



**3<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο  
Αρχαίας Ελληνικής  
και Βυζαντινής Τεχνολογίας**

**19-21 Νοεμβρίου 2024  
ΜΕΓΑΡΟΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΑΘΗΝΩΝ**

**3<sup>rd</sup> International Conference  
Ancient Greek  
and Byzantine Technology**

**19-21 November 2024  
MEGARON THE ATHENS CONCERT HALL**

ΟΡΓΑΝΩΣΗ



ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ  
ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΒΥΖΑΝΤΙΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
& ΜΟΥΣΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

---

Το Διοικητικό Συμβούλιο της Εταιρείας Διερεύνησης της Αρχαιοελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας (ΕΔΑΒΥΤ) ανέλαβε την ανάρτηση στην ιστοσελίδα της ([www.edabyt.gr](http://www.edabyt.gr)), σε ψηφιακή μορφή, των εργασιών του 3<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαιοελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας (Αθήνα 19-21 Νοεμβρίου 2024).

Οι εργασίες είχαν γίνει αντικείμενο κρίσεων και σχολιασμού από την Επιστημονική Επιτροπή. Επι πλέον, έγιναν κι άλλες παρατηρήσεις και σχόλια κατά την συζήτηση που ακολούθησε μετά την προφορική τους παρουσίαση στο Συνέδριο.

Οι εργασίες αναρτώνται όπως κατατέθηκαν από τους συγγραφείς μετά την ολοκλήρωση του Συνεδρίου. Οι συγγραφείς φέρουν την ευθύνη του περιεχομένου της εργασίας τους, τόσο ως προς τις απόψεις τους όσο και ως προς την ακρίβεια και την ορθότητα των στοιχείων που παραθέτουν.

The Board of Directors of the Association for Research on Ancient Greek and Byzantine Technology (EDABYT) undertook the posting on its website ([www.edabyt.gr](http://www.edabyt.gr)) of the papers presented at the 3rd International Conference on Ancient Greek and Byzantine Technology (Athens, November 19-21, 2024).

The papers had been subject to reviews and comments by the Scientific Committee. Additionally, further observations and comments were made during the discussion that followed their oral presentation at the Conference.

The papers are posted as submitted by the authors after the conclusion of the Conference. The authors are responsible for the content of their work, both in terms of their views and the accuracy and correctness of the data they present.

# ΠΕΡΙ ΛΥΧΝΩΝ ΑΦΑΣ: ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Δωρίνα Μουλλού<sup>1,2</sup>, Στέλιος Ζερεφός<sup>3</sup>, Θάνος Μπαλαφούτης<sup>4</sup>, Φραγκίσκος Τοπαλής<sup>5</sup> και  
Λάμπρος Δούλος<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Υπουργείο Πολιτισμού, Εφορεία Αρχαιοτήτων Ανατολικής Αττικής, e-mail: tmoullou@culture.gr

<sup>2</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού,  
e-mail: moullou.theodora@ac.eap.gr

<sup>3</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού,  
e-mail: zerefos@eap.gr

<sup>4</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού,  
e-mail: balafoutis.athanasios@ac.eap.gr

<sup>5</sup> Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών  
Υπολογιστών, e-mail: fvt@ntua.gr

<sup>6</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού,  
e-mail: doulos@eap.gr

## Περίληψη.

Στο παρόν άρθρο εξετάζονται συνθήκες φωτισμού που επικρατούσαν στην Αρχαία Ελλάδα υπό το φως του λύχνου, μέσα από τη συνδυαστική ανάλυση αρχαιολογικών δεδομένων, εικονογραφικών μαρτυριών, αρχαίων κειμένων, εργαστηριακών μετρήσεων, φωτομετρικών υπολογισμών και προσομοιώσεων φωτισμού. Από την έρευνα προκύπτει ότι ο λύχνος απέδιδε επαρκές φως για βασικές οικιακές δραστηριότητες, όπως η μετακίνηση μέσα στο σπίτι, η τακτοποίηση του σπιτιού, η προετοιμασία του δείπνου ή συμποσίου, αλλά και για απαιτητικές δραστηριότητες όπως η ανάγνωση. Ωστόσο, υπήρχαν περιορισμοί στην ικανότητα διάκρισης χρωμάτων και συνακόλουθα σε δραστηριότητες όπως η υφαντική ή το κέντημα. Παρά τις τεχνολογικές διαφορές με τα σύγχρονα μέσα φωτισμού, οι άνθρωποι στην αρχαιότητα προσαρμόζονταν αποτελεσματικά στις χαμηλές συνθήκες φωτισμού και μπορούσαν να εκτελέσουν τις εργασίες τους υπό τον φωτισμό του λύχνου. Η μελέτη αυτή αποδεικνύει ότι η εμβάθυνση στη μελέτη του φωτισμού μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την καθημερινή ζωή στην αρχαιότητα.

**Λέξεις Κλειδιά:** τεχνητός φωτισμός, λύχνος, Αρχαία Ελλάδα, ανάγνωση, διάκριση χρωμάτων, συνθήκες φωτισμού, προσομοίωση, φωτομετρικά δεδομένα.

## 1. Εισαγωγή

Το κυριότερο μέσο φωτισμού κατά την ελληνική αρχαιότητα -σε ορισμένες περιοχές μέχρι και τον 19ο μ.Χ αι.- ήταν ο λύχνος. Η κυρίαρχη χρήση του φαίνεται και από την περιγραφή της εσπέρας

ως «περί λύχνων άφάς» (ενδεικτικά Hdt. *Hist.* 7.215.3-4)<sup>1</sup>. Πήλινοι λύχνοι, ιδίως από την κλασική περίοδο και έπειτα, βρίσκονται σχεδόν σε κάθε ανασκαφή. Πληθώρα δημοσιεύσεων λύχνων από ανασκαφές και καταλόγους μουσείων σε όλη τη Μεσόγειο προσφέρουν ευρύ φάσμα πληροφοριών για την τυπολογία, τη χρονολόγηση, την εικονογραφία και την παραγωγή τους<sup>2</sup>.

Ελάχιστες όμως μελέτες έχουν ασχοληθεί με την χρήση του λύχνου ως φωτιστικού μέσου και ακόμα λιγότερες με την αποτελεσματικότητά του (για παράδειγμα Devlin and Chalmers 2001, Roussos 2003, Dawson et al. 2007, Happa et al. 2009, Papadopoulos and Earl 2009, Moullou et al. 2012a & 2012b, Moullou et al. 2016, Papadopoulos et al. 2015, Moullou and Topalis 2021).

Ενδεχομένως αυτό οφείλεται στη δυσκολία περιγραφής της αίσθησης του φωτός, καθώς «είναι εύκολο να περιγράψεις ένα κηροπήγιο, αλλά πολύ δύσκολο να μεταφέρεις οποιαδήποτε ιδέα για το φως που παρέχει το κερί» (O’Dea 1951, 312). Πράγματι, μόνο με παραδοσιακές αρχαιολογικές μεθόδους είναι δύσκολο να απαντηθούν ερωτήματα όπως: Ποια ήταν η απόδοση φωτισμού των λύχνων; Πώς επηρέαζε ο εργονομικός τους σχεδιασμός τη χρήση τους ή το φωτιστικό αποτέλεσμα; Ποια ήταν η οπτική εμπειρία στο πλαίσιο της χρήσης τους; Ποιες δραστηριότητες μπορούσαν να εκτελούν οι άνθρωποι με αυτές; Υπήρχαν μετρήσιμοι περιορισμοί στις ανθρώπινες δραστηριότητες λόγω της χρήσης αυτών των μέσων;

Για να μελετηθεί και να περιγραφεί αντικειμενικά το φως που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός ή οι συνθήκες φωτισμού που δημιουργεί, είναι απαραίτητα μετρητικά δεδομένα (Papadopoulos and Earl 2009, 64). Η φωτομετρία και το επιστημονικό πεδίο της μελέτης του φωτισμού μπορούν να παρέχουν τα απαραίτητα εργαλεία και την υποδομή για την παραγωγή μετρητικών δεδομένων για τον φωτισμό στην αρχαιότητα.

Η παρούσα εργασία, συνδυάζοντας αρχαιολογικές και φωτομετρικές προσεγγίσεις, στοχεύει να απαντήσει στα παραπάνω ερωτήματα, χρησιμοποιώντας μετρητικά δεδομένα που παρήχθησαν στο εργαστήριο Φωτομετρίας του ΕΜΠ, με την ελπίδα ότι αυτό θα αποτελέσει αφετηρία για μελλοντικές μελέτες φωτισμού της αρχαιότητας.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζεται μια σύντομη επισκόπηση του λύχνου στην ελληνική αρχαιότητα με έμφαση στα βασικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν το φωτιστικό αποτέλεσμα (μορφή δοχείου, καύσιμο υλικό, φιλίλι), επιτρέποντας έτσι την ανακατασκευή και αξιολόγησή του ως μέσου φωτισμού. Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα της εργαστηριακής διερεύνησης των οπτικών ιδιοτήτων των λύχνων που πραγματοποιήθηκαν σε πιστά αντίγραφα αρχαίων λύχνων με στόχο αφενός τη μέτρηση της ποσότητας του φωτός που εκπέμπουν και αφετέρου τον καθορισμό της τρισδιάστατης κατανομής του εκπεμπόμενου φωτός στο χώρο. Ακολούθως, εξετάζεται το φως του λύχνου στο χώρο. Τα μετρητικά δεδομένα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά δεδομένα για την αξιολόγηση της επάρκειας του παραγόμενου φωτός και τον έλεγχο των συνθηκών φωτισμού σε σχέση με νυχτερινές οικιακές δραστηριότητες. Τέλος, εξετάζεται η αντίληψη των χρωμάτων υπό το φως του λύχνου και ερευνώνται τυχόν περιορισμοί στην εκτέλεση δραστηριοτήτων που απαιτούν διάκριση χρωμάτων.

---

<sup>1</sup> Αντίθετα στη Ρώμη, όπου ο λύχνος εισήχθη αργότερα χρησιμοποιούνταν ο όρος *prima fax*: ενδεικτικά Macrobian, *Sat.* 1.3.8

<sup>2</sup> Για εκτενή βιβλιογραφία σχετικά με ελληνικούς και ρωμαϊκούς λύχνους, βλ. την ιστοσελίδα της Διεθνούς Λυχνολογικής Ένωσης (ILA): [www.lychnology.org](http://www.lychnology.org)

## 2. Ο Λύχνος ως Φωτιστικό Μέσο

Ο λύχνος είναι ένα μικρό, κατά κανόνα, δοχείο από πέτρα, πηλό, μέταλλο, όστρεο ή γυαλί, που περιέχει καύσιμη ύλη σε υγρή ή υγροποιούμενη κατά την καύση, μορφή, όπως φυτικό λάδι ή ζωικό λίπος, και ένα φιλίλι φυτικής συνήθως προέλευσης (Μουλλού 2010, 132–134 και Moullou 2011, 52–56). Κατά την καύση το φιλίλι αναρροφά το καύσιμο υλικό και με την παροχή οξυγόνου από τον αέρα διατηρεί τη φλόγα (Πρβλ. *Thrhg. Ign* 28.3-5).

Οι λύχνοι διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους, ανάλογα με τη θέση του φιλιλιού: α) στους λύχνους αναρρόφησης, όπου το φιλίλι τοποθετείται σε ειδική προεξοχή, τον μυκτήρα, όπως στους περισσότερους ελληνικούς και ρωμαϊκούς λύχνους που γνωρίζουμε και β) στους λύχνους επίπλευσης, όπου το φιλίλι επιπλέει πάνω στο καύσιμο υλικό, όπως στις βυζαντινές *κανδήλες* (Motsianos 2011, 105-111) και στα σημερινά καντήλια. Στους λύχνους επίπλευσης το φιλίλι υποστηρίζεται από έναν πλωτήρα ή έναν υποδοχέα φιλιλιού (Moullou and Garnett, 2019, 169-180, Moullou 2021, 188-193). Οι λύχνοι αυτοί εντοπίζονται τόσο στην Αίγυπτο (Robins 1939, 184-187) όσο και στην Ελλάδα (Μουλλού 2002, 29-53, Moullou 2021, 183-206).

Το φιλίλι των λύχνων αποτελούνταν από φυτικές ίνες ή κλωστές στριμμένες μεταξύ τους (Gal. *Comp. Med. Loc.* 13.858.1–2). Τα κύρια υλικά από το οποία κατασκευάζονταν τα φιλίλια στην αρχαιότητα ήταν το λινάρι (Plin. *HN*, 19.17.4-6) και η κάνναβη (*Ίππιατρικά* 96.26.5-6). Χρησιμοποιούνταν, όμως, και άλλες φυτικές ύλες, οι οποίες δεν χρειάζονται καμία προετοιμασία προκειμένου να ανάψουν, όπως ο σχίνος, (*Anth.Pal.* 6.249, Plin. *HN*, 21, 114) ο πάπυρος (Plin. *HN*, 28, 168) και, ίσως, το *θύρον*, δηλαδή το βούρλο (Suda στο λ. *θυραλλίς*, πρβλ. LSJ στο λ. *θύρον*). Στον χρυσό λύχνο του Καλλιμάχου στο Ερέχθειο, σύμφωνα με τον Παιουσανία (1.26.6.9-7.7), χρησιμοποιείτο *Καρπάσιος λίνος*, δηλαδή αμίαντος (LSJ στο λ. *Καρπάσιον*). Ο αμίαντος ή αλλιώς άσβεστος δεν καταναλώνεται, αλλά λευκοκυρώνεται, συνεπώς δεν σβήνει και παράγει πολύ λαμπρή φλόγα. Καταστρέφεται μόνο όταν σπάσει (Moullou 2011, 137). Μέχρι πριν την απαγόρευση της χρήσης του για λόγους υγείας, χρησιμοποιούνταν ως φιλίλι στις λάμπες πολυτελείας, με την κοινή ονομασία «λούξ» ή «λούξι». Το βαμβάκι δεν ήταν γνωστό ή τουλάχιστον όχι ευρέως χρησιμοποιούμενο (Τζαχίλη 1997, 34). Ειδικά για τη χρήση του στους λύχνους δεν έχουμε καμία σχετική μαρτυρία.

Ένα άλλο φυτό που χρησιμοποιούνταν ως φιλίλι των λύχνων επίπλευσης ήταν η *φλομίς*, ένα είδος *φλόμου* (Dioscor *De Mater. Med* 4.103.2.7–10, Poll., *Onom.* 6.103.6 και 10.115.9, Phot. *Lexicon*, λ. *θυραλλίς*. Επίσημη ονομασία σήμερα *Βαλλωπή η Κρατηφόρος* βλ. Καββαδάς 1956, τ. 2, 743 και Γεννάδιος 1959, 155), που αφθονεί στην Ελλάδα και ονομάζεται κοινώς λουμί, λυχναράκι ή φιλιάκι<sup>3</sup>. Το λουμί δεν επιπλέει πάνω στο καύσιμο υλικό, παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, για αυτό τοποθετείται σε πλωτήρα κατασκευασμένο από φελλό ή καλά ξεραμένο ξύλο (Parisinou 1998, Μουλλού 2002, 32–35, 57–64, Moullou και Garnett 2019, 167-178, Moullou 2021, 189).

Τα πρώτα λυχναρία, κυρίως λίθινα, οστέινα ή από κελύφη κογχυλιών, τα συναντάμε στην παλαιολιθική περίοδο (De Beaune 1987). Τα πήλινα ξεκινούν από τη νεολιθική, ενώ τα μέταλλινα από την εποχή του χαλκού (Μουλλού 2002, 10). Στην ύστερη αρχαιότητα εμφανίζονται τα γυάλινα (Motsianos 2011, 107).

<sup>3</sup> Αυτές είναι οι κύριες ονομασίες του φυτού στην Ελλάδα. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες τοπικές ονομασίες· βλ. Douskos και Moullou 2015, 155.

Το σχήμα των λύχνων αναρρόφησης από τη νεολιθική εποχή μέχρι τους μεταγενέστερους χρόνους δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Στους ρωμαϊκούς χρόνους, εμφανίζονται πολυτελέστεροι και πιο περίτεχνοι πλαστικοί λύχνοι, συχνά με τη μορφή ανθρώπων ή ζώων. Η μορφή και ο σχεδιασμός των διαφόρων τμημάτων των λύχνων αναρρόφησης (σώμα, μυκτήρας, λαβή) καθορίζουν την τυπολογική και χρονολογική τους κατάταξη. Η εξέλιξη στη διαμόρφωση του σχήματος του λύχνου αναρρόφησης περιλαμβάνει: α) Την αρχική γεφύρωση και αργότερα το κλείσιμο του μυκτήρα, αφήνοντας μια μικρή οπή για τη διευθέτηση του φωτισμού. β) Την επιμήκυνση του μυκτήρα με στόχο την απομάκρυνση της φλόγας από τη δεξαμενή λαδιού. γ) Το κλείσιμο της άνω επιφάνειας της δεξαμενής λαδιού με τη δημιουργία του δίσκου. Από τα παραπάνω διαφαίνεται προσπάθεια λήψης μέτρων προστασίας για τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς που μπορεί να προκαλέσει η ανάφλεξη του καύσιμου υλικού. Παράλληλα, με το κλείσιμο της άνω επιφάνειας της δεξαμενής λαδιού, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καύσιμου υλικού, αποφεύγοντας την απώλειά του κατά την κίνηση (Μουλλού 2011, 54-55).

Οι λύχνοι επίπλευσης είναι δύσκολο να αναγνωριστούν αρχαιολογικά γιατί δεν έχουν μυκτήρα, ή κάποιο άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, όπως π.χ. ίχνη καύσης, παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, γιατί η φλόγα δεν ακουμπά το τοίχωμα του αγγείου.

Η παραγωγή των λύχνων αναρρόφησης στην Ελλάδα σταματά για 400 περίπου χρόνια μετά την κατάρρευση των μυκηναϊκών ανακτόρων και ξεκινά εκ νέου στον 7ο αιώνα π.Χ. (Μουλλού 2002, 13–18). Αντίθετα, οι λύχνοι επίπλευσης φαίνεται να χρησιμοποιήθηκαν αδιάλειπτα από την προϊστορική περίοδο και έπειτα (Persson 1942, 102–104, Gillis 1990, ενδεικτικά 34–36, 87–90, 123–125, 133–134). Κατά τη διάρκεια αυτών των «σκοτεινών αιώνων», απλά ή πιο περίτεχνα δοχεία, όπως ανοιχτά δοχεία πόσης, κάλαθοι ή πυξίδες, θα μπορούσαν να έχουν χρησιμοποιηθεί λύχνοι επίπλευσης (Hochstetter 1984, 180, Parisinou 1998, Μουλλού 2002, 40–48, και 2010, 182–186).

Με την επανεμφάνιση των λύχνων αναρρόφησης στην Ελλάδα, οι λύχνοι επίπλευσης έπαψαν να είναι ο κυρίαρχος τύπος λύχνου, αλλά παρέμειναν σε χρήση. Στα χρόνια αυτά απλά ανοιχτά δοχεία, όπως κύπελλα ή «αλατοδοχεία», χρησιμοποιούνταν για τον σκοπό αυτό (βλ. την παράσταση στο πώμα ερυθρόμορφης λεκανίδας του Ζωγράφου της Bologna, Βερολίνο, Schloss Charlottenburg/Antikensammlung F2517, ARV<sup>2</sup> 917.205, *Paralipomena* 430, BAPD 211142), ή ακόμα και θραύσματα σπασμένων αγγείων, όπως ένα καπάκι αγγείου που χρησιμοποιήθηκε σε δεύτερη χρήση ως λύχνος με κρεμαστό φωτίλι (Zoitroulou and Fossey 2003, 97–98). Στην αρχαϊκή και κλασική περίοδο, το ιδιαίτερο αγγείο με το εξαιρετικά έσω νεύον χείλος, που συμβατικά ονομάζεται *κώθων*, *εξάλειπτρο* ή *πλημοχόη*, ήταν ένα ασφαλές δοχείο, ιδανικό ως λύχνος επίπλευσης, που κάλλιστα θα μπορούσε να είναι η *στίλβη*, το ειδικό λυχνάρι, που, προφανώς λόγω του είδους του φωτισμού του, δεν κατανάλωνε πολύ λάδι (Poll. *Onom.* 6.103.8–13, 6.119.9; Phot., *Lexicon*, στο λ. *Στίλβη*; Burrows και Ure 1911, 72–99, Μουλλού 2021, 183–206). Από τους ύστερους ρωμαϊκούς χρόνους οι λύχνοι επίπλευσης κατασκευάζονταν και από γυαλί (Motsianos 2011, 107–110).

Από την κλασική περίοδο και έπειτα, οι λύχνοι αναρρόφησης—το μόνο μέσο φωτισμού για το οποίο υπάρχουν αξιόπιστα ανασκαφικά δεδομένα—βρίσκονται σχεδόν σε κάθε κατοικία, ενώ από την ύστερη κλασική ή ελληνιστική περίοδο και έπειτα, ο αριθμός των λύχνων ανά νοικοκυριό αυξάνεται σημαντικά (Μουλλού 2010, 219). Οι λύχνοι μπορούν να βρεθούν σχεδόν σε κάθε χώρο ενός σπιτιού (Seidel 2009, 19–61 και Μουλλού 2010, 219–235). Εντοπίζονται πιο συχνά σε χώρους που έχουν χρησιμοποιηθεί ως κουζίνες ή δωμάτια καθημερινής διαβίωσης, σε ανοιχτούς

ή ημι-υπαίθριους χώρους, όπως η αυλή ή η πασάδα, και στις αποθήκες. Η αποθήκη είναι ένας από τους λίγους χώρους στο σπίτι, όπου οι λύχνοι άναβαν κατά τη διάρκεια της ημέρας (Αγ. *Eccl.* 1, 14–15 πρβλ. πρβλ. τη φράση *λύχνον έν μεσημβρια άππεις (Suda)*, που αναφέρεται σε αυτούς που κάνουν κάτι σε ακατάλληλη στιγμή). Λιγότεροι λύχνοι εντοπίζονται ανασκαφικά σε υπνοδωμάτια, εργαστήρια, καταστήματα και στους ανδρώνες (Moullou 2015, 201–207). Κατά την κλασική περίοδο στην Ελλάδα, φαίνεται ότι ένας ή δύο λύχνοι ήταν αρκετοί για να καλύψουν τις βασικές ανάγκες ενός σπιτιού (Moullou 2015, 201–207). Μέσα σε ένα δωμάτιο, οι λύχνοι κρέμονταν από την οροφή ή τοποθετούνταν σε λυχνοστάτες, σε τραπέζια, σε ράφια ή σε ειδικές εσοχές στους τοίχους (Bruneau 1980, 38, Μουλλού 2010, 234–235).

Στις αρχαίες πηγές, αναφέρονται δύο είδη λαδιού, τα οποία χρησιμοποιούνταν για φωτισμό. Το ελαιόλαδο, που ήταν το βασικό καύσιμο υλικό, και το καστορέλαιο, το οποίο ανέδιδε μια βαριά οσμή (Hdt. *Hist.* 2,94, Dioscor *De Mater. Med.*, 1. 32. 1-2, Plin. *HN*, 23, 83-84). Το σησαμέλαιο χρησιμοποιούνταν ως καύσιμο υλικό λύχνων στην Εγγύς Ανατολή, αλλά δεν υπάρχει αναφορά για ανάλογη χρήση του στον ελλαδικό χώρο (Μουλλού 2002, 36). Η χρήση αρωματικών ελαίων στα λυχνάρια μαρτυρείται τόσο από γραπτές πηγές, όσο και από την εικονογραφία (Scheibler 1976, 150, 155, Μουλλού 2021, 197-202). Ο στόχος, όμως, αυτής της πρακτικής δεν ήταν ο φωτισμός, αλλά ο αρωματισμός του χώρου.

Για το ζωικό λίπος, δεν υπάρχει κάποια μαρτυρία για τη χρήση του σε λύχνους στην Αρχαία Ελλάδα. Οι πηγές που αναφέρουν το λίπος ως καύσιμο υλικό λύχνων είναι ρωμαϊκές (Daremborg και Saglio στο λ. *Sebum (Besnier)*, 1164). Ωστόσο, μια ύστερη ελληνική πηγή, ο Διοσκουρίδης, αναφέρει σαφώς τη χρήση του λίπους για την κατασκευή δαδών (*De Mater. Med.*, 2.73.2.5-7). Αναλύσεις στο περιεχόμενο λύχνων έδειξαν ότι ζωικό λίπος χρησιμοποιούνταν σε περιοχές του βορρά, όπως η Βόρεια Ιταλία, όπου το ελαιόλαδο ήταν δυσεύρετο (Hermanns 2004, 7 και σημ. 25). Παρόλα αυτά, επειδή το ελαιόλαδο θα ήταν σπάνιο σε ορισμένες ορεινές ή νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας, όπως, άλλωστε, και σήμερα<sup>4</sup>, δεν αποκλείεται να χρησιμοποιούνταν λίπος σε ανοικτούς λύχνους (επίπλευσης ή αναρρόφησης χωρίς δίσκο) ακόμα και εάν δεν έχει σωθεί κάποια σχετική μαρτυρία.

Το πετρέλαιο χρησιμοποιήθηκε ως καύσιμο υλικό λύχνων στη Σικελία (τουλάχιστον στην ύστερη αρχαιότητα) και στη Μέση Ανατολή (Βαβυλώνα), ωστόσο, η χρήση του δεν ήταν ποτέ διαδεδομένη, επειδή, όντας πολύ εύφλεκτο, ήταν επικίνδυνο (Dioscor. *De Mater. Med.*, 1.73.1.5–8, Plin. *HN*, 31, 82 και 35, 179).

Ένα φιλί από λινάρι πάχους περίπου 5mm καταναλώνει 5–6ml ελαιόλαδου ανά ώρα, ενώ ένα φιλί από λουμίνι, ανάλογα με το μέγεθός του, καταναλώνει περίπου 3–4ml (ένα φιλί από βαμβάκι φιλί πάχους 5mm καταναλώνει 6–7ml ανά ώρα). Σε 8 ώρες, εάν υποθέσουμε ότι ένας λύχνος θα ήταν αναμμένος καθ' όλη τη διάρκεια της νύκτας (κάτι που συνέβαινε σπάνια, π.χ. Lys. 1,14.2–5), η συνολική κατανάλωση λαδιού θα ήταν 24–32ml για ένα φιλί από λουμίνι και 40–48ml για ένα φιλί από λινάρι. Συνεπώς, ο φωτισμός με έναν λύχνο, αναμμένο καθ' όλη τη διάρκεια της νύκτας σήμαινε συνολική κατανάλωση 720ml–1,5l ανά μήνα (Moullou and Topalis 2021, 607).

---

<sup>4</sup> Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι μέχρι πριν λίγα χρόνια στην Κέα, όπου το ελαιόλαδο ήταν σπάνιο, χρησιμοποιούνταν πρόχειροι λύχνοι με λίπος για καύσιμο υλικό. Πληροφορία από τον καθ. Ν. Φαράκλα (προσωπ. επικοινωνία 2009).

Όσον αφορά το κόστος του ελαιολάδου, οι τιμές κατά την κλασική και την πρώιμη ελληνιστική περίοδο κυμαίνονταν μεταξύ 0,5 και 1,5 οβολών ανά κοτύλη, σχεδόν ένα τέταρτο του λίτρου (RE, *Oleum*, 2472–2473 και Pritchett 1956, 184). Έτσι, μία κοτύλη λαδιού κάλυπτε τις βασικές ανάγκες φωτισμού για μια περίοδο 5-10 ημερών. Με βάση τη μέση τιμή ενός οβολου ανά κοτύλη, το ημερήσιο κόστος για την κάλυψη των βασικών αναγκών θα ήταν λιγότερο από 0,1 οβολούς με χρήση φιτιλιού από λουμί, ή λίγο περισσότερο, περίπου 0,2 οβολούς, με χρήση φιτιλιού από λινάρι. Το λάδι για φωτισμό δεν χρειάζεται να είναι βρώσιμο· μπορεί να είναι κατώτερης ποιότητας ή ακόμη και το κατακάθι στα δοχεία αποθήκευσης λαδιού (για τιμές βλ. Pritchett 1956, 184). Λαμβάνοντας υπόψη τις χαμηλές τιμές των πηλίνων λύχνων αναρρόφησης, οι οποίοι, στην Αθήνα του τέταρτου αιώνα, κόστιζαν 0,06–0,6 οβολούς (Scheibler 1976, 151, 158), οι λύχνοι θα ήταν φθηνότεροι από τις δάδες που αγοράζονταν από τον έμπορο λιανικής (Moullou and Topalis 2021, 607-609). Το κόστος του φιτιλιού δεν λαμβάνεται υπόψη εδώ, καθώς το λουμί και άλλες φυσικές ίνες, όπως ο σχίνος, μπορούσαν να συλλεχθούν δωρεάν στη φύση και να χρησιμοποιηθούν χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία.

### 3. Εργαστηριακές Μετρήσεις Φωτισμού Λύχνων

Στο εργαστήριο Φωτομετρίας του ΕΜΠ μετρήθηκαν σε απόλυτες τιμές (σε cd) οι κατανομές της φωτεινής έντασης των λύχνων στον χώρο. Ακολουθήθηκε η τυποποιημένη μεθοδολογία της CIE (Commission Internationale de l'Éclairage 1996) χρησιμοποιώντας ειδικά κατασκευασμένο γωνιοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ένας πίνακας με τη φωτεινή ένταση της πηγής φωτός προς κάθε κατεύθυνση στον χώρο, απαραίτητος για τη δημιουργία του τυποποιημένου αρχείου φωτομετρικών δεδομένων σε μορφή EULUM (προτιμώμενη στην ΕΕ) ή IES (προτιμώμενη στις ΗΠΑ). Το φωτομετρικό αρχείο περιέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τις φωτεινές ιδιότητες, τη γεωμετρία του τύπου και της πηγής φωτός, και τη συνολική εκπεμπόμενη φωτεινή ροή σε lumens. Με αυτόν τον τρόπο, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, μπορούν να προσδιοριστούν σε απόλυτες τιμές φωτισμού (σε lux) οι συνθήκες φωτισμού μέσα σε ένα χώρο (πχ. σε δωμάτια αρχαίων οικιών), χρησιμοποιώντας ευρέως αποδεκτά λογισμικά σχεδιασμού φωτισμού.

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν πιστά αντίγραφα λύχνων αναρρόφησης και επίπλευσης (Εικόνα 1) με ποικίλα υλικά κατασκευής (μάρμαρο, πέτρα και πηλό) και χρώματα (μαύρο γάνωμα, χωρίς γάνωμα, λευκό κ.λπ.), καθώς και διαφορετικά είδη καύσιμου υλικού (ελαιόλαδο, σησαμέλαιο και επεξεργασμένο λίπος αρνιού). Για την επεξεργασία του λίπους ακολουθήθηκαν οι οδηγίες του Διοσκουρίδη (Dioscor. *De Mater. Med.* 2, 75.4). Ως φυτό χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά είδη φιτιλιού (λινάρι, κάνναβη, βαμβάκι) με ποικίλη κατασκευή (στριφτό/πλεκτό) και διαστάσεις, καθώς και λουμί, το οποίο συλλέχθηκε από τη φύση.





**Εικόνα 1.** Αντίγραφα λύχνων που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα.

Τα αντίγραφα των λύχνων αναρρόφησης και η οξυπύθμενη πυξίδα που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα αποκτήθηκαν από το Ταμείο Αρχαιολογικών Πόρων του Υπουργείου Πολιτισμού (νυν ΟΔΑΠ). Εκτός από το γυάλινο λυχνάρι (για το οποίο χρησιμοποιήσαμε ένα σύγχρονο ποτήρι κρασιού), τα δοχεία για τους λύχνους επίπλευσης κατασκευάστηκαν ειδικά για τα πειράματα αυτά στο Εργαστήριο Αγγειοπλαστικής του Γ. Χατζηνικολάκη στο Βιομηχανικό Πάρκο Ανατολικού Ηρακλείου Κρήτης.

### 3.1 Αποτελέσματα

Οι Εικόνες 2-4 δείχνουν την κατανομή της φωτεινής έντασης (σε cd) στον χώρο. Τα διαγράμματα έχουν σχεδιαστεί σε πολικές συντεταγμένες με την πηγή φωτός τοποθετημένη στο κέντρο του διαγράμματος (σημείο 0). Αυτή η θέση της πηγής φωτός μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε στον χώρο. Η γωνία  $0^\circ$  δείχνει την κατεύθυνση του φωτός προς τα κάτω (ναδίρ), δηλαδή προς το πάτωμα. Η γωνία  $180^\circ$  δείχνει την κατεύθυνση του φωτός προς τα πάνω (ζενίθ), δηλαδή προς το ταβάνι. Οι γωνίες  $90^\circ$  και  $270^\circ$  δείχνουν την κατεύθυνση του φωτός οριζόντια, δηλαδή σε κατευθύνσεις παράλληλες με το πάτωμα και το ταβάνι. Οι πίνακες 1 και 2 παρουσιάζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λύχνων επίπλευσης και αναρρόφησης που μετρήθηκαν.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το χρώμα της φλόγας σε κάθε περίπτωση ήταν  $1850\text{ K}$  (+50). Αυτή η θερμοκρασία χρώματος θεωρείται πολύ "ζεστή" (κιτρινωπό προς κοκκινωπό). Ελαφρώς σχετική ( $2000\text{ K}$ ) είναι η θερμοκρασία χρώματος της λάμπας υψηλής πίεσης νατρίου που χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό δρόμων. Η θερμοκρασία χρώματος της λάμπας βολφραμίου που έχει καταργηθεί είναι  $2800\text{ K}$ , του ηλιακού φωτός  $5800\text{ K}$  και του συννεφιασμένου ουρανού  $6000\text{ K}$ .

Οι πίνακες 1-2 παρουσιάζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λύχνων επίπλευσης και των λύχνων αναρρόφησης. Στους πίνακες 3 και 4 βλέπουμε την ένταση φωτισμού σε επιφάνειες κοντά και μακριά από την φωτεινή πηγή, τόσο για τους λύχνους επίπλευσης όσο και για τους λύχνους αναρρόφησης.

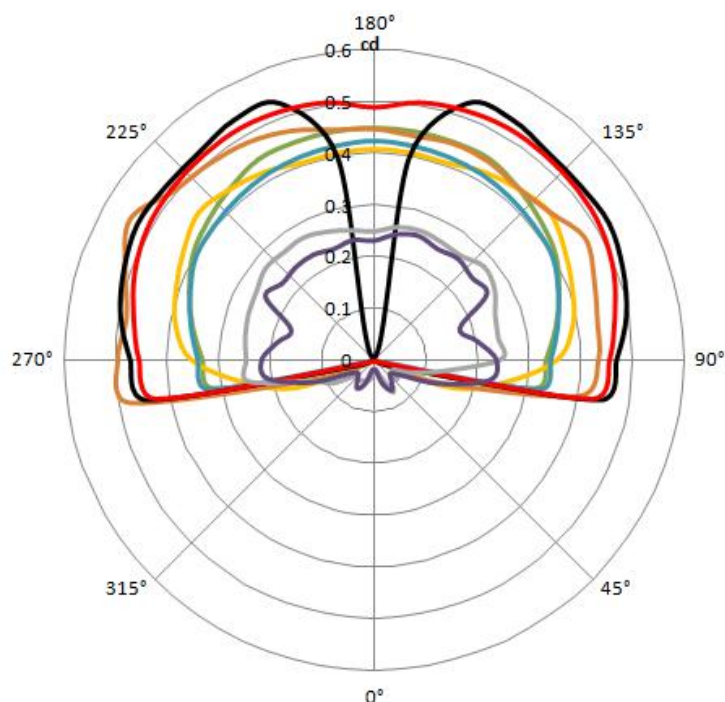
Αναφορικά με τους λύχνους επίπλευσης, εξετάσαμε την ένταση και τον φωτισμό που αποδίδει ένα λουμίνι σε διάφορα δοχεία: τύπου μπολ σε ποικιλία σχημάτων και μεγεθών, κώθων, γυάλινο ποτήρι, και πήλινη κανδήλα (Εικόνα 2). Διαπιστώσαμε ότι σε κάθε περίπτωση ο λύχνος επίπλευσης παρέχει έμμεσο φωτισμό, δηλαδή ο φωτισμός κατευθύνεται προς τα πάνω. Η αλλαγή του δοχείου δεν επηρεάζει το φωτιστικό αποτέλεσμα. Αυτό που έχει σημασία στους λύχνους επίπλευσης είναι η ποιότητα του λουμινιού, με μέγιστη φωτεινή ένταση από  $0,3\text{cd}$  έως  $0,5\text{cd}$ .

Το φως που αποδίδει ο λύχνος αναρρόφησης με μυκτήρα σε προεξοχή, επηρεάζεται από δύο παράγοντες: το είδος και τις διαστάσεις του φιτιλιού. Αναφερόμαστε τόσο στο πάχος του φιτιλιού όσο και στο μήκος του τμήματός του που βρίσκεται ελεύθερο εκτός του μυκτήρα. Δοκιμάσαμε αρκετές διαφορετικές περιπτώσεις π.χ. στριφτό φιτίλι με 0,5cm πάχος και 1cm. ελεύθερο μήκος, στριφτό φιτίλι με 1cm πάχος και 1cm ελεύθερο μήκος, και πλεκτό φιτίλι με 1cm πάχος και 1cm ελεύθερο μήκος. Χρησιμοποιήσαμε φιτίλι από λινάρι, κάνναβη και βαμβάκι. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερες ήταν οι διαστάσεις του φιτιλιού (από το ίδιο υλικό), τόσο περισσότερο φως απέδιδε. Από τις δύο διαστάσεις, το ελεύθερο μήκος του φιτιλιού έχει μεγαλύτερη επίδραση από το πάχος του, διότι όσο μεγαλύτερο είναι το ελεύθερο μήκος του φιτιλιού, τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η φλόγα του. Ο τρόπος κατασκευής του (πλεκτό ή στριφτό) δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα, με ένα μικρό πλεονέκτημα του στριφτού φιτιλιού. Ανάμεσα στα τρία είδη φιτιλιού που χρησιμοποιήσαμε, το βαμβάκι αποδίδει περισσότερο φως. Φιτίλι πάχους 1cm και ελεύθερου μήκους 1cm από λινάρι ή κάνναβη αποδίδει μέγιστη φωτεινή ένταση περίπου 1cd, ενώ το αντίστοιχο φιτίλι από βαμβάκι αποδίδει 2cd.

Επιπλέον δοκιμάσαμε την επίδραση του καύσιμου υλικού (ελαιόλαδο, σησαμέλαιο), όπου τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ελαιόλαδο είναι κατά 15% περίπου πιο αποτελεσματικό από το σησαμέλαιο.

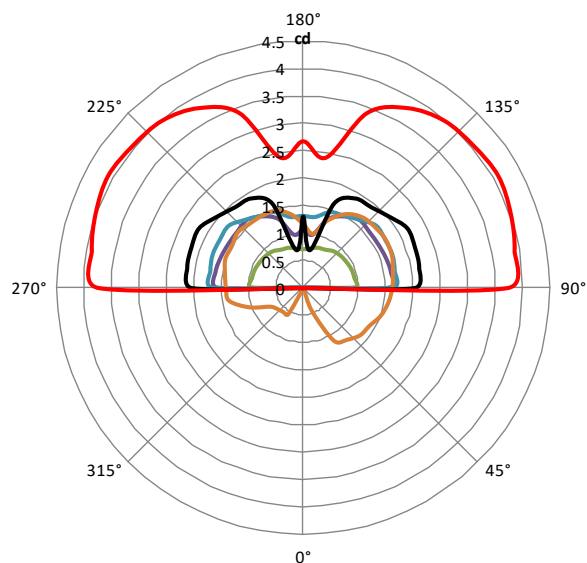
Μια σημαντική ποιοτική υπεροχή του λύχνου αναρρόφησης, με διαμορφωμένο μυκτήρα σε προεξοχή, έναντι του λύχνου επίπλευσης είναι ότι ένα μέρος του φωτισμού κατευθύνεται και προς τα κάτω, παρέχοντας άμεσο-έμμεσο φωτισμό.

Από πλευράς φιτιλιών αξίζει να σημειωθεί ότι φιτίλι από βαμβάκι είναι το πιο αποτελεσματικό, όμως το λιγότερο οικονομικό καθώς καταναλώνει περισσότερο καύσιμο υλικό. Αντίθετα, το λουμί είναι το λιγότερο αποτελεσματικό από όλα τα φιτίλια, αλλά το πιο οικονομικό, τόσο από την άποψη κατανάλωσης λαδιού όσο και από την ευκολία εύρεσης και προμήθειάς του, αφού βρίσκεται ελεύθερο στη φύση και δεν χρειάζεται καμία επεξεργασία για να χρησιμοποιηθεί.



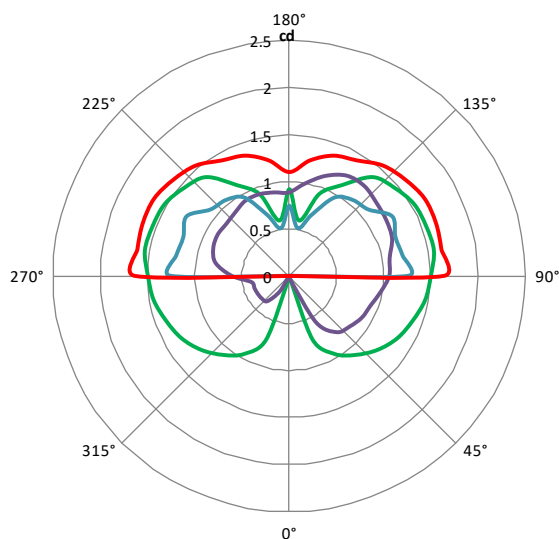
**Εικόνα 2.** Λύχνοι επίπλευσης με φιτίλι από λουμί και ελαιόλαδο ως καύσιμο υλικό.

Μπλε: Πήλινο μπολ τύπου «αλατοδοχείου», Κίτρινο: Πήλινο μπολ τύπου «αλατοδοχείου» με την προσθήκη αλατιού στο καύσιμο υλικό (βλ. *Hdt. Hist.* 2,62). Πράσινο μπολ τύπου «αλατοδοχείου» με έξω νεύον χείλος, Γκρι: γυάλινο ποτήρι γεμάτο με λάδι, Μωβ: γυάλινο ποτήρι γεμάτο μέχρι τη μέση, Καφέ: Κώθων, Κόκκινο: οξυπύθμενη πυξίδα, Μαύρο: οξυπύθμενη πυξίδα με αναρτημένο πώμα.



**Εικόνα 3.** Λύχνοι αναρρόφησης με στριφτό λινό φιτίλι και ελαιόλαδο ως καύσιμο υλικό.

Πράσινο:  $M=0.5\text{cm}$ ,  $\Pi=0.5\text{cm}$ , Μωβ:  $M=0.5\text{cm}$ ,  $\Delta=1\text{cm}$ , Μπλε:  $M=1\text{cm}$ ,  $\Delta=1.5\text{cm}$ , Καφέ:  $M=1\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ , Μαύρο:  $M=2\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ , Κόκκινο:  $M=2\text{cm}$ ,  $\Pi=2\text{cm}$  ( $M$ : ελεύθερο μήκος φιτιλιού,  $\Pi$ : πάχος φιτιλιού).



**Εικόνα 4.** Λύχνοι αναρρόφησης με φιτίλι από λινάρι ή βαμβάκι και ελαιόλαδο ή σησαμέλαιο ως καύσιμο υλικό. Μωβ: Πλεκτό λινό φιτίλι ( $M=1\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ ), ελαιόλαδο, Κόκκινο: φιτίλι από βαμβάκι στριφτό ( $M=0.5\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ ), ελαιόλαδο, Μπλε: φιτίλι από λινάρι στριφτό ( $M=0.5\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ ), σησαμέλαιο, Πράσινο: φιτίλι από λινάρι στριφτό ( $M=1\text{cm}$ ,  $\Pi=1\text{cm}$ ), σησαμέλαιο

**Πίνακας 1.** Τεχνικά χαρακτηριστικά των λύχνων επίπλευσης.

Τύπος	Καύσιμο	Φτίλι	Παρατηρήσεις	Μήκος φτιλιού (cm) <sup>1</sup>	Πάχος φτιλιού (cm)	Lumens <sup>2</sup> lm	Max. candelas <sup>3</sup> cd		
Πήλινο Μπωλ	Ελαιόλαδο	Λουμίλι		1.0	1.0	3.0	0.42		
			Προσθήκη αλατιού <sup>4</sup>			3.2	0.44		
			3.1			0.45			
Γεμάτο			2.3			0.28			
Μισογεμάτο			2.1			0.25			
			3.8			0.57			
Γυάλινο ποτήρι									
Κώθων									
Οξυπύθμενη πυξίδα									
								4.0	0.53
					3.9	0.52			
Γυάλινο ποτήρι		Λινάρι	Στήριγμα φτιλιού τύπου Υ	1.0	1.0	14.8	1.64		
Πήλινο μπωλ	Λίπος		Χωρίς στήριγμα φτιλιού	1.0	1.0	8.9	1.18		

<sup>1</sup> Ελεύθερο μήκος φτιλιού, εκτός μυκτήρα  
<sup>2</sup> Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής, χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνολική ποσότητα ορατού φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός  
<sup>3</sup> Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης μιας φωτεινής πηγής.  
<sup>4</sup> Hdt. Hist. 2.62

**Πίνακας 2.** Τεχνικά χαρακτηριστικά των λύχνων αναρρόφησης.

Τύπος	Καύσιμο	Φιτίλι	Παρατηρήσεις	Μήκος φιτιλιού <sup>1</sup> (cm)	Πάχος φιτιλιού (cm)	Lumens <sup>2</sup>	Maximum candelas <sup>3</sup>		
Πηλός (χωρίς επίχρισμα)	Ελαιόλαδο	Λινάρι στριφτό		0.5	0.5	9.4	1.04		
				0.5	1.0	16.2	1.73		
				1.0	1.5	17.5	1.94		
				1.0	1.0	16.5	2.00		
				2.0	1.0	19.1	2.12		
				2.0	2.0	39.8	4.40		
		Λινάρι πλεκτό		1.0	1.0	9.8	1.29		
		Βαμβάκι		0.5	1.0	16.4	1.74		
		Σησαμέλαιο	Λινάρι στριφτό		0.5	1.0	10.6	1.18	
				1.0	1.0	13.5	1.50		
3-μυξο λυχνάρι (μελαμβαφές)	Ελαιόλαδο		Με 1 φιτίλι αναμμένο	1.0	1.0	10.0	1.15		
			2 φιτίλια	1.0	1.0	18.1	2.18		
				1.0	1.0	37.5	3.96		
3 φιτίλια									
3-μυξο λυχνάρι (λευκό μάρμαρο)					1 φιτίλι	1.0	1.0	15.9	2.56
					2 φιτίλια	1.0	1.0	30.0	5.27
	3 φιτίλια	1.0			1.0	61.6	6.89		

<sup>1</sup> Εννοείται το ελεύθερο μήκος φιτιλιού, εκτός του μυκτήρα  
<sup>2</sup> Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής, χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνολική ποσότητα ορατού φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός  
<sup>3</sup> Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης μιας φωτεινής πηγής, δηλαδή τη δύναμη του φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση

**Πίνακας 3.** Ένταση φωτισμού λύχνων επίπλευσης

Τύπος	Καύσιμο	Φιτίλι	Παρατηρήσεις	Μήκος <sup>1</sup> φιτιλιού (cm)	Πάχος φιτιλιού (cm)	Ένταση φωτισμού σε 0.5m κάθετα <sup>2</sup> (lx)	Ένταση φωτισμού σε 0.5m επιφ. 30° (lx)	Ένταση φωτισμού σε 2.0m κάθετα (lx)
Πήλινο Μπωλ	Ελ/αδο	Λουμίνι				1.36	1.18	0.09
			Προσθήκη αλατιού			1.41	1.22	0.09
						1.33	1.15	0.08
			Γεμάτο			0.99	0.86	0.06
			Μισογεμάτο			0.91	0.79	0.06
						1.86	1.61	0.12
Γυάλινο ποτήρι	Λίπος	Λινάρι	Στήριγμα φιτιλιού τύπου Υ	1.0	4.72	5.45	4.72	0.34
Κώθων			Χωρίς στήριγμα φιτιλιού	1.0	3.17	3.66	3.17	0.23
Οξυπύθ- μενη πυξίδα			Με αναρτημένο πώμα			1.88	1.63	0.12
						1.82	1.58	0.11

<sup>1</sup> Ελεύθερο μήκος εκτός μυκτήρα  
<sup>2</sup> Το φυσικό μέγεθος μέτρησης του φωτός που προσπίπτει σε μια επιφάνεια.

**Πίνακας 4.** Ένταση φωτισμού των λύχνων αναρρόφησης

Τύπος	Φιτίλι	Παρατηρήσεις	Μήκος φιτιλιού <sup>1</sup> (cm)	Πάχος φιτιλιού (cm)	Ένταση φωτισμού στα 0.5m κάθετα <sup>2</sup> (lx)	Ένταση φωτισμού στα 0.5m επιφ. 30° (lx)	Ένταση φωτισμού στα 2.0m κάθετα (lx)	
Πηλός (χωρίς επίχρισμα)	Λινάρι στριφτό		0.5	0.5	3.39	2.94	0.21	
			0.5	1.0	5.86	5.07	0.37	
			1.0	1.5	6.32	5.47	0.40	
			1.0	1.0	6.08	5.27	0.38	
			2.0	1.0	6.91	5.98	0.43	
			2.0	2.0	14.36	12.44	0.90	
		Λινάρι πλεκτό		1.0	1.0	3.33	2.88	0.21
		Βαμβάκι		0.5	1.0	5.92	5.12	0.37
		Λινάρι στριφτό		0.5	1.0	3.84	3.33	0.24
				1.0	1.0	4.89	4.23	0.31
3-μυξο λυχνάρι (μελαμβαφές)		Με 1 φιτίλι αναμμένο	1.0	1.0	3.66	3.17	0.23	
		2 φιτίλια	1.0	1.0	7.69	6.66	0.48	

		3 φωτίζια	1.0	1.0	14.56	12.61	0.91
3-μυξο λυχνάρι (λευκό μάρμαρο)		1 φωτίλι	1.0	1.0	6.01	5.20	0.38
		2 φωτίζια	1.0	1.0	11.47	9.94	0.72
		3 φωτίζια	1.0	1.0	23.86	20.66	1.49

<sup>1</sup> Ελεύθερο μήκος εκτός μυκτήρα

<sup>2</sup> Το φυσικό μέγεθος μέτρησης του φωτός που προσπίπτει σε μια επιφάνεια.

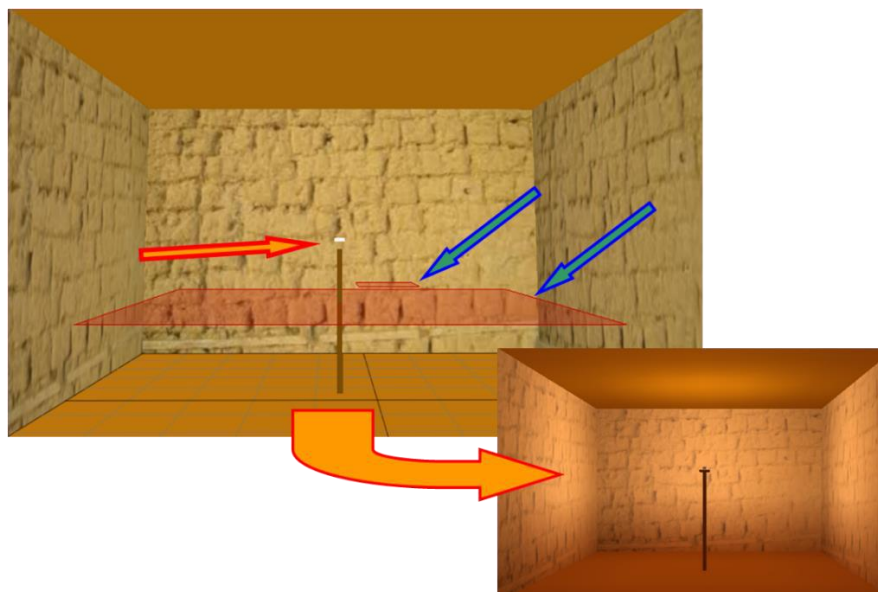
#### 4. Το φως του Λύχνου στο Χώρο - Υπολογισμοί και Προσομοιώσεις

Έχοντας τα φωτομετρικά αρχεία των λύχνων μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε σε υπολογισμούς και προσομοιώσεις φωτισμού για να ελέγξουμε το φως του λύχνου στον χώρο. Η προσομοίωση φωτισμού είναι η διαδικασία της δημιουργίας ενός μοντέλου που αναπαριστά τον τρόπο με τον οποίο το φως αλληλεπιδρά με αντικείμενα και με το περιβάλλον σε έναν δεδομένο φυσικό χώρο. Για την προσομοίωση φωτισμού χρησιμοποιείται εξειδικευμένο λογισμικό (όπως το DIALUX Eno ή το RELUX). Με τη διαδικασία αυτή αναλύεται η κατανομή και η συμπεριφορά του φωτός στον χώρο, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τις συνθήκες φωτισμού, όπως η θέση και ο τύπος των φωτιστικών σωμάτων, η ανακλαστικότητα των επιφανειών, καθώς και η γεωμετρία του χώρου.

Η προσομοίωση φωτισμού βοηθά στην κατανόηση της φωτεινότητας, της δημιουργίας σκιών, της απόδοσης των χρωμάτων και άλλων παραμέτρων φωτισμού, αλλά και στον έλεγχο της επίτευξης των επιθυμητών αισθητικών και λειτουργικών απαιτήσεων, όπως η οπτική άνεση, η ασφάλεια κ.ά. Χρησιμοποιείται ευρέως στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Στην αρχαιολογία μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε για την αναδημιουργία των συνθηκών φωτισμού σε αρχαία περιβάλλοντα και να αντλήσουμε πολύτιμες πληροφορίες για την καθημερινή ζωή και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Moullou 2013 και 2015).

Η Εικόνα 2 μας βοηθά στην κατανόηση της διαδικασίας προσομοίωσης φωτισμού. Στο λογισμικό προσομοίωσης φωτισμού, σχεδιάζεται αρχικά το μοντέλο του χώρου, π.χ ένα δωμάτιο μιας αρχαίας οικίας. Για τον σχεδιασμό του χρησιμοποιούνται τα γεωμετρικά και οπτικά χαρακτηριστικά του δωματίου, όπως π.χ. το χρώμα και το υλικό των επιφανειών που επηρεάζουν την ανακλαστικότητά τους. Στη συνέχεια πρέπει να τοποθετηθεί στο χώρο η φωτεινή πηγή με τα οπτικά χαρακτηριστικά της, όπως αυτά έχουν αποτυπωθεί στο φωτομετρικό αρχείο. Τέλος, ορίζονται οι εικονικές επιφάνειες μέτρησης (οι επιφάνειες ενδιαφέροντος).

Στην περίπτωση της Εικόνας 2, βλέπουμε ένα τυπικό δωμάτιο με πλίνθινους τοίχους και τον λύχνο τοποθετημένο σε λυχνοστάτη στο κέντρο. Μια μικρή εικονική επιφάνεια μέτρησης δημιουργήθηκε κοντά και κάτω από τον λύχνο, καθώς και μια μεγάλη επιφάνεια, πάλι κάτω από τον λύχνο που καλύπτει ολόκληρο το δωμάτιο. Στη συνέχεια μπορούμε να προχωρήσουμε σε υπολογισμούς για να βρούμε την ένταση φωτισμού (lx) στις επιφάνειες που επιλέξαμε.



**Εικόνα 2.** Διαδικασία της προσομοίωσης στο λογισμικό RELUX. Κόκκινο βέλος: φωτεινή πηγή. Μπλέ βέλη: εικονικές επιφάνειες μέτρησης.

Τα γεωμετρικά και οπτικά χαρακτηριστικά του δωματίου παίζουν σημαντικό ρόλο στο αποτέλεσμα φωτισμού, λόγω της έλλειψης ισχυρών φωτεινών πηγών. Αυτό φαίνεται καθαρά στις Εικόνες 3α, 3β και 3γ. Η Εικόνα 3α δείχνει ένα δωμάτιο με πλίνθινους τοίχους από πηλό, με παράγοντα ανακλαστικότητας 45%. Η Εικόνα 3β δείχνει το ίδιο δωμάτιο, όπου όμως οι τοίχοι έχουν λευκό επίχρισμα. Ο παράγοντας ανακλαστικότητας σε αυτήν την περίπτωση αυξάνεται σε 65%. Η σύγκριση των δύο εικόνων δείχνει ότι στο δωμάτιο με το λευκό επίχρισμα, το αποτέλεσμα της ανακλαστικότητας είναι μικρό στην επιφάνεια κοντά στον λύχνο, επειδή είναι μακριά από τους τοίχους και δεν μπορεί να επωφεληθεί από την ανακλαστικότητα τους. Ωστόσο, σε ολόκληρο το δωμάτιο, λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας, η μέση ένταση φωτισμού αυξάνεται περίπου κατά 13%.

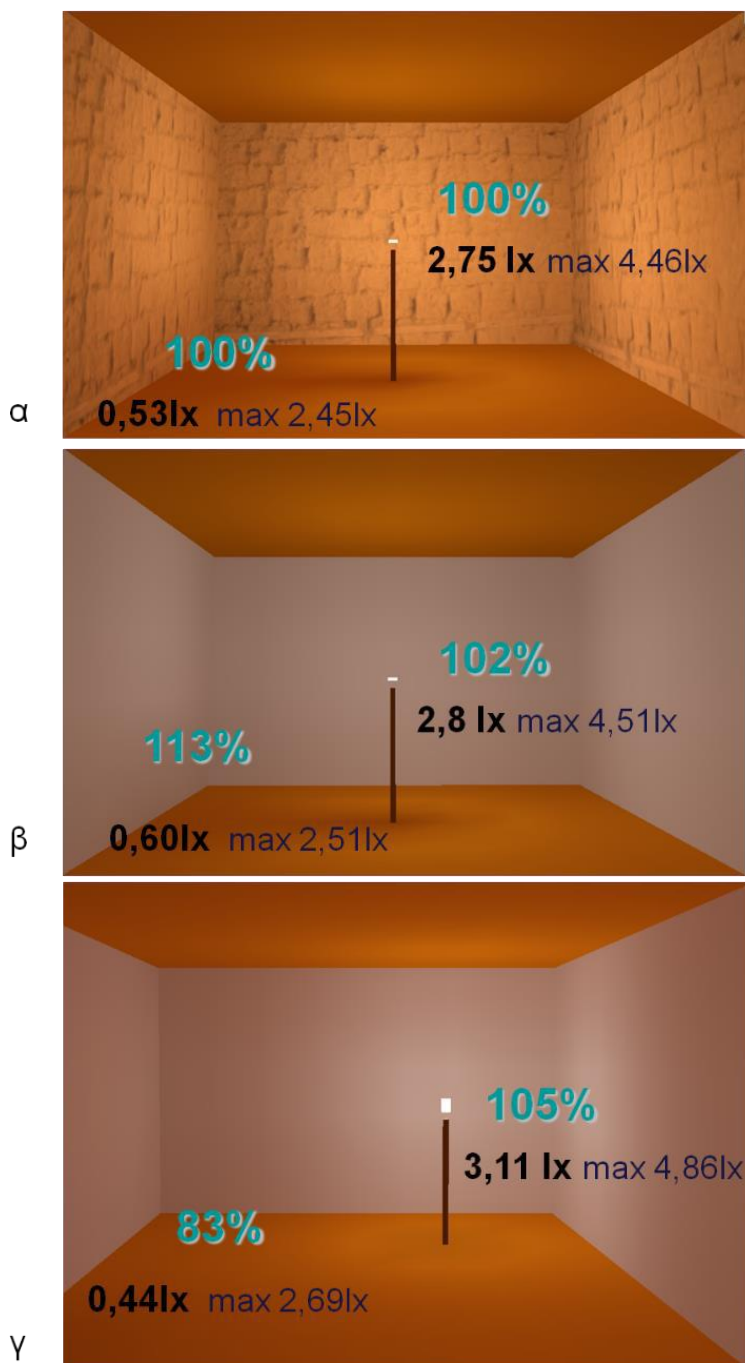
Η επίδραση της ανακλαστικότητας είναι ακόμα πιο εμφανής στην εικόνα 3γ, όπου ο λύχνος έχει μετακινηθεί κοντά στον τοίχο. Βλέπουμε ότι η ένταση φωτισμού στην επιφάνεια κοντά στον λύχνο, αυξάνεται κατά 5%. Αντίθετα, η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο μειώνεται κατά 17%. Το αποτέλεσμα αυτό μας δείχνει ότι, εάν, για παράδειγμα, κάποιος στο δωμάτιο θέλει να εκτελέσει μια δραστηριότητα που απαιτεί φως (π.χ. διάβασμα ή γράψιμο), είναι καλύτερα να μετακινήσει τον λαμπτήρα και την θέση εργασίας κοντά στον τοίχο. Αλλά για γενικό φωτισμό, η τοποθέτηση του λαμπτήρα κοντά στο κέντρο του δωματίου είναι πιο αποτελεσματική.

Στην Εικόνα 4 βλέπουμε την προσομοίωση φωτισμού με διαφορετικές πηγές φωτισμού, συγκεκριμένα με λύχνο αναρρόφησης και φωτίζει από λινάρι, με κώθωνα και φωτίζει από λουμίνι και με απλό πήλινο μπωλ τύπου «αλατοδοχείου» επίσης με φωτίζει από λουμίνι. Παρατηρούμε τη σαφή υπεροχή του λύχνου αναρρόφησης. Επίσης άξιο λόγου είναι το γεγονός ότι ο κώθων αποδίδει ελαφρώς καλύτερο φωτισμό από το απλό μπωλ, ενδεχομένως λόγω της επίδρασης του παράγοντα της ανακλαστικότητας από το ιδιαίτερο χείλος του αγγείου.

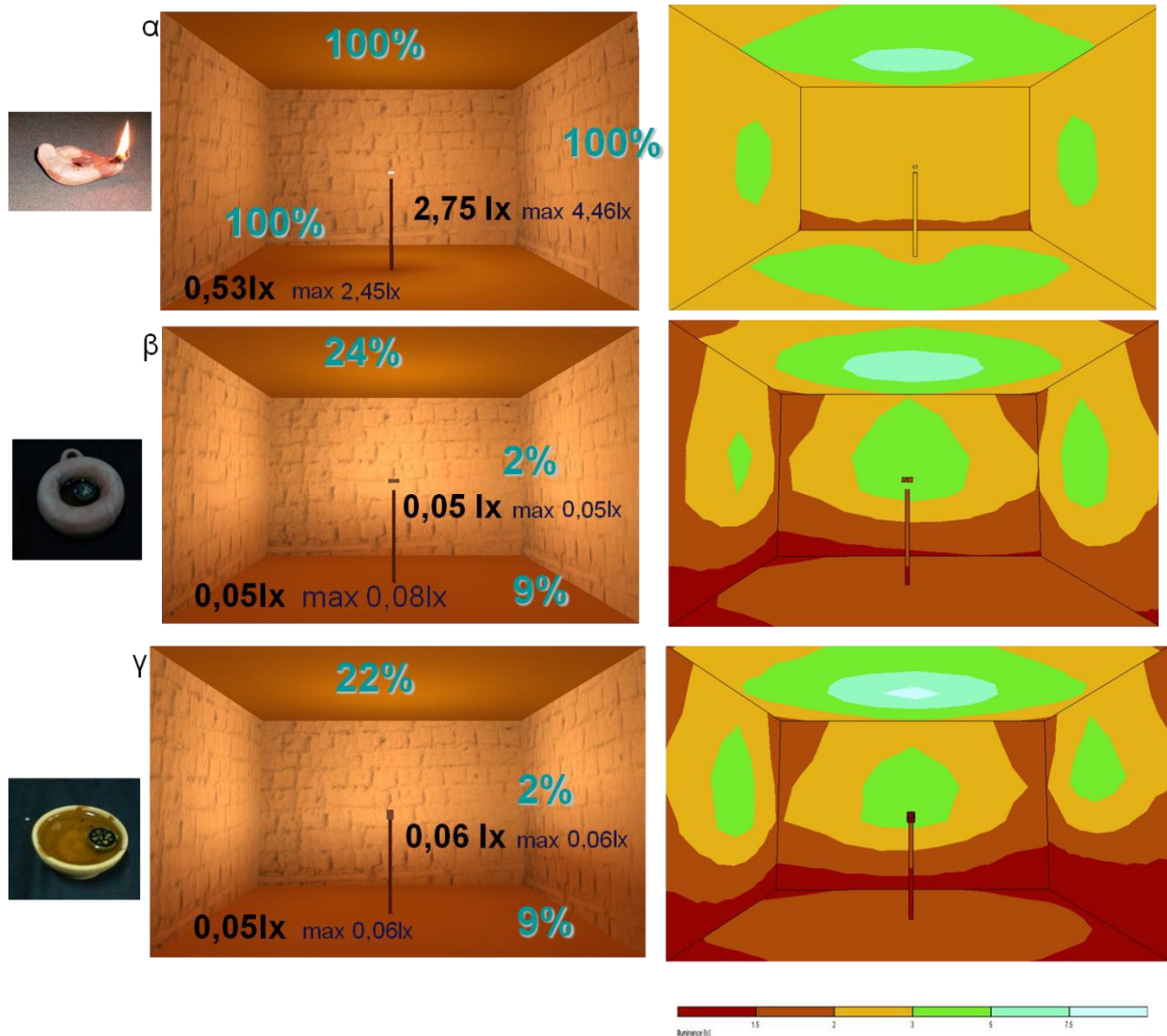
Με την ίδια μέθοδο μπορούμε να προσομοιώσουμε τις συνθήκες φωτισμού σε οικίες της αρχαιότητας, χρησιμοποιώντας αρχαιολογικά δεδομένα. Ως μελέτες περίπτωσης επιλέξαμε τρία δωμάτια από αρχαίες οικίες, από διαφορετικές πόλεις της ελληνικής αρχαιότητας: την Όλυμπο,



τους Αλιείς και την Καλλίπολη (αρχαίο Κάλλιον). Και τα τρία δωμάτια είχαν την ίδια χρήση, καθώς ήταν ανδρώνες, αλλά είχαν διαφορετικό μέγεθος και διακόσμηση. Σε όλα βρέθηκαν ένας ή περισσότεροι λύχνοι αναρρόφησης κατά την ανασκαφή τους. Τα δωμάτια μοντελοποιήθηκαν με βάση τα αρχαιολογικά δεδομένα (Cahill 2002, Ault 2005, Themelis 1979 αντίστοιχα).



**Εικόνα 3.** Προσομοίωση φωτισμού σε δωμάτιο με α) πλίνθινους τοίχους και λύχνο στο κέντρο β) τοίχους με λευκό επίχρισμα και λύχνο στο κέντρο, γ) τοίχους με λευκό επίχρισμά και λύχνο κοντά στον έναν τοίχο.



**Εικόνα 4.** Η επίδραση των διαφορετικών πηγών φωτισμού α) λύχνος αναρρόφησης με φιλίλι από στριφτό λινάρι (1cmX1cm) β) κώθων με φιλίλι από λουμίι γ) πήλινο μπωλ με φιλίλι από λουμίι.

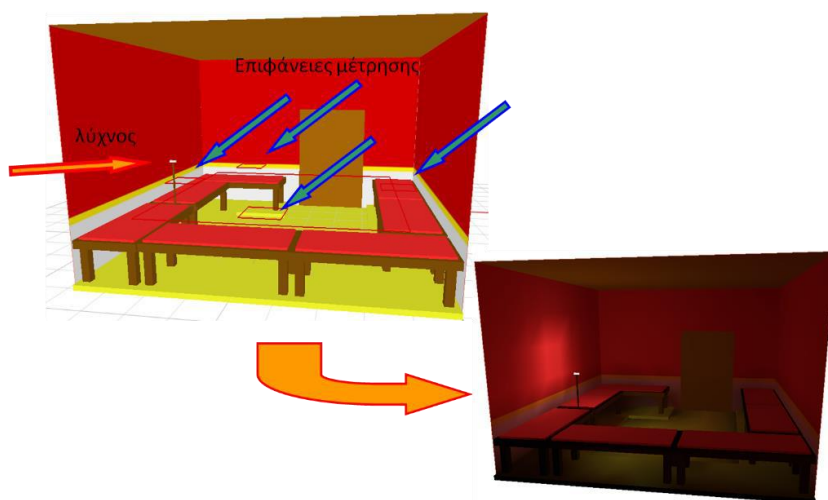
Για τους λύχνους επιλέχθηκαν οι εξής παράμετροι: φιλίλι από λινάρι, στριφτό, πάχους 1cm, ελεύθερο μήκος 1cm. Οι προσομοιώσεις φωτισμού πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό υπολογισμού φωτισμού RELUX.

α) Ολύνθος, Οικία A VII 4, Ανδρών, 4ος αιώνας π.Χ.

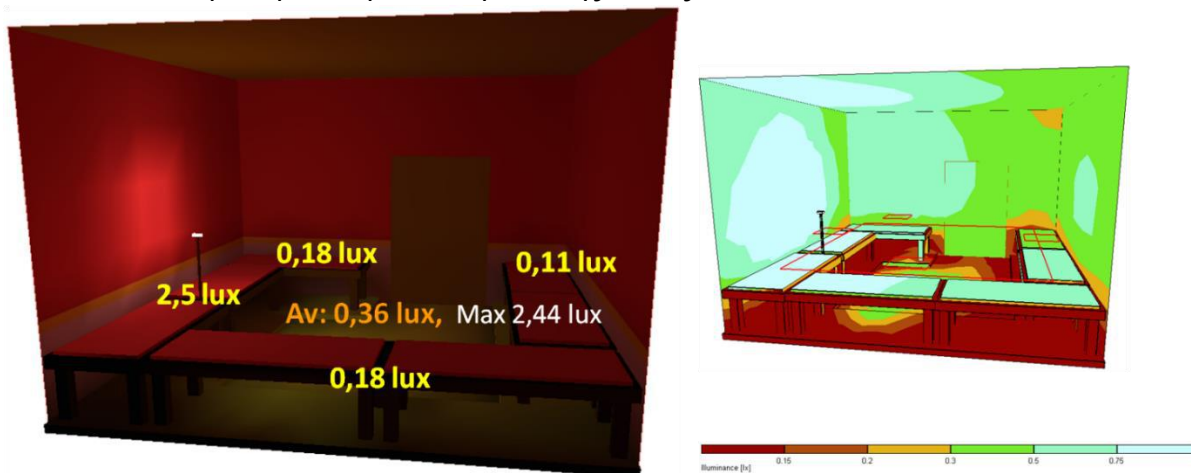
Η πόλη της Ολύνθου καταστράφηκε από τον Φίλιππο Β' της Μακεδονίας το 348 π.Χ. Η Οικία A VII 4 είναι μια οικία με κανονικό σχέδιο, που χρησιμοποιήθηκε από τους ανασκαφείς ως πρότυπο για την τυπική οικία στην Ολύνθο (Cahill 2002, 103). Ο ανδρώνας βρίσκεται στην νοτιοανατολική γωνία της οικίας. Σε αυτόν εισέρχεται κανείς μέσω ενός προθαλάμου από την αυλή. Ο ανδρώνας έχει το συνηθισμένο μέγεθος των επτά κλινών και οι τοίχοι του ήταν

διακοσμημένοι με τρία χρώματα: Η βάση ήταν λευκή, ακολουθούσε μια κίτρινη ταινία, ενώ το ανώτερο και μεγαλύτερο μέρος των τοίχων ήταν κόκκινο. Η πλατφόρμα πάνω στην οποία ήταν τοποθετημένες οι κλίνες ήταν βαμμένη με ένα φωτεινό κίτρινο. (Cahill 2002, 107). Στον ανδρώνα δεν υπήρχαν άλλα ευρήματα, παρά μόνο ένας λύχνος στον προθάλαμο. (Seidel 2009, Κατάλογος 13.1.20).

Για τις ανάγκες της έρευνάς μας θεωρήθηκε ότι ο λύχνος που βρέθηκε στον προθάλαμο θα χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του συμποσίου. Τον τοποθετήσαμε πάνω σε ένα λυχνοστάτη δίπλα σε μια κλίνη στο κέντρο του δυτικού τοίχου. (Εικ. 5α). Στην εικόνα 5 το κόκκινο βέλος υποδεικνύει τη θέση του λύχνου. Τα μπλε βέλη υποδεικνύουν τις εικονικές επιφάνειες μέτρησης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο είναι 0,36lx, ενώ η μέγιστη είναι 2,44lx (Εικ. 5β). Στο επίπεδο της πλέον απομακρυσμένης από τον λύχνο κλίνης η ένταση φωτισμού είναι 0.11lx.



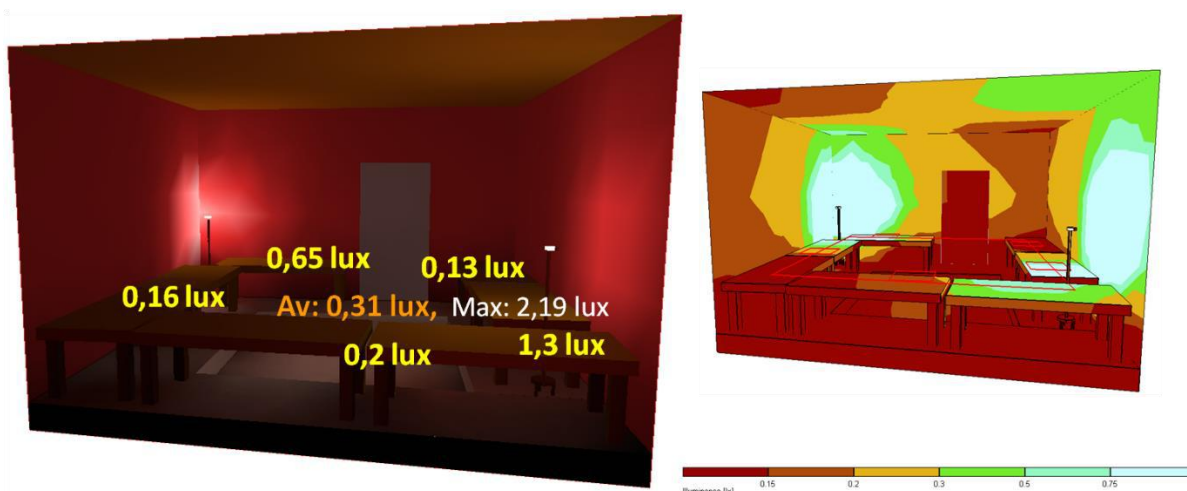
**Εικόνα 5α.** Η προσομοίωση του ανδρώνα της Οικίας A VII 4.



**Εικόνα 5β.** Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ανδρώνα της Οικίας A VII 4. Με κίτρινο αναγράφονται τα αποτελέσματα στις επιφάνειες ενδιαφέροντος, με πορτοκαλί η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο και με λευκό η μέγιστη ένταση φωτισμού.

β) Αλιείς, Οικία 7, Ανδρών, 4ος αιώνας π.Χ.

Οι Αλιείς είναι μια πόλη στη Νότια Ελλάδα που ακμάζει κατά τον 6ο έως 4ο αιώνα π.Χ. Εγκαταλείφθηκε, υπό άγνωστες συνθήκες, λίγο μετά το 300 π.Χ. Η Οικία 7, που βρίσκεται κοντά στην νοτιοανατολική πύλη της πόλης, αποτελούνταν από 11 δωμάτια γύρω από μια κεντρική αυλή. Ο ανδρών, με χώρο για επτά κλίνες, βρισκόταν στη βορειοδυτική γωνία της οικίας. Οι τοίχοι του καλύπτονταν με κόκκινο επίχρισμα. Το δάπεδο αποτελούνταν από λευκό κονίαμα. Στο δωμάτιο εντοπίστηκαν θραύσματα από δύο λύχνους (Ault 2005, πίν.1). Για την προσομοίωση χρησιμοποιήσαμε και τους δύο λύχνους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο είναι 0,31lx, ενώ η μέγιστη είναι 2,19lx (Εικ. 6). Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέση ένταση φωτισμού αυτού του δωματίου είναι χαμηλότερη από τη μέση ένταση φωτισμού στην Οικία A VII 4 της Ολύνθου (μέση φωτεινότητα 0,36lx), αλλά παρατηρούμε ότι σε κάθε επιφάνεια μέτρησης η φωτεινότητα είναι υψηλότερη και ξεπερνά το όριο των 0,13lx. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η οικία στην Ολύνθο έχει καλύτερους παράγοντες ανακλαστικότητας (των επιφανειών) και μικρότερο εμβαδόν.

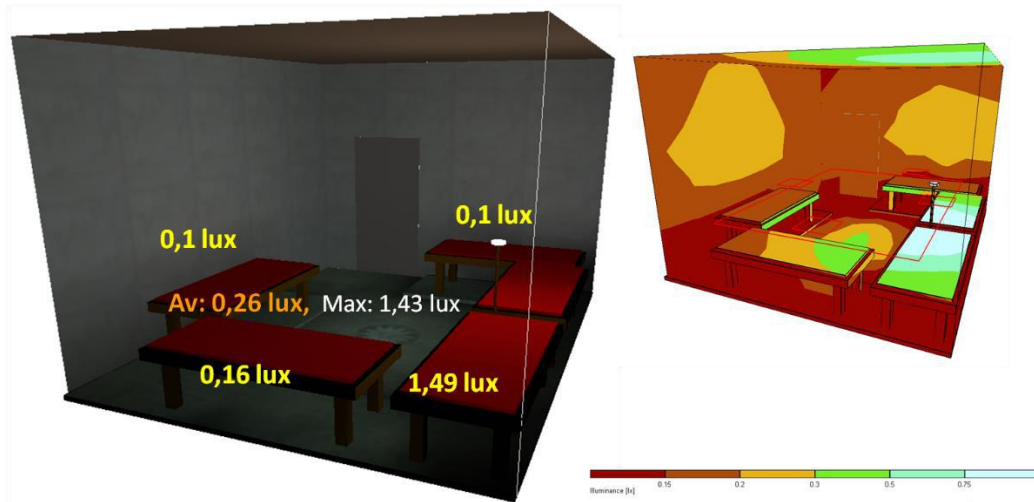


**Εικόνα 6.** Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ανδρών της Οικίας 7 στους Αλιείς. Με κίτρινο αναγράφονται τα αποτελέσματα στις επιφάνειες ενδιαφέροντος, με πορτοκαλί η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο και με λευκό η μέγιστη ένταση φωτισμού.

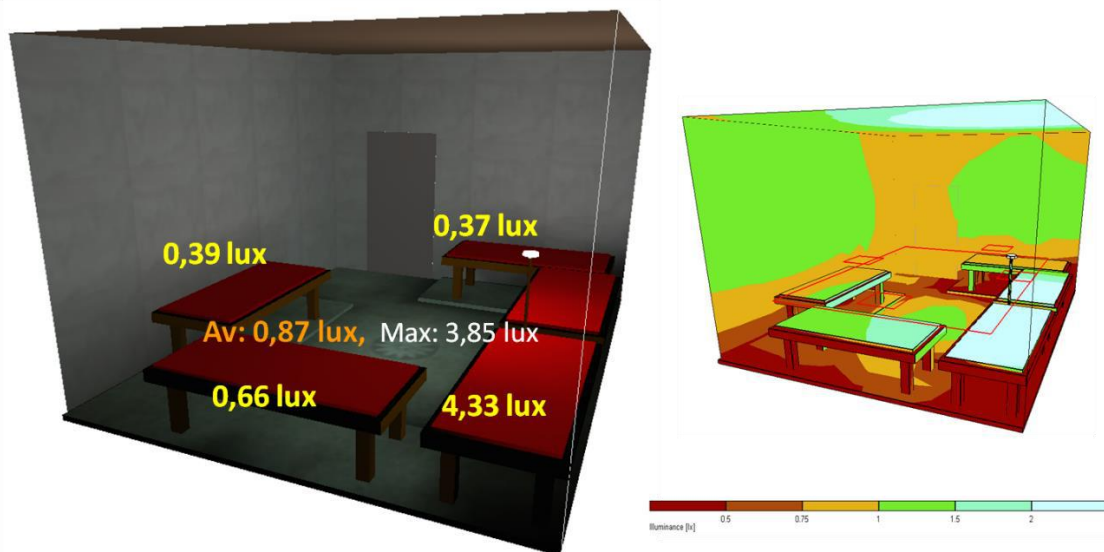
γ) Καλλίπολη, Οικία IV – Ανδρών, 3ος αιώνας π.Χ.

Η Καλλίπολη βρίσκεται στη κεντρική Ελλάδα, 75 χλμ νοτιοδυτικά από τους Δελφούς. Η πόλη χτίστηκε στα μέσα του 4ου αιώνα π.Χ. και καταστράφηκε από τους Γαλάτες το 279 π.Χ. (Themelis 1979, 245 - 279). Η Οικία IV, φιλοξενούσε πιθανώς τα αρχεία της πόλης και ο ιδιοκτήτης της ήταν μια εξέχουσα προσωπικότητα. Ο ανδρώνας είχε χώρο για 5 κλίνες. Κατά την ανασκαφή βρέθηκε στον χώρο ένας τρίμυξος λύχνος (Themelis 1979, εικ. 34). Οι τοίχοι ήταν επιχρισμένοι και το δάπεδο διακοσμούσαν με μωσαϊκό με ρόδακα στο κέντρο. Για αυτό το δωμάτιο, πραγματοποιήθηκαν δύο σενάρια προσομοίωσης με έναν τρίμυξο λύχνο. Για το πρώτο σενάριο χρησιμοποιήθηκε ένα μόνο αναμμένο φιτίλι ενώ για το δεύτερο και τα τρία φιτίλια αναμμένα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο με ένα αναμμένο φιτίλι είναι 0,26lx, ενώ η μέγιστη είναι 1,43lx (Εικ. 7). Χρησιμοποιώντας και τα τρία φιτίλια αναμμένα, η μέση

ένταση φωτισμού στο δωμάτιο είναι 0,87lx, ενώ η μέγιστη είναι 3,85lx (Εικ. 8). Αυτό που είναι πολύ σημαντικό σε αυτή την περίπτωση είναι ότι με τη χρήση μόνο 1 φιτίλιού, η ένταση φωτισμού στις εικονικές επιφάνειες είναι πολύ χαμηλή. Σε δύο από αυτές είναι μόλις 0,1lx.



**Εικόνα 7.** Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ανδρώνα της Οικίας IV στην Καλλίπολη με αναμμένο ένα από τα τρία φιτίλια του τρίμυξου λύχνου. Με κίτρινο αναγράφονται τα αποτελέσματα στις επιφάνειες ενδιαφέροντος, με πορτοκαλί η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο και με λευκό η μέγιστη ένταση φωτισμού.



**Εικόνα 8.** Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ανδρώνα της Οικίας IV στην Καλλίπολη με αναμμένα και τα τρία φιτίλια του τρίμυξου λύχνου. Με κίτρινο αναγράφονται τα αποτελέσματα στις επιφάνειες ενδιαφέροντος, με πορτοκαλί η μέση ένταση φωτισμού στο δωμάτιο και με λευκό η μέγιστη ένταση φωτισμού.

## 5. Όραση και οπτική αντίληψη υπό το φως του λύχνου - Δυνατότητες και Περιορισμοί

Τόσο από την εξέταση των φωτομετρικών ιδιοτήτων των λύχνων (εικόνες 2-4, πίνακες 1-4) όσο και από τις προσομοιώσεις των συνθηκών φωτισμού σε αρχαία περιβάλλοντα, παρατηρούμε ότι ο φωτισμός είναι σημαντικά χαμηλότερος σε σχέση με τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούν σήμερα, με τη χρήση των ηλεκτρικών λαμπτήρων. Σύμφωνα με τα περισσότερα πρότυπα φωτισμού, το απαιτούμενο επίπεδο φωτισμού για μικρού μεγέθους και υψηλής αντίθεσης εργασίες, όπως το διάβασμα, είναι 500lx. Ωστόσο, τα πειράματα των Atmodiroero και Pardede (2004) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι 0,13lx είναι αρκετά για να διαβάσει κανείς ένα κείμενο γραμμένο σε λευκό χαρτί με γραμματοσειρά 16-pt Times New Roman από απόσταση 0,6m (το επίπεδο φωτισμού της πανσελήνου είναι σχεδόν 0,2lx). Το απαιτούμενο επίπεδο φωτισμού αυξάνεται σε 15,32lx για άνετο διάβασμα του ίδιου κειμένου με τη γραμματοσειρά μειωμένη σε 8pt και την απόσταση αυξημένη σε 1m. Σύμφωνα με τον νόμο του αντίστροφου τετραγώνου της φωτομετρίας, αυτό ισοδυναμεί με την απαίτηση τουλάχιστον 3,83lx για να διαβαστεί το ίδιο κείμενο 8 pt από απόσταση 0,5m.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, ο φωτισμός σε μια επιφάνεια τοποθετημένη κάθετα προς το εισερχόμενο φως, σε απόσταση 0,5m από έναν λύχνο επίπλευσης με λουμίνι για φωτίλι, είναι 1-2 lx. Εάν η επιφάνεια κλίνει κατά 30 μοίρες από την κάθετο, ο φωτισμός είναι 0,8-1,6lx. Σε απόσταση 2m, το φως από τους λύχνους επίπλευσης με λουμίνι μειώνεται σε 0,06-0,12lx, ενώ από λύχνους επίπλευσης με φωτίλι από λινάρι σε 0,23-0,34lx. Ανεξαρτήτως του τύπου του λύχνου επίπλευσης, ο φωτισμός σε κάθετη επιφάνεια είναι υψηλότερος από το ελάχιστο απαιτούμενο όριο των 0,13lx για ανάγνωση σε απόσταση κάτω από 1,4m. Η ελάχιστη απόσταση είναι 3m στην περίπτωση των λύχνων επίπλευσης με φωτίλι από λινάρι. Σε κάθε περίπτωση οι λύχνοι επίπλευσης με φωτίλι από λουμίνι είναι οι λιγότερο αποδοτικοί.

Ο φωτισμός με τον λύχνο αναρρόφησης είναι πολύ υψηλότερος (Πίνακας 4). Ανάλογα με τον τύπο του λύχνου, το υλικό και τις διαστάσεις (μήκος και πάχος) του φωτιλιού και τον τύπο καυσίμου, ο φωτισμός σε κάθετη επιφάνεια σε απόσταση 0,5m κυμαίνεται από 3 έως 15lx. Λύχνοι αναρρόφησης με αναμμένα δύο ή και περισσότερα φωτίλια μπορούν να φτάσουν τα 24lx. Ο φωτισμός με τη χρήση λύχνου αναρρόφησης πέφτει κάτω από το όριο ανάγνωσης των 0,13lx σε απόσταση μεγαλύτερη από 3m.

Ανάλογα αποτελέσματα βλέπουμε και στις προσομοιώσεις των συνθηκών φωτισμού στα αρχαία περιβάλλοντα. Παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις η ένταση φωτισμού στις επιφάνειες μέτρησης είναι πάνω από το όριο ανάγνωσης των 0,13lx, με την εξαίρεση της πλέον απομακρυσμένης από τον λύχνο κλίνης στον ανδρώνα της Οικίας A VII 4 της Ολύμπου. Σε αυτή την περίπτωση, εάν το άτομο που ήταν ξαπλωμένο σε αυτήν την κλίση χρειαζόταν για κάποιο λόγο να διαβάσει, θα έπρεπε, αφού λάβει την άδεια του οικοδεσπότη, να σηκωθεί, να πλησιάσει τον λύχνο και να διαβάσει, ακολουθώντας την πρακτική που ήταν κοινή στα συμπόσια (Lucian, *Symp.* 21.5-6). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε κάθε ένα από τα δωμάτια που εξετάστηκαν, ο αριθμός των λύχνων που βρέθηκαν σε αυτά, ήταν ο κατάλληλος για τον συγκεκριμένο χώρο.

Χρησιμοποιώντας το ελάχιστο επίπεδο φωτεινής έντασης των 0,13lx, που αναφέρθηκε παραπάνω, ως όριο για τον προσδιορισμό της οπτικής άνεσης στις αρχαίες οικίες, θα λέγαμε ότι οι περισσότερες δραστηριότητες μπορούσαν να εκτελεστούν με σχετική άνεση υπό το φως του λύχνου, ειδικά σε κοντινή απόσταση από αυτόν, όπως άλλωστε προκύπτει και από τις αρχαίες

πηγές π.χ. η προετοιμασία φαγητού ή συμποσίου κατά τη διάρκεια της νύκτας (ερυθρόμορφος κρατήρας, Μεταπόντιον, Inv. No. 9577, Seidel 2009: 63, 29), η τακτοποίηση του σπιτιού (ερυθρόμορφη κύλικα, Λονδίνο, Βρετανικό Μουσείο: 1928,0117.59, ARV<sup>2</sup> 866, BAPD 211394), οι ψυχαγωγικές και διδακτικές ενασχολήσεις, όπως το ίδιο το συμπόσιο, η ανάγνωση, η γραφή και η απαγγελία (Lucian, *Symp.* 21.5-6, Ar. *Nub.* 18-20, Ath. 14.81.45-50, Plut. *Vit. Dem.* 11.6.1-3), οι ερωτικές περιπτώξεις, τόσο κατά τη διάρκεια συμποσίου με εταίρες ή παιδιάς (π.χ. ερυθρόμορφη κύλικα, Αρχαιολογικό Μουσείο Φλωρεντίας: 1B49/1B58/6B24/ Βερολίνο, Συλλογή: 3251, ARV<sup>2</sup> 113.7, 1626, 1592, Paralipomena 332, BAPD 200964), όσο και στην καθημερινή συζυγική ζωή (Ar. *Eccl.* 7-11) οι σχεδόν ασυναίσθητες - μηχανικές κινήσεις και πράξεις της καθημερινότητας, όπως η μετακίνηση από το ένα δωμάτιο στο άλλο (Thphr. *Char.* 18.4), η αναζήτηση αντικειμένων από την αποθήκη (Ar. *Eccl.* 7-11) αλλά και τυχαία περιστατικά όπως η προετοιμασία μιας κηδείας (μελανόμορφη όλπη, Brunswick, Me., Κολέγιο Bowdoin: 1984.23, Paralipomena 247, Addenda<sup>2</sup> 126, BAPD 361401), η άφιξη απρόσμενου επισκέπτη (ερυθρόμορφος χους, Νέα Υόρκη, Μητροπολιτικό Μουσείο: 37.11.19, BAPD 5390) ή η παρακολούθηση ενός ξαφνικού νυκτερινού διαξιφισμού μπροστά από το σπίτι (ερυθρόμορφος καλυκωτός κρατήρας, Αρχαιολογικό Μουσείο Lipari T1155).

Ερώτημα παραμένει ωστόσο τι γινόταν με την αντίληψη των χρωμάτων και με τις δραστηριότητες που απαιτούσαν διάκριση των χρωμάτων με ακρίβεια όπως η υφαντική και το κέντημα, οι οποίες, όπως γνωρίζουμε από πηγές γινόταν κατά τη διάρκεια της νύκτας, όμως παρουσίαζαν ιδιαίτερη δυσκολία ακριβώς λόγω του χαμηλού φωτισμού και για αυτό πολλοί προτιμούσαν να τις αποφεύγουν (Ar. *Ran.* 1346-1351, Arist. *Mete.* 375a, *Anth. Pal.* 7.726)

## 5.1 Η αντίληψη των χρωμάτων

Η αντίληψη των χρωμάτων είναι προβληματική σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού λόγω της φύσης της ανθρώπινης όρασης. Ο ανθρώπινος οφθαλμός διαθέτει δύο κύριους τύπους φωτούποδοχέων: τα κωνία και τα ραβδία. Τα κωνία είναι υπεύθυνα για την αντίληψη των χρωμάτων και λειτουργούν καλύτερα σε συνθήκες υψηλού φωτισμού (φωτοπική όραση), ενώ τα ραβδία, που είναι πιο ευαίσθητα στο φως, κυριαρχούν σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (σκοτοπική όραση), αλλά δεν μπορούν να διακρίνουν χρώματα (Commission Internationale de l'Éclairage 1983, 3-9). Η φωτοπική όραση, δηλαδή η όραση υπό καλά φωτισμένες συνθήκες, πραγματοποιείται από τα κωνία, ενώ η σκοτοπική όραση, που είναι η όραση υπό πολύ χαμηλό φωτισμό (π.χ. τη νύκτα υπό το φως των αστεριών), πραγματοποιείται από τα ραβδία. Η φωτοπική όραση επιτρέπει την αναγνώριση χρωμάτων, ενώ η σκοτοπική όραση είναι αχρωματική.

Σε συνθήκες μεσοπικής όρασης, που είναι μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ φωτοπικής και σκοτοπικής όρασης (π.χ. το σούρουπο), τόσο τα κωνία όσο και τα ραβδία συμμετέχουν στην όραση (Commission Internationale de l'Éclairage 2010, 2-9). Όμως, όσο μειώνεται το επίπεδο φωτισμού, μειώνεται και η ευαισθησία των κωνίων, καθιστώντας δυσκολότερη την αντίληψη των χρωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, η δυνατότητα να διακρίνει κανείς χρώματα περιορίζεται σημαντικά, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ικανότητα να εκτελούνται σωστά οι δραστηριότητες που απαιτούν καλή χρωματική διάκριση, όπως η υφαντική και το κέντημα, καθώς τα χρώματα συγχέονται μεταξύ τους.

Αν και τα όρια της μεσοπικής και της φωτοπικής όρασης εκφράζονται σε όρους λαμπρότητας ( $\text{cd/m}^2$ ), το όριο των 10lx θεωρείται το κατώτερο όριο της φωτοπικής όρασης (Moullou και Topalis 2021, 622). Στα χαμηλά επίπεδα της μεσοπικής όρασης, δηλαδή κάτω από 3lx, η διαφορά μεταξύ

σκοτοπικής και μεσοπικής όρασης είναι υποκειμενική και εξαρτάται από τη φυσιολογία του ματιού του κάθε ανθρώπου (DiLaura 2011, Moullou et al. 2016).

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των τεχνικών χαρακτηριστικών και της έντασης φωτισμού των λύχνων (πιν. 3 και 4) υπό τις συνθήκες φωτισμού που δημιουργούνται με τη χρήση τους, παρατηρούμε ότι η όραση είναι μεσοπική σε όλες τις περιπτώσεις, με εξαίρεση τις περιπτώσεις των τρίμυξων λύχνων που έχουν ταυτόχρονα 3 φωτίζα αναμμένα (σε σχετικά κοντινή απόσταση), και τον λύχνο αναρρόφησης με λινάρι ελεύθερου μήκους και πάχους φωτίζιου 2cm, όπου, πάλι σε κοντινή απόσταση, η όραση είναι φωτοπική.

Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα το ελάχιστο επίπεδο φωτισμού που απαιτείται για την αναγνώριση του χρώματος είναι τα 0,316lx. Ο Pokorny και οι συνεργάτες του (2006) διεξήγαγαν πειράματα με είκοσι τέσσερα δείγματα χρώματος, μεγέθους 5x5cm, με διάφορους βαθμούς φωτεινότητας, που αξιολογήθηκαν από παρατηρητές σε απόσταση 0,5 μέτρων. Σε επίπεδα φωτισμού άνω των 0,316lx, οι παρατηρητές, όλοι με κανονική χρωματική όραση, ταξινόμησαν σωστά τα δείγματα χρώματος, με ελάχιστες εξαιρέσεις.

Με βάση τα πειράματα αυτά, στις περισσότερες περιπτώσεις των πινάκων 3 και 4 το επίπεδο φωτισμού είναι υψηλότερο από το ελάχιστο απαιτούμενο για την αναγνώριση χρώματος στην κοντινή απόσταση των 0,5 μέτρων. Χρησιμοποιώντας τις φωτομετρικές ιδιότητες των λύχνων, ο φωτισμός σε κάθετη επιφάνεια, σε απόσταση έως 0,8 μέτρων, δεν πέφτει σε καμία περίπτωση κάτω από 0,316lx. Επίσης, ο φωτισμός σε επιφάνεια με κλίση 30°, σε απόσταση έως 0,5 μέτρων, δεν πέφτει ποτέ κάτω από 0,316lx. Υπό αυτές τις συνθήκες, η αναγνώριση χρώματος είναι εφικτή με οποιονδήποτε τύπο λύχνου. Οι άνθρωποι μπορούσαν να αντιλαμβάνονται με ακρίβεια το χρώμα των τοίχων, των επίπλων, των ρούχων κ.λπ. μέσα σε ένα δωμάτιο σε κοντινή απόσταση από τον λύχνο.

Αναφορικά με δραστηριότητες που απαιτούν ακρίβεια στην αναγνώριση χρωμάτων, όπως η υφαντική και το κέντημα, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε με επιφύλαξη τα πειράματα του Pokorny και των συνεργατών του (2006), καθώς χρησιμοποίησαν δείγματα μεγαλύτερου μεγέθους (τετράγωνα 5cm) από τα λεπτά νήματα που χρησιμοποιούνταν για την ύφανση των περιτέχνων υφασμάτων της αρχαίας Ελλάδας. Προκειμένου να αποφύγουμε τον προβληματισμό των μεγαλύτερων δειγμάτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια άλλη μέθοδο για να αξιολογήσουμε την ικανότητα των ανθρώπων να διακρίνουν τα χρώματα και να ελέγξουμε ποια χρώματα συνήθως μπερδεύονται υπό τα χαμηλά επίπεδα φωτισμού, χωρίς να μας ενδιαφέρει το μέγεθος των δειγμάτων: να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο υπολογισμού της φωτεινής απόχρωσης (Lightness).

### **5.1.1. Η φωτεινή απόχρωση (Lightness)**

Η φωτεινή απόχρωση (Lightness) είναι ένα σχετικό μέγεθος που μπορεί να συγκρίνει τη λαμπρότητα (luminance) μεταξύ μιας εξεταζόμενης περιοχής και μιας παρόμοιας φωτισμένης περιοχής που φαίνεται να είναι λευκή από ανακλώμενο ή εκπεμπόμενο φωτισμό.

$$L^*=116(L/L_n)^{1/3}-16 \text{ (Εξ. 1)}$$

Όπου:  $L^*$ : είναι η φωτεινή απόχρωση ενός χρωματικού στόχου,  $L$ : η λαμπρότητα που προέρχεται από το χρωματικό στόχο ( $\text{cd/m}^2$ ) και  $L_n$ : η λαμπρότητα που προέρχεται από ένα λευκό σημείο αναφοράς ( $\text{cd/m}^2$ ) (χρωματικό μοντέλο CIE Lab).

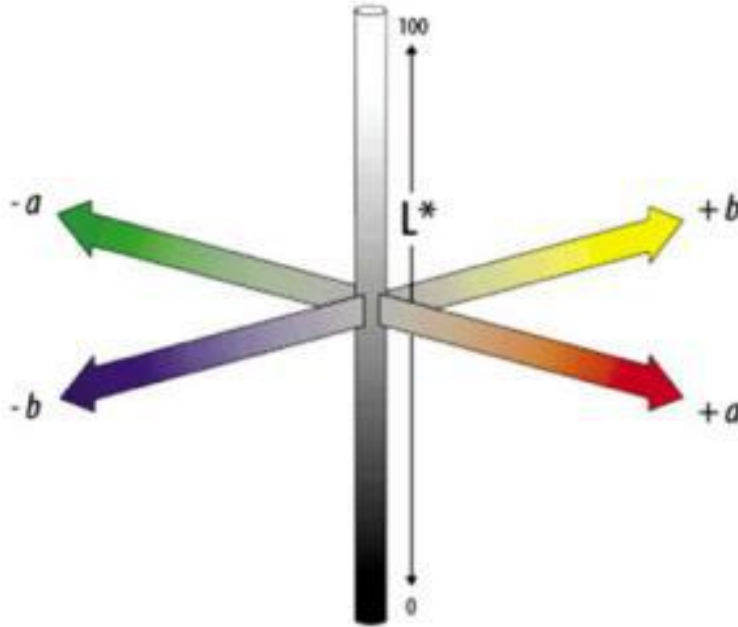


Η φωτεινή απόχρωση (Lightness) εντάχθηκε στο χρωματικό μοντέλο της CIE (Commission Internationale de l'Éclairage 1976) για την εκτίμηση της χρωματικής διαφοράς μεταξύ των 2 περιοχών (Εικ.9).

Συγκρίνοντας δύο φωτιζόμενες επιφάνειες με διαφορετικά χρώματα ( $L^*1, a^*1, b^*1$ ) και ( $L^*2, a^*2, b^*2$ ), η διαφορά χρώματος μεταξύ τους μπορεί να οριστεί από την εξίσωση 2.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (\text{εξ. 2})$$

Όπου:  $L^*$ : είναι φωτεινή απόχρωση και  $a, b^*$  οι χρωματικές συντεταγμένες με βάση το χρωματικό μοντέλο της CIE 1976 (Εικ. 9).



**Εικόνα 9.** Οι χρωματικές συντεταγμένες με βάση το μοντέλο της CIE 1976

Σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωτισμού, όπως αυτά συναντώνται στην αρχαιότητα, όπου ο χρήστης χρησιμοποιεί την σκοτοπική όραση (όπου δεν υπάρχει χρωματική διάκριση) η εξίσωση 2 μετατρέπεται σε:

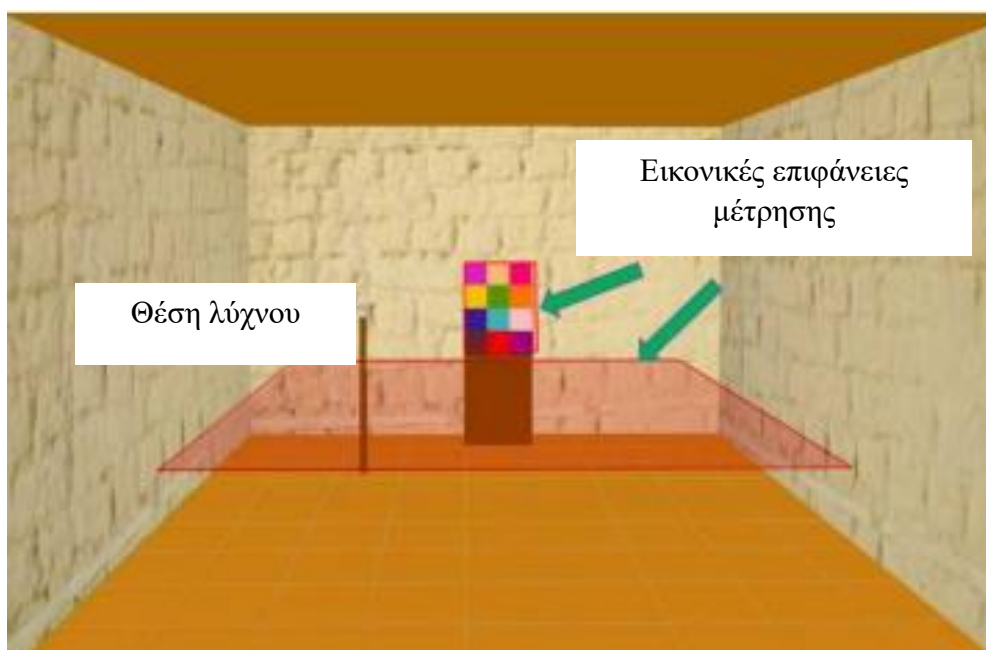
$$\Delta E = \Delta L \quad (\text{εξ. 3})$$

Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά χρώματος μεταξύ δυο επιφανειών μπορεί να εκτιμηθεί απευθείας με την αντίστοιχη διαφορά της φωτεινής απόχρωσης (Lightness) των δύο χρωματικών στόχων για συνθήκες σκοτοπικής όρασης. Μια ελάχιστα αισθητή διαφορά θα εμφανίζεται όταν  $\Delta E = \Delta L > 3$ . Η αξιολόγηση της φωτεινής απόχρωσης (Lightness), μπορεί να γίνει με τριδιάστατες προσομοιώσεις, όπως π.χ. για την αξιολόγηση των τιμών λαμπρότητας των χρωματικών στόχων

και της λαμπρότητας που προέρχεται από ένα λευκό σημείο αναφοράς (Jain 1989, Fairchild 2005). Πραγματοποιώντας προσομοιώσεις συνθηκών φωτισμού σε μια προκαθορισμένη παλέτα χρωμάτων με τυπικά χρώματα, που χρησιμοποιείται σε σύγχρονες αναλύσεις φωτισμού, όπου τα δείγματα χρωμάτων αντιπροσωπεύουν βασικές κατηγορίες χρωμάτων, μπορούμε να υπολογίσουμε την φωτεινή απόχρωση (Lightness).

### 5.1.2 Έλεγχος της φωτεινής απόχρωσης (Lightness) σε αρχαία περιβάλλοντα

Με την παραπάνω μέθοδο μπορούμε να εκτιμήσουμε την φωτεινή απόχρωση (Lightness) και σε αρχαία περιβάλλοντα. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήσαμε προσομοιώσεις σε δύο μοντέλα δωματίων από οικίες στην αρχαία πόλη της Όλυνθου, όπου βρέθηκαν τόσο αργαλειοί (ή ενδείξεις της παρουσίας τους) όσο και λυχνάρια (Moullou 2013, 25). Λαμβάνοντας υπόψη την ανακλαστικότητα των επιφανειών, επιλέχθηκαν δύο δωμάτια: Το Δωμάτιο α της Οικίας A v 2, ένα δωμάτιο με απλούς πλίνθινους τοίχους (χαμηλή ανακλαστικότητα), και το Δωμάτιο α/β της Οικίας των Πολλών Χρωμάτων (House of Many Colours), ένα δωμάτιο με λευκούς τοίχους (υψηλή ανακλαστικότητα). Η παλέτα χρωμάτων τοποθετήθηκε σε έναν υποθετικό αργαλειό, ο οποίος τοποθετήθηκε κάθετα σε έναν από τους τοίχους του δωματίου. Ως φωτεινή πηγή χρησιμοποιήθηκε ένα λυχνάρι, με ελαιόλαδο ως καύσιμο υλικό και με φιλί από λινάρι στριφτό πάχους 1cm και 1cm ελεύθερου μήκους (Εικόνα 10). Τα επιλεγμένα χρώματα της προκαθορισμένης παλέτας χρωμάτων εμφανίζονται στην Εικόνα 11. Τα χαρακτηριστικά της ανακλαστικότητας κάθε χρώματος της παλέτας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.



**Εικόνα 10.** Οι εικονικές επιφάνειες μέτρησης και η τοποθέτηση του λύχνου στην προσομοίωση του Δωματίου α της Οικίας A v 2 (με τους πλίνθινους τοίχους)



**Εικόνα 11.** Η παλέτα των προκαθορισμένων χρωμάτων που ελέγχθηκαν.

**Πίνακας 5.** Χαρακτηριστικά ανακλαστικότητας των χρωμάτων της εικόνας 11: Συνολική ανακλαστικότητα και ανακλαστικότητα χρώματος στο RGB σύστημα περιγραφής χρωμάτων.

Δείγμα Χρώματος	(%)			
	Συνολική Ανακλαστικότητα	Κόκκινο	Πράσινο	Μπλε
1 (μαύρο)	2.9	2.9	2.9	2.9
2 (ερυθρό)	22.5	84.8	0	0
3 (πορφυρό)	8.0	21.6	0	34.8
4 (μπλε)	4.4	0	1.1	57.1
5 (γαλάζιο)	62.3	0	84.8	84.8
6 (λευκό)	100.0	100	100	100
7 (κίτρινο)	91.4	92	100	91.4
8 (πράσινο)	38.7	1.6	57.1	0
9 (καφέ)	48.6	100	32.9	0
10 (ιώδες)	25.5	67.1	2	98.7
11 (χρυσό)	91.6	100	94.2	30.8
12 (ροδόχρουν)	28.6	100	0	32.5

Στις εικόνες 12 και 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των συνθηκών φωτισμού στο Δωμάτιο α της Οικίας Α ν 2, και το Δωμάτιο α/β της Οικίας των Πολλών Χρωμάτων

αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι παρά τις επιμέρους διαφορές η συνολική μέση ένταση φωτισμού και στις δύο περιπτώσεις ήταν κάτω από 1lx. Αυτό σημαίνει ότι, ανάλογα με το άτομο, η όραση ήταν είτε σκοτοπική είτε μεσοπική.



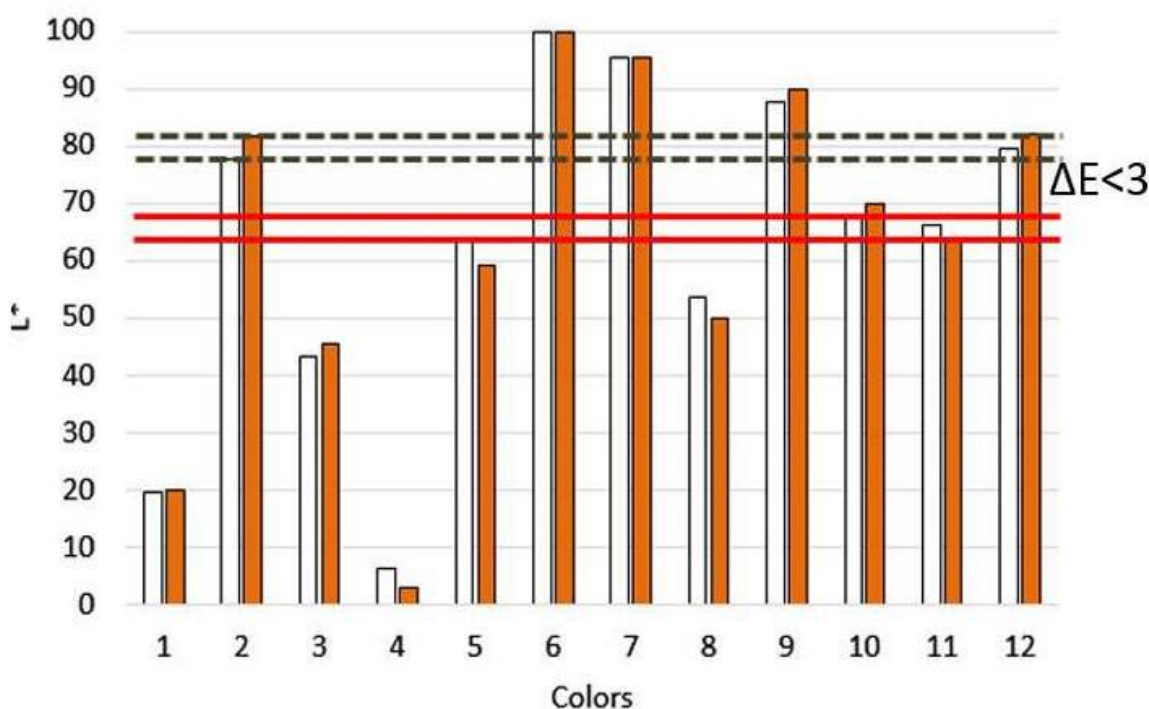
**Εικόνα 12.** Φωτομετρικά αποτελέσματα της προσομοίωσης συνθηκών φωτισμού στο δωμάτιο Δωμάτιο α της Οικίας Α ν 2 (με πλίνθινους τοίχους)



**Εικόνα 13.** Φωτομετρικά αποτελέσματα στο δωμάτιο α/β της Οικίας των Πολλών Χρωμάτων (τοίχοι με λευκό επίχρισμα)

Στην εικόνα 14 βλέπουμε τις τιμές της φωτεινής απόχρωσης (lightness) για τα 12 χρώματα και στα δύο εξεταζόμενα δωμάτια. Στην προσομοίωση του δωματίου με πλίνθινους τοίχους (Δωμάτιο α της Οικίας Α ν 2), οι τιμές φωτεινής απόχρωσης του ιώδους (62), του γαλάζιου (62) και του χρυσού (63) είναι πολύ κοντά. Τα παραπάνω αποτελέσματα σημαίνουν ότι αυτά τα σύνολα χρωμάτων θα φαίνονταν ίδια. Επιπλέον, το ερυθρό (67) και το ροδόχρουν (70) είναι επίσης πολύ κοντά, με μια διαφορά που μπορεί να είναι μόλις αντιληπτή από τον ανθρώπινο οφθαλμό.

Η προσομοίωση του δωματίου με λευκούς τοίχους δείχνει ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την αναγνώριση των χρωμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση, τα σύνολα χρωμάτων που δεν παρουσιάζουν πρακτικά καμία διαφορά για τον ανθρώπινο οφθαλμό είναι το ιώδες (68) με το χρυσό (66), το χρυσό (66) και το γαλάζιο (64), καθώς και το ερυθρό (77) με το ροδόχρουν (80).



**Εικόνα 14.** Οι τιμές της φωτεινής απόχρωσης για τα 12 χρώματα της παλέτας στο Δωμάτιο α της Οικίας Α ν 2 (καφέ χρώμα) και το Δωμάτιο α/β της Οικίας των Πολλών Χρωμάτων (λευκό χρώμα).

Από τις παραπάνω αναλύσεις, προκύπτει ότι η υφαντική ως νυχτερινή δραστηριότητα στην αρχαιότητα πραγματοποιούνταν υπό συνθήκες χαμηλής μεσοπικής όρασης (λιγότερο από 2lx) για ορισμένα άτομα και πολύ κοντά στη σκοτοπική όραση για πολλά άλλα.

Από τις προσομοιώσεις συμπεραίνουμε ότι η υφαντική θα ήταν δυνατή υπό το φως ενός λύχνου, εάν ο λύχνος ήταν τοποθετημένος σε απόσταση μικρότερη του 0.5m, αφού σε αυτή την περίπτωση η τοπική ένταση φωτισμού σε μια κάθετη ή κεκλιμένη επιφάνεια κυμαίνεται μεταξύ 3

και 6lx. Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις των οικιών της Ολύνθου που αναφέρονται παραπάνω, η μέγιστη φωτεινότητα στον αργαλειό της Οικίας A ν 2 θα ήταν 5.6lx, και της Οικίας των Πολλών Χρωμάτων 5.87lx (Moullou 2013, 29). Για να επιτευχθεί αυτή η ποσότητα φωτός σε έναν μεγάλο αργαλειό, η υφάντρα θα έπρεπε να μετακινεί τον συνεχώς τον λύχνο, σύμφωνα με τις κινήσεις της στον αργαλειό, κάτι το οποίο δεν θα ήταν εύκολο στην πράξη. Λογικά, ο λύχνος θα ήταν τοποθετημένος σε ένα σημείο. Στις περιοχές του αργαλειού κοντά στον λύχνο, η επιλογή των χρωμάτων θα ήταν πιο εύκολη, ενώ στις μακρινές θα ήταν αρκετά δύσκολη. Για αυτό, οι υφάντρες και οι ποικιλτές (κενητές) στην αρχαιότητα έπρεπε να συμβιβαστούν με το γεγονός ότι όσο εργάζονται τη νύκτα υπό το φως του λύχνου, θα κάνουν συχνά λάθη με τα χρώματά τους, διαλέγοντας ένα χρώμα αντί για κάποιο άλλο, όπως μας πληροφορεί ο Αριστοτέλης (*Metē.* 375a).

## 6. Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας, εξετάστηκε ο λύχνος ως φωτιστικό μέσο, μέσω αρχαιολογικών μαρτυριών (αντικείμενα, εικονογραφία, ανασκαφικά δεδομένα, κείμενα), εργαστηριακών μετρήσεων, υπολογισμών, αναλύσεων και προσομοιώσεων φωτισμού. Η απόδοσή του εξετάστηκε σε σχέση με τη δυνατότητα εκτέλεσης νυχτερινών δραστηριοτήτων. Η παρούσα έρευνα προσφέρει ποιοτική και ποσοτική τεκμηρίωση του τεχνητού φωτισμού με λυχνάρια στην αρχαιότητα, καθώς και μεθοδολογικά εργαλεία για τη διαχείριση των αναλύσεων σε θέματα φωτισμού.

Το βασικό μας συμπέρασμα είναι ότι, αν και ο λύχνος δεν μπορεί να συγκριθεί με τις λάμπες που χρησιμοποιούμε σήμερα, οι άνθρωποι στην αρχαιότητα μπορούσαν να κινούνται και να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της νύκτας με σχετική ευκολία. Οι περισσότερες οικιακές νυχτερινές δραστηριότητες μπορούσαν να εκτελεστούν με το φως ενός μόνο λύχνου, υπό την προϋπόθεση ότι αυτή βρισκόταν σε σχετικά κοντινή απόσταση. Οι εσωτερικές δραστηριότητες που απαιτούσαν διάκριση χρωμάτων, όπως η υφαντική ή το κέντημα, ήταν οι πιο δύσκολες, επειδή η όραση υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού ήταν συνήθως μεσοπική. Ωστόσο, ακόμη και αυτές δεν ήταν αδύνατες. Σίγουρα ήταν πιο δύσκολες, κουραστικές και χρονοβόρες εργασίες τη νύχτα, αλλά ήταν εφικτές για μια έμπειρη και υπομονετική υφάντρα. Συνεπώς, το τεχνητό φως του λύχνου ήταν αποτελεσματικό, σχετικά οικονομικό και διευκόλυνε τις νυχτερινές δραστηριότητες όλων, ανεξαρτήτως κοινωνικής τάξης.

Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της έρευνας είναι ότι η δημιουργική σύγκλιση της αρχαιολογίας και της φωτομετρίας μπορεί να ρίξει φως σε "σκοτεινές περιοχές" της καθημερινής ζωής στην αρχαιότητα, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανασύνθεση του παρελθόντος.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα έχει μερικώς χρηματοδοτηθεί από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου μέσω του έργου «Προσδιορισμός των φωτιστικών συνθηκών από την αρχαιότητα μέχρι τη βιομηχανική επανάσταση (Προ.Φω.Σ.)»

## Βιβλιογραφία

- Atmodipero, R. T., and L. Pardede, 2004. Research on minimum illumination as a function of visual performance. *Energy and Buildings* 36(7): 644–649.
- Ault, B. A. 2005. *The Excavations at Ancient Halieis, vol. 2: The Houses: The Organisation and Use of Domestic Space*. Bloomington: Indiana University Press.
- Bruneau, P. 1980. Les lampes et l'histoire économique et sociale de la Grèce. In *Céramiques hellénistiques et romaines*, Paris: Centre de recherches d'histoire ancienne, σ. 19–54.
- Burrows, R. M., and P. N. Ure, 1911. Kothons and vases of allied types. *Journal of Hellenic Studies (JHS)* 31, σ. 72–99.
- Cahill, N. 2002. *Household and city organization at Olynthus*. New Haven, London: Yale University Press
- Γεννάδιος, Π.Γ. 1959. *Λεξικόν Φυτολογικόν*. Αθήνα: Εκδ. Μ.Χρ. Γκιούρδα
- Commission Internationale de l'Éclairage, 1976. *Colorimetry*. Vienna: Bureau Central de la CIE.
- Commission Internationale de l'Éclairage. 1983. *The Basis of Physical Photometry*. Vienna: Bureau Central de la CIE.
- Commission Internationale de l'Éclairage. 1996. *The Photometry and Goniophotometry of Luminaires*. Vienna: Bureau Central de la CIE.
- Commission Internationale de l'Éclairage. 2010. *Recommended System for Mesopic Photometry*. Vienna: Bureau Central de la CIE.
- Daremborg, C., and E. Saglio. 1877–1919. *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines, d'après les textes et les monuments*. Paris: Hachette.
- Devlin, K., and A. Chalmers. 2001. Realistic visualisation of the Pompeii frescoes. In *Proceedings of the 1st International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualization and Interaction in Africa*, ed. A. Chalmers and V. Lalioti, New York: ACM Press, σ. 43–48.
- DiLaura, D., Houser, K., Mistrick R. and Steffy, G. 2011. *Lighting Handbook*. 10th Edition. New York: Illuminating Engineering Society.
- Dawson, P., Levy, R., Gardner, D. & Walls, M., 2007. Simulating the behaviour of light inside arctic dwellings: implications for assessing the role of vision in task performance. *World Archaeology* 39, σ. 17–35.
- De Beaune S.A. 1987. Palaeolithic Lamps and Their Specialization.: A Hypothesis. *Current Anthropology*, 28 (4), σ. 569-577
- Douskos, D., and D. Moullou. 2015. Ethno-archaeological Inquiry on the Use of Plant Wick and Other Pre-electrification Lighting Resources on the Island of Therassia. In *Proceedings of the Balkan Light 2015, 16–19 September 2015, Athens, Greece*. Athens: National Technical

University of Athens, Hellenic Ministry of Culture, Education and Religious Affairs, Hellenic Lighting Association, σ.153–162

Themelis, P. 1979. Ausgrabungen in Kallipolis (Ost-Aetolien). 1977 – 1978 *Αρχαιολογικά Ανάλεκτα Εξ Αθηνών (AAA)*,XII, σ. 245 - 279

Fairchild, M. D. 2005. *Color and Image Appearance Models*. New York: John Wiley and Sons.

Jain, A. K. 1989. *Fundamentals of Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.

Happa, J., M. Mudge, K. Debattista, A. Artusi, A. Gonçalves, and A. Chalmers. 2010. Illuminating the past: state of the art. *Virtual Reality* 14(3): 155–182.

Hermanns M.H. 2004: *Licht und Lampen im westgriechischen Alltag: Beleuchtungsgerät des 6.-3. Jhs. v. Chr. in Selinunt*. Internationale Archäologie, Bd. 87. Leidorf: Rahden

Hochstetter, A. 1984. *Kastanas: Ausgrabungen in einem Siedlungshügel der Bronze- und Eisenzeit Makedoniens 1975–1979*. Berlin: Volker Spiess.

Καββαδάς, Δ. 1956. *Εικονογραφημένον Βοτανικόν-Φυτολογικόν Λεξικόν*. Αθήνα: Πελεκάνος

LJS. Liddell, H. G., and R. Scott. 1940. *A Greek–English Lexicon. Revised and augmented throughout by Sir Henry Stuart Jones, with the assistance of Roderick McKenzie*. Oxford: Clarendon Press.

Motsianos I. 2011. Artificial lighting during Byzantine and post-Byzantine period. In *Light on Light: An Illuminating Story*, ed. I. Motsianos and E. Bintsi. Thessaloniki: Folklife and Ethnological Museum of Macedonia-Thrace, σ. 90-128

Μουλλού Δ. 2002. *Τεχνητός Εσωτερικός Φωτισμός στην Ελλάδα από τον 12ο έως τον 8ο αιώνα π.Χ.* Ρίθυμνα 10, Ρέθυμνο: Τμήμα Ιστορίας Αρχαιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης Crete.

Μουλλού, Δ. 2010. *Τεχνητός Φωτισμός στην Αρχαία Ελλάδα*, Α δημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης <http://elocus.lib.uoc.gr>

Moullou, D. 2011. Lighting the fire and illumination in antiquity. In *Light on Light: An Illuminating Story*, ed. I. Motsianos and E. Bintsi, Thessaloniki: Folklife and Ethnological Museum of Macedonia-Thrace, σ. 45–57.

Moullou, D. 2013. Illuminating the art of the loom. *Arachne* 4: 16–37.

Moullou, D. 2015. Lighting night-time activities in antiquity. in *LUMINA*, M-E Micheli and A. Santucci (eds), Pisa: Edizioni ETS, σ. 199-212.

Moullou, D. 2021. Shedding Light on the Kothon: Vases with Inward Downturned Rims Revisited. *American Journal of Archaeology (AJA)*, 125, 2: 183–206.

Moullou, D., N. Bisketzis, C. Tselonis, D. Egglezos, O. Filippopoulou, and F. V Topalis. 2012a. Methods and tools for the study of artificial illumination in antiquity. In *Proceedings of 2nd Archaeological Research and New Technologies Conference, 21–23 October 2010*, ed. N. Zacharias. Kalamata: Peloponnese University Press, σ. 107-114



- Moullou, D., and K.S. Garnett. 2019. Floating Wicks Without Metal. *Polish Archaeology in the Mediterranean*, 28(1): 167–78.
- Moullou, D., E.-N.D. Madias, L.T. Doulos, C. A. Bouroussis, and F. V. Topalis. 2012b. Lighting in antiquity. In *5th Balkan Light International Conference*, Belgrade 3–6 October 2012, ed. M. Kostic. Belgrade: Serbian Lighting Committee, σ. 236–244
- Moullou, D., L. Doulos and F.V. Topalis. 2016. Living in the Gloom. In *Proceedings of 2nd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) International conference in Greece. Athens, 20-21 December 2016*, G. Vavouranakis, M. Katsianis, Y. Papadatos, M. Mouliou and P. Petridis eds. Athens: National Kapodistrian University of Athens, σ.76-80.
- Moullou, D., and F. V. Topalis 2022, 'Reconstructing Artificial Light in Ancient Greece', in Costas Papadopoulos, and Holley Moyes (eds), *The Oxford Handbook of Light in Archaeology*, Oxford Handbooks, Oxford: Oxford University Press, σ. 604-627.
- O’Dea, W. T. 1951. Artificial lighting prior to 1800 and its social effects. *Folklore* 62(2). σ. 312–324.
- Papadopoulos, C., and G. Earl. 2009. Structural and lighting models for the Minoan cemetery at Phourni, Crete. In *Proceedings of the 10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, Aire-la-Ville, Switzerland: The Eurographics Association. σ. 57–64.
- Papadopoulos C, Hamilakis Y, Kyparissi-Apostolika N. Light in a Neolithic dwelling: Building 1 at Koutroulou Magoula (Greece). *Antiquity*. 2015;89(347): 1034-1050.
- Parisinou, E. 1998. Lighting practices in early Greece (from the end of Mycenaean world to the 7th century BC). *Oxford Journal of Archaeology* 17(3): 327–343.
- Pokorny, J., M. Argareltutze, D. Cao, and A. J. Zele. 2006. The color of night: surface color perception under dim illuminations. *Visual Neuroscience* 23: 525–530.
- Pritchett, K. W. 1956. The Attic stelai, part II. *Hesperia* 25(3): 178–317.
- RE. *Paulys Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*. Stuttgart: Metzler.
- Robins, F.W. 1939. The lamps of Ancient Egypt. *Journal of Egyptian Archaeology* 25: 184–187.
- Roussos, I. 2003. *Image based flame lighting*. Δημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. University of Bristol
- Scheibler, I. 1976. *Kerameikos. Griechische Lampen*. Berlin: W. de Gruyter.
- Seidel, Y. 2009. *Künstliches Licht im individuellen, familiären und öffentlichen Lebensbereich*. Vienna: Phoibos.
- Τζαχίλη Ι. 1997. *Υφαντική και Υφάντρες στο Προϊστορικό Αιγαίο 2000-1000 π.Χ.* Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης,

Zoïtopούλου, E., and J.M. Fossey. 2003. A “Poor man’s” lamp? in *Nouveautés lychnologiques, Suisse Congrès international d’étude sur le luminaire antique*. Ed. L.Chrzanovski, Nyon: ALI, Chaman Edition, σ. 13–20.

### Αρχαίες Πηγές

*Anth. Pal.* 6.249, 7.726

*Ar. Eccl.* 1, 7-11, 14–15

*Ar. Nub.* 18-20,

*Ar. Ran.* 1346-1351

*Arist. Mete.* 375a

*Ath.* 14.81.45–50,

*Dioscor. De Mater. Med* 1. 32. 1-2, 1.73.1.5–8, 2.73.2.5-7, 2.75.4, 4.103.2.7–10,

*Hdt. Hist.* 2.62, 2,94, 7.215.3-4

*Gal. Comp. Med. Loc.* 13.858.1–2

*Ἱππιατρικά* 96.26.5-6

*Lucian, Symp.* 21.5-6,

*Lys.* 1,14.2–5

*Paus.* 1.26.6.9-7.7

*Phot. Lexicon*, λ. *Θρυαλλίς*, λ. *Στίλβη*

*Plin. HN*, 19.17.4-6, 21.114, 23. 83-84, 28. 168, 31. 82, 35. 179

*Plut. Vit. Dem.* 11.6.1–3

*Poll., Onom.* 6.103.6, 6.103. 8–13, 6.119.9, 10.115.9

*Suda* στο λ. *θρυαλλίς*, λ. *λύχνον*

*Thphr. Char.* 18.4

*Thphr. Ign* 28.3-5

ΑΙΓΙΔΑ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Υπουργείο Πολιτισμού

ΧΟΡΗΓΟΙ



ΤΕΧΝΙΚΟ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΤΗΡΙΟ  
ΕΛΛΑΔΑΣ



ΟΜΙΛΟΣ ΤΕΕ ΤΕΡΝΑ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ



ΜΕΓΑΡΟ  
ΜΟΥΣΙΚΗΣ  
ΑΘΗΝΩΝ