

ΑΣΤΡΟΤΟΥΡΙΣΜΟΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ ΕΝΑΣΤΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ

Ηλία Αγάπιος, Τρύφων Στέλιος

1010 Asteroskopeion
info@asteroskopeion.com

Περίληψη

Στο πλαίσιο του έργου “Αστροτουρισμός (Astrotourism [INTEGRATED/0918/0038])”^[1], το οποίο έχει ξεκινήσει τον Ιούνιο του 2020 και σκοπό έχει την έρευνα, δημιουργία και βελτιστοποίηση ενός καινοτόμου τουριστικού προϊόντος για την Κύπρο, διεξήχθη μια παγκύπρια υπαίθρια έρευνα με κύριο αντικείμενο την καταγραφή της φωτορύπανσης στην Κύπρο.

Απώτερος στόχος της έρευνας αυτής ήταν ο εντοπισμός των ιδανικότερων σημείων για αστροπαρατήρηση στο νησί αλλά και ο καθορισμός περιοχών για υποβολή προς τον Διεθνή Οργανισμό Προστασίας Σκοτεινών Ουρανών (IDA) για πιστοποίηση.

Η έρευνα διήρκησε 18 μήνες και συμπεριλάμβανε μεταξύ άλλων: Διερεύνηση υπάρχοντων δεδομένων όπως δορυφορικά στοιχεία & αρχεία παρατηρήσεων, συλλογή νέων δεδομένων και φωτογραφιών αλλά κυρίως, επιτόπιες διανυκτερεύσεις στην Κυπριακή ύπαιθρο για καθορισμό και αξιολόγηση σημείων για αστροπαρατήρηση.

Οι ερευνητές Αγάπιος Ηλία & Στέλιος Τρύφων από το 1010 Asteroskopeion, εξέδραμαν στην Κυπριακή ύπαιθρο και διαμένοντας σε αντίσκηνα σε διάφορα σημεία του νησιού καθ’ολη την διάρκεια των 18 μηνών, κατάφεραν να καταγράψουν τον νυκτερινό ουρανό οπτικά, φωτογραφικά με ευρυγώνιες λήψεις αλλά και με μετρήσεις MPSAS^[2] με όργανα SQM^[3] και να δώσουν ένα αποτύπωμα της ποιότητας του Κυπριακού έναστρου ουρανού.

Με βάση προκαταρκτικά στοιχεία που προέκυψαν από τις εξορμήσεις αυτές, προτάθηκαν τοποθεσίες οι οποίες κρίθηκαν κατάλληλες από τους φορείς για να διοργανωθούν οι πρώτες πιλοτικές δράσεις του έργου.

Τυχαίως, η έρευνα αυτή συνέπεσε με την περίοδο όπου οι πλείστοι δήμοι και κοινότητες στο νησί προέβαιναν σε αλλαγή των λαμπτήρων του οδικού φωτισμού στους LED^[4]. Η αλλαγή αυτή συνοδεύει με μια πτωτική τάση στις μετρήσεις της έρευνας και οδήγησε την ομάδα του έργου σε επαφές με διάφορους αρμόδιους φορείς για να ενημερωθούν για το θέμα αυτό και να εξεταστούν πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης.

Ως αποτέλεσμα της έρευνας, αξιολογήθηκαν και προτάθηκαν προς το έργο, 3 περιοχές οι οποίες πληρούν τα κριτήρια τα οποία έθεσαν οι φορείς του έργου αλλά και που θέτει η IDA^[5] και έχει αρχίσει η διαδικασία πιστοποίησης τους από τον προαναφερθέν οργανισμό, σε συνεργασία με το αρμόδιο κυπριακό τμήμα.

1. Εισαγωγή:

Η Κύπρος, ως μεσογειακό νησί, διαθέτει εξαιρετικό κλίμα και βέλτιστες καιρικές συνθήκες με εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό ανέφελου ουρανού, κυρίως κατά τις βραδινές ώρες. Οι υπαίθριες περιοχές του νησιού προσφέρονται ιδιαίτερα για αστροπαρατηρήσεις λόγω των μικρών αποστάσεων από τα αστικά κέντρα, ταυτόχρονα όμως για τον ίδιο λόγο, έχουν αρχίσει να επηρεάζονται δυσμενώς από την αύξηση της φωτορύπανσης που προέρχεται από αυτά. Οι

απόμακρες υπαίθριες περιοχές, κυρίως στην περιοχή της οροσειράς του Τροόδου, αν και ακόμη χαίρουν εξαιρετικών συνθηκών, έχουν επίσης αρχίσει να επηρεάζονται από την φωτορύπανση.

Η Κύπρος είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί στην περιοχή της Μεσογείου με έκταση 9,251 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Στο νησί με βάση τα τελευταία δημογραφικά στοιχεία, κατοικούν σχεδόν 1 εκατομμύριο μόνιμοι κάτοικοι^[6]. Υπάρχουν 6 μεγάλα αστικά κέντρα (Λευκωσία, Λεμεσός, Λάρνακα, Πάφος, Αμμόχωστος & Κερύνεια) και ένας μεγάλος αριθμός πολυπληθών κοινοτήτων, με κάποιες από αυτές να βρίσκονται στις ορεινές περιοχές. Τα αστικά κέντρα, όπως είναι αναμενόμενο, δημιουργούν εκτεταμένους θόλους φωτορύπανσης οι οποίοι διακρίνονται από την ύπαιθρο και συμβάλλουν στην μείωση της ποιότητας του νυκτερινού ουρανού σε αυτή.



Οι ορεινές κοινότητες του Τροόδου με εμφανή την φωτορύπανση που προκαλείται από τους λαμπτήρες οδικού φωτισμού. Επίσης διακρίνονται οι εγκαταστάσεις R.A.F. και Ε.Φ. στο Όρος Όλυμπος. Α. Ηλία - Σ. Τρύφων

2. Στόχος:

Ο κύριος στόχος της έρευνας μας ήταν ο εντοπισμός των καταλληλότερων σημείων για διεξαγωγή δραστηριοτήτων αστροπαρατηρήσης λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια και όρους που έθεσαν οι εταίροι του έργου αλλά και η αποτύπωση του επιπέδου της φωτορύπανσης στο νησί μας. Επίσης, οι περιοχές και τα σημεία αυτά θα έπρεπε να εμπίπτουν στις προδιαγραφές της I.D.A. (International Dark Sky Association) για να λάβουν πιστοποίηση ως προστατευόμενα.

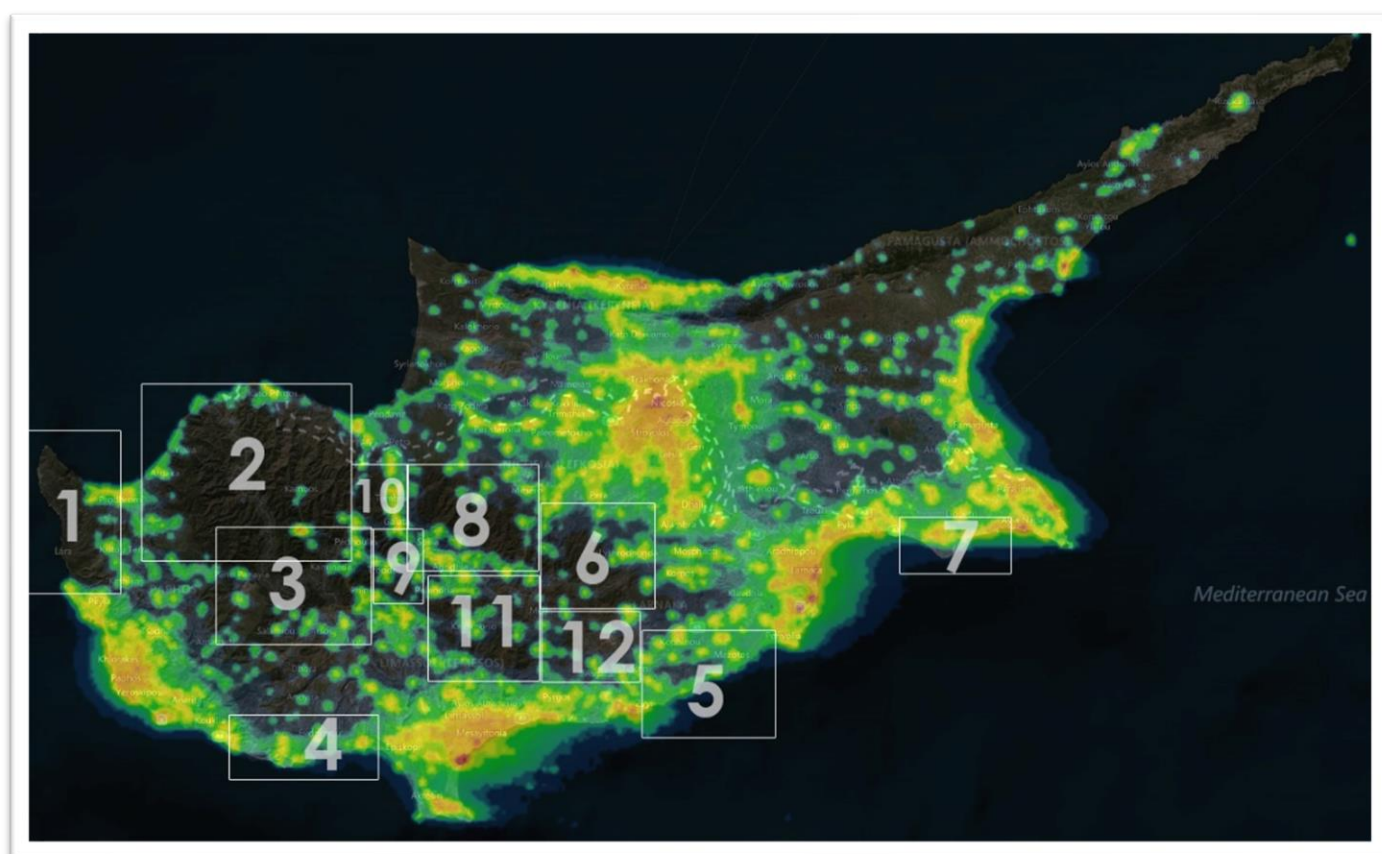
Κατά την διάρκεια των ερευνητικών εξορμήσεων, όλες οι πόλεις, δήμοι και σχεδόν όλες οι κοινότητες του νησιού προέβησαν στην αλλαγή των λαμπτήρων του οδικού φωτισμού εντός των ορίων τους από τους HPS (High Pressure Sodium) ζεστού χρώματος σε ψυχρούς LED, ακολουθώντας τις οδηγίες της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου η οποία και διέθεσε τους νέους λαμπτήρες αυτούς στις κοινότητες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της φωτορύπανσης στο νησί, γεγονός που συμπίπτει με πτωτικές τάσεις των μετρήσεων σε διάφορες τοποθεσίες. Επομένως, πρόσθετος στόχος έγινε η επαφή και η έναρξη διαλόγου με τους αρμόδιους φορείς, για ενημέρωση και αντιμετώπιση του προβλήματος της φωτορύπανσης.

3. Μεθοδολογία Έρευνας:

3.1 Προκαθορισμός τοποθεσιών εντός περιοχών (*Site Localisation*):

Χρησιμοποιώντας στοιχεία από τον ελεύθερα διαθέσιμο χάρτη φωτορύπανσης Light pollution map^[2], προκαθορίστηκαν οι γενικές περιοχές (*Areas*) στις οποίες θα διερευνούσαμε για να εντοπίσουμε τα καταλληλότερα σημεία (*Sites*). Καθορίστηκαν 12 περιοχές / ζώνες ως εξής:

- 1) Χερσόνησος Ακάμα
- 2) Δάσος Πάφου
- 3) Δάσος Κύκκου / Παναγιάς
- 4) Παραλιακή περιοχή Αυδήμου – Μελάντα
- 5) Άγιος Γεώργιος Αλαμάνου – Μαζωτός
- 6) Δάσος Μαχαιρά
- 7) Παραλιακή περιοχή Ξυλοφάγου
- 8) Κοιλιάδα Σολέας
- 9) Όρος Όλυμπος - ορυχεία Αμιάντου
- 10) Περιοχή Προδρόμου – Πεδουλά – Καλοπαναγιώτη
- 11) Περιοχή Αρακαπά
- 12) Περιοχή Αγίων Βαβατσινιάς



Οι 12 ζώνες έρευνας του έργου. Α.Ηλία - Σ. Τρύφων, Lightpollutionmap.info

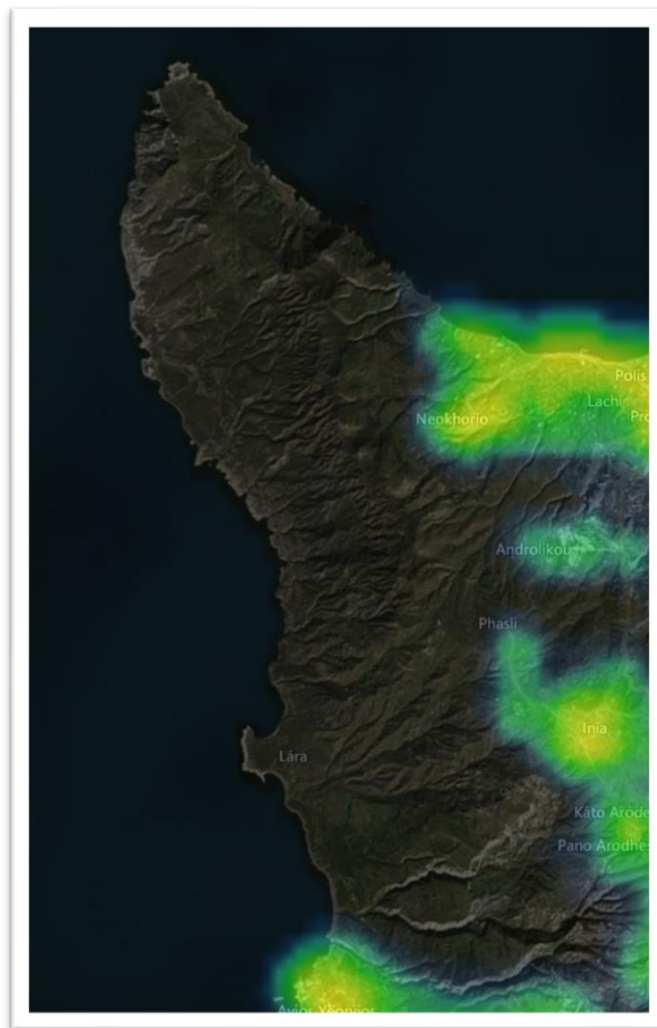
Για κάθε περιοχή, ακολούθησε αξιολόγηση των θετικών και αρνητικών της στοιχείων με βάση τα κριτήρια καταλληλότητας των εταίρων.

Ακολουθεί παράδειγμα για την περιοχή **1. Χερσόνησος Ακάμα:**

Χερσόνησος Ακάμα

Η Χερσόνησος Ακάμα αποτελεί ίσως το πιο γνωστό εθνικό πάρκο* της Κύπρου. Βρίσκεται στο Βορειοδυτικό άκρο του νησιού και καταλαμβάνει έκταση 230 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Διαθέτει καλή δασική κάλυψη, απομακρυσμένες παραλίες και πολλά ενδημικά είδη χλωρίδας & πανίδας (μια απο τις μόλις 22 περιοχές ενδημικότητας* στην Ευρώπη). Είναι καθορισμένη σαν περιοχή μείζονος κοινοτικής σημασίας εντός του δικτύου Natura 2000^[8].

Τα στοιχεία VIIRS 2019^[9] δεν δείχνουν ιδιαίτερες φωτοπηγές στην γενική περιοχή, γεγονός που θέτει την περιοχή ως ιδανική για αστροπαρατηρήσεις, εντούτις συστήνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την διαδικασία εντοπισμού κατάλληλης τοποθεσίας λόγω του καθεστώτος προστασίας / διασφάλισης της περιοχής. Επιπρόσθετα, το χαμηλό γενικό υψόμετρο της περιοχής καθώς και η έκθεση της στην θάλασσα, ίσως να είναι παράγοντες που θα κάνουν την περιοχή επιρρεπή σε αυξημένη υγρασία και νέφωση, γεγονός που θα έχει σημαντικό ρόλο στην διαδικασία επιλογής. Επίσης θα πρέπει να αξιολογηθούν επαρκώς οι όποιες ανθρώπινες δραστηριότητες, δραστηριότητες άγριας ζωής αλλά και παράγοντες εποχικότητας της περιοχής.



Χερσόνησος Ακάμα, VIIRS2019, Lightpollutionmap.info

Θετικά:

1) Απομακρυσμένη περιοχή

Η χερσόνησος είναι απομακρυσμένη & βρίσκεται στο βορειοδυτικότερο άκρο του νησιού. Αυτό διασφαλίζει ότι η περιοχή βρίσκεται μακριά από παράγοντες φωτορύπανσης όπως πόλεις και μεγάλες κοινότητες. Η περιοχή είναι εθνικό πάρκο και ως αποτέλεσμα δεν αναμένονται ιδιαίτερες πηγές φωτορύπανσης εντός των ωρίων του πάρκου. Οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των πηγών φωτορύπανσης στην περιοχή θα είναι σημαντικός παράγοντας για τις καλές βαθμολογίες ποιότητας νυκτερινού ουρανού που αναμένονται από την περιοχή αυτή.

2) Προσβασιμότητα

Το εθνικό πάρκο είναι εύκολα προσβάσιμο καθώς υπάρχουν αρκετοί δρόμοι και μονοπάτια που οδηγούν σε αυτό. Γενικά, πρόσβαση στο πάρκο υπάρχει διαμέσου της κοινότητας Πέγεια ή Πόλις Χρυσοχούς, οι δύο μεγαλύτερες κοινότητες πλησίον του πάρκου. Το πάρκο διαθέτει αρκετά καθορισμένα μονοπάτια εξερεύνησης φύσης και τοποθεσίες ενδιαφέροντος εντός των ορίων του.

3) Εθνικό Δασικό Πάρκο / Εδραιωμένη τουριστική ατραξιόν

Το πάρκο είναι ένα από τα κυριότερα σημεία ενδιαφέροντος για τουρίστες με πολλές δραστηριότητες εξειδικευμένου τουρισμού να λαμβάνουν χώρα (όπως ορειβασία, τρέξιμο σε μονοπάτια, πτηνοπαρατήρηση, καταδύσεις κ.α.)

Αρνητικά:

1) Εκτεθειμένη παραθαλάσσια περιοχή

Το πάρκο διαθέτει σχετικά χαμηλό υψόμετρο και είναι γενικά επίπεδο. Η εγγύτητα του προς την θάλασσα καθώς και ο βορειοδυτικός προσανατολισμός του το κάνουν ιδιαίτερα ευπαθή αφού οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι βορειοδυτικοί. Οι άνεμοι αυτοί βοηθούν στην εισροή υγρών αέριων μαζών με χαμηλές νεφώσεις και αυξημένα επίπεδα υγρασίας. Ως αποτέλεσμα αναμένεται ότι τα επίπεδα υγρασίας θα είναι υψηλά και η διαφάνεια του νυκτερινού ουρανού θα είναι χαμηλή.

2) Προστατευόμενη περιοχή

Το πάρκο είναι περιοχή υψίστης σημασίας για την χλωρίδα & πανίδα του τόπου και διαθέτει υψηλό καθεστώς προστασίας. Είναι μέρος του δικτύου Natura2000 και περιοχή Ειδικής Προστασίας για την χλωρίδα & την πανίδα. Θα πρέπει να διασφαλίσουμε ότι οποιοσδήποτε δραστηριότητες μας εντός της περιοχής θα γίνουν με την δέουσα προσοχή έτσι ώστε να μην τεθεί σε κίνδυνο ή να επηρεαστεί το πάρκο καθ'οποιονδήποτε τρόπο.

3) Ανθρώπινες Δραστηριότητες & Άγρια Ζωή

Το πάρκο υπόκειται σε παράνομες δραστηριότητες αλίευσης & κυνηγίου. Αναμένεται αυξημένη κίνηση από παράνομους κυνηγούς & ψαράδες. Πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας κατά την διάρκεια κυνηγετικών περιόδων (επίσημων και ανεπίσημων) εφόσον το παράνομο κυνήγι άγριας ζωής είναι διαδεδομένο στην Κύπρο.

4) Κίνδυνος πυρκαγιάς

Λόγω της μεγάλης δασικής έκτασης το πάρκο είναι ιδιαίτερα ευάλωτο σε πυρκαγιές ειδικά κατά τις θερινές περιόδους. Υπάρχουν επίσης πολυάριθμα καταγεγραμμένα περιστατικά εμπρηστικών επεισοδίων.

Κατά τον ίδιο τρόπο προαξιολογήθηκαν και οι υπόλοιπες 11 περιοχές με τα ανάλογα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, οι προαξιολογήσεις αυτές εμπλουτίστηκαν με ανατροφοδότηση από τους περιβαλλοντικούς συνεργάτες του έργου (ΑΚΤΗ – Κέντρο Μελετών^[10]) με στοιχεία αναφορικά με την χλωρίδα και πανίδα της κάθε περιοχής, προστατευόμενα / ενδημικά είδη κ.α. Επίσης, ο επικεφαλής οργανισμός του έργου, το ταξιδιωτικό γραφείο TOP KINISIS^[11], ανατροφοδότησε τη μελέτη με στοιχεία τουριστικού/εμπορικού ενδιαφέροντος για την κάθε περιοχή. Καθ'αυτόν τον τρόπο οι περιοχές εξετάστηκαν σφαιρικά με σκοπό την καλύτερη τελική αξιολόγηση.

Ακολούθως, ετοιμάστηκε ένα ενδεικτικό πλάνο εξορμήσεων καθώς και υποστηρικτικά αρχεία συλλογής δεδομένων για την διεξαγωγή της έρευνας.

3.2 Μετρήσεις MPSAS με συσκευή SQM

Χρησιμοποιήθηκαν 2 συσκευές *Sky Quality Meter* της εταιρείας *Unihedron* για την καταγραφή των μετρήσεων μεγέθους ανα τετραγωνικό δευτερόλεπτο τόξου (*magnitude per square arc second* – *MPSAS*). Οι συσκευές ελέγχθηκαν ως προς την απόδοση τους και διαπιστώθηκε ότι σε πολλαπλές μετρήσεις κατέγραφαν ακριβώς τις ίδιες τιμές.

Οι συσκευές SQM καταγράφουν τιμές από ~**16.00** μέχρι ~**23.00** που αντιστοιχούν σε μεγέθη ανα τετραγωνικό δευτερόλεπτο τόξου. Ο νυκτερινός ουρανός σε μια μεγαλούπολη ή το βράδυ με πανσέληνο αντιστοιχεί σε τιμές κοντά στο ~**16.00** ενώ οι σκοτεινότερες και πιο απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη μας έχουν τιμές ~**22.00+**



Συσκευή SGM-L της Unihedron.
www.unihedron.com

Ιστορικά στοιχεία:

Σε γενικές γραμμές και με βάση πολυετή εμπειρικά στοιχεία, ο νυκτερινός ουρανός στην ύπαιθρο αξιολογούνταν ως αρκετά καλός, με ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες να επικρατούν στις απομακρυσμένες ορεινές περιοχές της οροσειράς του Τροόδου. Οι θόλοι φωτορύπανσης από τις πόλεις αν και ήταν ορατοί σε χαμηλά ύψη εντούτις δεν ήταν ιδιαίτερα αποτρεπτικοί για παρατηρήσεις βαθέως ουρανού.



Η κλίμακα MPSAS των συσκευών SQM. www.unihedron.com

Συγκεκριμένα και με βάση ιστορικά στοιχεία που συνέλεξαν οι γράφοντες, ακολουθούν πιο κάτω μετρήσεις αρχείου SQM (MPSAS) για ορισμένα γνωστά και καθιερωμένα σημεία αστροπαρατήρησης:

- 1) Υδ. Ευλιάτου: **21.45**
- 2) Αστροπάρκο Αμιάντου: **21.49**
- 3) Παραλία Μαζωτού: **21.15**
- 4) Ορεινή περιοχή Παλαιχωρίου – Αγρού: **21.38**

Κατα την διάρκεια της ερευνητικής περιόδου, διαφάνηκε ότι υπάρχει απόκλιση από τις ιστορικές μετρήσεις αυτές, γεγονός που δύναται να οφείλεται κυρίως στην μεγάλη πολεοδομική ανάπτυξη που έχει επισυμβεί σε πολλές περιοχές του νησίου αλλά και ειδικότερα στις ορεινές περιοχές. Με βάση τα νέα στοιχεία, οι πιο πάνω περιοχές πλέον καταγράφουν τιμές MPSAS ως ακολούθως:

- 1) Υδ. Ευλιάτου: **21.25**
- 2) Αστροπάρκο Αμιάντου: **21.24**
- 3) Παραλία Μαζωτού: **20.89**
- 4) Ορεινή περιοχή Παλαιχωρίου – Αγρού: **20.87**

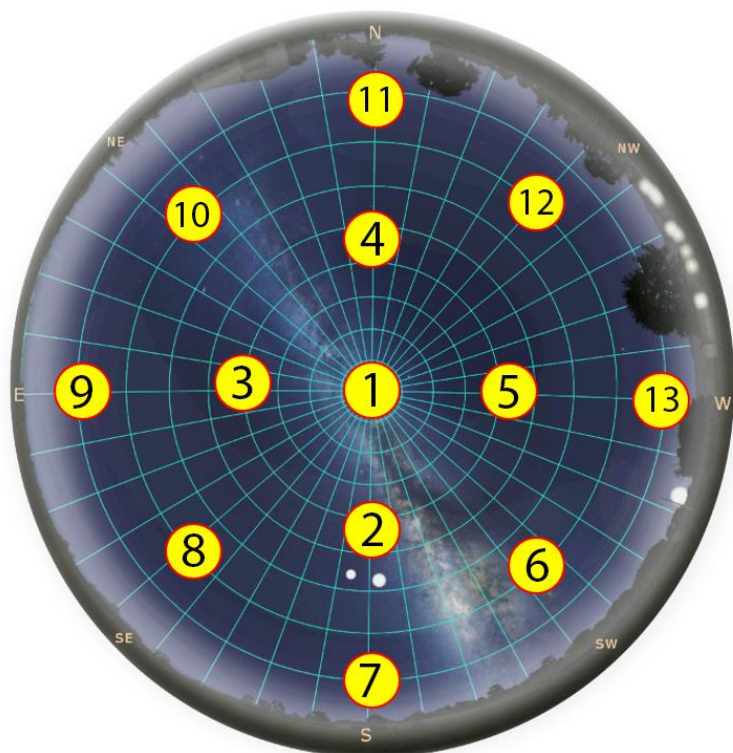
3.3 Πλέγμα 12+1 σημείων

Δημιουργήθηκε “πλέγμα” με 12+1 σημεία καταγραφής μετρήσεων. Οι ερευνητές κατέγραφαν τις ανάλογες μετρήσεις σε κάθε σημείο του πλέγματος γραπτώς.

Το πλέγμα αποσκοπεί στο να υπάρχει μια ομοιομορφία στην καταγραφή των μετρήσεων αλλά και στο να παρέσχει μια πιο πλήρη εικόνα της γενικής εντύπωσης που αφήνει η φωτορύπανση, είτε σε ολόκληρο τον ουράνιο θόλο όπου αυτό είναι εφικτό, είτε στο μεγαλύτερο μέρος του.

Τα σημεία μετρήσεως του πλέγματος είναι διασκορπισμένα στον ουράνιο θόλο ως εξής:

1. Ζενίθ
2. Νότια – 45 μοίρες ύψος
3. Ανατολικά – 45 μοίρες ύψος
4. Βόρεια – 45 μοίρες ύψος
5. Δυτικά – 45 μοίρες ύψος
6. Νοτιοδυτικά – 20 μοίρες ύψος
7. Νότιος Ορίζοντας
8. Νότιοανατολικά – 20 μοίρες ύψος
9. Ανατολικός Ορίζοντας
10. Βόρειοανατολικά – 20 μοίρες ύψος
11. Βόρειος Ορίζοντας
12. Βόρειοδυτικά – 20 μοίρες ύψος
13. Δυτικός Ορίζοντας



Το πλέγμα 12+1 σημείων που χρησιμοποιήθηκε για τις καταγραφές. Α.Ηλία - Σ. Τρύφων

Η μεθοδολογία καταγραφής βασίστηκε στις οδηγίες της I.D.A. για λήψη μετρήσεων στο ζενίθ, ενισχύθηκε όμως με πολλαπλά σημεία καταγραφής, για να διαφανεί καλύτερα το πρόβλημα φωτορύπανσης από τους θόλους των μεγάλων αστικών κέντρων ή και άλλων πηγών, στοιχείων σημαντικών για πιο σωστή αξιολόγηση του Κυπριακού νυκτερινού ουρανού, βάσει των ιδιαιτεροτήτων του.

3.4 Λίστα καταγραφής μετρήσεων και άλλων στοιχείων (Checklist)

Για την εύτακτη καταγραφή των μετρήσεων αλλά και συλλογή άλλων στοιχείων ενδιαφέροντος, σχεδιάστηκε λίστα τύπου “checklist”. Η λίστα αυτή συλλέγει μεταξύ άλλων τα εξής δεδομένα:

- Γενικά στοιχεία τοποθεσίας
- Γεωγραφικές συντεταγμένες
- Υψόμετρο
- Πλησιέστερα σημεία ενδιαφέροντος:
- Αστυνομικοί σταθμοί
- Δασικοί σταθμοί
- Κέντρα υγείας
- Σταθμοί ανεφοδιασμού καυσίμων

- Σημεία ανατροφοδοσίας (υπεραγορές, περίπτερα κ.λ.π.)

Δυναμικός πίνακας καταγραφής μετρήσεων SQM:

Το checklist περιλαμβάνει ένα δυναμικό πίνακα που καταγράφει τις μετρήσεις που έχουν ληφθεί. Μέσω φόρμουλας καταγράφει την μέγιστη και ελάχιστη μέτρηση, ορίζει χρωματισμό ανάλογο με την κλίμακα Bortle και εμφανίζει το συνολικό μέσο όρο των μετρήσεων αλλά και την συνολικά καλύτερη μέτρηση με κατηγοριοποίηση χρώματος.

SKY DATA											
SQM	AVG:	EARLY	MID	LATE	SCORE	DIRECTION	SQMAVG	EARLY	MID	LATE	
N HOR:	20.99	✓	✓	✓	20.99	N HOR:	20.99	20.77	21.10	21.10	
N 45D:	20.97	✓	✓	✓	20.97	N 45D:	20.97	20.92	21.00	21.00	
ZENITH	21.59	✓	✓	✓	21.59	ZENITH:	21.59	21.52	21.62	21.62	
S HOR:	20.86	✓	✓	✓	20.86	S HOR:	20.86	20.77	20.90	20.91	
S 45D:	20.94	✓	✓	✓	20.94	S 45D:	20.94	20.90	20.96	20.96	
E HOR:	20.98	✓	✓	✓	20.98	E HOR:	20.98	20.82	21.06	21.06	
E 45D:	21.00	✓	✓	✓	21.00	E 45D:	21.00	20.93	21.02	21.04	
W HOR:	20.90	✓	✓	✓	20.90	W HOR:	20.90	20.79	20.96	20.96	
W 45D:	21.07	✓	✓	✓	21.07	W 45D:	21.07	21.02	21.10	21.10	
NW 45D:	20.94	✓	✓	✓	20.94	NW 45D:	20.94	20.91	20.96	20.96	
SW 45D:	21.01	✓	✓	✓	21.01	SW 45D:	21.01	20.94	21.04	21.04	
SE 45D:	20.96	✓	✓	✓	20.96	SE 45D:	20.96	20.93	20.97	20.99	
NE 45D:	20.83	✓	✓	✓	20.83	NE 45D:	20.83	20.79	20.84	20.86	
						LIMITING VISUAL MAGNITUDE AT ZENITH					
Bortle Scale: 6 5 4 4 3 2 1						Mag: + 5.26 (16 Vulpecula)		TIME: 21:20:00			
Overall Average: 21.00						Mag: + 5.51 (49 Cygni)		TIME: 21:48:00			
Overall Best: 21.62						Mag: + 5.40 (71 Peg)		TIME: 01:02:00			
						Mag: + 5.78 (HR 523)		TIME: 02:29:00			
						Mag: + 5.66 (84 Ursa Major)		TIME: 04:50:00			

Δείγμα του πίνακα καταγραφής μετρήσεων. Α. Ηλία, Σ. Τρύφων

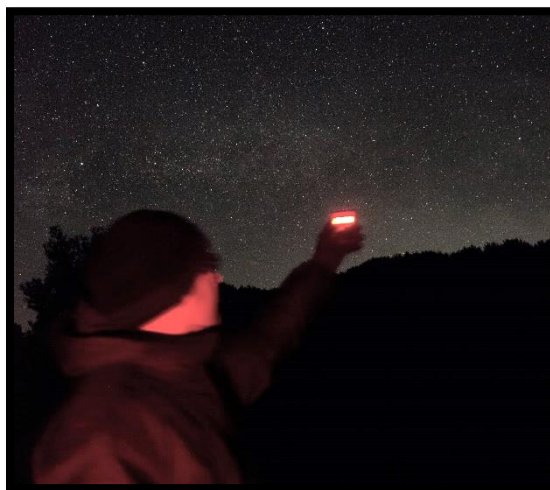
Επίσης στον πίνακα καταγράφονται άλλες χρήσιμες πληροφορίες όπως:

- 1) Μετρήσεις ελάχιστου φαινόμενου μεγέθους αστέρα με γυμνό οφθαλμό στο ζενίθ:**
Καταγράφονται οι αστέρες που παρατηρήθηκαν στο ζενίθ.
- 2) Μετεωρολογικά στοιχεία:**
Μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, σημείου δρόσου. Χρησιμοποιήθηκε φορητός μετεωρολογικός σταθμός χειρός τύπου Kestrel.
- 3) Checklist φωτογραφικών λήψεων:**
Αναγράφονται οι λήψεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε κάθε επίσκεψη.
- 4) Γενικές σημειώσεις ενδιαφέροντος:**
Διαδικασία εκκίνησης προς τοποθεσία, καθοδόν, άφιξης, εκτέλεσης και αναχώρηση από τοποθεσία

Μεθοδολογία μετρήσεων:

Σε κάθε σημείο του πλέγματος, διεξάγονταν τουλάχιστον 3 μετρήσεις με την συσκευή SQM και αυτές καταγράφονταν γραπτώς. Στο στάδιο που οι μετρήσεις καταγράφονταν στο ηλεκτρονικό αρχείο, οι μέσες τιμές υπολογίζονταν αυτόματα και κατηγοριοποιούνταν αναλόγως με χρωματισμό που δυσκινεί την χαμηλότερη και την ψηλότερη τιμή.

Σε περίπτωση όπου κάποια κατεύθυνση του πλέγματος δεν ήταν εφικτή για μέτρηση λόγω φυσικού ή άλλου εμποδίου, λαμβανόταν υπόψη η πλησιέστερη ελεύθερη & μετρήσιμη κατεύθυνση. Στις περιπτώσεις όπου η παρεμπόδιση ήταν εκτενής, τότε δεν λαμβανόταν μέτρηση.



Ο Ερευνητής Α. Ηλία ενώ λαμβάνει μετρήσεις σε μία από τις τοποθεσίες διερεύνησης. Α. Ηλία - Σ.Τρύφων

Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται 3 φορές κατά τη διάρκεια της νύκτας:

- 1) **Νωρίς:** Με το πέρας του λυκοφωτός, κατά την ώρα του αστρονομικού σκότους
- 2) **Κατά το μέσο της νύκτας:** Περι τις μεσονύκτιες ώρες
- 3) **Αργά:** Πρίν την έλευση του λυκοφωτός, κατά την διάρκεια του αστρονομικού σκότους.



Διαμονή σε αντίσκηνα στην ύπαιθρο για εκτέλεση των μετρήσεων

Ο μέσος όρος των μετρήσεων της κάθε κατεύθυνσης υπολογίζεται αυτόματα από το αρχείο και χρωματίζεται στη βάση της κλίμακας Bortle^[12]. Ακολούθως το αρχείο υπολογίζει και παρουσιάζει την καλύτερη μέτρηση της βραδιάς αλλά και τον συνολικό μέσο όρο όλων των μετρήσεων.

Εποχικότητα

Οι εξορμήσεις για μετρήσεις σε κάθε τοποθεσία, επαναλήφθηκαν **μια φορά κάθε εποχή**, για πιο σφαιρική αποτύπωση της εμπειρίας στην κάθε τοποθεσία και καθορισμό τυχών προκλήσεων και ιδιαιτεροτήτων όπως καιρικά στοιχεία (ψύχος, χιονοκάλυψη, παρεμπόδιση πρόσβασης λόγω χιονοκάλυψης, υγρασία, κ.λ.π.)



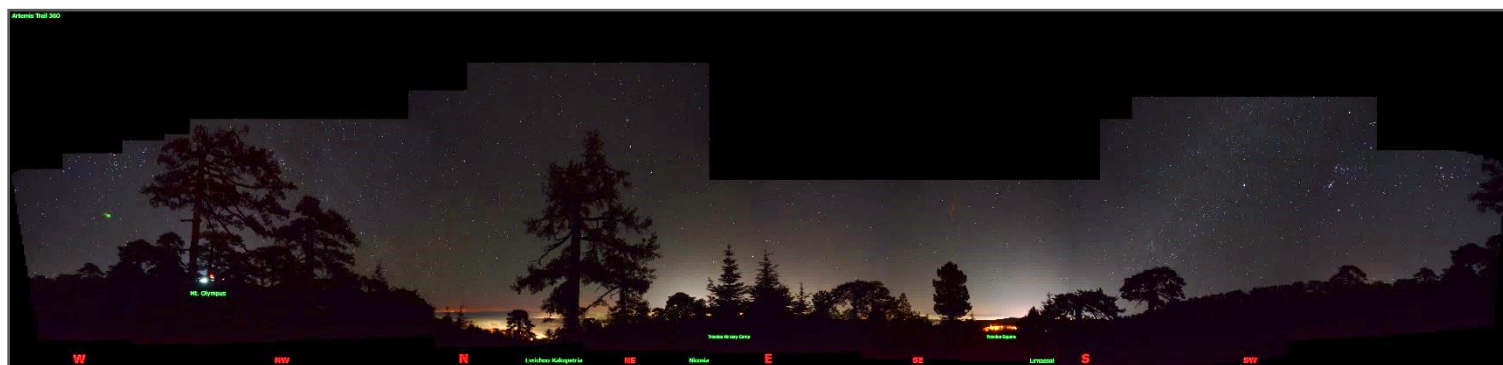
Τοποθεσία "#2" με χιονοκάλυψη

3.5 Φωτογραφικές αποτυπώσεις:

Πραγματοποιήθηκαν φωτογραφικές λήψεις με σκοπό την αποτύπωση των θόλων φωτορύπανσης (Light domes) αλλά και της γενικής ποιότητας του νυκτερινού ουρανού με πλάνα γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. ευρυγώνια πλάνα καταγραφής αστερισμών, λήψεις γαλαξία κ.λ.π.).

Οι τεχνικές ρυθμίσεις και η μεθοδολογία των λήψεων ήσαν όμοιες, για να διασφαλιστεί η ομοιομορφία στα αποτελέσματα.

Οι λήψεις έγιναν με φωτογραφικές μηχανές DSLR ιδίου τύπου, με ευρυγώνιο φακό 18mm σε τρίποδα. Δημιουργήθηκαν επίσης πανοράματα για την αποτύπωση του ορίζοντα έτσι ώστε να διαφανεί η έκταση των θόλων αλλά και τα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια για κάθε τοποθεσία.



Πανοράμα ορίζοντα 360 μοιρών για την τοποθεσία #4 στο Όρος Τρόδος

4. Αποτελέσματα

4.1 Προτεινόμενες περιοχές για Πιστοποίηση Dark Sky (I.D.A.)

Οι περιοχές που αναδείχθηκαν ως οι ιδανικότερες για πρόταση πιστοποίησης μέσω της I.D.A. ή και άλλων οργανισμών π.χ. Fundación Starlight^[13] είναι οι εξής:

- 1) Δάσος Πάφου
- 2) Όρος Όλυμπος, Τρόδος
- 3) Δάσος Μαχαιρά

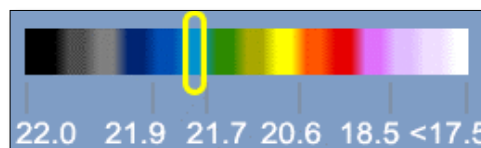
Πραγματοποιήθηκαν υγιείς συναντήσεις ενημέρωσης με τον αρμόδιο φορέα διαχείρισης των πιο πάνω περιοχών, το Τμήμα Δασών^[14], στις οποίες αφού έγινε ενημέρωση για το έργο και τον σκοπό του, παρουσιάστηκε η μεθοδολογία μετρήσεων και τα ευρήματα, και σε συνεργασία με το Τμήμα καθορίστηκαν οι περιοχές για τις οποίες έχει ήδη αρχίσει η διαδικασία πιστοποίησης μέσω της I.D.A από το αρμόδιο Κυπριακό Παράρτημα^[15].

4.2 Προτεινόμενες τοποθεσίες αστροπαρατήρησης

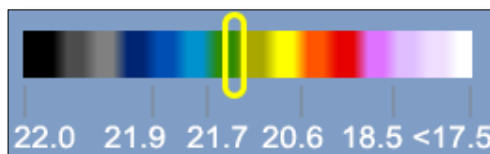
Με το πέρας της 18μηνιας έρευνας πεδίου, έχοντας ολοκληρώσει την συλλογή & αξιολόγηση των δεδομένων και μετά από εκτενείς διαβουλεύσεις με τους εταίρους του έργου για να διασφαλισθεί ότι οι τελικές τοποθεσίες πληρούν τα κριτήρια που είχε θέσει η κάθε ομάδα (περιβαλλοντικά, εμπορικά,

προσβασιμότητας κ.λ.π.), η ομάδα κατέληξε προτείνοντας τις εξής τοποθεσίες:

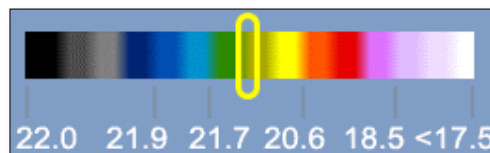
- 1) **Δάσος Πάφου: Τοποθεσία #1**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.74**



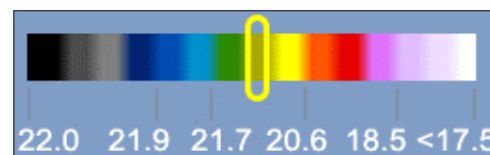
- 2) **Όρος Όλυμπος, Τρόδος: Τοποθεσία #2**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.62**



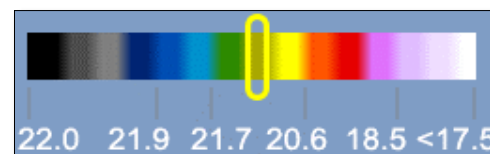
- 3) **Χερσόνησος Ακάμα: Τοποθεσία #3**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.38**



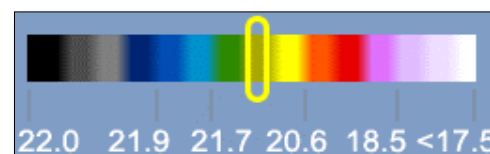
- 4) **Όρος Όλυμπος, Τρόδος: Τοποθεσία #4**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.24**



- 5) **Όρος Όλυμπος, Τρόδος: Τοποθεσία #5**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.22**



- 6) **Δάσος Μαχαιρά: Τοποθεσία Τοποθεσία #6**
Καλύτερη μέτρηση SQM: **21.20**



4.3 Πρωτική τάση μετρήσεων

Οι μετρήσεις σε πολλαπλά σημεία (sites) επιδκνεύουν μια γενικά πρωτική τάση. Αυτό δύναται να συσχετίζεται με την ταυτόχρονη με την ερευνητική περίοδο, σταδιακή αλλαγή των λαμπτήρων HPS σε LED σε όλο σχεδόν το δίκτυο οδικού φωτισμού στην Κύπρο. Ακολουθεί παράδειγμα τοποθεσίας με σοβαρή απόκλιση στις τιμές, παρόλο που οι συσκευές, η μεθοδολογία και οι καιρικές συνθήκες ήσαν όμοιες και για τις δύο βραδιές μετρήσεων:

Τοποθεσία #10

Ημερομηνία: 9 Ιουνίου 2021
Μέσος όρος μετρήσεων: **21.52**

Ημερομηνία: 2 Αυγούστου 2022
Μέσος όρος μετρήσεων: **21.19**

Όμοιες αποκλίσεις αλλά σε λιγότερο βαθμό εντοπίζονται και σε άλλες τοποθεσίες.

5. Συζήτηση

Μέσα απο την διαδικασία της διερεύνησης και συλλογής των πιο πάνω στοιχείων, διαφάνηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) **Το νησί διαθέτει αρκετά υψηλό επίπεδο ποιότητας νυκτερινού ουρανού:** Λήφθηκαν μετρήσεις με τιμές μεγαλύτερες του 21.20 (ελάχιστη τιμή για θεώρηση ως αξιόλογη σκοτεινή περιοχή απο IDA σε πολλές απο τις τοποθεσίες που έτυχαν διερεύνησης. Συγκριτικά, στην βάση δεδομένων της Unihedron^[6], η σκοτεινότερη μέτρηση στην Κύπρο είναι εφάμιλλη με μετρήσεις που έχουν ληφθεί κατα καιρούς σε κατεξοχήν εξαιρετικές τοποθεσίες στον κόσμο όπως:

α) Galileo National Telescope, Roque de los Muchachos, La Palma
β) Hakos Astrofarm, Namibia

- 2) **Οι περιοχές που διαθέτουν εξαιρετικά σκοτεινό ουρανό είναι εύκολα προσβάσιμες και σε μικρές αποστάσεις απο πόλεις και κοινότητες:**

Η πρόσβαση γίνεται μέσα απο ανεπτυγμένο οδικό δίκτυο, με κοντινές αποστάσεις σε σημεία τροφοδοσίας και με μικρό χρόνο διέλευσης, λόγω του μικρού μεγέθους του νησιού. Για παράδειγμα, η απόσταση απο το κέντρο της Λευκωσίας μέχρι την πιο σκοτεινή περιοχή, είναι περίπου 2 ώρες και 30 λεπτά, ενώ πρόσβαση σε περιοχές με ουρανό επιπέδου 21.20 και άνω υπάρχει μόλις στα 45 λεπτά (Λευκωσία – Υδ. Ξυλιάτου). Μεγάλο ρόλο στην παρεμπόδιση των θόλων φωτορύπανσης απο τις πόλεις παίζει η μορφολογία του εδάφους, αφού στις ορεινές περιοχές οι βουνοκορφές του Τροόδου λειτουργούν σαν πέτασμα που αποκρύπτει το πρόβλημα και συμβάλει στην διατήρηση των τιμών σε ψηλά επίπεδα.

- 3) **Ταυτόχρονα, στο νησί υπάρχει σοβαρό πρόβλημα φωτορύπανσης.**

- I. Σε πολλές ορεινές κοινότητες, ειδικά σε αυτές που οι μόνιμοι κάτοικοι είναι ολιγάριθμοι και κυρίως ηλικιωμένοι, υπάρχει υπερβολικός αριθμός λαμπτήρων του οδικού δικτύου οι οποίες παραμένουν αναμμένες καθ'όλη την διάρκεια της νύκτας χωρίς να εξυπηρετούν κάποιο εμφανή σκοπό.
- II. Σε ολόκληρο το νότιο παραλιακό μέτωπο των ελεύθερων περιοχών απο το Παραλίμνι, μέχρι και τα νότια όρια του Ακάμα, η φωτορύπανση έχει αυξηθεί σημαντικά λόγω μεγάλου ρυθμού ανάπτυξης (παραλιακά προάστια Λάρνακας, Λεμεσού), με αποτέλεσμα οι σκοτεινότερες περιοχές να μην έχουν τιμές άνω του 21.00
- III. **Εντοπίστηκαν 3 κύριες πηγές φωτορύπανσης** οι οποίες βρίσκονται εντός ευαίσθητων δασικών περιοχών και για τις οποίες έγιναν επαφές με τους αρμόδιους φορείς για ενημέρωση και αντιμετώπιση του προβλήματος. Οι πηγές αυτές είναι:

A) Δάσος Μαχαιρά: Εγκαταστάσεις Αρχής Τηλεπικοινωνιών Κύπρου στην κορυφή του Όρους Κιόνια. Φωτίζονται περιμετρικά με προβολείς υψηλής έντασης που είναι ορατοί σε μεγάλες αποστάσεις.

Β) Όρος Όλυμπος, Τρόδος: Στρατιωτικές εγκαταστάσεις R.A.F. & Εθνικής Φρουράς Κύπρου. Φωτίζονται περιμετρικά με προβολείς υψηλής έντασης που είναι ορατοί σε μεγάλες αποστάσεις.

Γ) Δάσος Κύκκου: Μνημείο Εθνάρχη Μακαρίου, Θρονί. Φωτίζεται περιμετρικά απο την βάση του προς τα επάνω (!) με προβολείς υψηλής έντασης. Θόλος φωτορύπανσης που προκύπτει απο το μνημείο αυτό καταγράφεται σε περιοχές του Δάσους Πάφου, Δάσος Παναγιάς και Τρόδους.



Κιόνια - Δάσος Μαχαιρά



Θρονί - Μνημείο Μακαρίου



Εγκαταστάσεις R.A.F.(αριστερά) & Ε.Φ. Κύπρου (δεξιά) Τρόδος

Επίλογος

Εάν αναλογιστούμε τα εξής:

- 1) το μεσογειακό κλίμα της Κύπρου, με τον πολύ υψηλό αριθμό ανέφελων ημερών/νυκτών
- 2) την εύκολη προσβασιμότητα και την εγγύτητα των περιοχών με σκοτεινό ουρανό στις ανεπτυγμένες πόλεις και περιοχές με υποδομές
- 3) Το υψηλό επίπεδο του νυκτερινού ουρανού που υπάρχει στις περιοχές αυτές

Τότε, η Κύπρος μπορεί να θεωρηθεί ως μια χώρα εξαιρετικά κατάλληλη για ενασχόληση με την αστρονομική παρατήρηση, είτε σε προσωπικό/ερασιτεχνικό επίπεδο, είτε σε επίπεδο ερευνητικό / επαγγελματικό. Ο Αστροτουρισμός, ως μια νέα εναλλακτική πρόταση καινοτόμου τουρισμού, βρίσκει πολύ εύκολα ωφέλιμο πεδίο ανάπτυξης και δραστηριοποίησης στην Κύπρο. Ευελπιστούμε πως η ανάδειξη των πιο πάνω συμπερασμάτων και οι δράσεις που τροχοδρομήθηκαν χάρις σε αυτά, θα παίξουν σημαντικό

ρόλο στην αντιμετώπιση του προβλήματος της φωτορύπανσης σε γενικό πλαίσιο αλλά και μεμονωμένα, έτσι ώστε φαινόμενα ανεξέλεγκτου και αχρείαστου φωτισμού όπως αυτά που παρουσιάζονται πιο πάνω να αντιμετωπιστούν έγκαιρα και επικοδομητικά, για το κοινό συμφέρον όλων.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά για την ευκαιρία, την εμπιστοσύνη και την εξαιρετική συνεργασία:

- Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας,
- Ομάδα Έργου “Astrotourism (INTEGRATED/0918/0038)”

Το έργο Αστροτουρισμός (Integrated/0918/0038) συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και την Κυπριακή Δημοκρατία μέσω του ιδρύματος Έρευνας και Καινοτομίας.



Αναφορές

- [1] Άρχισε η υλοποίηση του Προγράμματος «Αστροτουρισμός στην Κύπρο», Ο Αστροτουρισμός οργανώνεται στην Κύπρο
{<https://www.philenews.com/oikonomia/kypros/article/1263395> &
<https://www.brief.com.cy/oikonomia/kypros/arhise-i-ylopoiisi-toy-programmatos-astrotoyrismos-stin-kypro>}
- [2] Unihedron FAQ { <http://www.unihedron.com/projects/darksky/faqsqml.php> }
- [3] Unihedron SQM-L { <http://www.unihedron.com/projects/sqm-l/> }
- [4] ΦΙΛΕΛΕΥΘΕΡΟΣ, 8 Φεβρουαρίου 2020: “Μας αλλάζει τα φώτα η ΑΗΚ”
{ <https://www.philenews.com/koinonia/eidiseis/article/872628> }
- [5] International Dark Sky Association, Eligibility
{ <https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/become-a-dark-sky-place/> }
- [6] Wikipedia, Κύπρος { <https://el.wikipedia.org/wiki/Κύπρος> }
- [7] Light Pollution Map, Jurij Stare { www.lightpollutionmap.info }
- [8] Natura 2000 { https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm }
- [9] Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), Nasa Earth Data
{ <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/find-data/near-real-time/viirs> }
- [10] ΑΚΤΗ Κέντρο Μελετών & Έρευνας { <http://www.akti.org.cy/> }
- [11] TOP KINISIS Ταξιδιωτικοί Πράκτορες – Project Leader { www.topkinisis.com }
- [12] Bortle Dark Sky Scale { <https://www.juliandarkskynetwork.com/sky-quality.html> }
- [13] Fundacion Starlight { <https://fundacionstarlight.org/> }
- [14] Τμήμα Δασών, Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης & Περιβάλλοντος
{ http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/index_gr/index_gr?OpenDocument }
- [15] International Dark Sky Association, Cyprus Chapter
{ <http://www.cyprusastronomy.org/index.php/about/ida-cyprus> }
- [16] Unihedron, SQM Database
{ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/database/?allreadings=true> }