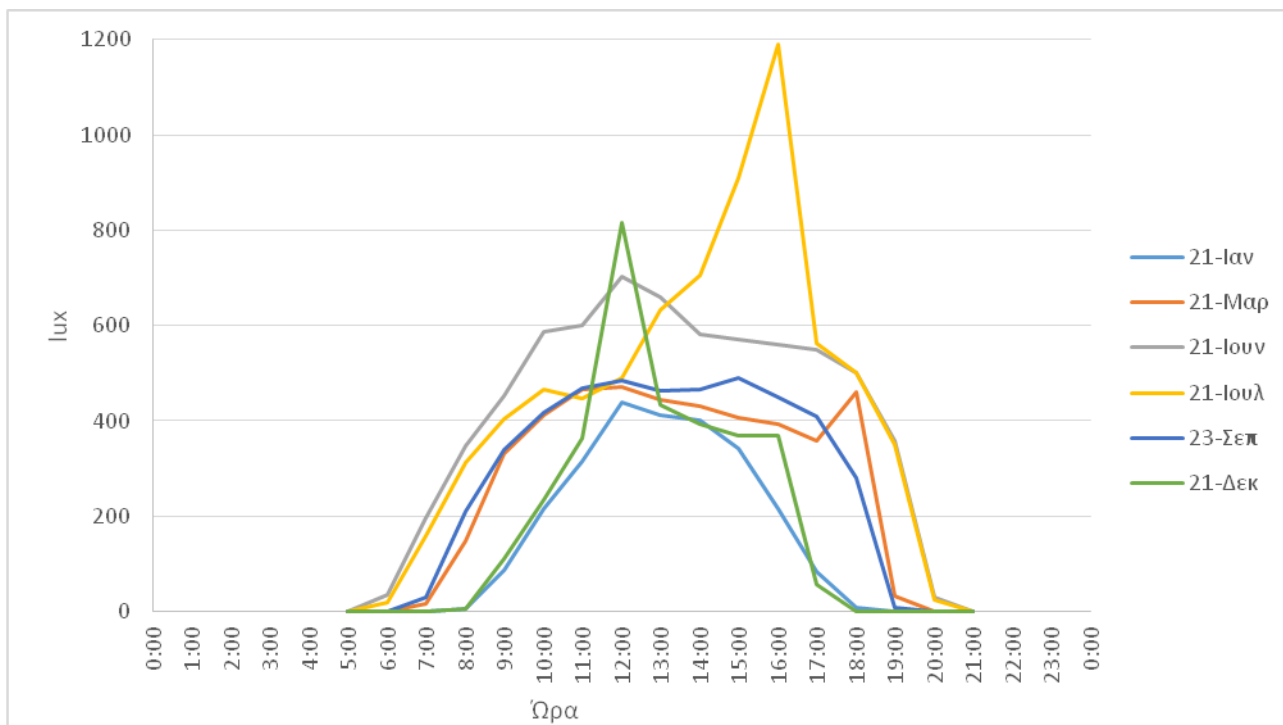
Εικ.4.50 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



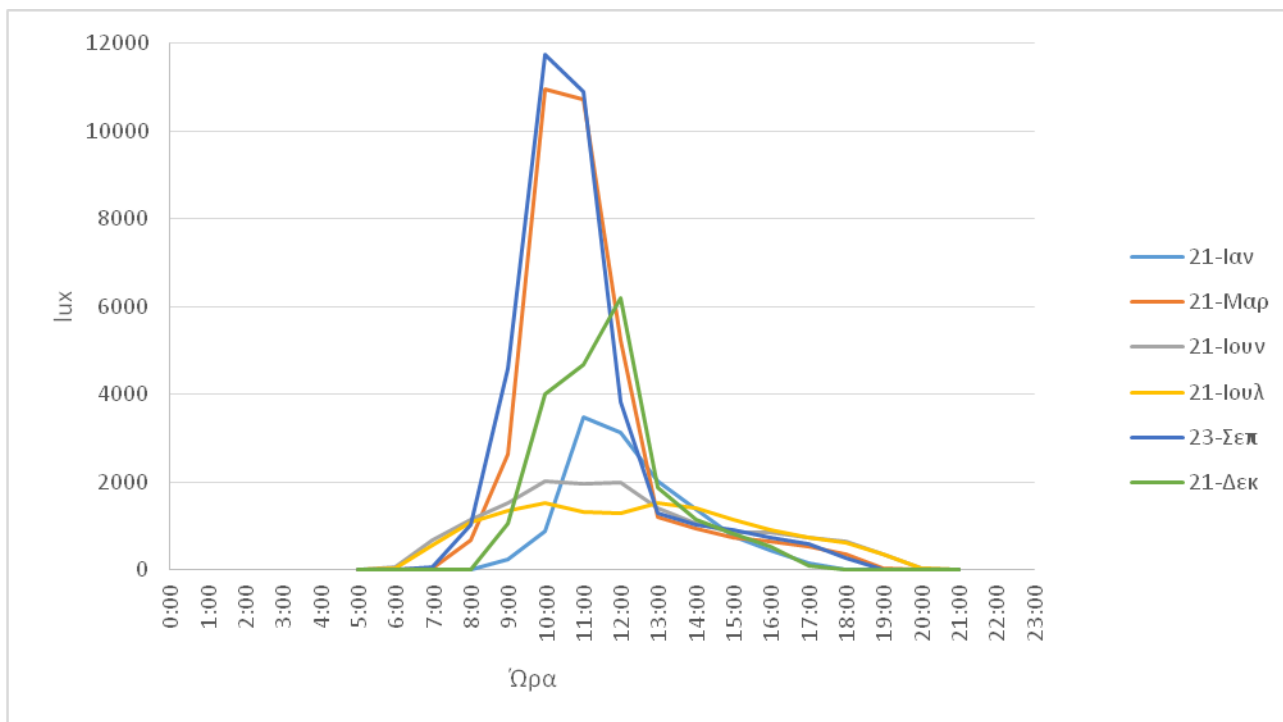
Εικ.4.51 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



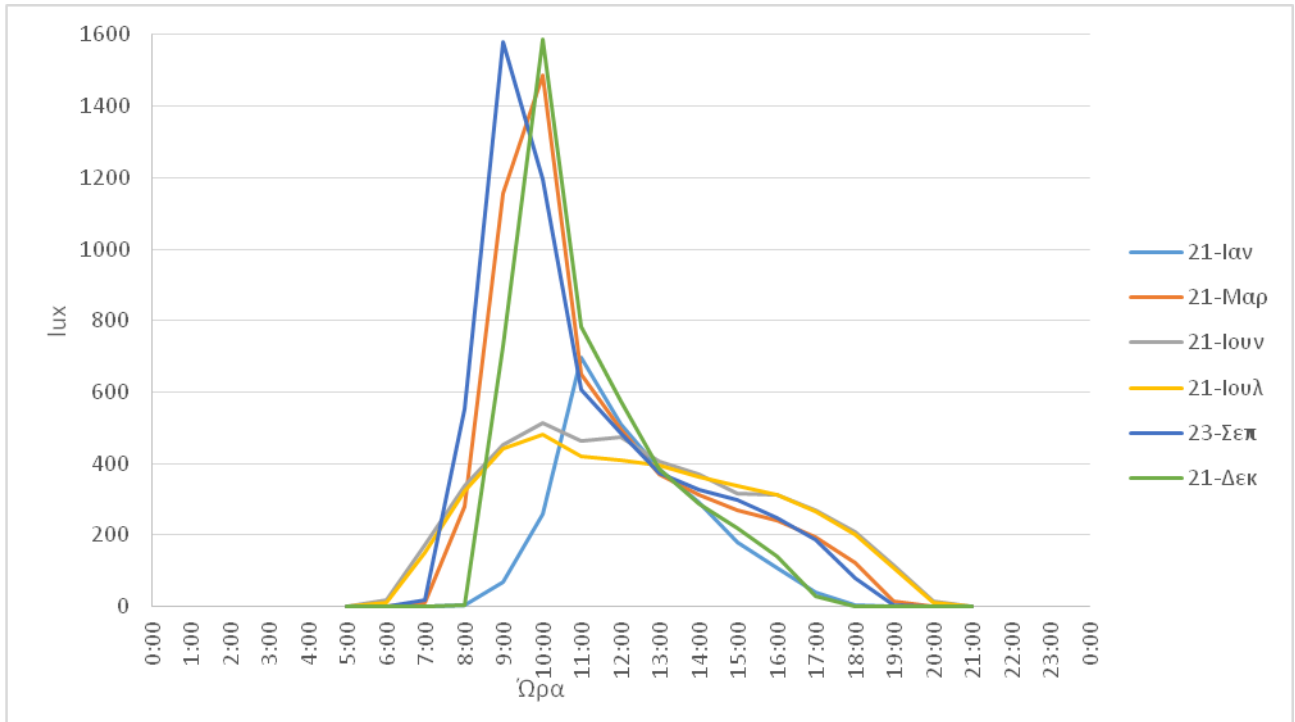
Εικ.4.52 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



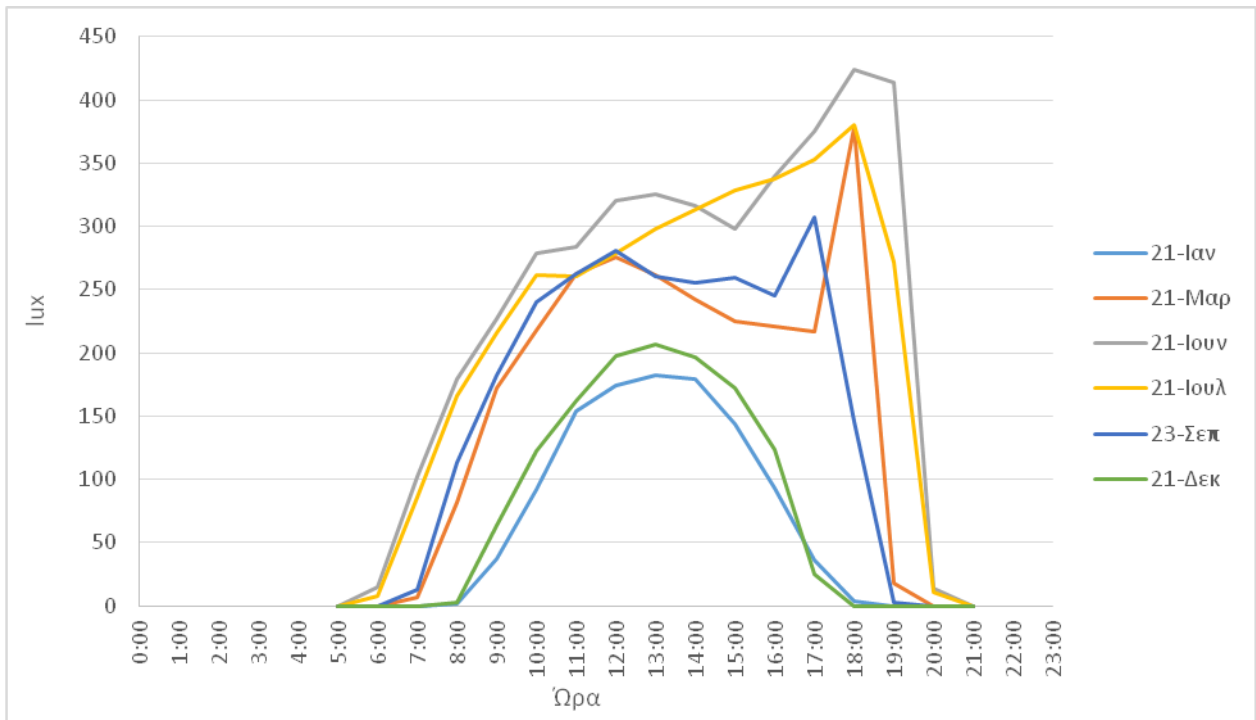
Εικ.4.53 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



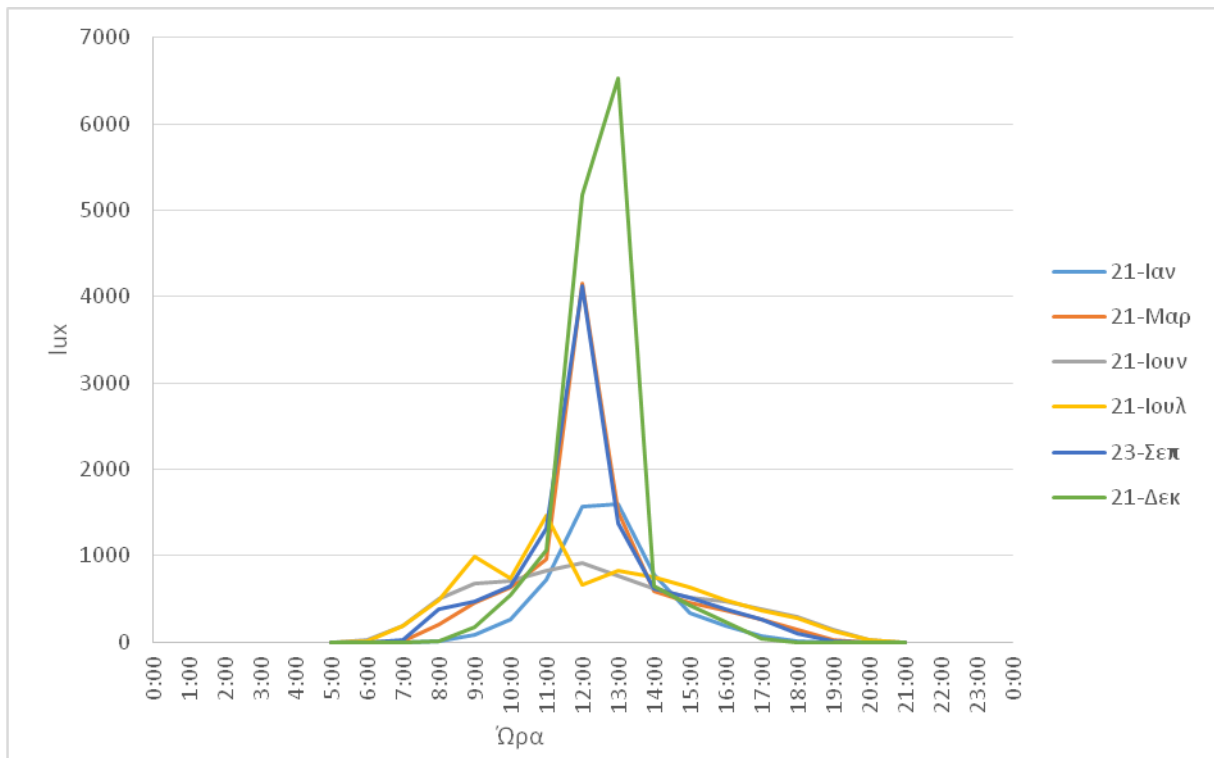
Εικ.4.54 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



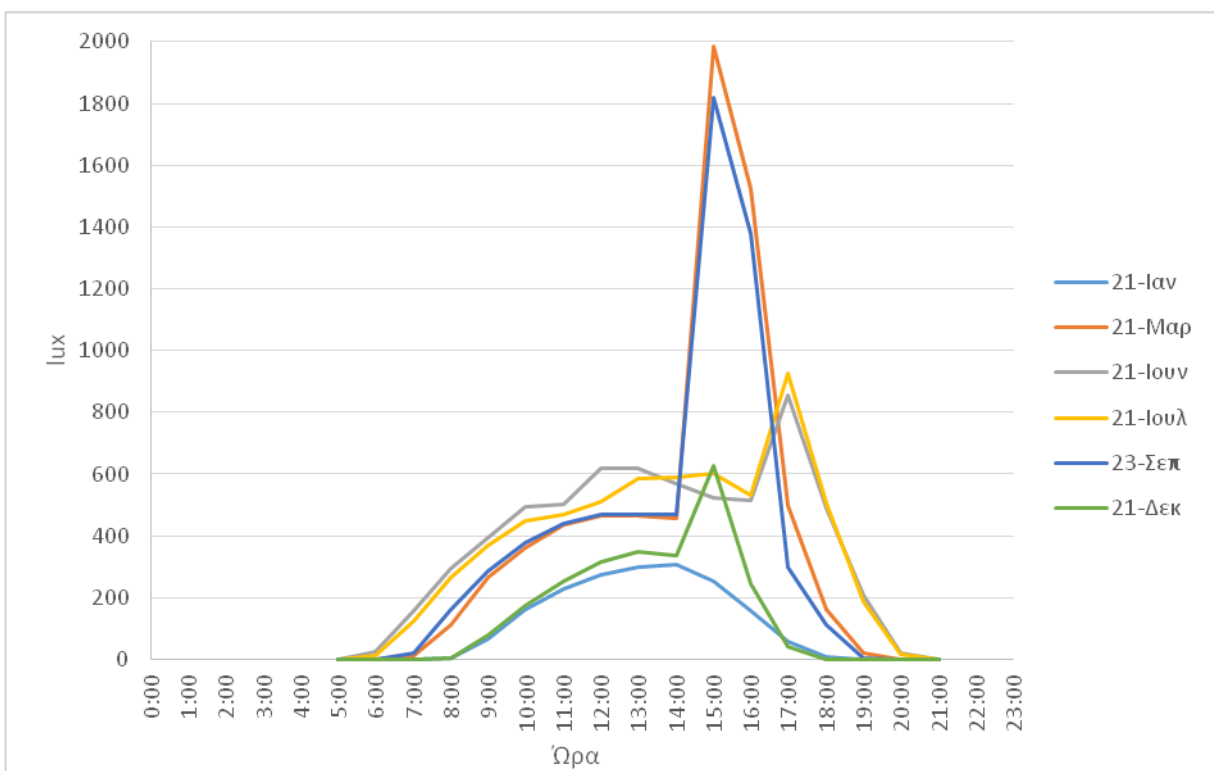
Εικ.4.55 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.56 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

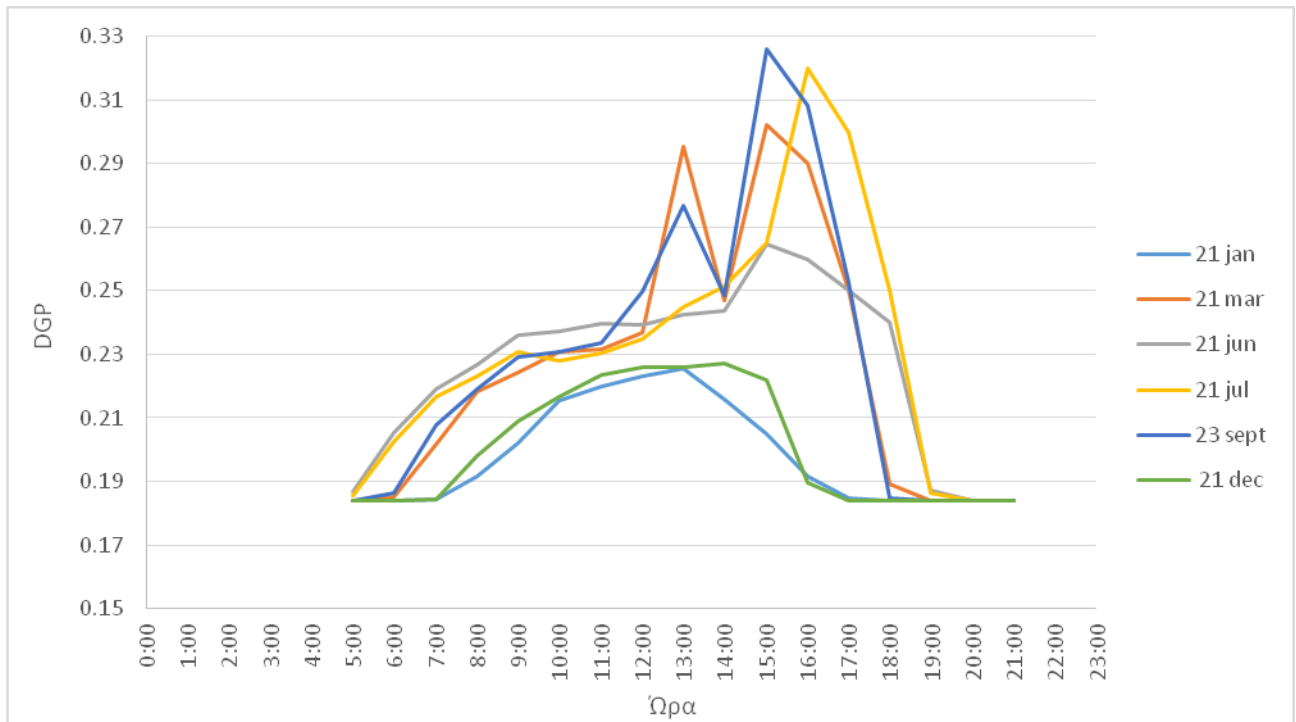
### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.57 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

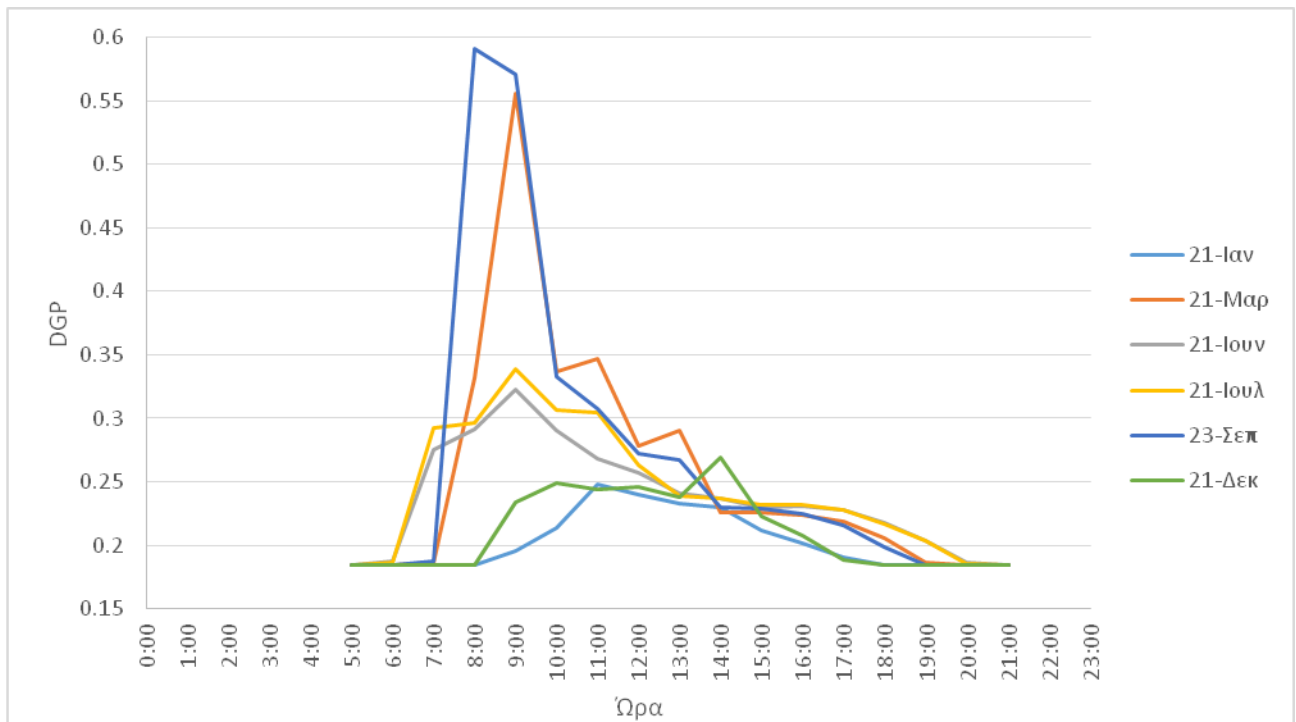
## Daylight glare probability (DGP) - Θάμβωση

### Θέση 1- Με αυτοσκίαση



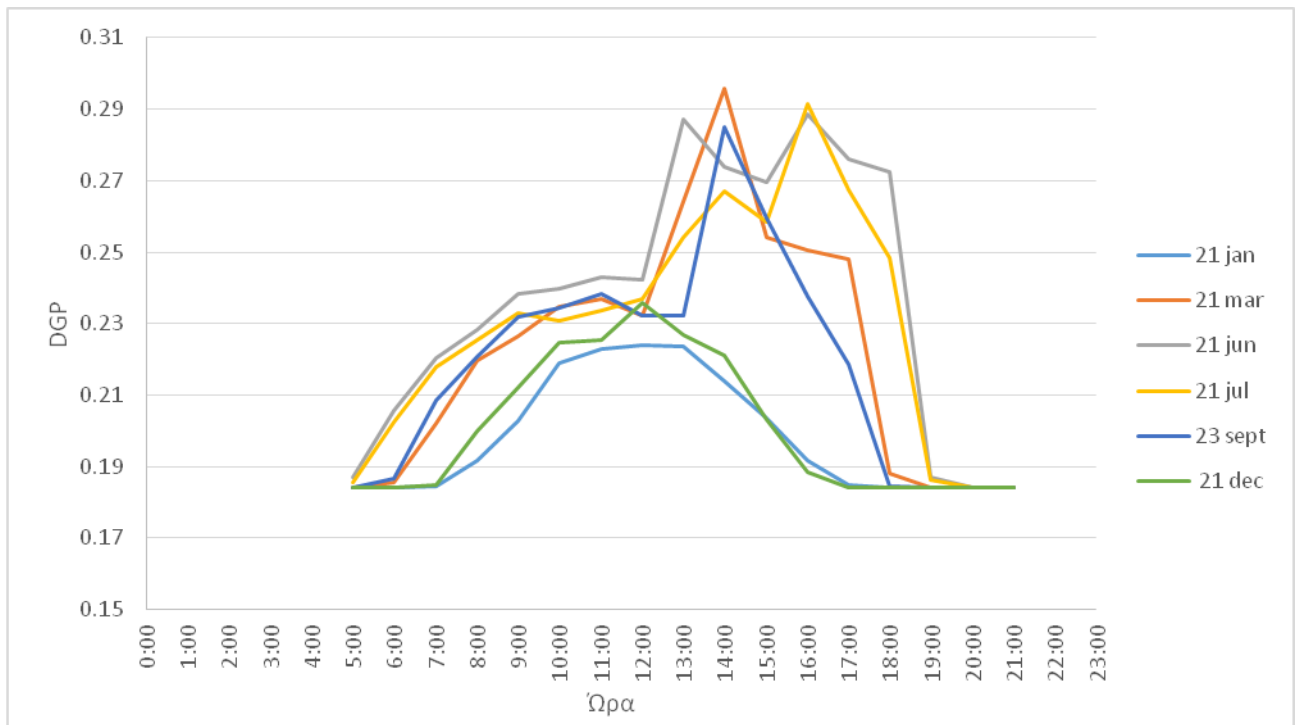
Εικ.4.58 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



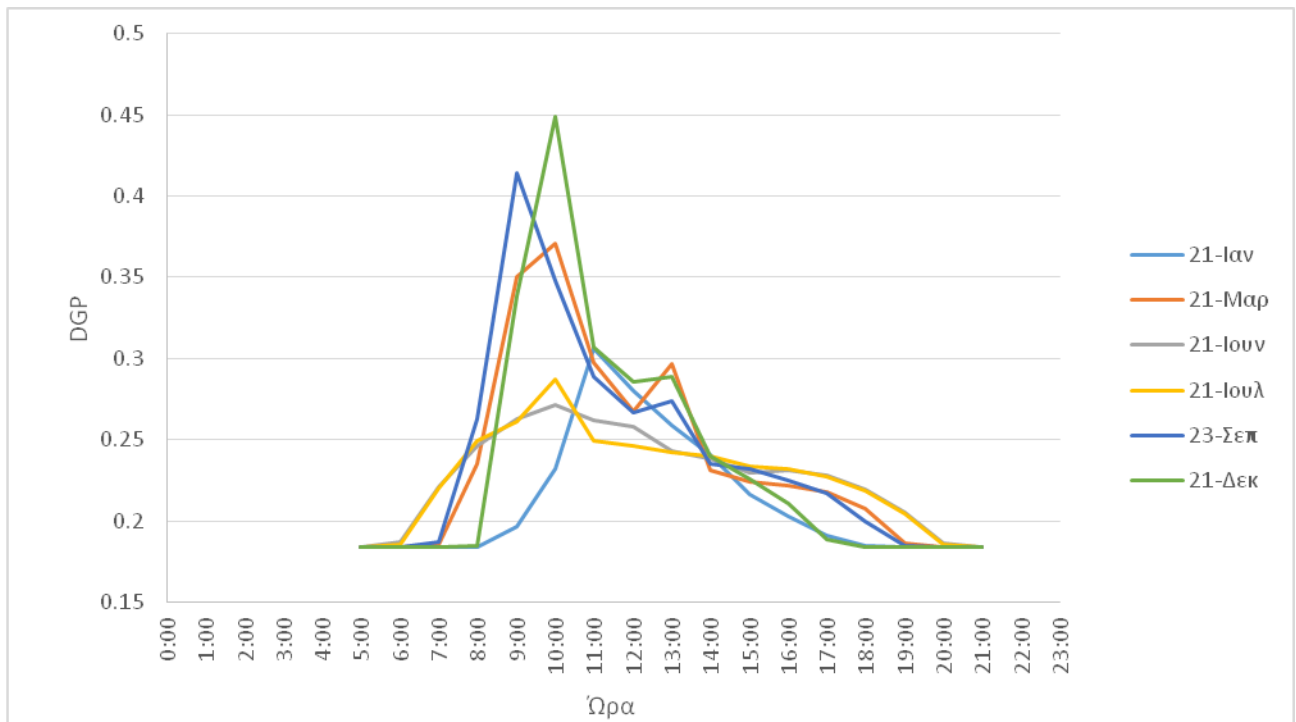
Εικ.4.59 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

## Θέση 2- Με αυτοσκίαση



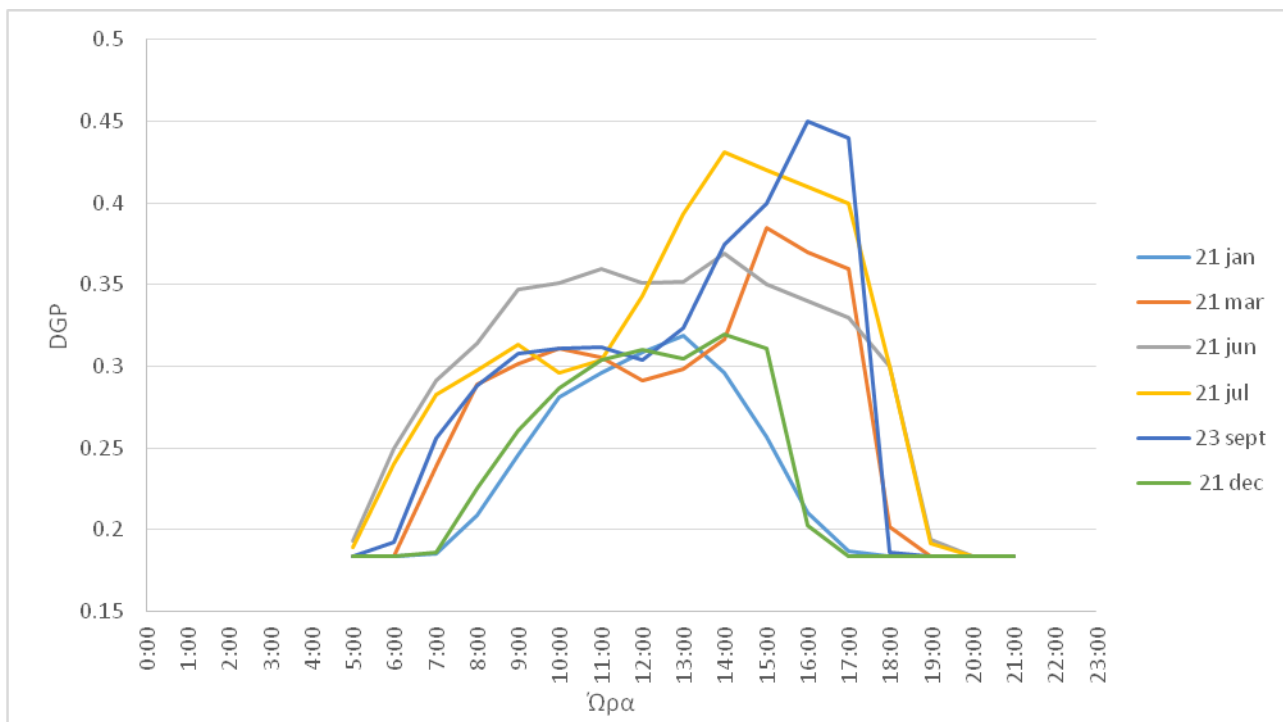
Εικ.4.60 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

## Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



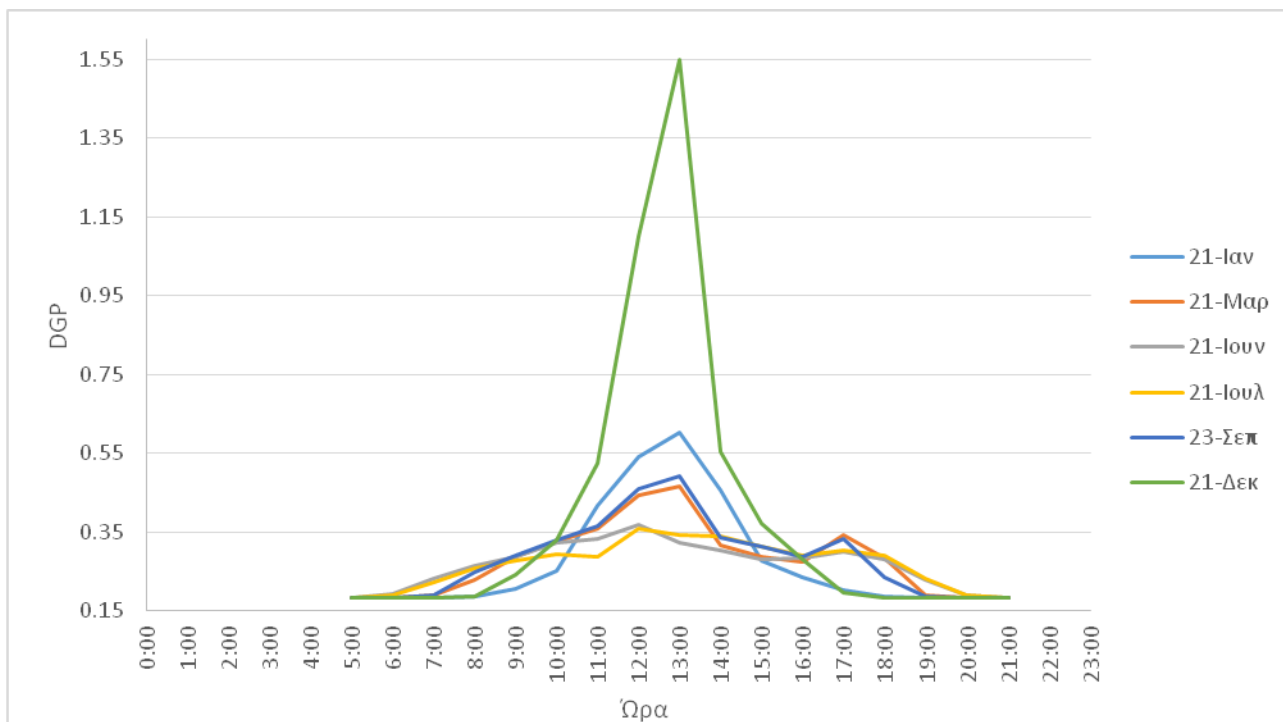
Εικ.4.61 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



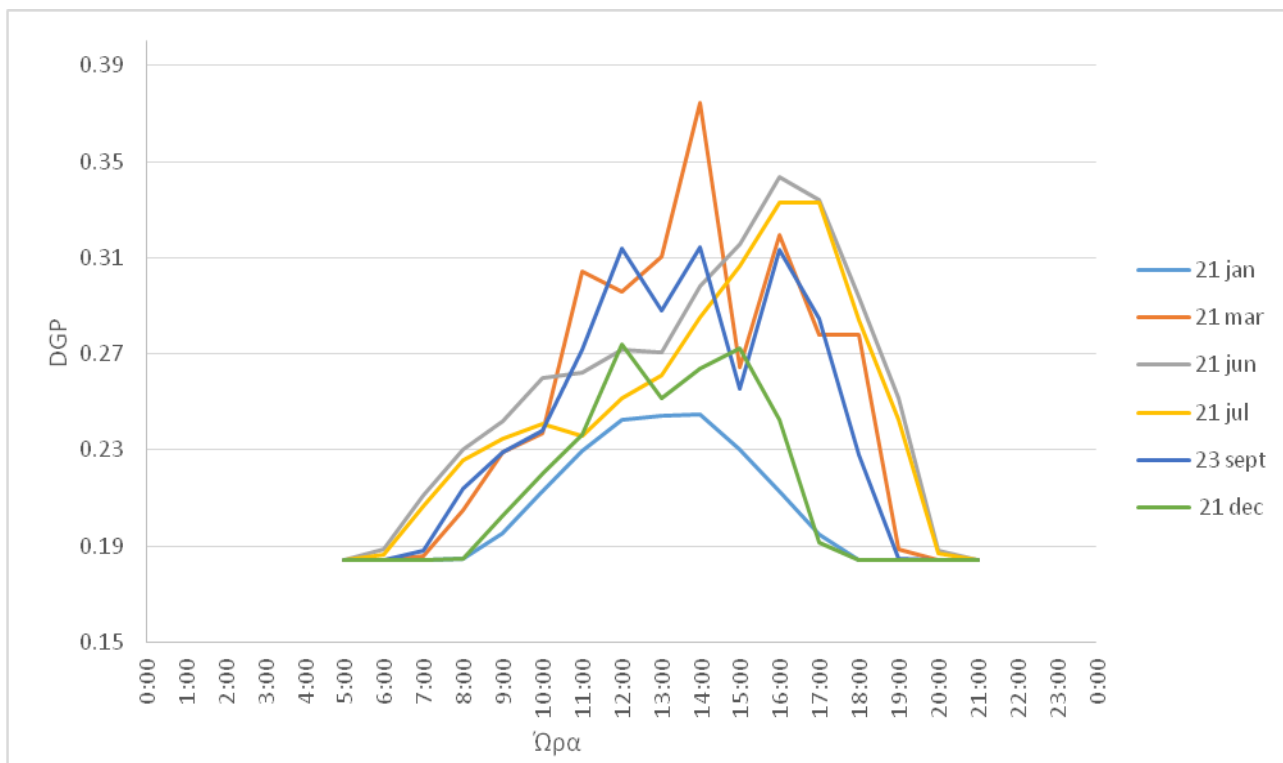
Εικ.4.62 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



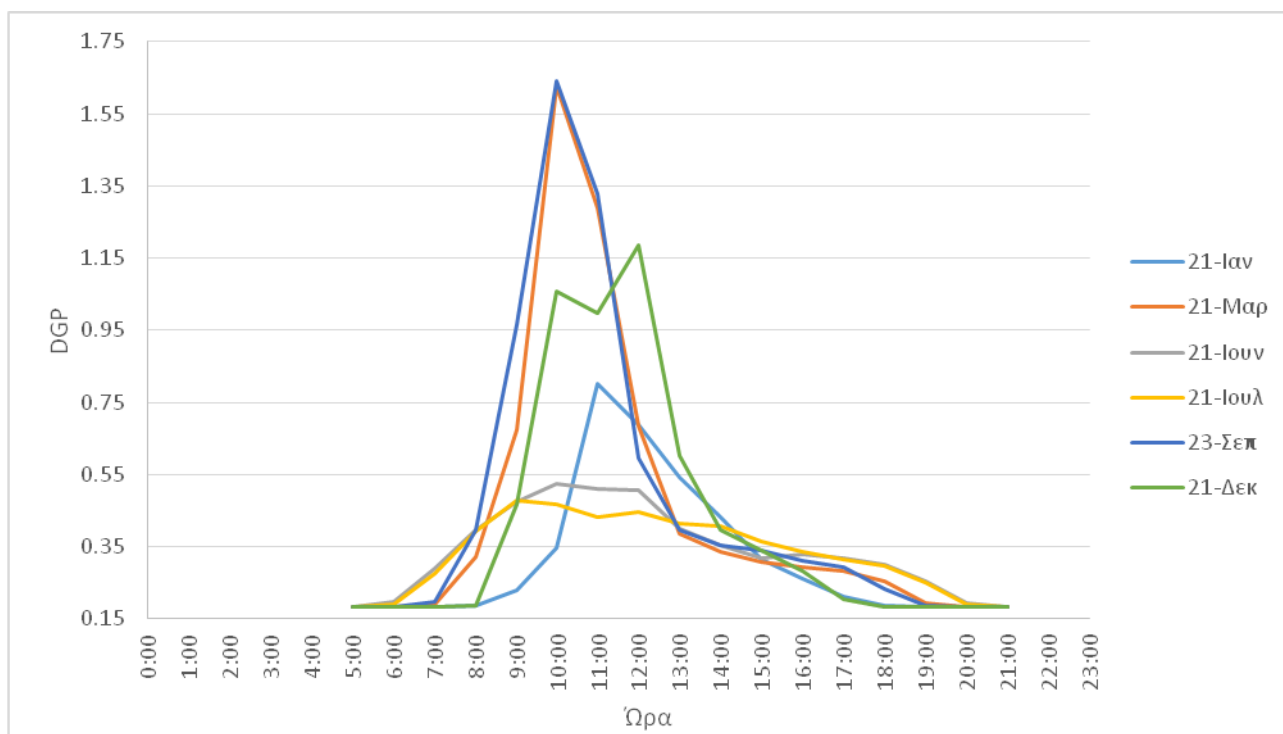
Εικ.4.63 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 4 - Με αυτοσκίαση



Εικ.4.64 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

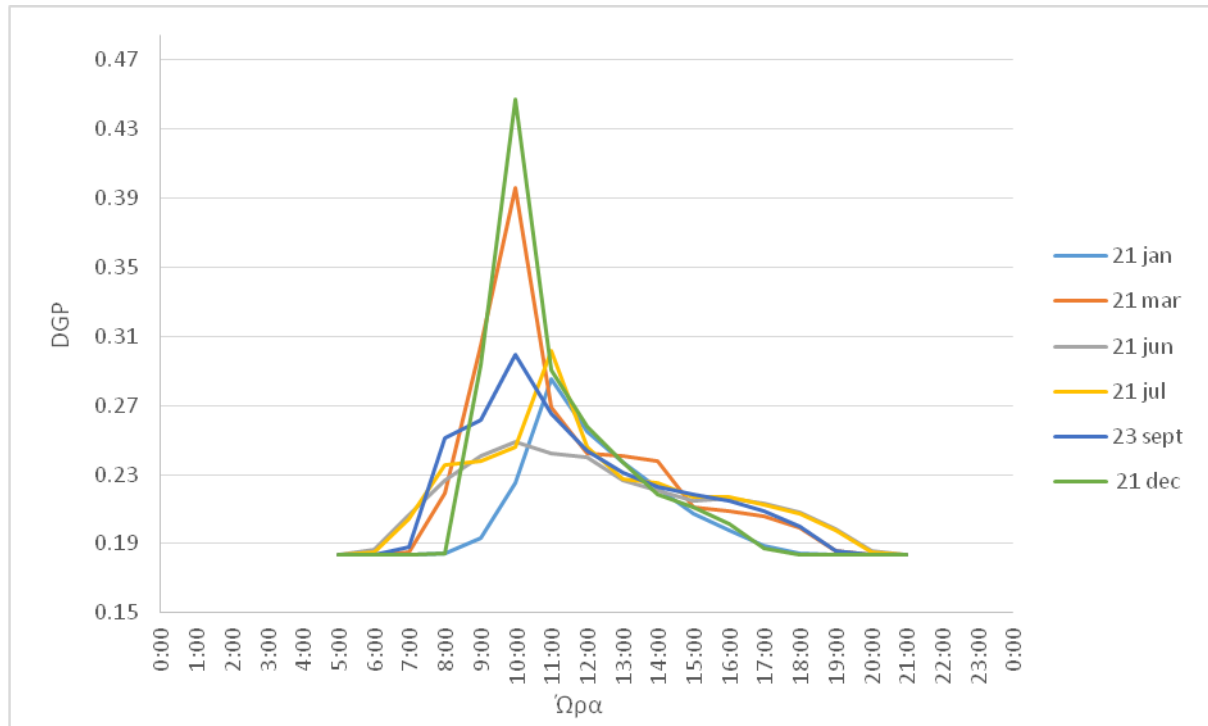
### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.65 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

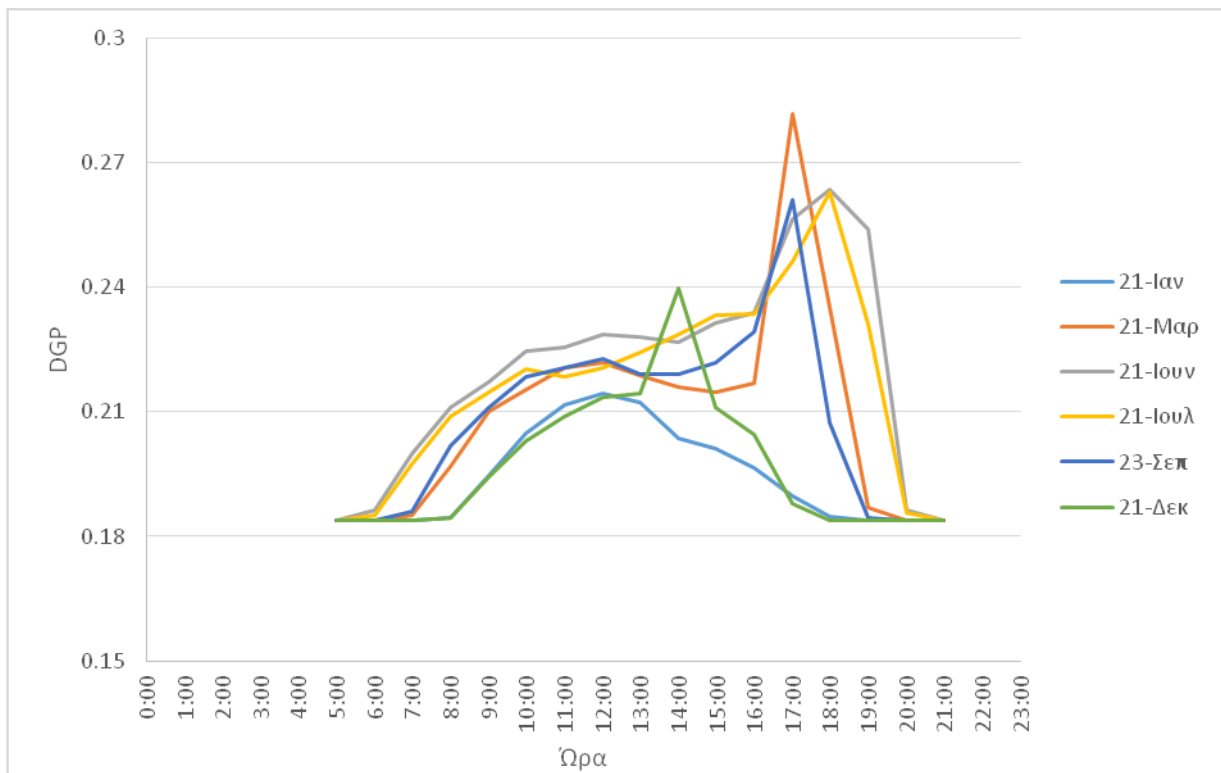


### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



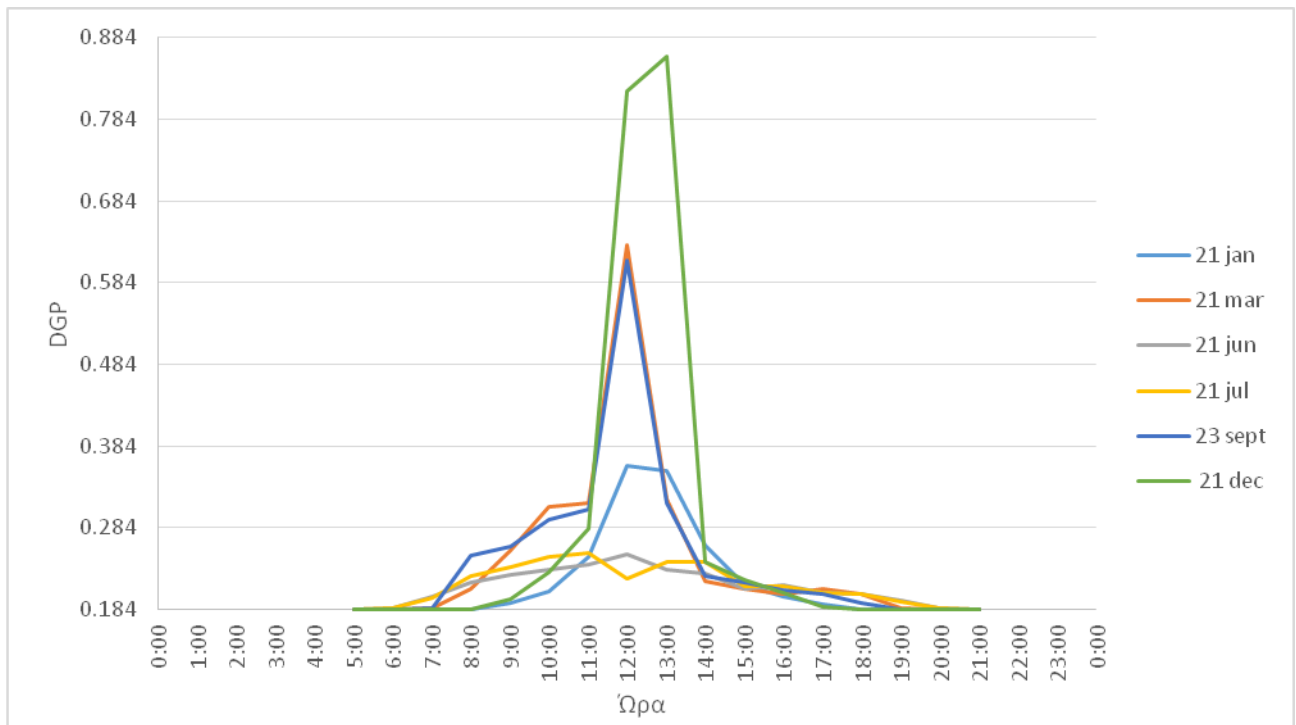
Εικ.4.66 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



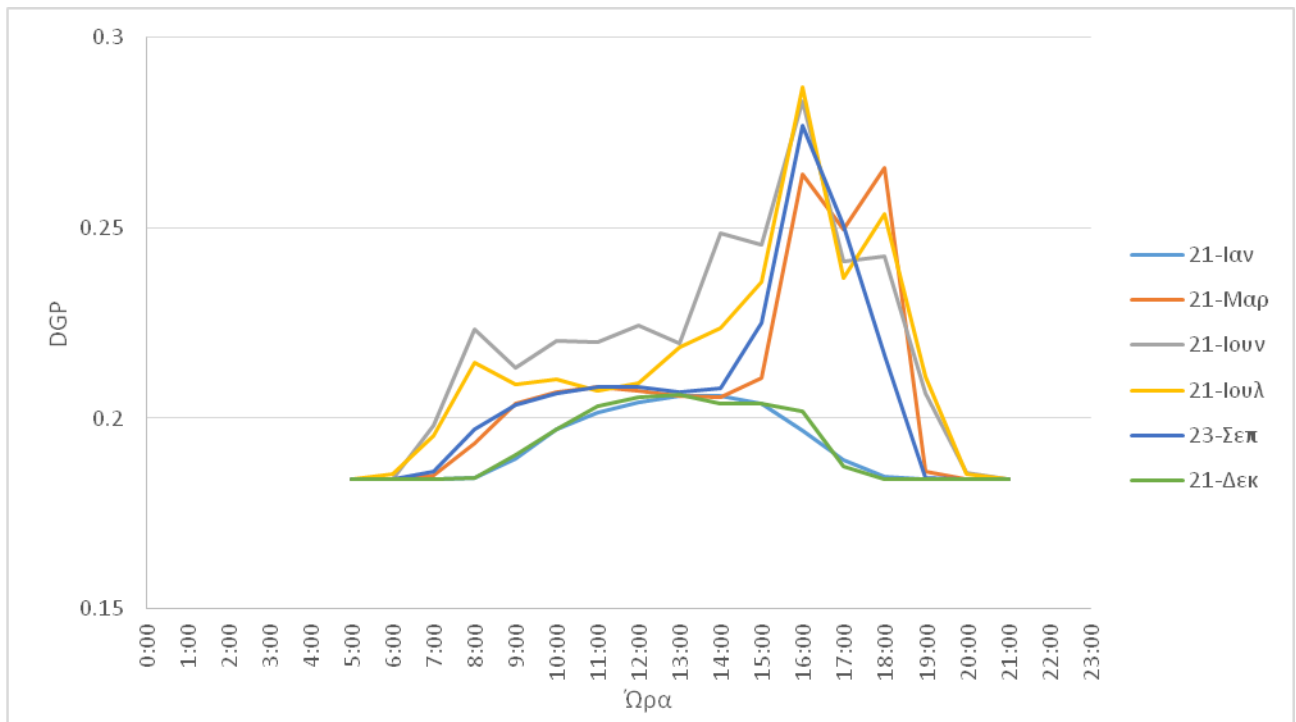
Εικ.4.67 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

**Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση**



Εικ.4.68 Θάμβωση στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

**Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση**

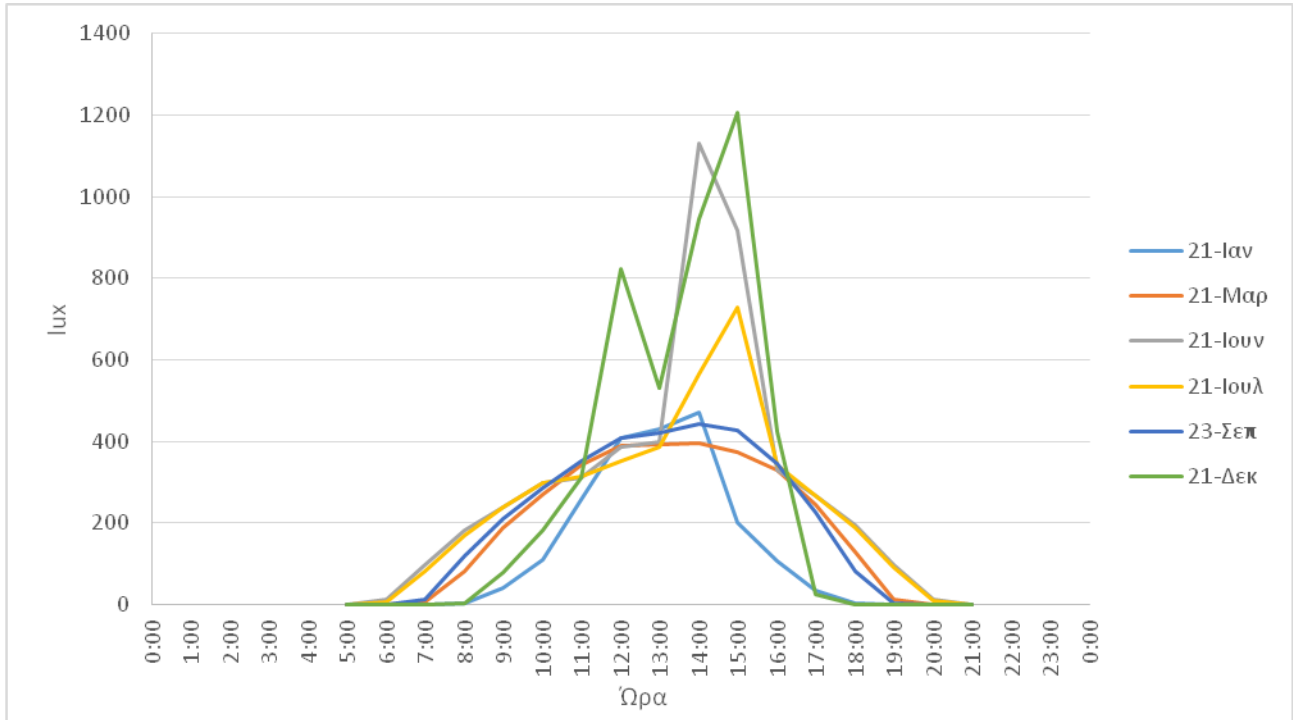


Εικ.4.69 Θάμβωση στη θέση 6 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### 4.3.3 Ανατολική πτέρυγα

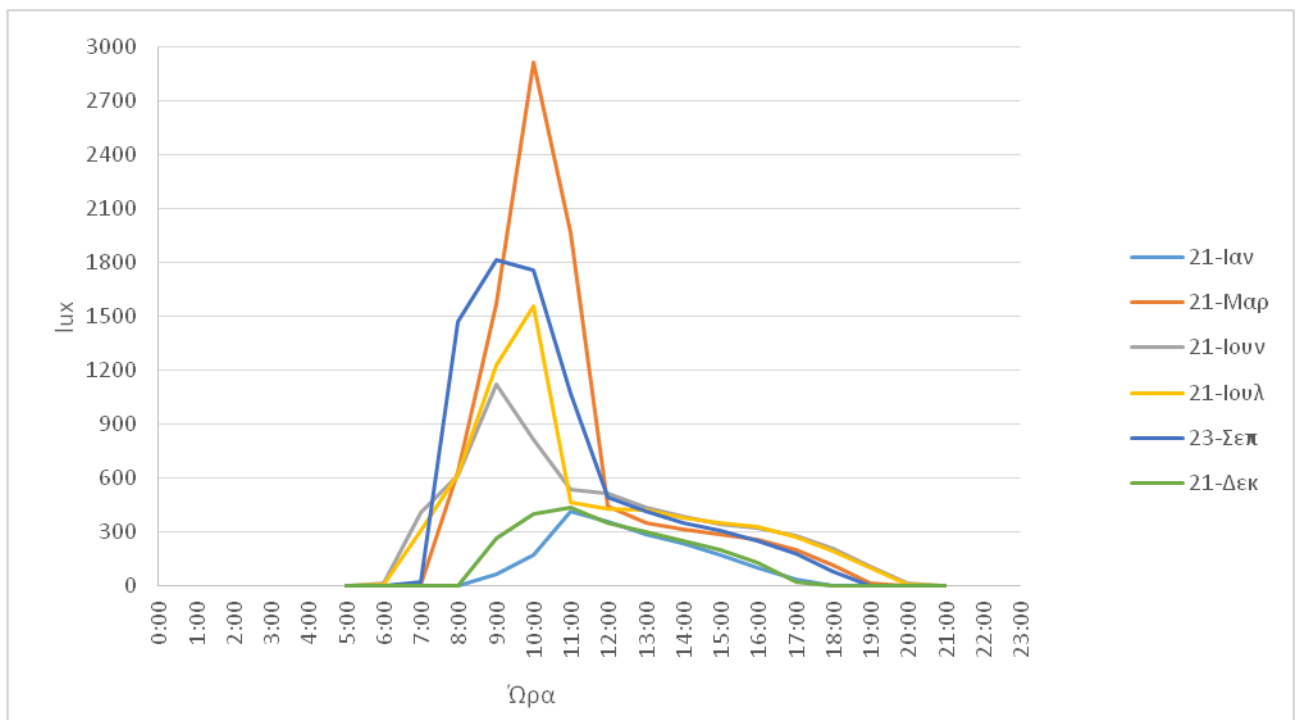
Daylight (lux) - Ένταση Φυσικού φωτισμού (lux)

Θέση 1- Με αυτοσκίαση



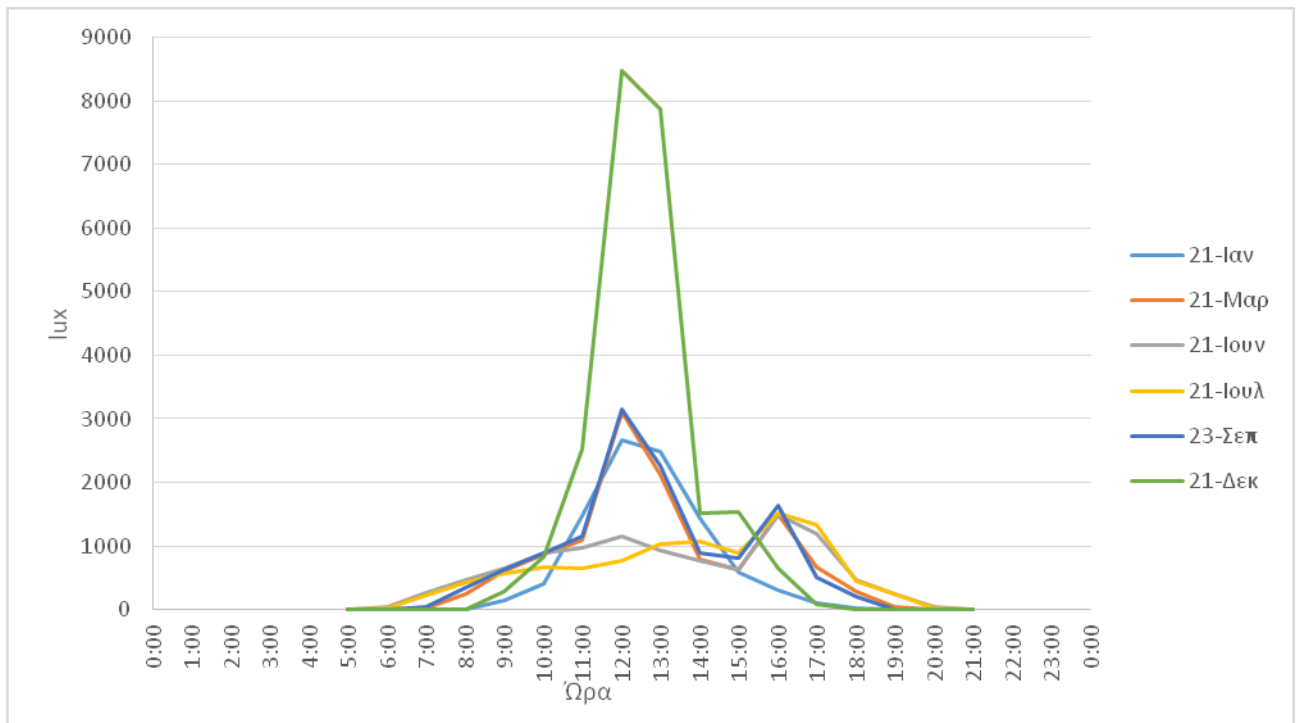
Εικ.4.70 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



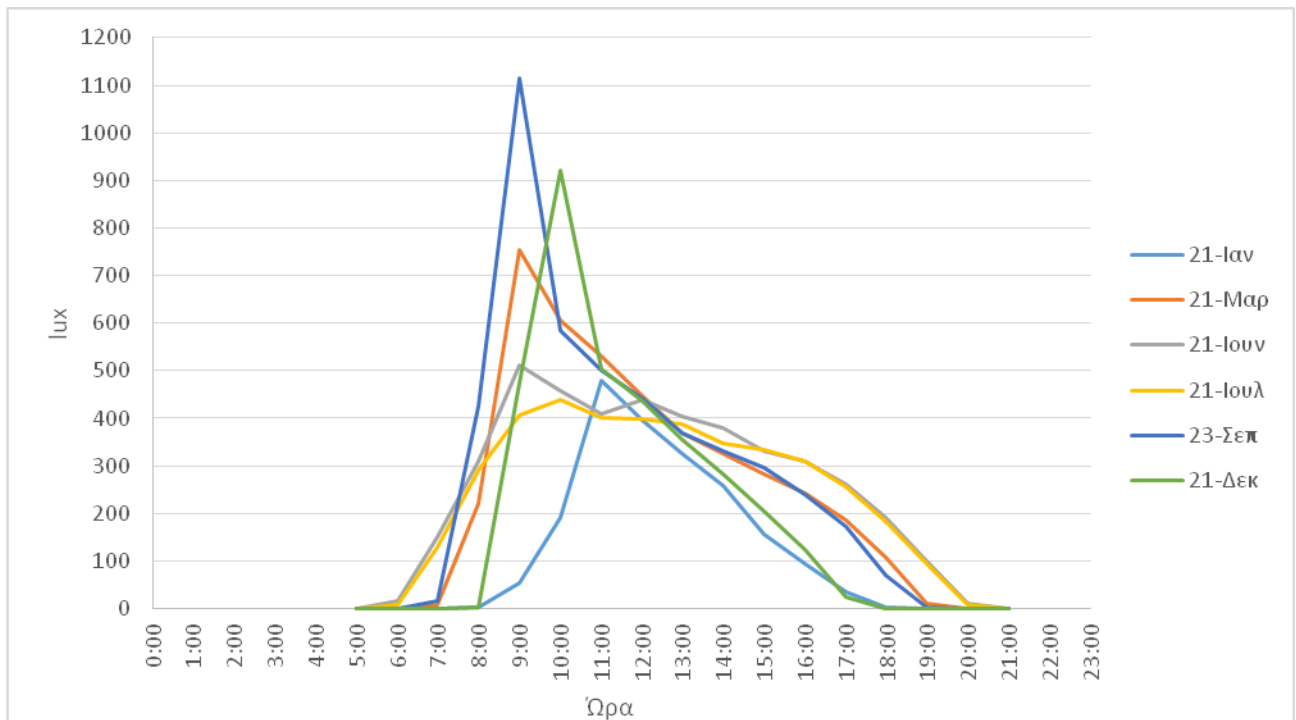
Εικ.4.71 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

## Θέση 2- Με αυτοσκίαση



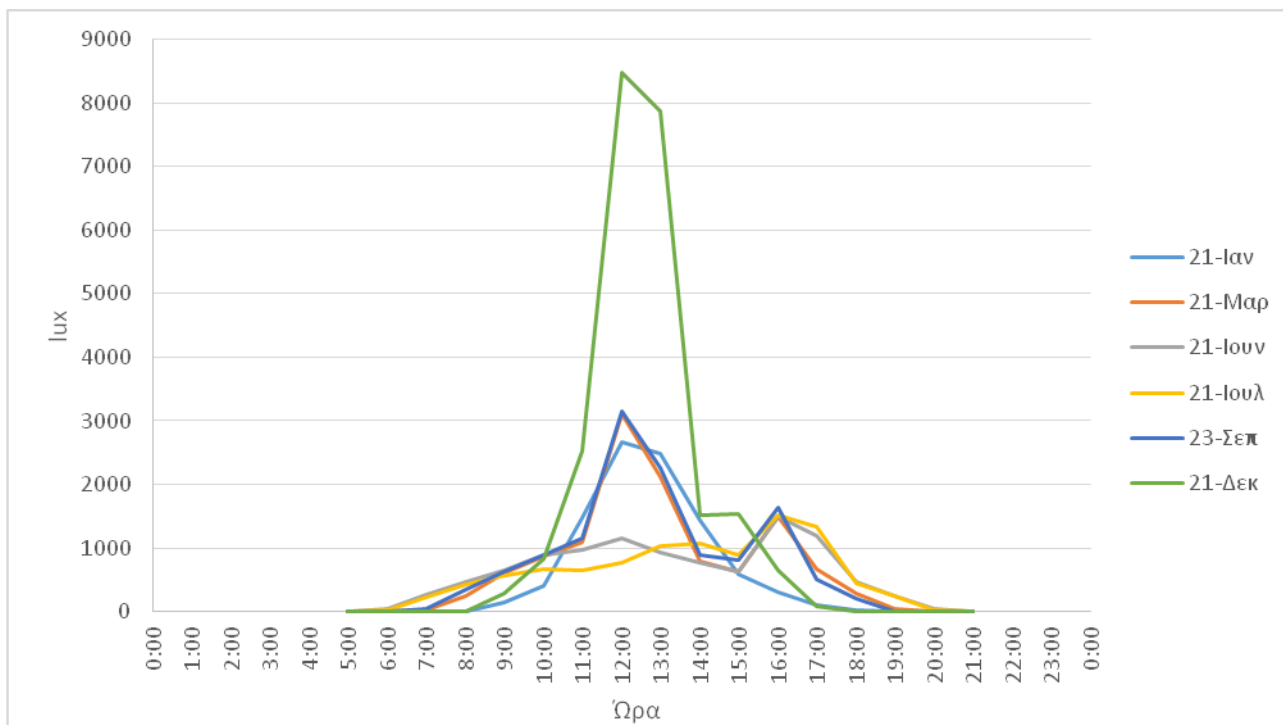
Εικ.4.72 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

## Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



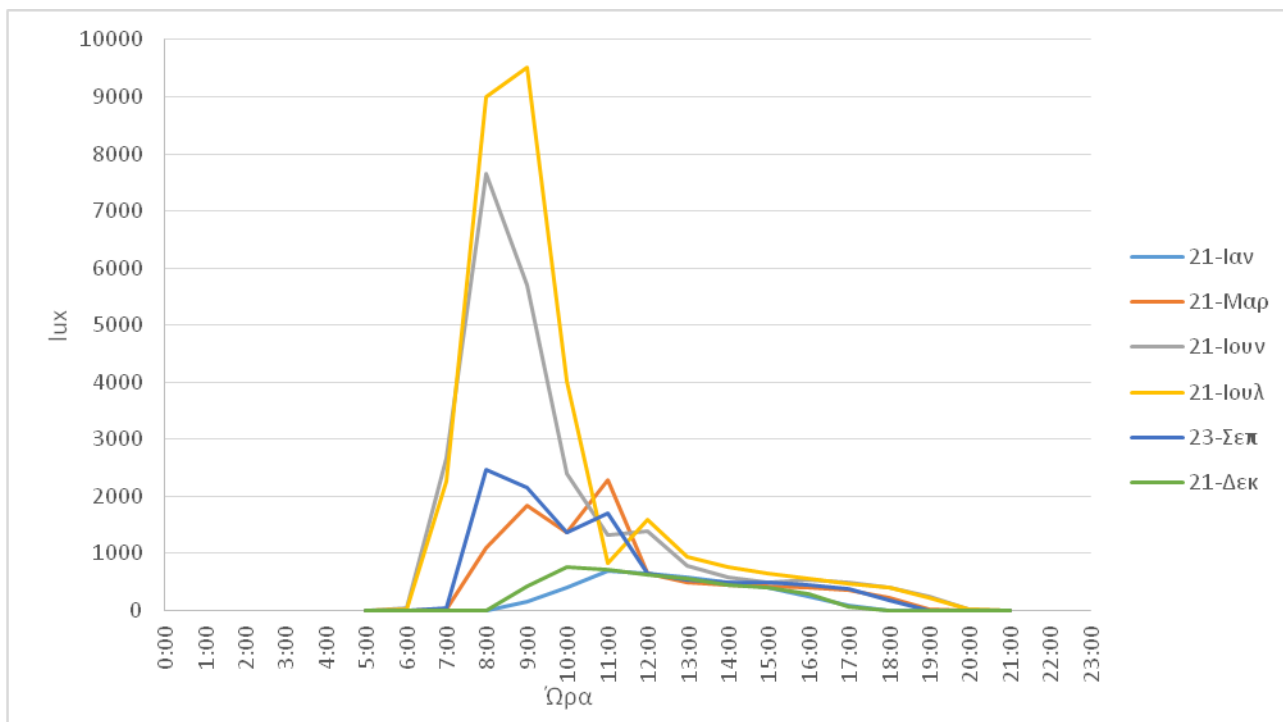
Εικ.4.73 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



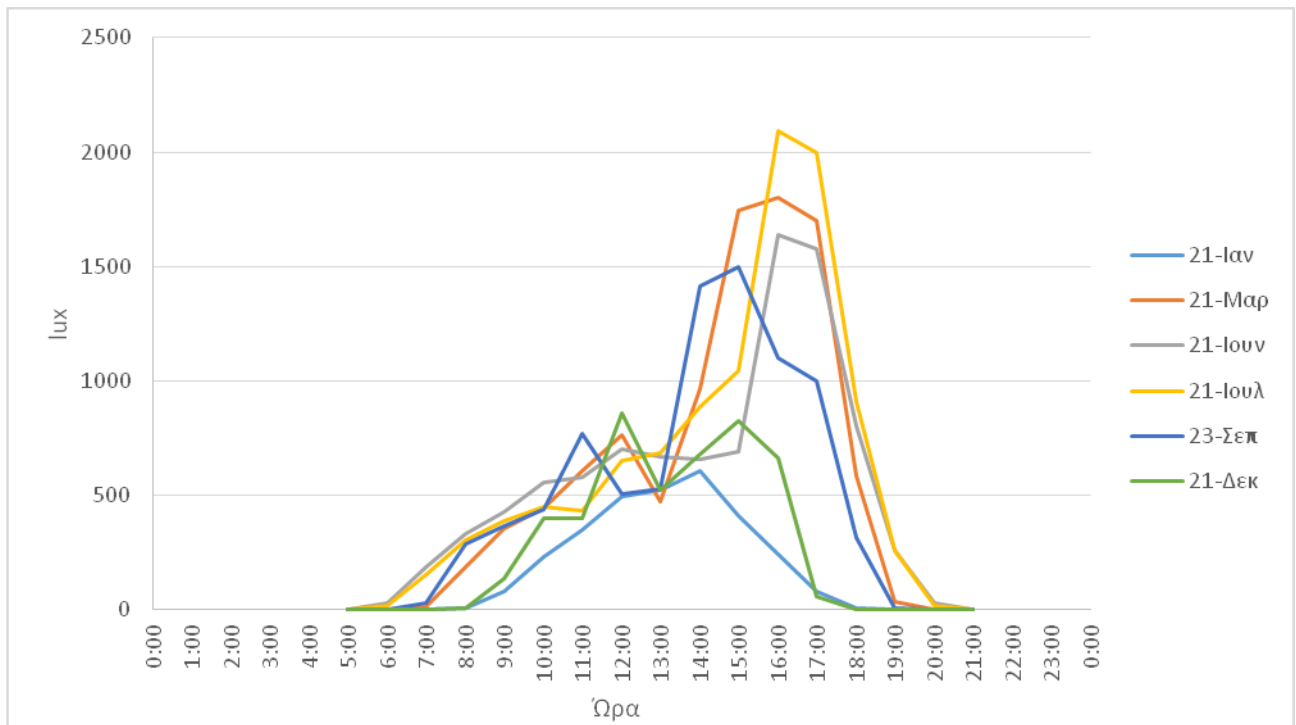
Εικ.4.74 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



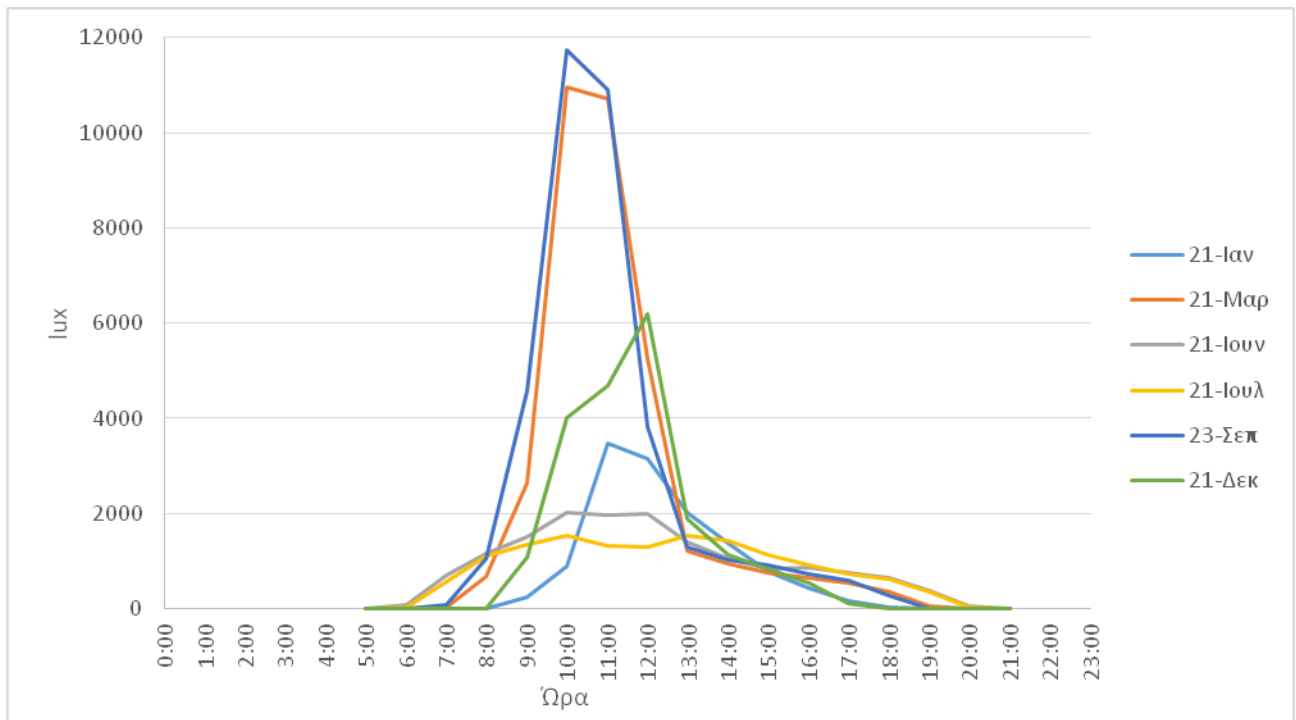
Εικ.4.75 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

#### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



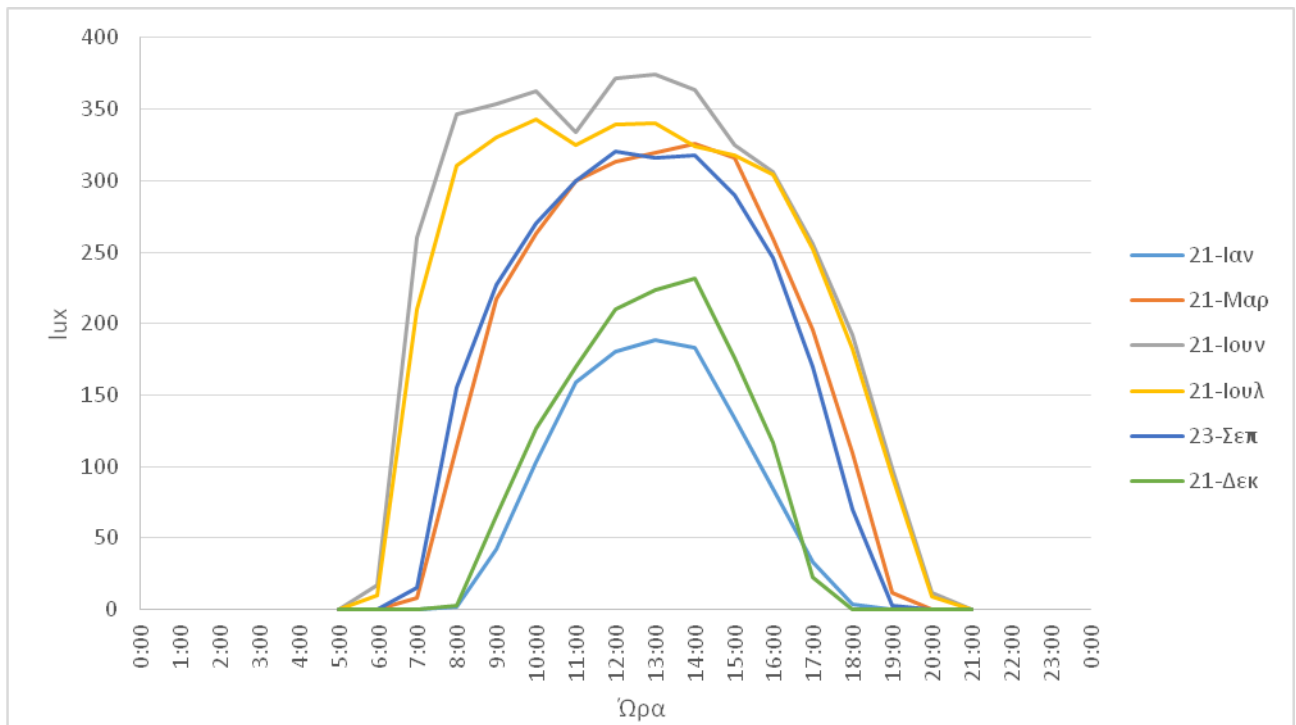
Εικ.4.76 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

#### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



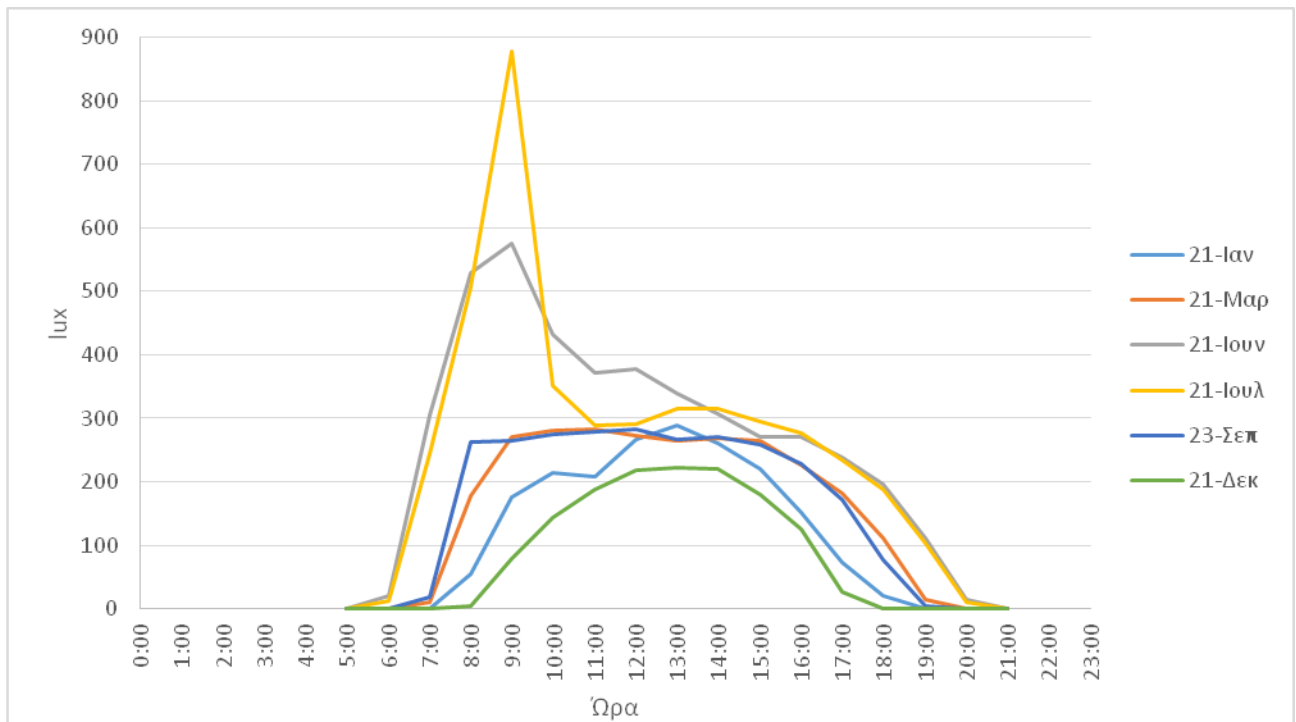
Εικ.4.77 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



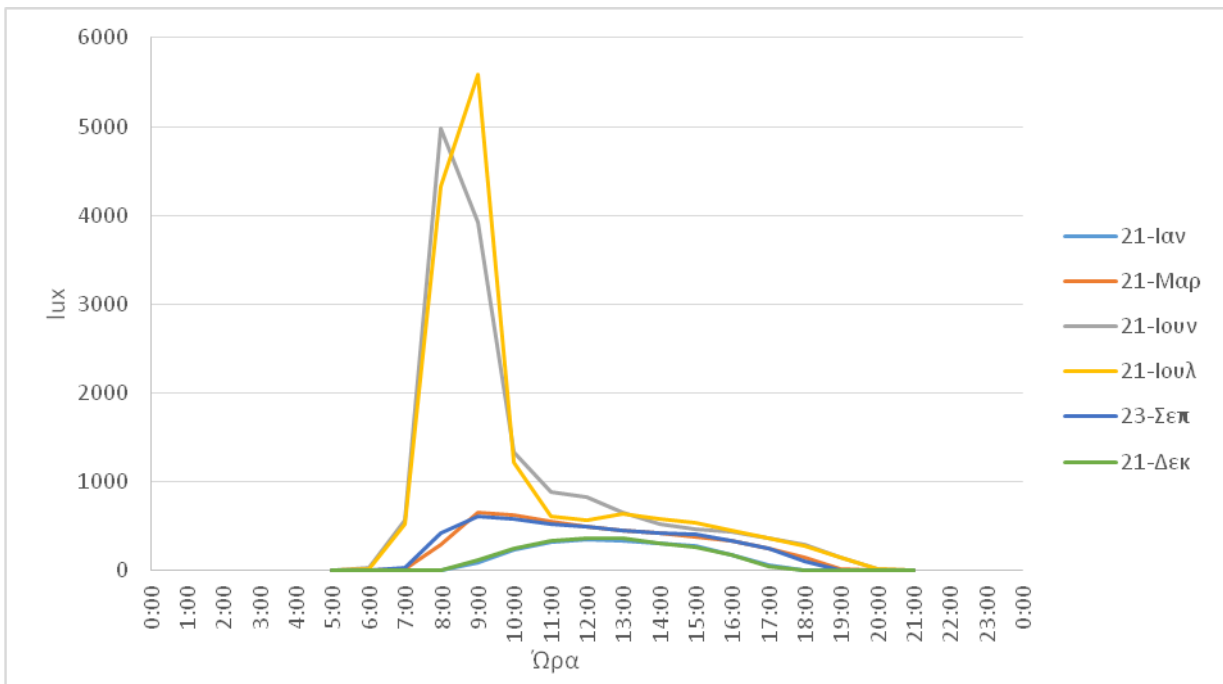
Εικ.4.78 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



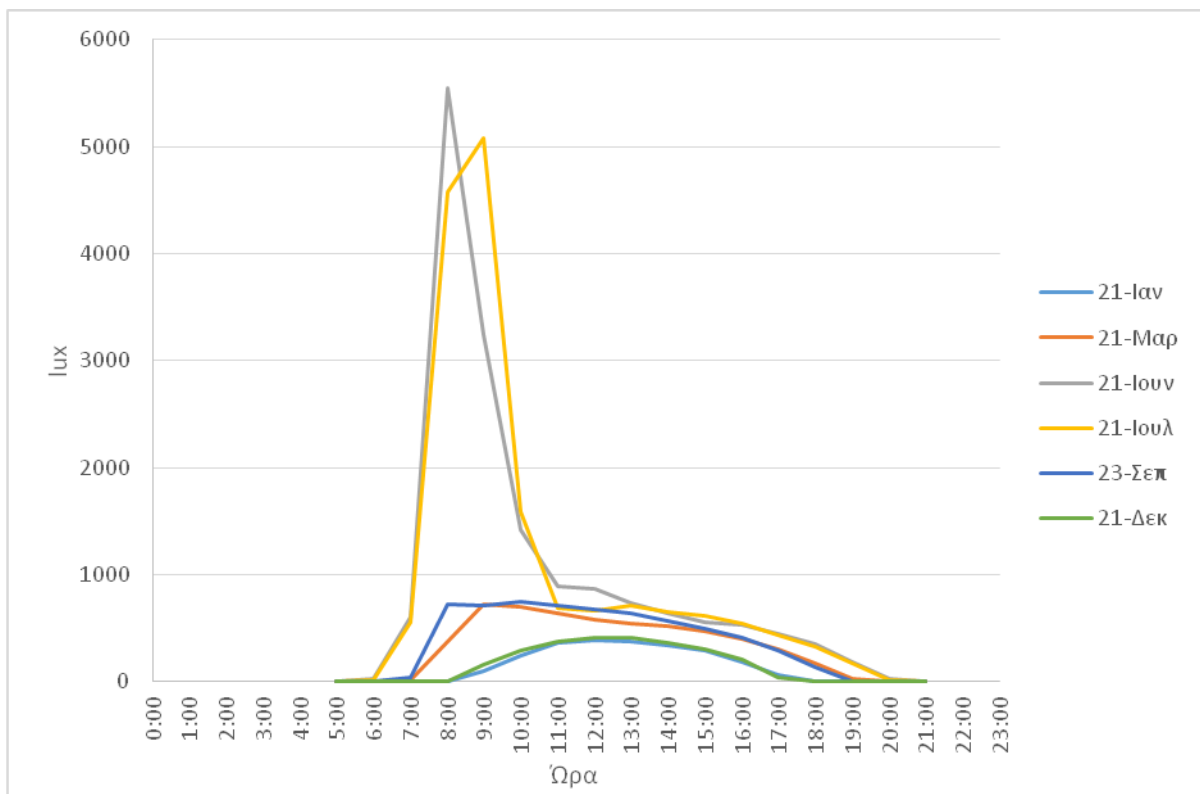
Εικ.4.79 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.80 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση

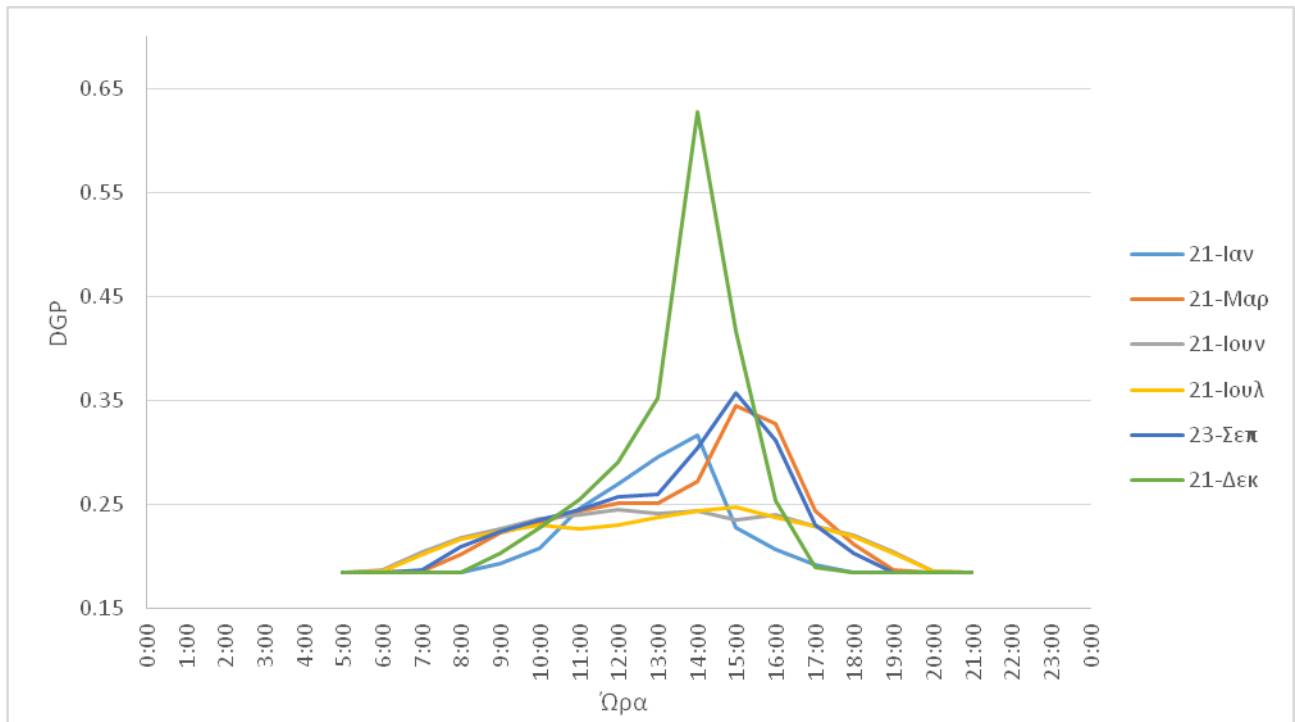


Εικ.4.81 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση



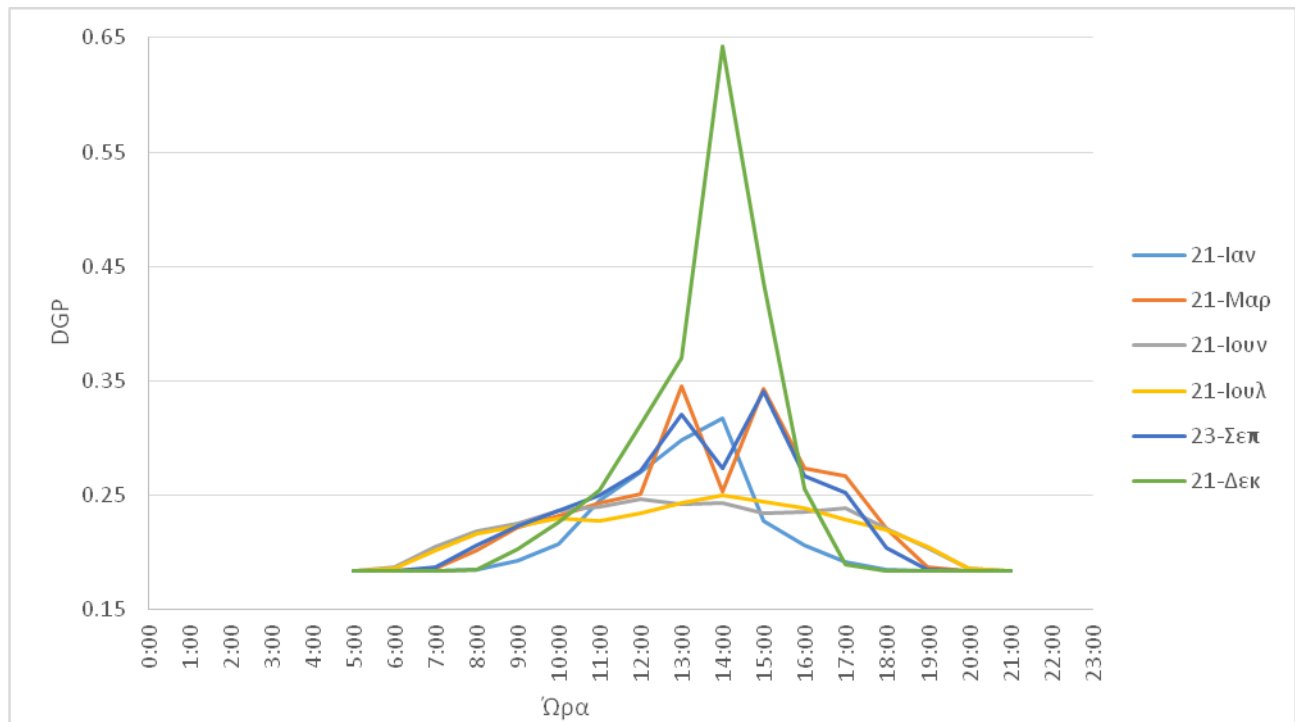
## Daylight Glare Probability (DGP) – Θάμβωση

### Θέση 1- Με αυτοσκίαση



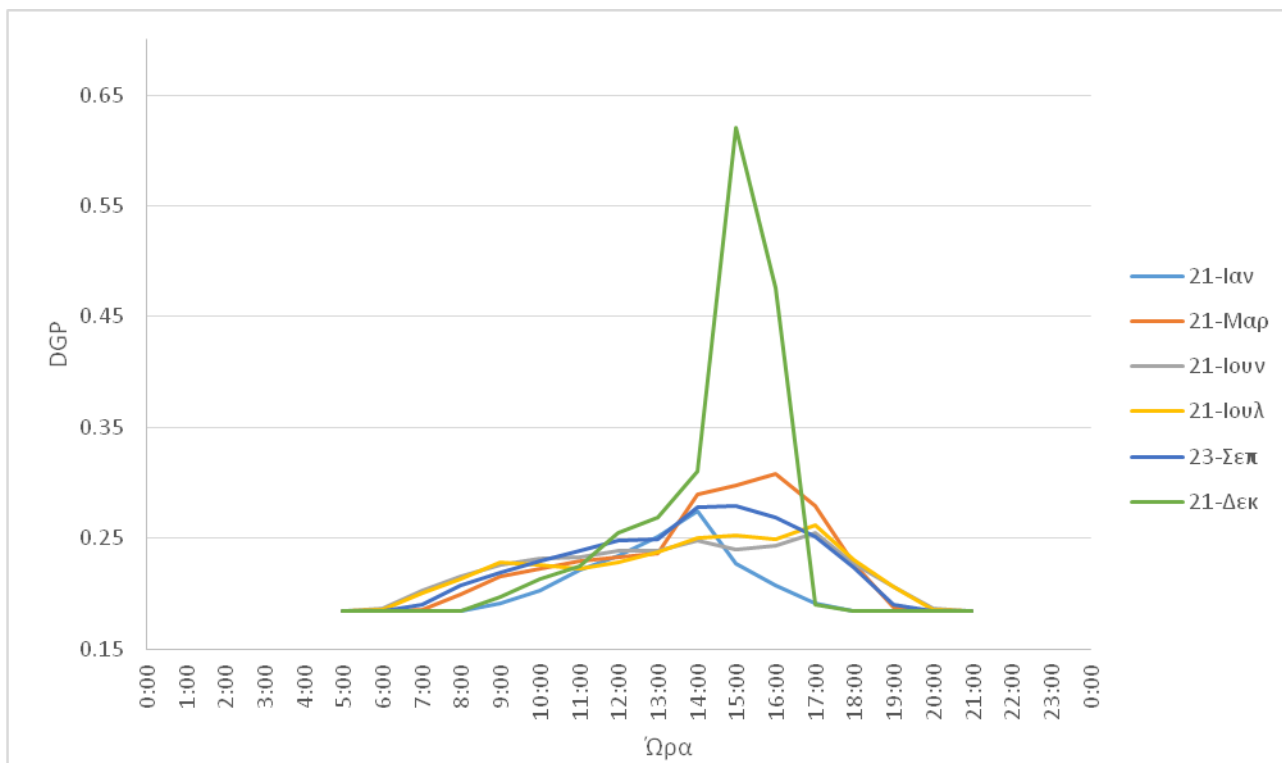
Εικ.4.82 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



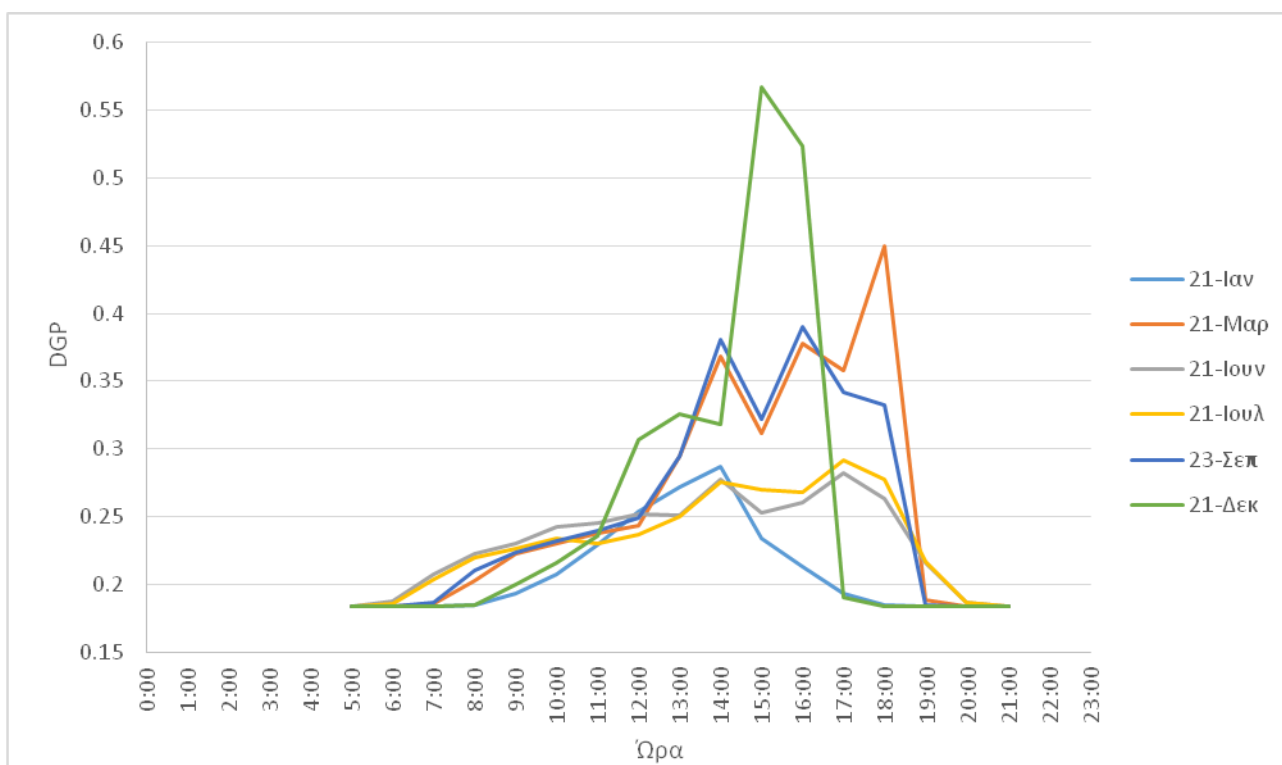
Εικ.4.83 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

## Θέση 2- Με αυτοσκίαση



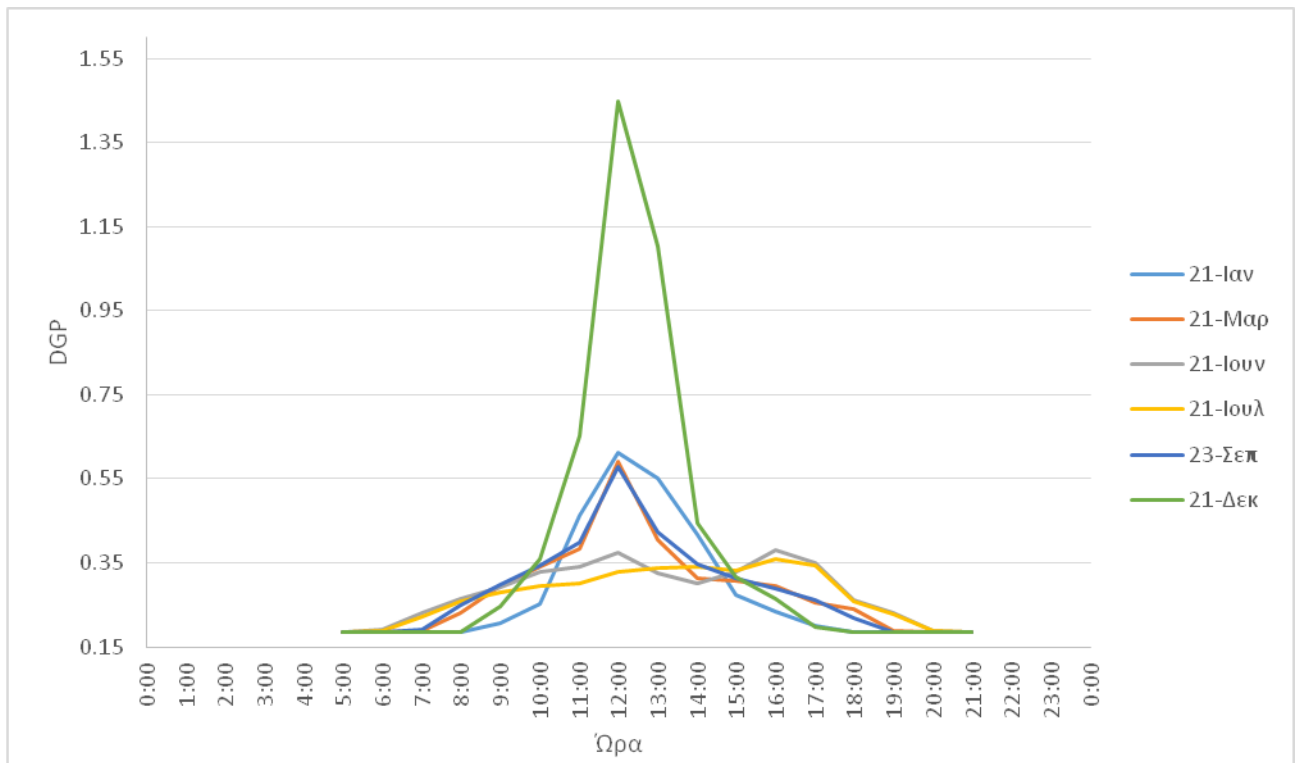
Εικ.4.84 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

## Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



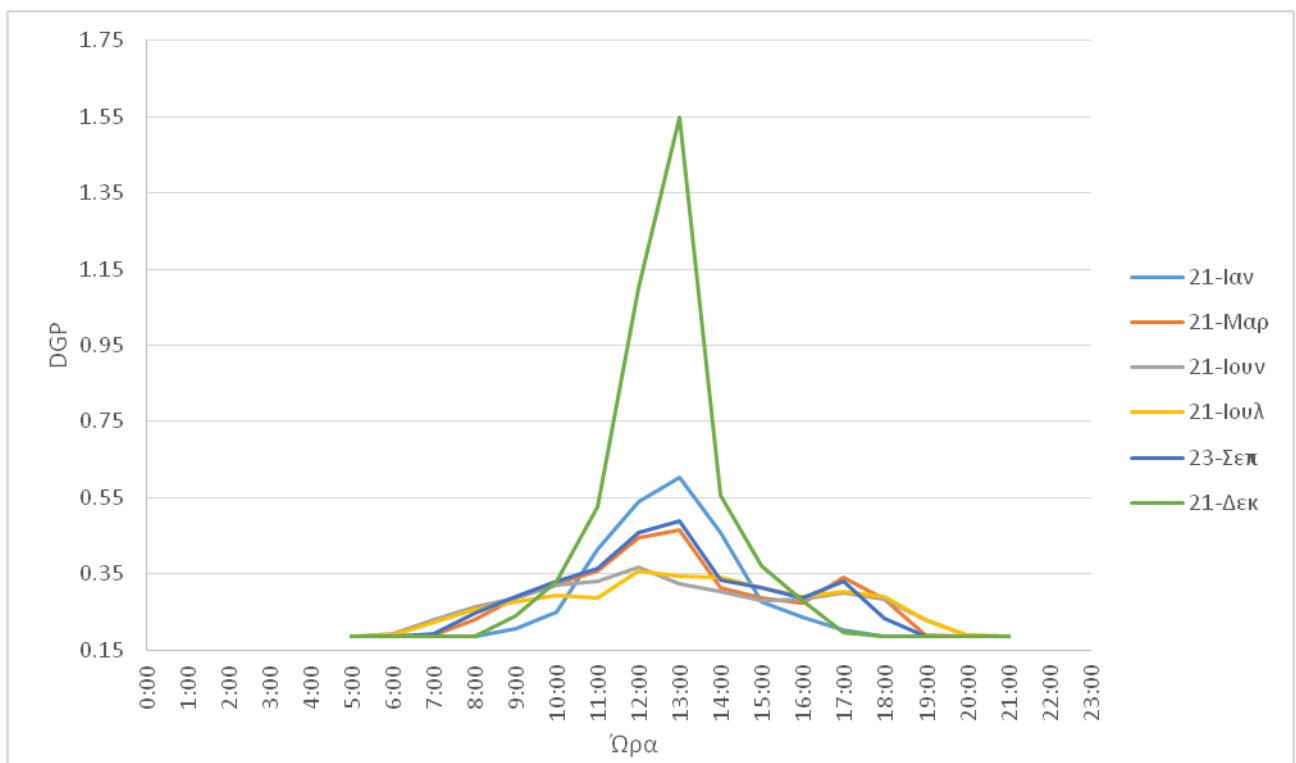
Εικ.4.85 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



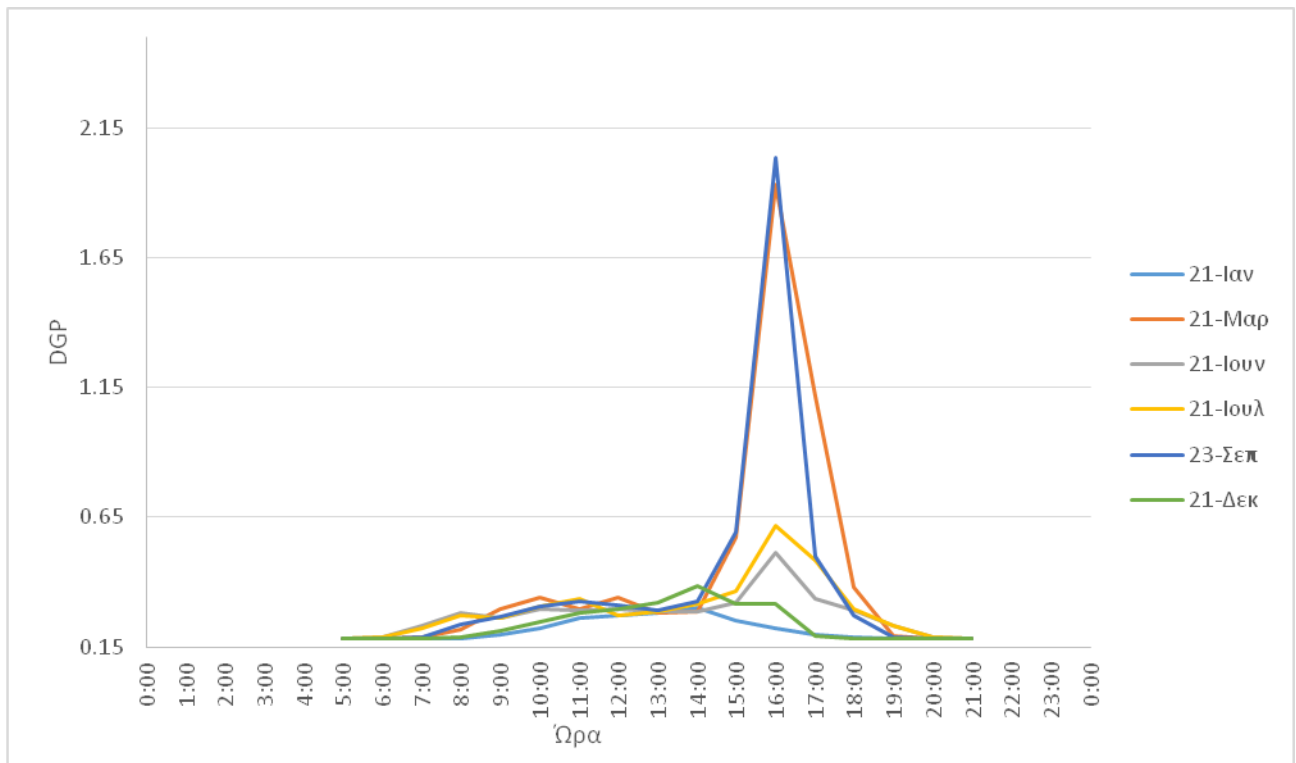
Εικ.4.86 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



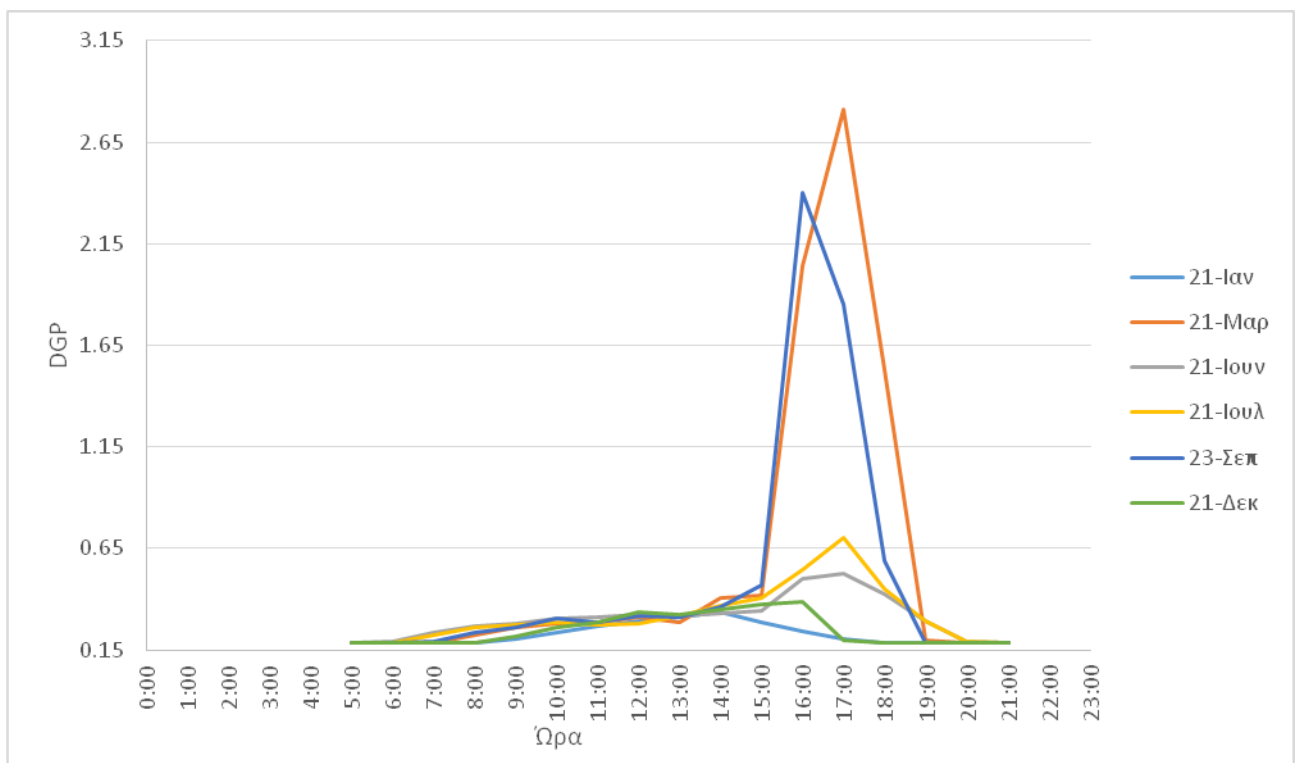
Εικ.4.87 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

#### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



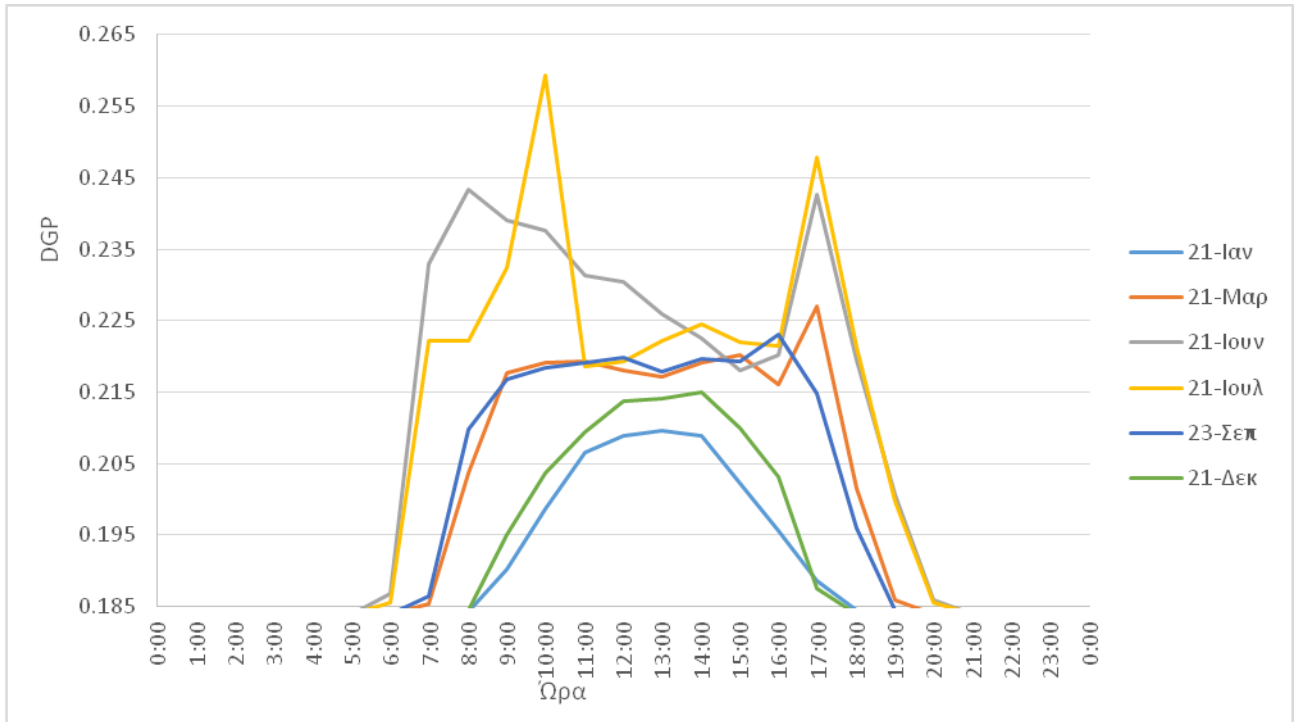
Εικ.4.88 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

#### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



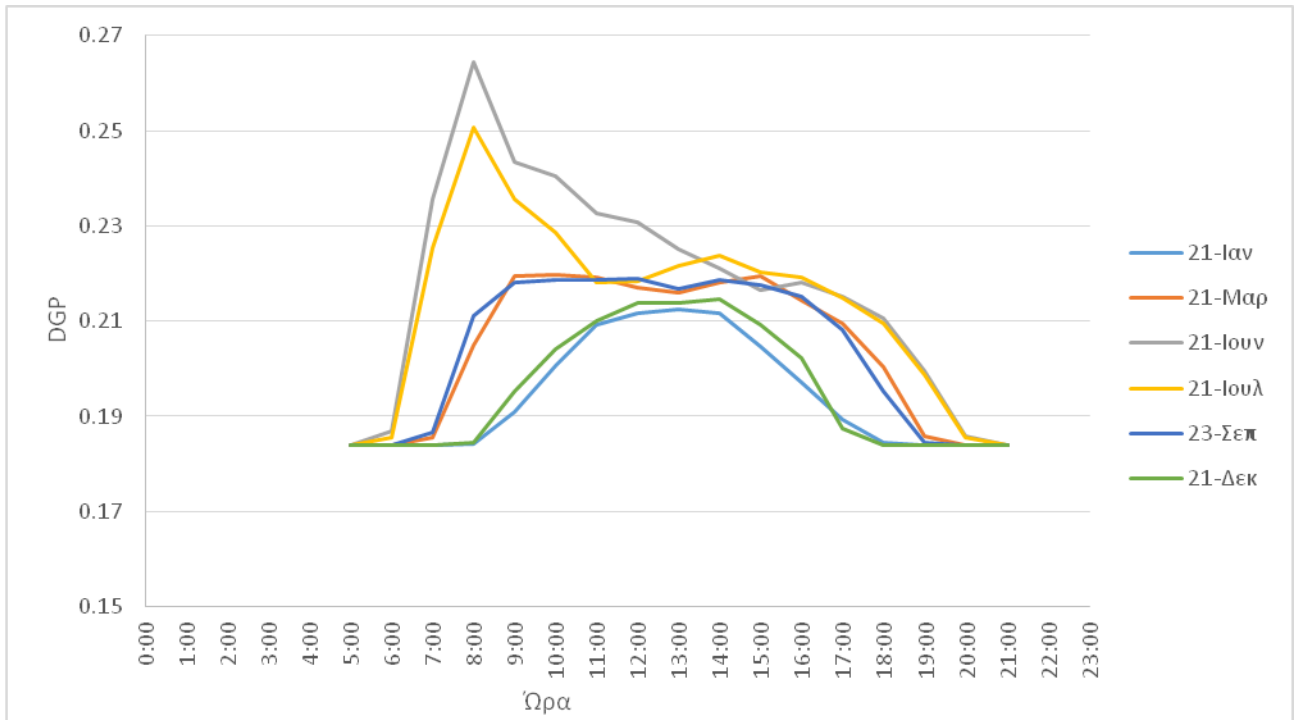
Εικ.4.89 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



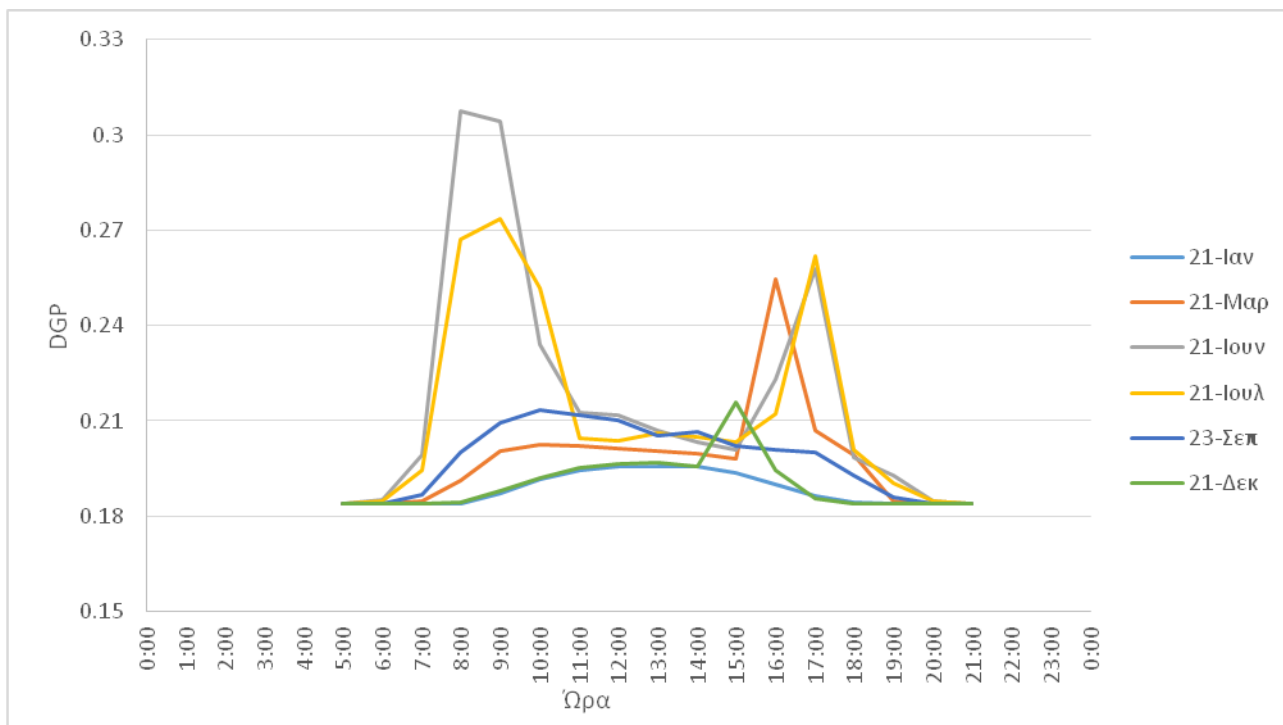
Εικ.4.90 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



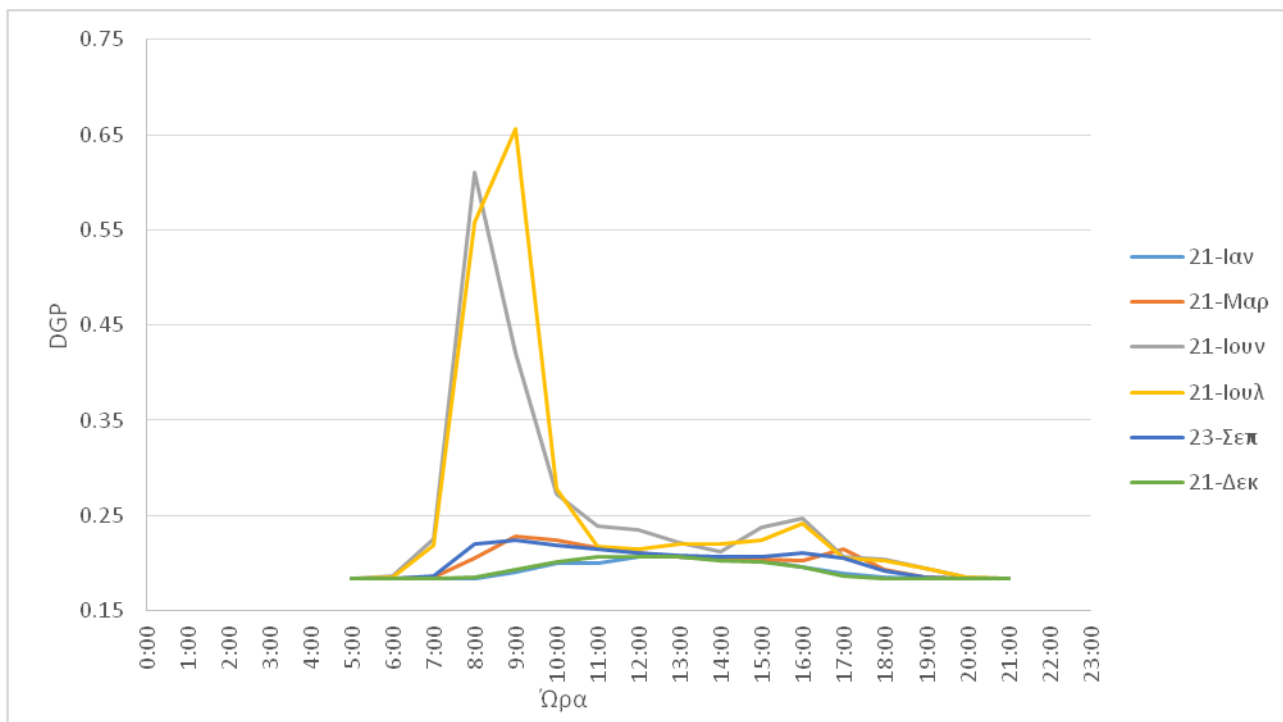
Εικ.4.91 Θάμβωση στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.92 Θάμβωση στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση

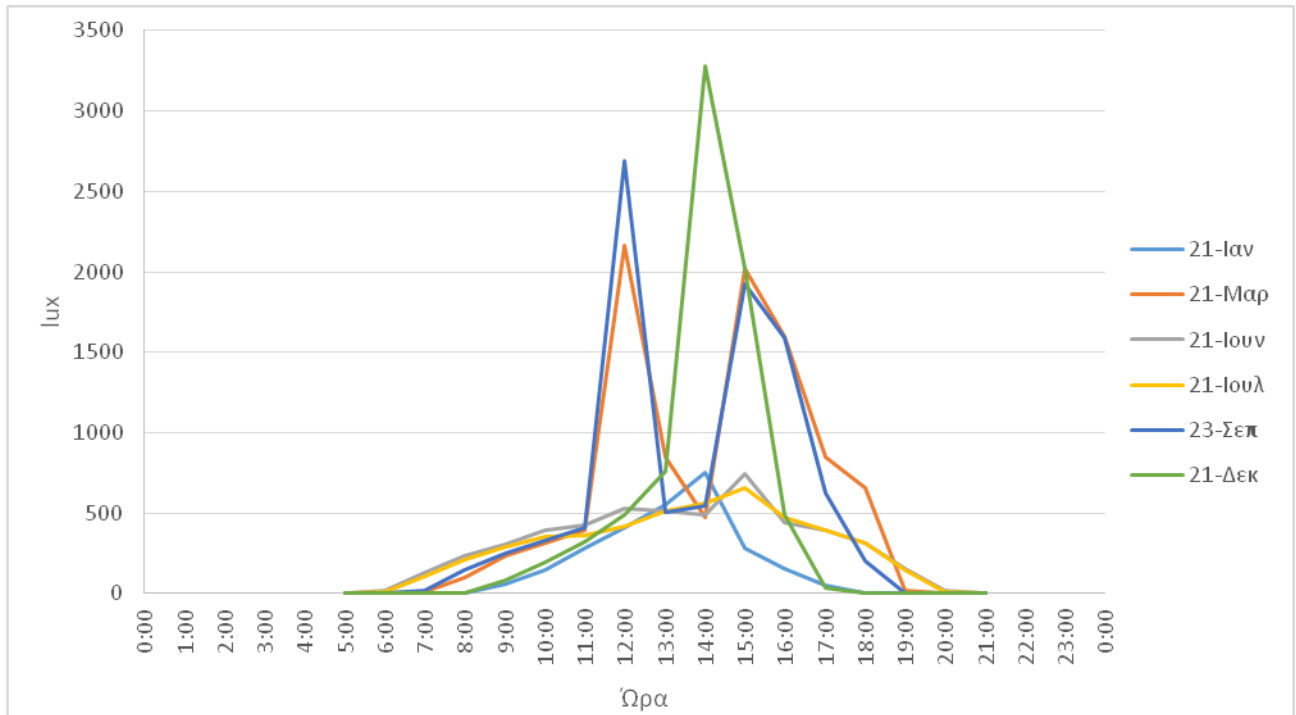


Εικ.4.93 Θάμβωση στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### 4.3.4 Δυτική πτέρυγα

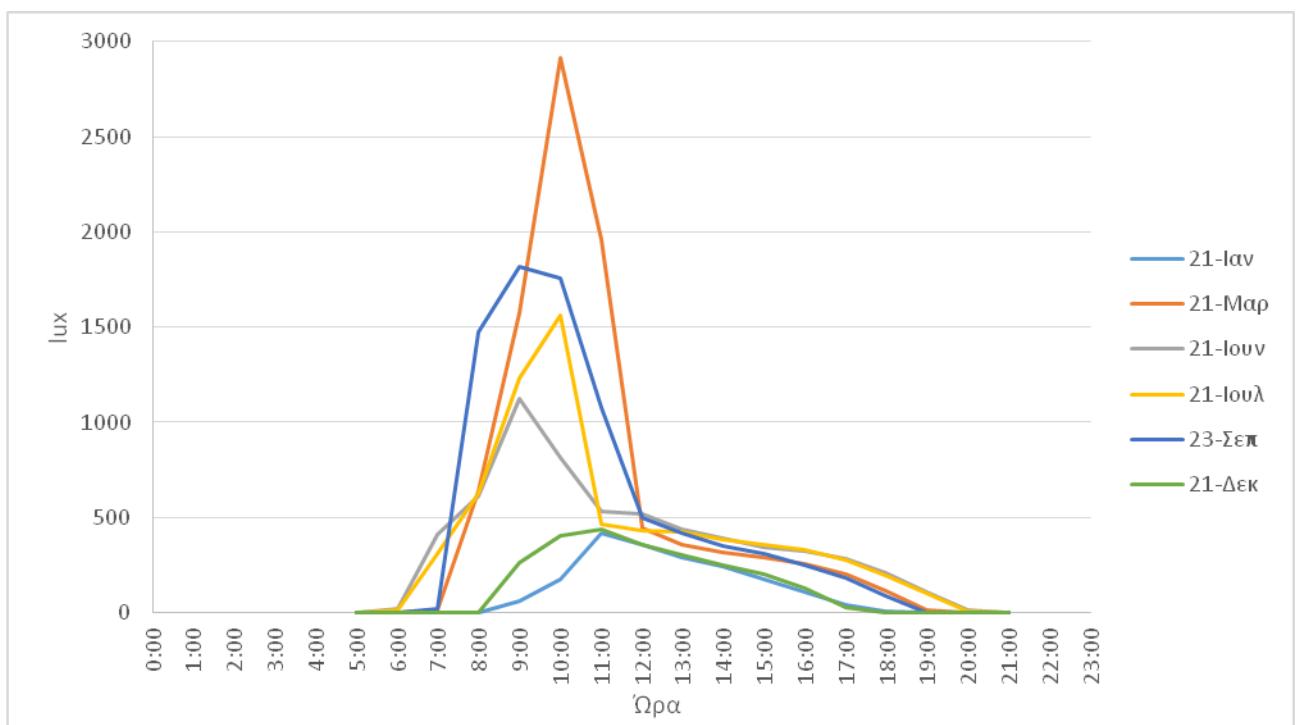
Daylight (lux) – Ένταση Φυσικού φωτισμού (lux)

Θέση 1- Με αυτοσκίαση



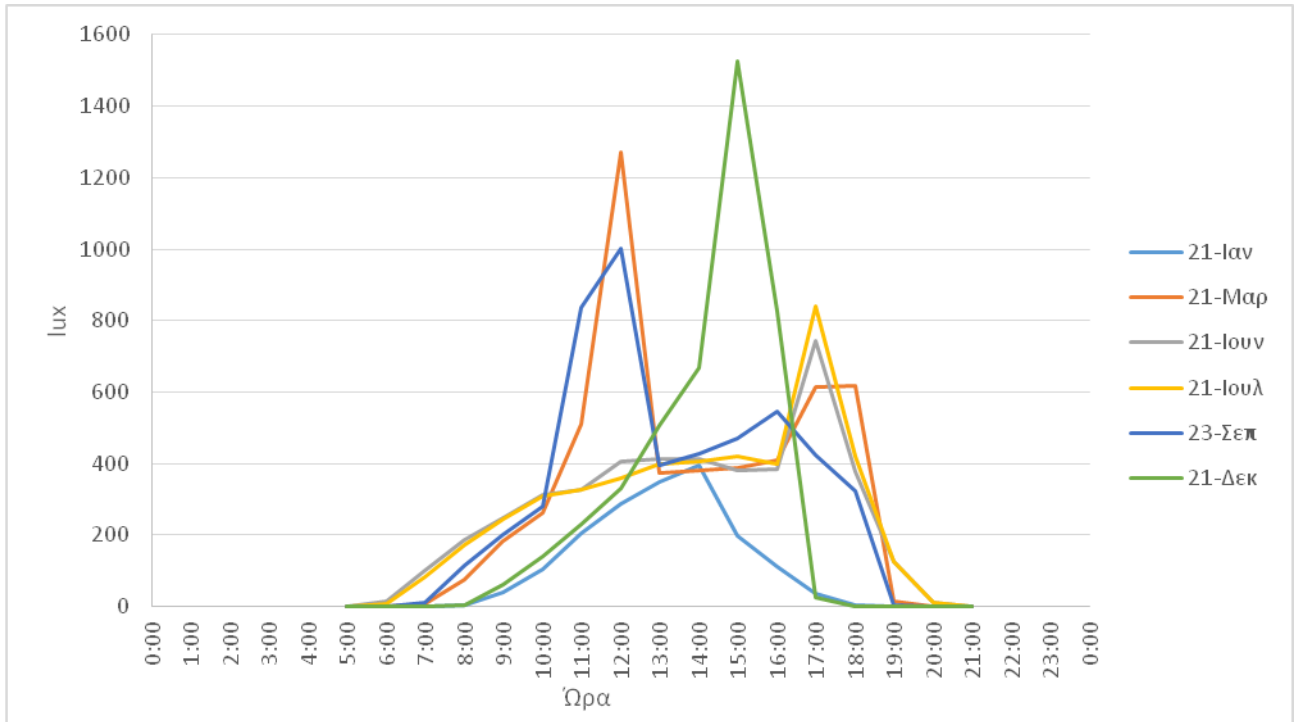
Εικ.4.94 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



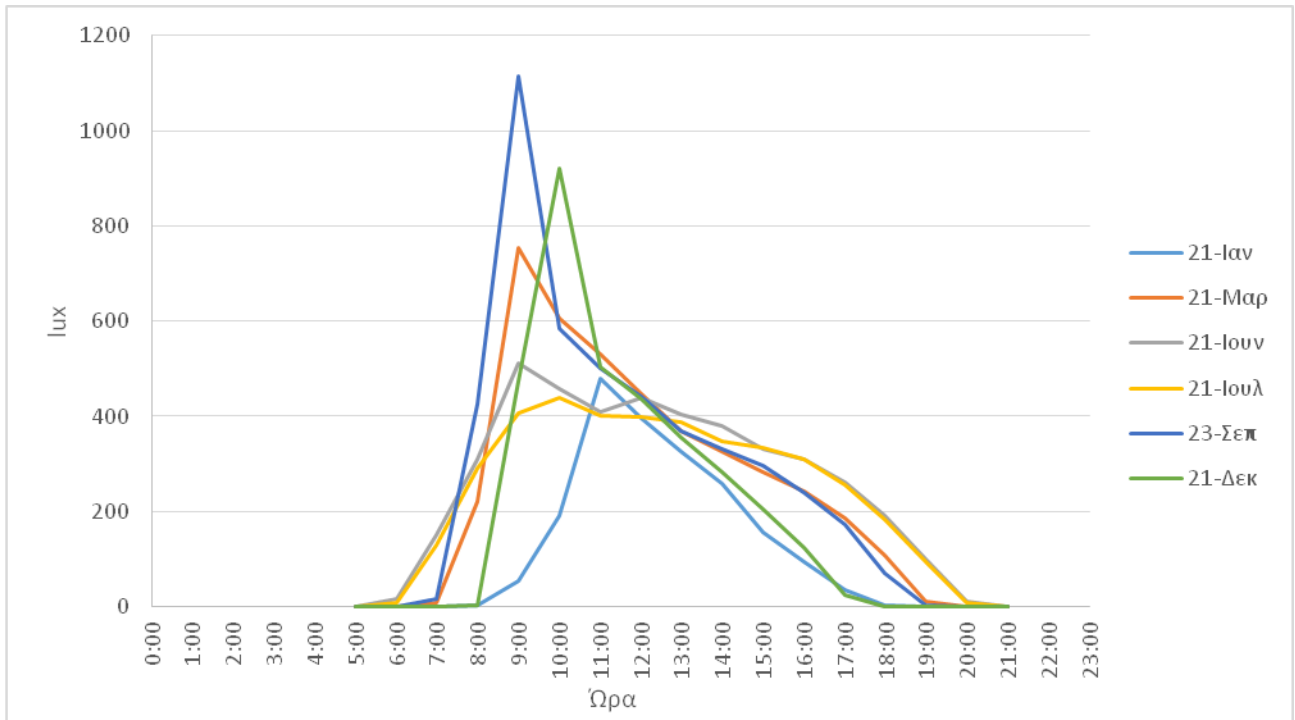
Εικ.4.95 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.96 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

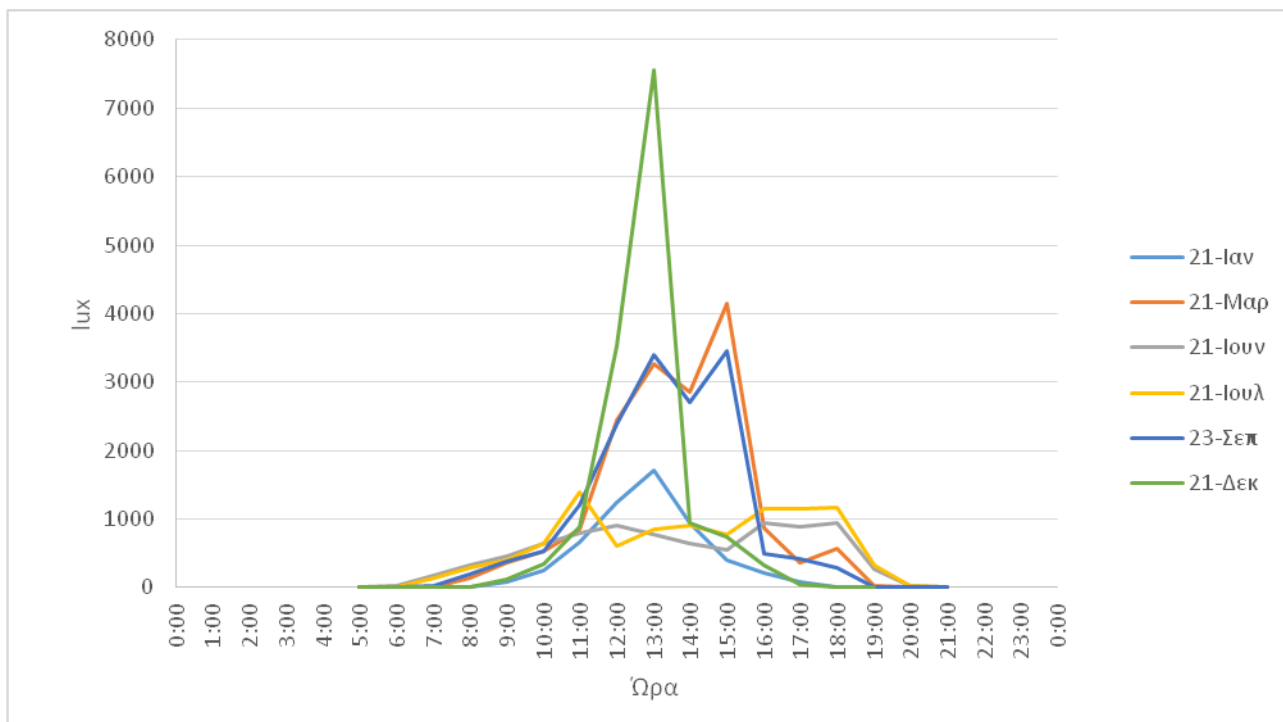
### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.97 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

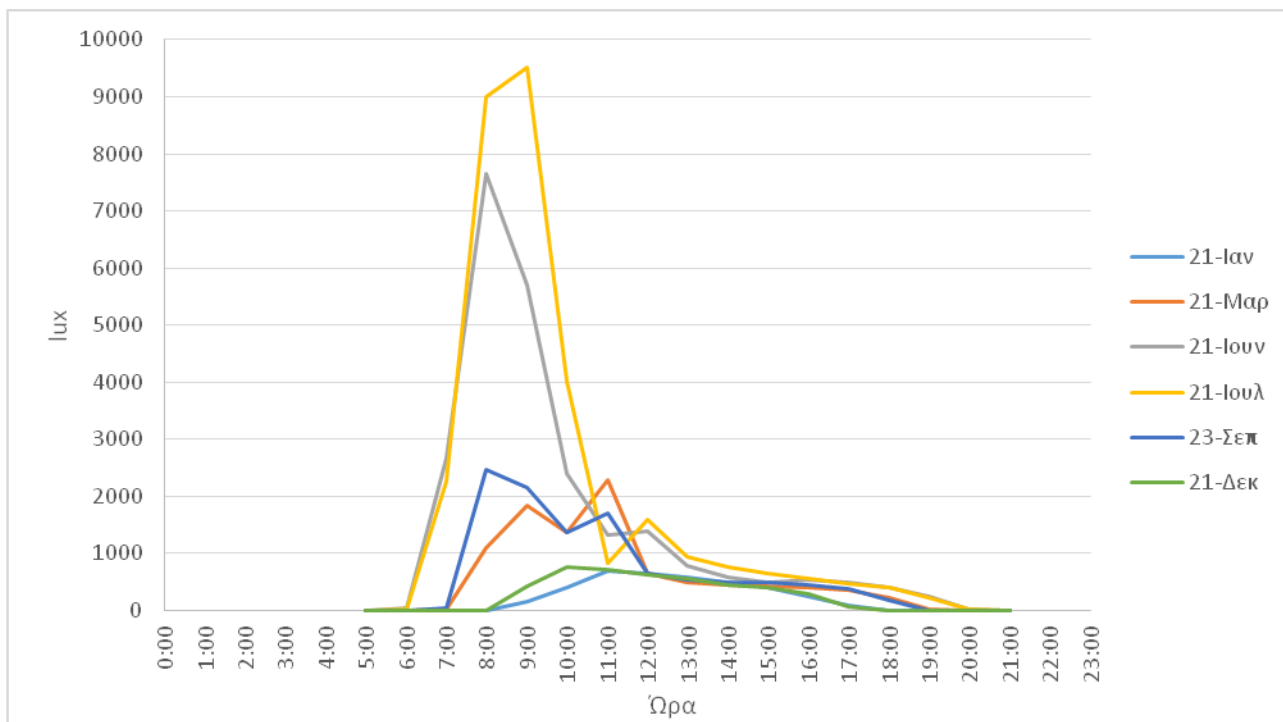


### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



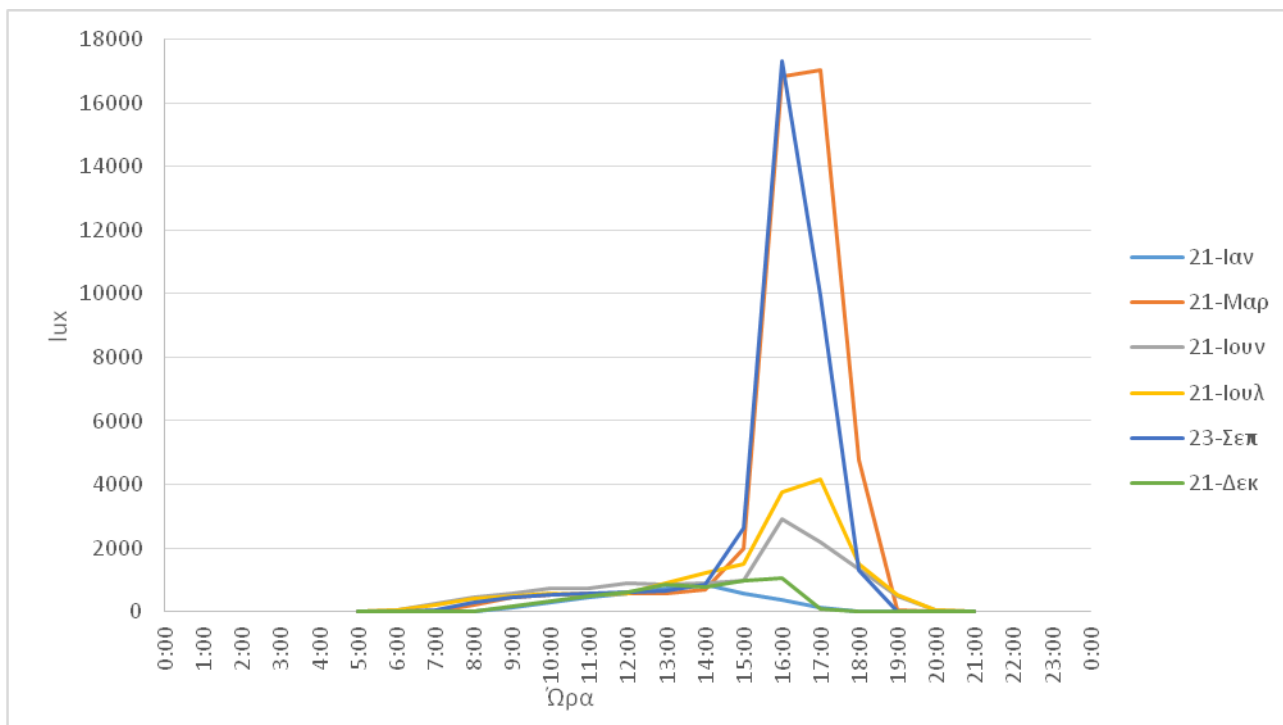
Εικ.4.98 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



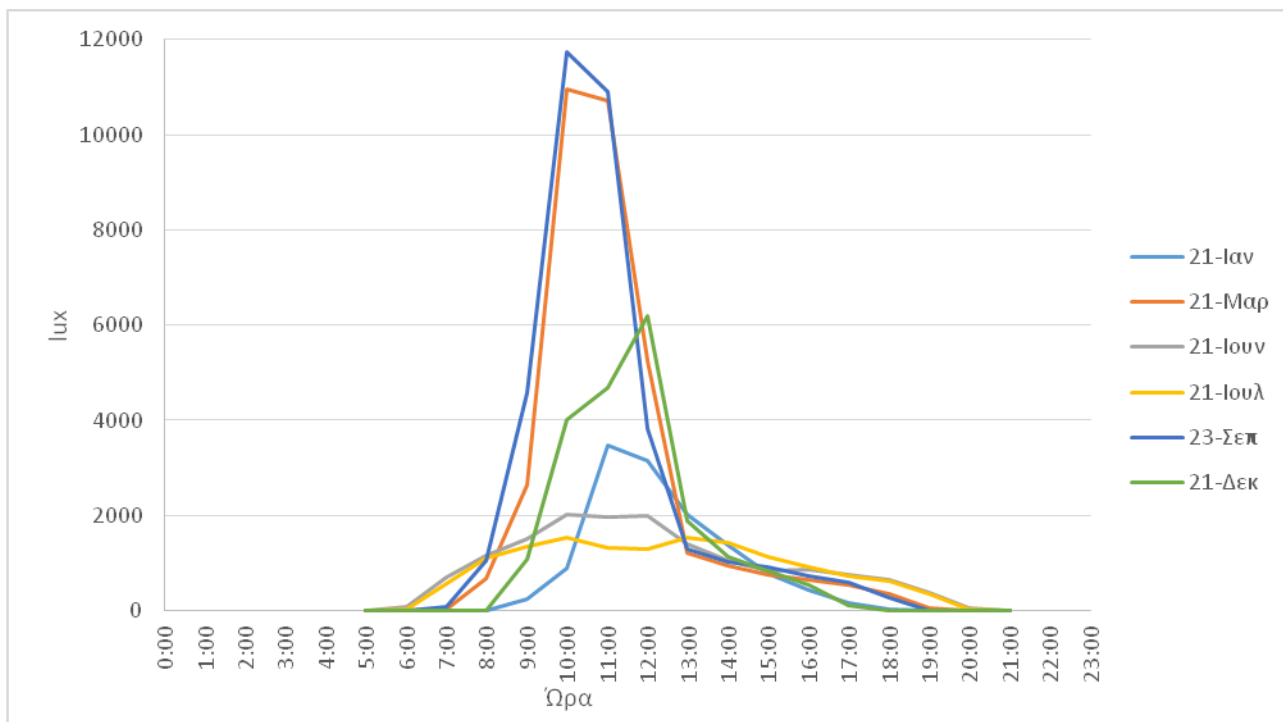
Εικ.4.99 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



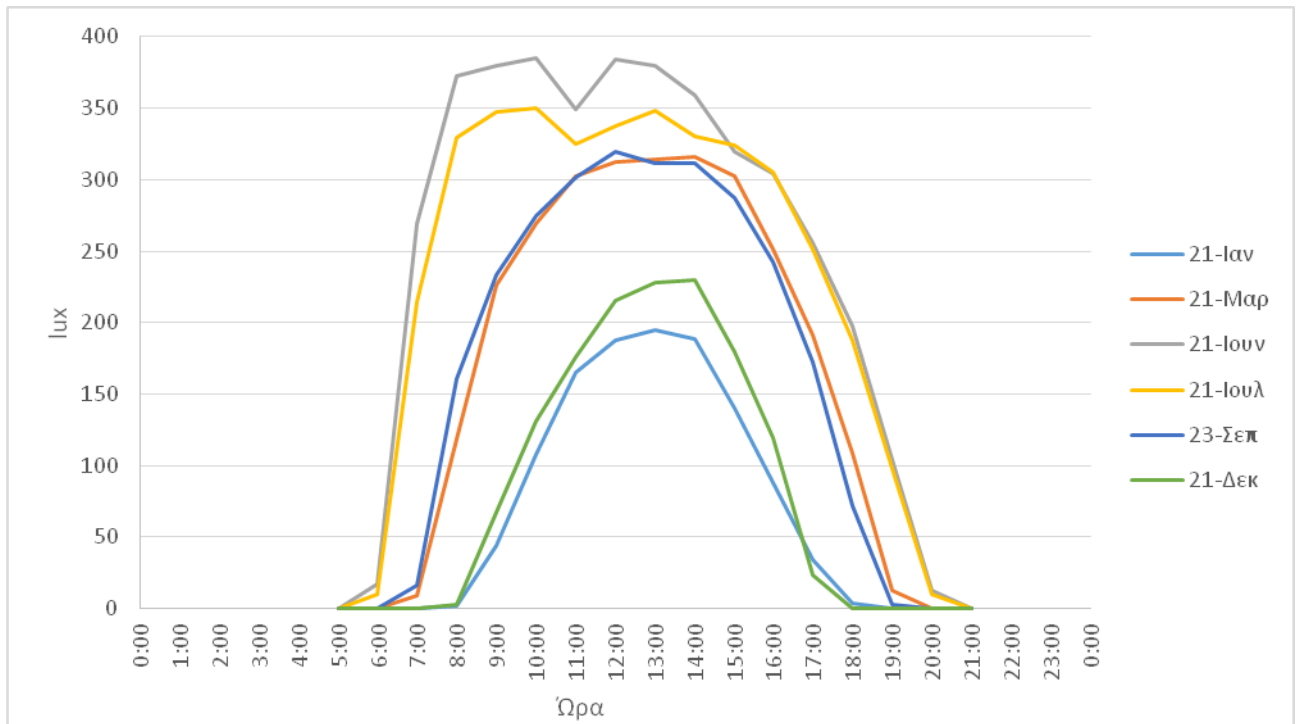
Εικ.4.100 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



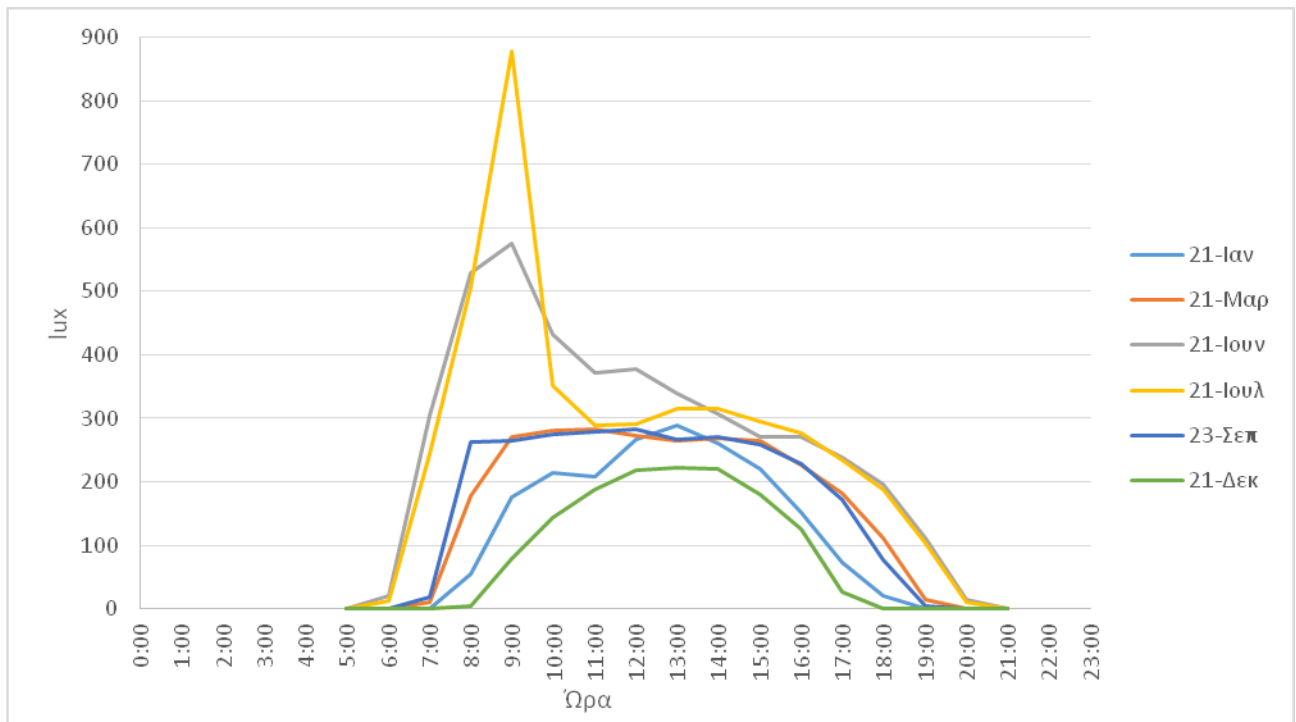
Εικ.4.101 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



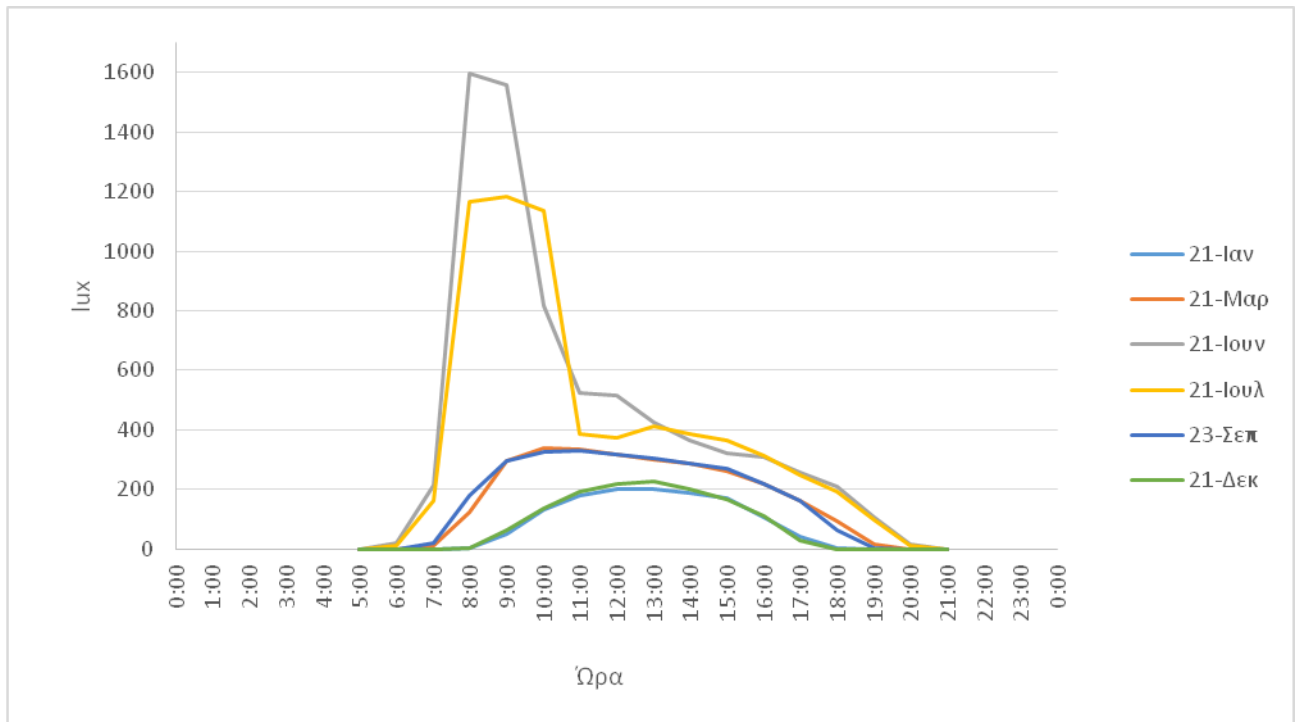
Εικ.4.102 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



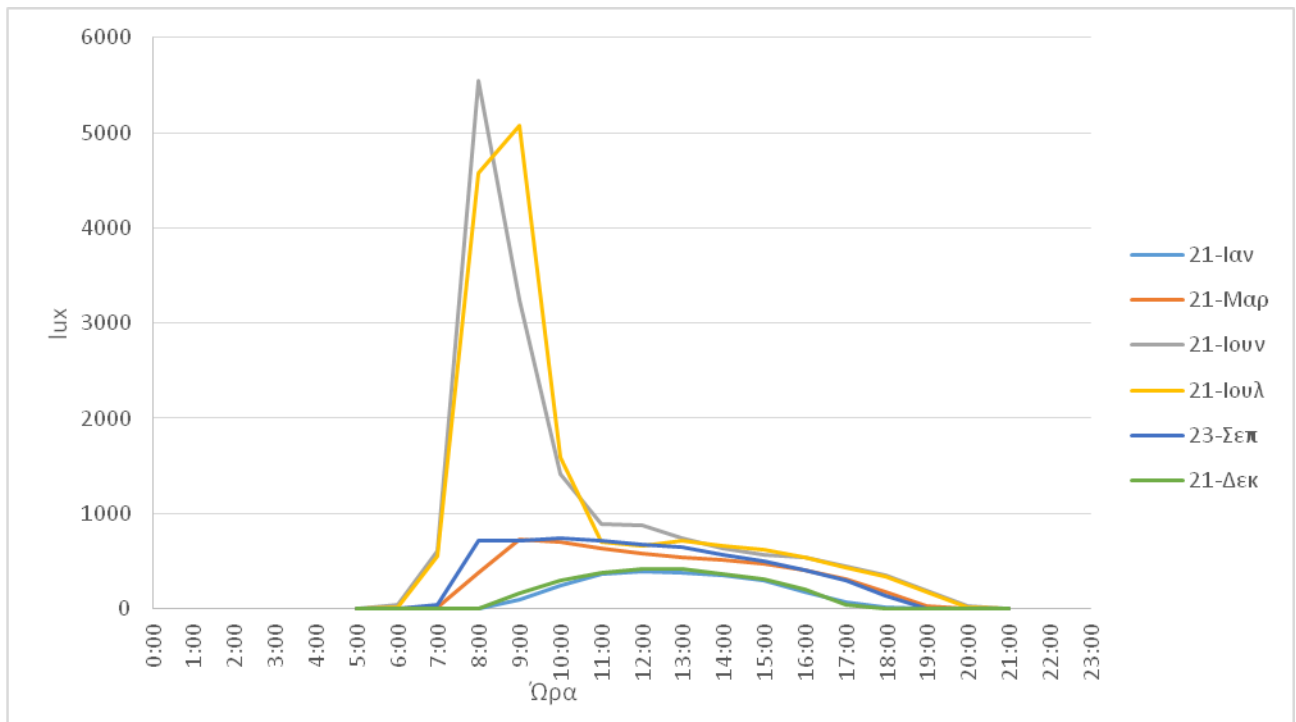
Εικ.4.103 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.104 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου με αυτοσκίαση

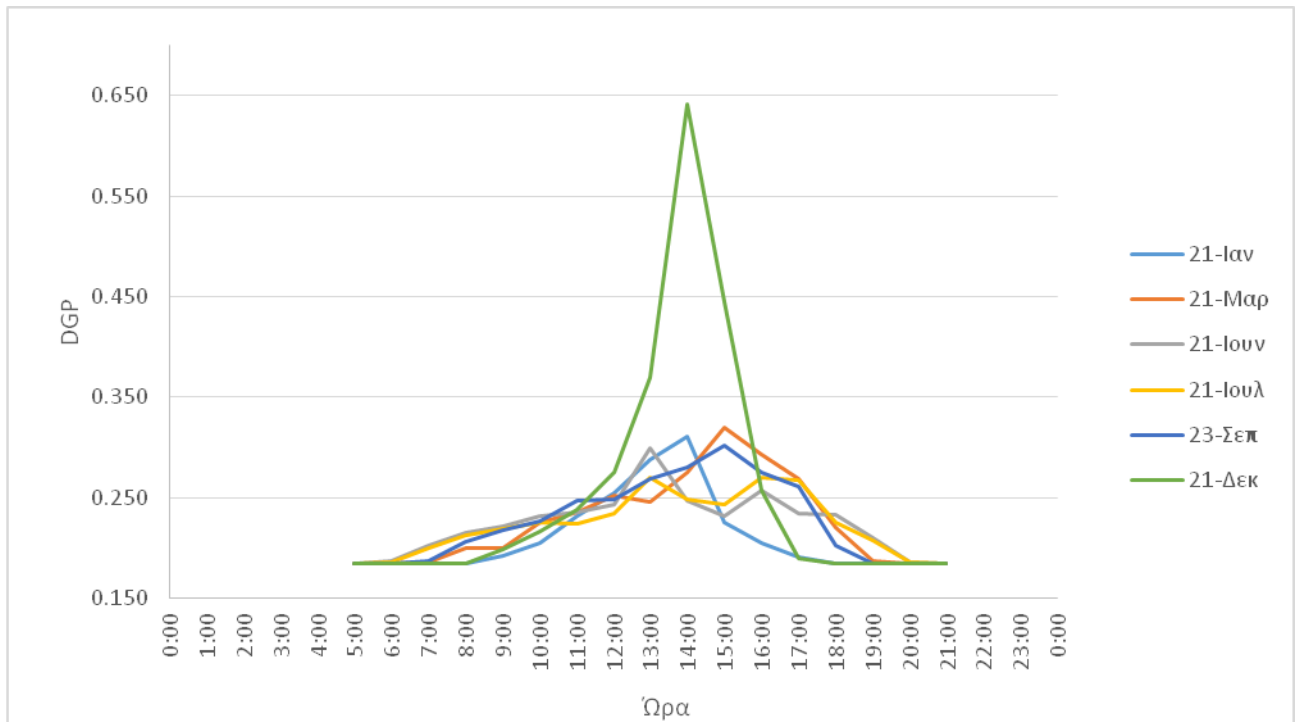
### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.105 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 6 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση

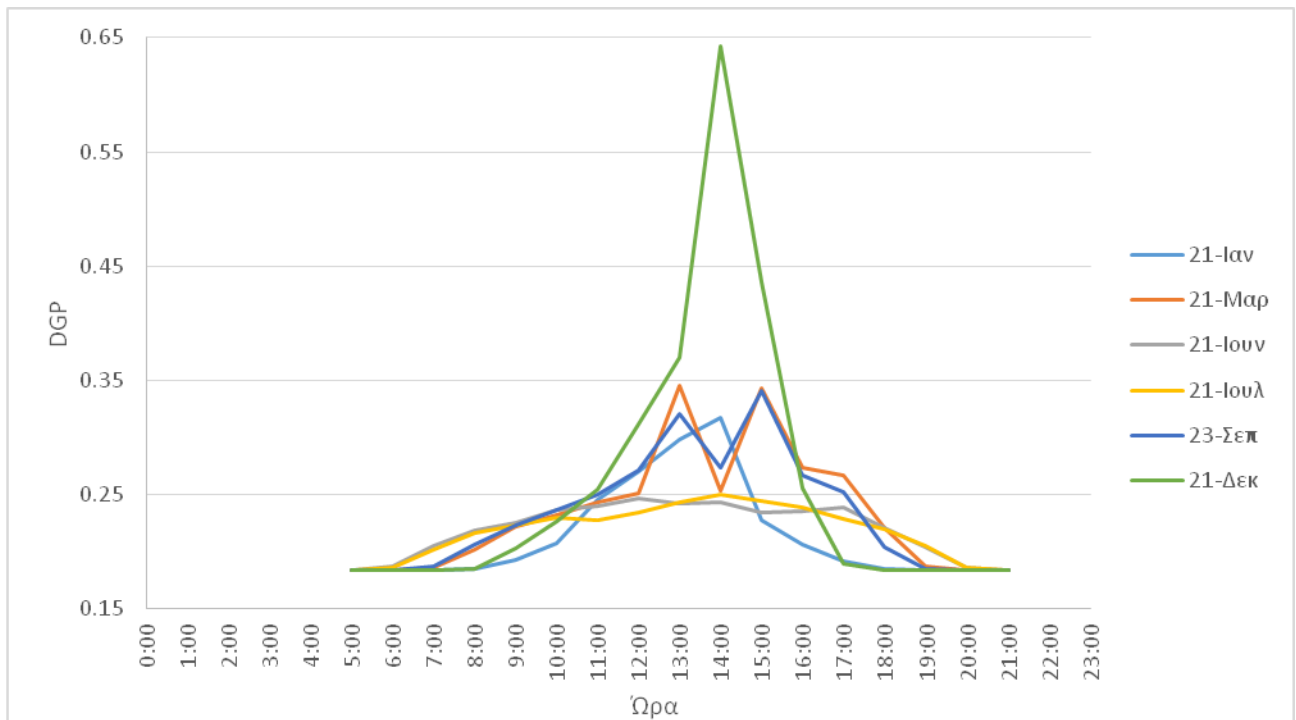
## Daylight Glare Probability (DGP) - Θάμβωση

### Θέση 1- Με αυτοσκίαση



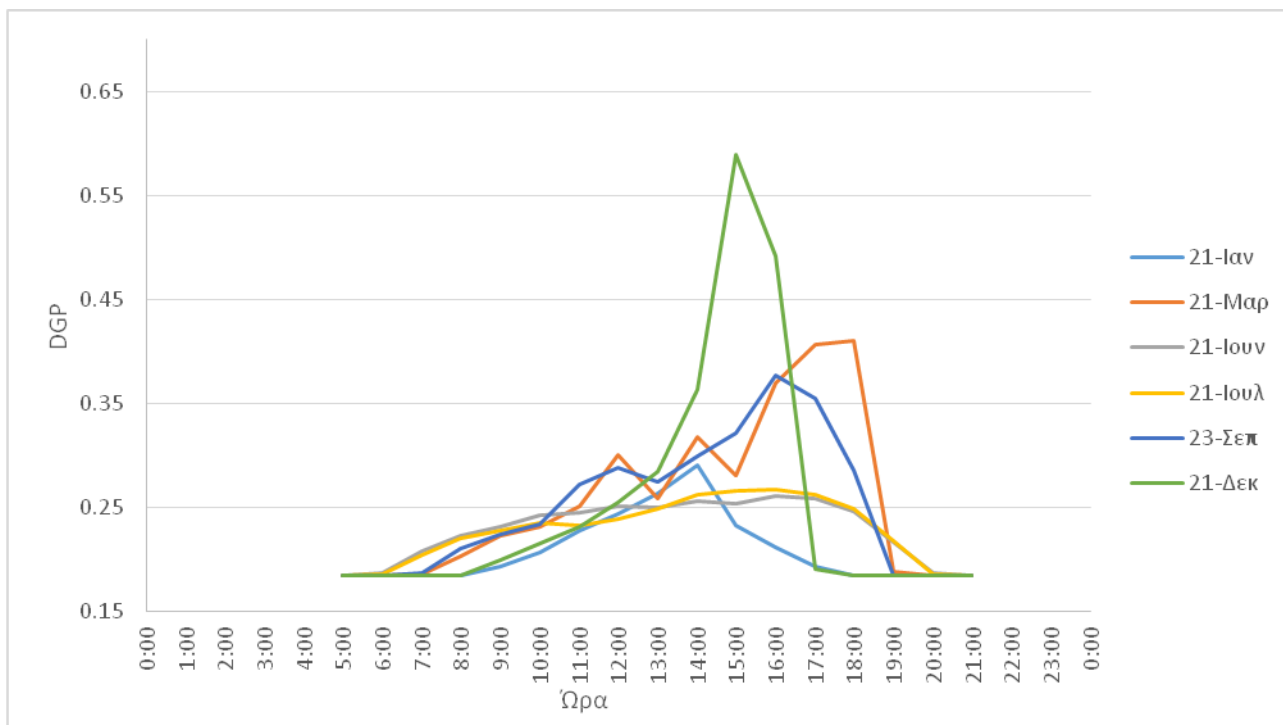
Εικ.4.106 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση



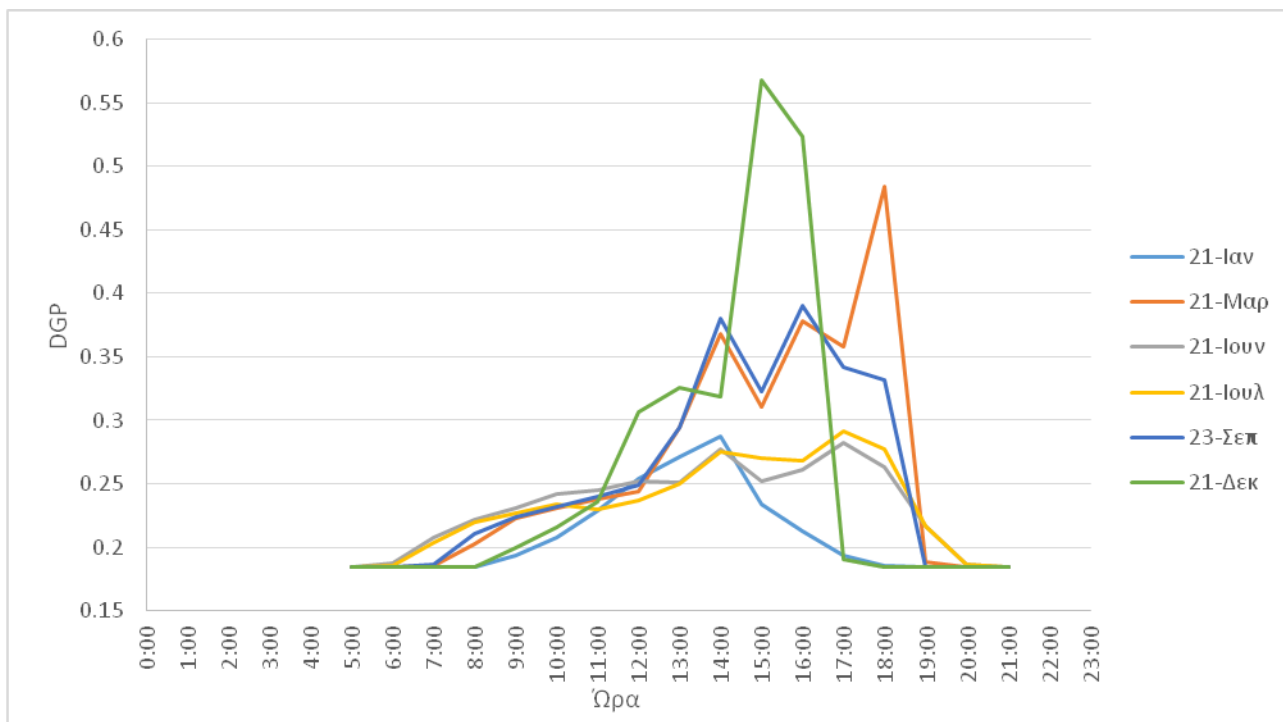
Εικ.4.107 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση



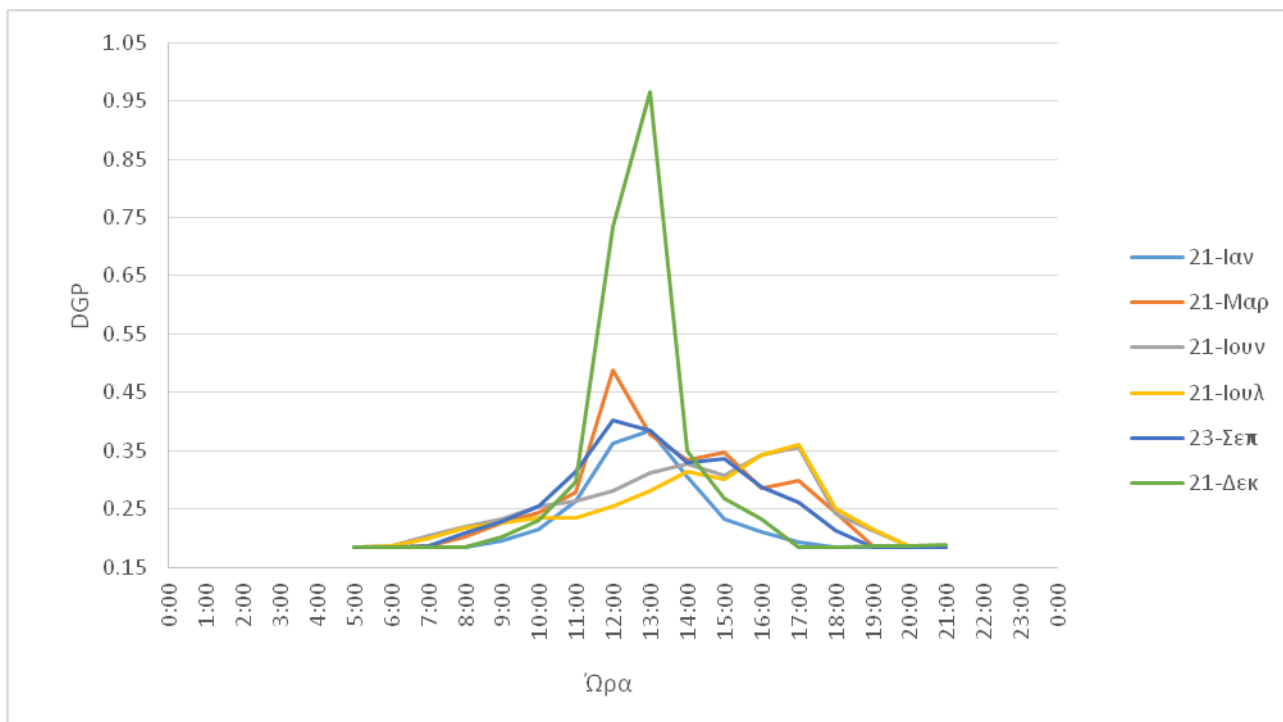
Εικ.4.108 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση



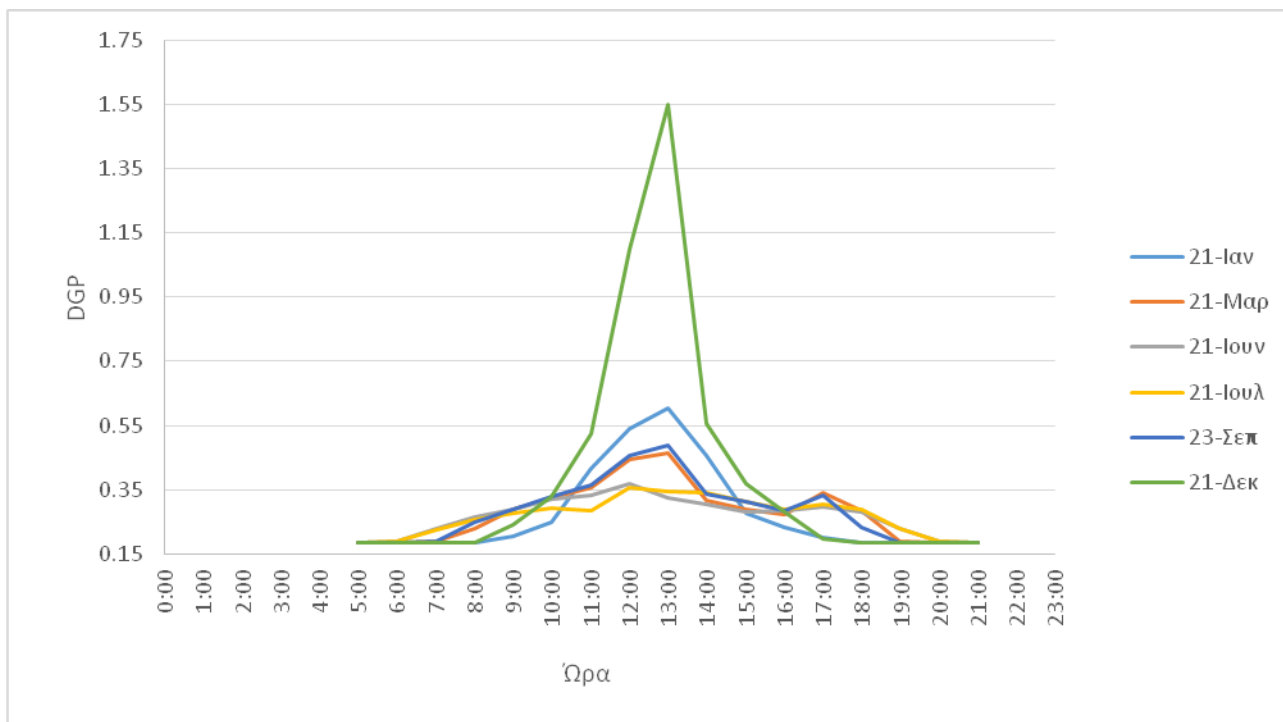
Εικ.4.109 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 3- Με αυτοσκίαση



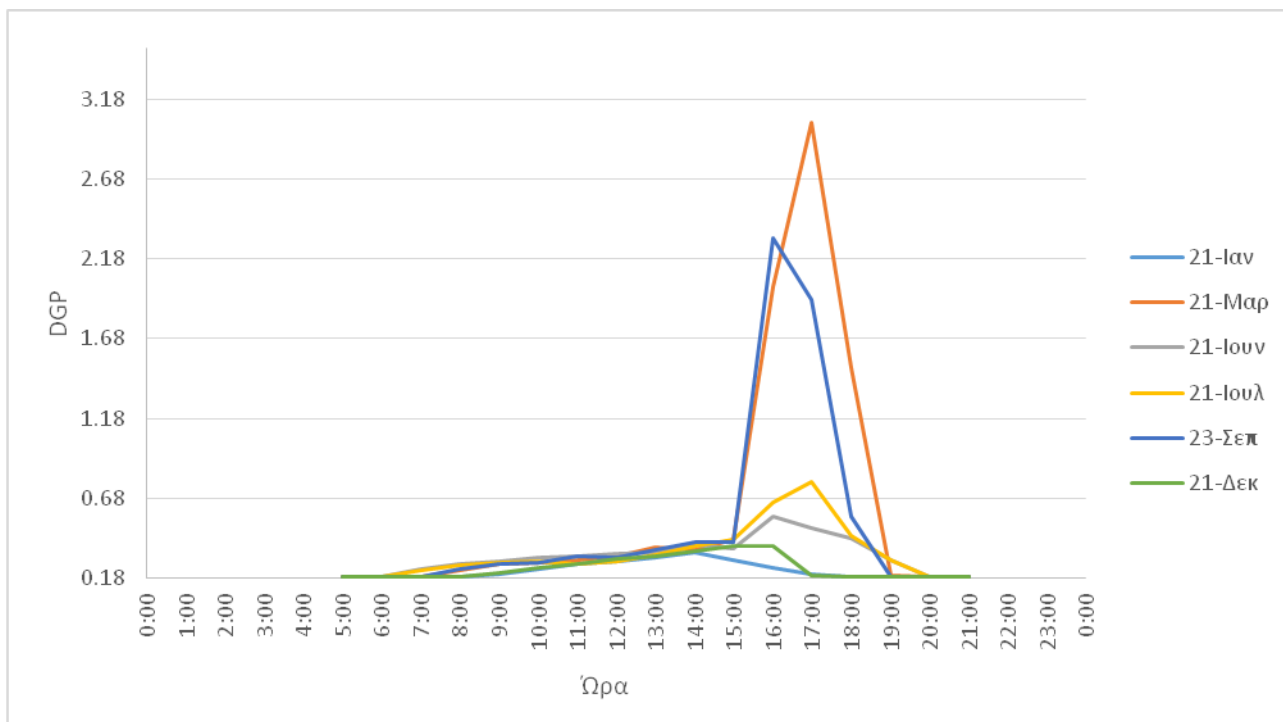
Εικ.4.110 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 3- Χωρίς αυτοσκίαση



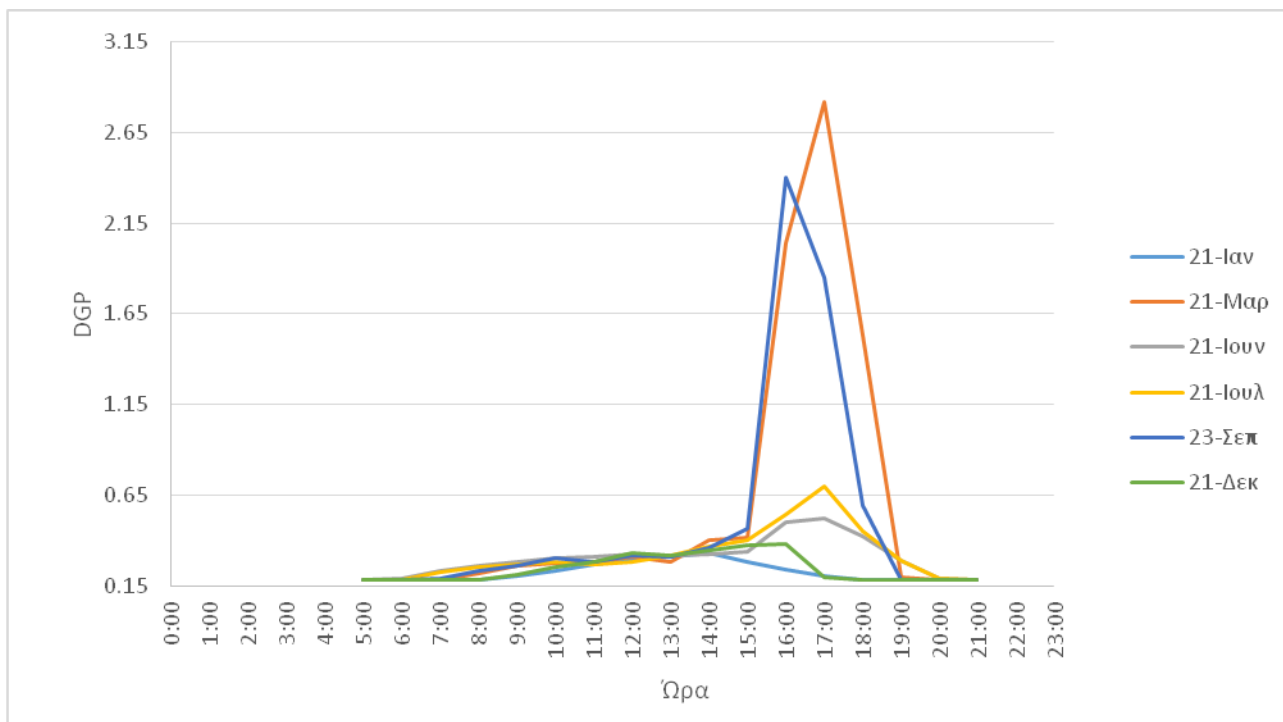
Εικ.4.111 Θάμβωση στη θέση 3 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

#### Θέση 4- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.112 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου με αυτοσκίαση

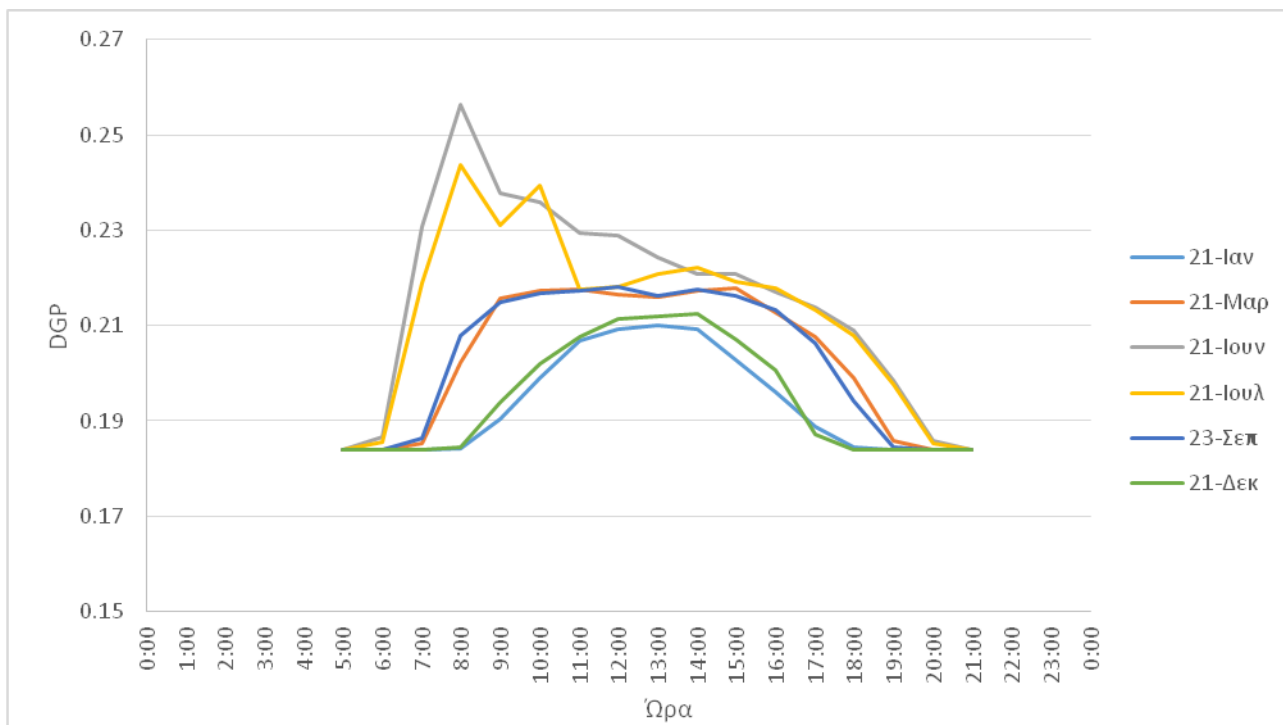
#### Θέση 4- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.113 Θάμβωση στη θέση 4 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

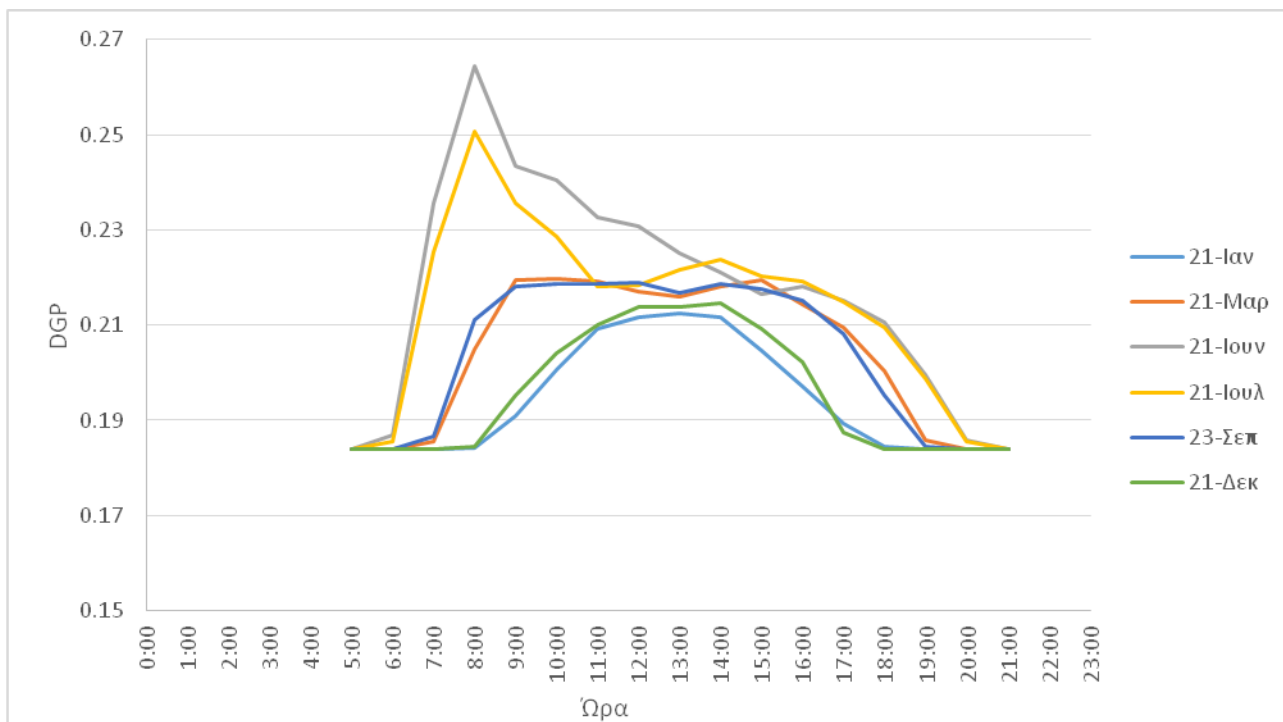


### Θέση 5- Με αυτοσκίαση



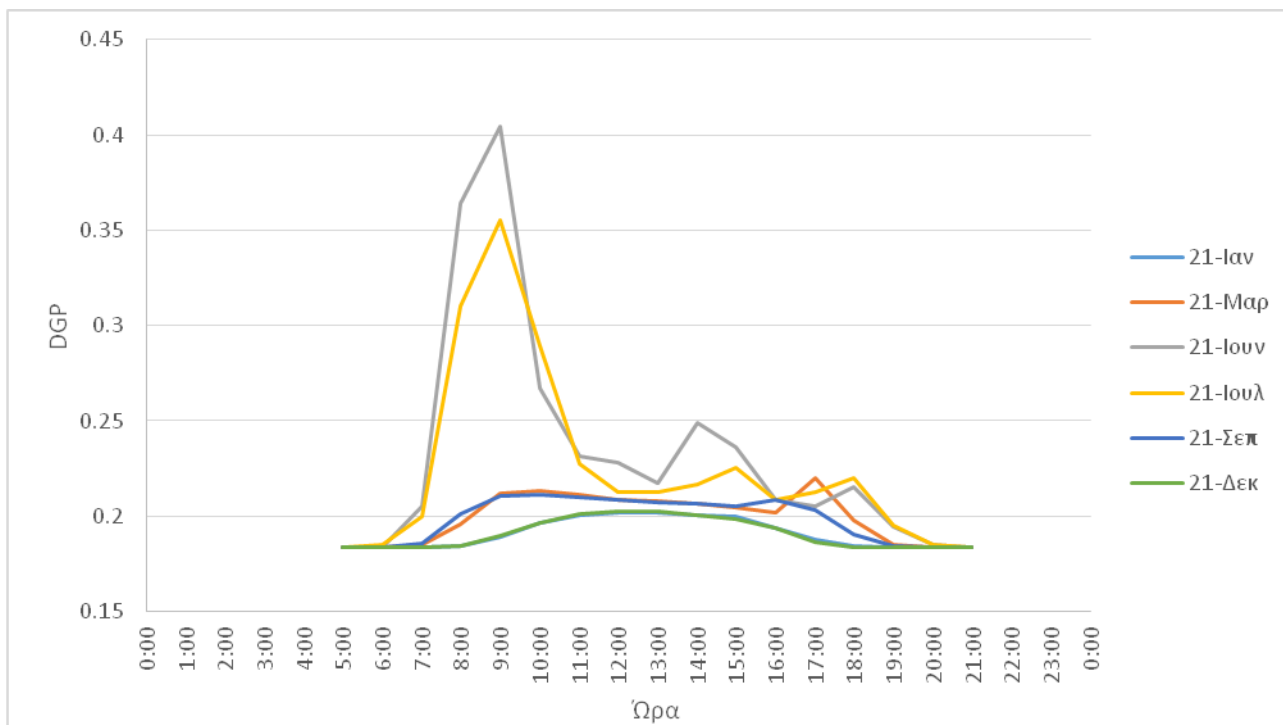
Εικ.4.114 Θάμβωση στη θέση 5 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση



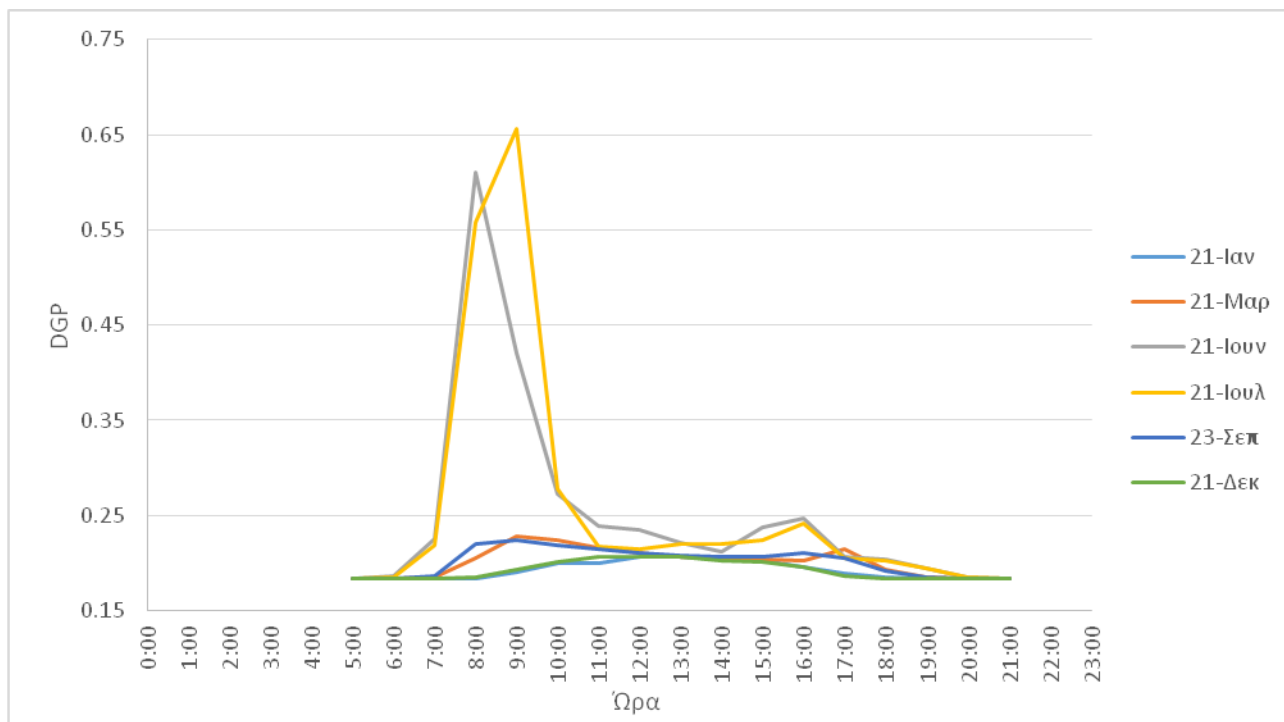
Εικ.4.115 Θάμβωση στη θέση 5 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 6- Με αυτοσκίαση



Εικ.4.116 Θάμβωση στη θέση 6 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 6- Χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.4.117 Θάμβωση στη θέση 6 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

#### 4.4 Συμπεράσματα

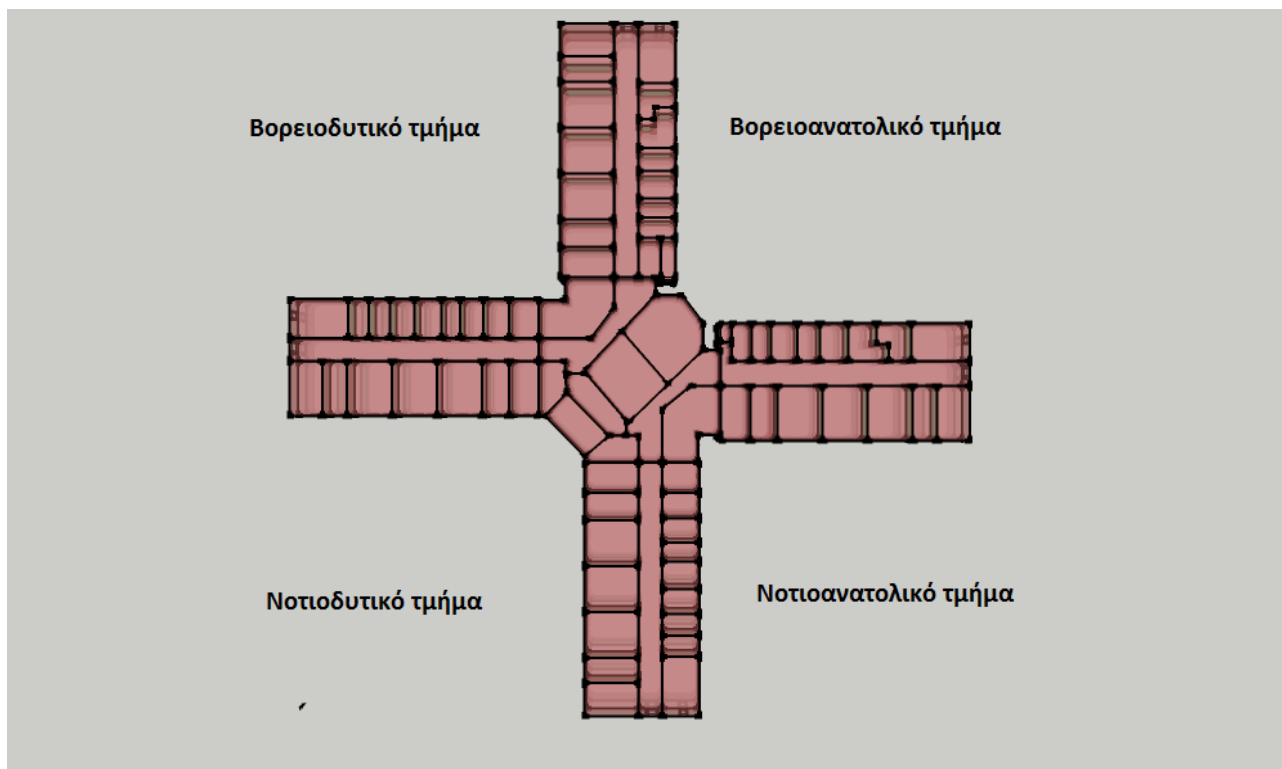
Έχουν εξεταστεί συνολικά 24 σημεία του κτιρίου. Από αυτά θα εξετάσουμε τις πιο αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις στις οποίες καταγράφονται ακραίες τιμές φυσικού φωτισμού και θάμβωσης και θα προσδιορίσουμε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου στα οποία οφείλονται οι τιμές αυτές.

##### Γεωμετρικά χαρακτηριστικά εξεταζόμενου κτιρίου και κτιρίου αναφοράς

- **Εξεταζόμενο κτίριο:** μορφής σταυρού, αυτοσκιαζόμενες επιφάνειες, μεγάλες ανακλαστικές επιφάνειες με ανακλαστικότητα 30% οι οποίες ανακλούν το φυσικό φως και το οδηγούν από διαφορετικές κατευθύνσεις στο εσωτερικό του κτιρίου.
- **Κτίριο αναφοράς:** κυβικής μορφής, απουσία αυτοσκιαζόμενων επιφανειών, απουσία ανακλαστικών επιφανειών.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά ανάλογα με τον προσανατολισμό, την εποχή, την μέρα και την ώρα δρουν είτε αυξάνοντας τη ποσότητα φ.φ. και θάμβωσης είτε μειώνοντας την.

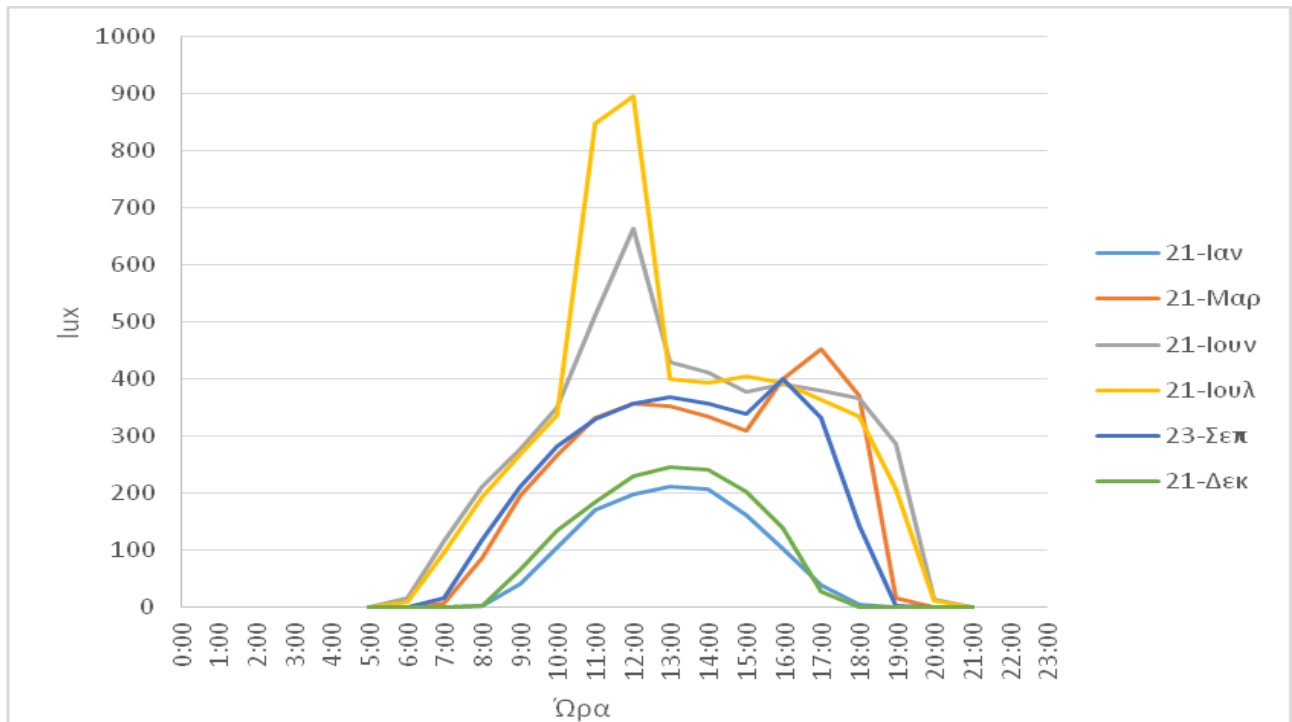
Παρακάτω εξετάζουμε την επίδραση της αυτοσκίασης στο κτίριο τμηματικά, σε τέσσερις φάσεις.



Εικ.4.118 Διαχωρισμός του κτιρίου σε τέσσερα τμήματα με βάση τον προσανατολισμό

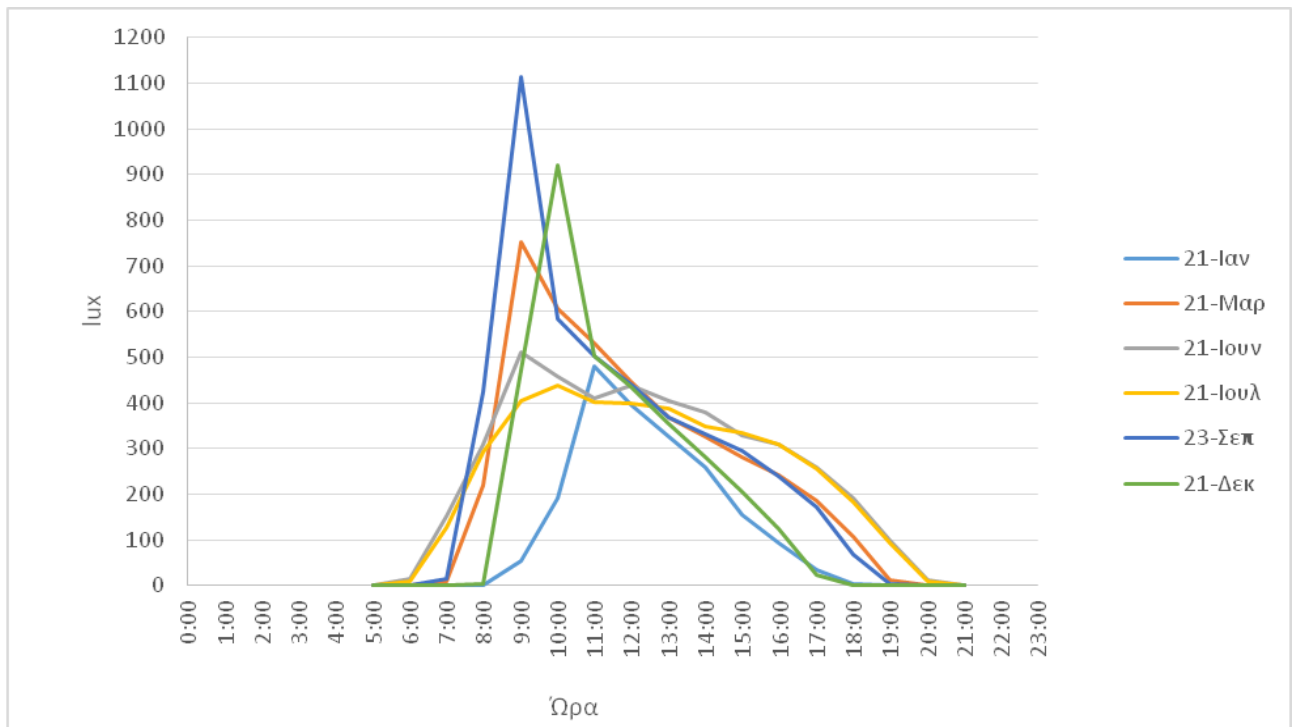
## Πρώτο εξεταζόμενο τμήμα - Βορειοανατολικό

### Θέση 2 - Με αυτοσκίαση -Ανατολικός προσανατολισμός θαλάμου



Εικ.4.119 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 2 - Χωρίς αυτοσκίαση- Ανατολικός προσανατολισμός θαλάμου



Εικ.4.120 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

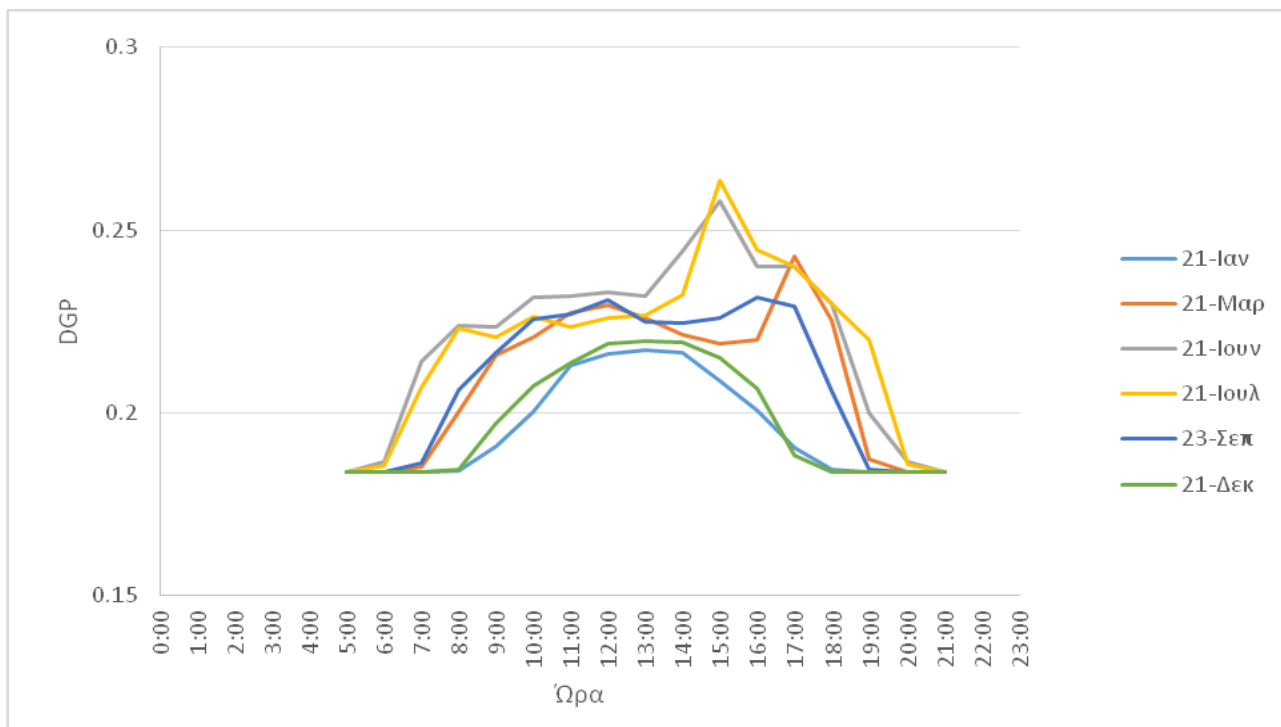
Παρατηρούμε πως στο τμήμα αυτό η αυτοσκίαση δρα αρνητικά στις τιμές του φυσικού φωτισμού τους χειμερινούς μήνες, καθώς εμποδίζει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στους θαλάμους τις πρωινές ώρες μέχρι το μεσημέρι, διατηρώντας τα επίπεδα φυσικού φωτισμού ιδιαίτερα χαμηλά, κάτω από 400 lux τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο, Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο. Τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με μια αιχμή από τις 10:00 έως τις 13:00. Συμπεραίνουμε πως καθ' όλη τη διάρκεια του έτους χρειάζεται συμπληρωματική πηγή φωτισμού τις πρωινές και απογευματινές ώρες ειδικά στους θαλάμους θεραπείας.

Αντίθετα, ο θάλαμος χωρίς αυτοσκίαση διατηρεί υψηλότερες τιμές φυσικού φωτισμού τους χειμερινούς μήνες τις πρωινές ώρες, κατάλληλες για τις περισσότερες δραστηριότητες χωρίς τη χρήση πρόσθετου τεχνητού φωτός. Ταυτόχρονα, τα επίπεδα φυσικού φωτισμού τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, όπου ο ήλιος είναι «ψηλότερα», δεν αυξάνονται σε σχέση με τον αυτοσκιαζόμενο θάλαμο με αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται προβλήματα θερμικής άνεσης τους μήνες αυτούς.

Οι τιμές θάμβωσης βρίσκονται και στις δύο περιπτώσεις σε ανεκτά πλαίσια.

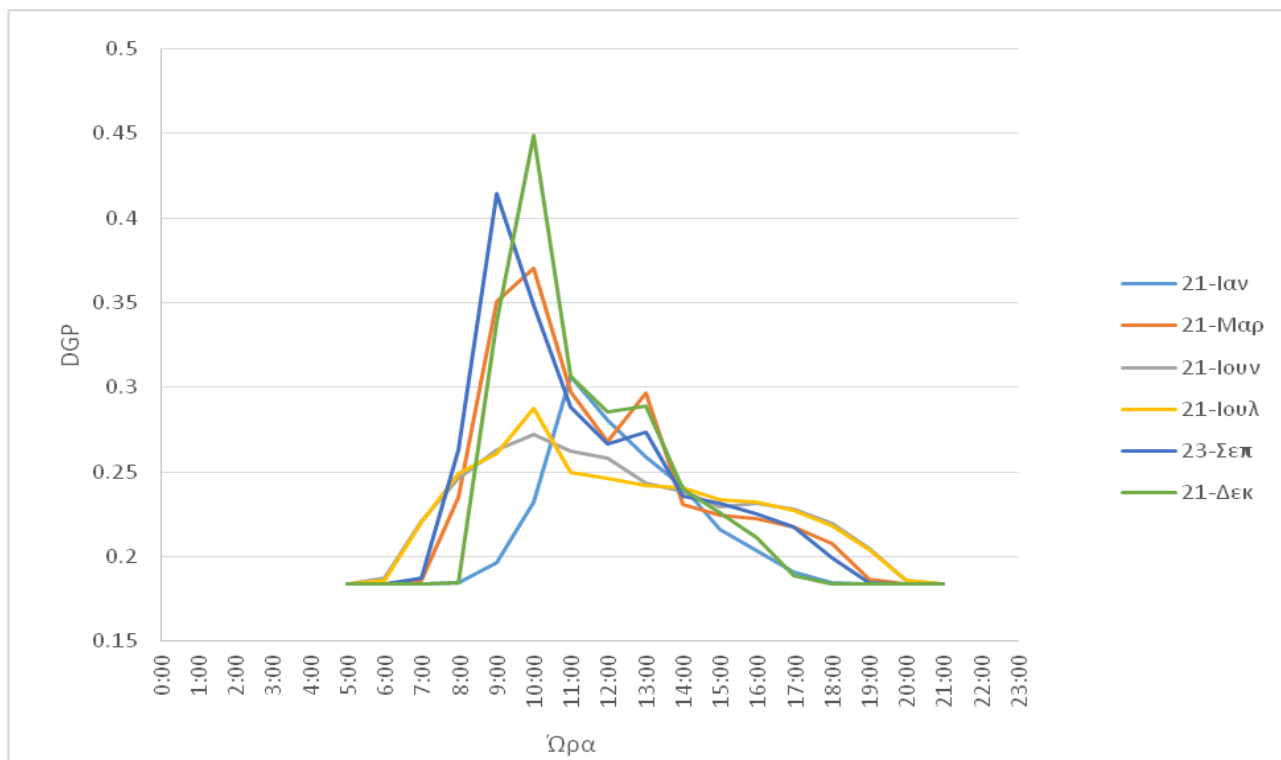
Στην δεύτερη περίπτωση, τους μήνες Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο η θάμβωση ξεπερνάει την τιμή 0,4 με αποτέλεσμα να κρίνεται αναγκαία η τοποθέτηση πρόσθετου εξωτερικού ή εσωτερικού σκιάστρου.

**Θέση 2 – Με αυτοσκίαση-Ανατολικός προσανατολισμός θαλάμου**



Εικ.4.121 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

**Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση-Ανατολικός προσανατολισμός θαλάμου**



Εικ.4.122 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

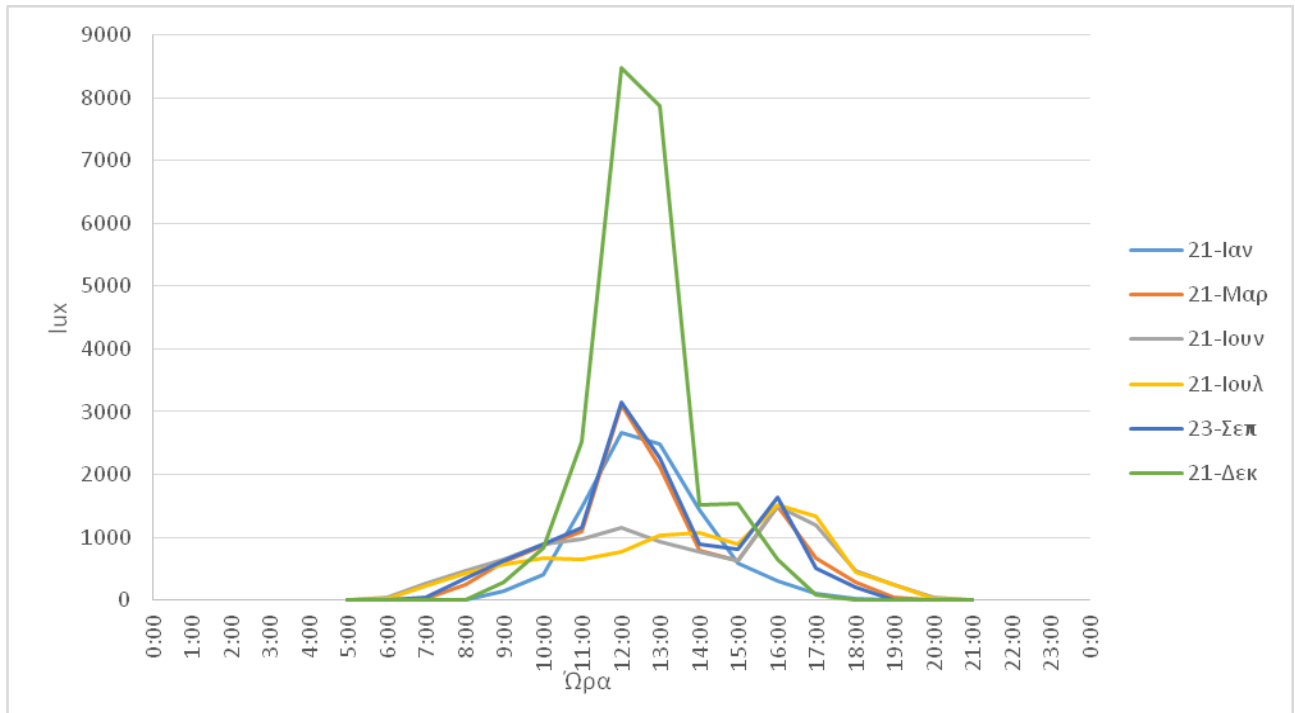
Στους θαλάμους με **Ανατολικό** προσανατολισμό η ύπαρξη **επιφάνειας σκίασης δρα αρνητικά στις τιμές φυσικού φωτισμού** τις πρωινές ώρες μέχρι τις 12:00 το μεσημέρι και θετικά για τις τιμές θάμβωσης.

Στην δεύτερη περίπτωση, τους μήνες Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο η θάμβωση ξεπερνάει την τιμή 0,4 με αποτέλεσμα να κρίνεται αναγκαία η τοποθέτηση πρόσθετου εξωτερικού ή εσωτερικού σκιάστρου. Σε γενικές γραμμές οι τιμές θάμβωσης βρίσκονται και στις δύο περιπτώσεις σε ανεκτά πλαίσια.

## Δεύτερο εξεταζόμενο τμήμα- Νοτιοανατολικό

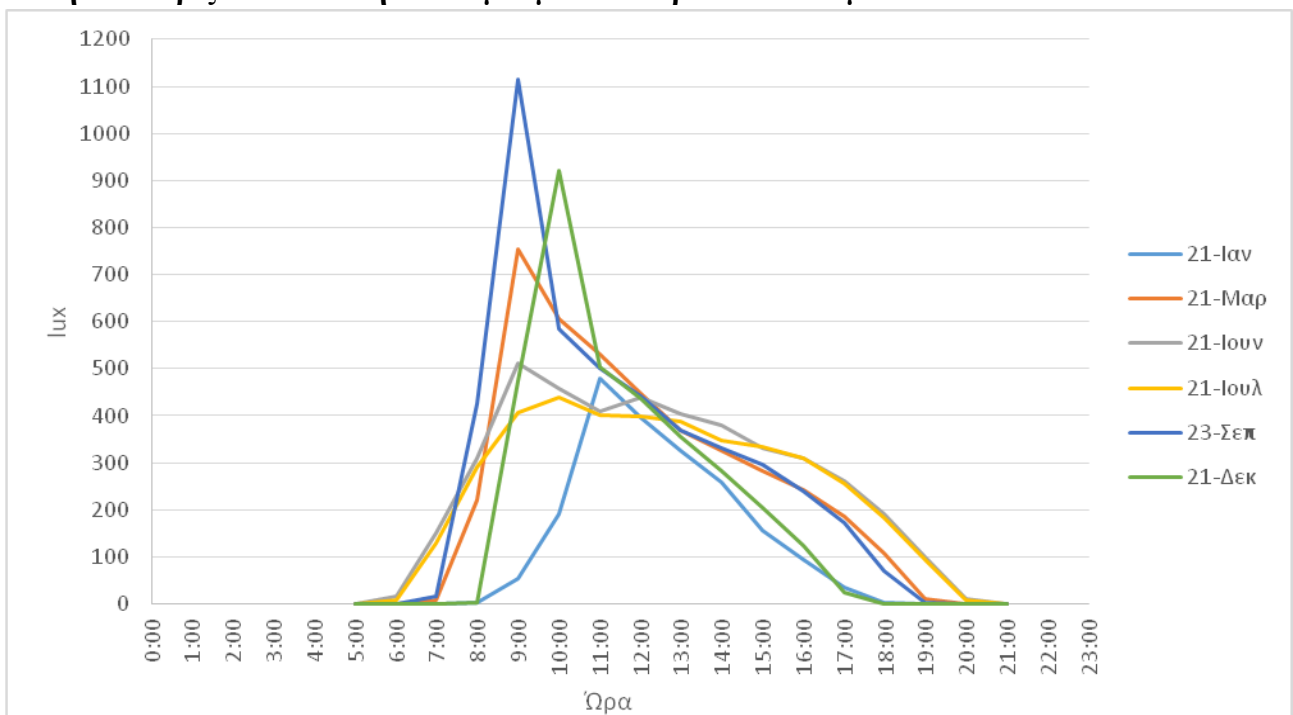
### Τιμές φυσικού φωτισμού

#### Θέση 2- Με αυτοσκίαση -Θάλαμοι με νότιο προσανατολισμό



Εικ.4.123 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

#### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση- Θάλαμοι με νότιο προσανατολισμό

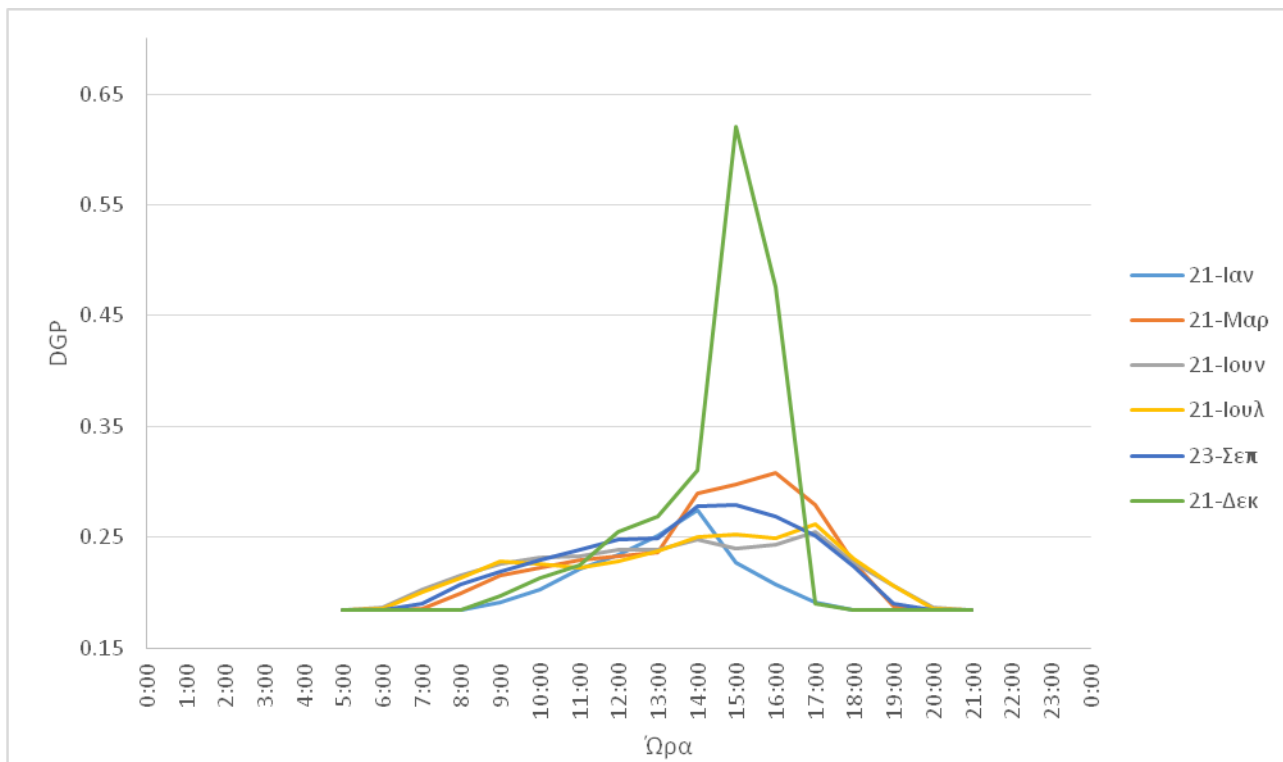


Εικ.4.124 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση



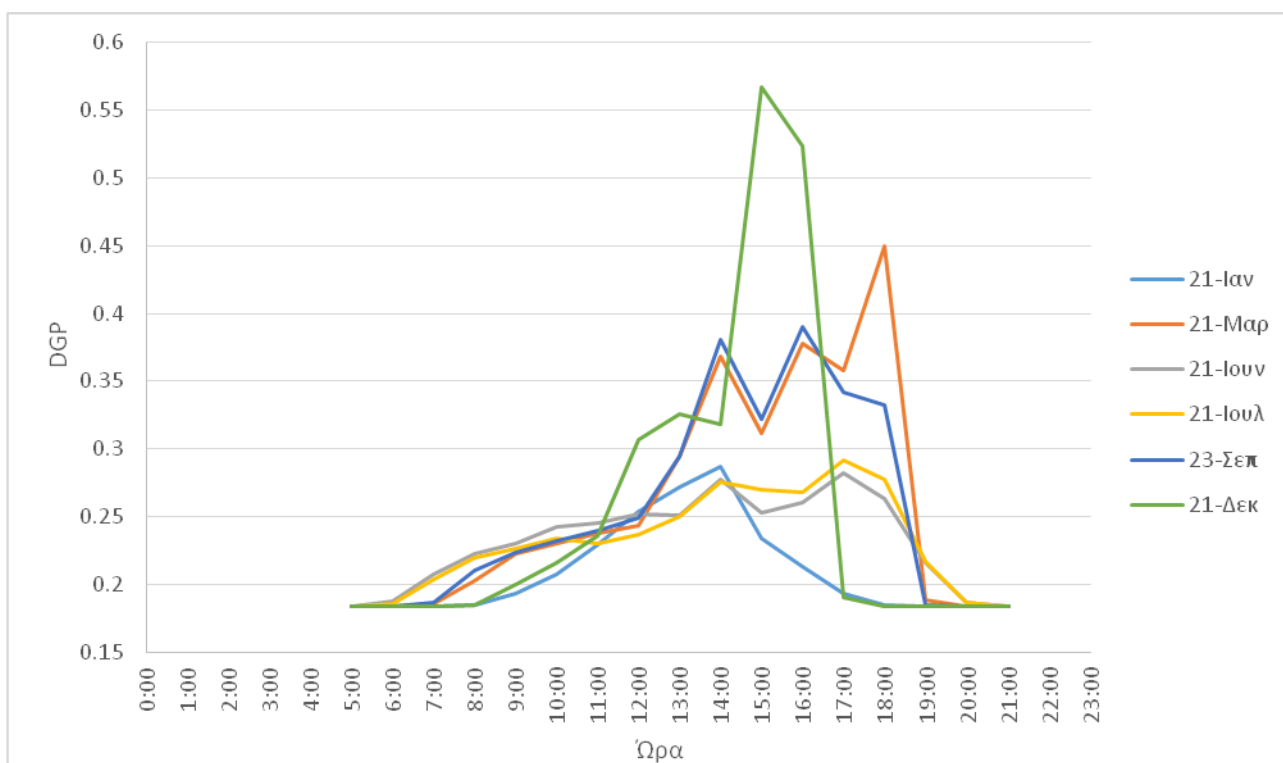
## Τιμές θάμβωσης

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση -Θάλαμοι με νότιο προσανατολισμό



Εικ.4.125 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

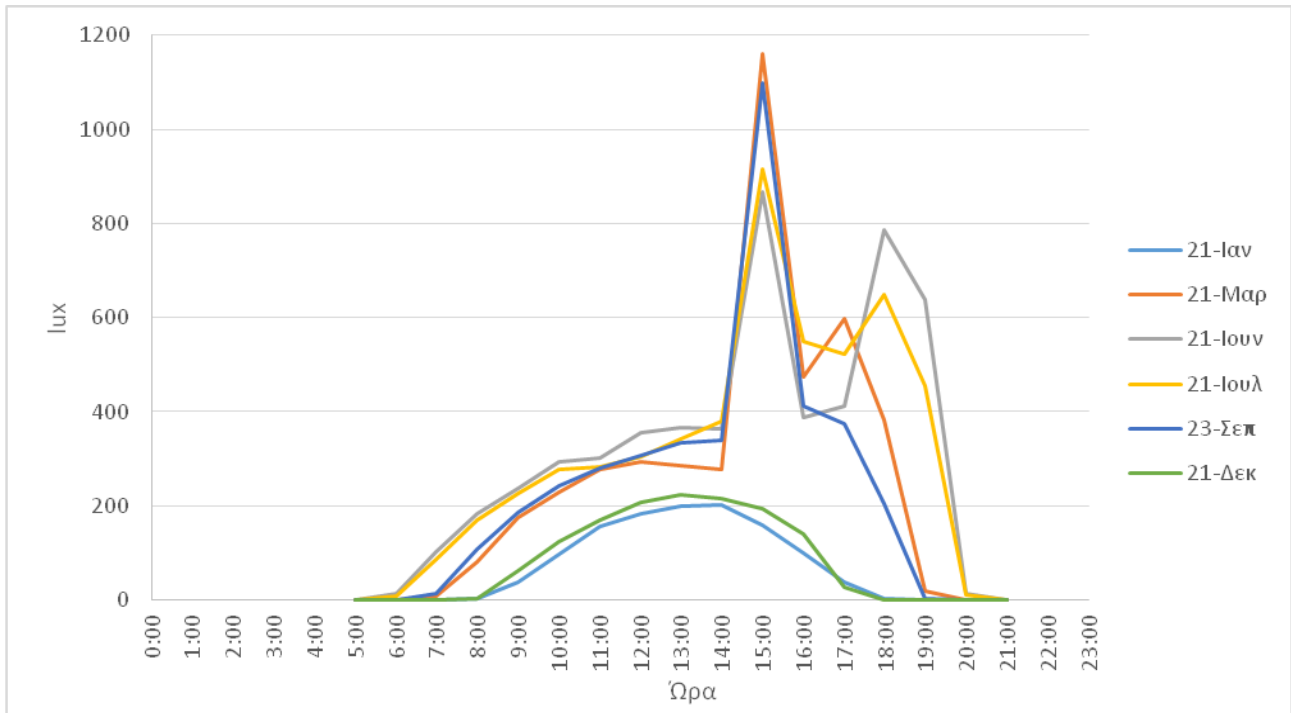
### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση -Θάλαμοι με νότιο προσανατολισμό



Εικ.4.126 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

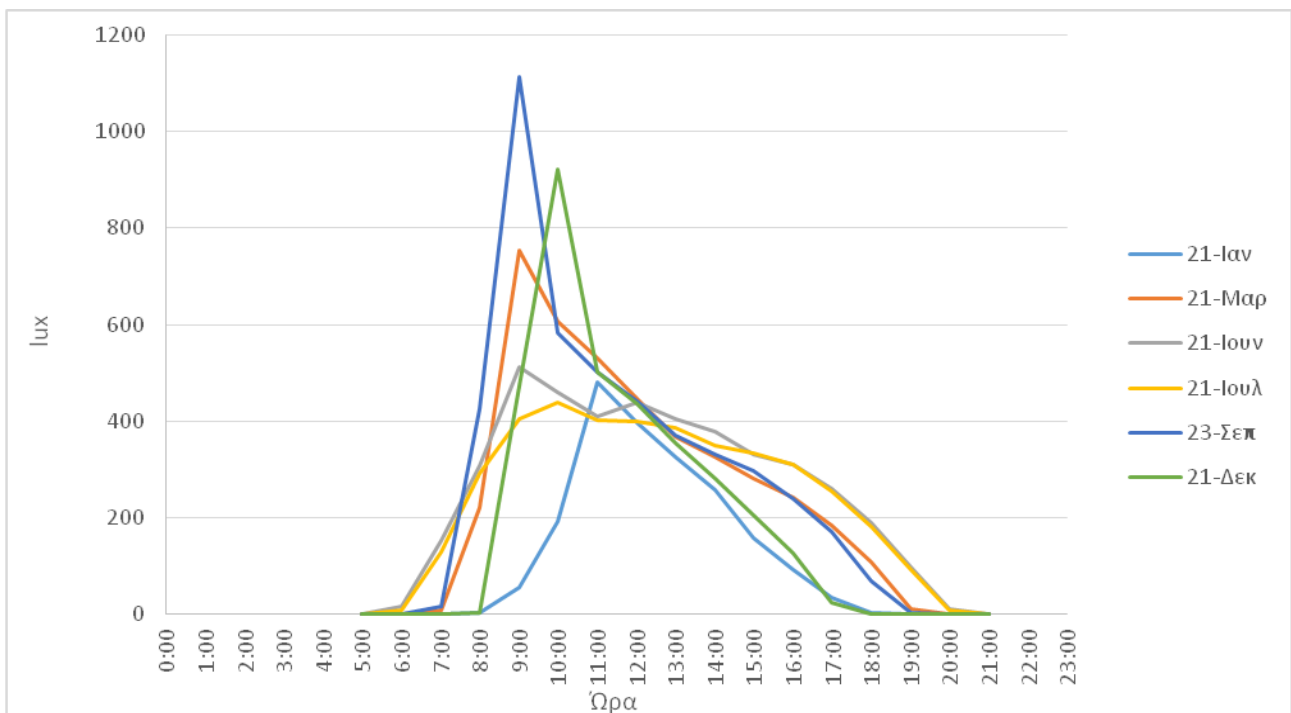
## Τιμές φυσικού φωτισμού

### Θέση 2- Με αυτοσκίαση -Θάλαμος με ανατολικό προσανατολισμό



Εικ.4.127 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

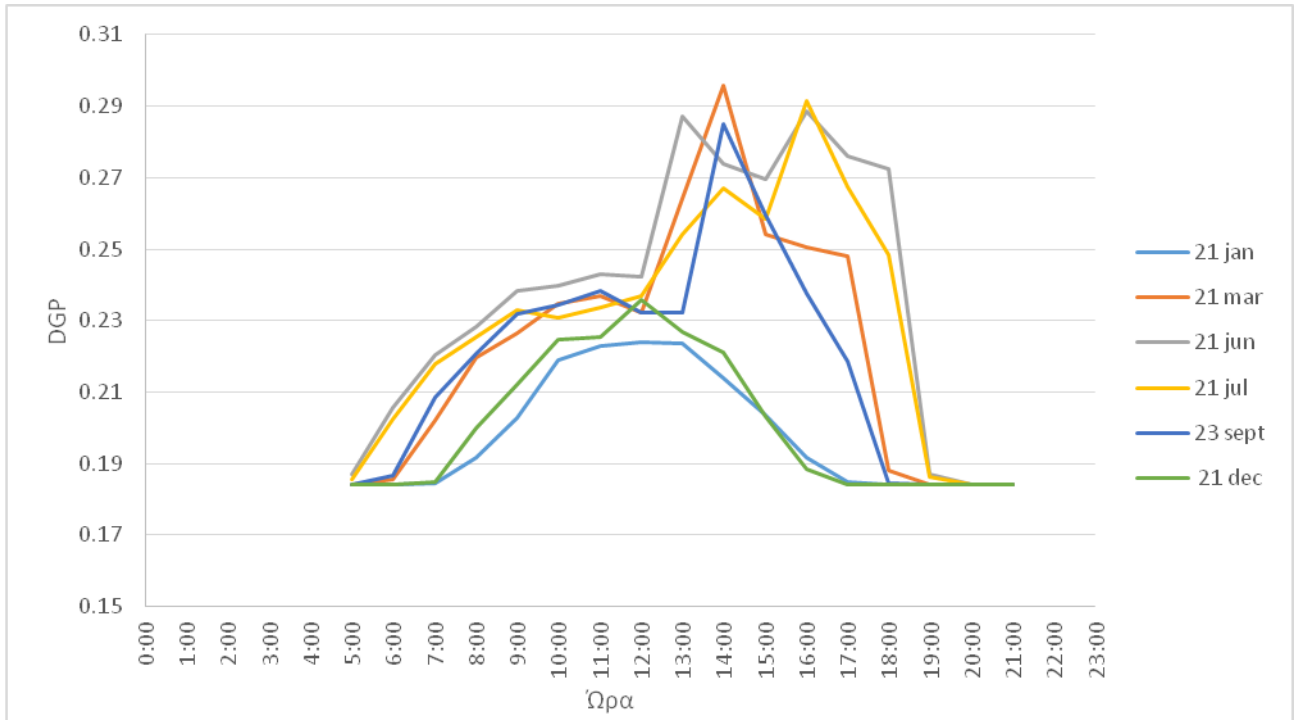
### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση -Θάλαμος με ανατολικό προσανατολισμό



Εικ.4.128 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

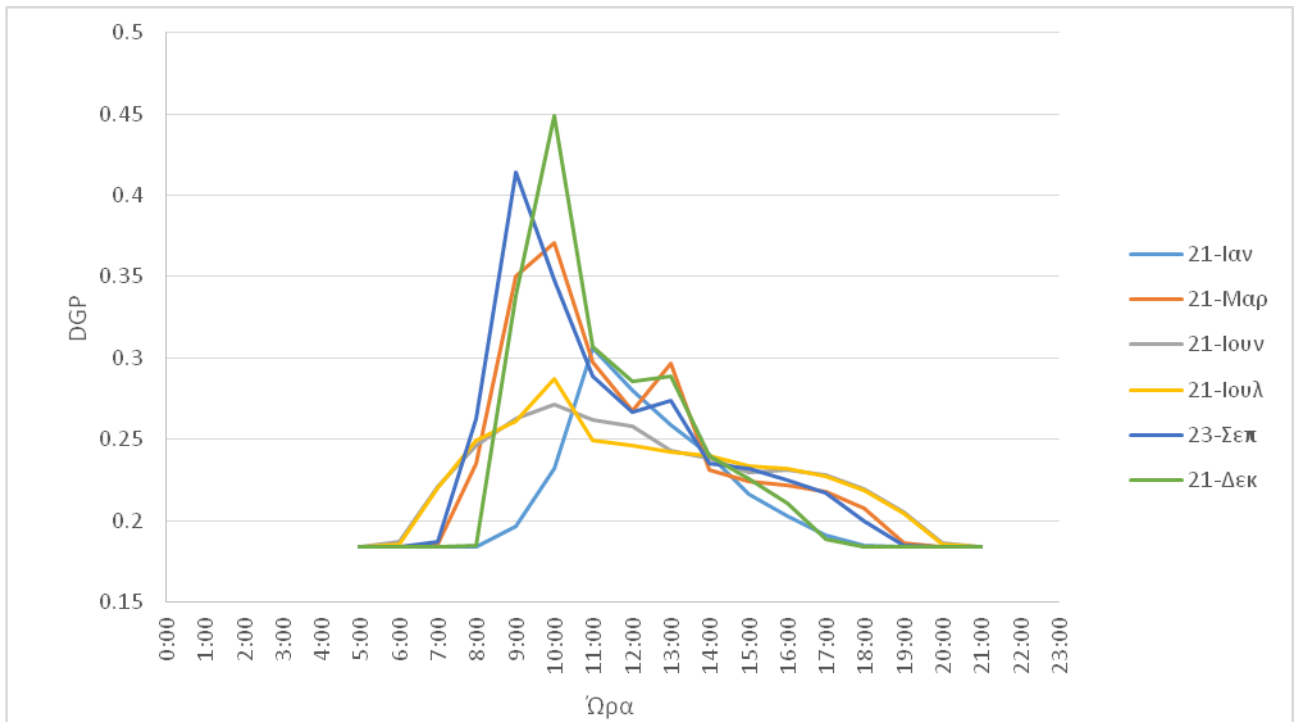
## Τιμές θάμβωσης

### Θέση 2 -Με αυτοσκίαση -Θάλαμος με ανατολικό προσανατολισμό



Εικ.4.129 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 2- Χωρίς αυτοσκίαση -θάλαμος με ανατολικό προσανατολισμό



Εικ.4.130 Θάμβωση στη θέση 2 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

Σε αυτή τη θέση η επιφάνεια αυτοσκίασης δρα με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τον προσανατολισμό των θαλάμων.

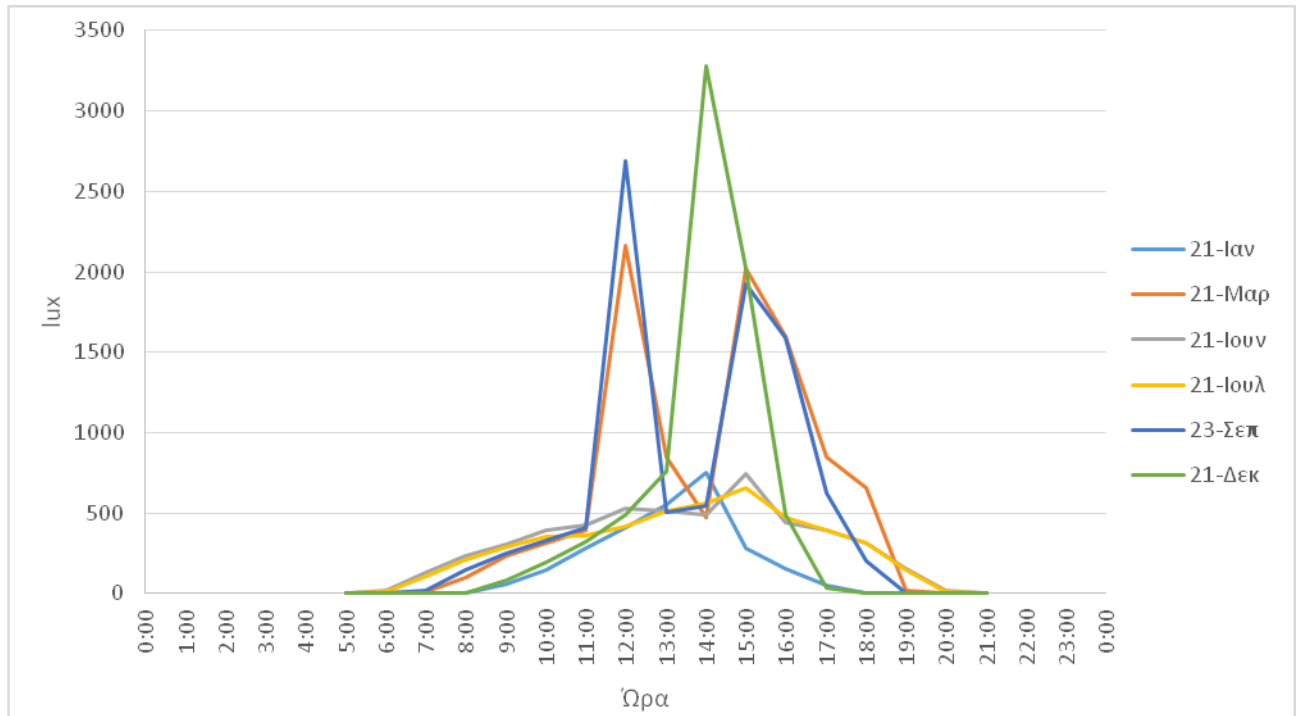
Στους θαλάμους με **Νότιο** προσανατολισμό η επιφάνεια σκίασης **δρα σαν ανακλαστική επιφάνεια** και αυξάνει τις τιμές φυσικού φωτισμού και θάμβωσης ειδικά τις μεσημεριανές ώρες όπου παρατηρούμε ότι οι τιμές φυσικού φωτισμού ξεπερνούν τα 1000 lux και φτάνουν τα 3000 lux με μέγιστη τιμή τα 8500 lux το μήνα Δεκέμβριο. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας οι τιμές φυσικού φωτισμού είναι πάνω από 500 lux και θεωρούνται επαρκείς. Η θάμβωση ξεπερνά το επιτρεπτό όριο τις απογευματινές ώρες τον μήνα Δεκέμβριο. Αντίθετα, στην περίπτωση του κτιρίου κυβικής μορφής οι μέγιστες τιμές έντασης φυσικού φωτισμού είναι αισθητά μειωμένες καθώς κυμαίνονται από 400 lux μέχρι και 1000 lux.

Στους θαλάμους με **Ανατολικό** προσανατολισμό η ύπαρξη **επιφάνειας σκίασης δρα αρνητικά στις τιμές φυσικού φωτισμού** τις πρωινές ώρες μέχρι τις 12:00 το μεσημέρι και θετικά για τις τιμές θάμβωσης. Παρατηρούμε ότι τους χειμερινούς μήνες οι τιμές φυσικού φωτισμού και θάμβωσης είναι αισθητά μειωμένες σε σχέση με τον μη σκιασμένο θάλαμο όπου η θάμβωση υπερβαίνει την τιμή 0,35 τις πρωινές ώρες. Τους υπόλοιπους μήνες οι τιμές παραμένουν στα ίδια περίπου επίπεδα.

### Τρίτο εξαταζόμενο τμήμα- Νοτιοδυτικό

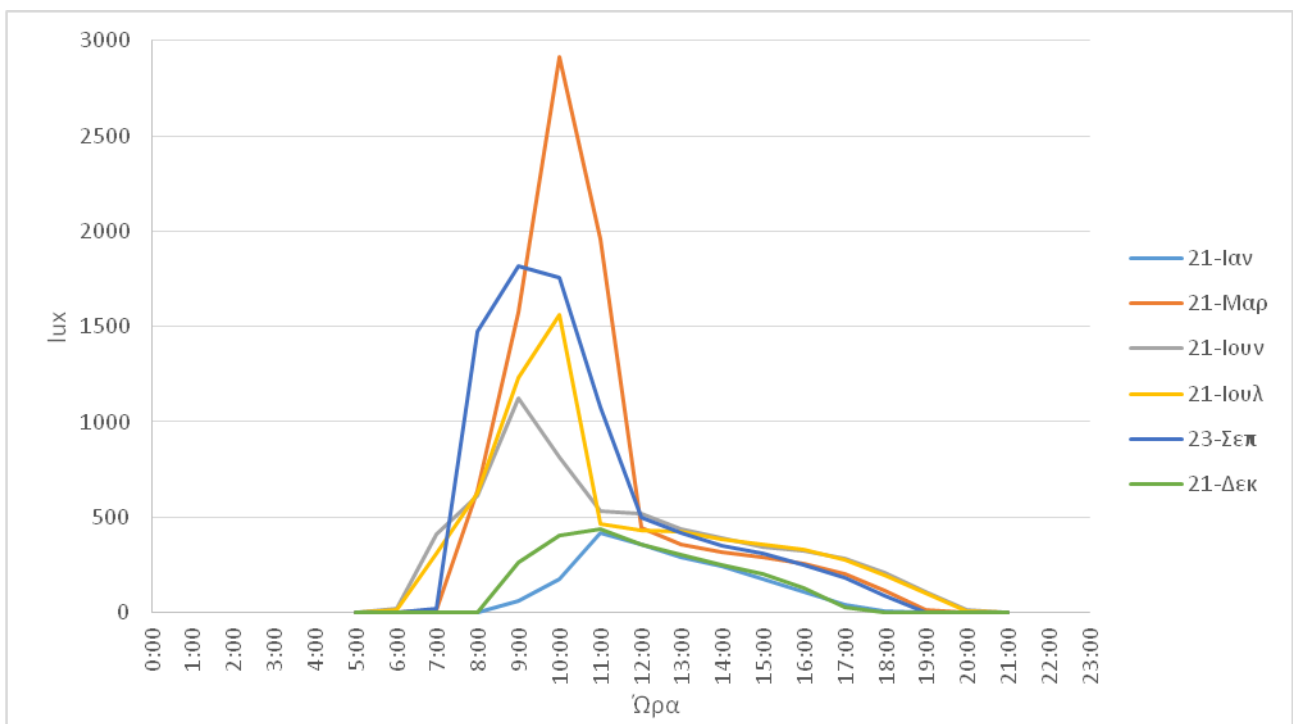
#### Τιμές φυσικού φωτισμού

#### Θέση 1- Με αυτοσκίαση -Νότιος προσανατολισμός θαλάμων



Εικ.4.131 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

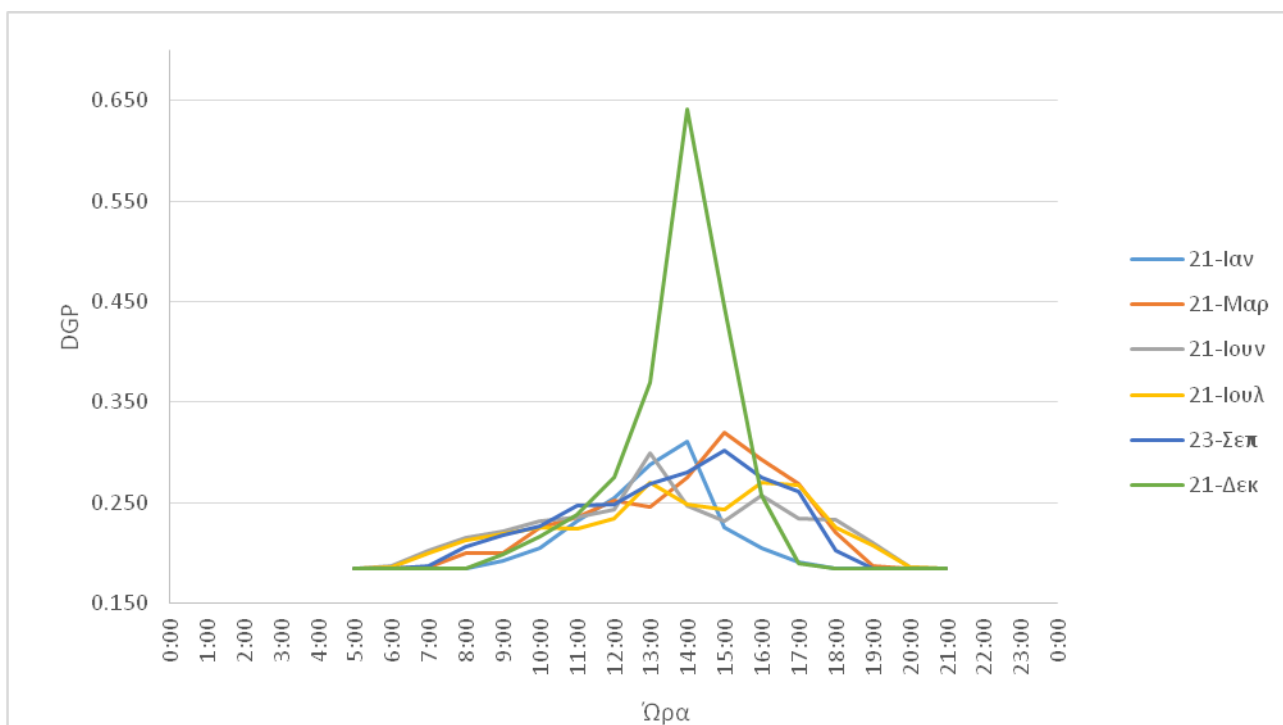
#### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση -Νότιος προσανατολισμός θαλάμων



Εικ.4.132 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

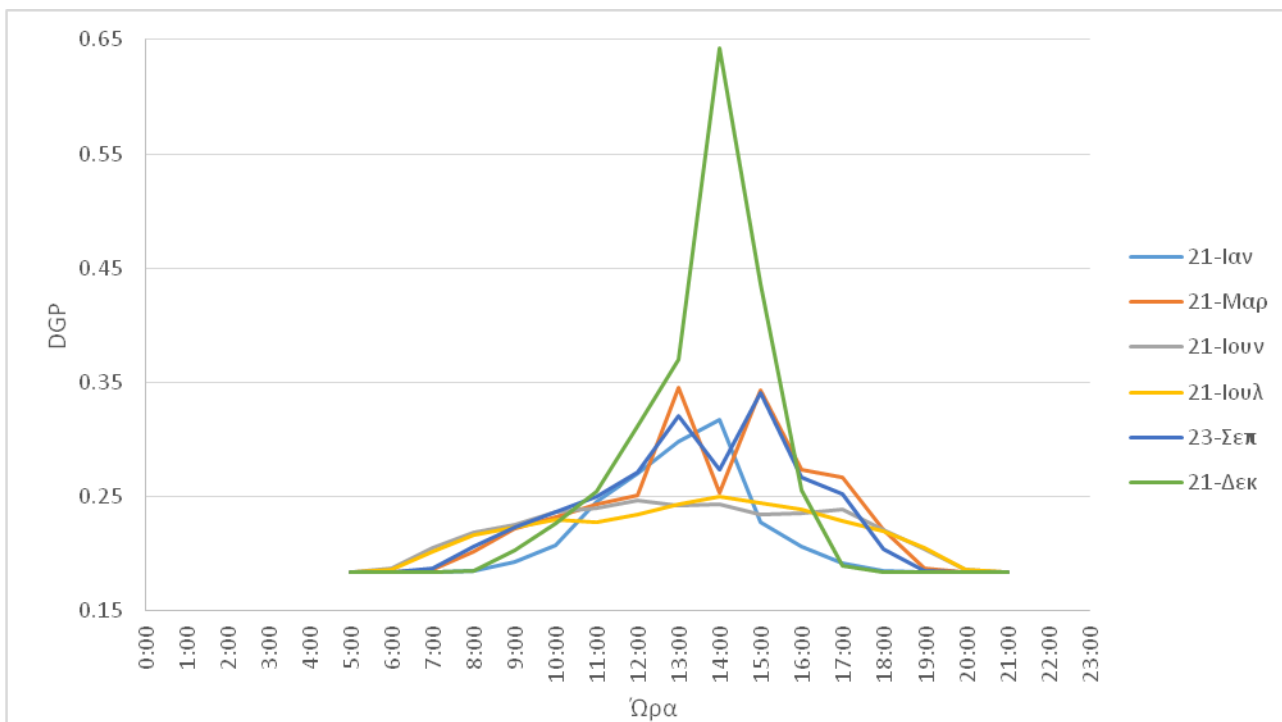
## Τιμές θάμβωσης

### Θέση 1- Με αυτοσκίαση -Νότιος προσανατολισμός θαλάμων



Εικ.4.133 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου με αυτοσκίαση

### Θέση 1- Χωρίς αυτοσκίαση -Νότιος προσανατολισμός θαλάμων



Εικ.4.134 Θάμβωση στη θέση 1 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

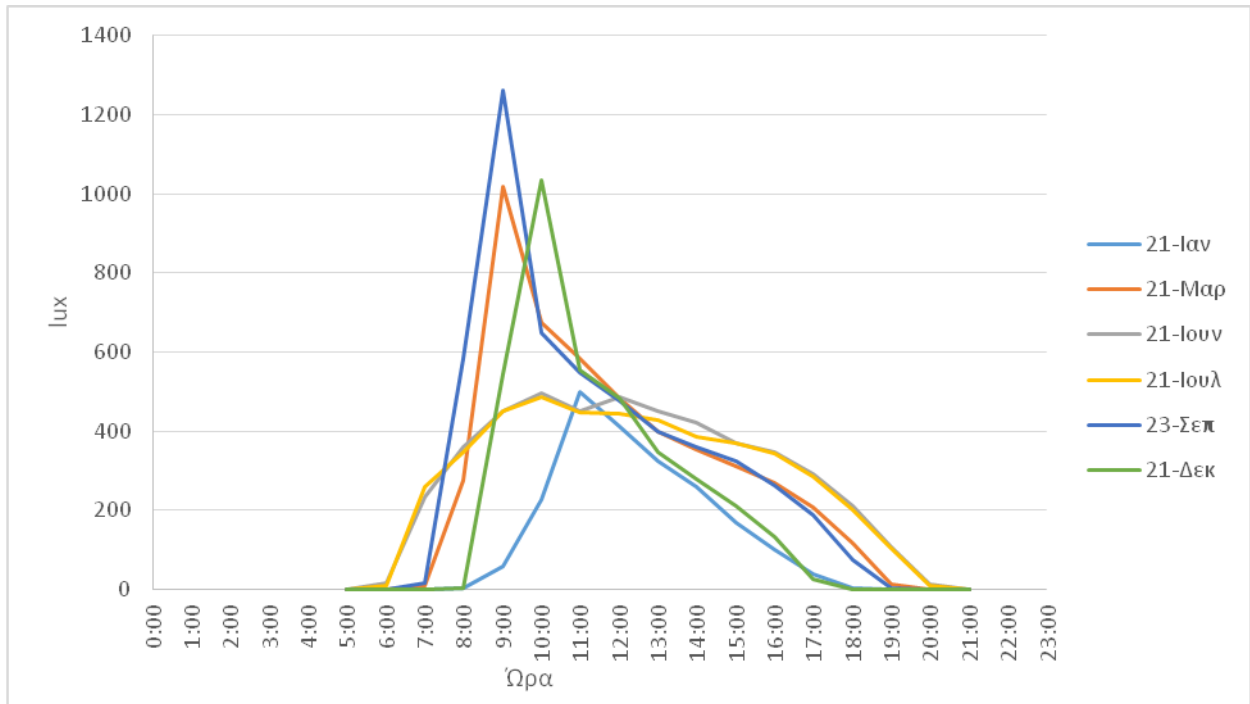
Παρατηρούμε πως η μεγάλη επιφάνεια αυτοσκίασης **λειτουργεί σαν ανακλαστική επιφάνεια**, ανακλά το φως και αυτό εισχωρεί μέσα στο θάλαμο τους χειμερινούς μήνες ιδιαίτερα τον Δεκέμβριο. Έχουμε έτσι τιμές φυσικού φωτός μεγαλύτερες από 500 lux καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας, με τον Δεκέμβριο οι τιμές αυτές να φτάνουν τα 3000 lux.

Στην περίπτωση της τετραγωνικής κάτοψης οι τιμές φυσικού φωτισμού είναι κάτω από 500 lux κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η χρήση πρόσθετου τεχνητού φωτός.

### Τέταρτο εξεταζόμενο τμήμα- Βορειοδυτικό

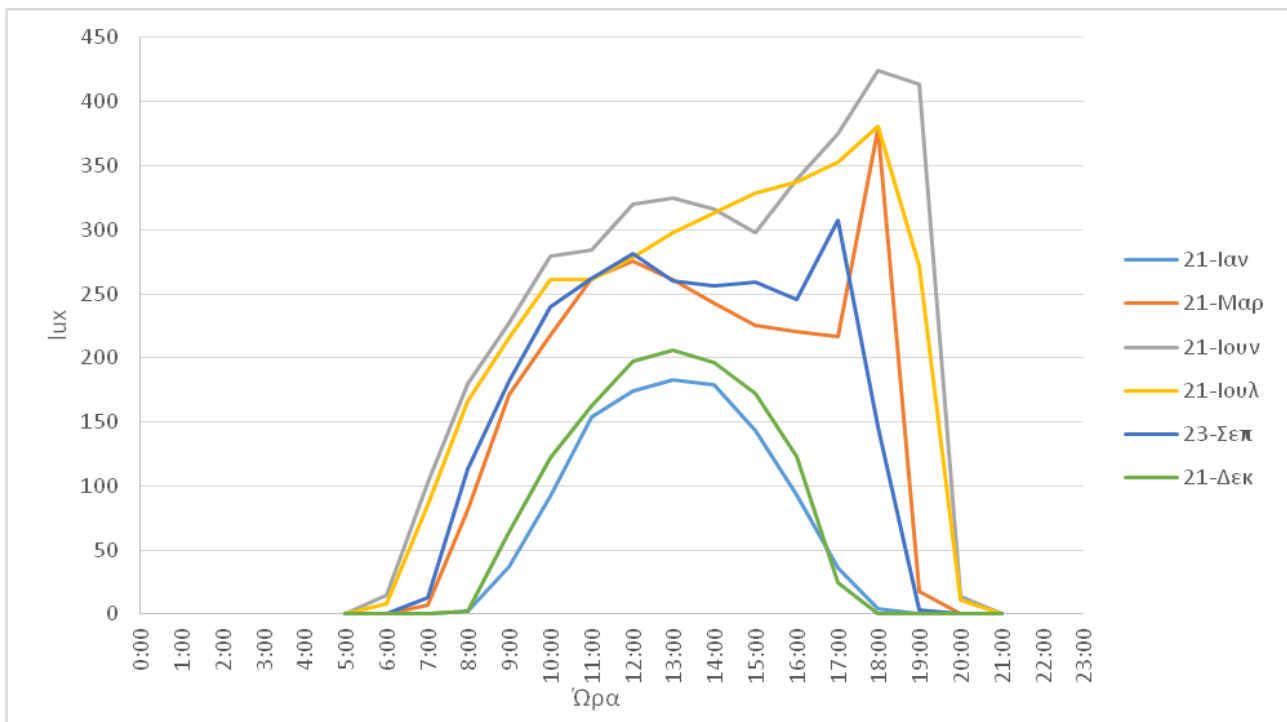
#### Τιμές φυσικού φωτισμού

#### Θέση 5- Με αυτοσκίαση -Θάλαμος με δυτικό προσανατολισμό



Εικ.4.135 Ένταση φυσικού φωτισμού στη θέση 5 γραφείου με αυτοσκίαση

#### Θέση 5 - Χωρίς αυτοσκίαση -Θάλαμος με δυτικό προσανατολισμό

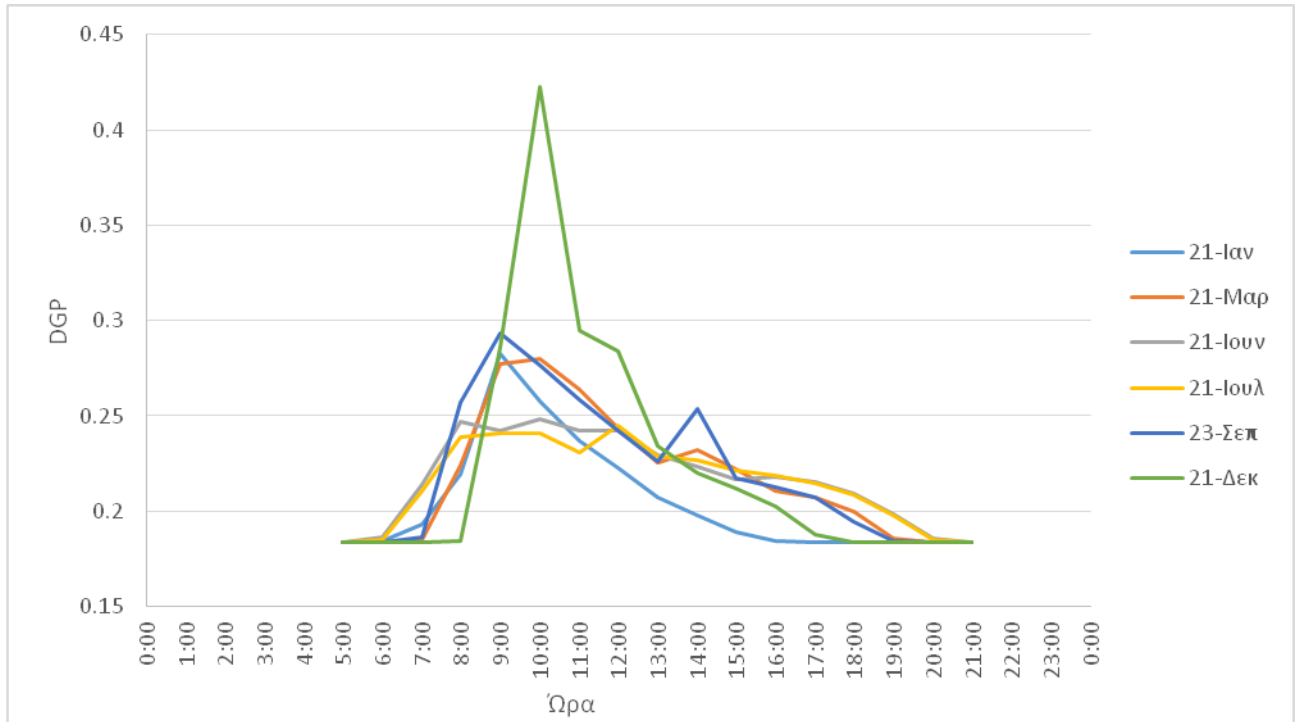


Εικ.4.136 Ένταση φυσικού φωτισμού θέση 5 γραφείου χωρίς αυτοσκίαση



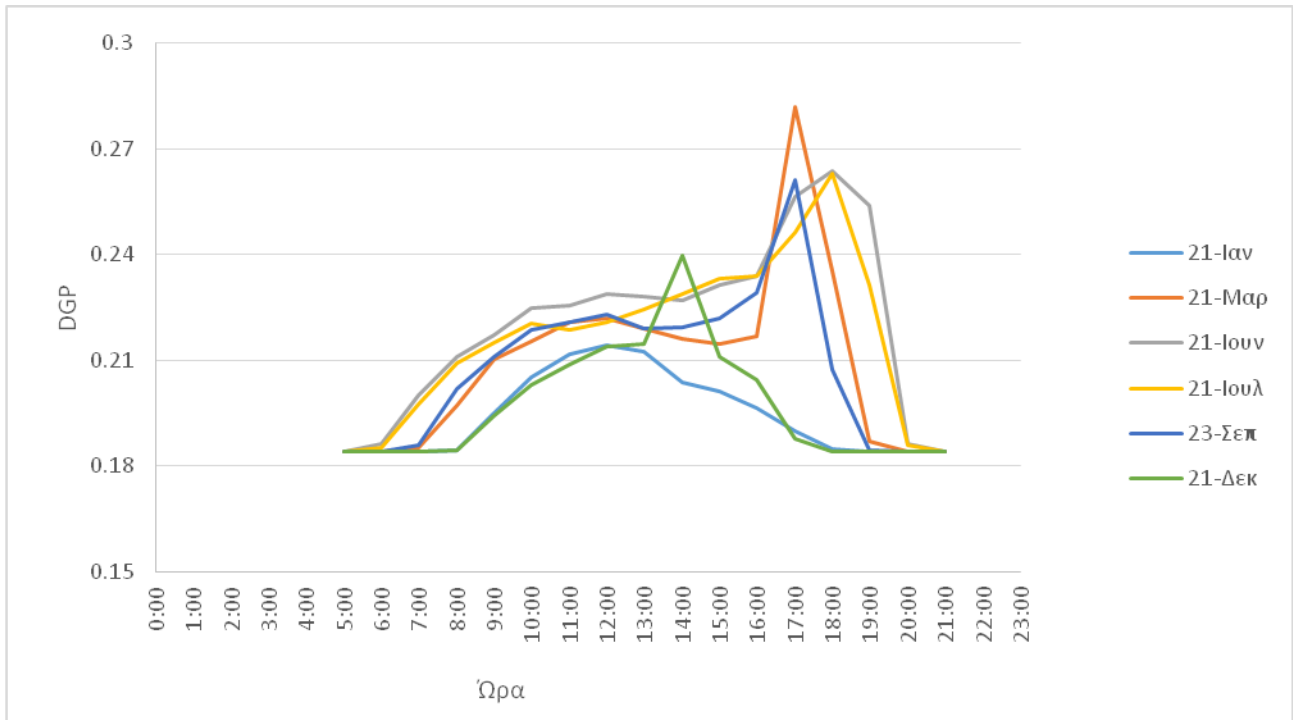
## Τιμές θάμβωσης

### Θέση 5 – Με αυτοσκίαση -Θάλαμος με δυτικό προσανατολισμό



Εικ.4.137 Θάμβωση στη θέση 5 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

### Θέση 5- Χωρίς αυτοσκίαση -Θάλαμος με δυτικό προσανατολισμό



Εικ.4.138 Θάμβωση στη θέση 5 θαλάμου χωρίς αυτοσκίαση

Η επιφάνεια αυτοσκίασης δρα και σε αυτή την περίπτωση **σαν ανακλαστική επιφάνεια** αυξάνοντας τα lux που εισέρχονται στο θάλαμο με αποτέλεσμα οι τιμές φυσικού φωτισμού να είναι έως και πέντε φορές μεγαλύτερες στον θάλαμο που αυτοσκιάζεται σε σχέση με τον ορθογωνικής κάτοψης θάλαμο. Παρατηρούμε υψηλές τιμές φυσικού φωτισμού τις πρωινές ώρες σε αντίθεση με την χαμηλή ένταση φωτός λόγω διάχυσης στην περίπτωση του κυβικού κτιρίου. Οι τιμές φυσικού φωτισμού διατηρούνται στα ίδια επίπεδα τους θερινούς μήνες. Οι τιμές θάμβωσης βρίσκονται σε επιτρεπτά πλαίσια και στις δύο περιπτώσεις.

## 4.5 Βιβλιογραφία 4<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

[1] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010

[2] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012

[3] <http://tinyhousetalk.com/passive-solar-design-for-tiny-houses/>

[4] <http://www.solar-for-energy.com/windows-and-overhangs.html>

[5] <http://www.sustainableceilings.com/>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ

Αφού καταγράφηκε ο προς μελέτη χώρος και διεκπεραιώθηκε ο έλεγχος φωτισμού, γίνεται η ανάλυση αναγκών ενέργειας του θαλάμου νοσηλείας με τη βοήθεια του προγράμματος EnergyPlus. Επειδή το πρόγραμμα δεν περιέχει γραφικό περιβάλλον εργασίας, τα δεδομένα εισήχθησαν κατά την προσομοίωση έπειτα από συνεργασία με τα προαναφερθέντα προγράμματα, Sketch\_up της Google και Open Studio Plug-in.

Στο τελευταίο αυτό στάδιο, τα βασικότερα δεδομένα που τροποποιήθηκαν στο εν λόγω λογισμικό (EnergyPlus), για την περίπτωση της παρούσας εργασίας, είναι τα εξής:

- Μετεωρολογικά Δεδομένα (Weather File): αφορούν στην περιοχή την οποία βρίσκεται το κτίριο (Αθήνας) και λήφθηκαν από την ιστοσελίδα του EnergyPlus.
- Καθορισμός χαρακτηριστικών ημερομηνιών (Run Period): όπως έχει τονισθεί, οι ημερομηνίες που εξετάζονται παραμένουν οι εξής:

21 Ιανουαρίου (τοπική ψυχρή ημέρα)

21 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία)

21 Ιουνίου (Θερινό Ηλιοστάσιο)

21 Ιουλίου (τοπική θερμή ημέρα)

23 Σεπτεμβρίου (Φθινοπωρινή Ισημερία)

21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)[1]

- Δομικά υλικά (Material): τα υλικά που παρατέθηκαν και στο προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται με ακριβώς τον ίδιο τρόπο. Στο σημείο αυτό, υπάρχουν υποενότητες για κάθε είδος υλικού της εκάστοτε περίπτωσης, όπως για τα τζάμια (WindowMaterial:Glazing), για το κενό ανάμεσα στους υαλοπίνακες (WindowMaterial:Gas) ή εκείνου της σκίασης (WindowMaterial: π.χ.Blind για τις περσίδες).

- Δομικά στοιχεία (Construction): τα στοιχεία που παρατέθηκαν και στο προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται με ακριβώς τον ίδιο τρόπο, με την εισαγωγή αντίστοιχων στρώσεων από έξω προς τα μέσα.
- Καθορισμός κουφώματος (FenestrationSurface:Detailed, WindowProperty:ShadingControl, WindowProperty:FrameAndDivider): γεωμετρία παραθύρου, είδος πιθανής σκίασης, κάσα και διαχωριστικά, κλπ.
- Διείσδυση αέρα (ZoneInfiltration:DesignFlowRate): ροή αέρα απ' το εξωτερικό περιβάλλον εντός της θερμικής ζώνης, λόγω του ανοίγματος/κλεισίματος των πορτών και του παραθύρου ή ρωγμών γύρω απ' τα παράθυρα.
- Αερισμός (ZoneVentilation:DesignFlowRate): σκόπιμη ροή αέρα απ' το εξωτερικό περιβάλλον εντός της θερμικής ζώνης, για την παροχή ποσότητας, μη-μηχανικού, δροσισμού.
- Χρονοδιαγράμματα (Schedule:Compact): για την εισαγωγή και αποσαφήνιση ορισμένων δεδομένων απαιτείται ο ορισμός χρονοδιαγράμματος, όπως του αερισμού, εν προκειμένω.

## 5.1 Απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει ο τελικός έλεγχος ποσού ενέργειας που απαιτείται από μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση και ψύξη του θαλάμου νοσηλείας, ώστε ο χώρος να διατηρείται σε επίπεδα άνεσης.

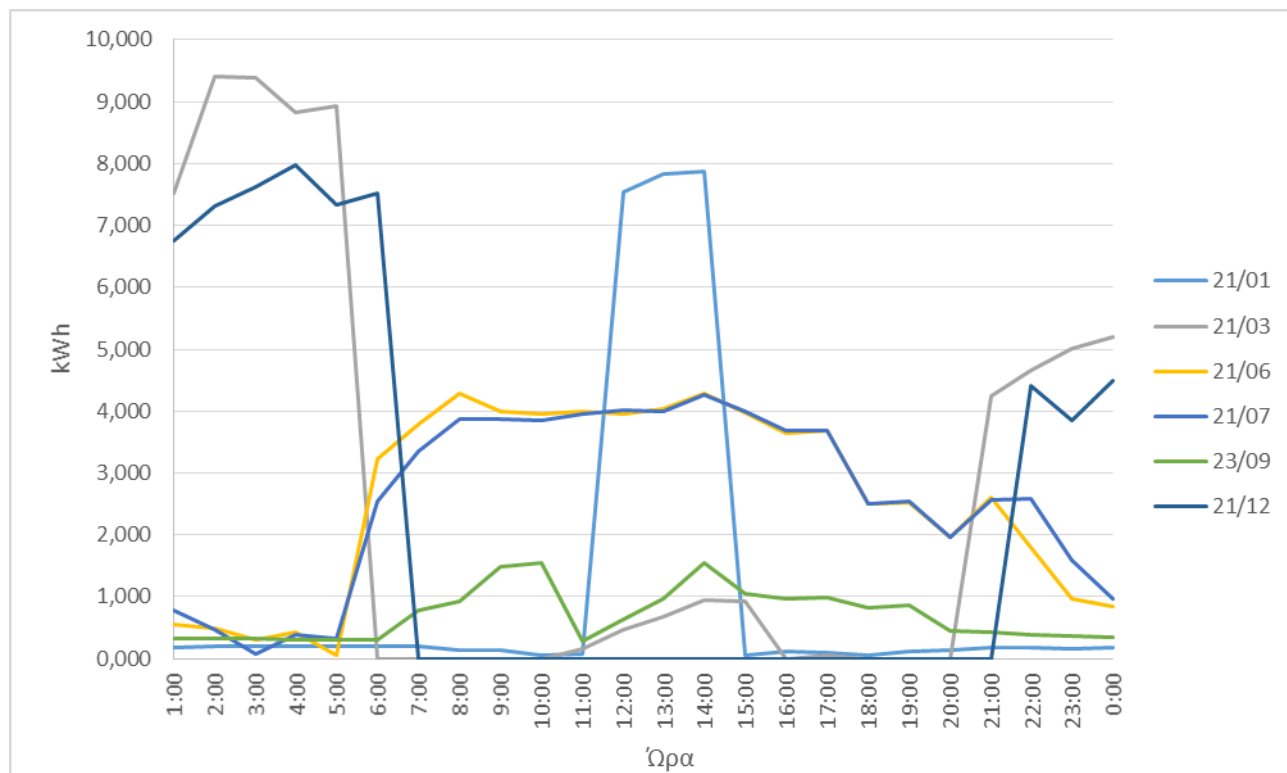
Για να επιτευχθεί αυτό, στο EnergyPlus τροποποιήθηκαν τα κελία HVACTemplate:Thermostat και HVACTemplate:IdealLoadsAirSystem, κατάλληλα, έτσι ώστε να τηρηθούν τα θερμοκρασιακά όρια της θερμικής άνεσης για νοσηλευτικό θάλαμο. Αυτά, σύμφωνα με την ASHRAE, είναι 70-75°F, δηλαδή 21-24 °C, περίπου. Στην παρούσα διπλωματική, όμως, τα όρια θερμικής άνεσης που τέθηκαν κατά την προσομοίωση είναι 22-25 °C, σύμφωνα με τις διατάξεις της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. [2]

Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο Output:Variable για να εξάγουν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι οι εξής:

- Zone Ideal Loads Zone Total Heating Energy (J): Η ενέργεια που απαιτείται από το μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση και
- Zone Ideal Loads Zone Total Cooling Energy (J): Η ενέργεια που απαιτείται από το μηχανολογικό εξοπλισμό για ψύξη. [3]

Έτσι, μετά την τροποποίηση  $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$ , τα αποτελέσματα ενέργειας που προέκυψαν, μηνιαίως, για κάθε σενάριο, καθώς και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους, με τρέχουσα τιμή αγοράς της κιλοβατώρας από τη Δ.Ε.Η. 0.0476 ευρώ, είναι τα ακόλουθα[4]:

## Βόρεια πτέρυγα - Με αυτοσκίαση



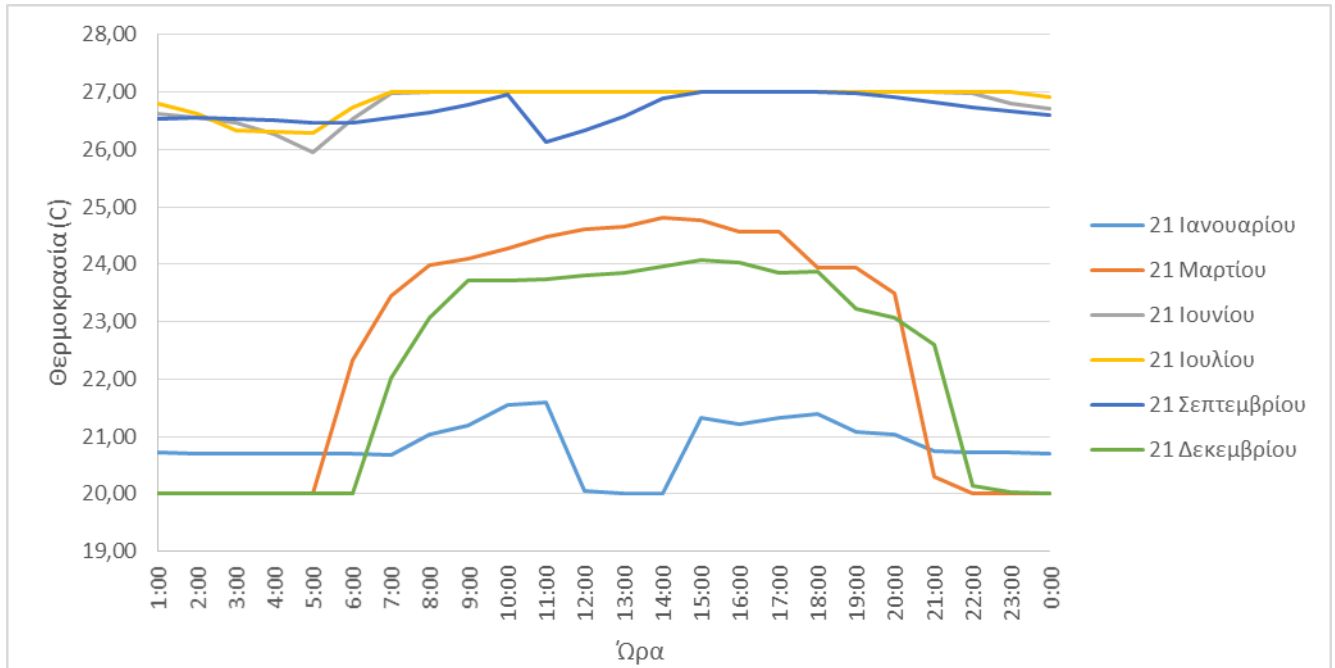
Εικ.5.1 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας με αυτοσκίαση

## Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	1,249	0,02	8,83
21-Μαρ	3,16	0,05	22,35
21-Ιουν	2,94	0,04	20,82
21-Ιουλ	2,94	0,04	20,81
21-Σεπ	0,79	0,01	5,61
21-Δεκ	2,73	0,04	19,27

Εικ.5.2 Κόστος για θέρμανση και ψύξη βόρειας πτέρυγας με αυτοσκίαση

## Μέση θερμοκρασία θαλάμων Βόρειας πτέρυγας

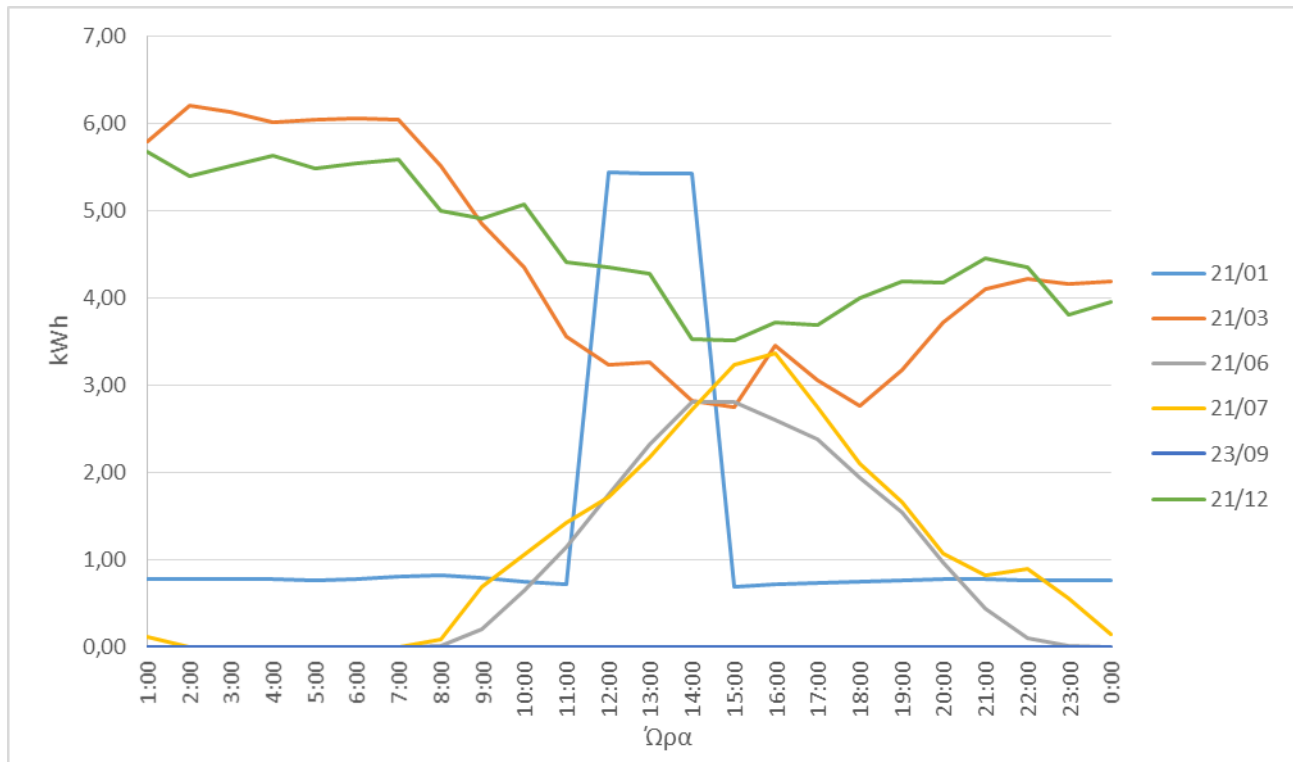


Εικ.5.3 Μέση θερμοκρασία θαλάμων βόρειας πτέρυγας με αυτοσκίαση



## Νότια Πτέρυγα

### Με αυτοσκίαση



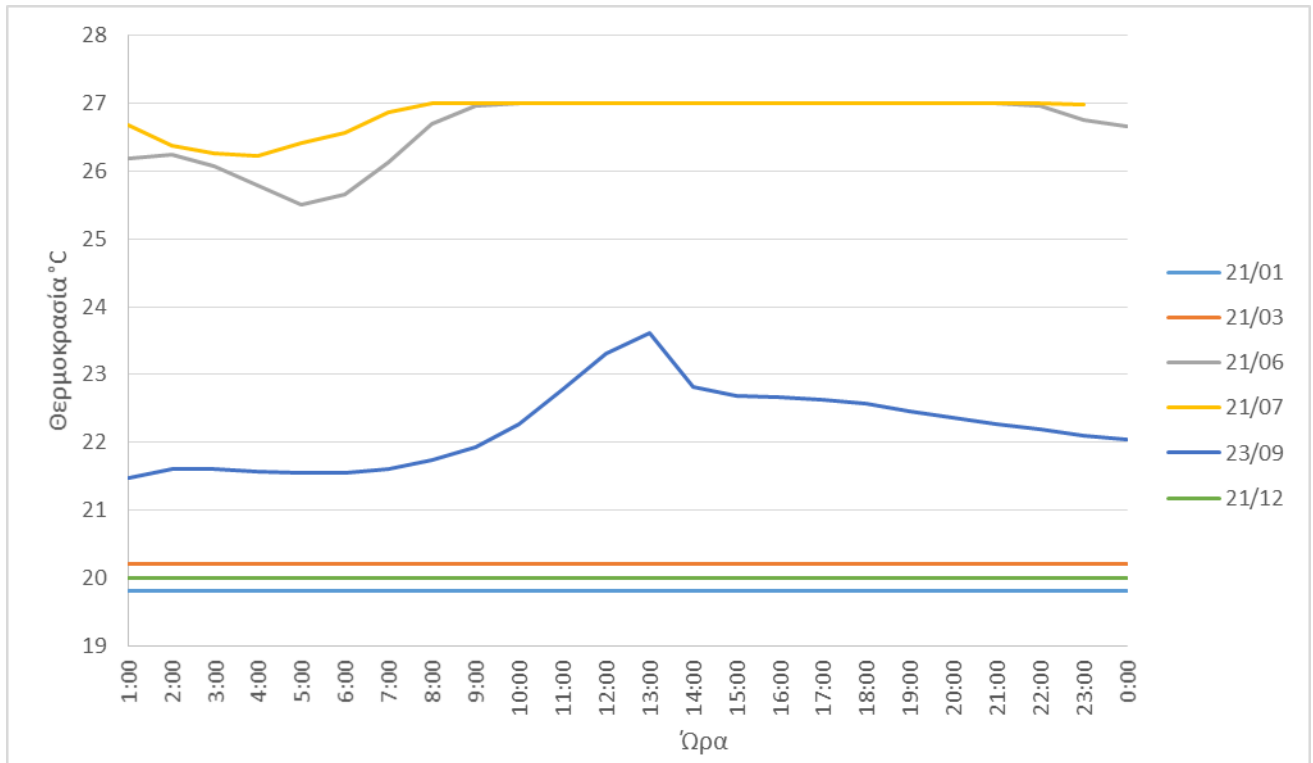
Εικ.5.4 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας με αυτοσκίαση

### Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	1,536	0,02	10,87
21-Μαρ	5,02	0,07	35,52
21-Ιουν	1,03	0,01	7,29
21-Ιουλ	1,26	0,02	8,94
21-Σεπ	0,00	0,00	0,00
21-Δεκ	5,25	0,08	37,13

Εικ.5.5 Κόστος για θέρμανση και ψύξη νότιας πτέρυγας με αυτοσκίαση

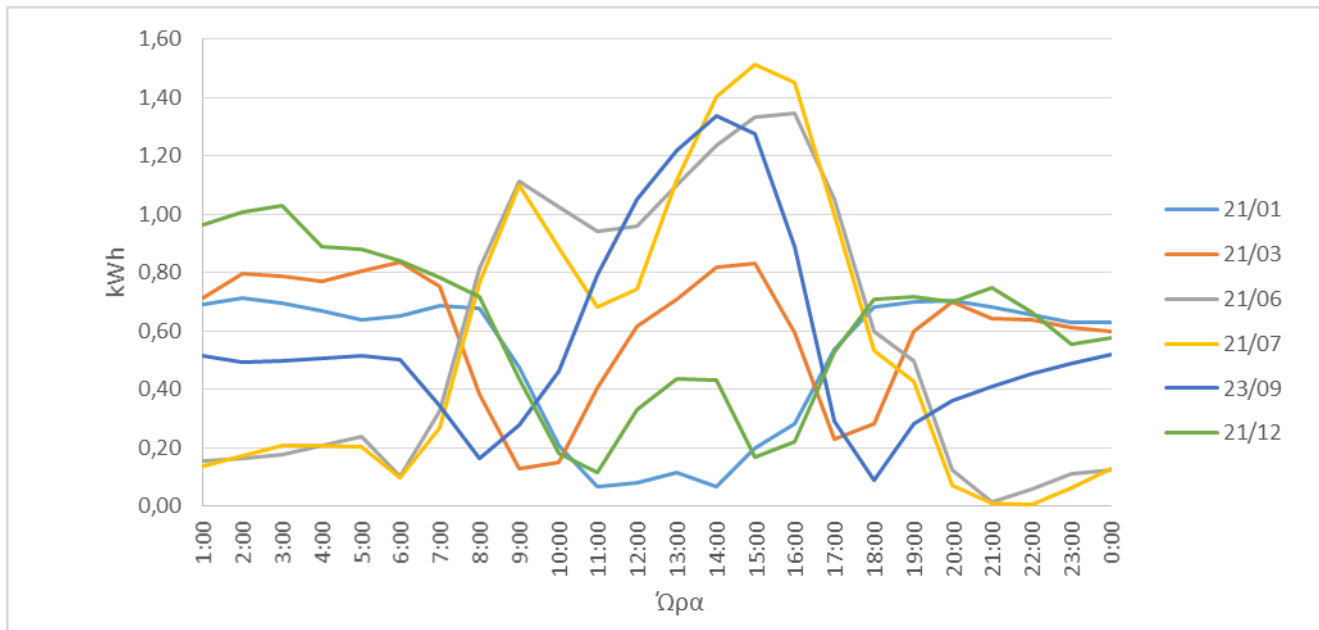
## Μέση θερμοκρασία Νότιας πτέρυγας



Εικ.5.6 Μέση θερμοκρασία Νότιας πτέρυγας με αντισκίαση

## Ανατολική πτέρυγα

### Με αυτοσκίαση



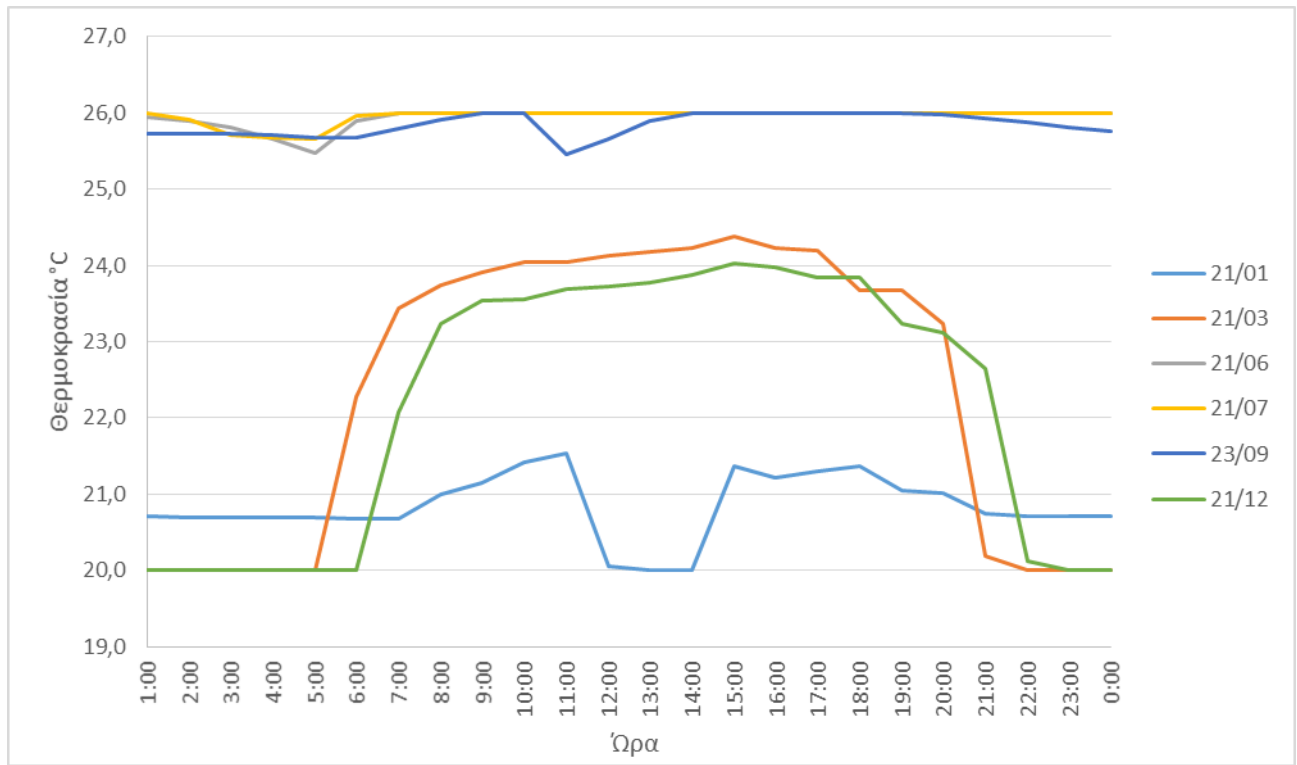
Εικ.5.7 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας

### Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	0,5787	0,0083	4,0922
21-Μαρ	0,6858	0,0098	4,8497
21-Ιουν	0,6586	0,0094	4,6571
21-Ιουλ	0,6288	0,0090	4,4465
21-Σεπ	0,6542	0,0093	4,6261
21-Δεκ	0,6966	0,0100	4,9260

Εικ.5.8 Κόστος για θέρμανση και ψύξη

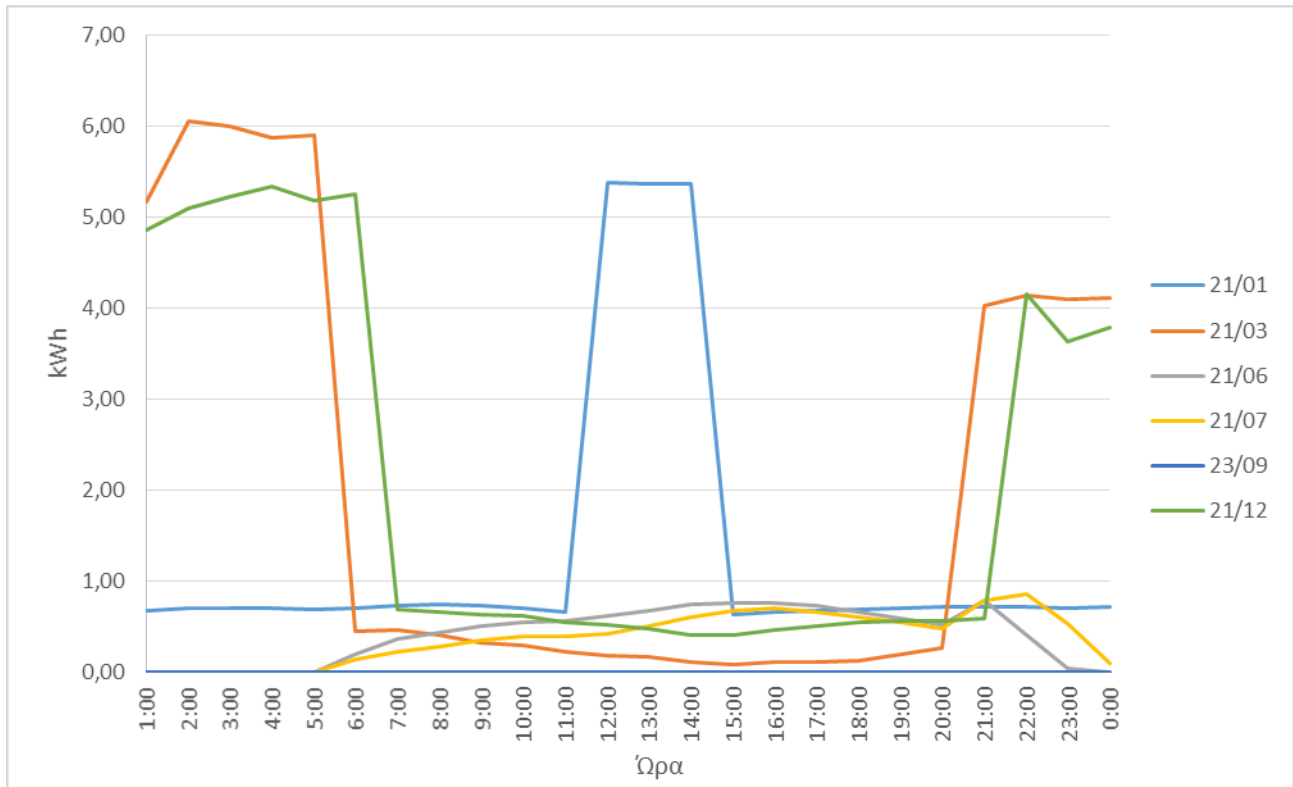
## Μέση θερμοκρασία Ανατολικής πτέρυγας



Εικ. 5.9 Μέση θερμοκρασία ανατολικής πτέρυγας με αυτοσκίαση

## Δυτική πτέρυγα

### Με αυτοσκίαση



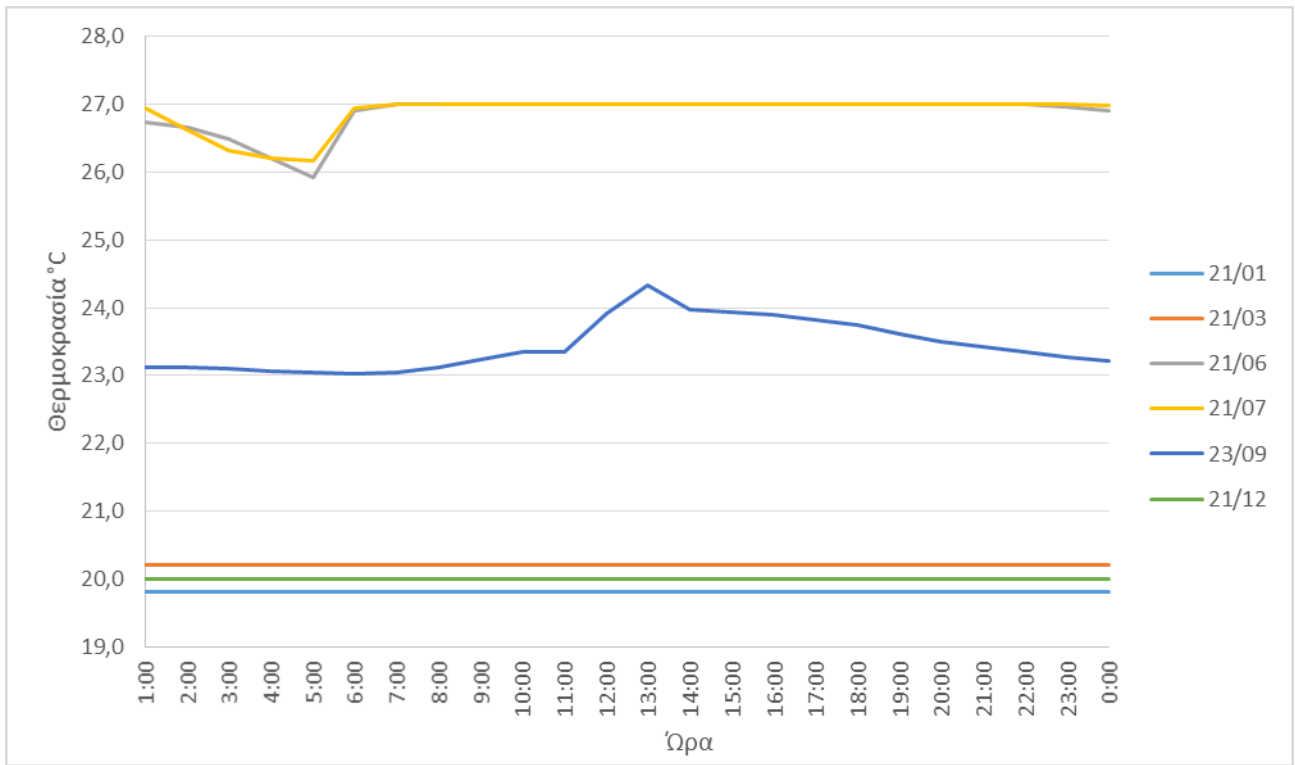
Εικ.5.10 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας με αυτοσκίαση

### Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/ πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	1,4636	0,0209	10,3499
21-Μαρ	2,3260	0,0332	16,4479
21-Ιουν	0,4692	0,0067	3,3178
21-Ιουλ	0,4383	0,0063	3,0991
21-Σεπ	0,0000	0,0000	0,0000
21-Δεκ	2,4122	0,0345	17,0579

Εικ.5.11 Κόστος για θέρμανση και ψύξη δυτικής πτέρυγας με αυτοσκίαση

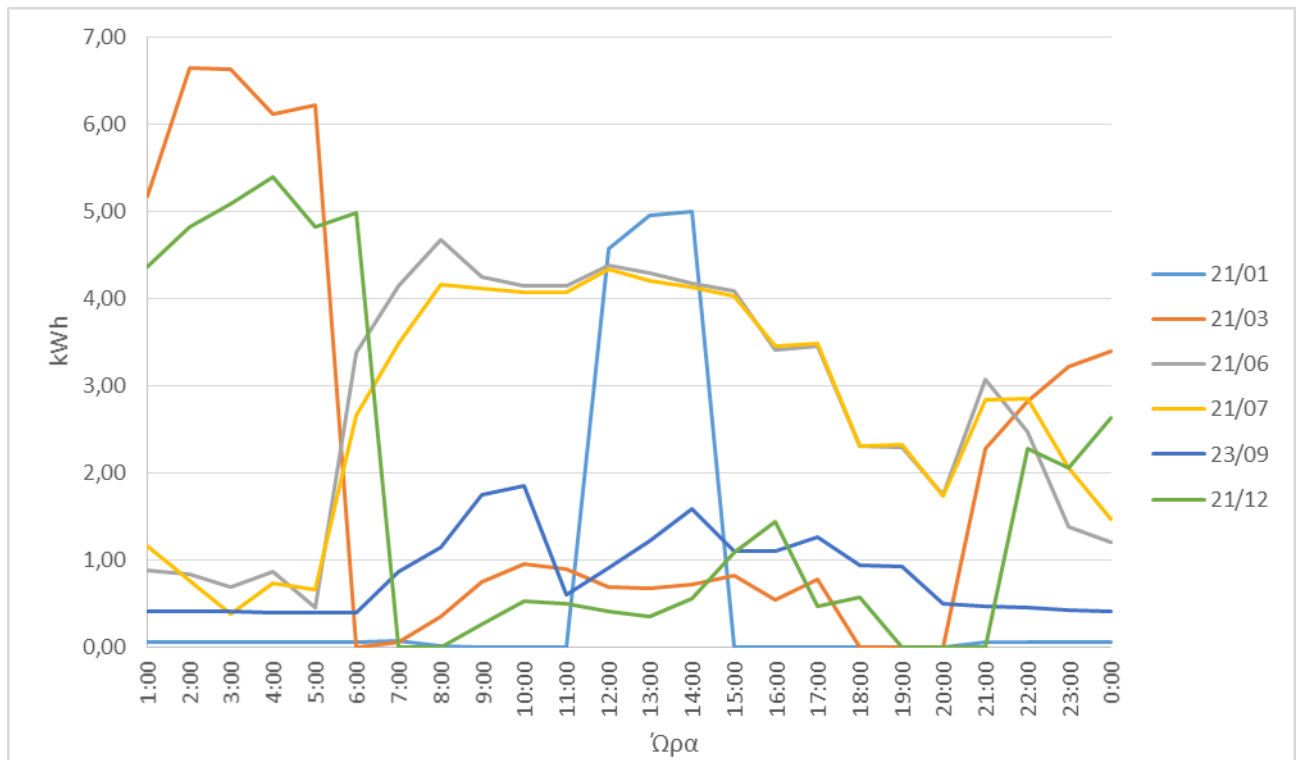
## Μέση θερμοκρασία Δυτικής πτέρυγας



Εικ. 5.12 Μέση θερμοκρασία δυτικής πτέρυγας με αυτοσκίαση

## Νότια πτέρυγα

### Χωρίς αυτοσκίαση



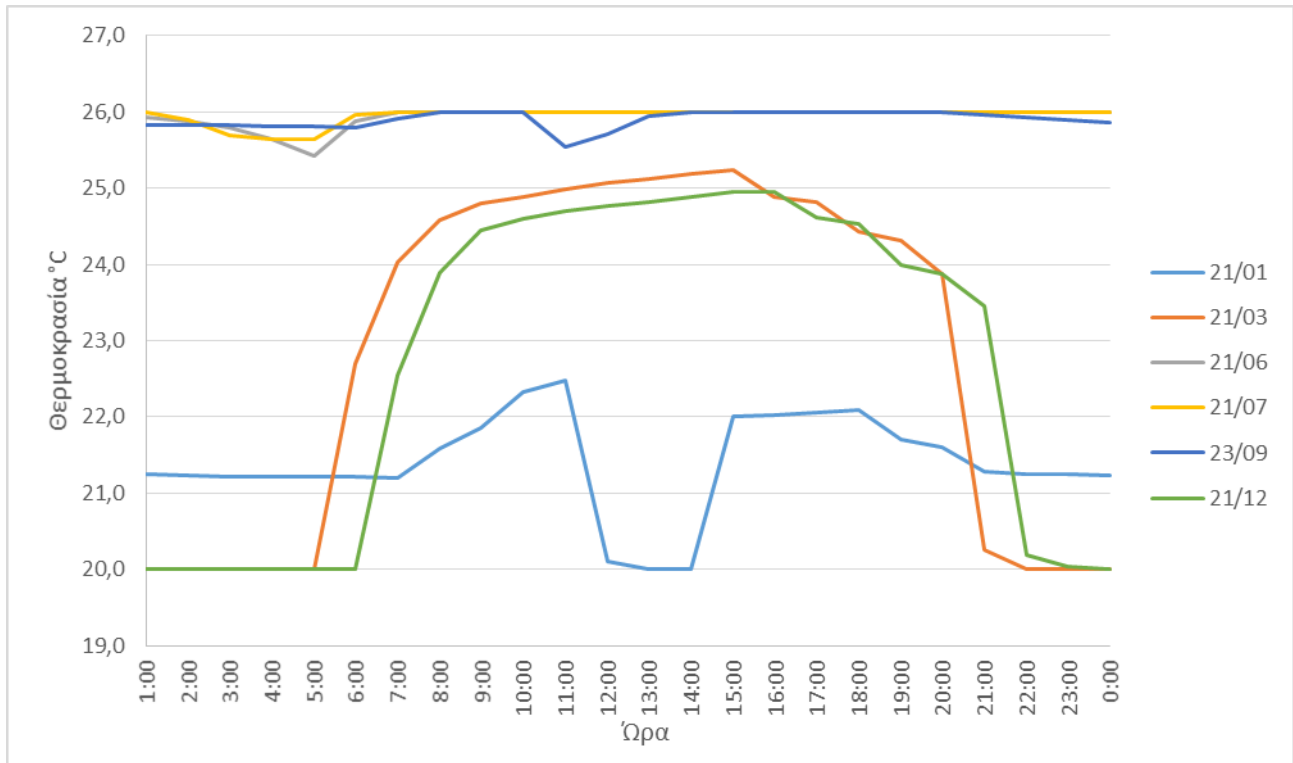
Εικ.5.13 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση

### Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/ πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	0,7193	0,0103	5,0862
21-Μαρ	2,3684	0,0338	16,7476
21-Ιουν	3,1771	0,0454	22,4665
21-Ιουλ	3,1168	0,0445	22,0399
21-Σεπ	0,9433	0,0135	6,6704
21-Δεκ	2,0276	0,0290	14,3379

Εικ.5.14 Κόστος για θέρμανση και ψύξη νότιας πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση

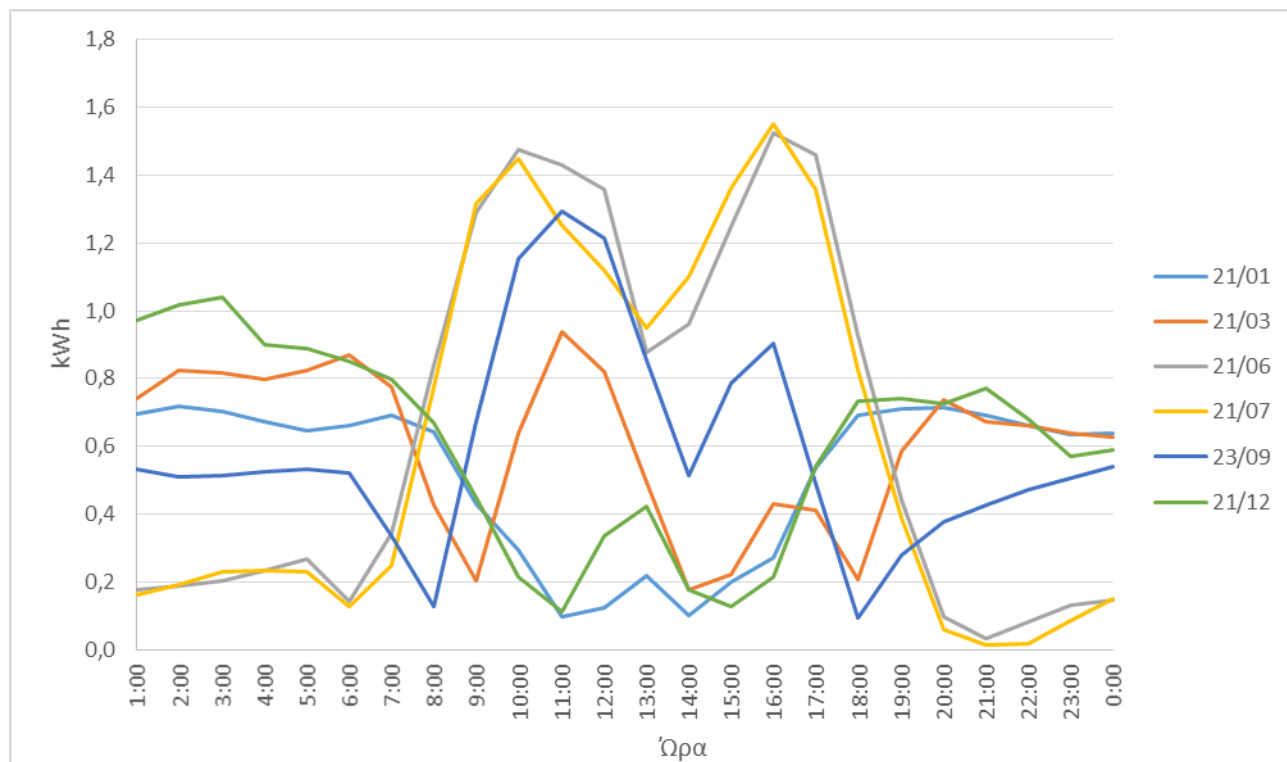
## Μέση θερμοκρασία Νότιας πτέρυγας



Εικ. 5.15 Μέση θερμοκρασία νότιας πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση



## Ανατολική πτέρυγα- Χωρίς αυτοσκίαση



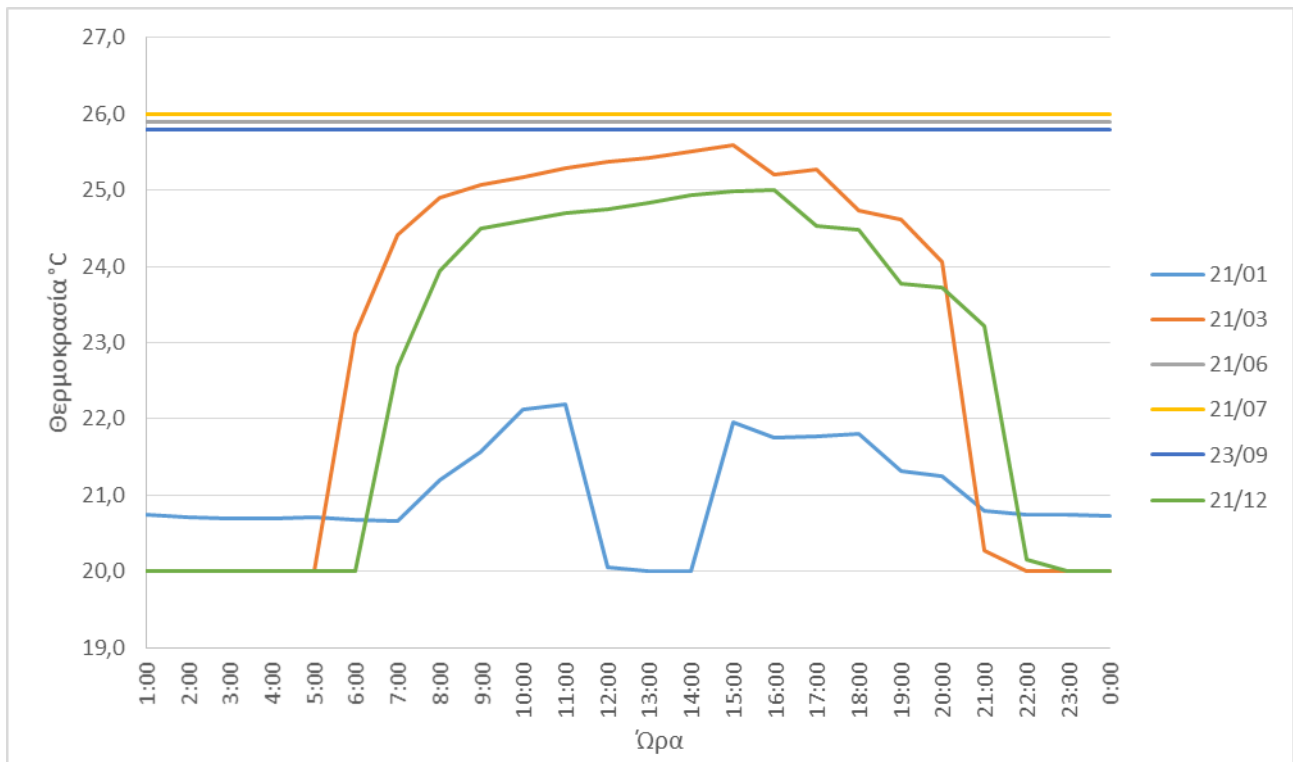
Εικ.5.16 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση

## Συνοπτικά:

Ημερομηνία	Κόστος για θέρμανση-ψύξη σε ευρώ/ημέρα	ευρώ/τετραγωνικό/ημέρα	ευρώ/πτέρυγα/ημέρα
21-Ιαν	0,5920	0,0085	4,1862
21-Μαρ	0,6919	0,0099	4,8929
21-Ιουν	0,7548	0,0108	5,3372
21-Ιουλ	0,7231	0,0103	5,1131
21-Σεπ	0,6745	0,0096	4,7697
21-Δεκ	0,6915	0,0099	4,8902

Εικ.5.17 Κόστος για θέρμανση και ψύξη ανατολικής πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση

## Μέση θερμοκρασία ανατολικής πτέρυγας

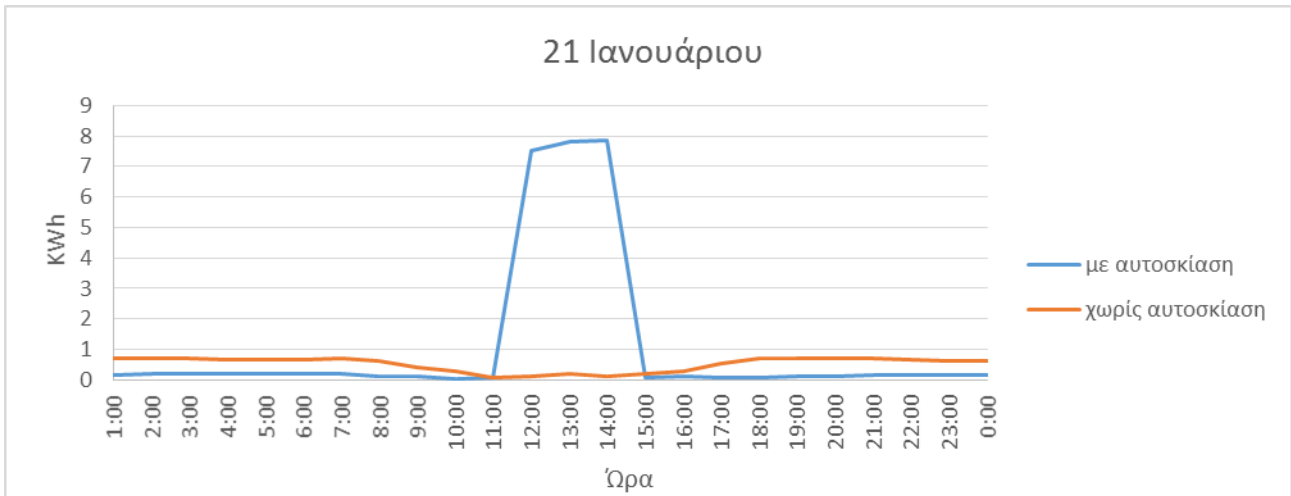


Εικ.5.18 Μέση θερμοκρασία ανατολικής πτέρυγας χωρίς αυτοσκίαση

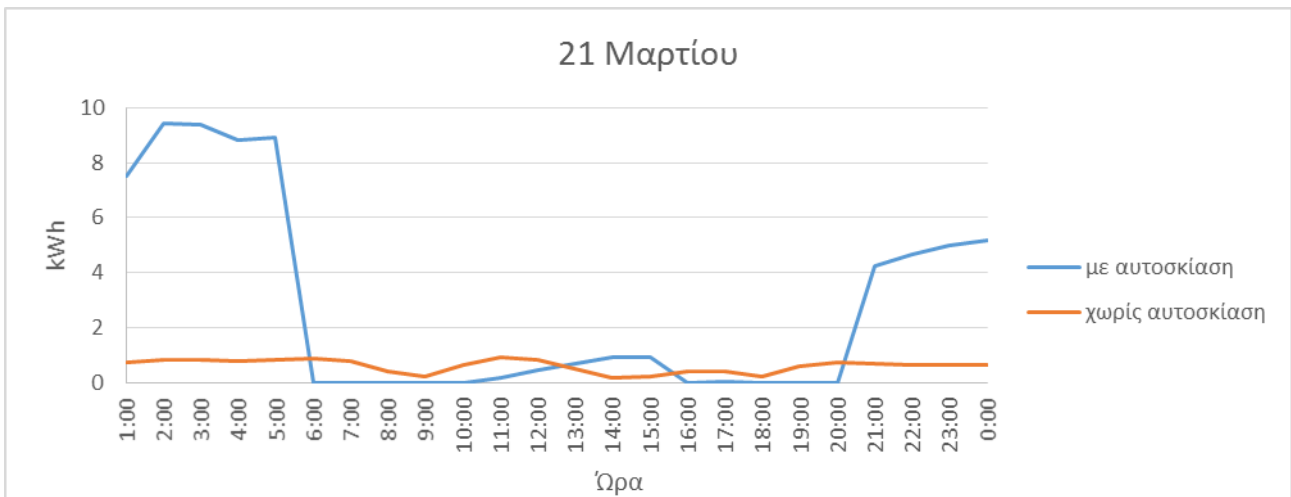
## 5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Παρατίθενται συγκριτικά διαγράμματα συνολικών ενεργειών για θέρμανση και ψύξη, για κάθε έναν προσανατολισμό θαλάμου, καθώς επίσης και αντίστοιχου -συνολικού- κόστους, αφού ο απώτερος σκοπός της μείωσης της απαιτούμενης ενέργειας που καταναλώνεται, πέρα των περιβαλλοντικών λόγων, είναι η εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα συγκεκριμένα διαγράμματα αναπτύσσονται στην ενότητα που ακολουθεί.

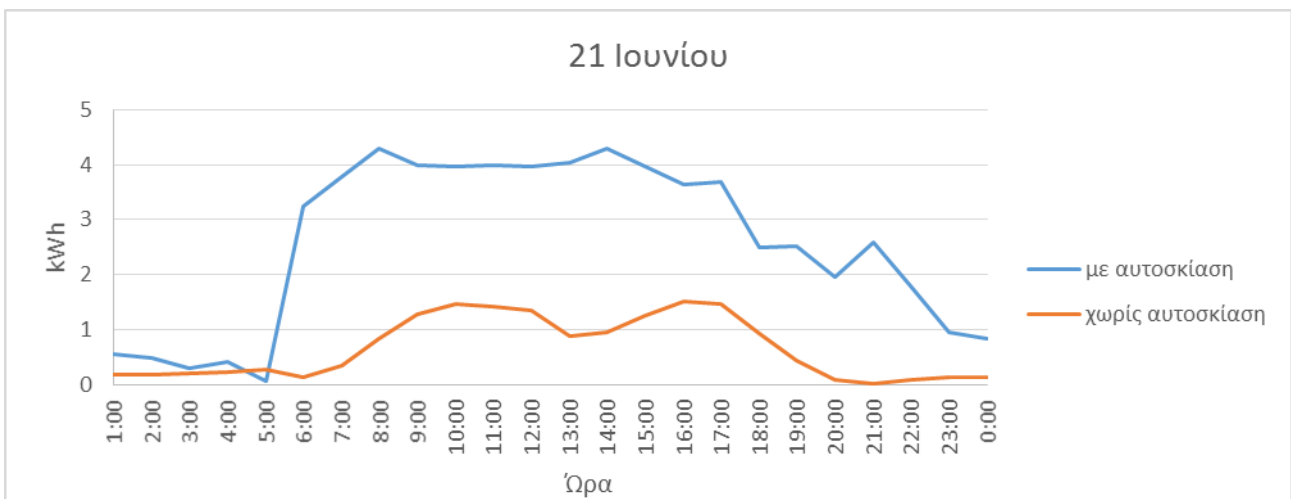
### 5.2.1 Βόρεια πτέρυγα



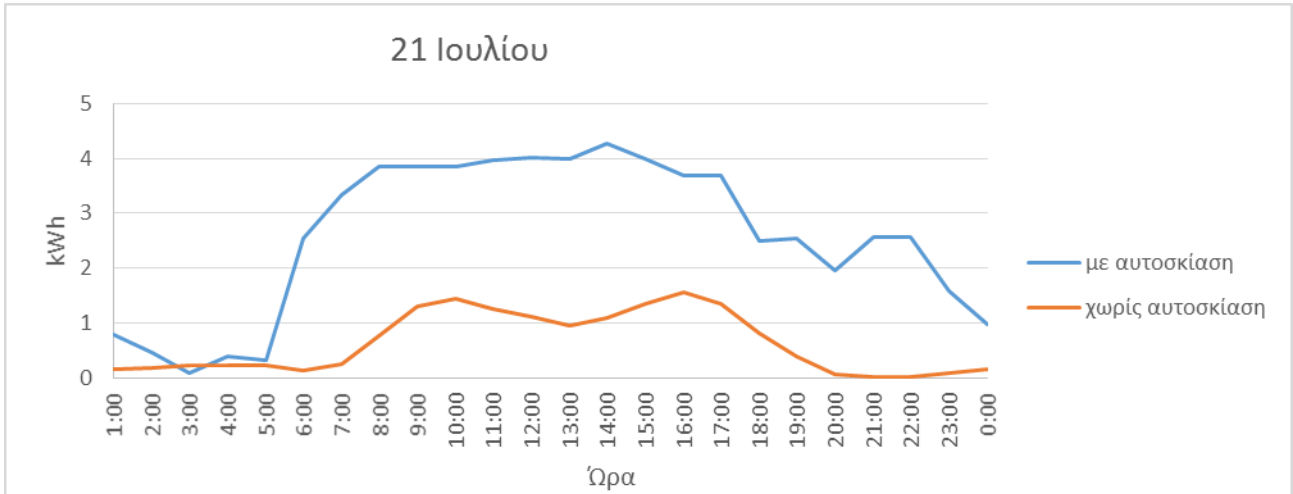
Εικ. 5.19 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας



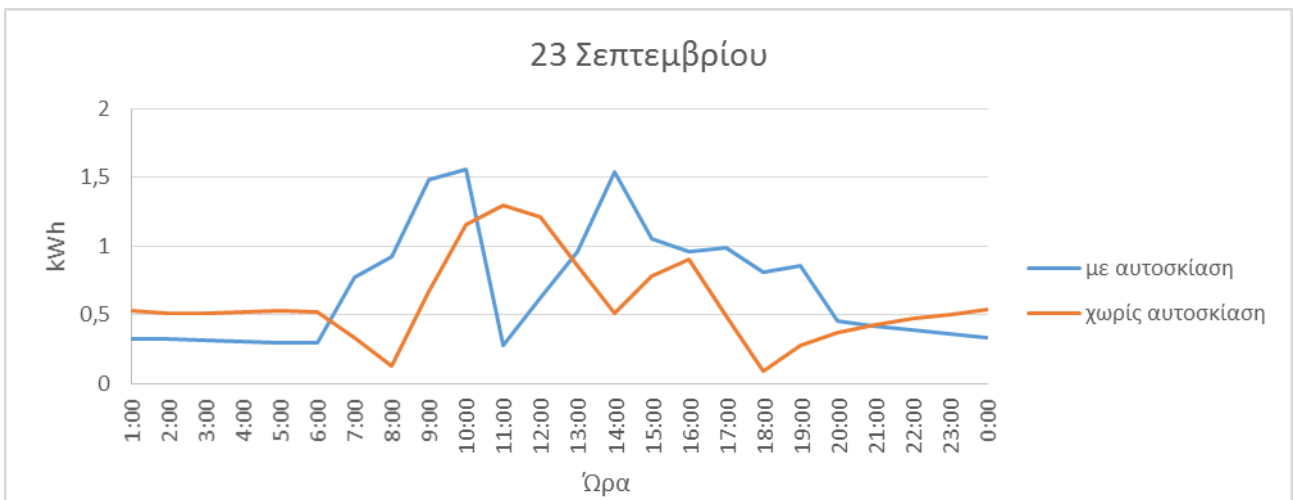
Εικ. 5.20 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας



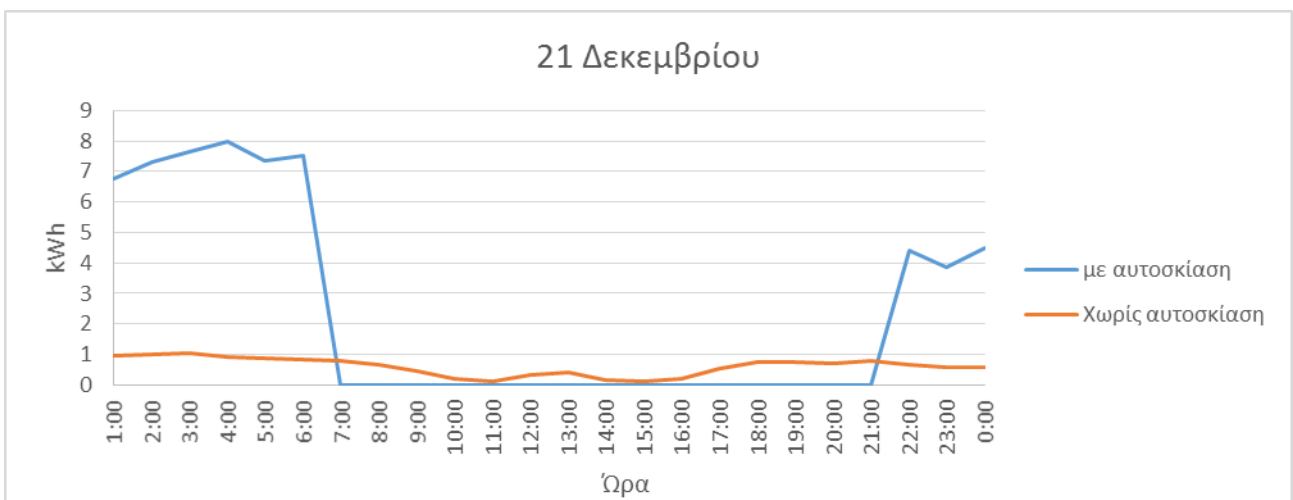
Εικ. 5.21 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας



Εικ.5.22 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας

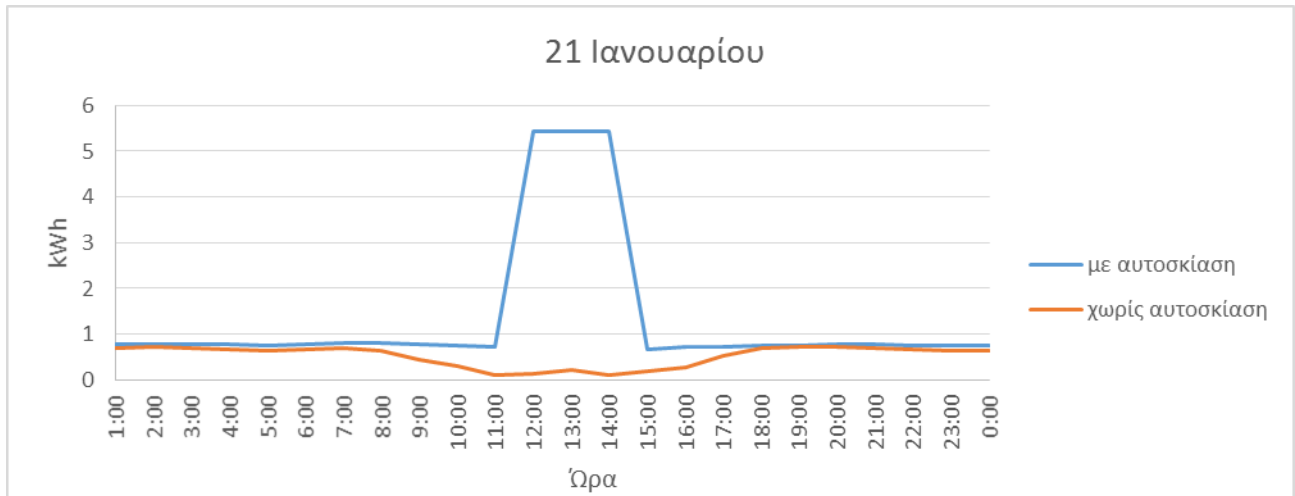


Εικ.5.23 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας

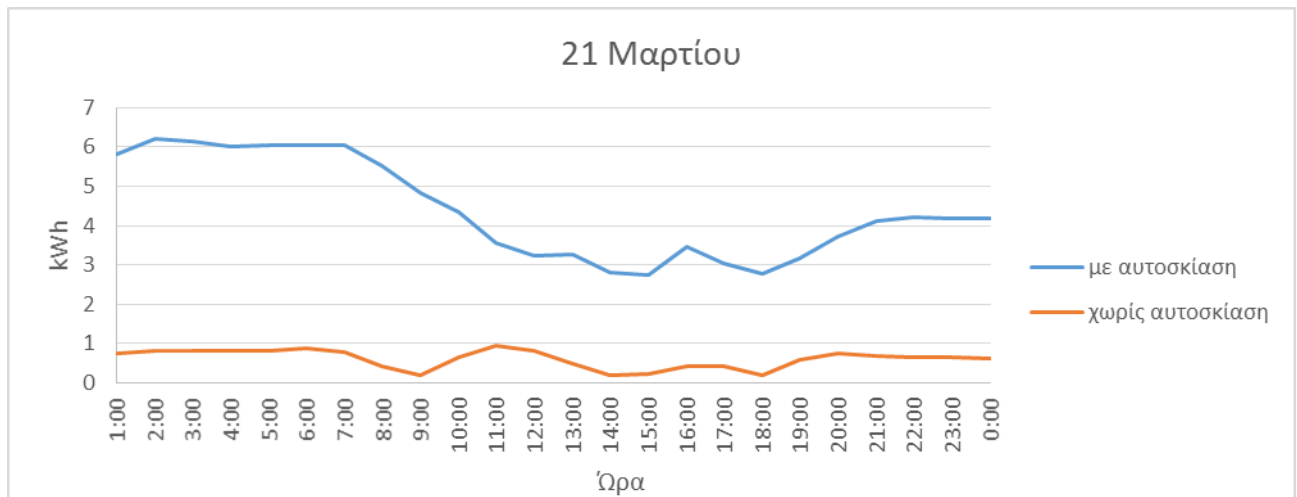


Εικ.5.24 Ενεργειακές ανάγκες βόρειας πτέρυγας

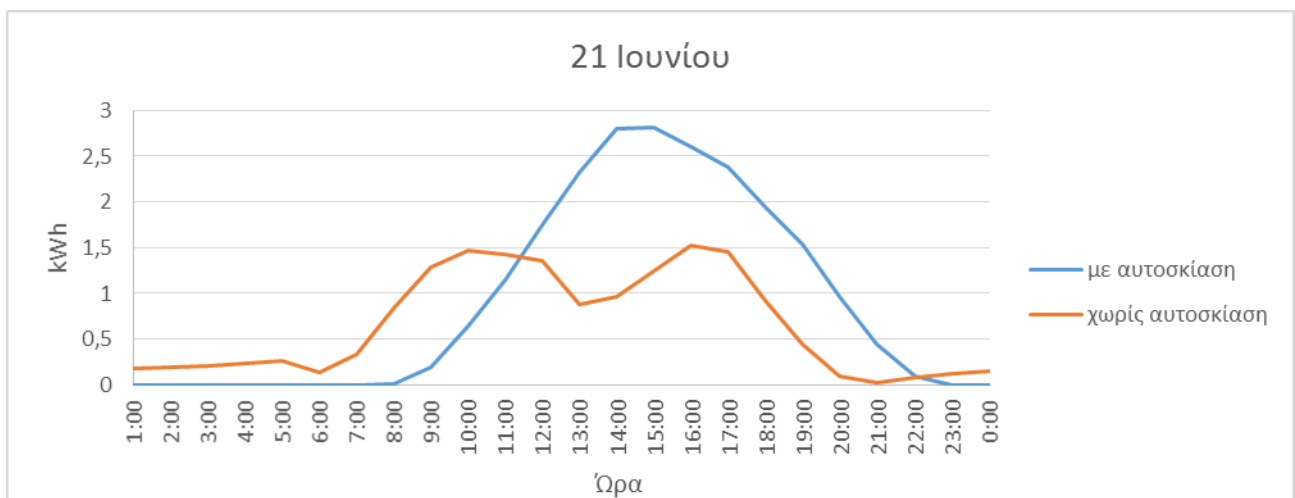
## 5.2.2 Νότια πτέρυγα



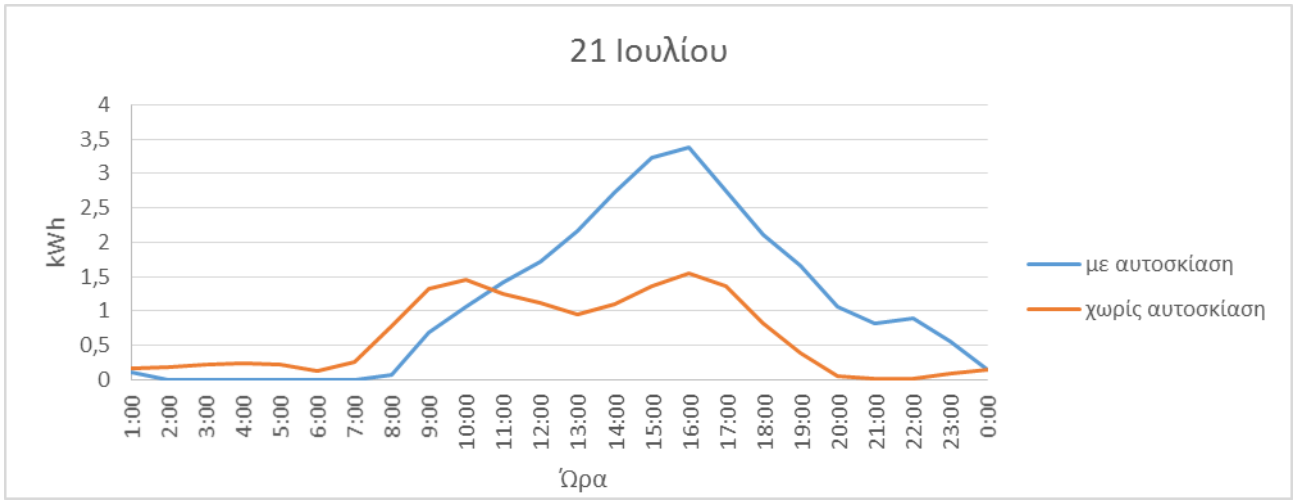
Εικ.5.25 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας



Εικ.5.26 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας



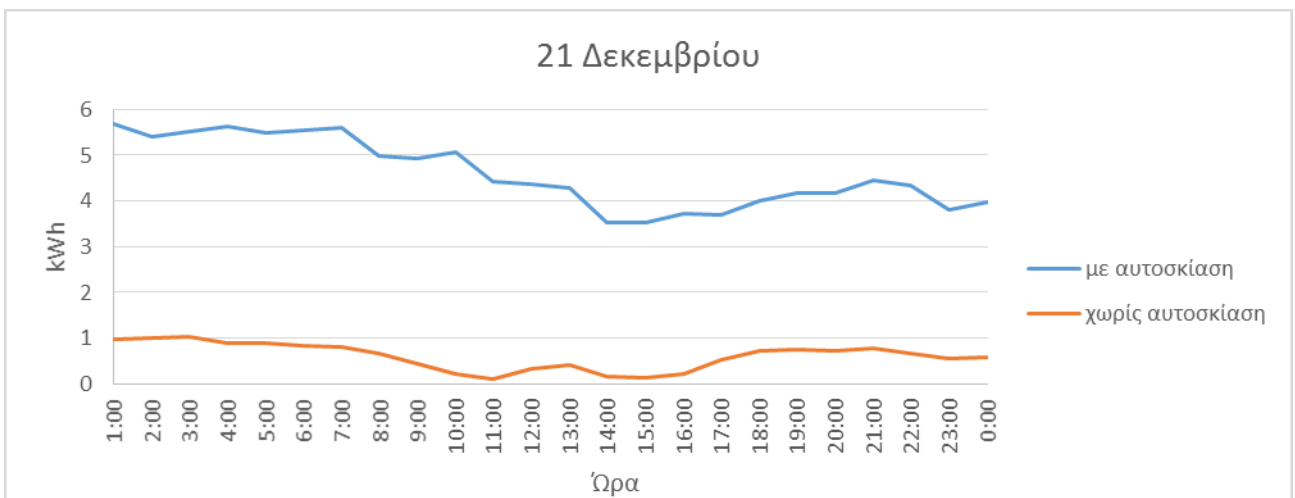
Εικ.5.27 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας



Εικ.5.28 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας

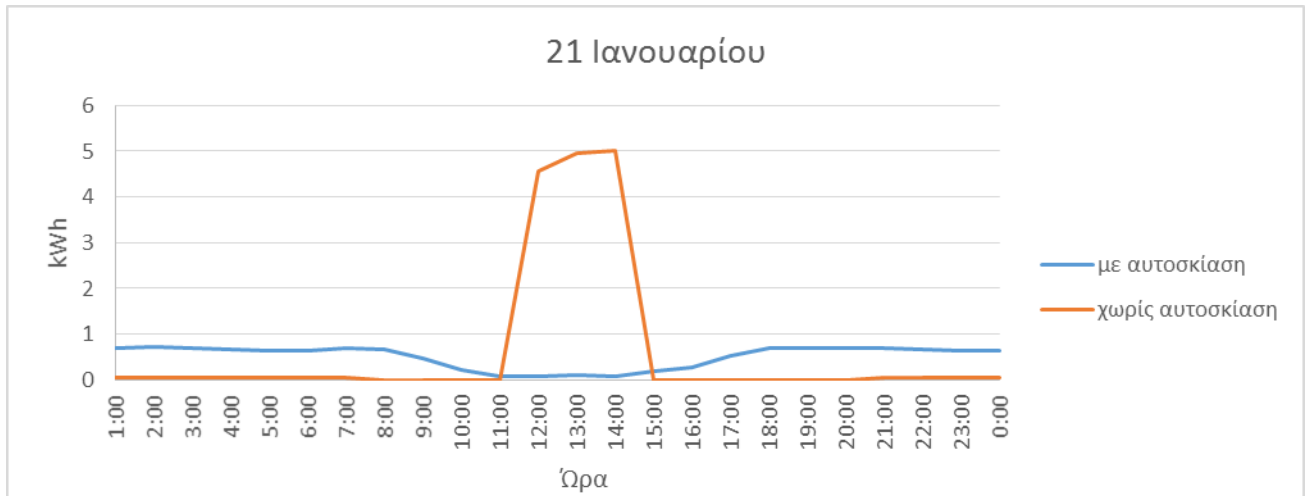


Εικ.5.29 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας

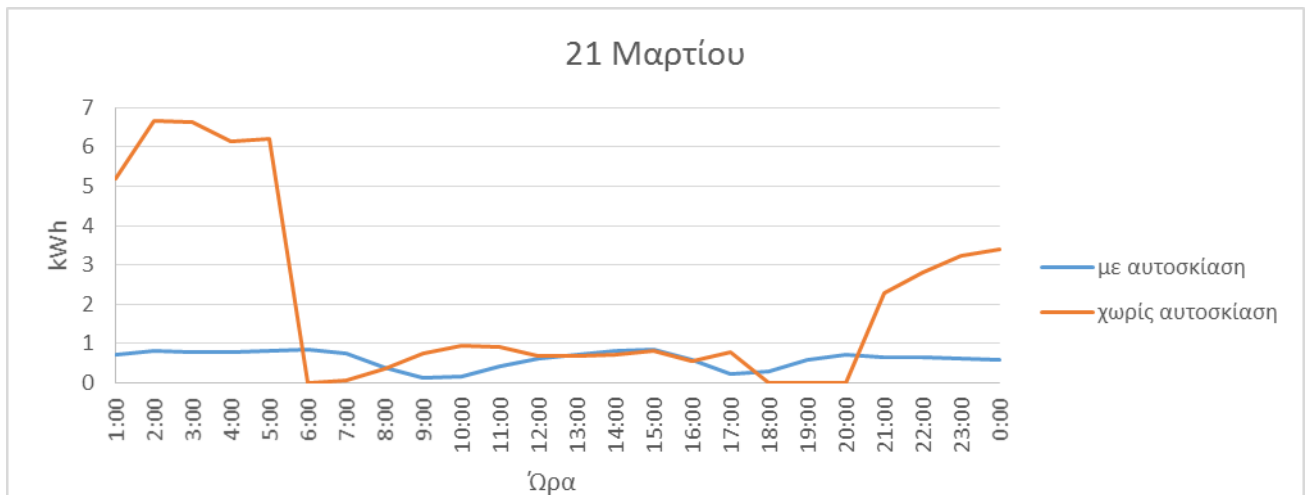


Εικ.5.30 Ενεργειακές ανάγκες νότιας πτέρυγας

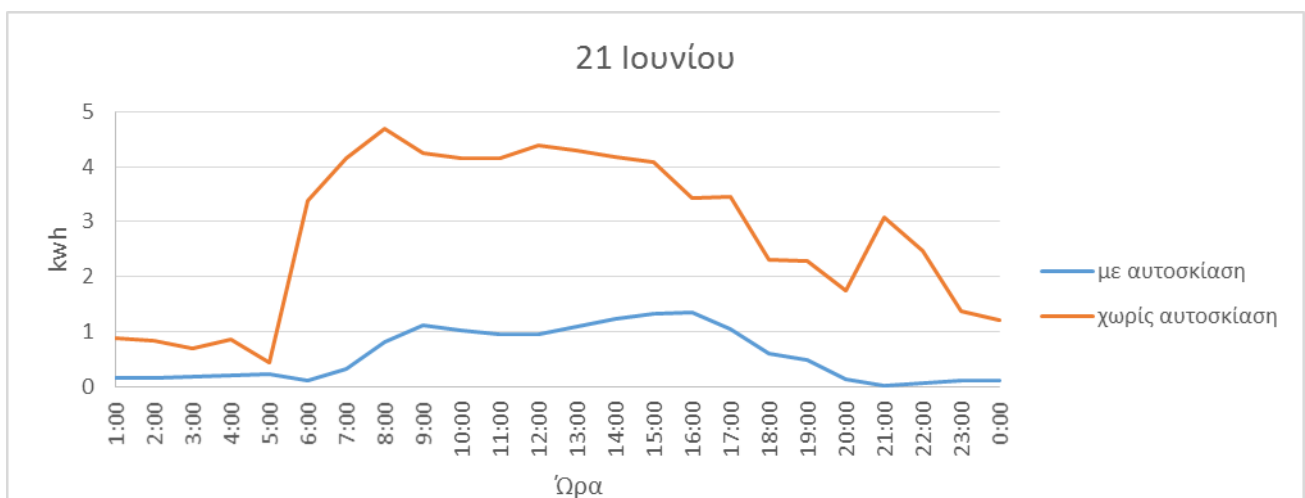
### 5.2.3 Ανατολική πτέρυγα



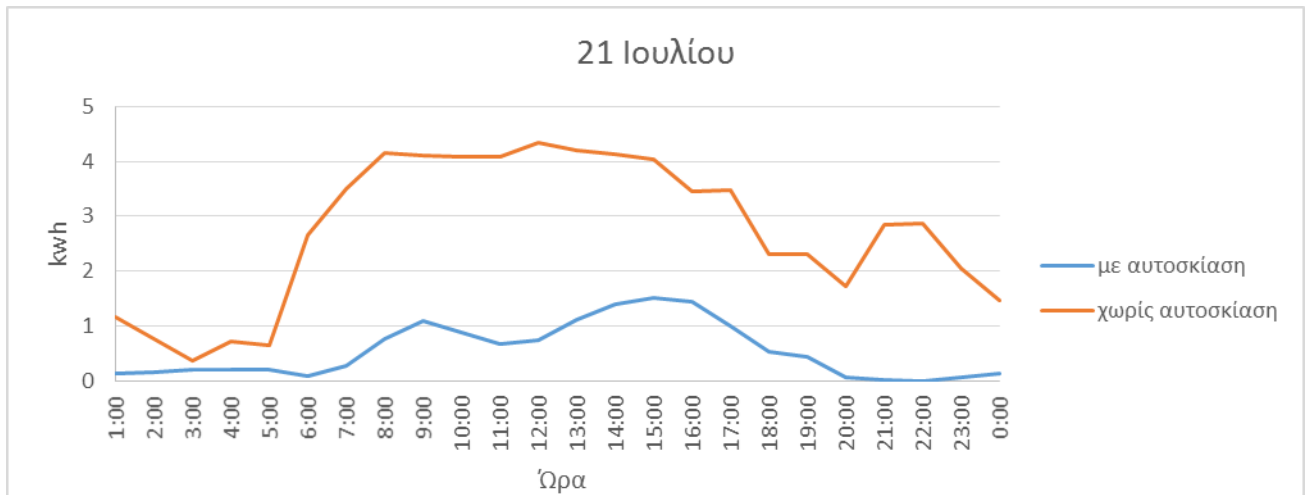
Εικ.5.31 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



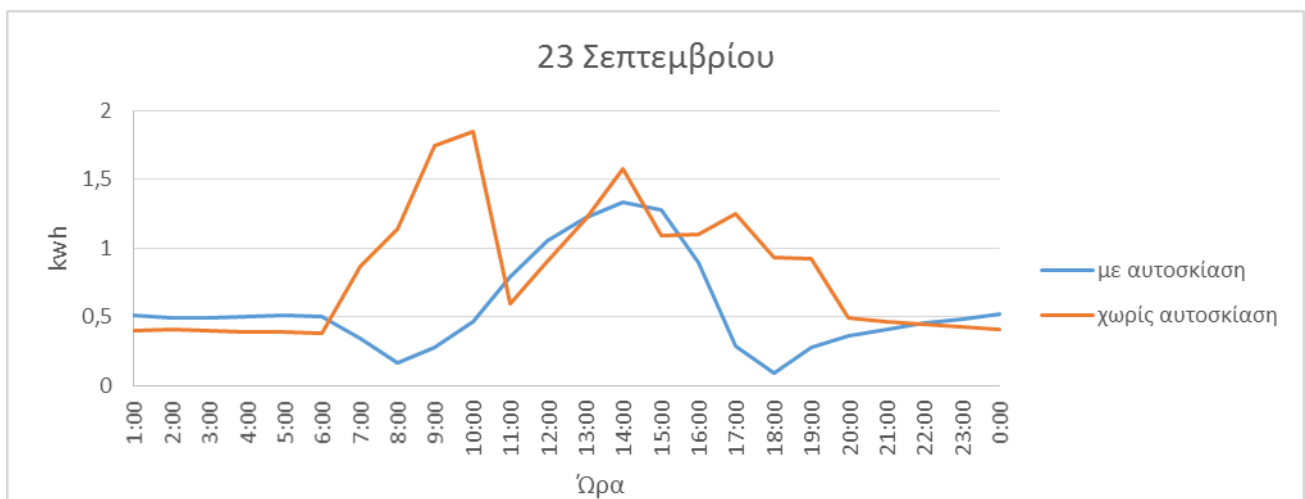
Εικ.5.32 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



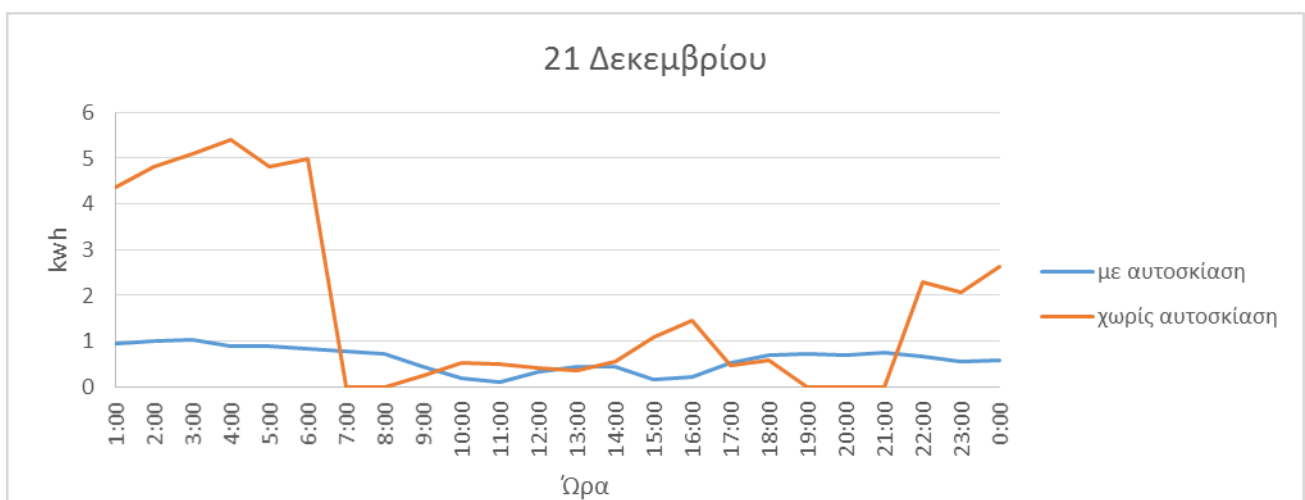
Εικ.5.33 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



Εικ.5.34 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



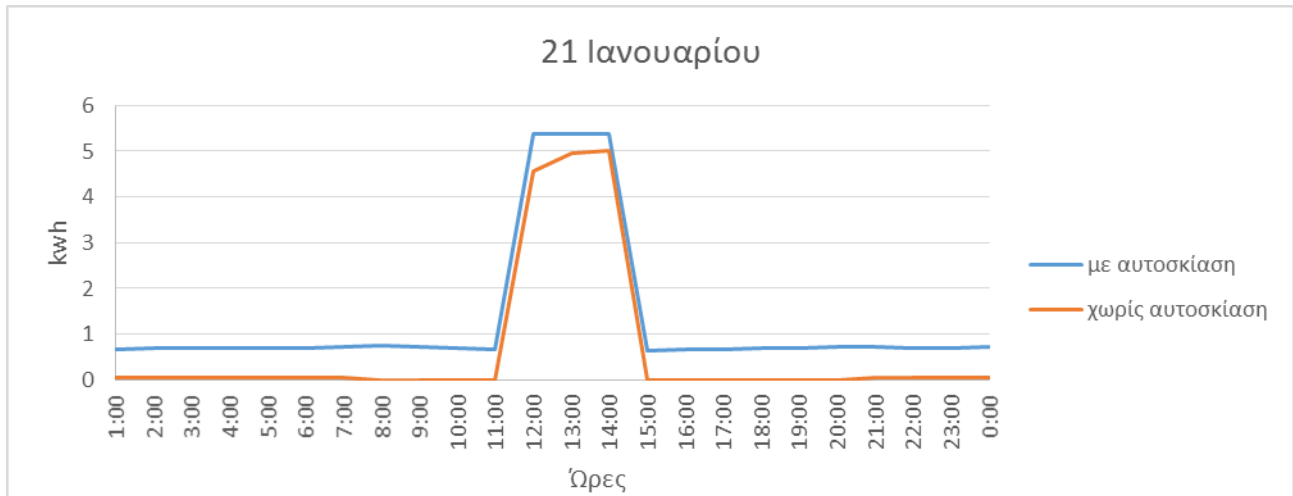
Εικ.5.35 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



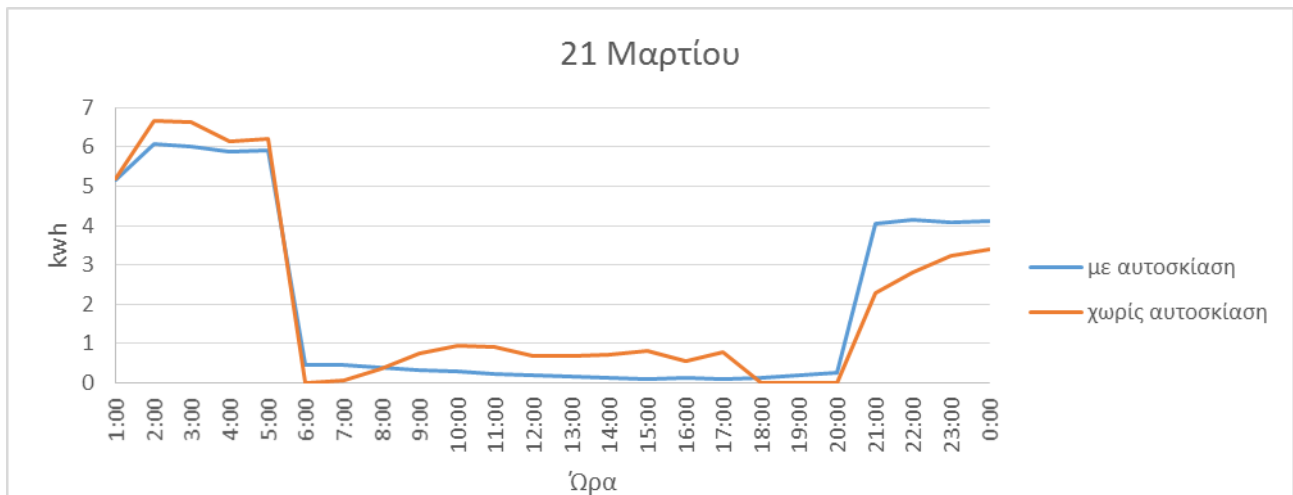
Εικ.5.36 Ενεργειακές ανάγκες ανατολικής πτέρυγας



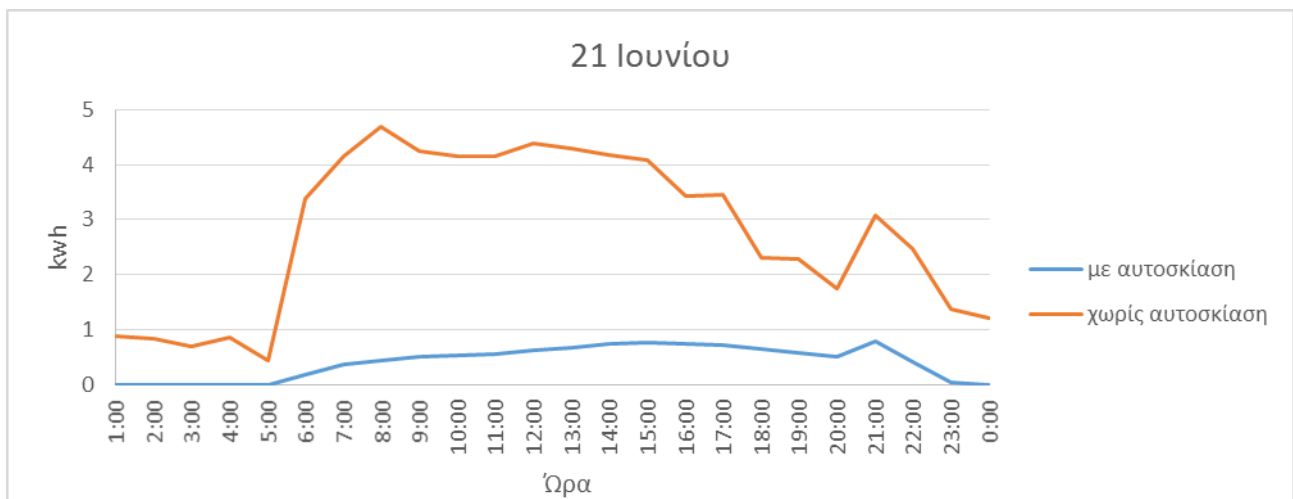
## 5.2.4 Δυτική πτέρυγα



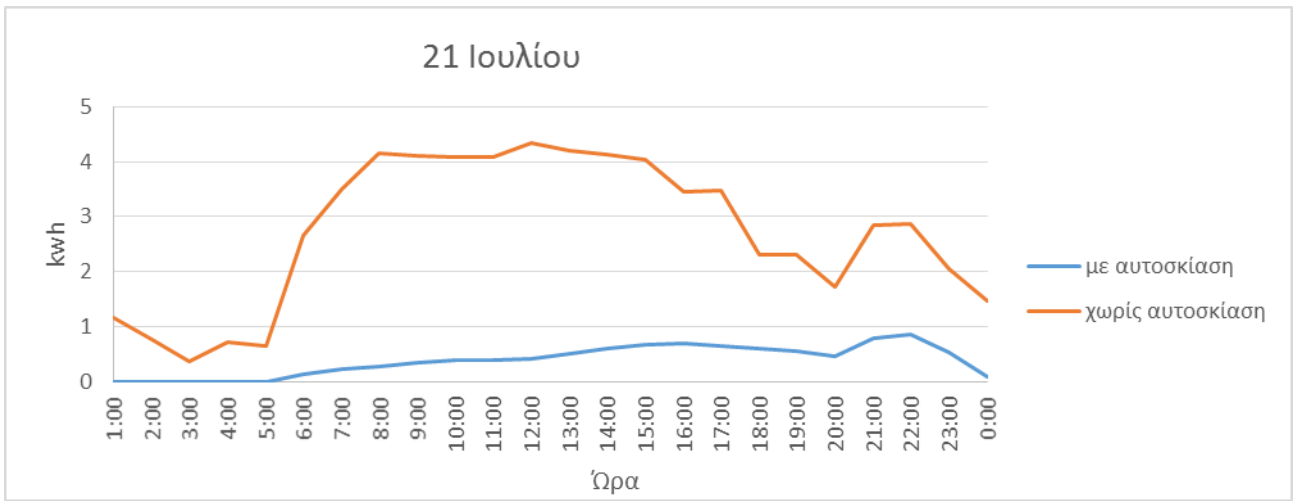
Εικ.5.37 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας



Εικ.5.38 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας



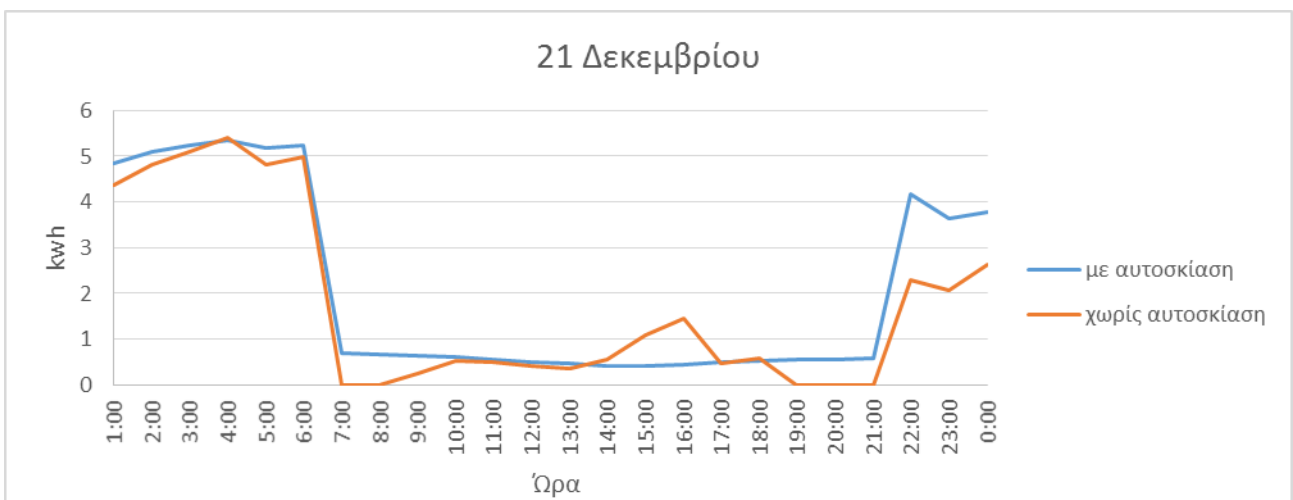
Εικ.5.39 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας



Εικ.5.40 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας



Εικ.5.41 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας



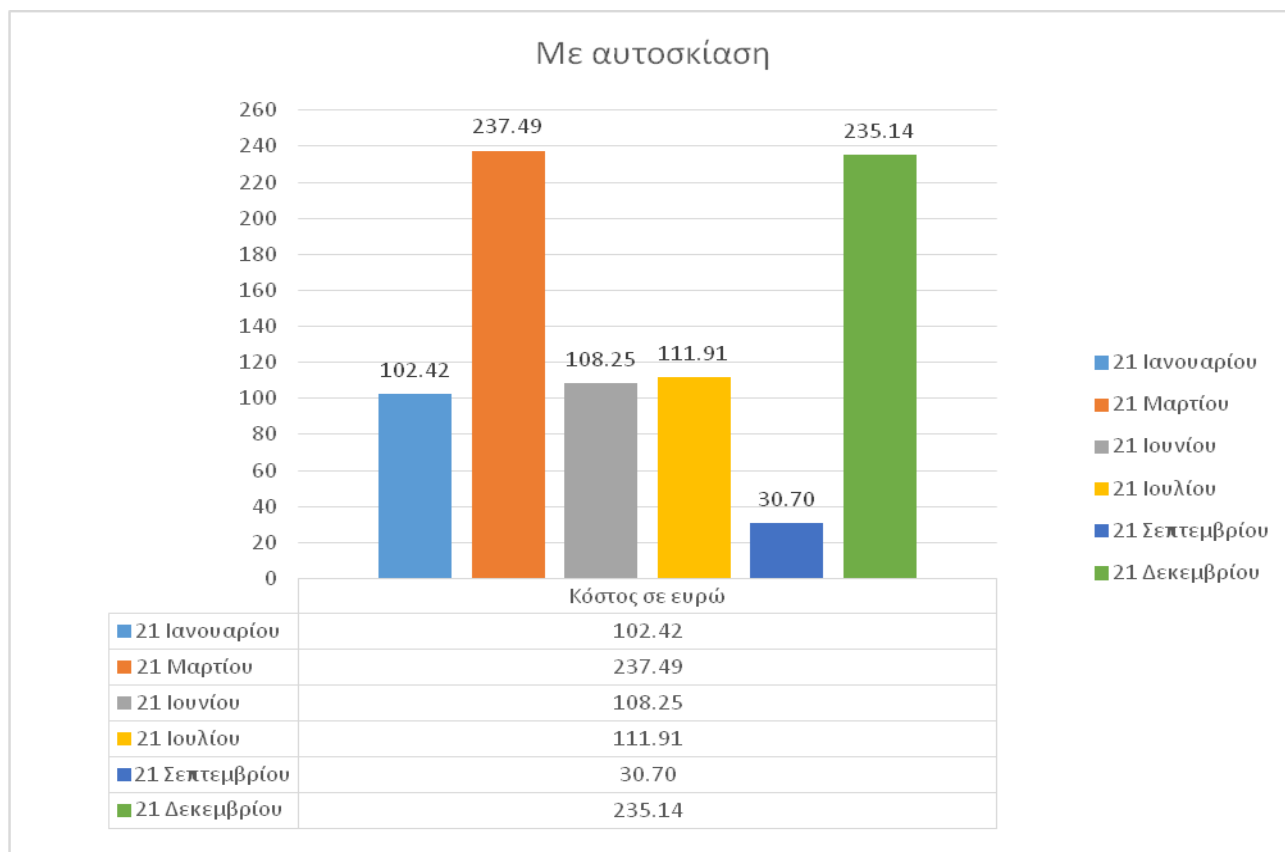
Εικ.5.42 Ενεργειακές ανάγκες δυτικής πτέρυγας

### 5.3 Συμπεράσματα

#### Αναγωγή αποτελεσμάτων σε ολόκληρο το νοσοκομείο

Με αυτοσκίαση						
Ημερομηνία	Βόρεια πτέρυγα ευρώ/ημέρα	Νότια πτέρυγα ευρώ/ημέρα	Ανατολική πτέρυγα ευρώ/ημέρα	Δυτική πτέρυγα ευρώ/ημέρα	Συνολικός όροφος νοσοκομείου	Ολόκληρο νοσοκομείο
21-Ιαν	8,83	10,87	4,09	10,35	34,14	102,42
21-Μαρ	22,35	35,52	4,85	16,45	79,16	237,49
21-Ιουν	20,82	7,29	4,66	3,32	36,08	108,25
21-Ιουλ	20,81	8,94	4,45	3,10	37,30	111,91
21-Σεπ	5,61	0,00	4,63	0,00	10,23	30,70
21-Δεκ	19,27	37,13	4,93	17,06	78,38	235,14

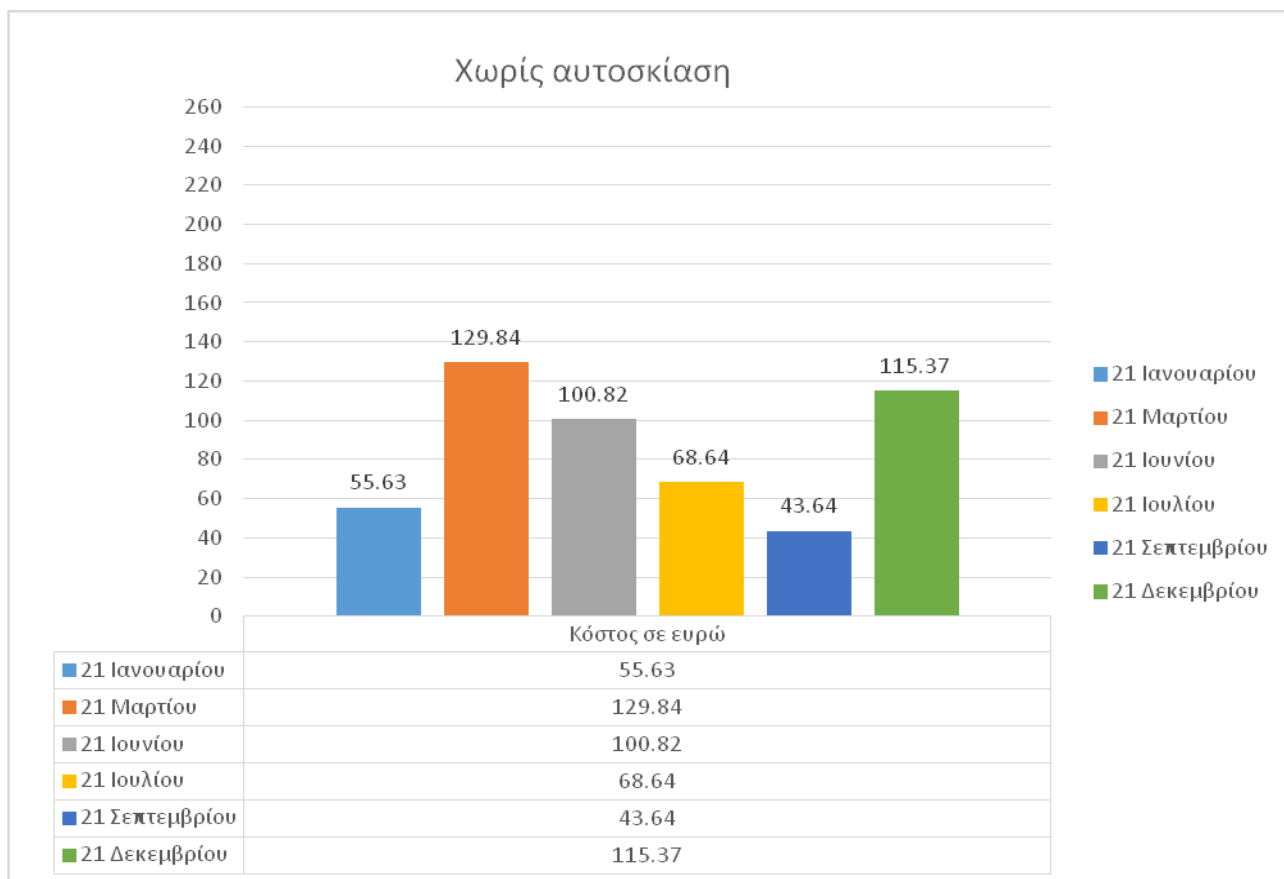
Εικ.5.43 Αναγωγή κόστους σε ευρώ για θέρμανση και ψύξη τις εξεταζόμενες ημερομηνίες με αυτοσκίαση



Εικ.5.44 Γράφημα απεικόνισης κόστους σε ευρώ για θέρμανση και ψύξη τις εξεταζόμενες ημερομηνίες-με αυτοσκίαση

<b>Χωρίς αυτοσκίαση</b>				
<b>Ημερομηνία</b>	<b>ευρώ/τ.μ./ημέρα/ανατολ ή-δύση</b>	<b>ευρώ/τ.μ./ημέρα/βοράς- νότος</b>	<b>Συνολικός όροφος νοσοκομείου</b>	<b>Ολόκληρο νοσοκομείο</b>
21-Ιαν	0,00846	0,01028	18,54	55,63
21-Μαρ	0,00988	0,03383	43,28	129,84
21-Ιουν	0,01078	0,04539	55,61	100,82
21-Ιουλ	0,01033	0,04453	54,31	162,92
21-Σεπ	0,00964	0,01348	22,88	43,64
21-Δεκ	0,00988	0,02897	38,46	115,37

Εικ.5.45 Αναγωγή κόστους σε ευρώ για θέρμανση και ψύξη τις εξεταζόμενες ημερομηνίες χωρίς αυτοσκίαση



Εικ.5.46 Γράφημα απεικόνισης κόστους σε ευρώ για θέρμανση και ψύξη τις εξεταζόμενες ημερομηνίες-χωρίς αυτοσκίαση

### Συμπεράσματα από γραφήματα ενεργειακών αναγκών

Από ενεργειακή άποψη, φαίνεται πως η μορφή του κτιρίου παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική του συμπεριφορά καθώς το κέλυφος λειτουργεί ως μέσο ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον. Από τα γραφήματα, συμπεραίνουμε πως όσο μεγαλύτερη είναι η εξωτερική περιμετρική επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες έχουμε τους χειμερινούς μήνες. Ο κυβικός, συμπαγής όγκος, με μικρή εξωτερική περιμετρική επιφάνεια, έχει μικρότερες θερμικές απώλειες.

Παρατηρούμε πως οι μεγάλοι όγκοι των περύγων που προβάλλουν περιμετρικά του κτιρίου, δεν λειτουργούν σαν εμπόδια προφυλάσσοντας τμήματα του κτιρίου από την έντονη έκθεση σε ανέμους το χειμώνα και από την έντονη ηλιοφάνεια το καλοκαίρι. Αντιθέτως, λόγω της άμεσης επίδρασης των ανέμων στην επιφάνειά τους, εμφανίζονται μεγάλες απώλειες θερμικής ενέργειας από το εσωτερικό του κτιρίου τους χειμερινούς μήνες. Τους καλοκαιρινούς μήνες, η μεγάλη περιμετρική επιφάνεια απορροφά μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας οι οποίες στη συνέχεια εκπέμπονται στο εσωτερικό

του κτιρίου και αυξάνουν τις ανάγκες για ψύξη. Επομένως, συμπεραίνουμε πως η αυτοσκίαση του εξεταζόμενου κτιρίου έχει μικρή επίδραση στην ενεργειακή συναλλαγή. Ακόμη, παρατηρούμε πως η θερμική ενέργεια που παρεμποδίζεται λόγω της αυτοσκίασης, αποτελεί ένα μέρος μόνο του θερμικού φορτίου του κτιρίου που πρέπει να αποβληθεί μέσω των συστημάτων ψύξης.

Τα θερμικά φορτία που εκπέμπονται από τον νοσοκομειακό εξοπλισμό, τον τεχνητό φωτισμό, τους χρήστες του νοσοκομείου και άλλους παράγοντες αποτελούν βασικότερες αιτίες υπερθέρμανσης του κτιρίου τους θερινούς μήνες.

## 5.4 Βιβλιογραφία 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

[1] «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Τ.Ο.ΤΕΕ, 20701-1/2010, Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012

[2] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010

[3] «Achieving 30% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building», ASHRAE, 2008

[4] <http://www.dei.com.gr/>

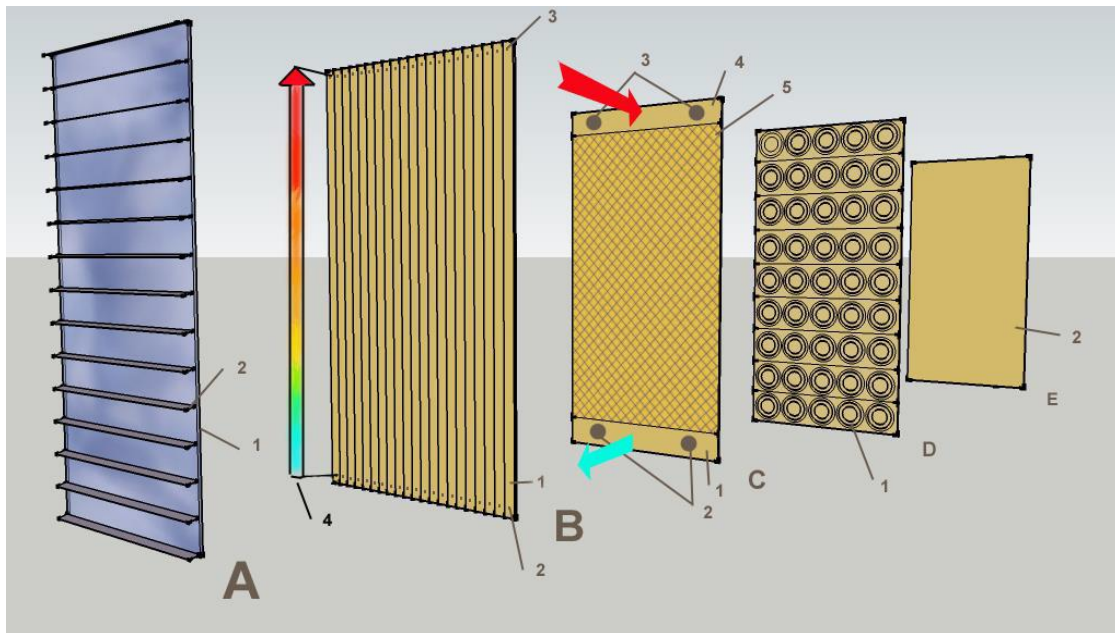
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### Προτάσεις για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου

#### Εφαρμογή βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης

Στο εξεταζόμενο κτίριο, έγινε επένδυση της όψης του κτιρίου με δομικό στοιχείο, μορφής πλακιδίου, που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω των αρχών λειτουργίας του «τοιίχου Trombe». Η επένδυση αυτή είναι προϊόν έρευνας και σχεδιασμού ερευνητικής ομάδας που αποτελείται από μέλη κυρίως του Ε. Μ. Πολυτεχνείου, διαφόρων ειδικοτήτων στα πλαίσια διασχολικής ομάδας έρευνας. Δομικό στοιχείο επένδυσης κυρίως νότια προσανατολισμένης όψης κτιρίου, το οποίο αποτελείται από πλαίσιο και εντός αυτού στρώσεις διαφόρων καινοτόμων υλικών ειδικής μορφολογίας. Συμβάλει θετικά στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, δρώντας ως πρόσθετο, εξωτερικό καινοτόμο κέλυφος.

Ενδεικτικές τελικές διαστάσεις πλακιδίου: 0,60X1,20 m.



Εικ. 6.1 Βασικά στοιχεία του δομικού υλικού μορφής πλακιδίου

- A. Διαφανές ανθεκτικό φύλλο, πάνω στο οποίο στηρίζονται επιμήκεις προεξοχές ορισμένης διατομής.
- B. εμπρόσθιο τμήμα σκάφης με κατακόρυφα κανάλια διέλευσης αέρα
- C. οπίσθιο τμήμα σκάφης με την μόνωση και τα δυο οριζόντια κανάλια συλλογής τροφοδοσίας και απαγωγής αέρα
- D. προαιρετικό φύλλο συλλογής περιρρέουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
- E. φύλλο προστασίας από δυσμενείς ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες περιβάλλοντος



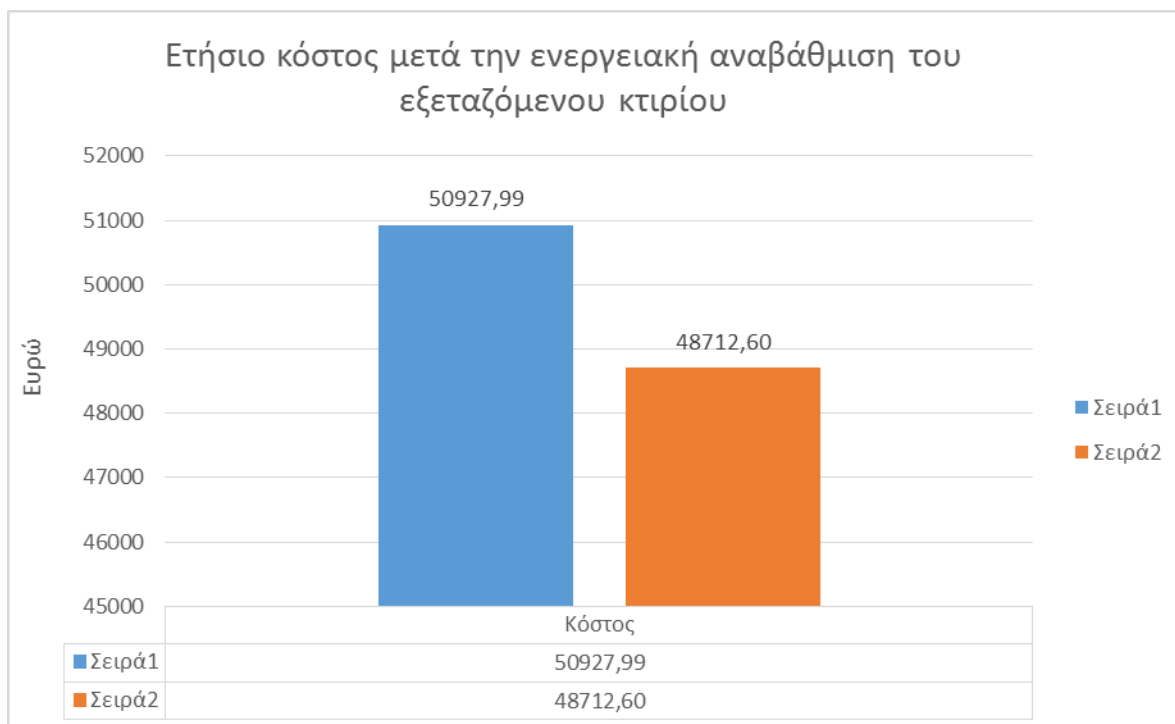
Το δομικό αυτό στοιχείο όψης, σύμφωνα με την παρούσα πρόταση, έχει ως βασικό χαρακτηριστικό την ιδιαίτερη μορφή της κατασκευή του. Αποτελείται από διάφορες λεπτές στρώσεις υλικών που προσδίδουν επιπρόσθετες διαφορετικές δυνατότητες στο δομικό στοιχείο. Ανάλογα τον προσανατολισμό της όψης, ανάλογα την εποχή και τη θέση του ηλίου, επιτυγχάνεται η αυτοσκίαση τμήματος του στοιχείου σε προεπιλεγμένους χρόνους (θερινούς μήνες), η συνεχής παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια της ημέρας (όλο το έτος), καθώς και η παραγωγή ρεύματος θερμού ή ψυχρού αέρα ανάλογα τις εποχές του έτους.

### Υλικά και θερμικές ιδιότητες πλακιδίου

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Ceramic Surface	Aerogel	Epoxy Carbon	Membrane	Vantablack
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth	VerySmooth	Smooth
Thickness	m	0,005	0,005	0,005	0,0095	0,005
Conductivity	W/m-K	1,3	0,03	0,17	0,16	0,17
Density	kg/m <sup>3</sup>	2300	100	1390	1121,29	1390
Specific Heat	J/kg-K	840	837	900	1460	900
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,999
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,999
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,999

Εικ.6.2 Υλικά και θερμικές ιδιότητες πλακιδίου

Με τις πλέον συντηρητικές παραδοχές και προσομοιώνοντας το εξεταζόμενο κτίριο με την επένδυση του πλακιδίου στο πρόγραμμα Energy Plus, προκύπτουν τα παρακάτω οικονομικά οφέλη:



*Εικ. 6.3 Ετήσιο κόστος εξεταζόμενου κτιρίου μετά την ενεργειακή αναβάθμιση*

Ετήσια μείωση κόστους: 4,35%

Εξοικονόμηση: 2215,38 ευρώ/χρόνο

### **Προτάσεις για βελτίωση επιπέδων φυσικού φωτισμού και θάμβωσης εξεταζόμενου κτιρίου**

Με βάση τα συμπεράσματα που διεξήχθησαν σχετικά με τις τιμές φυσικού φωτισμού και θάμβωσης και τον προσδιορισμό των γεωμετρικών αυτών χαρακτηριστικών που συμβάλουν στην εμφάνιση ακραίων τιμών προτείνονται ορισμένα μέτρα για την ορθότερη αξιοποίηση του φωτός. Αρχικά, προτείνεται η κατασκευή ανοιχτόχρωμων επιχρισμάτων με μεγάλη ανακλαστικότητα για την επένδυση των επιφανειών στις οποίες ανακλάται το φυσικό φως (εσωτερικές ή εξωτερικές επιφάνειες) με σκοπό την ελαχιστοποίηση της απορροφώμενης ηλιακής ακτινοβολίας και τη μεγιστοποίηση της ανακλώμενης στους χώρους με μικρή ένταση φυσικού φωτισμού. Με την ενίσχυση του φυσικού φωτισμού των χώρων, περιορίζεται η χρήση του τεχνητού φωτισμού και συνεπώς περιορίζονται τα

εσωτερικά θερμικά φορτία, δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης και ενισχύονται οι προϋποθέσεις για την δημιουργία ενός θεραπευτικού περιβάλλοντος. Στην ίδια κατεύθυνση συμβάλλει και η χρήση ηλεκτρικών και φωτιστικών στοιχείων υψηλής απόδοσης και ραφιών φωτισμού. Αντίστοιχα, στους χώρους που παρατηρούνται τιμές φυσικού φωτισμού και θάμβωσης υψηλότερες από τα επιτρεπτά όρια προτείνεται η επένδυση των ανακλαστικών επιφανειών (εσωτερικών ή εξωτερικών) με επιχρίσματα σκουρόχρωμα, μικρής ανακλαστικότητας. Προτείνεται η ανάλυση σεναρίων πρόσθετης σκίασης καθώς είναι φανερή η ανάγκη τοποθέτησης σύνθετων συστημάτων σκίασης. Τα παραπάνω σενάρια αύξησης ή μείωσης φυσικού φωτισμού έχουν αναλυθεί εκτενώς στα προηγούμενα κεφάλαια.

Είναι προφανές ότι έχει υπάρξει σχετική μέριμνα κατά το σχεδιασμό του κτιρίου αφού η τοποθέτηση των θαλάμων έγινε στην όψη εκείνη που έχει θέα στην Ανατολή και στον Νότο. Επομένως, η δημιουργία κτιρίου με μορφή τέτοια που να διατηρεί μεγάλο αριθμό ανοιγμάτων με νότιο προσανατολισμό (περίπου 60% της εξωτερικής περιμέτρου) ενώ ταυτόχρονα να αποτελείται από μικρό αριθμό ελεύθερων πλευρών θα αποτελούσε μια πρόταση με μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση από το εξεταζόμενο κτίριο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μορφογενετικού λογισμικού σχεδίασης έχοντας ως βασικές αρχές σχεδίασης τις παραμέτρους του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Γενικά επισημαίνεται, ότι σε έναν ολοκληρωμένο βιοκλιματικό σχεδιασμό, θα πρέπει κανείς να μελετήσει όλες τις παραμέτρους του, έτσι ώστε και η κατανάλωση ενέργειας να περιοριστεί και η ποιότητα ζωής στους εσωτερικούς χώρους να βελτιωθεί μέσα από ένα περιβάλλον που θα θερμαίνεται, θα ψύχεται και θα φωτίζεται με φυσικό κατά το δυνατό τρόπο.

Για όλους τους τομείς που εξετάζονται στα πλαίσια της βιοκλιματικής αντιμετώπισης των κτιρίων, ο μελετητής οφείλει να ελέγξει τις προτάσεις του και υπολογιστικά, έτσι ώστε να αποφευχθούν λάθη ή παραλείψεις που θα απομάκρυναν το κτίριο από το βασικό του στόχο, δηλαδή της ένταξής του στην κατηγορία των κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Ο συνδυασμός όλων των παραμέτρων του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί σύνθετο και πολυπαραγοντικό πρόβλημα ενώ η βέλτιστη λύση αποτελεί πάντα συνάρτηση των αναγκών των χρηστών και των προτεραιοτήτων του μελετητή.

Το υπολογιστικό αυτό στάδιο, μέσω αξιόπιστων προσομοιωτικών μεθόδων, θεωρείται απαραίτητο ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού, διότι οποιεσδήποτε βελτιωτικές παρεμβάσεις μετά την ολοκλήρωση του έργου αποδεικνύονται και οικονομικά ασύμφωρες και δημιουργούν όχληση στην ομαλή λειτουργία του κτιρίου. Τέλος, θα μπορούσε να γίνει, επιπλέον, μια οικονομοτεχνική μελέτη των σεναρίων και των πιθανών διατάξεών τους, πράγμα που στην παρούσα φάση ξεπερνούσε τις ανάγκες της παρούσας εκπαιδευτικής εργασίας. Με μία τέτοια ενδεχόμενη έρευνα είναι δυνατόν να διαπιστωθεί και η εκάστοτε οικονομική απόσβεση κάθε σεναρίου στην πάροδο του χρόνου.

Copyright © Άννα-Δέσποινα Βενεδίκη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

