



«Σχολή Εφαρμοσμένων τεχνών και βιώσιμου
Σχεδιασμού»

«Σχεδιασμός Φωτισμού»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Βιοφιλικός σχεδιασμός φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους»

Αικατερίνη Δανελάκη

Επιβλέπων Καθηγητής: Ντόβρος Βασίλειος

Πάτρα, Ιούλιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



«Βιοφιλικός σχεδιασμός φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους»

Αικατερίνη Δανελάκη

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ντόβρος Βασίλειος

«Επικ. Καθηγητής επί τηρεία ΣΑΜ-ΠΚ,
ΣΕΠ - ΕΑΠ»

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αικατερίνη Σκάλκου

«Μέλος ΣΕΠ, ΕΑΠ»

Πάτρα, Ιανουάριος 2026

«Στα παιδιά μου, που αποτελούν πηγή έμπνευσης και κινητήριοις δύναμή μου σε κάθε μου προσπάθεια»

Περίληψη

Με αφετηρία την ευρύτερη έννοια της βιοφιλίας και τη συσχέτισή της με την ανθρώπινη διαβίωση στο δομημένο περιβάλλον, στην παρούσα διπλωματική, επιχειρείται μία αναλυτική προσέγγιση του όρου, και μετάβασή του στο επίπεδο του σχεδιασμού φωτισμού αλλά και στον τρόπο που επιδρά στον άνθρωπο αισθητηριακά, ως αποτέλεσμα της χρήσης του φωτός με τις κατάλληλες παραμέτρους που αναλύονται διεξοδικά.

Αρχικά, γίνεται μία εκτενής βιβλιογραφική αναλυτική προσέγγιση της έννοιας της βιοφιλίας και του συσχετισμού της με την αρχιτεκτονική, τους εσωτερικούς χώρους και τον τεχνητό φωτισμό. Αναλύονται τα οφέλη που εισφέρει η ένταξή της στον σχεδιασμό και που αποκομίζουν οι χρήστες των αναφερόμενων χώρων, πως βελτιώνεται η διαβίωση και πώς ενισχύεται η ανθρώπινη επαφή με την φύση και το περιβάλλον. Παράλληλα, αναδεικνύονται τα ψυχολογικά οφέλη του βιοφιλικού σχεδιασμού τεχνητού φωτισμού, σε συνάρτηση με τις αντίστοιχες επιρροές του φωτισμού στον χώρο. Παρουσιάζονται και αναλύονται επίσης παραδείγματα κτιρίων και εσωτερικών χώρων που εφαρμόζουν αρχές βιοκλιματικού και βιοφιλικού σχεδιασμού, με έμφαση στον σχεδιασμό φωτισμού. Στο τελευταίο μέρος επιχειρείται μία προσέγγιση στην πράξη, με την εφαρμογή βιοφιλικού φωτισμού ως μελέτη περίπτωσης.

Η εκπόνηση της εργασίας υλοποιείται σε δύο άξονες. Κατ' αρχήν, με μία θεωρητική ανάλυση μέσω βιβλιογραφικής έρευνας (αναζήτηση πληροφοριών σε βάσεις δεδομένων πανεπιστημιακών ιδρυμάτων, σε διατριβές, συγγράμματα, πρακτικά συνεδρίων, αρθρογραφία) και, εν συνεχεία, ακολουθεί πρακτικό μέρος με μελέτη περίπτωσης.

Η μελέτη περίπτωσης έχει ως επίκεντρο την μελέτη τεχνητού φωτισμού σε πραγματικό κτίριο με χρήση Εκπαίδευση, και συγκεκριμένα σε Κτίριο Επαγγελματικής εκπαίδευσης Μηχανικών Αεροσκαφών, όπου γίνεται μελέτη φωτισμού και διαχείριση του κτιρίου με έμφαση στην βιοφιλία, δηλαδή την σύνδεση των χρηστών του χώρου με το φυσικό περιβάλλον, την εξοικονόμηση ενέργειας και την οπτική και ψυχολογική άνεση.

Επιπροσθέτως, διερευνώνται οι βέλτιστες συνθήκες τεχνητού φωτισμού με στόχο να διασφαλίζεται στον μέγιστο βαθμό συνθήκη βέλτιστης λειτουργικότητας των χώρων.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση αλλά και από το πρακτικό μέρος, την μελέτη περίπτωσης, και αναδεικνύονται οι θετικές ψυχολογικές επιπτώσεις του βιοφιλικού σχεδιασμού τεχνητού φωτισμού για τους

ανθρώπους, ιδιαίτερα στα αστικά περιβάλλοντα, όπου η επαφή του ανθρώπου με τη φύση περιορίζεται λόγω του πυκνοδομημένου ιστού των πόλεων και της περιορισμένης παρουσίας στοιχείων της φύσης και γίνεται αναλυτική παρουσίαση των συμπερασμάτων.

Λέξεις Κλειδιά - Ορισμοί

Βιοφιλία (Biophilia)

Η βιοφιλία είναι η έμφυτη τάση του ανθρώπου να αναζητά τη σύνδεση με τη φύση και άλλες μορφές ζωής (Wilson, 1984).

Βιοφιλικός σχεδιασμός (Biophilic Design)

Η προσέγγιση σχεδιασμού που επιδιώκει να ενισχύσει τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση μέσω του δομημένου περιβάλλοντος με στόχο την ευεξία, την υγεία και την απόδοση των χρηστών (Campbell, 2023).

Βιοφιλικός φωτισμός (Biophilic Lighting)

Ο βιοφιλικός φωτισμός είναι η σχεδιαστική προσέγγιση φωτισμού που στοχεύει στη μίμηση και ενσωμάτωση χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός στο δομημένο περιβάλλον, με σκοπό την ενίσχυση της σύνδεσης του ανθρώπου με τη φύση. Επιδιώκει την προσομοίωση φυσικών φωτεινών συνθηκών, όπως η μεταβολή της έντασης και της θερμοκρασίας χρώματος κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς και τη βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτός, ώστε να υποστηρίζεται η βιολογική λειτουργία, η ψυχολογική ευεξία και η οπτική άνεση των χρηστών (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Ανθρώπινη ευεξία και βιορυθμοί (Human Well-being & Circadian Rhythms)

Ο όρος περιλαμβάνει τη σχέση του φωτισμού με την ψυχική και σωματική υγεία των ανθρώπων όπως για παράδειγμα τη ρύθμιση των βιορυθμών και των κιρκάδιων ρυθμών, την παραγωγή μελατονίνης, την ποιότητα ύπνου, τη μείωση του στρες (McGee & Nam-Kyu, 2022).

Περιβαλλοντική ψυχολογία (Environmental psychology)

Ο διεπιστημονικός κλάδος που μελετά τη σχέση μεταξύ ανθρώπου και φυσικού ή δομημένου περιβάλλοντος, δηλαδή πώς το περιβάλλον επηρεάζει τη συμπεριφορά, τα συναισθήματα, την υγεία και την ευεξία των ανθρώπων αλλά και το αντίστροφο (Steg&deGroot, 2012).

Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός (Human-centered design)

Προσέγγιση στον σχεδιασμό προϊόντων, υπηρεσιών ή περιβαλλόντων που θέτει τον άνθρωπο στο επίκεντρο της διαδικασίας σχεδιασμού, με στόχο να δημιουργούνται λύσεις που είναι λειτουργικές, ευχάριστες και βιώσιμες (Houser&Esposito, 2021).

Biophilic interior lighting design

Abstract

Starting from the broader concept of biophilia and its correlation with human living in the built environment, in this thesis, an analytical approach to the term is attempted, and its transition to the level of lighting design and the way it affects humans sensorially, as a result of the use of light with the appropriate parameters that are analyzed in detail.

Initially, an extensive bibliographic analytical approach to the concept of biophilia and its correlation with architecture, interiors and artificial lighting is made. The benefits that its inclusion in the design brings and that the users of the mentioned spaces gain, how living is improved and how human contact with nature and the environment is strengthened, are analyzed. At the same time, the psychological benefits of biophilic artificial lighting design are highlighted, in relation to the corresponding influences of lighting in space. Examples of buildings and interiors that apply bioclimatic and biophilic design principles, with an emphasis on lighting design, are also presented and analyzed. In the last part, an approach is attempted in practice, with the application of biophilic lighting as a case study.

The preparation of the thesis is implemented in two axes. First, with a theoretical analysis through bibliographic research (search for information in university databases, in dissertations, textbooks, conference proceedings, articles) and, then, a practical part with a case study.

The case study focuses on the study of artificial lighting in a real building using Education, and specifically in an Aircraft Engineering Vocational Training Building, where lighting study and building management are carried out with an emphasis on biophilia, i.e. the connection of space users with the natural environment, energy saving and visual and psychological comfort.

In addition, the optimal conditions of artificial lighting are being investigated in order to ensure to the maximum extent a condition of optimal functionality of the spaces.

Finally, the conclusions from the literature review are presented as well as from the practical part, the case study, and the positive psychological effects of biophilic artificial lighting design for humans are highlighted, especially in urban environments, where human contact with nature is limited due to the densely built fabric of cities and the limited presence of nature elements and a detailed presentation of the conclusions is made.

Keywords - Definitions

Biophilia

Biophilia is the innate tendency of humans to seek connections with nature and other forms of life (Wilson, 1984).

Biophilic Design

A design approach that aims to enhance the human connection with nature through the built environment, promoting user well-being, health, and performance (Campbell, 2023).

Biophilic Lighting

Biophilic lighting is a lighting design approach that aims to mimic and integrate the characteristics of natural light within the built environment, with the purpose of strengthening the human connection to nature. It seeks to simulate natural lighting conditions (such as variations in light intensity and colour temperature throughout the day), as well as to optimise the use of natural daylight, in order to support users' biological functioning, psychological well-being, and visual comfort (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Human Well-being & Circadian Rhythms

This term refers to the relationship between lighting and human physical and mental health including the regulation of circadian rhythms (day–night cycle), melatonin production, sleep quality, and stress reduction (McGee & Nam-Kyu, 2022).

Environmental psychology

An interdisciplinary field that studies the relationship between humans and their physical or built environment — examining how surroundings influence human behavior, emotions, health, and well-being, and conversely how people shape and affect their environments (Steg & de Groot, 2012).

Human-centered design

A design approach for products, services, or environments that places human needs, experiences, and behaviors at the center of the design process, aiming to create solutions that are functional, enjoyable, and sustainable (Houser & Esposito, 2021).

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	5
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	9
Κατάλογος Πινάκων	13
Εισαγωγή.....	14
1. Ο ρόλος του φωτός σε κάθε μορφή ζωής.....	17
1.1. Φως και φυτικό περιβάλλον	17
1.2. Φως και ζώα	19
1.2.1. Φυσικό φως και ζώα.....	19
1.2.2. Φωτορύπανση και επιρροή του τεχνητού φωτισμού στα ζώα	20
1.3 Φως και άνθρωπος	21
1.3.1.Έλλειψη φωτός και εποχιακή καταθλιπτική διαταραχή	22
2. Ο Βιοφιλικός σχεδιασμός στην Αρχιτεκτονική	23
2.1 Ορισμοί και αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού	23
2.2 Ιστορική εξέλιξη και μετασχηματισμοί.....	32
2.3 . Βιοφιλικός σχεδιασμός και αισθητηριακή εμπειρία.....	35
3. Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός φωτισμού	37
3.1. Κιρκάδιοι ρυθμοί και φως	37
3.2.Θεμελιώδεις παράμετροι ανθρωποκεντρικού φωτισμού	38
3.2.1.Φασματική σύνθεση.....	38
3.2.2.Προσωποποιημένος έλεγχος	40
4. Ο φωτισμός ως εργαλείο βιοφιλικού σχεδιασμού	44
4.1.Παράγοντες βιοφιλικού φωτισμού – Ανάγκες και στόχοι	44
4.1.1. Φυσικός φωτισμός και πώς ενισχύει τη σύνδεση με τη φύση	44
4.1.2. Αλληλεπίδραση φωτός–σκιάς κατά τη διάρκεια της μέρας.....	45
4.1.3. Τεχνητός φωτισμός και προσομοίωση των χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός	47
4.1.4. Βιοφιλικός φωτισμός και ενσωμάτωση φυσικών στοιχείων στον εσωτερικό χώρο	48
5. Πρακτικές εφαρμογές βιοφιλικού φωτισμού	50

5.1. Αρχές εφαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα	50
5.1.1. Κατοικία	50
5.1.2. Επαγγελματικοί χώροι.....	51
5.1.3. Χώροι Εκπαίδευσης	51
5.1.4. Υγειονομικές εγκαταστάσεις	52
5.1.5. Δημόσιοι χώροι	52
5.2. Τεχνολογίες και τεχνικές φωτισμού με βιοφιλικά χαρακτηριστικά.....	53
5.2.1. Τεχνολογίες circadian lighting	53
5.2.2. Αισθητήρες και αυτοματισμοί.....	54
5.2.3. Υλικά διάχυσης φωτός και φυσικά υλικά	55
5.2.4. Πρότυπα και πιστοποιήσεις	55
5.3. Παραδείγματα εφαρμογής βιοφιλικού φωτισμού	56
6. Μελέτη περίπτωσης	67
6.1. Εισαγωγή – Περιγραφή κτιρίου μελέτης	67
6.2. Πρόταση φωτισμού εσωτερικών χώρων	71
6.3. Ανάλυση και μετρήσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων.....	87
6.4. Σύστημα ελέγχου φωτισμού και προγραμματικά σενάρια λειτουργίας.....	103
6.5. Πρόταση φωτισμού όψεων και περιβάλλοντος χώρου	103
7. Συμπεράσματα - Προοπτικές	107
7.1. Προκλήσεις και μελλοντικές προοπτικές.....	108
Βιβλιογραφία.....	110
Παράρτημα Α: «Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού»	115

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1. Bosco Verticale από το γραφείο Stefano Boeri Architects (πηγή: https://www.arch2o.com/vertical-forest-bosco-verticale-stefano-boeri-architects/#google_vignette)	25
Εικόνα 2. Casa Batlló από τον Antoni Gaudí (πηγή: https://www.architectural-review.com/essays/revisit/revisit-casa-batllo-by-antoni-gaudi-in-barcelona-spain)	26
Εικόνα 3. Casa Batlló από τον Antoni Gaudí (πηγή: https://www.architectural-review.com/essays/revisit/revisit-casa-batllo-by-antoni-gaudi-in-barcelona-spain)	27
Εικόνα 4. Therme Vals του Peter Zumthor (πηγή: https://www.archdaily.com/13358/the-therme-vals/5fc1415563c017d62c001226-the-therme-vals-photo)	28
Εικόνα 5. Therme Vals του Peter Zumthor (πηγή: https://www.archdaily.com/13358/the-therme-vals/5fc1415563c017d62c001226-the-therme-vals-photo)	28
Εικόνα 6. Η όπερα του Σίδνεϋ (πηγή: https://www.archdaily.com/65218/ad-classics-sydney-opera-house-j%25c3%25b8rn-utzon)	30
Εικόνα 7. Falling Water (Frank Lloyd Wright) (πηγή: https://www.archdaily.com/60022/ad-classics-fallingwater-frank-lloyd-wright)	33
Εικόνα 8. Εξέλιξη των τεχνολογιών φωτισμού από ενεργειακά αποδοτικές λύσεις προς ευφυή και ανθρωποκεντρικά συστήματα φωτισμού (πηγή: https://www.signify.com/en-us/blog/archive/innovation/lighting-system)	39
Εικόνα 9. Μεταβολή της θερμοκρασίας χρώματος του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας και η σχέση της με τον ανθρώπινο κιρκάδιο ρυθμό (πηγή: https://www.varnidigital.in/latest-update/human-centric-lighting-circadian-rhythm-hcl/1029)	40
Εικόνα 10. Περιοχές του φάσματος της οπτικής ακτινοβολίας, συμπεριλαμβανομένης της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), του ορατού φωτός (VIS) και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) (πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Optical-radiation-wavelengths-ranges_fig1_268743487)	41
Εικόνα 11. Η διάτρητη θόλος του Louvre Abu Dhabi (πηγή: https://www.archpaper.com/2017/11/jean-nouvel-louvre-abu-dhabi-opens/)	46
Εικόνα 12. Η διάτρητη θόλος του Louvre Abu Dhabi (πηγή: https://www.archpaper.com/2017/11/jean-nouvel-louvre-abu-dhabi-opens/)	46
Εικόνα 13. Amazon Spheres (πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Spheres)	57

Εικόνα 14. <i>Amazon Spheres</i> (πηγή: https://www.archdaily.com/920029/amazon-spheres-nbbj/5d1610e1284dd16860000108-amazon-spheres-nbbj-photo?auth=hadid).....	58
Εικόνα 15. <i>Delloiteoffices</i> (πηγή: https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/)	59
Εικόνα 16. <i>Delloiteoffices</i> (πηγή: https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/)	59
Εικόνα 17. <i>Delloiteoffices</i> (πηγή: https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/)	60
Εικόνα 18. <i>Delloiteoffices</i> (πηγή: https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/)	60
Εικόνα 19. <i>Vittra School</i> (πηγή: https://www.archdaily.com/420645/vittra-school-sodermalm-rosan-bosch/521be725e8e44effd4000037-vittra-school-sodermalm-rosan-bosch-photo?next_project=no).....	61
Εικόνα 20. <i>Maggie's Centre</i> (πηγή: https://www.archdaily.com/786370/maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners/5720b90de58ece0c35000005-maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners-photo?next_project=no)	63
Εικόνα 21. <i>Maggie's Centre</i> (πηγή: https://www.archdaily.com/786370/maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners/5720b947e58ecf7470000003-maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners-photo?next_project=no)	63
Εικόνα 22. <i>Εσωτερικό αίθριο νοσοκομείου Karolinska</i> (πηγή: https://www.assaabloy.com/sg/en/solutions/topics/architects/the-new-karolinska-hospital)	64
Εικόνα 23. <i>Δωμάτιο ασθενή νοσοκομείου Karolinska</i> (πηγή: https://whitearkitekter.com/project/new-karolinska-solna/)	64
Εικόνα 24. <i>Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης</i>	67
Εικόνα 25. <i>Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης</i>	68
Εικόνα 26. <i>Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης</i>	68
Εικόνα 27. <i>Εσωτερικός διάδρομος Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης</i>	69

Εικόνα 28. Εσωτερικός διάδρομος Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης.....	70
Εικόνα 29. Χώρος εργαστηρίου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης.....	70
Εικόνα 30. Χώρος γραφείου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης	71
Εικόνα 31. Κάτοψη ισογείου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών.....	73
Εικόνα 32. Κάτοψη ορόφου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών	74
Εικόνα 33. Κάτοψη διάχυσης φωτισμού που αναπαριστά το concept φωτισμού του ισογείου	76
Εικόνα 34. Κάτοψη διάχυσης φωτισμού που αναπαριστά το concept φωτισμού του ορόφου	77
Εικόνα 35. Πρόταση φωτισμού εργαστηρίου – πρωινή ώρα.....	78
Εικόνα 36. Πρόταση φωτισμού εργαστηρίου – απογευματινή ώρα.....	79
Εικόνα 37. Πρόταση φωτισμού αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων	80
Εικόνα 38. Πρόταση φωτισμού τυπικού γραφείου	81
Εικόνα 39. Πρόταση φωτισμού χώρου υποδοχής	82
Εικόνα 40. Πρόταση φωτισμού χώρου υποδοχής	83
Εικόνα 41. Πρόταση φωτισμού διαδρόμου	84
Εικόνα 42. Πρόταση φωτισμού χώρου πολλαπλών χρήσεων.....	85
Εικόνα 43. Πρόταση φωτισμού γραφείου διεύθυνσης.....	86
Εικόνα 44. Πρόταση φωτισμού γραφείου διεύθυνσης.....	87
Εικόνα 45. Απεικόνιση χώρων μελέτης φωτισμού ισογείου σε κάτοψη	89
Εικόνα 46. Απεικόνιση επιφανειών μελέτης φωτισμού ισογείου σε κάτοψη	90
Εικόνα 47. Απεικόνιση χώρων μελέτης φωτισμού ορόφου σε κάτοψη.....	91
Εικόνα 48. Απεικόνιση επιφανειών μελέτης φωτισμού ορόφου σε κάτοψη.....	92
Εικόνα 49. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό	93
Εικόνα 50. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό	93
Εικόνα 51. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό	94
Εικόνα 52. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό	94
Εικόνα 53. Φωτιστικά σώματα χώρου εργαστηρίου	97
Εικόνα 54. Φωτιστικά σώματα αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων.....	98

Εικόνα 55. Φωτιστικά σώματα τυπικού γραφείου.....	98
Εικόνα 56. Φωτιστικά σώματα υποδοχής.....	99
Εικόνα 57. Φωτιστικά σώματα εισόδου & διαδρόμου.....	100
Εικόνα 58. Φωτιστικά σώματα χώρου πολλαπλών χρήσεων.....	101
Εικόνα 59. Φωτιστικά σώματα γραφείου διευθυντή.....	102
Εικόνα 60. Φωτιστικά σώματα περιβάλλοντος χώρου.....	105
Εικόνα 61. Όψη Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών.....	106
Εικόνα 62. Πλάγια όψη Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών.....	106

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Συγκριτική παρουσίαση στρατηγικών βιοφιλικού φωτισμού.....	65
Πίνακας 2. Μεγέθη φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1	88
Πίνακας 3. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού.....	95

Εισαγωγή

Ακολουθώντας την ετυμολογία της λέξης «βιο-φιλία», από τις λέξεις «βίος» και «φιλία», δηλαδή «αγάπη για τη ζωή», έννοια που συνδέεται με την έμφυτη τάση του ανθρώπου να αναζητά επαφή με το φυσικό περιβάλλον, καθώς και το γεγονός ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα ολοένα και περισσότερο περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους, προκύπτει η ανάγκη επαναπροσδιορισμού του σχεδιασμού φωτισμού, προκειμένου να επιτυγχάνεται, κατά το δυνατόν, η σωματική και πνευματική υγεία των χρηστών. Η λέξη «φιλία» προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό ρήμα «φιλέω», που σημαίνει «αγαπώ» ή «αισθάνομαι έλξη προς κάτι», ενώ ο όρος «βίος» δηλώνει τη ζωή ως τρόπο ύπαρξης και διαβίωσης, σύμφωνα με το Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας

Η σχέση του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον αποτελεί μια αδιάλειπτη, εξελικτικά καθορισμένη και βαθιά ριζωμένη σύνδεση. Από τις πρώτες μορφές καταφυγίου στις προϊστορικές κοινωνίες μέχρι τα σύγχρονα κτίρια, ο άνθρωπος δεν έπαψε ποτέ να αναζητά την συνύπαρξή του με το φυσικό περιβάλλον, καθώς αποτελεί μέρος αυτού. Ωστόσο, η εκβιομηχάνιση και η αστικοποίηση του 20ού και 21ου αιώνα οδήγησαν σε μία αυξανόμενη αποστασιοποίηση από τα φυσικά ερεθίσματα. Η καθημερινή ζωή εξελίσσεται πλέον κυρίως σε τεχνητά, εσωτερικά περιβάλλοντα, όπως κατοικία, σχολεία, γραφεία, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα, στα οποία η πρόσβαση στο φως, τον αέρα, τα φυτά και το φυσικό τοπίο είναι συχνά περιορισμένη ή ανύπαρκτη. Αυτή η αποστασιοποίηση έχει σημαντικές συνέπειες, όχι μόνο συναισθηματικά, αλλά και στη σωματική υγεία του ανθρώπου (Ulrich, 1993). Σε αυτό το πλαίσιο, ο βιοφιλικός σχεδιασμός αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Ο όρος βιοφιλία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό κοινωνικό ψυχολόγο και ψυχαναλυτή Eric Fromm κατά το 1973 για να περιγράψει μια ανθρώπινη ψυχολογική τάση προς την συναναστροφή με όλα τα άλλα έμβια όντα (Τσούκο, 2022). Στην συνέχεια, μία ευρύτερη ανάλυση του όρου εμφανίζεται στο έργο “Biophilia” του Αμερικανού βιολόγου Edward Wilson κατά το έτος 1984 ο οποίος υποστήριξε ότι οι άνθρωποι φέρουν μια έμφυτη τάση να συνδέονται με άλλες μορφές ζωής και το φυσικό περιβάλλον, η οποία διαμορφώθηκε από την εξελικτική του ιστορία. Από την προϊστορική εποχή, ο άνθρωπος έζησε και αναπτύχθηκε στο φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας μία σωματική και ψυχολογική σύνδεση μ’ αυτό. Ως αποτέλεσμα, ο εγκέφαλος του ανθρώπου

διαμορφώθηκε έτσι, ώστε να ανταποκρίνεται θετικά στην επαφή του με το φυσικό περιβάλλον (Wilson, 1984).

Σταδιακά, η ιδέα της βιοφιλίας έγινε ευρύτερα διαδεδομένη και σύντομα απέκτησε ιδιαίτερη δυναμική σχετιζόμενη με τον αρχιτεκτονικό και τον αστικό σχεδιασμό, οδηγώντας στην ανάπτυξη του βιοφιλικού σχεδιασμού ως πεδίο μελέτης και πρακτικής.

Ο όρος βιοφιλικός σχεδιασμός αναφέρεται στην προσέγγιση σχεδιασμού που επιδιώκει να ενισχύσει τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση μέσω του δομημένου περιβάλλοντος με στόχο την ευεξία, την υγεία και την απόδοση των χρηστών (Campbell, 2023).

Ο βιοφιλικός σχεδιασμός μετουσιώνει την ιδέα της βιοφιλίας σε μία πρακτική αρχιτεκτονικής εφαρμογής, επιδιώκοντας τη σκόπιμη ενσωμάτωση φυσικών στοιχείων στον χώρο — φυσικό φως, νερό, φυτά, υλικά, υφές, και σχήματα που προσομοιώνουν τη φύση (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Μεταξύ των παραπάνω στοιχείων, το φως κατέχει ξεχωριστή θέση. Πέρα από την απαραίτητη προϋπόθεση της όρασης, αποτελεί και βασικό ρυθμιστή της ανθρώπινης βιολογίας και ψυχολογίας. Όπως γνωρίζουμε, ο φυσικός φωτισμός λειτουργεί ως κυρίαρχο εξωτερικό ερέθισμα για τη ρύθμιση των κιρκάδιων ρυθμών, επηρεάζοντας κρίσιμες λειτουργίες όπως ο κύκλος ύπνου, η παραγωγή μελατονίνης και κορτιζόλης, η θερμοκρασία σώματος και η γνωστική απόδοση (Cajochen, et al., 2005). Η απουσία ή η εσφαλμένη διαχείριση του φωτός μπορεί να οδηγήσει σε συναισθηματικές διαταραχές και παθήσεις όπως η χρόνια κόπωση και η διαταραχή του ύπνου (Figueiro, et al., 2017).

Το ενδιαφέρον της αρχιτεκτονικής για το φως ως ποιοτικό και εμπειρικό στοιχείο δεν είναι νέο. Στο έργο σημαντικών αρχιτεκτόνων του 20ού αιώνα, όπως ο Le Corbusier, ο Louis Kahn και ο Alvar Aalto, το φως αντιμετωπίστηκε ως βασικό συνθετικό στοιχείο που συμβάλλει καθοριστικά στη διαμόρφωση της αίσθησης του χώρου. Σήμερα, αυτή η ερμηνεία εμπλουτίζεται από σύγχρονες μελέτες, οι οποίες τεκμηριώνουν ότι η υγεία, σωματική και ψυχολογική, η παραγωγικότητα και η ευημερία των ανθρώπων μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με την επίδραση του φωτισμού. Η τεχνολογία, πλέον, μας παρέχει τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε την θερμοκρασία χρώματος, την ένταση, την διάρκεια και την κατεύθυνση του τεχνητού φωτός με στόχο τη μίμηση του φυσικού κύκλου ημέρας-νύχτας. Σε αυτό το σημείο αναδύεται η έννοια του ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Human-Centric Lighting - HCL), μιας σχεδιαστικής μεθόδου που στοχεύει στη βελτιστοποίηση των

επιπτώσεων του φωτισμού στην υγεία, την απόδοση και την ευημερία των χρηστών (Figueiro, et al., 2017).

Επιπλέον, πλήθος ερευνών έχει δείξει ότι οι χρήστες εσωτερικών χώρων προτιμούν το φυσικό φως έναντι του τεχνητού, τόσο για λόγους αισθητικής όσο και για λειτουργική άνεση (Veitch & Galasiu, 2012). Οι χώροι εργασίας με πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό και θέα προς το εξωτερικό σχετίζονται με υψηλότερη ικανοποίηση χρηστών, μειωμένο στρες και αυξημένη απόδοση. Ειδικά σε ευαίσθητα περιβάλλοντα όπως τα νοσοκομεία και τα σχολεία, ο φωτισμός έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει άμεσα τη διάρκεια νοσηλείας, τη συμπεριφορά των μαθητών και τη γενική ψυχοσωματική κατάσταση (Zadeh, Shepley, Williams, & Sung Eun Chung, 2014).

Επιπρόσθετα, το φως αποτελεί κρίσιμο παράγοντα και για τη βιωσιμότητα του ίδιου του κτηριακού περιβάλλοντος, καθώς η έξυπνη χρήση του μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση, συνεισφέρει στον παθητικό σχεδιασμό και ενισχύει τη βιωσιμότητα. Η ένταξη του τεχνητού φωτισμού ως φυσικό και βιοματικό στοιχείο, αποτελεί σχεδιαστική πρόκληση για τον αρχιτέκτονα, ο οποίος καλείται να διαμορφώσει χώρους που να ευνοούν την υγεία, την ανθεκτικότητα και τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τη σύνδεση των αρχών της βιοφιλίας με τις τεχνολογικές και επιστημονικές εξελίξεις στον τομέα του φωτισμού, δίνοντας έμφαση στον σχεδιασμό εσωτερικών χώρων που υποστηρίζουν τη φυσική και ψυχολογική υγεία του ανθρώπου. Ο όρος βιοφιλικός φωτισμός χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ολιστική προσέγγιση, όπου το φως δεν αποτελεί απλώς εργαλείο οπτικής λειτουργίας ή διακόσμησης, αλλά ενεργό στοιχείο που υποστηρίζει τη ζωή και την βέλτιστη σύνδεση του ανθρώπου με την φύση στο τεχνητό περιβάλλον.

Στόχος της μελέτης είναι να αναδείξει τη σημασία του φωτός σε όλα τα επίπεδα του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, να παρουσιάσει το θεωρητικό και τεχνολογικό υπόβαθρο του βιοφιλικού φωτισμού και να προτείνει πρακτικές εφαρμογές στον σχεδιασμό εσωτερικών χώρων. Επιπλέον, θα εξεταστεί η συμβατότητα αυτών των αρχών με διεθνή πρότυπα (WELL, LEED) και η δυνατότητα εφαρμογής τους σε πραγματικές περιπτώσεις. Μέσω μιας τέτοιας προσέγγισης, επιχειρείται η γεφύρωση μεταξύ θεωρίας και πράξης, τεχνολογίας και φύσης, φωτισμού και ευεξίας.

1. Ο ρόλος του φωτός σε κάθε μορφή ζωής

Το φυσικό φως αποτελεί πρωταρχικό ρυθμιστή της ζωής στον πλανήτη. Η παρουσία του συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη των έμβιων οργανισμών, από τη φωτοσύνθεση των φυτών έως τη ρύθμιση των βιολογικών ρολογιών των ζώων και του ανθρώπου. Ο ρόλος του φωτός δεν περιορίζεται στην απλή ορατότητα, αλλά λειτουργεί ως καταλύτης για θεμελιώδεις φυσιολογικές διεργασίες και ως φορέας πληροφορίας για την πλοήγηση στον χρόνο και τον χώρο.

1.1. Φως και φυτικό περιβάλλον

Το φως αποτελεί έναν από τους πιο θεμελιώδεις παράγοντες για την επιβίωση και τη φυσιολογική λειτουργία των φυτών. Μέσω της φωτοσύνθεσης, τα φυτά αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για να μετατρέψουν ανόργανες ενώσεις σε οργανικά μόρια, παρέχοντας έτσι την απαραίτητη ενέργεια για τη δική τους ανάπτυξη, αλλά και για ολόκληρο το οικοσύστημα (Taiz, Møller, Murphy, & Zeiger, 2022). Η παρουσία φωτός επομένως δεν είναι απλώς ωφέλιμη, αλλά απολύτως απαραίτητη για την ενεργειακή αυτονομία των φωτοσυνθετικών οργανισμών και την ύπαρξή τους.

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το νερό (H_2O) μετατρέπονται, με τη βοήθεια της φωτεινής ενέργειας, σε γλυκόζη ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) και οξυγόνο (O_2). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες, όπου βρίσκεται η χλωροφύλλη, η βασική φωτοσυνθετική χρωστική. Η χλωροφύλλη, σε συνεργασία με άλλες χρωστικές όπως τα καροτενοειδή, απορροφά συγκεκριμένα μήκη κύματος του φωτός, κυρίως από το μπλε και το κόκκινο τμήμα του φάσματος, μεγιστοποιώντας έτσι την αποδοτικότητα της φωτοσύνθεσης (Raven, Evert, & Eichorn, 2023).

Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο διακριτά στάδια: τη φωτεινή φάση και τη σκοτεινή φάση (γνωστή και ως κύκλος Calvin). Κατά τη φωτεινή φάση, η ενέργεια του φωτός διεγείρει ηλεκτρόνια της χλωροφύλλης, οδηγώντας στη διάσπαση του νερού (φωτόλυση) και την παραγωγή οξυγόνου, καθώς και ενεργειακών μορίων ATP και NADPH. Στη συνέχεια, κατά τη σκοτεινή φάση, τα προϊόντα της φωτεινής φάσης αξιοποιούνται για τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και τη σύνθεση γλυκόζης, η οποία αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας του φυτού (Berg, Tymoczko, Gatto, & Stryer,

2019). Επομένως, το φως λειτουργεί ως ο αρχικός ενεργειακός παράγοντας που επιτρέπει την αποθήκευση χημικής ενέργειας σε μορφή οργανικών ενώσεων.

Η απόδοση της φωτοσύνθεσης και η μορφολογία των φυτών εξαρτώνται σημαντικά από το μήκος κύματος του φωτός που δέχονται. Το μπλε φως (430–450 nm) ρυθμίζει τη φωτομορφογένεση, επηρεάζοντας το άνοιγμα των στομάτων, τη σύνθεση της χλωροφύλλης και τη συνολική ποιότητα των φύλλων (Hogewoning, et al., 2010). Η κόκκινη ακτινοβολία (640–680 nm) είναι η πιο αποτελεσματική για τη φωτοσυνθετική απόδοση, καθώς απορροφάται έντονα από τη χλωροφύλλη και διεγείρει τη σύνθεση σακχάρων. Αντίθετα, το πράσινο φως (500–570 nm) απορροφάται σε μικρότερο βαθμό και θεωρείται λιγότερο αποτελεσματικό για τη φωτοσύνθεση· ωστόσο, διεισδύει βαθύτερα στους φυτικούς ιστούς και συμβάλλει έμμεσα στη συνολική ενεργειακή ισορροπία του φυτού (Smith, McAusland, & Murchie, 2017). Η συνδυασμένη έκθεση φυτών σε κόκκινο και μπλε φως έχει αποδειχθεί ότι προάγει τη βέλτιστη ανάπτυξη, ενώ η υπερίσχυση ενός μόνο φάσματος μπορεί να οδηγήσει σε ανισορροπίες στη μορφολογία και στο μεταβολισμό (Raven, Evert, & Eichorn, 2023).

Η ένταση και η ποιότητα του φωτός επηρεάζουν επομένως άμεσα τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης. Σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, η απόδοση της διαδικασίας μειώνεται, ενώ αυξάνεται προοδευτικά με την αύξηση της έντασης, μέχρι να επιτευχθεί το σημείο κορεσμού. Πέρα από αυτό το όριο, ο ρυθμός δεν αυξάνεται περαιτέρω, καθώς άλλοι παράγοντες –όπως η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα ή η θερμοκρασία– περιορίζουν τη διαδικασία (Taiz, Møller, Murphy, & Zeiger, 2022).

Όταν το φως απουσιάζει ή είναι ανεπαρκές, η φωτοσύνθεση επιβραδύνεται ή διακόπτεται. Σε αυτές τις συνθήκες, το φυτό συνεχίζει να αναπνέει, καταναλώνοντας οξυγόνο και τα αποθέματα υδατανθράκων που έχει ήδη παραγάγει, γεγονός που οδηγεί σε ενεργειακή ανισορροπία και, σε παρατεταμένη διάρκεια, σε εξασθένηση ή θάνατο (Khan Academy, 2024). Παράλληλα, σε περιβάλλον με περιορισμένο φως, τα φυτά εμφανίζουν αιτιολισμό, δηλαδή ανώμαλη ανάπτυξη που χαρακτηρίζεται από επιμήκεις, λεπτούς και αδύναμους βλαστούς, μικρά και ωχρά φύλλα, καθώς και μειωμένη ανάπτυξη ριζών. Ο αιτιολισμός αποτελεί προσαρμοστική στρατηγική για την αναζήτηση φωτός (Raven, Evert, & Eichorn, 2023).

Συνοψίζοντας, το φως είναι απολύτως απαραίτητο για τη φωτοσυνθετική λειτουργία και, κατά συνέπεια, για την ύπαρξη των φυτών. Η έλλειψή του δεν προκαλεί μόνο

επιβράδυνση της ανάπτυξης, αλλά και σοβαρές μεταβολικές διαταραχές που επηρεάζουν την επιβίωση του φυτού. Η εις βάθος κατανόηση της σχέσης φωτός–φωτοσύνθεσης είναι καίρια για την αγροτική παραγωγή, τη φυτοτεχνολογία και τη διαχείριση των οικοσυστημάτων, καθώς επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών για τη μέγιστη φυτική απόδοση.

1.2. Φως και ζώα

Το φως αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους περιβαλλοντικούς παράγοντες για τα ζώα, καθώς επιδρά καθοριστικά στη συμπεριφορά, τη φυσιολογία, την αναπαραγωγή και την επιβίωσή τους. Οι περισσότερες ζωικές μορφές έχουν εξελιχθεί υπό την επιρροή του φυσικού φωτός, ακολουθώντας ρυθμούς που συγχρονίζονται με την εναλλαγή ημέρας και νύχτας, τους κιρκάδιους ρυθμούς (Foster, Wulff, & Helfrich-Förster, 2020).

1.2.1. Φυσικό φως και ζώα

Ο φυσικός φωτισμός αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για τη ρύθμιση της συμπεριφοράς και των φυσιολογικών λειτουργιών των ζώων. Το φως δρα ως βασικό περιβαλλοντικό σήμα που συγχρονίζει τους κιρκαδικούς και ετήσιους ρυθμούς, εξασφαλίζοντας τη σωστή χρονική οργάνωση των βιολογικών διεργασιών (Refinetti, 2016). Μέσω των φωτοϋποδοχέων στα μάτια και σε άλλους ιστούς, τα ζώα αντιλαμβάνονται τις μεταβολές της φωτοπεριόδου, γεγονός που επηρεάζει κρίσιμες λειτουργίες όπως η αναπαραγωγή, η μετανάστευση και η αδρανοποίηση (Bradshaw&Holzapfel, 2010).

Κεντρικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία διαδραματίζει η μελατονίνη, μια ορμόνη που εκκρίνεται από την επίφυση και της οποίας η παραγωγή εξαρτάται από τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η συγκέντρωσή της αυξάνεται, σηματοδοτώντας στο σώμα ότι είναι ώρα ανάπαυσης, ενώ μειώνεται με την έκθεση στο φως της ημέρας (Foster, Wulff, & Helfrich-Förster, 2020). Έτσι, το φως ρυθμίζει τον κύκλο ύπνου–εγρήγορσης και συμβάλλει στη διατήρηση της ομοιόστασης.

Επιπλέον, ο φυσικός φωτισμός καθορίζει τη συμπεριφορά αναζήτησης τροφής, τη θήρευση και τη διαπροσωπική επικοινωνία μεταξύ ειδών. Τα ημερόβια ζώα είναι εξελικτικά προσαρμοσμένα σε έντονο φωτισμό, ενώ τα νυκτόβια είδη έχουν αναπτύξει εξειδικευμένα αισθητήρια όργανα που τους επιτρέπουν να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλής φωτεινότητας (Gaston, Visser, & Hölker, 2015). Ωστόσο, η διατάραξη των φυσικών

κύκλων φωτός–σκότους από τεχνητές πηγές φωτισμού (φωτορύπανση) μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στη συμπεριφορά, στην αναπαραγωγή και στη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων.

1.2.2. Φωτορύπανση και επιρροή του τεχνητού φωτισμού στα ζώα

Η φωτορύπανση, δηλαδή η υπερβολική παρουσία ή η ακατάλληλη χρήση τεχνητού φωτός στο περιβάλλον, συνιστά έναν αναδυόμενο οικολογικό παράγοντα που μεταβάλλει τη φυσική ισορροπία των οικοσυστημάτων. Η συνεχής ή έντονη νυχτερινή φωταγώγηση αλλοιώνει τους φυσικούς κύκλους φωτός και σκότους, οι οποίοι ρυθμίζουν τη συμπεριφορά, τους κερκαδικούς ρυθμούς και τις φυσιολογικές διεργασίες πολλών ζωικών ειδών (Longcore & Rich, 2004).

Τα περισσότερα ζώα εξαρτώνται από τα φυσικά φωτεινά σήματα για να καθορίσουν τον προσανατολισμό τους, την εποχή αναπαραγωγής και τις περιόδους δραστηριότητας. Ο τεχνητός φωτισμός προκαλεί αποπροσανατολισμό σε πτηνά, έντομα και θαλάσσιες χελώνες, τα οποία χρησιμοποιούν το φως της σελήνης ή των άστρων για να καθορίσουν την πορεία τους (Gaston, Visser, & Hölker, 2015). Επιπλέον, οι πηγές φωτός προσελκύουν έντομα τη νύχτα, οδηγώντας σε ανισορροπίες στα τροφικά πλέγματα και επηρεάζοντας τη διαθεσιμότητα τροφής για νυκτόβια αρπακτικά (Owens & Lewis, 2018).

Η έκθεση των ζώων σε τεχνητό φως κατά τη διάρκεια της νύχτας επιδρά επίσης στη νευροενδοκρινική ρύθμιση, κυρίως μέσω της μείωσης της έκκρισης μελατονίνης από την επίφυση. Η ορμόνη αυτή είναι υπεύθυνη για τη ρύθμιση του κερκαδικού ρολογιού και των κύκλων ύπνου-εγρήγορσης. Η διατάραξη της παραγωγής της έχει συνδεθεί με αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες, μεταβολικές διαταραχές και μείωση της ανοσολογικής απόκρισης σε πολλά είδη ζώων (Navara & Nelson, 2007).

Σε μακροπρόθεσμη βάση, η φωτορύπανση μπορεί να μεταβάλει τη συμπεριφορά, τον ρυθμό δραστηριότητας και τη χωρική κατανομή των πληθυσμών. Παρατηρήσεις σε αποδημητικά πτηνά, θηλαστικά και αμφίβια έχουν δείξει ότι ο τεχνητός φωτισμός οδηγεί σε αλλαγές στα ωράρια πτήσης, καθυστέρηση μετανάστευσης και μείωση της αναπαραγωγικής επιτυχίας (Falchi, et al., 2016).

1.3 Φως και άνθρωπος

Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο είναι πολυεπίπεδη και εκτείνεται πολύ πέρα από τη βασική εξυπηρέτηση της λειτουργίας της όρασης. Το φως αποτελεί κρίσιμο ρυθμιστή του βιολογικού μας ρολογιού, επηρεάζοντας φυσιολογικές και ψυχολογικές διεργασίες, τη διάθεση, την αποδοτικότητα αλλά και τη γενικότερη υγεία. Οι κιρκάδιοι ρυθμοί, δηλαδή οι ενδογενείς κύκλοι περίπου 24 ωρών που ρυθμίζουν λειτουργίες όπως ο ύπνος, η θερμοκρασία σώματος, η παραγωγή ορμονών και η εγρήγορση, συγχρονίζονται κυρίως μέσω του φωτός. Το φως λειτουργεί ως βασικό ερέθισμα αίσθησης του χρόνου (Czeisler, et al., 1999). Ιδιαίτερα η έκθεση στο πρωινό φυσικό φως ενεργοποιεί τη λειτουργία της εγρήγορσης και επανασυγχρονίζει τον οργανισμό με το περιβάλλον (CIE, 2019).

Πέραν της βιολογικής του δράσης, το φως επηρεάζει τη γνωστική λειτουργία, την παραγωγικότητα και τη διάθεση. Μελέτες σε εργασιακά και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα δείχνουν ότι η παρουσία φυσικού φωτός ή φωτισμού που προσομοιώνει τις ιδιότητές του οδηγεί σε βελτίωση της απόδοσης, αύξηση της συγκέντρωσης και μείωση των σφαλμάτων. Επίσης, συνδέεται με αυξημένα επίπεδα ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και με καλύτερη ποιότητα ύπνου τη νύχτα (Viola, James, Schlangen, & Dijk, 2008).

Εξίσου σημαντική είναι η ψυχολογική διάσταση του φωτός. Ο τρόπος με τον οποίο φωτίζεται ένας χώρος επηρεάζει άμεσα την ψυχολογική εμπειρία του χρήστη, διαμορφώνοντας την αντίληψη του χώρου ως προς την ευρυχωρία, την οπτική άνεση, τη χαλάρωση ή την εγρήγορση. Το θερμό φως δημιουργεί αίσθηση θαλπωρής, ενώ το ψυχρό φως ενισχύει την προσοχή και την εγρήγορση. Παράλληλα, η ένταση, ο προσανατολισμός και η κατεύθυνση του φωτός συμβάλλουν στη δημιουργία ατμόσφαιρας και την ανάδειξη ή υποβάθμιση επιμέρους στοιχείων του χώρου (Boyce, 2014).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα οφέλη του φυσικού φωτός δεν περιορίζονται στον χώρο κατοικίας. Σε νοσοκομεία, η έκθεση των ασθενών σε φυσικό φωτισμό έχει συσχετιστεί με ταχύτερη ανάρρωση, μικρότερη διάρκεια νοσηλείας και μειωμένη ανάγκη για αναλγητικά φάρμακα. Σε σχολεία, οι αίθουσες με φυσικό φως σχετίζονται με βελτιωμένες επιδόσεις των μαθητών, ιδιαίτερα σε μαθήματα που απαιτούν συγκέντρωση και ανάγνωση. Επομένως, η πρόσβαση στο φυσικό φως αποτελεί βασικό παράγοντα ποιότητας του περιβάλλοντος σε πλήθος χρήσεων (Ulrich, et al., 2008).

Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί η πολιτισμική διάσταση του φωτός: διαφορετικοί πολιτισμοί αποδίδουν στο φως συμβολισμούς που σχετίζονται με τη ζωή, την ελπίδα, τη γνώση και τη θεϊκή παρουσία. Στον δυτικό πολιτισμό, το φως συχνά συνδέεται με τη διαύγεια και την πρόοδο, ενώ στην ιαπωνική αρχιτεκτονική εκφράζει την ηρεμία και την προσωρινότητα (Tanizaki, 1977). Αυτή η διαπολιτισμική θεώρηση υπογραμμίζει ότι ο φωτισμός δεν είναι μόνο τεχνικό εργαλείο, αλλά φορέας νοημάτων και μέσο σύνδεσης με τον κόσμο και τον καθένα.

Συμπερασματικά, το φως για τον άνθρωπο αποτελεί κάτι περισσότερο από οπτικό ερέθισμα, καθώς λειτουργεί ως ρυθμιστικός παράγοντας που επηρεάζει κρίσιμες βιολογικές και ψυχοφυσιολογικές διεργασίες.

1.3.1. Έλλειψη φωτός και εποχιακή καταθλιπτική διαταραχή

Σύγχρονες έρευνες έχουν τεκμηριώσει ότι ακόμη και μικρές διαφοροποιήσεις στο φάσμα ή την ένταση του φωτός μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη φυσιολογία και την ψυχική υγεία του ανθρώπου. Το φυσικό φως, το οποίο μεταβάλλεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενεργοποιεί τον εγκέφαλο και υποστηρίζει την προσαρμογή του οργανισμού σε μεταβαλλόμενες συνθήκες (Boubekri, Cheung, Reid, Wang, & Zee, 2014). Η απουσία του, αντιθέτως, έχει συνδεθεί με την Εποχιακή Καταθλιπτική Διαταραχή (Seasonal Affective Disorder – SAD), υπογραμμίζοντας τη θεμελιώδη σημασία του φωτός για τη διατήρηση της ψυχικής ισορροπίας (Rosenthal, et al., 1984).

Η αποσύνδεση από τον φυσικό κύκλο φωτός–σκοταδιού, φαινόμενο που εντείνεται στα σύγχρονα εσωτερικά περιβάλλοντα με περιορισμένο φυσικό φωτισμό, προκαλεί απορρύθμιση του κιρκάδιου ρυθμού, διαταραχές ύπνου, κόπωση και μειωμένη συγκέντρωση, ένα φαινόμενο γνωστό ως *socialjetlag* (Boubekri, Cheung, Reid, Wang, & Zee, 2014). Το ζήτημα αυτό έχει οδηγήσει στην αντιμετώπιση του φωτισμού ως παράγοντα δημόσιας υγείας και όχι αποκλειστικά αισθητικής ή λειτουργικότητας (Lighting Research Center, 2017).

Η ανεπάρκεια φυσικού φωτός, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες, έχει συσχετιστεί με την εμφάνιση της εποχιακής συναισθηματικής διαταραχής (Seasonal Affective Disorder – SAD), μιας βιολογικά μεσολαβούμενης διαταραχής της διάθεσης, η οποία σχετίζεται με τη διαταραχή των κιρκάδιων ρυθμών και τη δυσλειτουργία της ορμονικής ρύθμισης, κυρίως της μελατονίνης και της σεροτονίνης. Στο πλαίσιο του

σχεδιασμού φωτισμού, το φαινόμενο αυτό αναδεικνύει τη σημασία της επαρκούς και κατάλληλα ρυθμιζόμενης φωτεινής έκθεσης σε εσωτερικούς χώρους, καθώς η φωτεινότητα και η δυναμική ποιότητα του φωτός επηρεάζουν άμεσα τη βιολογική και ψυχοφυσιολογική κατάσταση των χρηστών. Η θεραπεία με έντονο τεχνητό φως (light therapy) αξιοποιεί αυτές τις αρχές, συμβάλλοντας στην επαναρρύθμιση των κιρκάδιων ρυθμών και στην αποκατάσταση της ψυχοσωματικής ισορροπίας (Lametal., 2006).

2. Ο Βιοφιλικός σχεδιασμός στην Αρχιτεκτονική

2.1 Ορισμοί και αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού

Στον τομέα της αρχιτεκτονικής και του φωτισμού, ο βιοφιλικός σχεδιασμός εφαρμόζει τις αρχές της θεωρίας της βιοφιλίας, η οποία εδράζεται σε ψυχοβιολογικές αρχές, όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα. Ο όρος «βιοφιλία» προτάθηκε από τον Erich Fromm (1964) υποδηλώνοντας την αγάπη για τη ζωή και την ανάπτυξη. Επιπλέον η έννοια αυτή αναλύεται περαιτέρω στο έργο του Edward O. Wilson (1984), ο οποίος την προσδιόρισε ως την εγγενή τάση του ανθρώπου να συνδεθεί με τη φύση και το φυσικό περιβάλλον. Σύμφωνα με τον Wilson, η βιοφιλία είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής, η εξελικτική ανάγκη του ανθρώπου για σύνδεση με άλλες μορφές ζωής, αφού οι άνθρωποι που μπορούσαν να αναγνωρίσουν και να συνδεθούν με στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος είχαν περισσότερες πιθανότητες επιβίωσης.

Η επαφή αυτή αποδεικνύεται καθοριστική για την ενίσχυση της φυσικής, συναισθηματικής και πνευματικής κατάστασης του ατόμου. Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά όπως το φως, ο ήχος, η οσμή, ο καιρός, το νερό, η βλάστηση, τα ζώα, τα τοπία αποτελούν έναν ολόκληρο αισθητηριακό κόσμο κρίσιμο για την ανάπτυξη του σώματος και του πνεύματος (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Βιολογικά, η βιοφιλία ορίζεται ως μία «αδύναμη» ιδιότητα του ανθρώπινου οργανισμού, η οποία αν δεν καλλιεργηθεί επαρκώς, εύκολα παραμένει λανθάνουσα, όταν η εκ φύσεως προσαρμοστικότητα του ανθρώπινου οργανισμού τείνει να την παρακάμψει και να την αποσιωπήσει (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008). Είναι σημαντικό, λοιπόν, να ενισχύεται η έμφυτη αυτή τάση, καθώς διάφορες έρευνες έχουν αποδείξει τις ευεργετικές επιπτώσεις που έχει η επαφή του ανθρώπου με τη φύση. Ο Kellert, στο έργο του αναφέρει αναλυτικά τις παρακάτω:

1. Ενίσχυση της ανάρρωσης ασθενών μέσω φωτός, βλάστησης ή εικόνων.
2. Βελτίωση της προσαρμοστικότητας και της κοινωνικής συμπεριφοράς.
3. Καλύτερη απόδοση στην εργασία, μεγαλύτερη παραγωγικότητα, λιγότερο άγχος στην εργασία.
4. Καλύτερη συγκέντρωση και μνήμη.
5. Υγιέστερη ανάπτυξη και ωρίμανση παιδιών.
6. Καλύτερη εγκεφαλική λειτουργία.
7. Υψηλότερη ποιότητα ζωής.

Μετά την περίοδο του μοντερνισμού, κατά την οποία ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός έδωσε προτεραιότητα στη λειτουργικότητα, την τυποποίηση και την αποδοτικότητα του χώρου, οι νέες θεωρητικές προσεγγίσεις που εισάγονται μέσω της έννοιας της βιοφιλίας μετατοπίζουν το ενδιαφέρον στην ενίσχυση της σχέσης του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον, με στόχο τη συνολική βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Ο βιοφιλικός σχεδιασμός, επομένως, συνιστά μια πρακτική εφαρμογή αυτής της θεωρίας στον χώρο της αρχιτεκτονικής, της πολεοδομίας και του εσωτερικού σχεδιασμού. επιδιώκοντας την άμεση και έμμεση επανένταξη του φυσικού κόσμου στο κτισμένο περιβάλλον με τρόπους που ενισχύουν την ανθρώπινη υγεία, την παραγωγικότητα και την ευημερία» (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008). Ο σχεδιασμός αυτός δεν αναφέρεται απλώς στην ύπαρξη πράσινων στοιχείων ή αισθητικών μοτίβων, αλλά σε μια ολιστική, εμπειρικά τεκμηριωμένη προσέγγιση που επιδιώκει την επίγνωση και τη βιωματική επαφή με τη φύση.

Στην πράξη, ο βιοφιλικός σχεδιασμός οργανώνεται συχνά γύρω από τρεις βασικούς τύπους εμπειρίας (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008):

1. Άμεση εμπειρία της φύσης: Περιλαμβάνει τη φυσική παρουσία στοιχείων της φύσης στον χώρο, όπως το φως, τα φυτά, το νερό, ο αέρας, τα φυσικά υλικά, τα ζώα ή ακόμη και οι μεταβολές της θερμοκρασίας και του καιρού. Η κατηγορία αυτή συνδέεται άμεσα με τις αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού που αφορούν την άμεση επαφή με φυσικά συστήματα και διεργασίες, όπως η οπτική σύνδεση με τη φύση, η παρουσία νερού και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Bosco Verticale (2014) του Stefano Boeri στο Μιλάνο,

όπου η εκτεταμένη ενσωμάτωση βλάστησης στις όψεις του κτιρίου επιτρέπει τη συνεχή οπτική και περιβαλλοντική σύνδεση των χρηστών με τη φύση.



Εικόνα 1. Bosco Verticale απότογραφείο Stefano Boeri Architects (πηγή: https://www.arch2o.com/vertical-forest-bosco-verticale-stefano-boeri-architects/#google_vignette)

2. Έμμεση εμπειρία της φύσης: Περιλαμβάνει σχεδιαστικές αναφορές που προσομοιώνουν τη φύση χωρίς να την περιέχουν αυτούσια, όπως οργανικά σχήματα, φυσικά χρώματα, υφές και μοτίβα (biomorphic forms), καθώς και τεχνολογίες που μιμούνται φυσικά φαινόμενα (π.χ. φωτισμός που μεταβάλλεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της ημέρας). Η κατηγορία αυτή σχετίζεται κυρίως με τις

αρχές του βιομιμητισμού (biomimicry) και της χρήσης φυσικών αναλογιών και μορφών στον σχεδιασμό. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί η Casa Batlló (1906) του Antoni Gaudí στη Βαρκελώνη, όπου οι οργανικές μορφές, οι καμπύλες επιφάνειες και οι φυσικές αναλογίες παραπέμπουν σε μορφές και διεργασίες του φυσικού κόσμου.



Εικόνα 2. Casa Batlló από τον Antoni Gaudí (πηγή: <https://www.architectural-review.com/essays/revisit/revisit-casa-batllo-by-antoni-gaudi-in-barcelona-spain>)

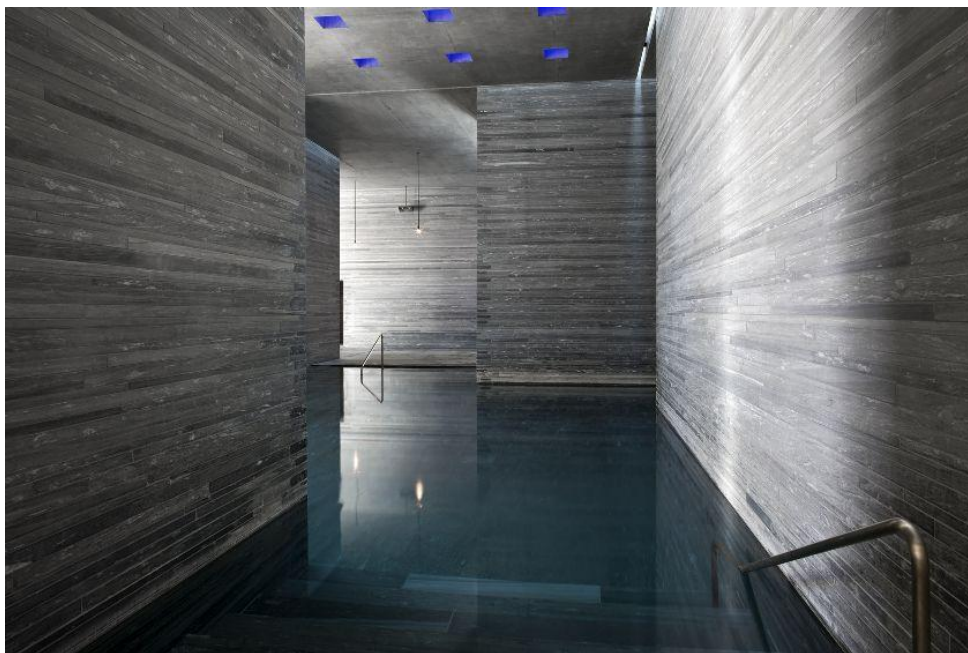


Εικόνα 3. *Casa Batlló* από τον Antoni Gaudí (πηγή: <https://www.architectural-review.com/essays/revisit/revisit-casa-batllo-by-antoni-gaudi-in-barcelona-spain>)

3. Εμπειρία του τόπου και του χώρου: Αναφέρεται στη δημιουργία χώρων που ενθαρρύνουν την αίσθηση της προοπτικής, του προσανατολισμού, της ασφάλειας και της μνήμης του τόπου — στοιχεία που ενεργοποιούν ψυχολογικές δομές εξελικτικά συνδεδεμένες με το φυσικό τοπίο. Η κατηγορία αυτή παραπέμπει στις αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού που αφορούν τις χωρικές εμπειρίες και τις σχέσεις ανθρώπου–περιβάλλοντος, όπως η προοπτική (prospect), το καταφύγιο (refuge), το μυστήριο (mystery) και η σύνδεση με τον τόπο (place-based relationships). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Therme Vals (1996) του Peter Zumthor στην Ελβετία, όπου η σύνθεση του χώρου, η υλικότητα και η ελεγχόμενη είσοδος του φυσικού φωτός δημιουργούν έντονη αίσθηση προσανατολισμού, καταφυγίου και σύνδεσης με το τοπίο.



Εικόνα 4. *Therme Vals* του Peter Zumthor (πηγή: <https://www.archdaily.com/13358/the-therme-vals/5fc1415563c017d62c001226-the-therme-vals-photo>)



Εικόνα 5. *Therme Vals* του Peter Zumthor (πηγή: <https://www.archdaily.com/13358/the-therme-vals/5fc1415563c017d62c001226-the-therme-vals-photo>)

Οι παραπάνω διαστάσεις επιδιώκουν να ανταποκριθούν σε ψυχοβιολογικές ανάγκες όπως η μείωση του στρες, η ψυχοσωματική αποκατάσταση, η αισθητηριακή διέγερση και η βελτίωση της γνωστικής λειτουργίας. Μελέτες όπως αυτή των Ulrich et al. (1991) έχουν

δείξει ότι η παρουσία φυσικών στοιχείων σε έναν χώρο, ακόμη και υπό μορφή θέας από παράθυρο, μπορεί να μειώσει τα επίπεδα κορτιζόλης και να επιταχύνει την ανάρρωση από εγχειρήσεις.

Αναλυτικότερα, οι βασικές αρχές βιοφιλικού σχεδιασμού και ορισμένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους, σύμφωνα με τους Kellert, Heerwagen και Mador (2008), είναι οι παρακάτω:

1. Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά.

Τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά είναι αυτά που παραπέμπουν στο φυσικό περιβάλλον, όπως τα χρώματα, το νερό, ο αέρας, η ηλιοφάνεια, τα φυτά, τα ζώα, τα φυσικά υλικά όπως τα πετρώματα, η οπτική και η θέα προς το περιβάλλον, οι «πράσινες» προσόψεις, η γεωμορφολογία, τα οικοσυστήματα, η φωτιά.

2. Φυσικά σχήματα και μορφές.

Εδώ εντάσσονται προσομοιώσεις από το φυσικό περιβάλλον στον σχεδιασμό όψεων και εσωτερικών χώρων, όπως μοτίβα από φυλλώματα, μορφές που παραπέμπουν σε δέντρα ή δάση, μορφές ζώων ή εντόμων, ωοειδή σχήματα, καμάρες και θόλοι που αναπαριστούν την φωλιά, καμπύλες, ροϊκές κι αόριστες γραμμές, μορφές που προσομοιάζουν με έμβια όντα, όπως για παράδειγμα το «πτηνό» που παραπέμπει το κτίριο της Όπερας του Σίδνεϋ. Ομοίως, σ' αυτήν την κατηγορία εντάσσονται κτίρια που αφομοιώνονται στο φυσικό ανάγλυφο και την μορφολογία του εδάφους, σχηματικά και χρωματικά, αλλά και κατασκευές που υιοθετούν ιδιότητες της φύσης, όπως τα κελύφη, οι ιστοί, οι κυψέλες.



Εικόνα 6. Η όπερα του Σίδνεϊ (πηγή: <https://www.archdaily.com/65218/ad-classics-sydney-opera-house-j%25c3%25b8rn-utzon>)

3. Πρότυπα εισημμένα από τη φύση και διαδικασίες.

Σ' αυτήν την κατηγορία υπάρχουν στοιχεία που ενσωματώνουν φυσικές διαδικασίες όπως είναι η αισθητηριακή μεταβλητότητα και ο πληροφοριακός πλούτος που ενισχύει την φαντασία και την ανθρώπινη τάση για εξερεύνηση, επομένως ποικιλία σε υφές και λεπτομέρειες. Η αποτύπωση της παλαιότητας με πατίνα για παράδειγμα, δημιουργεί την αίσθηση της οικειότητας και όχι της φθοράς. Αντίστοιχα, η ανάπτυξη και η άνθηση, η χρήση τοπόσημων, χρήση μοτίβων σε σημεία, μεταβατικοί χώροι με πύλες, κατώφλια, γέφυρες, οργανωμένη σύνδεση χώρων, αντιθέσεις που διεγείρουν τις αισθήσεις, όπως το φως με το σκοτάδι ή το ανοικτό με το κλειστό. Εδώ θα μπορούσαμε να προσθέσουμε τα fractals που συχνά συναντώνται στη φύση, όπως είναι οι χιονονιφάδες ή τα φύλλα ενός δέντρου ως στοιχεία μοτίβων και τέλος, οι ιεραρχικά δομημένες κλίμακες και αναλογίες, με παραπομπή σε αριθμητικές και γεωμετρικές αναλογίες, όπως η χρυσή τομή και η ακολουθία Φιμπονάτσι.

4. Φως και χώρος.

Το φυσικό φως με το πλήρες χρωματικό φάσμα του, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία που ενισχύουν τόσο την θετική ψυχολογία όσο και την

υγεία, την παραγωγικότητα και την ευημερία. Στον βιοφιλικό σχεδιασμό, ρυθμίζοντάς το με φιλτράρισμα, ανάκλαση ή διάχυση, αποτελεί βασικό εργαλείο. Παράλληλα, οι σκιάσεις και η χρήση των αντιθέσεων σκιάς φωτός ενισχύουν εξελικτικά τις ανθρώπινες έμφυτες ικανότητες του προσανατολισμού και της παρατήρησης. Επιπλέον, αξιοποιώντας το σε σχηματισμούς και μορφές μπορεί να εξάψει την φαντασία και την περιέργεια. Το τεχνητό φως, για το οποίο θα γίνει εκτενής αναφορά στη συνέχεια αυτής της μελέτης, εξασφαλίζει την αίσθηση φιλοξενίας και οικειότητας στον χώρο, όταν χρησιμοποιείται σε ζεστές αποχρώσεις. Ομάδες ή σειρές φωτεινών πηγών μπορούν να λειτουργήσουν για την καθοδήγηση με ασφάλεια. Ομοίως, ο ευρύς και ανοιχτός χώρος παρατηρείται να είναι προτιμότερος, και όταν συνδυάζεται με γειτονικούς μικρότερους, προσομοιάζει στην αίσθηση καταφυγίου της φύσης. Επίσης, η χωρική ποικιλομορφία, η εναλλαγή του μέσα με το έξω, η δημιουργική σύνθεση σχημάτων και μορφών χώρου προσδίδουν αισθήματα διέγερσης ή αρμονίας κι ασφάλειας αντίστοιχα.

5. Σχέσεις που βασίζονται στην τοπικότητα

Σ' αυτή τη κατηγορία εντάσσονται όλα τα χαρακτηριστικά που συνδυάζουν τον τόπο, τον πολιτισμό, τα ήθη και τα έθιμα που εξασφαλίζουν την εξοικείωση μ' έναν τόπο: ο προσανατολισμός, η εικόνα του δομημένου περιβάλλοντος και του τοπίου, η ιστορικότητα, οι αναμνήσεις και η γνώση της τοπικής κουλτούρας, η οικολογική σύνδεση, τα βουνά ή τα ποτάμια. Η πολιτιστική σύνδεση, που ενσωματώνει στοιχεία ιστορίας, γεωγραφίας, αρχιτεκτονικής και οικολογίας σε μία ενιαία ταυτότητα τόπου. Τα τοπικά υλικά προσδίδουν ένα ενιαίο και ομοιόμορφο χαρακτήρα με χρήση της βέλτιστης κλίμακας και προτύπων. Η τοποθεσία ως προσανατολισμός, κλίση εδάφους, υψόμετρο, ηλιοφάνεια, κατεύθυνση ανέμων και άλλα χαρακτηριστικά που μπορούν να αξιοποιηθούν.

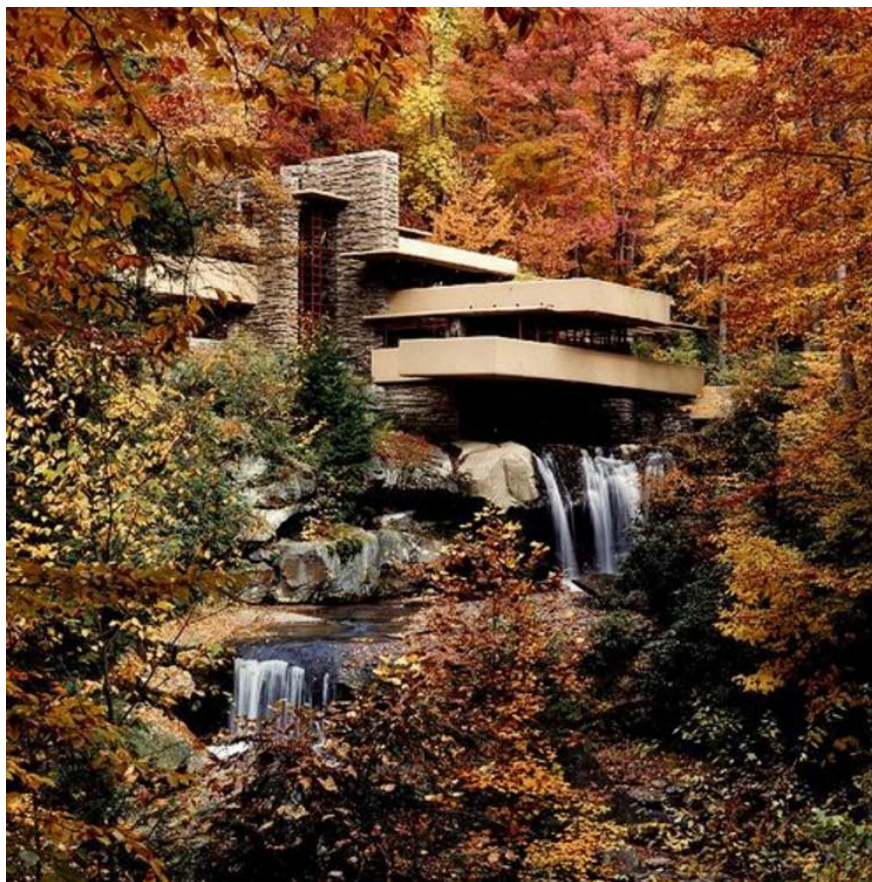
6. Βαθύτερες σχέσεις ανθρώπου με τη φύση

Εδώ εντάσσονται όλες οι θεμελιώδεις σχέσεις που έμφυτα ο άνθρωπος διατηρεί με το φυσικό περιβάλλον, όπως η ανάγκη για καταφύγιο, η επιθυμία του για τάξη, η αρμονία. Η συναισθηματική σύνδεση με έναν χώρο, επίσης, αποτελεί ένα από τα ζητούμενα στον βιοφιλικό σχεδιασμό, όπως και η έλξη προς αυτόν, μέσω μορφών κι αισθητικής που ο καθένας μπορεί να επιλέγει.

2.2 Ιστορική εξέλιξη και μετασχηματισμοί

Η ιδέα της εναρμόνισης του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον μέσω της αρχιτεκτονικής δεν αποτελεί νέο φαινόμενο. Αντιθέτως, οι απαρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού μπορούν να εντοπιστούν στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική διαφόρων πολιτισμών, οι οποίοι ενσωμάτωναν φυσικά στοιχεία στα κτίσματα για λόγους λειτουργικότητας, άνεσης και ταυτότητας. Οι κατοικίες με εσωτερικές αυλές της μεσογειακής αρχιτεκτονικής, τα ιαπωνικά σπίτια με ανοιχτά διαχωριστικά (*shoji*) που ενοποιούν τον εσωτερικό και εξωτερικό χώρο, και τα πετρόκτιστα κτίσματα ενσωματωμένα στο τοπίο των Άνδεων, όλα αποτελούν εκφάνσεις αρχιτεκτονικής που δεν αποκόπτεται από τη φύση αλλά συμπορεύεται με αυτήν (Tanizaki, 1977).

Κατά τον 20ό αιώνα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η κυριαρχία του μοντερνισμού στην αρχιτεκτονική οδήγησαν σε μια θεώρηση του κτιρίου ως «μηχανής κατοίκησης» (Le Corbusier), όπου η φύση αποκλείστηκε από τη σχεδιαστική σκέψη υπέρ της λειτουργικότητας και της βιομηχανικής αισθητικής. Παρότι αρχιτέκτονες όπως ο Frank Lloyd Wright επιχείρησαν να ενσωματώσουν τη φύση στον σχεδιασμό μέσω της οργανικής αρχιτεκτονικής, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το Fallingwater (1935), η κυρίαρχη τάση του μοντερνισμού αντιμετώπισε το φυσικό περιβάλλον ως δευτερεύον στοιχείο σε σχέση με τη λειτουργικότητα και τη βιομηχανική αισθητική (Kellert R., 2005)



Εικόνα 7. *Falling Water (Frank Lloyd Wright)* (πηγή: <https://www.archdaily.com/60022/ad-classics-fallingwater-frank-lloyd-wright>)

Η οικολογική κρίση των δεκαετιών του 1970 και 1980 αποτέλεσε σημείο καμπής, προκαλώντας αναπροσανατολισμό της αρχιτεκτονικής σκέψης προς περιβαλλοντικά ευαίσθητες πρακτικές. Η εμφάνιση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, που στηρίζεται στην αξιοποίηση φυσικών πόρων (φως, αέρας, θερμικά κέρδη) για τη ρύθμιση του μικροκλίματος του κτιρίου, συνιστά έναν πρώτο επιστημονικό μετασχηματισμό της ιδέας της «φιλίας προς τη φύση» (Wilson, 1984). Η προσέγγιση αυτή, ωστόσο, επικεντρώνεται κυρίως στην ενεργειακή αποδοτικότητα και όχι στην ψυχοσωματική εμπειρία του χρήστη (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Το επόμενο βήμα ήρθε τις τελευταίες δεκαετίες, με την ανάπτυξη της πράσινης αρχιτεκτονικής και των συστημάτων πιστοποίησης (όπως LEED, BREEAM), τα οποία ενσωματώνουν κριτήρια περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, κατανάλωσης πόρων και βιοποικιλότητας (Ulrich, et al., 2008). Ωστόσο, και πάλι, η ανθρωποκεντρική διάσταση της επαφής με το φυσικό περιβάλλον δεν αποτελούσε βασικό άξονα σχεδιασμού.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ενσωμάτωση της έννοιας της βιοφιλίας στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό εμφανίζεται ως συνθετική και ολοκληρωμένη απάντηση. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ανάπτυξη μιας προσέγγισης που δεν βλέπει τη φύση μόνο ως πόρο, αλλά και ως πηγή συναισθηματικής, βιολογικής και πολιτισμικής ταύτισης (Kellert R. , 2005). Ο σχεδιασμός αποτελεί πλέον όχι μόνο μέσο ελέγχου του περιβάλλοντος, αλλά και φορέας νοήματος και σχέσης με αυτό (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Παραδείγματα σύγχρονης αρχιτεκτονικής που ενσωματώνουν τις αρχές της βιοφιλίας αυξάνονται διαρκώς, όπως το Amazon Spheres στο Σιάτλ, με τις γυάλινες γεωδαιτικές σφαίρες που φιλοξενούν πάνω από 40.000 φυτά, και το Khoo Teck Puat Hospital στη Σιγκαπούρη, που ενσωματώνει κατακόρυφους κήπους, φυσικό φωτισμό και οπτική επαφή με το νερό, προάγοντας την ίαση μέσω του περιβάλλοντος (Zadeh, Shepley, Williams, & Sung Eun Chung, 2014). Ομοίως, στην Ευρώπη, το Bosco Verticale του Stefano Boeri στο Μιλάνο που προαναφέρθηκε, συνδυάζει κάθετη φύτευση με οικιστική λειτουργία, ενώ στη Δανία, η Mærsk Tower ενσωματώνει φυσικό αερισμό, εσωτερικούς κήπους και διαβαθμισμένο φωτισμό (Beatley, 2011).

Παράλληλα, ο όρος βιοφιλικός σχεδιασμός επεκτείνεται και πέρα από την αρχιτεκτονική, σε πολεοδομικό και κοινωνικό επίπεδο. Η έννοια της «βιοφιλικής πόλης» (*Biophilic Cities*) που αναπτύσσει ο Timothy Beatley (2011) προτείνει μια συνολική πολιτική επανένταξης της φύσης στον αστικό ιστό, όχι μόνο μέσω των πάρκων, αλλά και μέσω της προσβασιμότητας στο φως, στον ήχο του νερού, στα τοπία και στη θέα του ουρανού.

Σταδιακά, η επανένταξη της φύσης στο κτισμένο περιβάλλον αποτελεί πλέον πολιτισμική απαίτηση (Kellert & Wilson, 1993). Οι κοινωνίες που διατηρούν ζωντανή τη σχέση με το φυσικό τοπίο, όπως παρατηρείται σε ορισμένες κοινότητες της Σκανδιναβίας ή της Ιαπωνίας, παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα ψυχολογικής ανθεκτικότητας, κοινωνικής συνοχής και οικολογικής συνείδησης (Day, 2002).

Ο μετασχηματισμός της σχέσης φύσης και σχεδιασμού συνεχίζεται σήμερα μέσω της διασύνδεσης με επιστημονικά πεδία όπως η νευροαρχιτεκτονική, η οποία εξετάζει τη σχέση μεταξύ χωρικών χαρακτηριστικών και νευρογνωστικών αποκρίσεων, η συμπεριφορική ψυχολογία, που διερευνά την επίδραση του περιβάλλοντος στην ανθρώπινη συμπεριφορά, και η φωτοβιολογία, η οποία μελετά τις φυσιολογικές και βιολογικές επιδράσεις του φωτός στον άνθρωπο και τους λοιπούς οργανισμούς (Figueiro, et al., 2017).

Ο φωτισμός, για παράδειγμα, αντιμετωπίζεται πλέον όχι ως στατική τεχνική συνθήκη αλλά ως δυναμικό βιολογικό εργαλείο (CIE, 2019). Μέσω τεχνολογιών όπως τα ρυθμιζόμενα LEDs και οι αυτοματισμοί με αισθητήρες φωτός, επιδιώκεται η προσομοίωση των φυσικών μεταβολών της ημέρας, ενισχύοντας τη σύνδεση του ανθρώπου με τον φυσικό ρυθμό (Rea, Figueiro, Bierman, & Hamner, 2014).

Στη σύγχρονη αρχιτεκτονική πρακτική, η ανάγκη ενσωμάτωσης βιοφιλικών αρχών δεν περιορίζεται σε εμβληματικά έργα, αλλά διευρύνεται σε σχολεία, νοσοκομεία, κτίρια γραφείων και κατοικίες, χώρους της καθημερινής ζωής όπου η ποιότητα του φωτός, του αέρα και της αισθητικής εμπειρίας αποκτούν ζωτική σημασία (Zadeh, Shepley, Williams, & Sung Eun Chung, 2014). Ο βιοφιλικός σχεδιασμός, ως συνεχώς εξελισσόμενη πρακτική, καλείται να εμβαθύνει περαιτέρω στη διασταύρωση επιστημών όπως η ψυχολογία του περιβάλλοντος, η φωτοβιολογία και η κοινωνική εργονομία, ώστε να αποτελέσει έναν οικουμενικά εφαρμόσιμο και ανθρωποκεντρικό σχεδιαστικό κανόνα (Beatley, 2011).

2.3. Βιοφιλικός σχεδιασμός και αισθητηριακή εμπειρία

Στενή σύνδεση, όμως, διακρίνεται και με άλλες σύγχρονες σχεδιαστικές προσεγγίσεις, όπως η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, ο παθητικός σχεδιασμός, και οι πράσινες υποδομές, ωστόσο διαφέρει ως προς τους στόχους: δεν επιδιώκει πρωτίστως την ενεργειακή απόδοση, αλλά την ευεξία του χρήστη μέσω της επαφής με τη φύση. Στην ουσία, πρόκειται για μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση που επιδιώκει να ξαναφέρει τη φύση κοντά στον άνθρωπο, όχι μόνο για λόγους υγείας, αλλά και για λόγους ταυτότητας, συναισθηματικής σύνδεσης και πολιτισμικής συνέχειας (Beatley, 2011).

Η ενσωμάτωση του φωτός ως βασικού στοιχείου εδώ, έχει ιδιαίτερη σημασία. Το φως είναι ταυτόχρονα φυσικό στοιχείο, σύμβολο και εμπειρία. Μέσω του φυσικού φωτός επιτυγχάνεται η οπτική σύνδεση με το εξωτερικό περιβάλλον, ο συγχρονισμός των κιρκάδιων ρυθμών, και η δημιουργία εναλλαγών που προκαλούν ψυχολογικό ενδιαφέρον και αισθητική ποικιλία. Ο σχεδιασμός που ενσωματώνει μεταβαλλόμενο φωτισμό, σκίαση, ηλιοπροστασία και διαμπερείς ροές ενισχύει την αίσθηση σύνδεσης με τη φυσική πραγματικότητα (Day, 2002).

Πέρα από τα λειτουργικά και αισθητηριακά οφέλη, ο βιοφιλικός σχεδιασμός αποτελεί και εργαλείο κοινωνικής συνοχής και ψυχολογικής ταύτισης. Η επαφή με φυσικά στοιχεία στον χώρο συμβάλλει στην αίσθηση του «ανήκειν», στη συναισθηματική

σταθερότητα και στην ενίσχυση της νοηματοδότησης του τόπου. Ειδικά σε μεταβαλλόμενα ή αστικά περιβάλλοντα, η βιοφιλία λειτουργεί ως «γέφυρα» ανάμεσα στον άνθρωπο και τον κόσμο του, υπενθυμίζοντας τη φυσική του καταγωγή και την οργανική του ένταξη στο οικοσύστημα.

Η απομάκρυνση του ανθρώπου από αυτούς τους ρυθμούς, όπως παρατηρείται συχνά σε σκοτεινά ή υπερφωτισμένα περιβάλλοντα, οδηγεί σε χρονική αποδιοργάνωση και μείωση της ψυχοσωματικής ευεξίας. Ο επανασχεδιασμός του φωτός ως ζωντανού στοιχείου είναι κρίσιμος για τη νοηματοδότηση του χώρου και του χρόνου στην καθημερινή εμπειρία.

Έτσι, η αισθητηριακή εμπειρία τοποθετείται στο επίκεντρο, επιδιώκοντας τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση μέσα από πολυαισθητηριακές διεργασίες που προκαλούν συναισθήματα γαλήνης και αναζωογόνησης (Kellert R., 2005). Το φως λειτουργεί ως βασικό μέσο αυτής της εμπειρίας: οι εναλλαγές φωτεινότητας και σκιάς, η κίνηση του φυσικού φωτός και η θερμοκρασία χρώματος επηρεάζουν τη διάθεση και τη γνωστική λειτουργία (van Bommel & van den Beld, 2004).

Πέρα από την όραση, η ακοή, η όσφρηση και η αφή συμβάλλουν στην πολυαισθητηριακή εμπειρία του χώρου, καθώς οι ήχοι του νερού, τα αρώματα της βλάστησης και οι φυσικές υφές δημιουργούν περιβάλλοντα οικεία και χαλαρωτικά (Herz, 2009). Ο φωτισμός, ως “άυλο αρχιτεκτονικό υλικό”, λειτουργεί συνθετικά σε σχέση με τις υπόλοιπες αισθήσεις, ενισχύοντας τη συνολική αντιληπτική και συναισθηματική εμπειρία του χώρου. Στο πλαίσιο αυτό, ο βιοφιλικός φωτισμός νοείται ως μια σχεδιαστική προσέγγιση που επιδιώκει την ενσωμάτωση των δυναμικών χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός στο δομημένο περιβάλλον, μέσω της προσομοίωσης φυσικών φωτεινών μεταβολών (ένταση, χρωματική θερμοκρασία, χρονική εξέλιξη μέσα στην ημέρα) και της ενίσχυσης της οπτικής επαφής με το φυσικό φως. Παράλληλα, αξιοποιεί τεχνολογικά μέσα τεχνητού φωτισμού με στόχο τη ρύθμιση των κινητικών ρυθμών, τη βελτίωση της οπτικής άνεσης και τη συνολική υποστήριξη της ψυχοσωματικής ευεξίας των χρηστών, μέσω της ενίσχυσης της σύνδεσης ανθρώπου και φυσικού περιβάλλοντος.

3. Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός φωτισμού

Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός (Human-Centric Lighting – HCL) συνιστά μια σύγχρονη προσέγγιση φωτισμού που αντιμετωπίζει το φως ως παράγοντα με άμεση επίδραση στη φυσιολογία, τη συμπεριφορά και τη γνωστική λειτουργία του ανθρώπου (Boyce, 2014). Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό φωτισμό που δίνει έμφαση κυρίως στην ένταση και την οπτική άνεση, ο HCL ενσωματώνει τις αρχές της χρονοβιολογίας και στοχεύει στη ρύθμιση των βιολογικών ρυθμών, υποστηρίζοντας την ευεξία, την απόδοση και τη συγκέντρωση (Figueiro & Rea, 2016).

Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός (human-centric lighting) αποσκοπεί στην υποστήριξη του κιρκάδιου ρυθμού και της ψυχικής ευεξίας, ενσωματώνοντας φυσικές μεταβολές φωτός που μιμούνται την ημέρα (Browning, Ryan, & Clancy, 2014). Έρευνες δείχνουν ότι τέτοιοι φωτισμοί μειώνουν το άγχος και βελτιώνουν την ποιότητα του ύπνου σε χώρους υγείας και εκπαίδευσης (Madias, et al., 2023).

3.1. Κιρκάδιοι ρυθμοί και φως

Η θεμελίωση της HCL βασίζεται στην ανακάλυψη των ipRGCs, δηλαδή των φωτοευαίσθητων γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς που περιέχουν μελατονίνη και ρυθμίζουν τους κιρκάδιους ρυθμούς. Παράλληλα, είναι υπεύθυνα για τη μη οπτική φωτοαντίληψη του φωτός (Berson, Dunn, & Takao, 2002). Το φως ψυχρού φάσματος γύρω στα 480 nm καταστέλλει την έκκριση μελατονίνης και ενισχύει εγρήγορση, ενώ το θερμό φως χαμηλής έντασης επιτρέπει τον φυσιολογικό κύκλο ύπνου (Cajochen, et al., 2005).

Η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (CIE) το 2018 εισήγαγε τον δείκτη Melanopic Equivalent Daylight Illuminance (MEDI), δηλαδή τον μελανοπικό ισοδύναμο φωτισμό ημερήσιου φωτός, ενώ το Lighting Research Center ανέπτυξε τον δείκτη Circadian Stimulus (CS), ή αλλιώς κιρκαδικό ερέθισμα, προσφέροντας ποσοτικά εργαλεία αξιολόγησης της μη οπτικής επίδρασης του φωτός (Rea, Figueiro, Bullough, & Bierman, 2010).

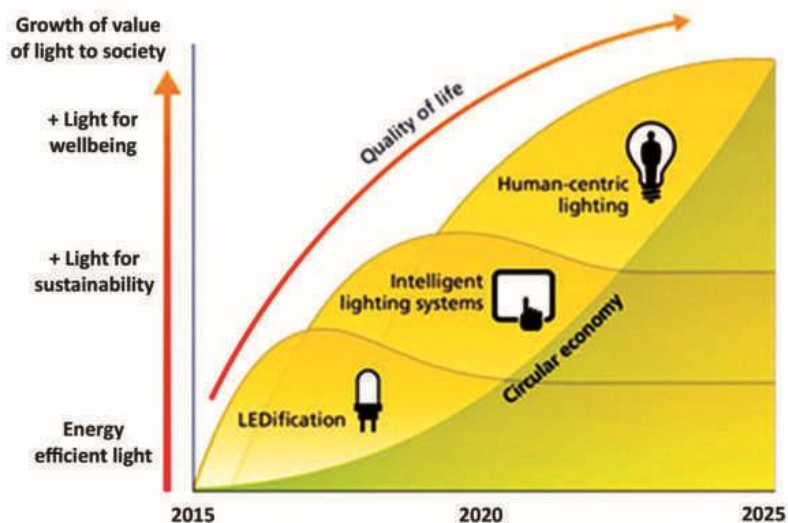
3.2.Θεμελιώδεις παράμετροι ανθρωποκεντρικού φωτισμού

3.2.1.Φασματική σύνθεση

Η φασματική κατανομή του φωτός (SPD) επηρεάζει άμεσα τη δράση των ipRGCs (Lucas, et al., 2014). Φωτιστικά με τεχνολογία tunable white μπορούν να προσομοιώνουν την πορεία της ημέρας, ενισχύοντας την εγρήγορση τις πρωινές ώρες και τη χαλάρωση τις βραδινές. Ο χρονισμός του φωτός αποτελεί καθοριστικό παράγοντα. Μελέτες έχουν δείξει ότι δυναμικά συστήματα φωτισμού μειώνουν το αίσθημα κόπωσης και βελτιώνουν τη γνωστική απόδοση (Viola, James, Schlangen, & Dijk, 2008).

Η διεθνής βιβλιογραφία επιβεβαιώνει ότι η έκθεση σε φυσικό φως παραμένει ο ισχυρότερος ρυθμιστής των κιρκάδιων ρυθμών (Figueiro et al., 2017). Τα συστήματα ανθρωποκεντρικού φωτισμού (HCL) λειτουργούν επικουρικά σε περιβάλλοντα με περιορισμένη ηλιακή πρόσβαση, συμβάλλοντας στη ρύθμιση των κιρκάδιων ρυθμών και στη βελτίωση της γνωστικής απόδοσης, δηλαδή της ικανότητας του ατόμου να επεξεργάζεται πληροφορίες, να διατηρεί την προσοχή, να λαμβάνει αποφάσεις και να ανταποκρίνεται σε νοητικές απαιτήσεις του περιβάλλοντος (Viola, James, Schlangen, & Dijk, 2008).

Η εξέλιξη των τεχνολογιών φωτισμού τα τελευταία χρόνια μετατοπίζεται από την αποκλειστική έμφαση στην ενεργειακή αποδοτικότητα προς μια πιο ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη την ανθρώπινη ευεξία και την ποιότητα ζωής. Αρχικά, η ανάπτυξη των LED συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη βελτίωση της αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων φωτισμού. Στη συνέχεια, η ενσωμάτωση έξυπνων συστημάτων ελέγχου, όπως αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες φυσικού φωτισμού (daylightsensors), συστήματα ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimming) και αυτοματισμοί διαχείρισης μέσω πρωτοκόλλων όπως το DALI και τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Systems – BMS), επέτρεψε τη δυναμική προσαρμογή του φωτισμού στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος και στις ανάγκες των χρηστών. Η τεχνολογική αυτή εξέλιξη δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη του ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Human-Centric Lighting – HCL), ο οποίος δεν αποσκοπεί μόνο στην κάλυψη των οπτικών αναγκών, αλλά και στην υποστήριξη των βιολογικών και ψυχολογικών λειτουργιών του ανθρώπου, μέσω της προσαρμογής της έντασης, της φασματικής σύνθεσης και της θερμοκρασίας χρώματος του φωτός σύμφωνα με τους κιρκάδιους ρυθμούς και τις δραστηριότητες των χρηστών.

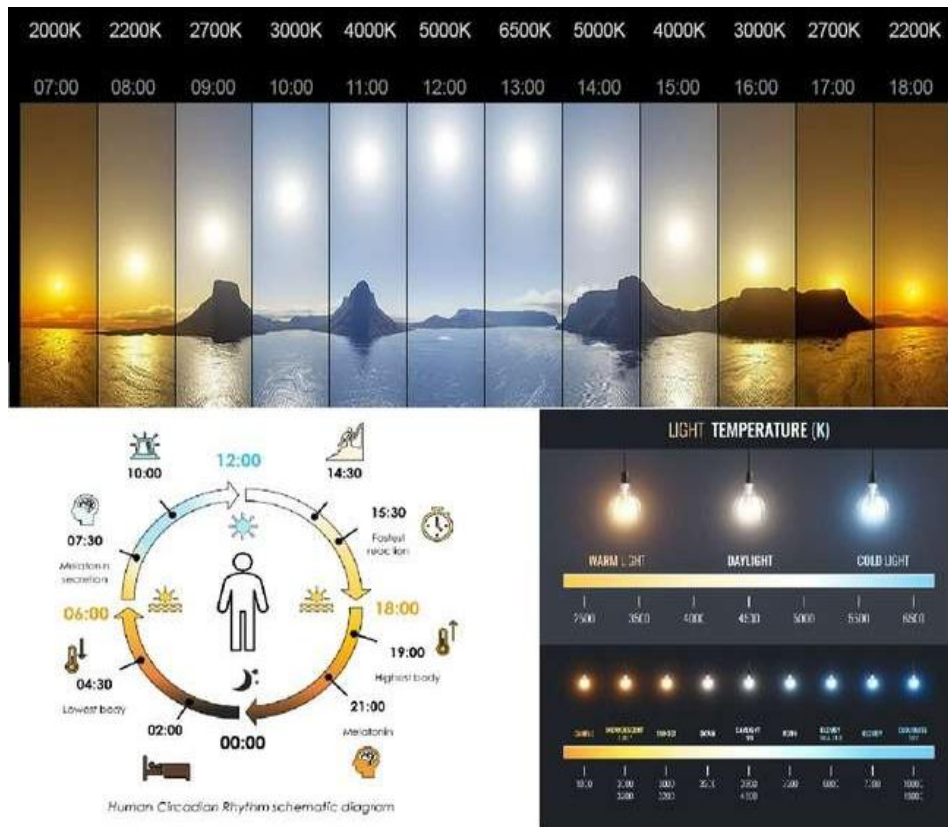


Εικόνα 8. Εξέλιξη των τεχνολογιών φωτισμού από ενεργειακά αποδοτικές λύσεις προς ευφυή και ανθρωποκεντρικά συστήματα φωτισμού (πηγή: <https://www.signify.com/en-us/blog/archive/innovation/lighting-system>).

Η θερμοκρασία χρώματος εκφράζεται σε Kelvin (K) και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την οπτική απόχρωση μιας πηγής φωτός, από θερμές έως ψυχρές αποχρώσεις. Στο φυσικό περιβάλλον, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες χρώματος (περίπου 1800–2700K) αντιστοιχούν σε πηγές φωτός όπως το κερί ή το ηλιοβασίλεμα και δημιουργούν θερμό και χαλαρωτικό φωτισμό. Αντίθετα, οι υψηλότερες θερμοκρασίες χρώματος (5000–6500K) προσεγγίζουν το φως της ημέρας και χαρακτηρίζονται από πιο ψυχρές και έντονες αποχρώσεις. Η κατανόηση αυτής της κλίμακας είναι ιδιαίτερα σημαντική στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό φωτισμού, καθώς επιτρέπει την επιλογή κατάλληλων χαρακτηριστικών φωτός ανάλογα με τη λειτουργία και την επιθυμητή ατμόσφαιρα ενός χώρου (Browning, Ryan, & Clancy, 14 Patterns of Biophilic Design).

Η δυναμική μεταβολή της θερμοκρασίας χρώματος κατά τη διάρκεια της ημέρας αποτελεί βασική αρχή του ανθρωποκεντρικού και βιοφιλικού φωτισμού, καθώς μιμείται τη φυσική πορεία του ηλιακού φωτός. Κατά τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες το φυσικό φως χαρακτηρίζεται από υψηλότερες θερμοκρασίες χρώματος (περίπου 5000–6500K), οι οποίες είναι πλουσιότερες σε μπλε φάσμα και σχετίζονται με αυξημένη εγρήγορση και βελτιωμένη γνωστική απόδοση. Αντίθετα, κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες το φως γίνεται θερμότερο (περίπου 2700–3000K), συμβάλλοντας στη χαλάρωση και στη σταδιακή

προετοιμασία του οργανισμού για ύπνο. Η προσομοίωση αυτής της ημερήσιας μεταβολής μέσω τεχνητού φωτισμού μπορεί να υποστηρίξει τον κιρκάδιο ρυθμό και να ενισχύσει την ευεξία των χρηστών σε εσωτερικούς χώρους (Bright, 2018).



Εικόνα 9. Μεταβολή της θερμοκρασίας χρώματος του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας και η σχέση της με τον ανθρώπινο κιρκάδιο ρυθμό (πηγή: <https://www.varnidigital.in/latest-update/human-centric-lighting-circadian-rhythm-hcl/1029>).

3.2.2. Προσωποποιημένος έλεγχος

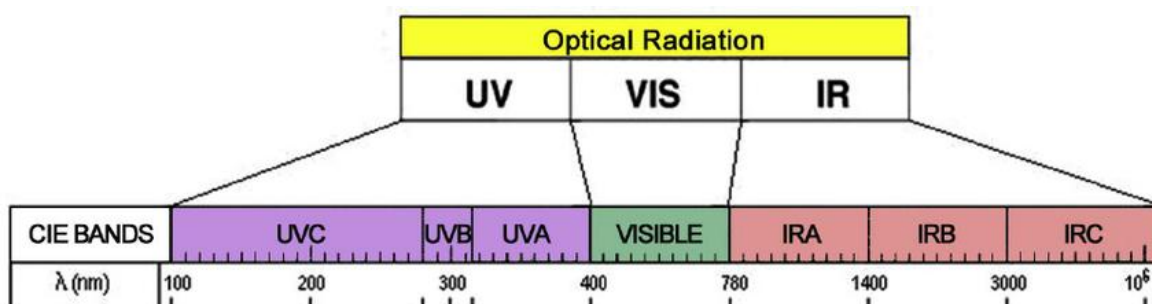
Η δυνατότητα των χρηστών να προσαρμόζουν τις φωτιστικές συνθήκες έχει συσχετιστεί με αυξημένη ψυχολογική άνεση και αίσθηση ελέγχου του περιβάλλοντος (Newsham & Veitch, 2001).

Ο βιοφιλικός και ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός λειτουργούν συμπληρωματικά: ο πρώτος παρέχει το εννοιολογικό και αισθητικό πλαίσιο, ενώ ο δεύτερος εξασφαλίζει ότι το τεχνητό φως υποστηρίζει τη βιολογία του ανθρώπου (Heerwagen, 2006).

Ο HCL θεωρείται ο τεχνολογικός «βραχίονας» του βιοφιλικού σχεδιασμού φωτισμού, καθώς μεταφράζει τη φυσική πορεία του φωτός της ημέρας σε μετρήσιμα,

ελεγχόμενα σενάρια φωτισμού. Ενώ ο βιοφιλικός φωτισμός επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός και στην ενίσχυση της αισθητηριακής επαφής με το περιβάλλον, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός λειτουργεί ως εξειδικευμένο εργαλείο εφαρμογής αυτών των αρχών μέσω τεχνητού φωτός, ενισχύοντας την εναρμόνιση του ανθρώπινου οργανισμού με τους φυσικούς ρυθμούς της ημέρας (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Ένα κρίσιμο στοιχείο στον σχεδιασμό φωτισμού, το οποίο συχνά υποτιμάται, είναι η σημασία του πλήρους φάσματος του φυσικού φωτός, το οποίο δεν περιορίζεται στο ορατό τμήμα του φάσματος, αλλά περιλαμβάνει επίσης τη μη ορατή ακτινοβολία, όπως το υπεριώδες Α (UVA) και το εγγύς υπέρυθρο (NIR), καθώς και το ορατό φως με έμφαση στο κυανό τμήμα του φάσματος. Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού, το φως δεν πρέπει να προσεγγίζεται μόνο ως οπτικό ερέθισμα, αλλά και ως βιολογικός ρυθμιστικός παράγοντας που επηρεάζει άμεσα τις μη οπτικές αποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού και τους κιρκάδιους ρυθμούς (CIE, 2018).



Εικόνα 10. Περιοχές του φάσματος της οπτικής ακτινοβολίας, συμπεριλαμβανομένης της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), του ορατού φωτός (VIS) και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR)(πηγή:

https://www.researchgate.net/figure/Optical-radiation-wavelengths-ranges_fig1_268743487)

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 8, το φυσικό φως αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το οποίο εκτείνεται πέρα από τα όρια της ανθρώπινης όρασης. Εκτός από το ορατό φως (380–780 nm), το ηλιακό φάσμα περιλαμβάνει την υπεριώδη ακτινοβολία Α (UVA) και το εγγύς υπέρυθρο (NIR), τα οποία, παρότι δεν γίνονται αντιληπτά οπτικά, συμβάλλουν σε σημαντικές βιολογικές και φυσιολογικές διεργασίες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον βιοφιλικό σχεδιασμό φωτισμού παρουσιάζει το κυανό τμήμα του ορατού φάσματος (περίπου 460–490 nm), καθώς

σχετίζεται με την ενεργοποίηση των φωτοευαίσθητων γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς και τη ρύθμιση των κirkάδιων ρυθμών του ανθρώπινου οργανισμού.

Το κυανό φως (short-wave length light) αποτελεί τον ισχυρότερο ρυθμιστή του κirkάδιου συστήματος, καθώς επηρεάζει τη δραστηριότητα των φωτοευαίσθητων γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς και τη ρύθμιση της μελατονίνης, επηρεάζοντας τον κύκλο ύπνου–αφύπνισης και την εγρήγορση (Cajochen, et al., 2005) Αντίστοιχα, η έκθεση στο υπεριώδες Α (UVA) έχει συσχετιστεί με φωτοβιολογικές διεργασίες που επηρεάζουν έμμεσα τη φυσιολογία του δέρματος και τη βιολογική προσαρμογή στο περιβάλλον φωτός, ενώ το εγγύς υπέρυθρο (NIR) έχει μελετηθεί για τις επιδράσεις του σε κυτταρικό επίπεδο, και στην υποστήριξη διαδικασιών ανάπλασης και ενεργειακού μεταβολισμού.

Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται σαφές ότι το φυσικό ηλιακό φάσμα διαθέτει μια πολυδιάστατη βιολογική επίδραση, την οποία τα συμβατικά τεχνητά συστήματα φωτισμού δεν μπορούν να αναπαράγουν πλήρως. Τα κλασικά LED συστήματα παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς τη φασματική ομοιογένεια και συχνά εμφανίζουν έντονο “bluepeak”, δηλαδή συγκέντρωση της εκπομπής σε στενή περιοχή του μπλε φάσματος, γεγονός που διαφοροποιεί τη φασματική τους συμπεριφορά από το φυσικό φως (Boyce, 2014).

Για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες φωτισμού πλήρους φάσματος (full-spectrum / human-centric lighting), όπως οι SunLike LED και η σειρά Thrive της Bridgelux, οι οποίες επιχειρούν να προσεγγίσουν τη φασματική κατανομή του φυσικού φωτός, μειώνοντας τις αιχμές του μπλε φάσματος και ενισχύοντας τη συνεχή φασματική κατανομή. Οι τεχνολογίες αυτές στοχεύουν στη βελτίωση τόσο της οπτικής ποιότητας (visual comfort, color rendering) όσο και της μη οπτικής βιολογικής απόκρισης του ανθρώπινου οργανισμού, υποστηρίζοντας πιο φυσικές κirkάδιες διεργασίες και ανθρωποκεντρικά περιβάλλοντα φωτισμού (Seoul Semiconductor & Toshiba Materials, 2017)

Συνολικά, η σταδιακή εξέλιξη από τον συμβατικό τεχνητό φωτισμό προς συστήματα πλήρους φάσματος αναδεικνύει τη μετατόπιση του σχεδιασμού φωτισμού από μια καθαρά οπτική προσέγγιση σε μια βιολογικά και ανθρωποκεντρικά προσανατολισμένη θεώρηση, όπου το φως αντιμετωπίζεται ως ρυθμιστικός παράγοντας της ανθρώπινης υγείας και ευεξίας (Figueiro & Rea, 2016).

Τέλος, σύμφωνα με το εγχειρίδιο του WELL Building Standard (2020) σε περιβάλλοντα όπως νοσοκομεία, βιβλιοθήκες, σχολεία και δημόσια κτίρια, ο HCL αποτελεί πλέον αναπόσπαστο εργαλείο στον σχεδιασμό χώρων που υποστηρίζουν την υγεία, την απόδοση και τη βιωμένη εμπειρία των χρηστών. Σημαντικό είναι πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι κάθε σχεδιασμός πρέπει να ξεκινά από ανάλυση των πραγματικών αναγκών των χρηστών. Η συμμετοχή των τελικών χρηστών στον σχεδιασμό μέσω συνεντεύξεων, ερωτηματολογίων ή συμμετοχικών εργαστηρίων, συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των καθημερινών εμπειριών τους με το φως. Ο φωτισμός δεν είναι απλώς ένα τεχνικό σύστημα, αλλά ένα μέσο επικοινωνίας, ένα περιβαλλοντικό εργαλείο που καθορίζει τη σχέση του ανθρώπου με τον χώρο και κατ' επέκταση με τον εαυτό του.

4. Ο φωτισμός ως εργαλείο βιοφιλικού σχεδιασμού

Ο βιοφιλικός φωτισμός αποτελεί μία σχεδιαστική προσέγγιση που επιδιώκει να ενισχύσει τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση μέσω της αξιοποίησης τόσο του φυσικού όσο και του τεχνητού φωτός. Η προσέγγιση αυτή υπερβαίνει την κάλυψη των λειτουργικών και οπτικών απαιτήσεων ενός χώρου, εστιάζοντας στη δημιουργία περιβαλλόντων που υποστηρίζουν τη σωματική και ψυχολογική ευεξία των χρηστών.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο βιοφιλικός σχεδιασμός φωτισμού βασίζεται σε μια σειρά παραγόντων που σχετίζονται με την ποιότητα, τη μεταβλητότητα και τη βιωματική διάσταση του φωτός, καθώς και με την αλληλεπίδρασή του με τα φυσικά στοιχεία του χώρου.

Στο πλαίσιο αυτό, εξετάζεται ο ρόλος του φυσικού φωτισμού ως βασικού μέσου σύνδεσης με το φυσικό περιβάλλον, η σημασία της δυναμικής αλληλεπίδρασης φωτός και σκιάς κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι δυνατότητες του τεχνητού φωτισμού να προσομοιώνει χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός και, τέλος, η συμβολή του φωτισμού στην ανάδειξη και υποστήριξη φυσικών στοιχείων, όπως η βλάστηση και τα φυσικά υλικά, στο εσωτερικό περιβάλλον.

4.1. Παράγοντες βιοφιλικού φωτισμού – Ανάγκες και στόχοι

4.1.1. Φυσικός φωτισμός και πώς ενισχύει τη σύνδεση με τη φύση

Ο φυσικός φωτισμός αποτελεί έναν από τους πιο άμεσους τρόπους ένταξης φυσικών χαρακτηριστικών στο εσωτερικό περιβάλλον. Δεν πρόκειται μόνο για παροχή φωτεινότητας, αλλά για ένα ζωντανό φωτισμό, που θα αποτελεί δυναμικό στοιχείο διαρκώς μεταβαλλόμενο κατά τη διάρκεια της ημέρας, παρομοιάζοντας στον κύκλο της φύσης και ενισχύοντας την αίσθηση συγχρονισμού με το φυσικό περιβάλλον. Η έκθεση στο φυσικό φως ενεργοποιεί αισθητηριακές, συναισθηματικές και πνευματικές αντιδράσεις, καθώς δημιουργεί συνθήκες ποικίλου φωτισμού που διαφοροποιούνται ανάλογα με την ώρα, την εποχή και τις καιρικές συνθήκες (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

Η ενσωμάτωση στον σχεδιασμό μεγάλων ανοιγμάτων, φεγγιτών, αίθριων και εσωτερικών αυλών επιτρέπει όχι μόνο την εισαγωγή του φυσικού φωτός στο εσωτερικό, αλλά και τη θέα προς τον ουρανό και το τοπίο. Η διέλευση ήπιου και διάχυτου φωτός

προάγει τη βιοφιλική εμπειρία. Η αρχιτεκτονική που ευνοεί τον φωτισμό ημέρας ενισχύει την αίσθηση του «ανήκειν» στον φυσικό κόσμο και λειτουργεί ως μέσο ψυχολογικής ισορροπίας (Browning, Ryan, & Clancy, 2014). Οι χρήστες τέτοιων χώρων αναφέρουν συχνά αυξημένη ικανοποίηση, καλύτερη διάθεση και αίσθημα ηρεμίας, χαρακτηριστικά που απορρέουν από την έμφυτη ανθρώπινη επιθυμία σύνδεσης με τη φύση.

4.1.2. Αλληλεπίδραση φωτός-σκιάς κατά τη διάρκεια της μέρας

Ένα από τα πιο ουσιώδη χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός είναι η συνεχής του μεταβολή. Δεν είναι στατικό, αλλά εξελίσσεται με τον χρόνο, δημιουργώντας διαφορετικές ποιότητες φωτός και σκιάς. Η αλληλεπίδραση φωτός και σκιάς παράγει δυναμικά οπτικά ερεθίσματα, που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός αισθητηριακά πλούσιου και «ζωντανού» χώρου. Αυτή η μεταβλητότητα αντικατοπτρίζει τις φυσικές συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος και αποτελεί βασικό στοιχείο του βιοφιλικού σχεδιασμού (Kellert & Calabrese, 2015). Ο ρυθμικός «χορός» του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας δημιουργεί σκιάς που μετακινούνται, αλλάζουν ένταση και μορφή, δίνοντας στον χρήστη πληροφορίες για την ώρα, τον καιρό και την εποχή. Αυτός ο φυσικός χρονομετρητής ενισχύει το αίσθημα σύνδεσης με τον εξωτερικό κόσμο και προσφέρει μια σταθερή ροή αλλαγής που διεγείρει τη γνωστική και συναισθηματική εγρήγορση. Σε αντίθεση με τον στατικό τεχνητό φωτισμό, οι φυσικές εναλλαγές φωτός προσφέρουν ένα είδος φυσικής «ποικιλότητας», που έχει συσχετιστεί με μείωση άγχους και αύξηση ευεξίας (Ritchie, 2020).

Η αρχή αυτή συναντάται ήδη στην παραδοσιακή ισλαμική αρχιτεκτονική, όπου στοιχεία όπως τα *mashrabiya* φιλτράρουν το φυσικό φως και δημιουργούν μεταβαλλόμενα μοτίβα φωτός και σκιάς στο εσωτερικό, προσδίδοντας στον χώρο δυναμισμό και ισχυρή σύνδεση με τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της αρχής αυτής αποτελεί το Louvre Abu Dhabi (2017) του Jean Nouvel, όπου η διάτρητη γεωμετρία του θόλου επιτρέπει τη διέλευση του φυσικού φωτός, δημιουργώντας δυναμικά μοτίβα φωτός και σκιάς που μεταβάλλονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας και ενισχύουν τη βιωματική σύνδεση του χρήστη με το φυσικό περιβάλλον.



Εικόνα 11. Η διάτρητη θόλος του Louvre Abu Dhabi (πηγή: <https://www.archpaper.com/2017/11/jean-nouvel-louvre-abu-dhabi-opens/>)



Εικόνα 12. Η διάτρητη θόλος του Louvre Abu Dhabi (πηγή: <https://www.archpaper.com/2017/11/jean-nouvel-louvre-abu-dhabi-opens/>)

Η ενσωμάτωση αυτής της αλληλεπίδρασης στον σχεδιασμό, μέσω ελεγχόμενων ανοιγμάτων, ημιδιαφανών επιφανειών ή στοιχείων σκίασης, συντελεί στη δημιουργία χώρων που ακολουθούν την ίδια δυναμική με το φυσικό περιβάλλον, προάγοντας έτσι μια ουσιαστική βιοφιλική εμπειρία.

4.1.3. Τεχνητός φωτισμός και προσομοίωση των χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός

Ο βιοφιλικός σχεδιασμός φωτισμού δεν περιορίζεται στη χρήση φυσικού φωτός, αλλά ενσωματώνει και τον τεχνητό φωτισμό με τρόπο τέτοιο που να προσεγγίζει τις φυσικές ποιότητες του φωτός. Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει τη δημιουργία ανθρωποκεντρικού φωτισμού, ο οποίος μπορεί να ρυθμίζεται δυναμικά ως προς την ένταση και τη θερμοκρασία χρώματος μέσα στη διάρκεια της ημέρας, ώστε να μιμείται τον φυσικό φωτισμό και να υποστηρίζει τον κirkάδιο ρυθμό του ανθρώπινου οργανισμού (HTA - Home Technology Association, n.d.).

Οι «κirkάδιοι λαμπτήρες» (circadian luminaires) και τα «tunable white» συστήματα φωτισμού ενσωματώνουν τη δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ ψυχρού και θερμού λευκού φωτός, ώστε να υποστηρίζεται η συγκέντρωση το πρωί και η χαλάρωση το βράδυ. Παράλληλα, η χρήση υλικών με φυσική υφή και απόδοση, όπως ξύλο, πέτρα ή ύφασμα, σε συνδυασμό με τον σωστά μελετημένο φωτισμό ενισχύει την αίσθηση οικειότητας και φύσης στον χώρο (Browning, Ryan, & Clancy, 2014).

Επιπλέον, η χρωματική απόδοση του φωτός (Color Rendering Index – CRI) αποτελεί βασικό δείκτη για το κατά πόσο μια φωτεινή πηγή αποδίδει με φυσικό τρόπο τα χρώματα των υλικών και της βλάστησης, κάτι που επηρεάζει άμεσα την οπτική ποιότητα του χώρου.

Εξίσου σημαντική είναι και η φασματική κατανομή του φωτός, δηλαδή το πώς κατανέμεται η ενέργεια στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φάσματος. Όταν η καμπύλη αυτή είναι συνεχής και πιο κοντά στο φυσικό ηλιακό φάσμα, το φως γίνεται αντιληπτό ως πιο φυσικό και άνετο, ενώ οι ασυνέχειες ή οι έντονες κορυφές (όπως συχνά συμβαίνει σε συμβατικές τεχνητές πηγές) μπορούν να αλλοιώσουν την απόδοση των χρωμάτων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η περιοχή του κυανού φωτός, καθώς επηρεάζει τόσο την καθαρότητα της χρωματικής αντίληψης όσο και τις βιολογικές διεργασίες που σχετίζονται με τους κirkάδιους ρυθμούς και την εγρήγορση του οργανισμού. Παράλληλα, ο σωστά

σχεδιασμένος τεχνητός φωτισμός με ελεγχόμενες φωτεινές αντιθέσεις και τονικές διαφοροποιήσεις μπορεί να ενισχύσει την ανάγνωση του χώρου και να δημιουργήσει πιο ευχάριστη και ισορροπημένη οπτική εμπειρία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με την παράλληλη χρήση λαμπτήρων σε φάσμα κοντινό υπέρυθρο NIR- Near Infrared (περίπου στα 700nm - 1400nm), ή αντίστοιχα των Υπεριώδους Α – Ultraviolet A, σε φάσμα περίπου 315nm - 400nm. Με αυτόν τον τρόπο, ο τεχνητός φωτισμός δεν λειτουργεί απλώς ως υποκατάστατο του φυσικού φωτός, αλλά συνεργάζεται με αυτό, συμβάλλοντας στη δημιουργία συνθηκών που προσεγγίζουν το φυσικό φωτεινό περιβάλλον και υποστηρίζουν τον βιοφιλικό σχεδιασμό.

4.1.4. Βιοφιλικός φωτισμός και ενσωμάτωση φυσικών στοιχείων στον εσωτερικό χώρο

Η αξιοποίηση του φωτισμού για την ανάδειξη φυσικών στοιχείων αποτελεί θεμελιώδη στρατηγική του βιοφιλικού σχεδιασμού, καθώς συμβάλλει στη δημιουργία περιβαλλόντων που ενισχύουν τη σύνδεση του ανθρώπου με τη φύση μέσω της οπτικής και αισθητηριακής εμπειρίας. Σε αυτή τη λογική, ο φωτισμός δεν λειτουργεί απλώς ως τεχνικό μέσο ορατότητας, αλλά ως εργαλείο σχεδιασμού του χώρου, το οποίο καθοδηγεί την προσοχή και διαμορφώνει την αντιληπτική ιεράρχηση των στοιχείων του περιβάλλοντος (Browning, Ryan, & Clancy, 2014).

Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στην ενίσχυση φυσικών στοιχείων, όπως η βλάστηση, το νερό και οι φυσικές υφές, μέσω κατάλληλου σχεδιασμού φωτισμού. Η σωστή τοποθέτηση, ένταση και χρωματική ποιότητα του φωτός συμβάλλουν στην ανάδειξη λεπτομερειών των υλικών, όπως η υφή του φυλλώματος, η κίνηση του νερού και η υλικότητα επιφανειών όπως το ξύλο και η πέτρα. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η χωρική ατμόσφαιρα και η συναισθηματική ανταπόκριση των χρηστών.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά ο φωτισμός σε χώρους που ενσωματώνουν κάθετους κήπους (greenwalls) και εσωτερική φύτευση. Στις περιπτώσεις αυτές, ο φωτισμός επιτελεί διπλό ρόλο: αφενός υποστηρίζει τη φωτοσυνθετική λειτουργία των φυτών, αφετέρου ενισχύει την οπτική παρουσία του φυσικού στοιχείου στον χώρο. Η χρήση ρυθμιζόμενων LED (tunable LEDs), καθώς και φωτιστικών με κατάλληλη φασματική κατανομή, επιτρέπει την προσαρμογή του τεχνητού φωτός στις ανάγκες τόσο της βλάστησης όσο και της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης (Singh, Basu, Meinhardt-Wollweber, & Roth, 2015).

Η ενσωμάτωση φυτικών στοιχείων στον εσωτερικό χώρο δεν έχει μόνο αισθητική διάσταση, αλλά συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Τα φυτά συνεισφέρουν στη ρύθμιση του μικροκλίματος, στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη μείωση του ψυχολογικού στρες, ενώ παράλληλα ενισχύουν τη βιοφιλική εμπειρία του χρήστη (Viola, James, Schlangen, & Dijk, 2008). Η αποτελεσματικότητα αυτής της ενσωμάτωσης εξαρτάται άμεσα από τον κατάλληλο φωτισμό, ο οποίος υποστηρίζει τόσο τη βιολογική λειτουργία των φυτών όσο και την αντιληπτική εμπειρία του ανθρώπου.

Σε εσωτερικά περιβάλλοντα με περιορισμένη φυσική φωτεινότητα, ο τεχνητός φωτισμός καθίσταται απαραίτητος για τη διατήρηση της φυτικής ανάπτυξης. Η σύγχρονη τεχνολογία LED επιτρέπει τον έλεγχο της έντασης και του φάσματος, με έμφαση στις περιοχές του μπλε και του κόκκινου φωτός, οι οποίες είναι κρίσιμες για τη φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη των φυτών. Παράλληλα, η προσομοίωση χαρακτηριστικών του φυσικού φωτός συμβάλλει στη δημιουργία πιο ισορροπημένων και λειτουργικών εσωτερικών περιβαλλόντων (Singh et al., 2015).

Ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η σωστή εφαρμογή τεχνητού φωτισμού σε κάθετους κήπους (living walls) διατηρεί τη φυτική κάλυψη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ακόμη και σε χώρους χωρίς φυσική ηλιακή πρόσβαση (Wong et al., 2010). Παράλληλα, η παρουσία τέτοιων βιοφιλικών στοιχείων έχει συνδεθεί με θετικές φυσιολογικές και ψυχολογικές αντιδράσεις, όπως μείωση του στρες, χαμηλότερη αρτηριακή πίεση και βελτίωση της συγκέντρωσης (Bringslimark, Hartig, & Patil, 2009).

Τέλος, η επιτυχής ενσωμάτωση φυτών και φωτισμού απαιτεί ολοκληρωμένο σχεδιασμό, ο οποίος λαμβάνει υπόψη παραμέτρους όπως η ανακλαστικότητα των επιφανειών, η διάχυση του φωτός, οι ανάγκες των φυτικών ειδών και η χρήση του χώρου από τους ανθρώπους. Η πολυπλοκότητα αυτή καθιστά αναγκαία τη διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ αρχιτεκτόνων, ειδικών φωτισμού και γεωπόνων, προκειμένου να επιτευχθεί ένα λειτουργικό, ενεργειακά αποδοτικό και βιωματικά πλούσιο περιβάλλον (Pérezetal., 2011).

5. Πρακτικές εφαρμογές βιοφιλικού φωτισμού

5.1. Αρχές εφαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα

Η εφαρμογή του βιοφιλικού φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες και τη χρήση του χώρου. Αν και οι βασικές αρχές, όπως η μίμηση του φυσικού φωτός, η υποστήριξη του κιρκάδιου ρυθμού και η ενίσχυση της σύνδεσης με τη φύση είναι κοινές, ο τρόπος ενσωμάτωσής τους διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τη χρήση του χώρου, τον πληθυσμό - χρήστη και τα χωρικά χαρακτηριστικά. Ακολούθως θα αναλυθούν οι επιμέρους κατηγορίες χώρων και οι αντίστοιχες εφαρμογές.

5.1.1. Κατοικία

Στο οικιακό περιβάλλον, ο φωτισμός καλείται να εξυπηρετήσει τόσο πρακτικές όσο και συναισθηματικές ανάγκες. Οι χώροι κατοικίας, ως κατεξοχήν χώροι ανάπαυσης, έκφρασης και ιδιωτικότητας, απαιτούν φωτισμό που ευνοεί την ηρεμία και την αίσθηση ασφάλειας. Όσον αφορά την αξιοποίηση του φυσικού φωτός, προτείνεται η είσοδος φυσικού φωτός μέσω μεγάλων ανοιγμάτων και η επιδίωξη του νότιου προσανατολισμού.

Στο βόρειο ημισφαίριο, οι νότιες όψεις δέχονται τη μεγαλύτερη και πιο σταθερή ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του έτους, εξασφαλίζοντας αυξημένα επίπεδα φυσικού φωτισμού και καλύτερη κατανομή του φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Η συνεχής παρουσία φυσικού φωτός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τον τεχνητό φωτισμό, ενισχύει την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου και βελτιώνει την οπτική άνεση των χρηστών. Παράλληλα, η δυνατότητα παρατήρησης των μεταβολών της έντασης, της κατεύθυνσης και της χρωματικής ποιότητας του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας επιτρέπει στους χρήστες να διατηρούν επαφή με τους φυσικούς κύκλους του περιβάλλοντος.

Η σύνδεση αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική στο πλαίσιο του βιοφιλικού σχεδιασμού, καθώς ενισχύει την αντίληψη του χρόνου, υποστηρίζει τον συγχρονισμό των κιρκάδιων ρυθμών και συμβάλλει στη δημιουργία χώρων που προάγουν την ψυχολογική ευεξία και την αίσθηση σύνδεσης με τη φύση. Έτσι, ενισχύεται η σύνδεση με το εξωτερικό περιβάλλον και διευκολύνεται η ρύθμιση των βιολογικών ρυθμών (Kellert R., 2005). Παράλληλα, η υιοθέτηση ρυθμιζόμενου τεχνητού φωτισμού (dimmable lighting) με θερμές αποχρώσεις ενισχύει την αίσθηση οικειότητας. Σε υπνοδωμάτια και καθιστικά, η χρήση

επιτραπέζιων ή επιτοίχιων φωτιστικών στοχευμένης δέσμης, με δυνατότητα προσαρμογής της θερμοκρασίας χρώματος επιτρέπει την εξατομίκευση της εμπειρίας. Επιπλέον, η τοποθέτηση φωτισμού κοντά σε εσωτερικά φυτά ή φυσικά υλικά (ξύλο, πέτρα) ενισχύει τη σύνδεση με το φυσικό περιβάλλον.

5.1.2. Επαγγελματικοί χώροι

Στους χώρους εργασίας, η εφαρμογή του βιοφιλικού φωτισμού συνδέεται άμεσα με τη βελτίωση της απόδοσης, της συγκέντρωσης και της ευεξίας των εργαζομένων. Ο φυσικός φωτισμός σε συνδυασμό με τεχνητό φως μεταβλητής θερμοκρασίας έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τη γνωστική λειτουργία και μειώνει τη γνωστική κόπωση (Veitch & Galasiu, 2012). Σε γραφειακούς χώρους συστήνεται η χρήση συστημάτων circadian lighting που προσαρμόζονται στη χρονική ζώνη και στο φυσικό κύκλο του φωτός.

Η δυνατότητα των εργαζομένων να ελέγχουν τον φωτισμό στο ατομικό τους γραφείο (π.χ. μέσω mobile εφαρμογών ή αισθητήρων) ενισχύει την αίσθηση αυτονομίας και μειώνει το άγχος. Παράλληλα, η ανάδειξη φυσικών στοιχείων (όπως πράσινοι τοίχοι, φυτά ή υδάτινα στοιχεία) με ειδικό φωτισμό αυξάνει την αισθητηριακή ποικιλία και τη σύνδεση με τη φύση (Browning, Ryan, & Clancy, 2014).

5.1.3. Χώροι Εκπαίδευσης

Σε σχολεία και πανεπιστημιακούς χώρους, ο φωτισμός παίζει κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη της μάθησης και της ψυχολογικής ευστάθειας των μαθητών, ιδιαίτερα δε ο φυσικός φωτισμός. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα παιδιά που μαθαίνουν σε αίθουσες με άφθονο φυσικό φως εμφανίζουν καλύτερη συγκέντρωση και επίδοση (Heschong Mahone Group, 1999). Η χρήση διάχυτων και ημιδιαφανών επιφανειών βοηθά στη διατήρηση ομοιόμορφου φωτισμού χωρίς θάμβωση.

Καθώς, συνήθως, το έργο της εκπαίδευσης συμβαίνει σε ημερήσιο χρόνο, το τεχνητό φως συμμετέχει υποστηρικτικά ή κατά περίπτωση. Τα φωτιστικά με ρυθμιζόμενη φωτεινότητα επιτρέπουν την προσαρμογή του περιβάλλοντος σε διαφορετικές δραστηριότητες (π.χ. μάθημα, εργασία σε ομάδες, εξετάσεις). Η ενσωμάτωση στοιχείων όπως ξύλο ή φυτά στους χώρους εκπαίδευσης, όταν φωτίζονται σωστά, μετατρέπει την αίθουσα σε έναν πιο «ανθρώπινο» και λιγότερο αποστειρωμένο χώρο.

5.1.4. Υγειονομικές εγκαταστάσεις

Ο φωτισμός στα νοσοκομεία, τις μονάδες φροντίδας και τα ψυχιατρικά ιδρύματα μπορεί να επηρεάσει άμεσα την ανάρρωση, τη διάθεση και την αντίληψη του πόνου. Η σταδιακή μεταβολή της φωτεινότητας στη διάρκεια της ημέρας βοηθά στην αποκατάσταση του κιρκάδιου ρυθμού σε ασθενείς με διαταραχές ύπνου ή αποπροσανατολισμό. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη, ασθενείς σε θαλάμους με βιοφιλικό φωτισμό ανέφεραν μεγαλύτερη ικανοποίηση και λιγότερη ανάγκη για φαρμακευτική αγωγή (Madias et al., 2023).

Ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται κατά τον σχεδιασμό του φωτισμού σε χώρους που φιλοξενούν ασθενείς με αυξημένες ανάγκες, όπως τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι ή τα άτομα με νευρολογικές παθήσεις, με κατάλληλη προσαρμογή στην ένταση και το φάσμα φωτός αντίστοιχα. Ο φωτισμός μπορεί να λειτουργήσει θεραπευτικά, ειδικά όταν αναδεικνύει στοιχεία της φύσης που ενισχύουν την ηρεμία, όπως νερό, φυσικά υλικά ή έργα τέχνης με φυτικά θέματα.

5.1.5. Δημόσιοι χώροι

Οι δημόσιοι χώροι, όπως βιβλιοθήκες, μουσεία και πολιτιστικά κέντρα, αποτελούν περιβάλλοντα όπου η εμπειρία του επισκέπτη είναι στο επίκεντρο των στόχων του σχεδιασμού. Ο φωτισμός καλείται να υποστηρίξει την διευκόλυνση στην προσβασιμότητα, την πλοήγηση, αλλά και τη συναισθηματική εντύπωση, την ασφάλεια, την εξοικείωση. Σε κλειστούς χώρους, η εξασφάλιση φυσικού φωτισμού μέσω αίθριων ή φεγγιτών δημιουργεί μια αίσθηση ευρύτητας και φυσικής ροής, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την απεικόνιση της μεταβολής του χρόνου αλλά και των καιρικών συνθηκών μέσα στον χώρο.

Σε μουσεία, η χρήση φωτός για την ανάδειξη φυσικών στοιχείων ενισχύει τη σύνδεση του επισκέπτη με τον κόσμο του περιβάλλοντος.

Στις βιβλιοθήκες, η διαμόρφωση περιοχών με εναλλαγές φωτός και σκιάς δημιουργεί διαφορετικές ζώνες, προσαρμοσμένες τόσο για χαλάρωση όσο και για συγκεντρωμένη εργασία, προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα επιλογής ανάλογα με τις προσωπικές τους ανάγκες (Veitch & Galasiu, 2012). Η ανάγκη για επαρκή φωτισμό κατά τη μελέτη μπορεί να καλυφθεί μέσω έμμεσου τεχνητού φωτισμού που διαθέτει Δείκτη Απόδοσης Χρωμάτων (CRI) παρόμοιο με αυτόν του φυσικού ηλιακού φωτός, διατηρώντας παράλληλα την αρμονία με τους κιρκαδιανούς ρυθμούς των χρηστών. Επιπλέον, η ενσωμάτωση φυσικών υλικών και φυτών σε συνδυασμό με προσεκτικά σχεδιασμένο φωτισμό ενισχύει

την ψυχολογική ευεξία και την οπτική ελκυστικότητα του χώρου, αντανakλώντας αρχές βιοφιλικού σχεδιασμού (Madas, και συν., 2023).

Επιπρόσθετα, η συνδυαστική χρήση φωτισμού με άλλα αισθητηριακά ερεθίσματα όπως φυσικά αρώματα, απτικές ποιότητες και ήχους από τη φύση, ενισχύει την πολυαισθητηριακή εμπειρία του χώρου. Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται ήδη σε σύγχρονα ξενοδοχεία και χώρους ευεξίας, όπου η δημιουργία «βιοματικών περιβαλλόντων» βασίζεται στην αρχή της ολοκληρωμένης βιοφιλικής προσέγγισης (Browning, Ryan, & Clancy, 2014).

Η επιτυχής εφαρμογή του βιοφιλικού φωτισμού δεν περιορίζεται στην αισθητική ποιότητα, αλλά επεκτείνεται στη λειτουργικότητα αλλά και τη βιωσιμότητα. Η χρήση τεχνολογιών χαμηλής κατανάλωσης (π.χ. LED), συστημάτων daylight harvesting (συλλογής ηλιακού φωτός) με αισθητήρες φυσικού φωτισμού και διάφανα υλικά, καθώς και υλικών που αντανakλούν ή διαχέουν φυσικά το φως, ενισχύουν την ενεργειακή αποδοτικότητα. Έτσι, επιτυγχάνεται μία σύζευξη μεταξύ ανθρώπινης εμπειρίας και περιβαλλοντικής υπευθυνότητας, που το τελευταίο διάστημα, φαίνεται ολοένα και περισσότερο ουσιώδες για τον σχεδιασμό του μέλλοντος.

5.2. Τεχνολογίες και τεχνικές φωτισμού με βιοφιλικά χαρακτηριστικά

Η υλοποίηση του βιοφιλικού φωτισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών και τεχνικών, που επιτρέπουν τη μίμηση των δυναμικών ποιοτήτων του φυσικού φωτός. Σε αντίθεση με τον στατικό, ομοιόμορφο φωτισμό, ο βιοφιλικός φωτισμός απαιτεί ευελιξία, χρονικότητα και ευαισθησία στις ανάγκες του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Σε αυτή την κατεύθυνση, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι σύγχρονες τεχνολογίες circadian lighting, τα συστήματα αυτοματισμών, η επιλογή κατάλληλων υλικών, καθώς και οι διεθνείς προδιαγραφές και πιστοποιήσεις.

5.2.1. Τεχνολογίες circadian lighting

Η έννοια του circadian lighting βασίζεται στη ρύθμιση του τεχνητού φωτισμού έτσι ώστε να ακολουθεί τις μεταβολές του φυσικού φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας, υποστηρίζοντας τον κερκάδιο ρυθμό του ανθρώπινου οργανισμού. Η τεχνολογία tunable white, η οποία επιτρέπει την εναλλαγή της θερμοκρασίας χρώματος του φωτισμού από

θερμή (~2700K) σε ψυχρή (~6500K), χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές που αποσκοπούν στη βελτίωση της ψυχοσωματικής υγείας των χρηστών (Figueiro & Rea, 2016).

Συγχρόνως, τα βιοδυναμικά συστήματα φωτισμού (biodynamic lighting) συνδυάζουν χρονικά προγραμματισμένες αλλαγές φωτεινότητας και συσχετιζόμενης θερμοκρασίας χρώματος για να αναπαράγουν τη διακύμανση του φυσικού φωτός από την ανατολή έως τη δύση. Η εφαρμογή τους σε χώρους εργασίας και περίθαλψης έχει αποδειχθεί ευεργετική για την ποιότητα ύπνου, την εγρήγορση και τη γενική ευεξία (van Bommel & van den Beld, 2004).

Ο όρος Human-Centric Lighting (HCL) περιγράφει έναν ευρύτερο σχεδιαστικό στόχο, όπου ο φωτισμός προσαρμόζεται στις βιολογικές, συναισθηματικές και γνωστικές ανάγκες του ανθρώπου. Τα HCL συστήματα εφαρμόζονται σε σχολεία, νοσοκομεία, αλλά και σε οικιακούς χώρους, και αποτελούν τον πυρήνα της σύγχρονης τεχνολογικής προσέγγισης στον βιοφιλικό φωτισμό.

5.2.2. Αισθητήρες και αυτοματισμοί

Η δυνατότητα αυτοματοποιημένης προσαρμογής του φωτισμού ανάλογα με τα επίπεδα φυσικού φωτός, την ώρα της ημέρας ή την παρουσία χρηστών ενισχύει τη βιωσιμότητα και την ανθρώπινη εμπειρία. Οι αισθητήρες φωτομέτρησης (light sensors) ελέγχουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού ώστε να συμπληρώνει αλλά όχι να υπερκαλύπτει, το διαθέσιμο φυσικό φως, συμβάλλοντας τόσο στη λειτουργικότητα όσο και στην εξοικονόμηση ενέργειας (Li & Lam, 2001).

Οι αισθητήρες παρουσίας (occupancy sensors) ή κίνησης επιτρέπουν τη δημιουργία «ζωντανών» χώρων που ανταποκρίνονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, ενεργοποιώντας ή μεταβάλλοντας τον φωτισμό όταν απαιτείται. Τα πιο προηγμένα συστήματα συνδυάζονται με τεχνητή νοημοσύνη, επιτρέποντας την εκμάθηση των προτιμήσεων των χρηστών και την προσαρμογή του φωτός στις καθημερινές τους συνήθειες (Boyce, 2014).

Παράλληλα, μέσω διαδραστικών διεπαφών όπως οι εφαρμογές για κινητά, δίνεται στους χρήστες η δυνατότητα ελέγχου του φωτισμού σύμφωνα με την προσωπική τους προτίμηση, ενισχύοντας την αίσθηση αυτονομίας. Αυτή η προσέγγιση είναι συμβατή με την αρχή του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού και της προσωποποιημένης εμπειρίας χώρου.

5.2.3. Υλικά διάχυσης φωτός και φυσικά υλικά

Ο τρόπος με τον οποίο ένα υλικό αλληλεπιδρά με το φως είναι κρίσιμος για την αίσθηση που προκαλεί στον χώρο. Υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα, όπως ματ επιφάνειες, φυσικό ξύλο, ανοιχτόχρωμοι σοβάδες, επιτρέπουν την ήπια διάχυση του φωτός, αποφεύγοντας τη θάμβωση και δημιουργώντας αίσθηση φυσικότητας. Η χρήση ημιδιαφανών υλικών (όπως πλέγματα ή φίλτρα) ενισχύει τις μεταβάσεις φωτεινότητας, δημιουργώντας περιοχές ημιδιαφάνειας που θυμίζουν τις ποιοτικές μεταβολές του φωτός στη φύση.

Επιπλέον, η παρουσία βιοκλιματικών στοιχείων, όπως πράσινοι τοίχοι, φυτεμένα δώματα ή εσωτερικές αυλές με φυσικό φως, υποστηρίζεται μέσω ειδικών τεχνικών φωτισμού που διασφαλίζουν την επιβίωση της φύτευσης αλλά και την ανάδειξή της αισθητικά. Η σύζευξη του φωτός με το φυσικό υλικό αναβαθμίζει τον χώρο όχι μόνο οπτικά, αλλά και συναισθηματικά, εφόσον προσδίδει αίσθηση γαλήνης και οργανικής αρμονίας (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008).

5.2.4. Πρότυπα και πιστοποιήσεις

Η ενσωμάτωση βιοφιλικών ποιτήτων στον φωτισμό ενισχύεται από τη συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα βιώσιμου και υγιούς σχεδιασμού. Το WELL Building Standard, μέσω του πλαισίου «Light», θέτει απαιτήσεις για τη διατήρηση της οπτικής άνεσης, της πρόσβασης σε φυσικό φως και της υποστήριξης του κερκάρδιου ρυθμού. Αντίστοιχα, το LEEDV4 αναγνωρίζει τη συμβολή του φυσικού φωτισμού στην ενεργειακή απόδοση, ενθαρρύνοντας λύσεις daylight harvesting και φωτιστικής ευαισθητοποίησης (Heather, 2016).

Η συμμόρφωση με τέτοια πρότυπα επιβεβαιώνει ότι ο φωτισμός δεν αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως εργαλείο ορατότητας, αλλά και ως παράγοντας ευεξίας, βιωσιμότητας και ποιότητας ζωής. Οι πιστοποιήσεις αυτές δεν αποτελούν απλώς δείκτες ποιότητας, αλλά και κατευθυντήριες γραμμές για τον ενσωματωμένο σχεδιασμό φωτός στο πλαίσιο της βιοφιλικής προσέγγισης.

Η τεχνολογία του φωτισμού με βιοφιλικά χαρακτηριστικά εξελίσσεται ραγδαία με την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης φωτισμού (Integrated Lighting Management Systems), που επιτρέπουν την παρακολούθηση, αποθήκευση και αξιολόγηση δεδομένων σχετικά με την ένταση, τη θερμοκρασία και τη διάρκεια χρήσης φωτός σε κάθε

χώρο. Οι πληροφορίες αυτές, όταν αναλύονται με εργαλεία ανάλυσης δεδομένων (data analytics), οδηγούν σε προσαρμογές που ενισχύουν την απόδοση και μειώνουν τη σπατάλη ενέργειας (European Committee for Standardization EN 12464-1, 2021).

Επιπλέον, οι τεχνικές φωτισμού που υποστηρίζουν τη δραματουργική σύνθεση του φωτός, δηλαδή τη χρήση σκίασης, στόχευσης, ή μερικής σκίασης, δημιουργούν μικρο-περιβάλλοντα με ιδιαίτερη ατμόσφαιρα, προάγοντας την ενσώματη εμπειρία και την αισθητική απόκριση του χρήστη. Σε χώρους αναψυχής και φιλοξενίας, όπως spa ή ξενοδοχεία, αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν ηρεμία και εσωτερική σύνδεση, συνδέοντας το φως με την ψυχολογία του χώρου.

Η ενσωμάτωση του φωτός ως βασικού στοιχείου στη διαμόρφωση της ταυτότητας του χώρου, και όχι ως τεχνικής προσθήκης, είναι καίρια για μια συνεπή βιοφιλική προσέγγιση. Ο φωτισμός δεν πρέπει να λειτουργεί απομονωμένα αλλά να σχεδιάζεται εξ αρχής σε συνέργεια με τα υλικά, τη γεωμετρία και τη χωρική ροή.

5.3. Παραδείγματα εφαρμογής βιοφιλικού φωτισμού

Η θεωρητική προσέγγιση του βιοφιλικού φωτισμού αποκτά ιδιαίτερη αξία όταν μεταφράζεται σε πρακτικές εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο (Figueiro & Rea, 2016). Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται επιλεγμένες μελέτες περίπτωσης από διαφορετικούς τομείς εφαρμογής, όπως χώροι εργασίας, εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και μονάδες υγείας. Η ανάλυση οργανώνεται με βάση τις στρατηγικές βιοφιλικού φωτισμού που εφαρμόζονται σε κάθε παράδειγμα, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν για την εμπειρία και την ευεξία των χρηστών.

5.3.1 Χώροι εργασίας

Amazon Spheres, Σιάτλ

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής βιοφιλικού φωτισμού αποτελεί το συγκρότημα «The Spheres» της εταιρείας Amazon στο Σιάτλ (Madias, et al., 2023). Το έργο σχεδιάστηκε ως ένα σύστημα σφαιρικών θερμοκηπίων που λειτουργούν ως χώροι εργασίας και ταυτόχρονα ως περιβάλλοντα σύνδεσης με τη φύση.

Η βασική στρατηγική βιοφιλικού φωτισμού βασίζεται στην εκτεταμένη αξιοποίηση φυσικού φωτισμού μέσω γυάλινων επιφανειών μεγάλης κλίμακας, οι οποίες επιτρέπουν τη διάχυση του φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Παράλληλα, εφαρμόζεται σύστημα

circadian lighting, το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία χρώματος και την ένταση του τεχνητού φωτισμού σύμφωνα με τον κιρκάδιο ρυθμό των χρηστών (Figueiro & Rea, 2016).

Ο φωτισμός λειτουργεί σε συνδυασμό με πυκνή εσωτερική φύτευση και στοιχεία που προσομοιώνουν τροπικό οικοσύστημα, με στόχο τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που ενισχύει τη συγκέντρωση, μειώνει το άγχος και προάγει την ψυχολογική ευεξία των εργαζομένων.



Εικόνα 13. Amazon Spheres (πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Spheres)



Εικόνα 14. *Amazon Spheres* (πηγή: <https://www.archdaily.com/920029/amazon-spheres-nbbj/5d1610e1284dd16860000108-amazon-spheres-nbbj-photo?auth=hadid>)

Deloitte Headquarters, Κοπεγχάγη

Αντίστοιχα, το αρχηγείο της εταιρείας Deloitte στην Κοπεγχάγη αποτελεί παράδειγμα εφαρμογής βιοφιλικού φωτισμού σε σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον (Figueiro & Rea, 2016). Το κτήριο αξιοποιεί εσωτερικά αίθρια και μεγάλες διαμπερείς υαλοστάσεις για τη μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Η στρατηγική φωτισμού συμπληρώνεται από δυναμικό τεχνητό φωτισμό, ο οποίος προσαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με τις μεταβολές του φυσικού φωτός και τις ανάγκες των εργαζομένων (van Bommel & van den Beld, 2004). Η προσέγγιση αυτή στοχεύει στη διατήρηση της εγρήγορσης, της παραγωγικότητας και της ψυχικής ισορροπίας.

Οι χρήστες του χώρου αναφέρουν αυξημένη αίσθηση ηρεμίας, καλύτερη διάθεση και βελτιωμένη εργασιακή απόδοση, γεγονός που επιβεβαιώνει τη σημασία του φωτισμού ως παράγοντα ευεξίας στον χώρο εργασίας.



Εικόνα15.Delloite offices (πηγή: <https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/>)



Εικόνα16.Delloite offices (πηγή: <https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/>)



Εικόνα17.Delloite offices (πηγή: <https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/>)



Εικόνα18.Delloite offices (πηγή: <https://eoffice.net/workplaces/deloitte-office-copenhagen/>)

5.3.2 Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα

Vittra School, Σουηδία

Στην περίπτωση του εκπαιδευτικού συγκροτήματος Vittra School στη Σουηδία, ο βιοφιλικός φωτισμός ενσωματώνεται σε ένα ευέλικτο και ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός βασίζεται στη δημιουργία «μαλακών» μεταβάσεων μεταξύ χώρων διαφορετικής λειτουργικότητας, μέσω φυσικού και τεχνητού φωτισμού μεταβαλλόμενης έντασης (Li & Lam, 2001).

Οι αίθουσες διαθέτουν διαφανή χωρίσματα και πρόσβαση σε αίθρια, επιτρέποντας τη διάχυση του φυσικού φωτός σε ολόκληρο το συγκρότημα. Παράλληλα, ο φωτισμός συνδυάζεται με φυσικά υλικά, φυτικό στοιχείο και έντονες χρωματικές αντιθέσεις.

Η εφαρμογή αυτή συνέβαλε στη μείωση της ανησυχίας των μαθητών, στην αύξηση της συγκέντρωσης και στη βελτίωση της συμμετοχικότητας κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Veitch & Galasiu, 2012).



Εικόνα19. Vittra School(πηγή: https://www.archdaily.com/420645/vittra-school-sodermalm-rosan-bosch/521be725e8e44effd4000037-vittra-school-sodermalm-rosan-bosch-photo?next_project=no)



Εικόνα20. Vittra School (πηγή:https://www.archdaily.com/420645/vittra-school-sodermalm-rosan-bosch/521be8b9e8e44effd400003e-vittra-school-sodermalm-rosan-bosch-photo?next_project=no)

5.3.3 Χώροι υγείας και αποκατάστασης

Maggie's Centre, Μάντσεστερ

Στο κέντρο αποκατάστασης Maggie's Centre στο Μάντσεστερ, η βιοφιλική προσέγγιση του φωτισμού συνδυάζεται με αρχιτεκτονικές στρατηγικές που ενισχύουν την αίσθηση προστασίας και απομάκρυνσης από το αστικό περιβάλλον (Li & Lam, 2001).

Οι χώροι θεραπείας οργανώνονται γύρω από εσωτερικούς κήπους που επιτρέπουν την είσοδο φυσικού φωτισμού, ενώ ο τεχνητός φωτισμός χρησιμοποιεί θερμές θερμοκρασίες χρώματος και χαμηλές εντάσεις φωτισμού. Η επιλογή αυτή συμβάλλει στη δημιουργία ενός ήρεμου και θεραπευτικού περιβάλλοντος (Dewi, Setiawan & Latief, 2020).

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αναδεικνύει τη σημασία του φωτισμού ως υποστηρικτικού παράγοντα της ψυχικής ανθεκτικότητας και της διαδικασίας ανάρρωσης των ασθενών.



Εικόνα21. *Maggie's Centre* (πηγή: https://www.archdaily.com/786370/maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners/5720b90de58ece0c35000005-maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners-photo?next_project=no)

9



Εικόνα22. *Maggie's Centre* (πηγή: https://www.archdaily.com/786370/maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners/5720b947e58ecef747000003-maggies-cancer-centre-manchester-foster-plus-partners-photo?next_project=no)

Νοσοκομείο Πανεπιστημίου Karolinska, Σουηδία

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το Νοσοκομείο του Πανεπιστημίου Karolinska στη Σουηδία, όπου εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα biodynamic lighting προσαρμοσμένο στις ανάγκες ασθενών με χρόνιες παθήσεις (Li & Lam, 2001).

Το σύστημα μεταβάλλει αυτόματα την ένταση και τη θερμοκρασία του φωτός σε εικοσιτετράωρη βάση, προσομοιώνοντας τις φυσικές συνθήκες της ημέρας. Παράλληλα, παρέχεται δυνατότητα εξατομικευμένου ελέγχου του φωτισμού από τους ίδιους τους ασθενείς.



Εικόνα 23. Εσωτερικό αίθριο νοσοκομείου Karolinska (πηγή:
<https://www.assaabloy.com/sg/en/solutions/topics/architects/the-new-karolinska-hospital>)



Εικόνα 24. Δωμάτιο ασθενή νοσοκομείου Karolinska (πηγή: <https://whitearkitekter.com/project/new-karolinska-solna/>)

Η εφαρμογή αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του άγχους, τη βελτίωση της ποιότητας ύπνου και την αποτελεσματικότερη συνεργασία μεταξύ ασθενών και ιατρικού προσωπικού (Figueiro & Rea, 2016).

5.4.4 Πολυαισθητηριακές εφαρμογές βιοφιλικού φωτισμού

Πέρα από τις εφαρμογές σε χώρους εργασίας, εκπαίδευσης και υγείας, ο βιοφιλικός φωτισμός αξιοποιείται και σε περιβάλλοντα ευεξίας και φιλοξενίας. Σε κέντρα ευεξίας και

ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, ο φωτισμός λειτουργεί σε συνέργεια με άλλα φυσικά στοιχεία, όπως το νερό και οι φυσικοί ήχοι (Madias, και συν., 2023).

Η χρήση απαλού ατμοσφαιρικού φωτισμού χαμηλής έντασης, σε συνδυασμό με πολυαισθητηριακά ερεθίσματα, ενισχύει την εμπειρία χαλάρωσης και δημιουργεί χώρους εσωτερικής ηρεμίας. Η πρακτική αυτή θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική στην εφαρμογή των αρχών της βιοφιλίας στον σχεδιασμό εσωτερικών χώρων.

5.5.5 Συγκριτική ανάλυση εφαρμογών

Παρά τις διαφοροποιήσεις ως προς τη χρήση και τη λειτουργία των κτηρίων, οι εφαρμογές που παρουσιάστηκαν εμφανίζουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Κεντρικό ρόλο κατέχει η αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, η εφαρμογή δυναμικών ή circadian συστημάτων φωτισμού, καθώς και η σύνδεση του φωτός με φυσικά στοιχεία όπως η βλάστηση, το νερό και τα φυσικά υλικά.

Επιπλέον, οι περισσότερες εφαρμογές βασίζονται σε ανθρωποκεντρικές στρατηγικές σχεδιασμού, όπου ο φωτισμός αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως λειτουργικό στοιχείο, αλλά και ως παράγοντας ψυχολογικής και σωματικής ευεξίας.

Παράδειγμα	Φυσικός φωτισμός	Circadian/δυναμικός φωτισμός	Θερμός φωτισμός χαμηλής έντασης	Σύνδεση με στοιχεία φύσης (βλάστηση, νερό, φυσικά υλικά)	Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός
Amazon Spheres	✓	✓	—	✓	✓
Maggie's Centre	✓	—	✓	✓	✓
Vittra School	✓	✓	—	✓	✓
Deloitte Headquarters	✓	✓	—	✓	✓
Κέντρα ευεξίας	—	—	✓	✓	✓
Karolinska Hospital	✓	✓	✓	—	✓

Πίνακας 1. Συγκριτική παρουσίαση στρατηγικών βιοφιλικού φωτισμού

Παρότι τα παραδείγματα αυτά αναδεικνύουν τις δυνατότητες του βιοφιλικού φωτισμού, σημαντικά εμπόδια εξακολουθούν να περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή του (Heather, 2016). Το υψηλό αρχικό κόστος, η τεχνική πολυπλοκότητα των συστημάτων biodynamic lighting και η έλλειψη εξειδίκευσης συχνά οδηγούν σε αποσπασματικές ή επιφανειακές εφαρμογές.

Ωστόσο, τα παραδείγματα που αναλύθηκαν αποδεικνύουν ότι οι πιο επιτυχημένες εφαρμογές βασίζονται σε ολιστικές στρατηγικές σχεδιασμού, όπου ο φωτισμός ενσωματώνεται εξ αρχής ως αναπόσπαστο στοιχείο της χωρικής εμπειρίας και της σχέσης ανθρώπου και περιβάλλοντος (Veitch & Galasiu, 2012).

6.Μελέτη περίπτωσης

6.1.Εισαγωγή – Περιγραφή κτιρίου μελέτης

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί ο σχεδιασμός του προτεινόμενου κτιρίου και θα γίνει εκτενής ανάλυση της σχεδιαστικής φιλοσοφίας, της βιοφιλικής του ταυτότητας καθώς και μελέτη επεμβάσεων τεχνητού εσωτερικού φωτισμού για την ενίσχυση του ανθρωποκεντρικού στοιχείου.

Το κτίριο μελέτης είναι το κτίριο της Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών στην Θέρμη Θεσσαλονίκης. Το υπό εξέταση κτίριο αποτελεί συνθετικό έργο της συγγραφέως και χρησιμοποιείται ως casestudy της παρούσας έρευνας και διαμορφώνεται ως ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον, όπου η αρχιτεκτονική σύνθεση αντλεί έμπνευση από την τεχνολογική ακρίβεια και τη λογική της μηχανικής.



Εικόνα 25. Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης

Ο όγκος του κτιρίου προκύπτει από τη διαδοχή καθαρών γεωμετριών. Η σύνθεση αναπτύσσεται σε δύο βασικούς άξονες: μεταλλικές επιφάνειες που αντανακλούν το περιβάλλον φως και συμπαγείς, από εμφανές σκυρόδεμα, με έντονη πλαστικότητα μέσω των σκιάσεων. Οι κατακόρυφες περσίδες και οι θέσεις των ανοιγμάτων δημιουργούν μια δυναμική όψη που μεταβάλλεται με τη εναλλαγή του φυσικού φωτός και την εποχική

βλάστηση, ενώ οι φυτεμένες αναβαθμίδες λειτουργούν ως χώρο μετάβασης ανάμεσα από τον αστικό χώρο.



Εικόνα 26. Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης



Εικόνα 27. Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης

Στο εσωτερικό, οι χώροι οργανώνονται γύρω από έναν κεντρικό άξονα κυκλοφορίας με μία μικρή εσωτερική αυλή με φυσικό φως και φύτευση — που εξασφαλίζει την οπτική

σύνδεση με το εξωτερικό τοπίο. Τα εργαστήρια διπλού ύψους, οι αίθουσες διδασκαλίας και τα γραφεία επικοινωνούν οπτικά μεταξύ τους, ενισχύοντας τη διαφάνεια και τη συνεργασία.



Εικόνα 28. Εσωτερικός διάδρομος Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης

Η υλικότητα του έργου εκφράζει τον χαρακτήρα της σχολής: εμφανές σκυρόδεμα, μεταλλικά στοιχεία και υαλοστάσια συνδυάζονται με φυσικούς τόνους και ανεπιτήδευτες υφές, αποδίδοντας έναν χώρο τεχνικά αυστηρό αλλά παράλληλα ανθρώπινο.



Εικόνα 29. Εσωτερικός διάδρομος Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης

Η αρχιτεκτονική προσέγγιση εστιάζει στη σύνδεση τεχνολογίας και φύσης, ένα κτίριο που αποπνέει ακρίβεια και ισορροπία, εκφράζοντας τη λογική της αεροναυπηγικής μέσα από την καθαρότητα της μορφής και τη διαφάνεια του χώρου.



Εικόνα 30. Χώρος εργαστηρίου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης



Εικόνα 31. Χώρος γραφείου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών – φωτορεαλιστική απεικόνιση αρχιτεκτονικής μελέτης

6.2.Πρόταση φωτισμού εσωτερικών χώρων

Στο εν λόγω κεφάλαιο θα γίνει πρόταση τεχνητού φωτισμού για κάθε κύριο χώρο σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών και τα διεθνή πρότυπα φωτισμού. Στόχος είναι η αναβάθμιση της υφιστάμενης δομής και η οπτική, αισθητική αλλά και ψυχολογική άνεση των χρηστών του κτιρίου.

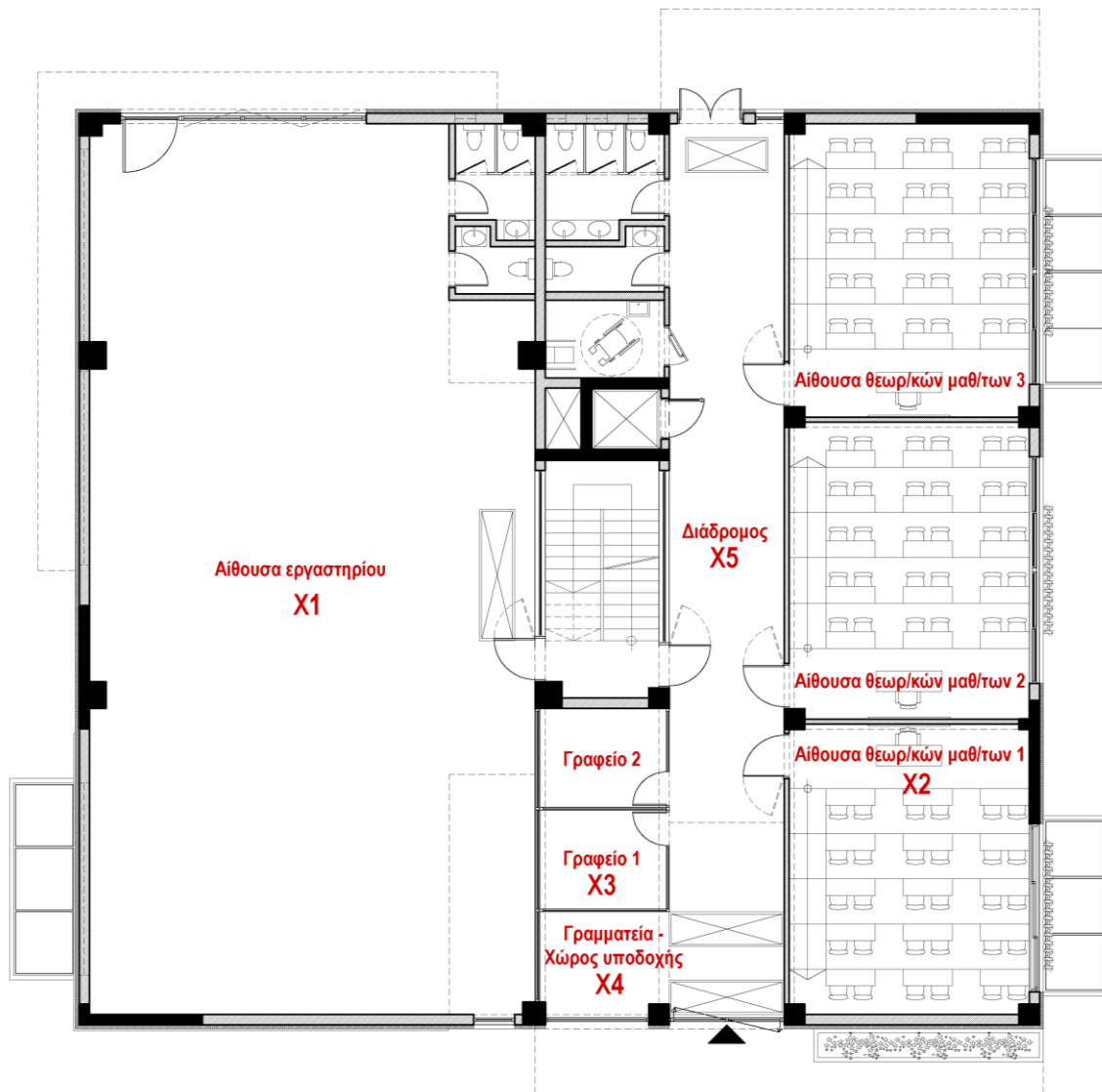
Ο βιοφιλικός φωτισμός προσεγγίζεται σε αυτή τη μελέτη ως περιβαλλοντική στρατηγική που υπερβαίνει τη συμβατική παροχή ορατότητας, ενσωματώνοντας τη χωρική, χρονική και αντιληπτική διάσταση του φωτός. Αντί ο τεχνητός φωτισμός να αντιμετωπίζεται ως σταθερή τεχνική παράμετρος, σχεδιάζεται ως δυναμικό σύστημα που μιμείται τις ιδιότητες του φυσικού φωτός: τη διάχυση από τον ουρανό, την κατευθυντικότητα του ηλιακού φωτός, την παρουσία σκιάς και βάθους, καθώς και τη χρονική μεταβολή του φασματικού του χαρακτήρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η στρατηγική αυτή βασίζεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση φωτισμού, η οποία περιλαμβάνει γενικό φωτισμό χώρου (ambient lighting), φωτισμό εργασίας για συγκεκριμένες δραστηριότητες (task lighting), ενίσχυση της κατακόρυφης φωτεινότητας

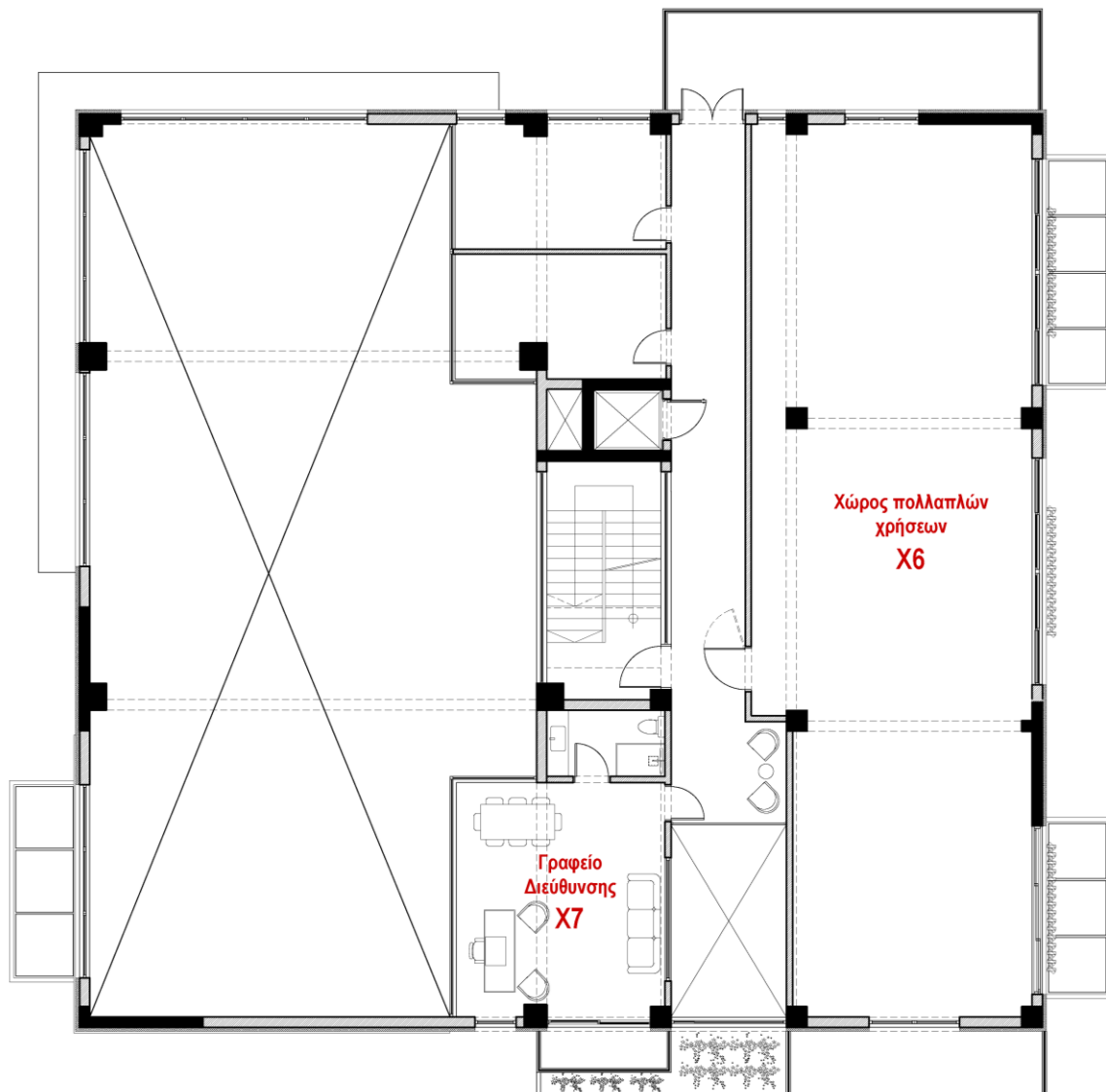
στο επίπεδο του ματιού (vertical lighting) και φωτισμό έμφασης για την ανάδειξη υλικών ή αρχιτεκτονικών στοιχείων (accent lighting). Οι παραπάνω κατηγορίες αποτέλεσαν βασικά κριτήρια τόσο για την ανάλυση των μελετώμενων παραδειγμάτων όσο και για τη διαμόρφωση της πρότασης φωτισμού της Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών, όπου εφαρμόστηκαν συνδυαστικά με στόχο τη βελτίωση της οπτικής άνεσης, της λειτουργικότητας και της βιοφιλικής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος. Παράλληλα, εφαρμόζεται ελεγχόμενη μεταβολή της έντασης και της θερμοκρασίας χρώματος του φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, σύμφωνα με τις αρχές του Human Centric Lighting (HCL) και της στρατηγικής φωτισμού βασισμένη στον κirkάδιο κύκλο-ρυθμό.

Με τον τρόπο αυτό, ο φωτισμός μετατρέπεται από απλό τεχνικό μέσο σε εργαλείο περιβαλλοντικής εμπειρίας, συμβάλλοντας στη σύνδεση του χρήστη με φυσικά πρότυπα φωτός και στη βελτίωση της άνεσης, της ευεξίας και της αντιληπτικής εμπειρίας του χώρου. Η προσέγγιση αυτή επιδιώκει όχι μόνο οπτική άνεση, αλλά και υποστήριξη σώματος, συγκέντρωσης και ψυχολογικής ευεξίας, εισάγοντας στο εσωτερικό περιβάλλον εμπειρικές ποιότητες που παραπέμπουν σε ανοιχτό τοπίο, φυσικό ορίζοντα και μεταβαλλόμενο ουρανό. Έτσι, ο φωτισμός λειτουργεί ως βιοφιλικό στοιχείο σχεδιασμού, συνδέοντας την τεχνητή αρχιτεκτονική συνθήκη με τις εξελικτικά οικείες εμπειρίες φωτός της φύσης.

Οι χώροι που θα μελετηθούν είναι στο ισόγειο ο χώρος του εργαστηρίου, η υποδοχή και ο διάδρομος εισόδου, η αίθουσα θεωρητικών μαθημάτων και ένα τυπικό γραφείο. Στον όροφο γίνεται πρόταση φωτισμού για τον χώρο πολλαπλών χρήσεων και το γραφείο διεύθυνσης.



Εικόνα 32. Κάτοψη ισογείου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών (αρχιτεκτονική μελέτη: Δανελάκη Αικατερίνη)



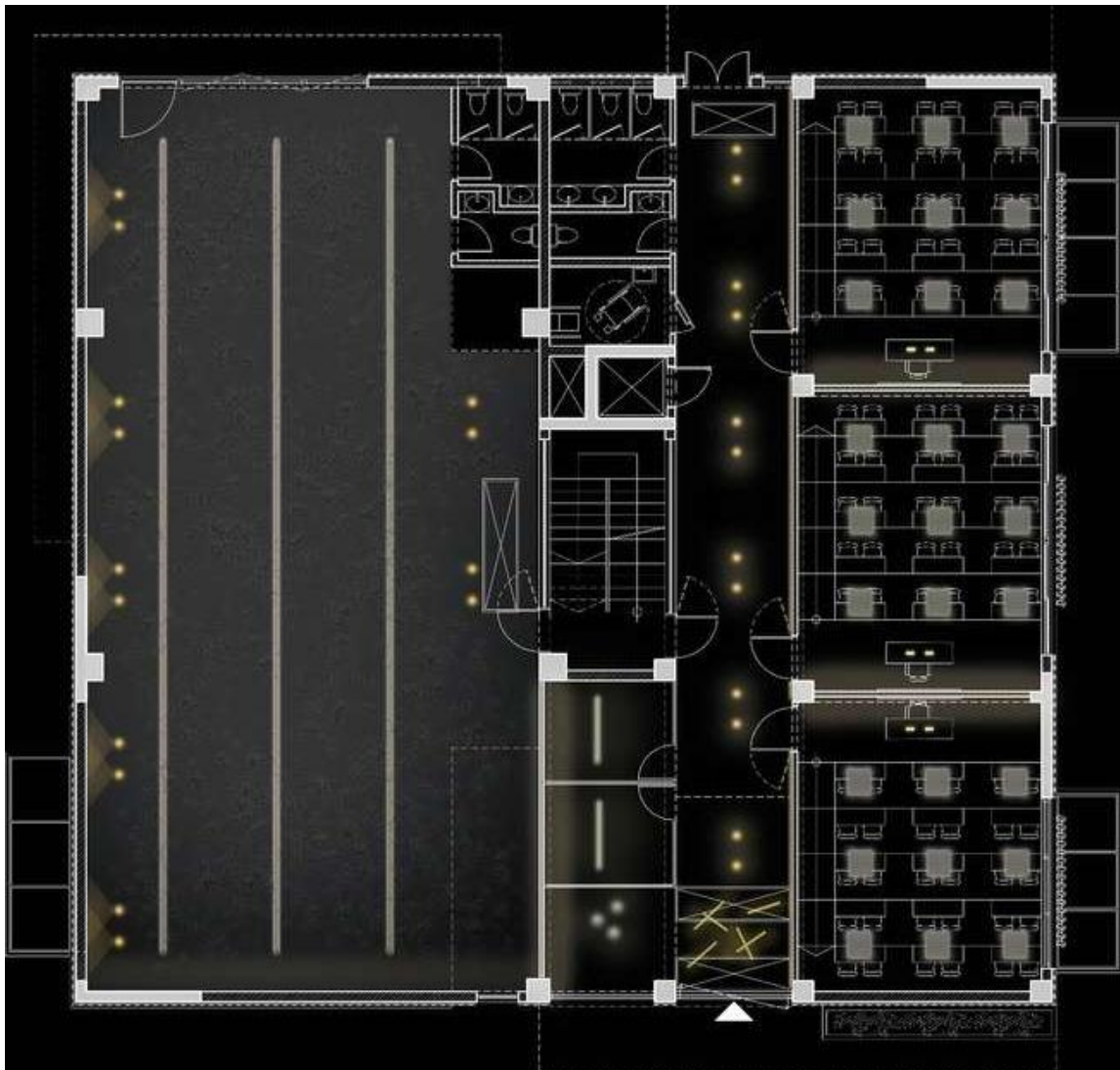
Εικόνα 33. Κάτοψη ορόφου Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών (αρχιτεκτονική μελέτη: Δανελάκη Αικατερίνη)

Ο σχεδιασμός του βιοφιλικού φωτισμού βασίζεται σε συστήματα που προσομοιώνουν χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός και υποστηρίζουν τον ανθρώπινο κιρκάδιο ρυθμό. Ο φωτισμός μεταβάλλεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της ημέρας ως προς την ένταση και τη θερμοκρασία χρώματος, ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται τη χρονική εξέλιξη της ημέρας ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται φωτεινά μοτίβα και εναλλαγές φωτός και σκιάς που παραπέμπουν σε φυσικά περιβάλλοντα, ενισχύοντας τον βιοφιλικό χαρακτήρα του χώρου και τη σύνδεση των χρηστών με στοιχεία της φύσης.

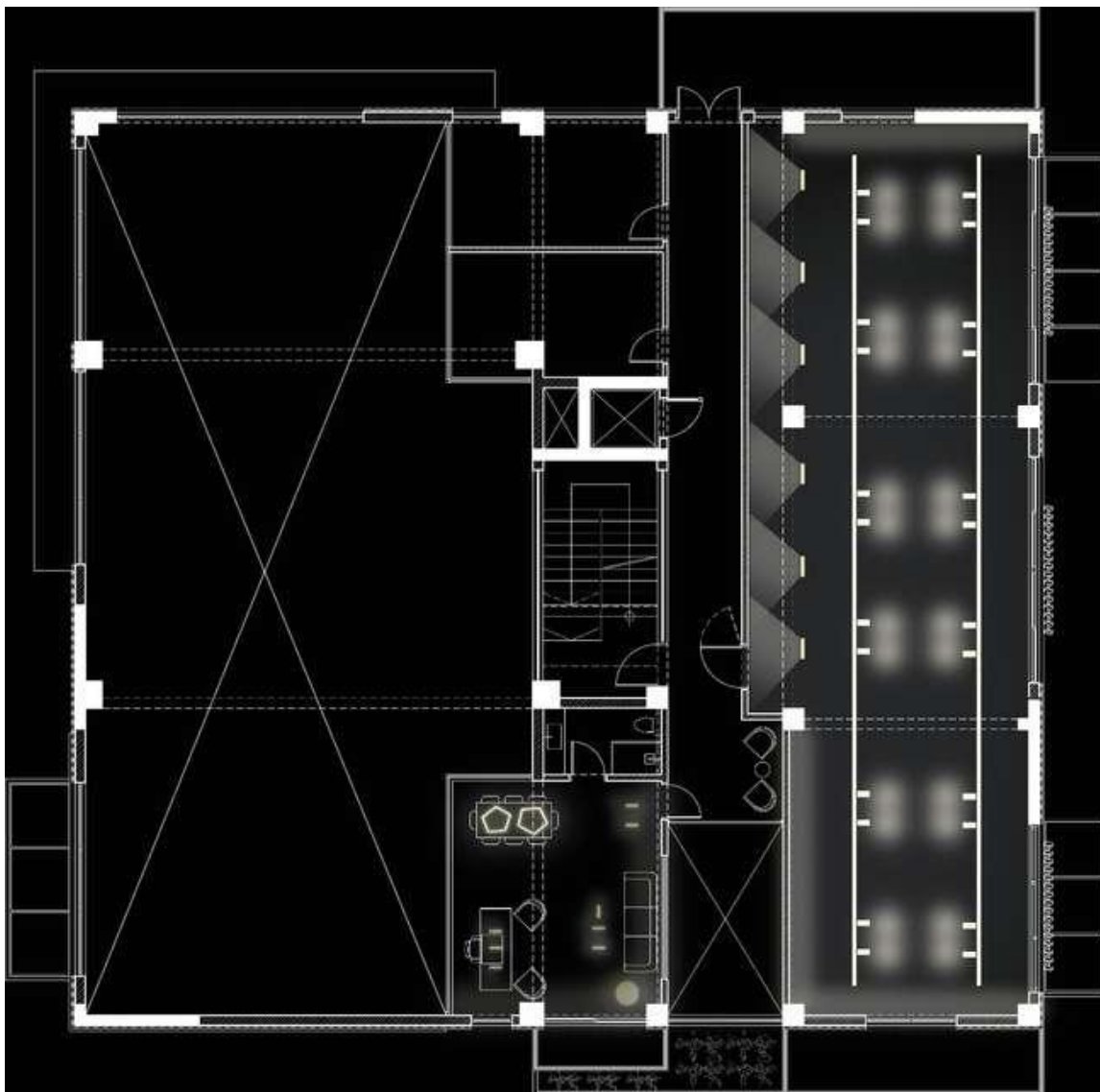
Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται επίσης στην οπτική άνεση του χρήστη, μέσω επιλογών που μειώνουν την καταπόνηση των ματιών, όπως ο περιορισμός της θάμβωσης και η χρήση φωτισμού με υψηλό δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI), ο οποίος επιτρέπει την πιο φυσική απόδοση των χρωμάτων.

Ο τεχνητός φωτισμός οργανώνεται σε διαφορετικά επίπεδα, συνδυάζοντας γενικό φωτισμό για τη συνολική φωτεινότητα του χώρου και εστιακό φωτισμό σε επιφάνειες εργασίας ή αρχιτεκτονικά στοιχεία. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται οπτική ιεραρχία, βάθος και διαφοροποίηση στον χώρο, αποφεύγοντας την αίσθηση ενός επίπεδου και ομοιόμορφου φωτιστικού περιβάλλοντος.

Παράλληλα, εφαρμόζονται αρχές Human Centric Lighting (HCL) και πρότυπα όπως το WELL Building Standard, τα οποία δίνουν έμφαση στη σχέση φωτισμού, υγείας και ευεξίας. Στόχος αυτών των στρατηγικών είναι η δημιουργία χώρων που υποστηρίζουν τη συγκέντρωση, την ψυχολογική άνεση και τη συνολική εμπειρία του χρήστη.



Εικόνα 34. Κάτοψη διάχυσης φωτισμού που αναπαριστά το concept φωτισμού του ισογείου



Εικόνα 35. Κάτοψη διάχυσης φωτισμού που αναπαριστά το concept φωτισμού του ορόφου

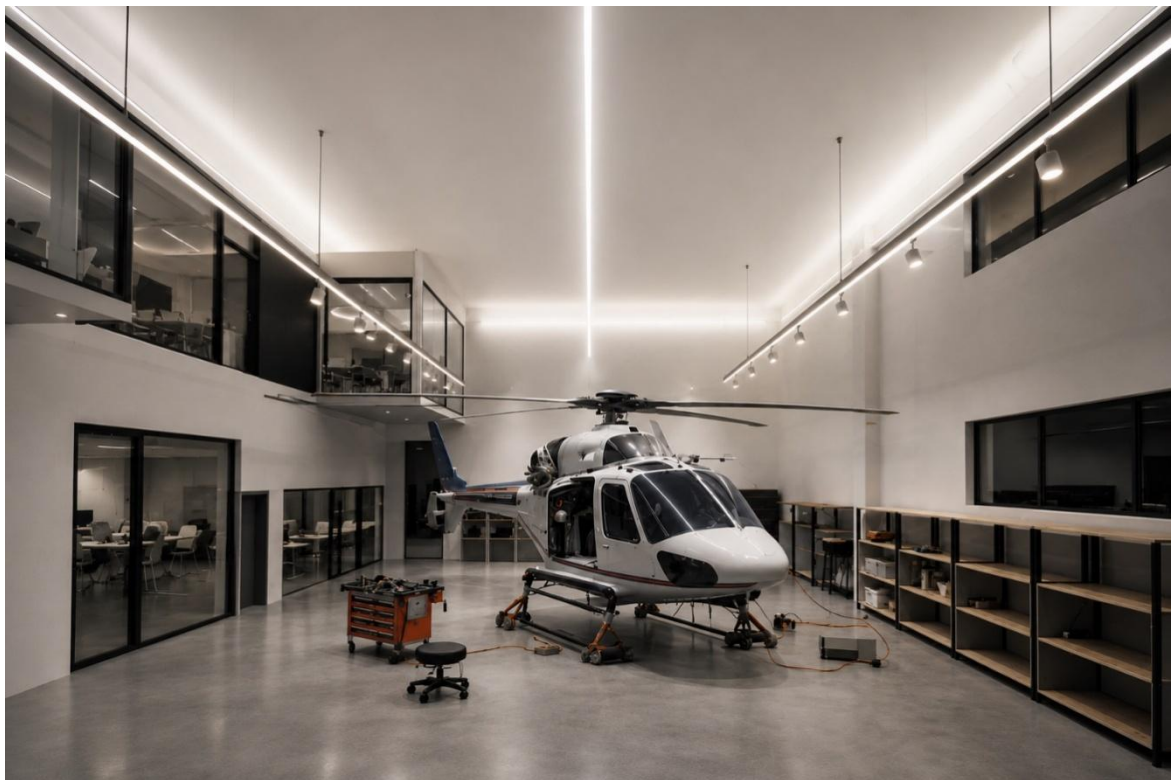
Αίθουσα Εργαστηρίου (χώρος X1)

Ο φωτισμός του εργαστηρίου οργανώνεται ως πολυεπίπεδο σύστημα που προσομοιώνει τη φυσική συμπεριφορά του ηλιακού φωτός σε ανοιχτό περιβάλλον. Ο έμμεσος φωτισμός οροφής μέσω του uplight του γραμμικού κρεμαστού φωτιστικού δημιουργεί την αίσθηση ενός «φωτεινού ουρανού», εξασφαλίζοντας οπτική άνεση και ομοιόμορφη κατανομή φωτός στον χώρο. Παράλληλα, τα γραμμικά φωτιστικά εργασίας παρέχουν αυξημένα επίπεδα φωτισμού στις επιφάνειες εργασίας, υποστηρίζοντας δραστηριότητες που απαιτούν ακρίβεια και συγκέντρωση.

Επιπλέον, ο φωτισμός στις κατακόρυφες επιφάνειες, όπως στους τοίχους μέσω των wallwash σποτ και στα περιμετρικά στοιχεία του χώρου μέσω των κρυφών φωτισμών στην

οροφή, ενισχύει την αντίληψη του βάθους και να μειώνεται η αίσθηση κλειστού ή περιορισμένου περιβάλλοντος. Η πρακτική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε μεγάλους εσωτερικούς χώρους, καθώς συμβάλλει στη δημιουργία πιο άνετης και ευχάριστης χωρικής εμπειρίας.

Τέλος, στο δάπεδο δημιουργούνται διάσπαρτες εναλλαγές φωτός και σκιάς, εμπνευσμένες από τον τρόπο με τον οποίο το φυσικό φως διαπερνά το φύλλωμα των δέντρων. Το εφέ αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τοποθέτησης ειδικού διάτρητου καλύμματος με μοτίβο φυλλώματος στο γραμμικό φωτιστικό uplight, με αποτέλεσμα η ανακλώμενη φωτεινή δέσμη να σχηματίζει οργανικά μοτίβα φωτός και σκιάς στον χώρο. Μέσω αυτής της προσέγγισης, ο φωτισμός αποκτά μεγαλύτερη χωρική διαφοροποίηση, αποφεύγοντας την αίσθηση ενός απόλυτα ομοιόμορφου και αποστειρωμένου περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα υποστηρίζονται η συγκέντρωση και η οπτική άνεση των χρηστών.



Εικόνα 36. Πρόταση φωτισμού εργαστηρίου – πρωινή ώρα



Εικόνα 37. Πρόταση φωτισμού εργαστηρίου – απογευματινή ώρα

Αίθουσα Θεωρητικών Μαθημάτων (χώρος X2)

Ο φωτισμός της αίθουσας διδασκαλίας οργανώνεται μέσω συνδυασμού γενικού φωτισμού οροφής, φυσικού φωτισμού από τα πλευρικά ανοίγματα και έμμεσου φωτισμού ανάδειξης στον τοίχο του πίνακα. Τα χωνευτά φωτιστικά οροφής εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή φωτεινότητας στον χώρο και επαρκή επίπεδα φωτισμού στις επιφάνειες εργασίας, υποστηρίζοντας τις απαιτήσεις οπτικής συγκέντρωσης και εκπαιδευτικής δραστηριότητας. Παράλληλα, ο φυσικός φωτισμός από τα μεγάλα ανοίγματα συμβάλλει στη σύνδεση του εσωτερικού χώρου με το εξωτερικό περιβάλλον, ενισχύοντας τη βιοφιλική εμπειρία και τη χρονική αντίληψη της ημέρας.

Ο κρυφός γραμμικός φωτισμός στον τοίχο του πίνακα δημιουργεί ήπια κατακόρυφη φωτεινότητα και ενισχύει την οπτική ιεραρχία του χώρου χωρίς έντονες αντιθέσεις ή θάμβωση. Ο συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού επιδιώκει να αναπαράγει ορισμένα χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας του φυσικού φωτός, δημιουργώντας ένα πιο σύνθετο και οπτικά ενδιαφέρον φωτεινό περιβάλλον σε σχέση με τον πλήρως ομοιόμορφο φωτισμό που συχνά συναντάται στους εκπαιδευτικούς χώρους.



Εικόνα 38. Πρόταση φωτισμού αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων

Τυπικό Γραφείο (χώρος X3)

Ο φωτισμός του γραφειακού χώρου οργανώνεται σε διακριτά επίπεδα, ώστε να εξυπηρετεί τόσο τις λειτουργικές ανάγκες εργασίας όσο και τη δημιουργία ενός πιο άνετου και φυσικού περιβάλλοντος. Το γραμμικό φωτιστικό οροφής παρέχει ομοιόμορφο γενικό φωτισμό στον χώρο εργασίας, εξασφαλίζοντας επαρκή φωτεινότητα χωρίς έντονες αντιθέσεις και σκιές. Παράλληλα, ο έμμεσος φωτισμός τύπου uplight συμβάλλει στη φωτεινότητα της οροφής, δημιουργώντας πιο ήπια διάχυση φωτός και μειώνοντας την αίσθηση κλειστού χώρου.

Ο downlight φωτισμός χρησιμοποιείται για την ενίσχυση συγκεκριμένων περιοχών και την οπτική καθοδήγηση του χρήστη μέσα στον χώρο, ενώ το επιτραπέζιο φωτιστικό προσφέρει εστιασμένο φωτισμό εργασίας, υποστηρίζοντας δραστηριότητες που απαιτούν συγκέντρωση και οπτική ακρίβεια.

Η σύνθεση του φωτισμού επιδιώκει να προσεγγίσει χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός, μέσω της διαβάθμισης φωτεινότητας και της δημιουργίας διαφορετικών επιπέδων φωτισμού στον χώρο. Η συνδυαστική χρήση άμεσου και έμμεσου φωτισμού αποφεύγει την

αίσθηση ενός επίπεδου και αποστειρωμένου περιβάλλοντος, ενώ η φωτεινή οροφή προσομοιώνει τη διάχυση του φυσικού φωτός από τον ουρανό.



Εικόνα 39. Πρόταση φωτισμού τυπικού γραφείου

Γραμματεία / Υποδοχή (χώρος X4)

Ο φωτισμός του χώρου υποδοχής και γραμματείας οργανώνεται με στόχο τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που συνδυάζει λειτουργικότητα, οπτική άνεση και αίσθηση ηρεμίας. Τα κυκλικά κρεμαστά φωτιστικά λειτουργούν ως βασικά στοιχεία γενικού φωτισμού, προσφέροντας ομοιόμορφη κατανομή φωτός στις περιοχές αναμονής και εργασίας. Η γεωμετρία τους δημιουργεί ένα ήπιο και μη επιθετικό φωτιστικό αποτύπωμα, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση μιας πιο φιλικής και ανθρώπινης ατμόσφαιρας.

Παράλληλα, ο έμμεσος φωτισμός στην οροφή ενισχύει τη διάχυση του φωτός στον χώρο και μειώνει τις έντονες αντιθέσεις φωτεινότητας. Η φωτεινή οροφή λειτουργεί ως

αναφορά στο φυσικό φως του ουρανού, προσδίδοντας μεγαλύτερη αίσθηση ευρυχωρίας και οπτικής άνεσης στους χρήστες.

Οι γυάλινες διαχωριστικές επιφάνειες επιτρέπουν τη διάχυση του φωτός μεταξύ των επιμέρους χώρων, διατηρώντας οπτική συνέχεια και περιορίζοντας την αίσθηση απομόνωσης. Παράλληλα, η χρήση διαφορετικών επιπέδων φωτισμού μεταξύ των χώρων εργασίας, κυκλοφορίας και αναμονής δημιουργεί οπτική ιεραρχία και βοηθά τον χρήστη να αντιλαμβάνεται ευκολότερα τη λειτουργική οργάνωση του χώρου.

Ο σχεδιασμός αξιοποιεί ήπια κατανομή του φωτισμού και ελεγχόμενες φωτεινές αντιθέσεις, ώστε να εξασφαλίζεται οπτική άνεση και να αναδεικνύονται τα επιμέρους στοιχεία του χώρου. Ο φωτισμός δεν λειτουργεί μόνο ως τεχνικό μέσο κάλυψης οπτικών αναγκών, αλλά συμβάλλει στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που ενισχύει την αίσθηση άνεσης, ηρεμίας και χωρικής φυσικότητας για εργαζόμενους και επισκέπτες.



Εικόνα 40. Πρόταση φωτισμού χώρου υποδοχής



Εικόνα 41. Πρόταση φωτισμού χώρου υποδοχής

Διάδρομος (χώρος X5)

Ο φωτισμός του διαδρόμου βασίζεται σε γραμμική διάταξη χωνευτών φωτιστικών οροφής με στόχο την ομοιόμορφη κατανομή φωτεινότητας και τη βελτίωση της οπτικής άνεσης κατά την κίνηση. Παράλληλα, φωτιστικά οροφής οργανώνονται σε επαναλαμβανόμενη διάταξη που δημιουργεί ανά τακτά διαστήματα ένα παραλληλόγραμμο φωτεινό «κάδρο», εισάγοντας ρυθμό και οπτική καθοδήγηση κατά μήκος του άξονα κυκλοφορίας. Τα γυάλινα διαχωριστικά επιτρέπουν τη διάχυση φωτός μεταξύ των επιμέρους χώρων, δημιουργώντας οπτική συνέχεια. Ο κρυφός φωτισμός χαμηλά κατά μήκος του διαδρόμου λειτουργεί ως φωτισμός καθοδήγησης (steplight), ενισχύοντας τον

προσανατολισμό και την ασφαλή κίνηση των χρηστών χωρίς τη δημιουργία έντονης θάμβωσης. Η χαμηλή θέση του φωτισμού συμβάλλει στη διακριτική ανάδειξη της πορείας κυκλοφορίας και στη δημιουργία ήπιας διαβάθμισης φωτεινότητας στο επίπεδο του δαπέδου. Παράλληλα, η συνεχής γραμμική φωτεινή ζώνη ενισχύει την αντίληψη του βάθους και της συνέχειας του χώρου, δημιουργώντας ένα πιο ήρεμο και οπτικά ξεκούραστο περιβάλλον, σε αντιστοιχία με τις αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού που προσεγγίζουν την απρόσκοπτη καθοδήγηση και τον άμεσο προσανατολισμό μέσω φωτός.



Εικόνα 42. Πρόταση φωτισμού διαδρόμου

Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων (χώρος X6)

Ο χώρος πολλαπλών χρήσεων οργανώνεται γύρω από ένα ευέλικτο και δυναμικό σύστημα φωτισμού, το οποίο μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τη δραστηριότητα ή την εκδήλωση. Ο έμμεσος uplight φωτισμός που ενσωματώνεται στη μαγνητική ράγα ενισχύει τη φωτεινότητα της οροφής και λειτουργεί σε συνδυασμό με το φυσικό φως των παραθύρων, συμβάλλοντας στη δημιουργία πιο ομοιόμορφων και φυσικών συνθηκών

φωτισμού στον χώρο. Η φωτεινή οροφή προσεγγίζει την αίσθηση διάχυσης του φυσικού φωτός από τον ουρανό, μειώνοντας τις έντονες αντιθέσεις και τη θάμβωση.

Παράλληλα, το σύστημα μαγνητικής ράγας επιτρέπει ευελιξία στη διάταξη και την κατεύθυνση των φωτιστικών, ώστε ο φωτισμός να προσαρμόζεται στις εκάστοτε ανάγκες έκθεσης, παρουσίασης ή συγκέντρωσης κοινού. Τα wallwash spot χρησιμοποιούνται για την ομοιόμορφη ανάδειξη των κατακόρυφων επιφανειών και πιθανών εκθεμάτων στους τοίχους, ενισχύοντας την οπτική άνεση και την αντίληψη βάθους στον χώρο.

Η δυνατότητα διαφοροποίησης της έντασης και των σεναρίων φωτισμού ενισχύει τη μεταβλητότητα της χωρικής εμπειρίας, προσεγγίζοντας τις δυναμικές μεταβολές που χαρακτηρίζουν το φυσικό περιβάλλον και υποστηρίζοντας μια πιο ανθρώπινη και ευέλικτη εμπειρία χρήσης του χώρου.



Εικόνα 43. Πρόταση φωτισμού χώρου πολλαπλών χρήσεων

Γραφείο Διεύθυνσης (χώρος X7)

Ο φωτισμός στο γραφείο διεύθυνσης οργανώνεται μέσω συνδυασμού έμμεσου φωτισμού οροφής, κρυφού φωτισμού οροφής και τοπικού φωτισμού εργασίας. Ο κρυφός φωτισμός οροφής δημιουργεί ομοιόμορφη διάχυση φωτός και μειώνει τις έντονες

αντιθέσεις λαμπρότητας, συμβάλλοντας στην οπτική άνεση και στη δημιουργία ήρεμου εργασιακού περιβάλλοντος.

Η ζώνη εργασίας ενισχύεται με επιτραπέζιο φωτιστικό για task lighting, εξασφαλίζοντας αυξημένα επίπεδα φωτισμού στις επιφάνειες εργασίας χωρίς θάμβωση. Παράλληλα, η επιλογή θερμής χρωματικής θερμοκρασίας δημιουργεί πιο ήπιες και ξεκούραστες συνθήκες φωτισμού, προσεγγίζοντας χαρακτηριστικά απογευματινού φυσικού φωτός, εξασφαλίζοντας οπτική ισορροπία και ψυχολογική άνεση στον χρήστη.



Εικόνα 44. Πρόταση φωτισμού γραφείου διεύθυνσης



Εικόνα 45. Πρόταση φωτισμού γραφείου διεύθυνσης

6.3 Ανάλυση και μετρήσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων

Για την μελέτη φωτισμού έγινε χρήση του προγράμματος Dialux. Ο καθένας από τους παραπάνω χώρους αναλύθηκε και οι προτεινόμενες τιμές φωτισμού (lux), τα επίπεδα κάθετης φωτεινότητας και τα κριτήρια οπτικής άνεσης που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα βασίζονται πρωτίστως στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1: “Light and lighting – Lighting of workplaces – Indoor workplaces”, το οποίο καθορίζει απαιτήσεις φωτισμού για χώρους εργασίας και εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένων τιμών οριζόντιου φωτισμού εργασίας, ομοιομορφίας, ελέγχου θάμβωσης (UGR) και χρωματικής απόδοσης (CRI).

Παράλληλα, η μελέτη επεκτείνει το τεχνικό πλαίσιο του προτύπου ενσωματώνοντας αρχές βιοφιλικού και κερκάρδιου φωτισμού, όπως προτείνονται από το πρότυπο CIES 026:2018 και τις κατευθυντήριες οδηγίες της Commission Internationale del' Éclairage (CIE) για τον ολοκληρωμένο φωτισμό (Integrative Lighting), καθώς και από το WELL Building Standard, οι οποίες εξετάζουν τις μη οπτικές επιδράσεις του φωτός, τη σημασία της κατακόρυφης φωτεινότητας στο επίπεδο του οφθαλμού και τη χρονική μεταβολή της φασματικής σύνθεσης του φωτισμού (CIE, 2018; CIE, 2024; IWBI, 2024).

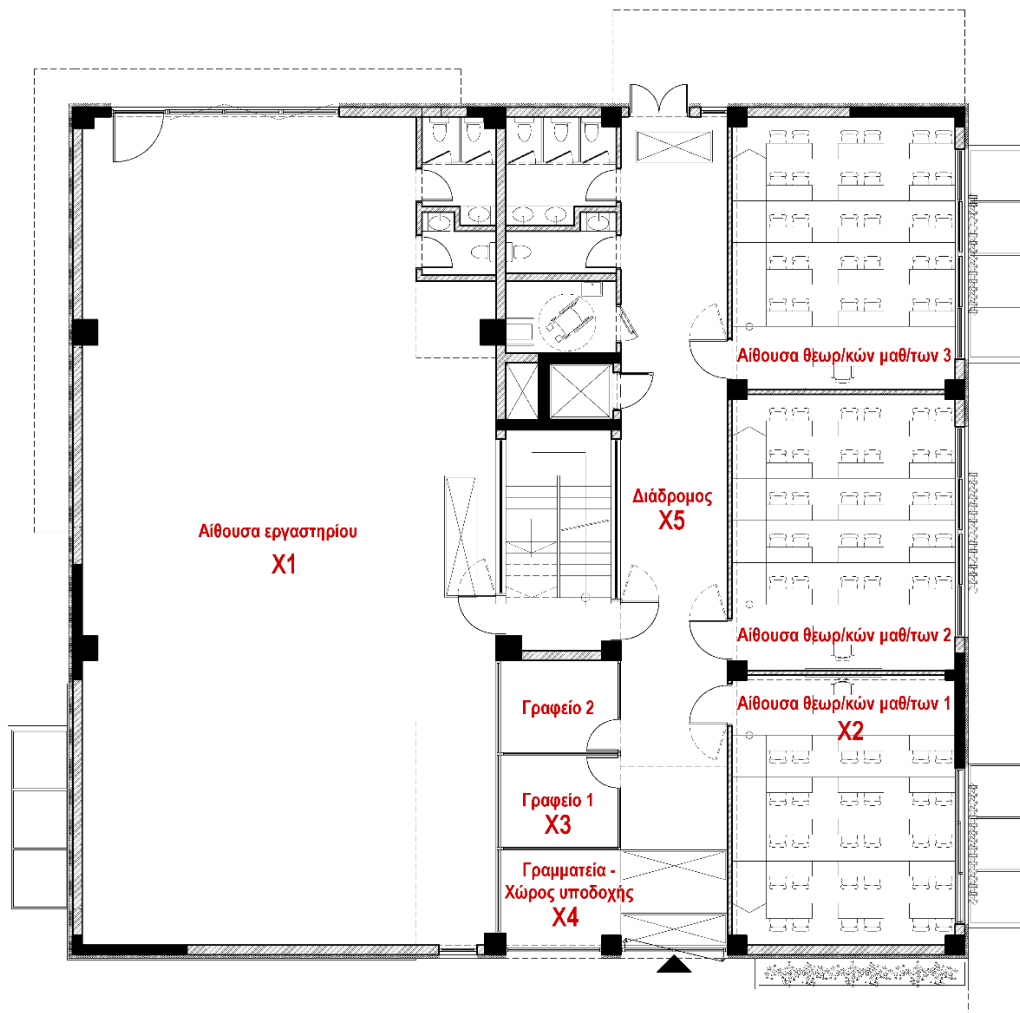
Έτσι, ενώ οι βασικές τιμές lux εναρμονίζονται με τις απαιτήσεις οπτικής απόδοσης των προτύπων φωτισμού εσωτερικών χώρων, η προτεινόμενη στρατηγική φωτισμού διευρύνεται ώστε να υποστηρίζει και τη βιολογική και ψυχολογική διάσταση της ανθρώπινης εμπειρίας στον χώρο. Ο πίνακας, συνεπώς, αποτυπώνει μια σύνθεση κανονιστικών απαιτήσεων και σύγχρονης έρευνας, μεταφρασμένη σε φωτοτεχνικές παραμέτρους εφαρμόσιμες στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Χώρος	Τυπικός Φωτισμός Εργασίας Em (lx)	Προτεινόμενη Ομοιομορφία U _o	CRI	UGR
X1 – Εργαστήριο	750-1000	≥0,70	≥90	≤22
X2 – Αίθουσα θεωρητικών μαθημάτων	300-500	≥0,60	≥90	≤19
X3 – Τυπικό γραφείο	500	≥0,60	≥90	≤19
X4 – Γραμματεία / Υποδοχή	300-500	≥0,60	≥90	≤19
X5 – Διάδρομος	150	≥0,40	≥80	–
X6 – Χώρος πολλαπλών χρήσεων	300-750	≥0,60	≥90	≤22
X7 – Γραφείο διεύθυνσης	300-500	≥0,60	≥90	≤19

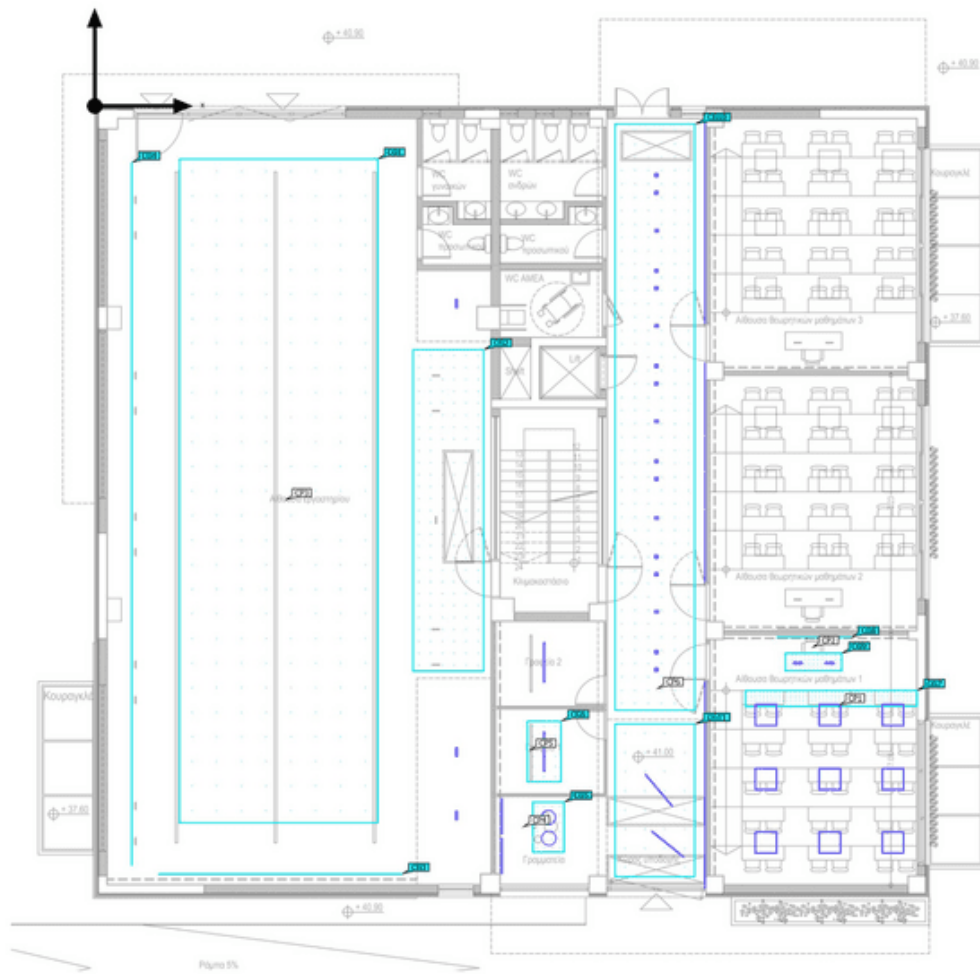
Πίνακας 2. Μεγέθη φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1

Στο πλαίσιο της μελέτης φωτισμού πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί στο λογισμικό DIALux, με στόχο την αξιολόγηση των επιπέδων φωτισμού στους επιμέρους χώρους του κτιρίου. Για κάθε όροφο ορίστηκαν επιφάνειες υπολογισμού (calculation surfaces) σύμφωνα με τη χρήση των χώρων, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις φωτισμού. Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι επιφάνειες αυτές, καθώς και τα αποτελέσματα των υπολογισμών όπως εξήχθησαν από το λογισμικό, συμπεριλαμβανομένων των τιμών της έντασης φωτισμού και της κατανομής του φωτισμού στους εξεταζόμενους χώρους.

ΙΣΟΓΕΙΟ

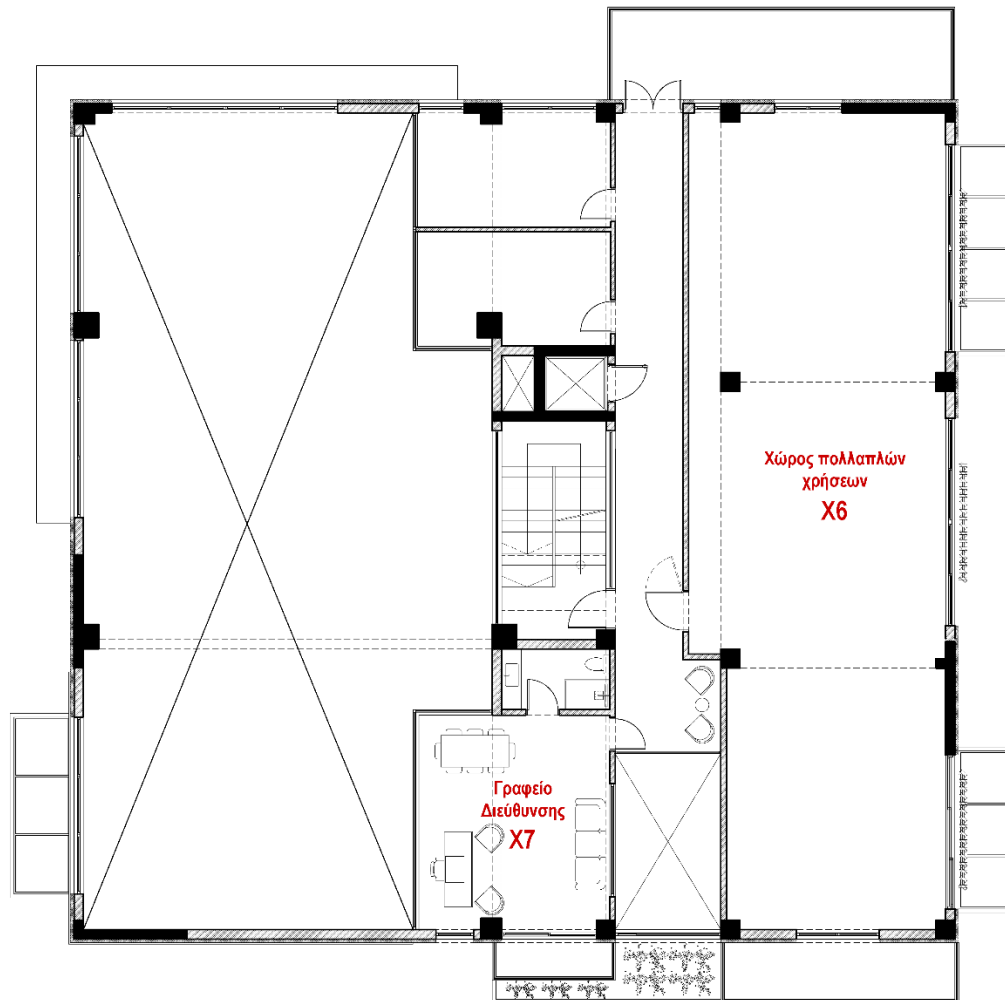


Εικόνα 46. Απεικόνιση χώρων μελέτης φωτισμού ισογείου σε κάτοψη (αρχιτεκτονική μελέτη: Δανελάκη Αικατερίνη)

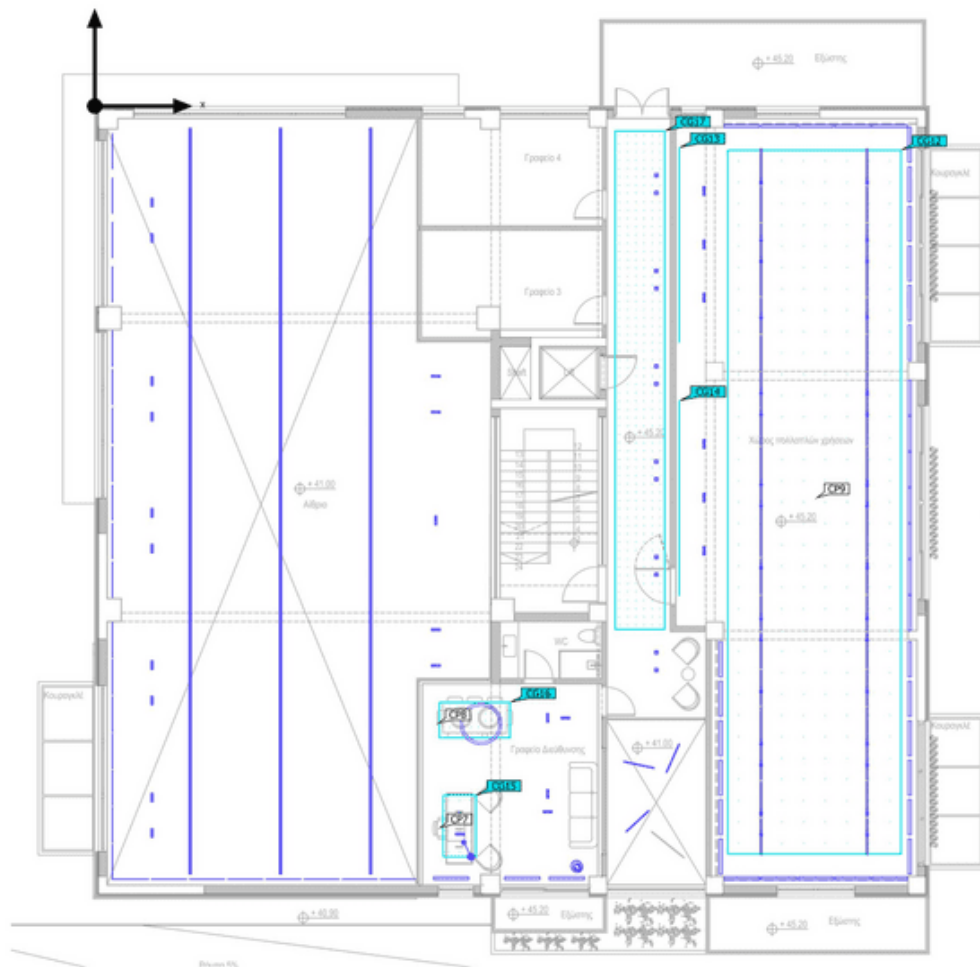


Εικόνα 47. Απεικόνιση επιφανειών μελέτης φωτισμού ισογείου σε κάτοψη

ΟΡΟΦΟΣ



Εικόνα 48. Απεικόνιση χώρων μελέτης φωτισμού ορόφου σε κάτοψη (αρχιτεκτονική μελέτη: Δανελάκη Αικατερίνη)



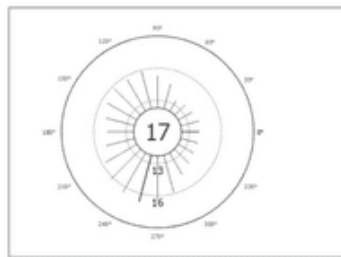
Εικόνα 49. Απεικόνιση επιφανειών μελέτης φωτισμού ορόφου σε κάτοψη

Επιπλέον παρουσιάζονται και οι μετρήσεις θάμβωσης για βασικές θέσεις χρηστών, όπως στο θρανίο της αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων, στο εργαστήριο, στο γραφείο διεύθυνσης αλλά και στον διάδρομο. Οι τιμές της θάμβωσης μετρήθηκαν στο μέσο ύψος ματιού των χρηστών σε καθιστή ή σε όρθια θέση, αναλόγως τον χώρο μέτρησης.

Βάσει κανονισμών για τους συγκεκριμένους χώρους η θάμβωση θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση του 19, κάτι το οποίο πληρείται στην μελέτη φωτισμού. Η οπτική άνεση του χρήστη εξασφαλίζεται χωρίς οπτική ενόχληση ή δυσφορία, ενώ ταυτόχρονα με τα σενάρια φωτισμού και την εναλλαγή των φασμάτων και της θερμοκρασίας χρώματος εξασφαλίζεται και ψυχολογική εκτός από βιολογική επιρροή των χρηστών.

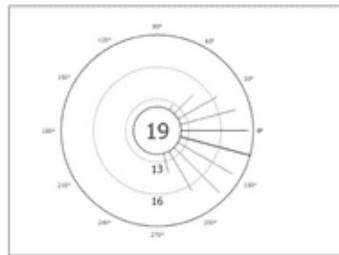
Θάμβωση_Εργαστήριο (κέντρο)
(RUG)

Strongest glare at	255°
max	16.8
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.600 m
Index	CP3



Θάμβωση_Υποδοχή (RUG)

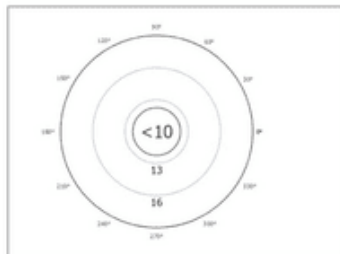
Strongest glare at	345°
max	19.0
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP4



Εικόνα 50. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό

Θάμβωση_Τυπικό γραφείο (RUG)

Strongest glare at	0°
max	<10
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP5



Θάμβωση_Διάδρομος (RUG)

Strongest glare at	105°
max	18.4
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.600 m
Index	CP6



Εικόνα 51. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό

Θάμβωση_Γραφείο Διευθυντή
(RUG)

Strongest glare at 60°

max 15.7

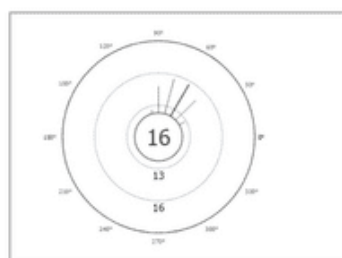
Target ≤ 19.0

Viewing sector 0° - 360°

Step width 15°

Height 1.200 m

Index CP7



Θάμβωση_Meeting (RUG)

Strongest glare at 360°

max 18.4

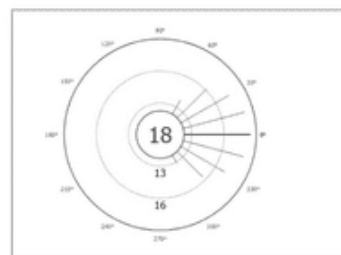
Target ≤ 19.0

Viewing sector 0° - 360°

Step width 15°

Height 1.200 m

Index CP8



Εικόνα 52. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό

Θάμβωση_Χώρος Πολλαπλών
Χρήσεων (RUG)

Strongest glare at 0°

max <10

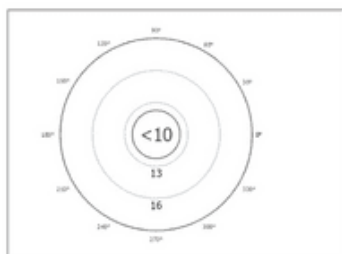
Target ≤ 19.0

Viewing sector 0° - 360°

Step width 15°

Height 1.600 m

Index CP9



Εικόνα 53. Μέτρηση θάμβωσης από λογισμικό

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού που έγιναν εξαγωγή από το λογισμικό του Dialux. Παρατηρούμε πως πληρούνται όλες οι απαιτήσεις όσον αφορά τα πρότυπα φωτισμού.

Όροφος	Χώρος	$\bar{E}$ (lx)	E_{min} (lx)	E_{max} (lx)	U_0
Ισόγειο	X1-Εργαστήριο	799	564	964	0,71
Ισόγειο	X1-Εργαστήριο – Εργαλειοθήκη	318	241	394	0,76
Ισόγειο	X1-Εργαστήριο – Βιβλιοθήκες (Όψη)	277	201	314	0,73
Ισόγειο	X2-Αίθουσα Μαθημάτων – Επιφ. εργασίας	598	444	695	0,74
Ισόγειο	X2-Αίθουσα Μαθημάτων – Πίνακας	235	179	272	0,76
Ισόγειο	X2-Αίθουσα Μαθημάτων – Έδρα	407	350	459	0,86
Ισόγειο	X3-Τυπικό Γραφείο – Επιφάνεια εργασίας	603	437	759	0,72
Ισόγειο	X4-Υποδοχή – Επιφάνεια εργασίας	553	453	637	0,82
Ισόγειο	X5-Είσοδος – Διάδρομος	233	167	388	0,72
1ος Όροφος	X6-Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων	818	519	1102	0,63
1ος Όροφος	X7-Γραφείο Διεύθυνσης – Επιφ. εργασίας	903	633	1362	0,70
1ος Όροφος	X7-Γραφείο Διεύθυνσης – Meeting	817	647	931	0,79

Πίνακας 3. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού

Επιπροσθέτως, στη μελέτη φωτισμού που πραγματοποιήθηκε για τους επιμέρους χώρους του έργου επιλέχθηκαν κατάλληλα φωτιστικά σώματα με βάση τις λειτουργικές ανάγκες, τις απαιτήσεις φωτεινότητας και την επιθυμητή ατμόσφαιρα κάθε χώρου.

Η επιλογή των φωτιστικών πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τεχνικά χαρακτηριστικά όπως η φωτεινή ροή, η θερμοκρασία χρώματος, η ενεργειακή απόδοση και ο τύπος κατανομής του φωτός. Παράλληλα, εξετάστηκε η συμβολή τους στη δημιουργία άνετων και ποιοτικών συνθηκών φωτισμού, σύμφωνα με τις αρχές του σύγχρονου αρχιτεκτονικού και ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού φωτισμού.

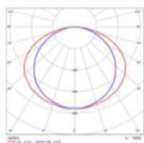
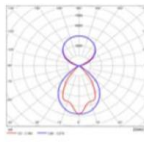
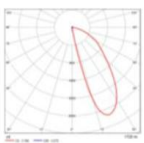
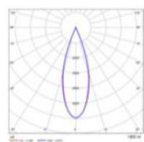
Παρακάτω παρουσιάζονται τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε χώρο της μελέτης.

1. X1 - Χώρος Εργαστηρίου

Για τον φωτισμό του χώρου του εργαστηρίου επιλέχθηκαν φωτιστικά σώματα LED με στόχο τη δημιουργία ενός ποιοτικού και ευέλικτου φωτιστικού περιβάλλοντος που υποστηρίζει τις αρχές του βιοφιλικού σχεδιασμού. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά φωτιστικά για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών του χώρου, επιτρέποντας την κατανομή του φωτός στις επιφάνειες εργασίας. Παράλληλα, ενσωματώθηκε κρυφός φωτισμός οροφής μέσω γραμμικής LED ταινίας, ο οποίος δημιουργεί διάχυτο και έμμεσο φωτισμό, προσομοιώνοντας τη φυσική διάχυση του φωτός στο περιβάλλον. Επιπλέον, τα γραμμικά κρεμαστά φωτιστικά ενσωματώνουν λειτουργία uplight, κατευθύνοντας μέρος της φωτεινής ροής προς την οροφή και ενισχύοντας τη γενική φωτεινότητα του χώρου μέσω έμμεσου φωτισμού.

Τα φωτιστικά σώματα οργανώνονται σε διαφορετικές ζώνες λειτουργίας με ξεχωριστά χαρακτηριστικά φωτισμού. Ο uplight φωτισμός της ράγας και ο έμμεσος φωτισμός οροφής υποστηρίζουν τεχνολογία tunable white σε εύρος περίπου 2700K–6500K, ώστε να μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και να ενισχύουν τη σχέση του εσωτερικού χώρου με το φυσικό φως που εισέρχεται από τους φεγγίτες. Κατά τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες αποδίδεται ψυχρότερο φως υψηλότερης θερμοκρασίας χρώματος, ενώ προς το απόγευμα ο φωτισμός μεταβαίνει σταδιακά σε θερμότερες αποχρώσεις, προσεγγίζοντας τη φυσική μεταβολή του ημερήσιου φωτός.

Αντίστοιχα, τα φωτιστικά εργασίας λειτουργούν σε πιο περιορισμένο εύρος θερμοκρασίας χρώματος, περίπου 3000K–4000K, ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη οπτική ευκρίνεια και συγκέντρωση στις επιφάνειες εργασίας χωρίς υπερβολικά θερμές αποχρώσεις που θα μπορούσαν να μειώσουν την εγρήγορση των χρηστών.

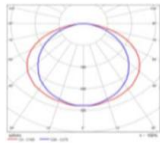
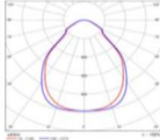
Φωτιστικό	Φωτογραφία	Πολικό Διάγραμμα	Τεχνικά Χαρακτηριστικά
X1 - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ			
Linea Light Ribbon DW Strip			6 W • 1016 lm • 3000 K • CRI 100
Planlicht Pure3 VDT Pendant			195 W • 20942 lm • 3000 K • CRI 90
XAL UNICO L6 Basic Trim A			18.6 W • 1720 lm • 3000 K • CRI 90
XAL UNICO L6 Basic Trim M			18.6 W • 1660 lm • 3000 K • CRI 90

Εικόνα 54. Φωτιστικά σώματα χώρου εργαστηρίου

2. X2 - Αίθουσα Θεωρητικών Μαθημάτων

Ο βασικός φωτισμός της αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων επιτυγχάνεται μέσω φωτιστικών τύπου panel οροφής, τα οποία παρέχουν διάχυτο και ομοιογενή φωτισμό σε όλη την επιφάνεια της αίθουσας, μειώνοντας τις σκιές και τις έντονες αντιθέσεις. Παράλληλα, στην περιοχή της έδρας τοποθετήθηκαν δύο γραμμικά σποτ φωτιστικά, τα οποία προσφέρουν πιο στοχευμένο φωτισμό και ενισχύουν την ορατότητα στο σημείο διδασκαλίας.

Επιπλέον, ενσωματώθηκε κρυφός φωτισμός οροφής, ο οποίος δημιουργεί έμμεσο φωτισμό και συμβάλλει στη συνολική φωτεινότητα του χώρου, προσφέροντας ένα πιο ήπιο και φυσικό φωτιστικό περιβάλλον. Τα φωτιστικά σώματα υποστηρίζουν τεχνολογία tunable white, επιτρέποντας τη ρύθμιση της θερμοκρασίας χρώματος ανάλογα με την ώρα της ημέρας και τις ανάγκες των χρηστών.

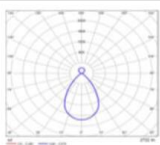
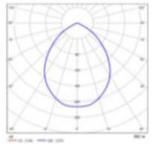
X2 - ΑΙΘΟΥΣΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ			
Linea Light Ribbon DW Strip			6 W • 1016 lm • 3000 K • CRI 100
LEDVANCE BIOLUX HCL PL 625 S			40 W • 4600 lm • 3000 K • CRI 90

Εικόνα 55. Φωτιστικά σώματα αίθουσας θεωρητικών μαθημάτων

3. X3 - Τυπικό Γραφείο

Για τον φωτισμό του τυπικού γραφείου επιλέχθηκε κρεμαστό φωτιστικό τύπου up-down, το οποίο παρέχει τόσο άμεσο όσο και έμμεσο φωτισμό, συμβάλλοντας στη δημιουργία ισορροπημένων συνθηκών φωτισμού στον χώρο εργασίας. Το φωτιστικό διαθέτει οπτικά στοιχεία αντιθαμβωτικής προστασίας (anti-glare optics), τα οποία μειώνουν τη θάμβωση και βελτιώνουν την οπτική άνεση κατά τη διάρκεια της εργασίας σε υπολογιστή.

Παράλληλα, το ανοδικό τμήμα του φωτισμού φωτίζει την οροφή, δημιουργώντας διάχυτο έμμεσο φωτισμό που συμβάλλει στη συνολική φωτεινότητα του χώρου και στην αίσθηση οπτικής άνεσης. Συμπληρωματικά χρησιμοποιείται επιτραπέζιο φωτιστικό, το οποίο παρέχει τοπικό φωτισμό στο επίπεδο εργασίας και επιτρέπει την προσαρμογή της έντασης φωτισμού σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

X3 - ΤΥΠΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ			
Planlicht Quadro Suspension			22 W • 2722 lm • 3000 K • CRI 84
Artemide Demetra LED Tavolo			9 W • 392 lm • 3000 K • CRI 80

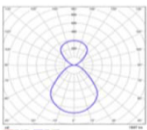
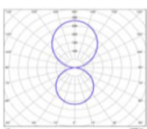
Εικόνα 56. Φωτιστικά σώματα τυπικού γραφείου

4. X4 - Υποδοχή

Για τον φωτισμό του χώρου υποδοχής επιλέχθηκαν φωτιστικά σώματα LED που συνδυάζουν λειτουργικό και αισθητικό φωτισμό, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός φιλόξενου και ευχάριστου περιβάλλοντος για τους επισκέπτες.

Πάνω από τον πάγκο υποδοχής τοποθετήθηκε κρεμαστό φωτιστικό τύπου up-down, το οποίο παρέχει τόσο άμεσο φωτισμό προς την επιφάνεια εργασίας όσο και έμμεσο φωτισμό προς την οροφή, ενισχύοντας τη συνολική φωτεινότητα του χώρου και δημιουργώντας μια πιο ισορροπημένη φωτιστική ατμόσφαιρα.

Παράλληλα, στο αίθριο διπλού ύψους τοποθετήθηκαν κρεμαστά φωτιστικά σε διαφορετικά ύψη, τα οποία λειτουργούν κυρίως ως στοιχεία αισθητικού φωτισμού και συμβάλλουν στη διαμόρφωση της χωρικής εμπειρίας του χώρου. Η κατακόρυφη ανάπτυξη των φωτιστικών ενισχύει την αίσθηση του ύψους και της διαφάνειας του αιθρίου, ενώ η θερμή απόχρωση του φωτός δημιουργεί μια πιο φυσική και ευχάριστη ατμόσφαιρα.

X4 - ΥΠΟΔΟΧΗ			
Planlicht Ophelia Rod			17 W • 1937 lm • 3000 K • CRI 84
Planlicht Sinus Suspension			87 W • 10708 lm • 3000 K • CRI 84

Εικόνα 57. Φωτιστικά σώματα υποδοχής

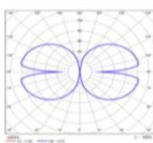
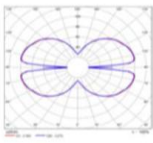
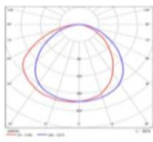
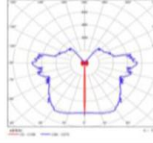
5. X5 - Διάδρομος

Για τον φωτισμό του διαδρόμου επιλέχθηκε μια σύνθεση φωτισμού που συνδυάζει λειτουργικότητα και χωρική ανάδειξη, δημιουργώντας μια δυναμική εμπειρία κίνησης στον χώρο. Κατά μήκος του διαδρόμου τοποθετήθηκε κρυφός φωτισμός χαμηλά, κοντά στο σοβατεπί, ο οποίος λειτουργεί κατευθυντικά και συμβάλλει στον ασφαλή προσανατολισμό των χρηστών, δημιουργώντας παράλληλα μια ήπια και ατμοσφαιρική φωτεινή γραμμή.

Συμπληρωματικά, τοποθετήθηκαν σποτ οροφής σε διπλές διατάξεις (διπλέτες), τα οποία δημιουργούν ρυθμό και βάθος στον χώρο μέσω της επαναλαμβανόμενης φωτιστικής κατανομής. Παράλληλα, επιλεγμένα φωτιστικά οροφής χρησιμοποιούνται για τη

δημιουργία καλλιτεχνικού φωτιστικού εφέ, τονίζοντας το Π-σχήμα που σχηματίζουν η οροφή και οι κάθετοι τοίχοι, ενισχύοντας έτσι τη γεωμετρία και την αρχιτεκτονική έκφραση του χώρου.

Ως εναλλακτική προσέγγιση φωτισμού, ο διάδρομος μπορεί να λειτουργήσει είτε με έμφαση στον αρχιτεκτονικό φωτισμό, διατηρώντας μόνο τα φωτιστικά οροφής που αναδεικνύουν τη γεωμετρία του χώρου, είτε με πιο λειτουργικό χαρακτήρα, μέσω του συνδυασμού κρυφού φωτισμού στο σοβατεπί και σποτ οροφής, τα οποία παρέχουν σαφή κατεύθυνση κίνησης και επαρκή φωτισμό διέλευσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ευελιξία στον σχεδιασμό, επιτρέποντας την προσαρμογή της φωτιστικής ατμόσφαιρας ανάλογα με τις ανάγκες και τη χρήση του χώρου.

X5 - ΕΙΣΟΔΟΣ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ			
LedsC4 Circular Vertical Inward Ø900			53 W • 2972 lm • 3000 K • CRI 90
LedsC4 Circular Vertical Inward Ø1200			72 W • 3345 lm • 300 K • CRI 90
Modular Lighting Instruments – Shellby Recessed 184			8.5 W • 515 lm • 3000 K • CRI 90
iGuzzini Trick Applique 360° RGB			5 W • 47 lm • 3000 K • CRI 20

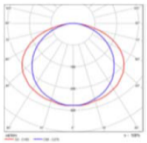
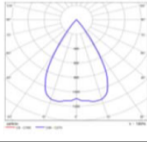
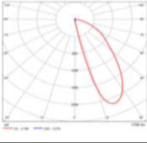
Εικόνα 58. Φωτιστικά σώματα εισόδου & διαδρόμου

6. X6 - Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων

Για τον φωτισμό του χώρου πολλαπλών χρήσεων επιλέχθηκε ένα ευέλικτο σύστημα φωτισμού που επιτρέπει την προσαρμογή του χώρου σε διαφορετικές δραστηριότητες και σενάρια χρήσης.

Κεντρικό στοιχείο αποτελεί η κρεμαστή μαγνητική ράγα φωτισμού, η οποία ενσωματώνει uplight στο άνω μέρος της, συμβάλλοντας στη δημιουργία έμμεσου φωτισμού και στην ενίσχυση της συνολικής φωτεινότητας του χώρου. Παράλληλα, ο κρυφός φωτισμός οροφής προσφέρει διάχυτο και ατμοσφαιρικό φωτισμό, δημιουργώντας ένα ουδέτερο φωτιστικό υπόβαθρο που μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τη δραστηριότητα.

Γραμμικά σποτ τύπου wallwash τα οποία φωτίζουν ομοιόμορφα τις κατακόρυφες επιφάνειες και μπορούν να αναδείξουν πιθανά εκθέματα ή οπτικό υλικό. Επιπλέον, στη μαγνητική ράγα ενσωματώθηκαν RGBW σποτ, τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία διαφορετικών χρωματικών σεναρίων φωτισμού, ενισχύοντας τον δυναμικό χαρακτήρα του χώρου.

X6 - ΧΩΡΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ			
Linea Light Ribbon DW Strip			6 W • 1016 lm • 3000 K • CRI 100
Philips ST321T GreenSpace Accent			13.6 W • 1750 lm • 3000 K • CRI 90
XAL UNICO L6 Basic Trim A			18.6 W • 1720 lm • 3000 K • CRI 90

Εικόνα 59. Φωτιστικά σώματα χώρου πολλαπλών χρήσεων

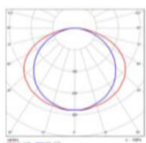
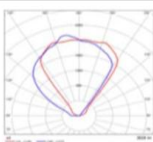
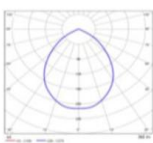
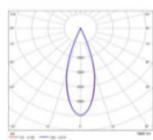
7. X7 - Γραφείο Διευθυντή

Για τον φωτισμό του γραφείου διευθυντή επιλέχθηκε ένας συνδυασμός φωτιστικών σωμάτων που εξασφαλίζει τόσο λειτουργικό φωτισμό εργασίας όσο και μια πιο άνετη και αντιπροσωπευτική ατμόσφαιρα για συναντήσεις.

Στην περιοχή του γραφείου τοποθετήθηκαν γραμμικά σποτ, τα οποία παρέχουν task lighting στις επιφάνειες εργασίας, εξασφαλίζοντας επαρκή φωτισμό για τις καθημερινές δραστηριότητες.

Πάνω από το τραπέζι συσκέψεων τοποθετήθηκε κρεμαστό φωτιστικό τύπου up-down, το οποίο φωτίζει άμεσα την επιφάνεια του τραπεζιού ενώ παράλληλα κατευθύνει μέρος της φωτεινής ροής προς την οροφή, δημιουργώντας μια πιο ισορροπημένη και ευχάριστη φωτιστική ατμόσφαιρα.

Συμπληρωματικά, δίπλα στον καναπέ τοποθετήθηκε φωτιστικό δαπέδου με λειτουργία uplight, το οποίο παρέχει έμμεσο φωτισμό προς την οροφή και συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο χαλαρού και φιλόξενου περιβάλλοντος για ανεπίσημες συζητήσεις.

X7 - ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ			
Linea Light Ribbon DW Strip			6 W • 1016 lm • 3000 K • CRI 100
Artemide Cadm LED Floor			44 W • 3628 lm • 3000 K • CRI 80
Artemide Demetra LED Tavolo			9 W • 392 lm • 3000 K • CRI 80
XAL UNICO L6 Basic Trim M			18.6 W • 1660 lm • 3000 K • CRI 90

Εικόνα 60. Φωτιστικά σώματα γραφείου διευθυντή

6.4 Σύστημα ελέγχου φωτισμού και προγραμματικά σενάρια λειτουργίας

Το σύστημα ελέγχου επιτρέπει τη διαμόρφωση διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας ανάλογα με τον χώρο και τη χρονική περίοδο χρήσης. Στο εργαστήριο, κατά τις πρωινές ώρες (08:00–12:00), ο γενικός φωτισμός περιβάλλοντος λειτουργεί σε υψηλότερες στάθμες με θερμοκρασίες χρώματος 4500–5000K για ενίσχυση της συγκέντρωσης και της οπτικής απόδοσης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας (12:00–16:00), η ένταση του τεχνητού φωτισμού προσαρμόζεται σε συνδυασμό με το διαθέσιμο φυσικό φως από τους φεγγίτες, ενώ τις απογευματινές ώρες (16:00–21:00) η θερμοκρασία χρώματος μεταβαίνει σταδιακά σε θερμότερες τιμές 3000–3500K και μειώνεται η συνολική ένταση φωτισμού.

Στις αίθουσες θεωρητικών μαθημάτων, κατά τη διδασκαλία ενεργοποιείται ο πλήρης γενικός φωτισμός περίπου 4000K, ενώ σε σενάρια παρουσιάσεων ή προβολών μειώνεται η ένταση των φωτιστικών κοντά στην οθόνη και διατηρείται χαμηλότερος περιμετρικός φωτισμός για την ασφαλή οπτική προσαρμογή των χρηστών.

Στους χώρους υποδοχής, στα γραφεία και στο γραφείο διευθυντή εφαρμόζονται θερμότερες θερμοκρασίες χρώματος (3000–3500K), με υψηλότερες στάθμες φωτισμού κατά τις ώρες αιχμής και μειωμένη ένταση κατά τις απογευματινές ώρες. Στους διαδρόμους ο φωτισμός λειτουργεί μέσω αισθητήρων παρουσίας, ενώ σε κατάσταση αναμονής διατηρείται μόνο ο χαμηλός φωτισμός ασφαλείας των *steplights*.

Στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων προβλέπονται διαφορετικά σενάρια ανάλογα με τη δραστηριότητα. Για εκθέσεις ενεργοποιούνται κυρίως τα *spot* και τα *wallwash* φωτιστικά ανάδειξης, για παρουσιάσεις μειώνεται ο γενικός φωτισμός και ενισχύεται ο περιμετρικός φωτισμός, ενώ για εκδηλώσεις ή συγκεντρώσεις κοινού χρησιμοποιείται συνδυασμός γενικού, έμμεσου και φωτισμού έμφασης με δυνατότητα προσαρμογής της έντασης και της θερμοκρασίας χρώματος.

6.5 Πρόταση φωτισμού όψεων και περιβάλλοντος χώρου

Η τοποθεσία του κτιρίου σε προάστιο της Θεσσαλονίκης, σε άμεση σχέση με φυσική βλάστηση και ανοιχτό περιβάλλον, καθορίζει τη στρατηγική φωτισμού των όψεων και του περιβάλλοντος χώρου. Βασική επιδίωξη δεν αποτελεί η έντονη φωτιστική ανάδειξη του κτιρίου ως αυτόνομου αντικειμένου στο τοπίο, αλλά η διακριτική ενσωμάτωσή του στο φυσικό περιβάλλον, με περιορισμό της φωτορύπανσης και σεβασμό στους φυσικούς κύκλους φωτός και σκοταδιού.

Στο πλαίσιο του βιοφιλικού σχεδιασμού, ο εξωτερικός φωτισμός εφαρμόζεται μόνο όπου είναι λειτουργικά απαραίτητος, δηλαδή στις εισόδους, στις πορείες κίνησης, στα σημεία συνάθροισης και στα βασικά στοιχεία προσανατολισμού των χρηστών. Η συνολική προσέγγιση βασίζεται στη χρήση θερμής θερμοκρασίας χρώματος 2700K, η οποία μειώνει την επίδραση του τεχνητού φωτισμού στο νυχτερινό περιβάλλον και περιορίζει τη διατάραξη της πανίδας σε σύγκριση με ψυχρότερες πηγές φωτός.

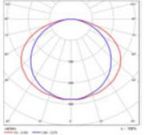
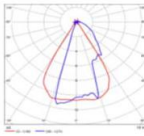
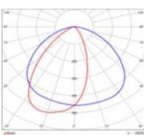
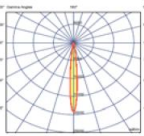
Ο φωτισμός των όψεων περιορίζεται κυρίως στις περιοχές εισόδου και στη σήμανση του κτιρίου. Για την ανάδειξη της κεντρικής όψης χρησιμοποιούνται φωτιστικά εδάφους τύπου inground με στενή έως μεσαία δέσμη, τα οποία φωτίζουν τοπικά τη ζώνη της εισόδου και το λογότυπο της σχολής χωρίς γενικευμένη φωταγώγηση του κελύφους. Παράλληλα, γραμμικά φωτιστικά LED ενσωματώνονται στα στέγαστρα και στις οριζόντιες αρχιτεκτονικές χαράξεις του κτιρίου, δημιουργώντας ήπιο περιμετρικό φωτισμό χαμηλής λαμπρότητας, ο οποίος διευκολύνει την αναγνώριση των εισόδων και ενισχύει την αναγνωσιμότητα της αρχιτεκτονικής μορφής κατά τις βραδινές ώρες.

Στον περιβάλλοντα χώρο ο φωτισμός οργανώνεται μέσω φωτιστικών bollard και steplight χαμηλής έντασης με ασύμμετρη κατανομή φωτός προς το δάπεδο. Οι στάθμες φωτισμού διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, επαρκή για ασφαλή κυκλοφορία και προσανατολισμό, χωρίς περιττή διάχυση φωτός προς τη βλάστηση ή τον ουρανό. Τα φωτιστικά τοποθετούνται κατά μήκος των διαδρομών κίνησης και στα σημεία αλλαγής στάθμης, εξασφαλίζοντας οπτική καθοδήγηση και ασφαλή πρόσβαση στο κτίριο.

Η λειτουργία του εξωτερικού φωτισμού υποστηρίζεται από σενάρια ελέγχου. Κατά τις ώρες λειτουργίας της σχολής ενεργοποιείται το σύνολο του λειτουργικού φωτισμού εισόδων και διαδρομών, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες παραμένει σε λειτουργία μόνο ο φωτισμός ασφαλείας και προσανατολισμού μειωμένης έντασης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ οπτικής άνεσης, ενεργειακής αποδοτικότητας και προστασίας του νυχτερινού περιβάλλοντος.

Ο βιοφιλικός χαρακτήρας του εξωτερικού φωτισμού δεν προκύπτει από την έντονη ανάδειξη του κτιρίου ή της φύτευσης, αλλά από τη συνειδητή διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ φωτός και σκοταδιού. Η στρατηγική φωτισμού επιτρέπει στον χρήστη να αντιλαμβάνεται τη μετάβαση από το φυσικό φως της ημέρας στη χαμηλή φωτεινότητα της νύχτας, διατηρώντας τη σχέση με το φυσικό περιβάλλον και μειώνοντας την αίσθηση

τεχνητής απομόνωσης από αυτό. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα φωτιστικά του περιβάλλοντος χώρου.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ			
Φωτιστικό	Φωτογραφία	Πολικό Διάγραμμα	Τεχνικά Χαρακτηριστικά
Linea Light Ribbon DW Strip			6 W • 1016 lm • 2700 K • CRI 100
PROLED Inground Alpha V			2 W • 10 lm • 2700 K • CRI 80
Luce&Light Tago 1.3 A			51 W • 2656 lm • 2700 K • CRI 80
LEDsC4 Max Big single emission			15 W • 931 lm • 2700 K • CRI 92

Εικόνα 61. Φωτιστικά σώματα περιβάλλοντος χώρου



Εικόνα 62. Όψη Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών



Εικόνα 63. Πλάγια όψη Σχολής Μηχανικών Αεροσκαφών

7. Συμπεράσματα - Προοπτικές

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε ότι ο φωτισμός μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως τεχνικό μέσο εξασφάλισης ορατότητας, αλλά ως βασικό εργαλείο διαμόρφωσης της χωρικής εμπειρίας και της σχέσης του χρήστη με το περιβάλλον. Μέσα από την εφαρμογή αρχών βιοφιλικού και ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού διαπιστώθηκε ότι η ποιότητα του φωτισμού επηρεάζει άμεσα την αντίληψη του χώρου, την ψυχολογική άνεση, τη συγκέντρωση και τη συνολική εμπειρία παραμονής στον εσωτερικό χώρο.

Η ανάλυση των επιμέρους χώρων έδειξε ότι ο βιοφιλικός φωτισμός δεν ταυτίζεται με τη χρήση συγκεκριμένων φωτιστικών σωμάτων ή τεχνολογιών, αλλά με τον τρόπο οργάνωσης του φωτός στον χώρο. Η διαστρωμάτωση φωτισμού, η αξιοποίηση έμμεσου φωτισμού, η ενίσχυση των κατακόρυφων επιφανειών και η αποφυγή απόλυτα ομοιόμορφων φωτιστικών συνθηκών συνέβαλαν στη δημιουργία ενός πιο ισορροπημένου και πολυεπίπεδου φωτεινού περιβάλλοντος, με αυξημένη αντίληψη βάθους και βελτιωμένη οπτική άνεση. Παράλληλα, η δυνατότητα μεταβολής της θερμοκρασίας χρώματος και της έντασης του φωτισμού απέδειξε ότι ο φωτισμός μπορεί να προσαρμόζεται στις διαφορετικές λειτουργικές και βιολογικές ανάγκες των χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης αποτελεί επίσης το γεγονός ότι η βιοφιλική προσέγγιση δεν αφορά αποκλειστικά τους εσωτερικούς χώρους, αλλά επεκτείνεται και στον σχεδιασμό του εξωτερικού φωτισμού. Η περιορισμένη και στοχευμένη χρήση φωτισμού στον περιβάλλοντα χώρο ανέδειξε τη σημασία της ισορροπίας μεταξύ φωτός και φυσικού σκοταδιού, αποφεύγοντας τη μετατροπή του κτιρίου και της φύσης σε συνεχώς φωτιζόμενα «αντικείμενα». Έτσι, ο βιοφιλικός χαρακτήρας του φωτισμού προέκυψε περισσότερο μέσα από τον σεβασμό στο φυσικό περιβάλλον και στους φυσικούς κύκλους φωτός, παρά μέσω έντονων φωτιστικών επεμβάσεων.

Παράλληλα, η έρευνα κατέδειξε ότι τα σύγχρονα συστήματα ελέγχου φωτισμού και οι τεχνολογίες LED μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά έναν πιο ευέλικτο και ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό. Ωστόσο, η τεχνολογία από μόνη της δεν αρκεί για τη δημιουργία ποιοτικού φωτιστικού περιβάλλοντος. Η επιτυχία του σχεδιασμού εξαρτάται κυρίως από τη συνθετική προσέγγιση και από την κατανόηση του φωτός ως μέρους της αρχιτεκτονικής εμπειρίας και όχι ως ανεξάρτητης τεχνικής εγκατάστασης.

Συνολικά, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι ο βιοφιλικός φωτισμός μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη δημιουργία πιο βιώσιμων, ευέλικτων και ανθρωποκεντρικών χώρων. Ο φωτισμός αποκτά ρόλο περιβαλλοντικού μέσου που διαμορφώνει ατμόσφαιρες, επηρεάζει τη συμπεριφορά και ενισχύει τη σύνδεση του ανθρώπου με τον χώρο και τις φυσικές μεταβολές του περιβάλλοντος. Μέσα από αυτή την προσέγγιση, ο σχεδιασμός φωτισμού παύει να αντιμετωπίζεται ως συμπληρωματικό τεχνικό στοιχείο και μετατρέπεται σε βασικό παράγοντα αρχιτεκτονικής ποιότητας και εμπειρίας.

7.1. Προκλήσεις και μελλοντικές προοπτικές

Παρά τις σημαντικές εξελίξεις και το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον βιοφιλικό φωτισμό, η ευρεία του εφαρμογή εξακολουθεί να συναντά σημαντικές προκλήσεις. Μία από τις βασικότερες είναι η έλλειψη επαρκούς γνώσης και εξειδίκευσης σε επίπεδο επαγγελματιών του χώρου. Αρχιτέκτονες, σχεδιαστές εσωτερικών χώρων και ηλεκτρολόγοι μηχανικοί συχνά δεν έχουν επαρκή κατάρτιση ως προς τις βιολογικές και ψυχολογικές διαστάσεις του φωτός. Αυτό έχει ως συνέπεια τη λανθασμένη εφαρμογή βιοφιλικών αρχών, περιορίζοντάς τις σε αισθητικές μιμήσεις χωρίς ουσιαστικό αποτέλεσμα στην εμπειρία του χρήστη.

Επιπλέον, σημαντικό εμπόδιο αποτελεί και το κόστος υλοποίησης των βιοφιλικών λύσεων, ιδιαίτερα όταν απαιτείται εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων φωτισμού, δυναμικού ελέγχου, αισθητήρων και υλικών υψηλής ποιότητας. Παρότι τα οφέλη τους αποδεικνύονται μακροπρόθεσμα σημαντικά, συχνά δεν υπολογίζονται άμεσα στη σχέση κόστους-απόδοσης, ιδιαίτερα σε έργα δημόσιας χρήσης ή περιορισμένων πόρων.

Σε επίπεδο θεσμικό, παρατηρείται απουσία σαφών προτύπων και οδηγών για την ενσωμάτωση βιοφιλικών προσεγγίσεων στον φωτιστικό σχεδιασμό. Οι σχετικές πιστοποιήσεις (όπως το WELL Building Standard) αποτελούν θετικό βήμα, ωστόσο δεν είναι ακόμη ευρέως αποδεκτές ή εφαρμόσιμες σε εθνικό επίπεδο. Το έλλειμμα αυτό ενισχύει τη διστακτικότητα επενδυτών και εργολάβων να υιοθετήσουν τέτοιες πρακτικές.

Όσον αφορά τις μελλοντικές προοπτικές, είναι σαφές ότι η περαιτέρω έρευνα θα πρέπει να εστιάσει στη μέτρηση των ποσοτικών και ποιοτικών επιδράσεων του φωτισμού στην ανθρώπινη συμπεριφορά και ευεξία. Η ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών, όπως συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για προσαρμοστικό φωτισμό, καθώς και βιομιμητικές δομές που αναπαράγουν φυσικά φαινόμενα φωτός (όπως σκίαση φυλλώματος ή διάχυση

ηλιακής ακτινοβολίας), μπορούν να επεκτείνουν το πεδίο εφαρμογής (Chen, An, Yan, & Zhou, 2024).

Τέλος, η επιτυχία του βιοφιλικού φωτισμού στο μέλλον θα εξαρτηθεί από τη διεπιστημονική συνεργασία: μεταξύ αρχιτεκτόνων, μηχανικών, σχεδιαστών, τεχνικών και χρηστών. Η διεπιστημονική προσέγγιση θα καταστήσει εφικτή την κατανόηση του φωτός όχι μόνο ως εργαλείου λειτουργίας ή αισθητικής, αλλά ως φορέα νοήματος και εμπειρίας. Ο βιοφιλικός φωτισμός καλείται, έτσι, να λειτουργήσει ως σύνδεσμος ανάμεσα στον άνθρωπο και το φυσικό του περιβάλλον, ακόμη και μέσα στα πιο τεχνολογικά προηγμένα περιβάλλοντα.

Βιβλιογραφία

- AGCLighting. (2023, Δεκέμβριος 20). *What Is Biophilic Lighting*. Retrieved from AGC Lighting: https://www.agcled.com/blog/what-is-biophilic-lighting.html?utm_source=chatgpt.com
- Beatley, T. (2011). *Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning*. Island Press.
- Berg, J., Tymoczko, J., Gatto, G., & Stryer, L. (2019). *Biochemistry (9th edition)*. W.H Freeman Macmillan Learning. Retrieved from DSPACE: <https://digrep.mchs.mw/items/4f583e8d-260a-4084-9921-208db2fde5e4>
- Berson, D., Dunn, F., & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557), 1070–1073.
- Boubekri, M., Cheung, I., Reid, K., Wang, C.-H., & Zee, P. (2014). Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: A case-control pilot study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603–611.
- Boyce, P. (2014). *Human factors in lighting (3rd edition)*. CRC Press.
- Bradshaw, W., & Holzapfel, C. (2010). Light, time, and the physiology of biotic response to rapid climate change in animals. *Annual Review of Physiology*, 72, 147–166.
- Bright Green. (2018). *Light Spectrum & Wellness*. Bright Green.
- Bringslimark, T., Hartig, T., & Patil, G. (2009). The psychological benefits of indoor plants: A critical review of the experimental literature. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 422–433.
- Britannica. (2023, Νοέμβριος 20). *Photosynthesis*. Retrieved from Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/photosynthesis>
- Browning, W., Ryan, C., & Clancy, J. (n.d.). 14 Patterns of Biophilic Design. *Terrapin Bright Green LLC*.
- Browning, W., Ryan, C., & Clancy, J. (2014). *14 Patterns of biophilic design: Improving health and well-being in the built environment*. Terrapin Bright Green.
- Cajochen, C., Münch, M., Kobialka, S., Kräuchi, K., Steiner, R., Oelhafen, P., . . . Wirz-Justice, A. (2005). High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(3), 1311–1316.
- Campbell, J. (2023). *EBSCO*. Retrieved from Biophilic design: https://www.ebsco.com/research-starters/biology/biophilic-design?utm_source=chatgpt.com
- Chen, J., An, J., Yan, D., & Zhou, X. (2024, November 18). *Future trends in intelligent lighting control systems: Integrated technologies, multi-system linkage and AI integration*. Retrieved from Springer Nature: https://link.springer.com/article/10.1007/s12273-024-1209-3?utm_source=chatgpt.com

- CIE. (2019). CIE S 026/E:2018: CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light. *CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light*. International Commission on Illumination.
- Craanen, N., & Schwade, L. (2020). *Biophilic Design and the Nature of Light*. Retrieved from IES The Lighting Authority: <https://ies.org/lda/biophilic-design-and-the-nature-of-light/>
- Craanen, N., & Schwade, L. (2025, April 14). *Biophilic Design and the Nature of Light*. Ανάκτηση από The Lighting Authority: https://ies.org/lda/biophilic-design-and-the-nature-of-light/?utm_source=chatgpt.com
- Czeisler, C., Duffy, J., Shanahan, T., Brown, E., Mitchell, J., Rimmer, D., . . . Kronauer, R. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, pp. 284(5423), 2177–2181.
- Day, C. (2002). Spirit and place: Healing our environment, healing environment. *Architectural Press*.
- Dewi, M., Setiawan, A., & Latief, Y. (2020). Developing a sustainable financing model for geothermal projects: A conceptual framework. In *Proceedings of ACM APCORISE'20*, pp. 1-6.
- European Committee for Standardization EN 12464-1. (2021). Light and lighting – Lighting of workplaces – Part 1: Indoor workplaces. CEN.
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C., Elvidge, C., Baugh, K., . . . Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6).
- Figueiro, M., & Rea, M. (2016). Light as a circadian stimulus for architectural lighting. *Lighting Research & Technology*, 48(3), 352–364.
- Figueiro, M., Steverson, B., Heerwagen, J., Gonzales, K., Plitnick, B., & Rea, M. (2017). The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep Health*, pp. 3(3), 204–215.
- Foster, R., Wulff, S., & Helfrich-Förster, C. (2020). The regulation of circadian rhythms and sleep by light: Implications for animals and humans. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(7), 411–423.
- Gaston, K., Visser, M., & Hölker, F. (2015). The biological impacts of artificial light at night: The research challenge. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667).
- Guzowski, M. (n.d.). Daylighting as a Design Driver for a Biophilic Approach to Lighting: Integrating Health and Net-Positive Energy. *The IES Visionary Challenge: Beyond 2030: What Do You See?*
- Heather, B. (2016, Μάιος 17). *World green building trends in 2016: More nations, more projects*. Retrieved from USGBC: <https://www.usgbc.org/articles/world-green-building-trends-2016-more-nations-more-projects>
- Heerwagen, J. (2006). Bio-inspired design: The architecture of life. *Environmental Psychology*, 28, 150–158.

- Herz, R. (2009). Aromatherapy facts and fictions: A scientific analysis of olfactory effects on mood, physiology and behavior. *International Journal of Neuroscience*, 119(2), 263–290.
- Heschong Mahone Group. (1999). *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. Fair Oaks: Educational Resources Information Center (ERIC).
- Hogewoning, S., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., & Harbinson, J. (2010). Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany*, 61(11), 3107–3117.
- Houser, K., & Esposito, T. (2021, Ιανουάριος 27). *Human-Centric Lighting: Foundational Considerations and a Five-Step Design Process*. Retrieved from PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33584531/>
- HTA (Home Technology Association). (n.d.). *Human-Centric Lighting - The Next Big Thing in Home Design*. Retrieved from HTA (Home Technology Association): <https://htacertified.org/articles/human-centric-lighting/>
- Institute, W. B. (2020). WELL Building Standard v2 - Light Concept.
- Institute, W. B. (2020). WELL Building Standard v2 – Light Concept . L01–L08.
- Kellert, S. R., & Calabrese, E. F. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. Retrieved from www.biophilic-design.com: www.biophilic-design.com
- Kellert, R. (2005). Building for life: Designing and understanding the human–nature connection. *Island Press*.
- Kellert, S. R., Heerwagen, J. J., & Mador, M. L. (2008). *Biophilic Design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kellert, S., & Wilson, E. (1993). The biophilia hypothesis. *Island Press*.
- Khan Academy. (2024). *Photosynthesis*. Retrieved from Khan Academy: <https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis>
- Lam, R., Levitt, A., Levitan, R., Enns, M., Morehouse, R., Michalak, E., & Tam, E. (2006). The Can-SAD study: A randomized controlled trial of the effectiveness of light therapy and fluoxetine in patients with winter seasonal affective disorder. *American Journal of Psychiatry*, 163(5), 805–812.
- Li, D. H., & Lam, J. C. (2001). Evaluation of lighting performance in office buildings with daylighting controls. *Energy and Buildings*.
- Lighting Europe. (χ.χ.). *Proudly supporting the UNESCO International Day of Light – 16 May*. Ανάκτηση από Lighting Europe: <https://lightingeurope.org/media/388-proudly-supporting-the-unesco-international-day-of-light-%E2%80%93-16-may>
- Lighting Research Center. (2017). Every Day Health: A new issue in lighting. Rensselaer Polytechnic Institute.

- Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191–198.
- Lucas, R., Peirson, S., Berson, D., Brown, T., Cooper, H., Czeisler, C., . . . Brainard, G. (2014). Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences*, 37, 1–9.
- Madias, E.-N., Christodoulou, K., Androvitsaneas, V., Skalkou, A., Sotiropoulou, S., Zervas, E., & Doulos, L. (2023). The effect of artificial lighting on both biophilic and human-centric design. *Journal of Building Engineering*, 72.
- Manolakeli, A. (2022, Jan 22). Retrieved from <https://www.archpsych.co.uk/post/biophilia-hypothesis-and-biophilic-design>
- McGee, B., & Nam-Kyu, P. (2022, Ιανουάριος). *Colour, Light, and Materiality: Biophilic Interior Design Presence in Research and Practice*. Retrieved from ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/358287676_Colour_Light_and_Materiality_Biophilic_Interior_Design_Presence_in_Research_and_Practice
- Navara, K., & Nelson, R. (2007). The dark side of light at night: Physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*, 43(3), 215–224.
- Newsham, G., & Veitch, J. (2001). Lighting quality recommendations for VDT offices: A new method of derivation. *Lighting Research & Technology*, 33, 97–116.
- Owens, A., & Lewis, S. (2018). The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution*, 8(22), 11337–11358.
- Pérez, G., Coma, J., de Gracia, A., Burés, S., Urrestarazu, M., & Cabeza, L. (2011). Vertical green façades as passive systems for energy savings in buildings: Experimental approach. *Energy and Buildings*, 43(9), 2284–2289.
- Raven, P., Evert, R., & Eichorn, S. (2023). *Raven Biology of Plants (8th edition)*. W. H. Freeman.
- Rea, M., Figueiro, M., Bierman, A., & Hamner, R. (2014). Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Lighting Research & Technology*, 44(4), 386–396.
- Rea, M., Figueiro, M., Bullough, J., & Bierman, A. (2010). A model of circadian phototransduction. *Journal of Biological Rhythms*, 25, 147–160.
- Refinetti, R. (2016). *Circadian physiology (3rd edition)*. CRC Press.
- Ritchie, I. (2020). *Neuroarchitecture: Designing with the Mind in Mind*. Edward Elgar Publishing.
- Rosenthal, N., Sack, D., Gillin, J., Lewy, A., Goodwin, F., Davenport, Y., . . . Wehr, T. (1984). Seasonal affective disorder: A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Archives of General Psychiatry*, 41(1), 72–80.
- Seoul Semiconductor & Toshiba Materials. (2017). *Seoul Semiconductor*. Ανάκτηση από SunLike LED technology white paper.
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., & Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 139–147.

- Smith, H., McAusland, L., & Murchie, E. (2017). Don't ignore the green light: exploring diverse roles in plant processes. *Journal of Experimental Botany*, 68(9), 2099–2110.
- Steg, L., & de Groot, J. I. (2012). *Environmental Psychology: An Introduction*. BPS Blackwell.
- Taiz, L., Møller, I., Murphy, A., & Zeiger, E. (2022). *Plant Physiology and Development* (7th edition). Oxford University Press.
- Tanizaki, J. (1977). *In Praise of Shadows*. Leete's Island Books.
- Ulrich, R. S. (1993). Biophilia, biophobia, and natural landscapes. *Island Press*, 73–137.
- Ulrich, R., Zimring, C., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H.-B., Choi, Y.-S., . . . Joseph, A. (2008). A review of the research literature on evidence-based healthcare design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 1(3), 61–125.
- van Bommel, W., & van den Beld, G. (2004). Lighting for work: A review of visual and biological effects. *Lighting Research & Technology*, pp. 36(4), 255–266.
- Varni Digital. (2024, September 10). Ανάκτηση από Human Centric Lighting – Circadian Rhythm – HCL - Tuneable Lights.
- Veitch, J., & Galasiu, A. (2012). The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home: Review and Research Agenda. *National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction*. NRC Publications Archive. Retrieved from Ottawa: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction.
- Viola, A., James, L., Schlangen, L., & Dijk, D.-J. (2008). Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance, and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 34(4), 297–306.
- Wilson, E. (1984). *Biophilia*. London: Harvard University Press.
- Wong, N., Yong Kwang Tan, A., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P., Chan, D., . . . Wong, N. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45(3), 663–672.
- Zadeh, R., Shepley, M., Williams, G., & Sung Eun Chung, S. (2014). The impact of windows and daylight on acute-care nurses' physiological, psychological, and behavioral health. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 7(4), 35–61.
- Τσούκο, Α. (2022). Βιοφιλία, υγεία, αρχιτεκτονική: τα οφέλη της βιοφιλίας στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό της υγειονομικής περίθαλψης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παράρτημα Α: «Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού»

Μελέτη

DIALux

Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · Ισόγειο (Light scene 1)

Calculation objects

Calculation surfaces

Properties	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Index
Εργαστήριο Perpendicular illuminance Height: 0.900 m	799 lx	564 lx	964 lx	0.71	0.59	CG1
Εργαστήριο_Εργαλειοθήκη Perpendicular illuminance Height: 1.546 m	318 lx	241 lx	394 lx	0.76	0.61	CG2
Εργαστήριο_Βιβλιοθήκες (Όψη) Perpendicular illuminance Height: 1.084 m	277 lx	201 lx	314 lx	0.73	0.64	CG3
Υποδοχή_Επιφάνεια εργασίας Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	553 lx	453 lx	637 lx	0.82	0.71	CG4
Τυπικό Γραφείο_Επιφάνεια εργασίας Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	603 lx	437 lx	759 lx	0.72	0.58	CG5
Αίθουσα Μαθημάτων_Επιφάνεια εργασίας Perpendicular illuminance Height: 0.900 m	598 lx	444 lx	695 lx	0.74	0.64	CG6
Αίθουσα Μαθημάτων_Πίνακας Perpendicular illuminance Height: 1.850 m	235 lx	179 lx	272 lx	0.76	0.66	CG7
Αίθουσα Μαθημάτων_Έδρα Perpendicular illuminance Height: 0.750 m	407 lx	350 lx	459 lx	0.86	0.76	CG8
Είσοδος - Διάδρομος ισόγειου Perpendicular illuminance Height: 0.050 m	233 lx	167 lx	388 lx	0.72	0.43	CG9

Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · Ισόγειο (Light scene 1)

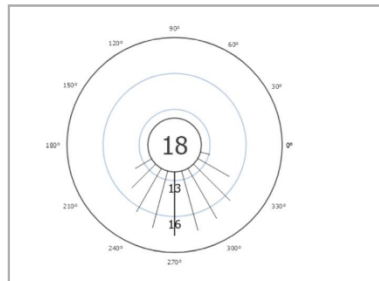
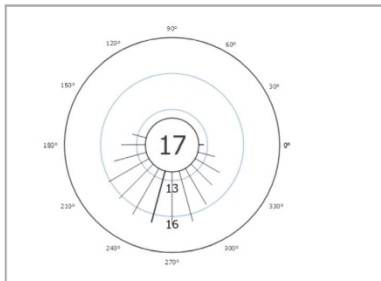
Calculation objects

Θάμβωση_Αίθουσα μαθημάτων
(RUG)

Strongest glare at	255°
max	16.7
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.300 m
Index	CP1

Θάμβωση_Αίθουσα μαθημάτων
(Έδρα) (RUG)

Strongest glare at	270°
max	17.6
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP2

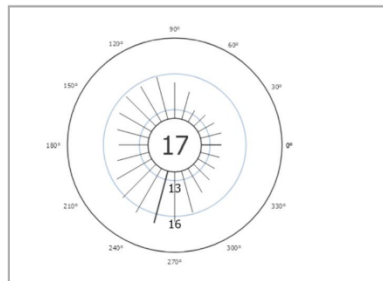


Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · Ισόγειο (Light scene 1)

Calculation objects

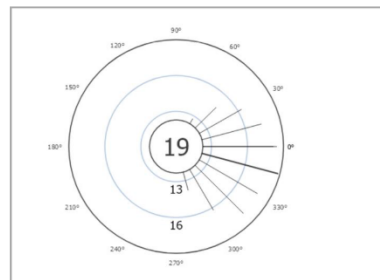
Θάμβωση_Εργαστήριο (κέντρο)
(RUG)

Strongest glare at	255°
max	16.8
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.600 m
Index	CP3



Θάμβωση_Υποδοχή (RUG)

Strongest glare at	345°
max	18.8
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP4



Μελέτη

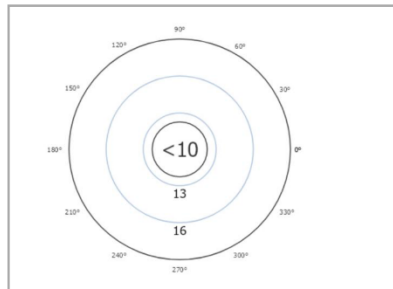
DIALux

Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · Ισόγειο (Light scene 1)

Calculation objects

Θάμβωση_Τυπικό γραφείο (RUG)

Strongest glare at	0°
max	<10
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP5



Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · 1ος όροφος (Light scene 1)

Calculation objects

Calculation surfaces

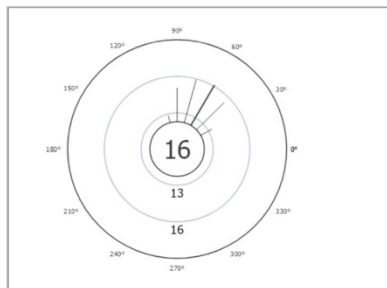
Properties	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Index
Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων Perpendicular illuminance Height: -0.000 m	818 lx	519 lx	1102 lx	0.63	0.47	CG10
Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων_Τοίχος 2 WW Perpendicular illuminance Height: 1.487 m	488 lx	177 lx	918 lx	0.36	0.19	CG11
Χώρος Πολλαπλών Χρήσεων_Τοίχος WW Perpendicular illuminance Height: 1.487 m	542 lx	241 lx	973 lx	0.44	0.25	CG12
Γραφείο Διεύθυνσης_Επιφάνεια Εργασίας Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	903 lx	633 lx	1362 lx	0.70	0.46	CG13
Γραφείο Διεύθυνσης_Meeting Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	817 lx	647 lx	931 lx	0.79	0.69	CG14

Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · 1ος όροφος (Light scene 1)

Calculation objects

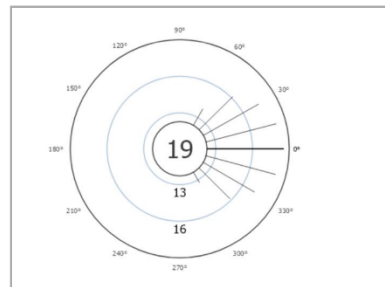
Θάμβωση_Γραφείο Διευθυντή
(RUG)

Strongest glare at	60°
max	16.1
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP6



Θάμβωση_Meeting (RUG)

Strongest glare at	0°
max	18.5
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.200 m
Index	CP7



Μελέτη

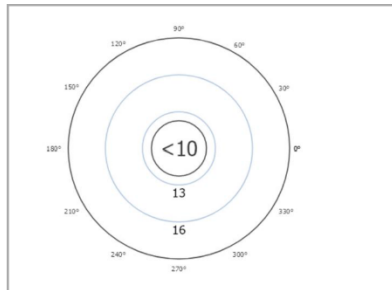
DIALux

Σχολή Μηχανικών Αεροσκαφών · 1ος όροφος (Light scene 1)

Calculation objects

Θάμβωση_Χώρος Πολλαπλών
Χρήσεων (RUG)

Strongest glare at	180°
max	<10
Target	≤19.0
Viewing sector	0° - 360°
Step width	15°
Height	1.600 m
Index	CP8



Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.