

## Η ΔΥΣΜΕΝΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΣΠΗΛΑΙΩΝ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΤΟΥΣ ΔΙΑΚΟΣΜΟ, ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

από τον

Δ. ΒΑΚΑΛΟΥΝΑΚΗ

Οι ιδιόζουσες συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον των σπηλαίων έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας χαρακτηριστικής εγγενούς μικροκλωρίδας και μακροκλωρίδας, η οποία λόγω της παρουσίας του ανθρώπου, είναι δυνατόν να υφίσταται σε σημαντικό βαθμό τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές τροποποιήσεις. Οι τροποποιήσεις αυτές είναι το αποτέλεσμα αλλαγών στο μικροπεριβάλλον των σπηλαίων που δημιουργούνται σαν απόρροια της τουριστικής αξιοποίησής τους.

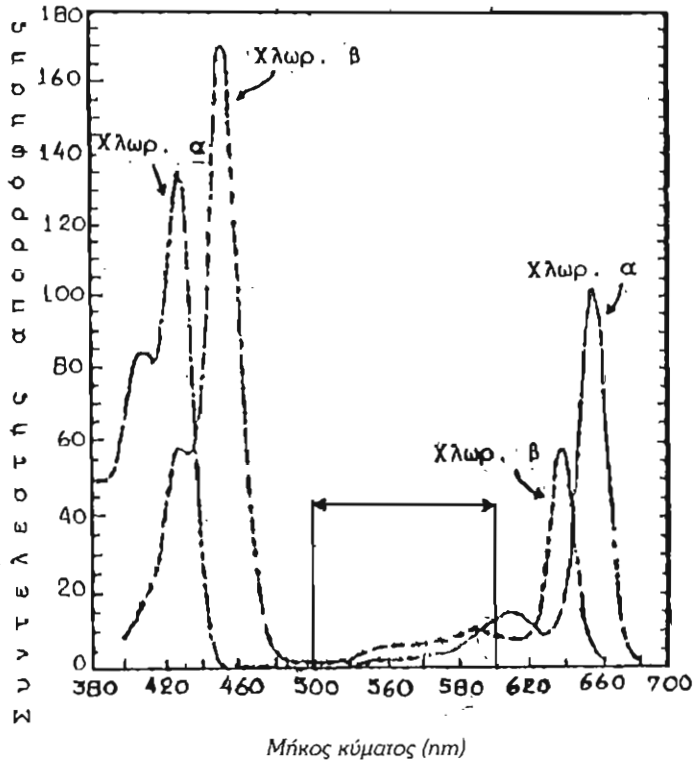
Ανάμεσα στους σπουδαιότερους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικότητα, θα λέγαμε, τη κλωρίδα των σπηλαίων συγκαταλέγεται και ο φωτισμός τους. Οι επισκέψεις έχουν ανάγκη φωτισμού, ο οποίος στις πιο πολλές περιπτώσεις είναι προσαρμοσμένος σε αισθητικά κριτήρια ή έχει γίνει στην τύχη χωρίς ειδική μελέτη και που αναπόφευκτα οδηγεί στην καταστροφή του φυσικού διακόσμου. Σαν πρόσφατο Ελληνικό παράδειγμα θα αναφέρουμε τη δυσάρεστη κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει το σπήλαιο του Περάματος Ιωαννίνων, στο οποίο η συνεχής αύξηση του αριθμού των επισκεπτών, η λειτουργία του χωρίς διακοπή καθόλη τη διάρκεια του έτους και κυρίως ο ακατάλληλος ηλεκτροφωτισμός του έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη εντυπωσιακής μορφής βλάστησης η οποία έχει καλύψει σε μεγάλη έκταση τους σταλακτίτες, τους σταλαγμίτες, το δάπεδο καθώς και τα τοιχώματα των φωπζομένων περιοχών του σπηλαίου. Έτσι από πλευράς εμφάνισης η κατάσταση των άλλοτε λευκών και σιλινών σταλακτιτών έχει καταστεί σήμερα αθλία, η δε διάβρωση τους λόγω της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών έχει ήδη προκαλέσει πάρα πολύ σημαντικές ζημιές, έτσι ώστε να κινδυνεύει σοβαρά να χαθεί το τουριστικό ενδιαφέρον του σπηλαίου σε πολύ σύντομο χρόνο. Από σχετικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στα Πανεπιστήμια της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης πάνω στη κλωρίδα του σπηλαίου του Περάματος Ιωαννίνων έχει διαπιστωθεί ότι αυτή συνίσταται κυρίως από βρύα και φύκη, που αναπτύχθηκαν στο σπήλαιο μετά την εγκατάσταση του ηλεκτροφωτισμού του. Από τα φύκη, τα κυανοφύκη ανήκουν κατά κύριο λόγο στις τάξεις των *Chroococcales* (*Chroococcus*, *Gloeocapsa* κ.α.) και *Homogonales* (*Scytonema*, *Nostae* κ.α), ενώ τα κλωρο-

*Les mauvais effets de l' éclairage des grottes à leur décor naturel. Des mesures d' affrontement par D. Vakalounakis*

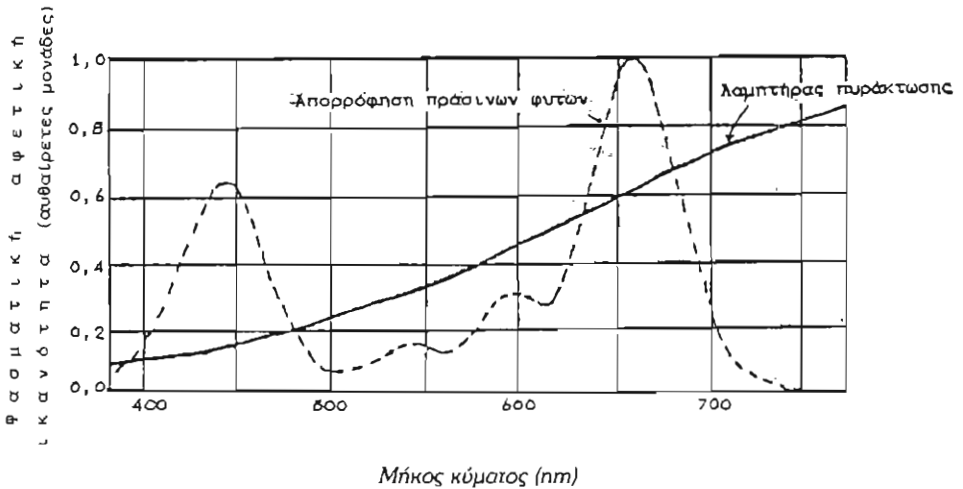
φύκη στις τάξεις των Tetrasporales (*Gloeocystis*), Chlorococcales (*Chlorococcum*), Ulothrichales (*Stichococcus*), Chaetophorales (*Chaetophora* κ.α). Ανεξάρτητα όμως από το ποιοι οργανισμοί είναι αυτοί, το γεγονός ότι είναι κλωροφυλλόχοι συνιστά αφεαυτού τρόπο αντιμετώπισης δια του ποιοτικού και ποσοτικού ελέγχου του παρεχόμενου φωτισμού. Το γεγονός όμως αυτό θα γίνει περισσότερο κατανοητό από αυτά που θα εκθέσουμε ευθύς αμέσως, αφού προηγουμένως όμως αναφέρουμε ότι ανάλογες μορφές φυτικών οργανισμών έχουν παρατηρηθεί και σε άλλα σπήλαια του εξωτερικού ως συνέπεια του ηλεκτροφωτισμού τους (Γιουγκοσλαβία, Γαλλία, ΗΠΑ κ.α).

Τα φύκη και τα βρυόφυτα που βρέθηκαν στις φωπζόμενες περιοχές του σπηλαίου του Περάματος και που συχνά συναντώνται στα πιο πολλά σπήλαια, είναι αυτότροφοι οργανισμοί οι οποίοι διακρίνονται από την ικανότητα σύνθεσης οργανικών ουσιών από ανόργανα στοιχεία με τη βοήθεια του φωτός που απορροφάται από τη χρωστική κλωροφύλλη, η οποία βρίσκεται στους κλωροπλάστες των κυτάρων τους. Η διαδικασία αυτή που είναι γνωστή ως φωτοσύνθεση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες από τους οποίους οι σπουδαιότεροι είναι η ποιότητα, η ένταση και η διάρκεια του φωτός, η περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα, η διαθεσιμότητα του νερού και η θερμοκρασία. Ο άριστος συνδυασμός των παραγόντων αυτών εξασφαλίζει υψηλή ένταση φωτοσύνθεσης και συνεπώς άριστη ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Εάν όμως ένας από τους παράγοντες αυτούς αρχίζει να μειώνεται, τότε ελαττώνεται και η λειτουργία της φωτοσύνθεσης και τυχόν περαιτέρω βελτίωση μόνο των άλλων παραγόντων δεν συντελεί στην αύξηση της. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα ήταν δυνατή η παρεμπόδιση της εμφάνισης της ανεπιθύμητης κλωρίδας εντός των σπηλαίων, εάν οιοσδήποτε από τους πιο πάνω αναφερθέντες παράγοντες παρέιχτο στις συνθήκες εκείνες που είναι δυσμενείς για τη φωτοσύνθεση. Ας εξετάσουμε λοιπόν τώρα χωριστά καθένα από τους παράγοντες αυτούς για να δούμε με πιο τρόπο είναι δυνατόν να τους επηρεάσουμε.

1. Φως. Όταν λείπει το φως δε λαμβάνει χώρα φωτοσύνθεση, ακόμα και όταν υπάρχει επάρκεια διοξειδίου του άνθρακα και νερού. Ο φυτικός οργανισμός στο σκοτάδι δεν μπορεί από τα αποθέματα του να καλύψει για πολλές ημέρες τις ανάγκες του σε υδατάνθρακες, οπότε τελικά νεκρώνεται. Όταν το φως είναι ασθενές πραγματοποιείται φωτοσύνθεση, αλλά και πάλι δεν καλύπτονται οι ανάγκες του φυτού σε υδατάνθρακες. Στην αντίθετη περίπτωση όταν η ένταση του φωτός είναι πολύ υψηλή η φωτοσύνθεση και πάλι δεν πραγματοποιείται λόγω καταστροφής των κλωροπλάστων. Κατά τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης ο φωτοδέκτης εκείνος που απορροφά το φως είναι η χρωστική κλωροφύλλη, η οποία απαντά σε δύο κυρίως μορφές: τη κλωροφύλλη α και τη κλωροφύλλη β. Η κλωροφύλλη α σχηματίζεται σε μεγαλύτερες ποσότητες απ' ό,τι η κλωροφύλλη β και είναι βασικά η μορφή εκείνη που είναι υπεύθυνη για τις κύριες λειτουργίες της φωτοσύνθεσης. Από τα φάσματα απορρόφησης των κλωροφυλλών φαίνεται ότι η κλωροφύλλη α έχει αιχμές στα 430 και 660 nm, ενώ η κλωροφύλλη β στα 453 και 643 nm (Σχήμα 1). Επίσης από τα ίδια φάσματα φαίνεται ότι και οι δύο κλωροφύλλες απορροφούν ελάχιστα στα μήκη κύματος από 500-600 nm. Κατά συνέπεια ο περιορισμός της ανάπτυξης των φυκών και των βρυοφύτων μέσα στα σπήλαια είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την κατάλληλη επιλογή της ποιότητας, της έντασης και της διάρκειας της εκπεμπομένης ακτινοβολίας από τα φωπζοτικά σώματα.



Σχήμα 1. Φάσμα απορρόφησης των χλωροφυλλών α και β σε διάλυμα πετρελαιοειδούς αιθέρα.



Σχήμα 2. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων πυράκτωσης σε σύγκριση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.

2. Διοξειδίο του άνθρακα. Η ένταση της φωτοσύνθεσης είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, εφόσον η ένταση του φωτός είναι επαρκής. Στα σπήλαια μείωση της φωτοσύνθεσης δια καταλλήλου χειρισμού του παράγοντα διοξειδίου του άνθρακα είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

3. Νερό. Η διαθεσιμότητα του νερού επηρεάζει μόνο έμμεσα τη φωτοσύνθεση. Κάτω από συνθήκες έντονης ξηρασίας κλείνουν τα στομάτια και συνεπώς παρεμποδίζεται η είσοδος του διοξειδίου του άνθρακα στο εσωτερικό του φυτικού οργανισμού. Στις συνθήκες του περιβάλλοντος των σπηλαίων που η υγρασία είναι υψηλή, ο παράγοντας αυτός είναι αδύνατο να τροποποιηθεί ώστε να καταστεί δυσμενής η επίδραση του πάνω στη φωτοσύνθεση.

4. Θερμοκρασία. Όταν η ένταση του φωτός είναι υψηλή, τότε αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αύξηση στη φωτοσύνθεση. Στις φωπιζόμενες περιοχές του σπηλαίου κοντά στους λαμπτήρες όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, η ένταση της φωτοσύνθεσης είναι μεγαλύτερη. Συνεπώς η επιλογή λαμπτήρων με τη μικρότερη εκπομπή θερμικών ακτινοβολιών ενδεχομένως θα περιορίσει την ανάπτυξη των φυκών και των βρυοφυτών που βρίσκονται κοντά στα φωπιστικά σώματα.

Από την εξέταση των παραγόντων που επηρεάζουν την πορεία της φωτοσύνθεσης προκύπτει ότι ο περιορισμός της ανάπτυξης των κλωροφυλλούχων φυτικών οργανισμών που συναντιώνται στα σπήλαια είναι δυνατόν να επιτευχθεί με τη μείωση της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης δια της επιλογής: (α) του κατάλληλου τύπου λαμπτήρων, ώστε η παρεχόμενη απ' αυτούς φωτεινή ακτινοβολία να εκπέμπεται, σ' όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό, στα μήκη κύματος από 500-600 nm και να αποδίδει όσο το δυνατόν λιγότερη θερμότητα στο περιβάλλον και (β) της έντασης και της διάρκειας της εκπεμπομένης ακτινοβολίας.

Αλλά ας εξετάσουμε τώρα τα διάφορα είδη φωτεινών πηγών για να δούμε πια ταιριάζουν καλύτερα για το φωπισμό των σπηλαίων.

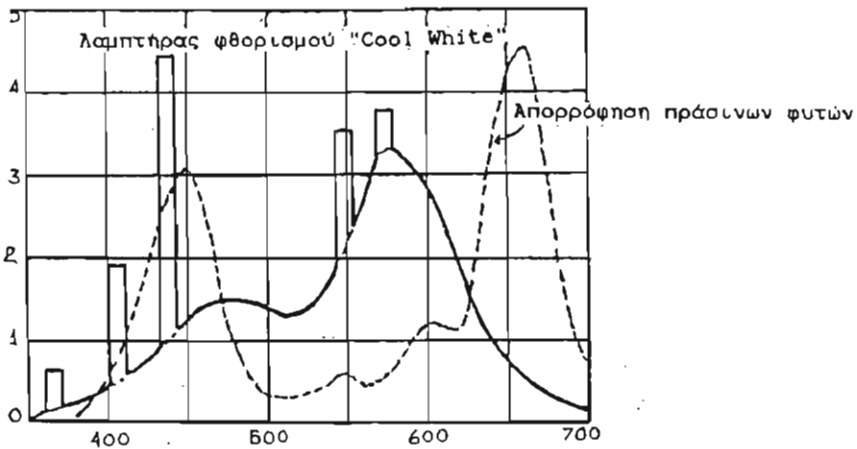
Μέχρις στιγμής υπάρχουν δύο κατηγορίες λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται για φωπισμό: 1. οι λαμπτήρες πυράκτωσης και 2. οι λαμπτήρες εκκένωσης αερίων.

Στα «αξιοποιημένα» σπήλαια τα φωπιστικά συστήματα αποτελούνται κυρίως από λαμπτήρες πυράκτωσης, επειδή οι λαμπτήρες εκκένωσης αερίων δεν ήταν ακόμα τεχνολογικά άρπιοι για να χρησιμοποιηθούν στην πράξη όταν τα σπήλαια για πρώτη φορά αξιοποιήθηκαν και δόθηκαν στο κοινό.

#### 1. Λαμπτήρες πυράκτωσης

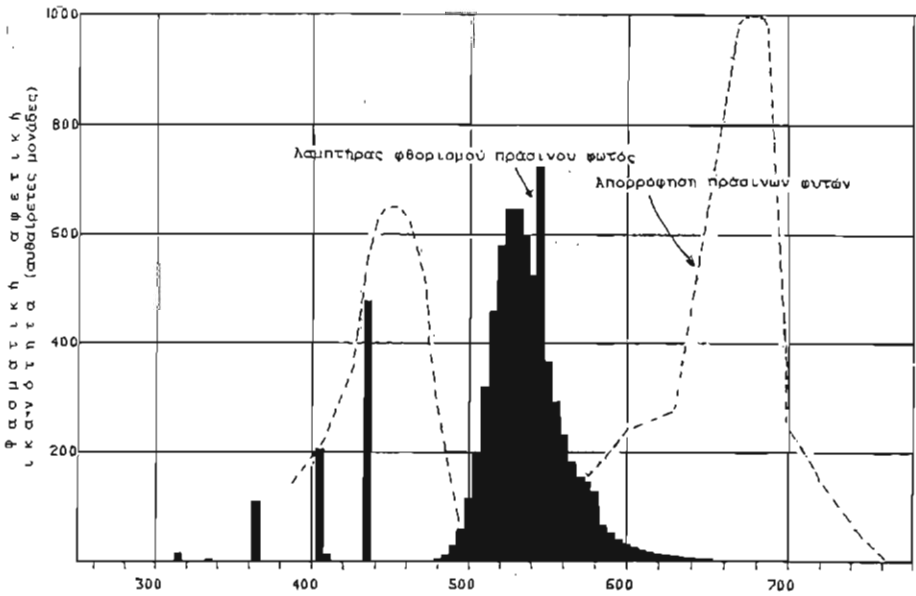
Η λειτουργία των λαμπτήρων αυτών στηρίζεται στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος δια μέσου δυσπύκτου μεταλλικού νήματος. Βελτιώσεις των λαμπτήρων αυτών επιτεύχθηκαν με τη χρησιμοποίηση νήματος εκ βολφραμίου τοποθετημένου σε φύσιγγα με αργό και άζωτο, καθώς και με τη χρησιμοποίηση ιωδίνης. Όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα το νήμα θερμαίνεται και φωποβολεί. Από την εκπεμπομένη απ' αυτούς ακτινοβολία ένα μικρό μόνο μέρος βρίσκεται στην περιοχή του ορατού φωπός από 380 έως 770 nm, ενώ το μεγαλύτερο μέρος εκπέμπεται στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Σχήμα 2). Για το λόγο αυτό οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν πολύ μικρή φωπεινή απόδοση, αφού το μεγαλύτερο μέρος της προσδοκόμενης ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα.

Φασματική ακανόνητα (συνάρτητες μονάδες)



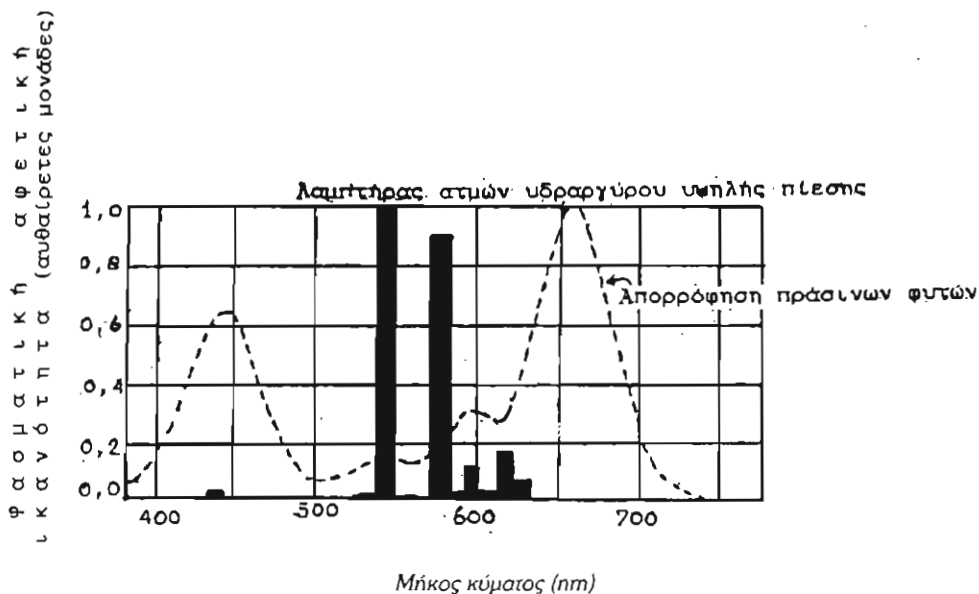
Μήκος κύματος (nm)

Σχήμα 3. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων φθορισμού τύπου «Cool White» σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.

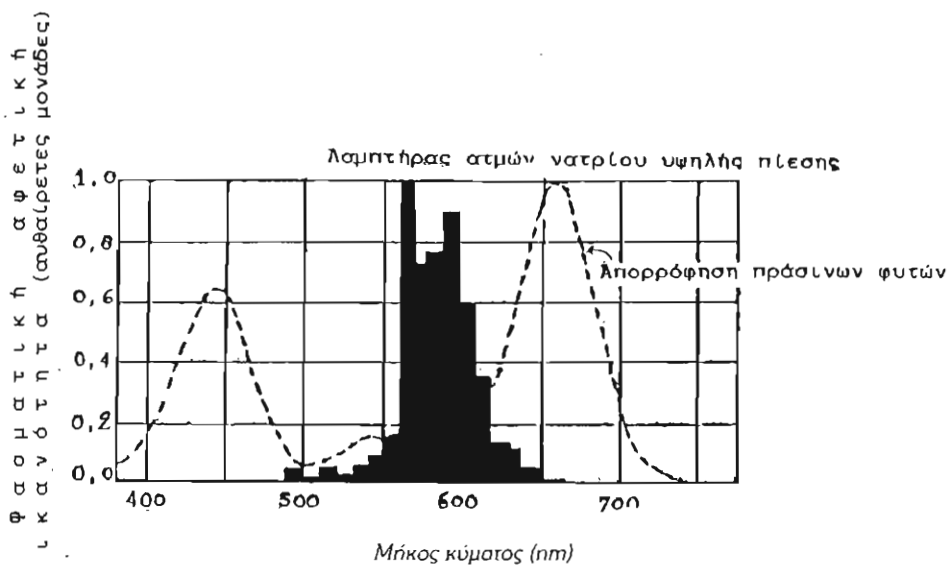


Μήκος κύματος (nm)

Σχήμα 4. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων φθορισμού τύπου πράσινου φωτός τύπου «TL» Color 17 της Philips σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.



Σχήμα 5. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.



Σχήμα 6. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων ατμών νατρίου υψηλής πίεσης σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.

Απ' όσα λοιπόν αναφέραμε για τους λαμπτήρες πυράκτωσης και ιωδίνης προκύπτει ότι οι λαμπτήρες αυτοί δεν είναι κατάλληλοι για το φωτισμό των σπηλαίων, επειδή εκπέμπουν σε όλο το ορατό φάσμα και ιδιαίτερα στο ερυθρό και ευνοούν την ανάπτυξη της ανεπιθύμητης χλωρίδας.

## 2. Λαμπτήρες εκκένωσης αερίων

Η λειτουργία των λαμπτήρων εκκένωσης στηρίζεται στη δίοδο ηλεκτρικού ρεύματος δια μέσου αεριοδών υλικών. Με κατάλληλη διέγερση των υλικών αυτών είναι δυνατόν να προκύψει γραμμική εκπομπή η οποία λαμβάνει χώρα σε ορισμένα μόνο μήκη κύματος, ενώ άλλα μήκη κύματος είτε δεν επηρεάζονται καθόλου είτε επηρεάζονται πολύ λίγο. Με τη χρησιμοποίηση του υδραργύρου και του νατρίου επιτυγχάνεται το μεγαλύτερο μέρος της εκπομπής μέσα στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και συγκεκριμένα σ' εκείνα τα μήκη κύματος στα οποία ο οφθαλμός του ανθρώπου εμφανίζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία. Οι λαμπτήρες εκκένωσης αερίων παρουσιάζουν, ανάλογα με τον τύπο του λαμπτήρα, 4 έως 10 φορές υψηλότερη απόδοση απ' όα οι λαμπτήρες πυράκτωσης. Διακρίνουμε τους ακόλουθους τύπους:

α) Λαμπτήρες φθορισμού: Είναι λαμπτήρες εκκένωσης ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης. Η σκόνη φθορισμού με την οποία είναι επικαλυμμένη η εσωτερική τους επιφάνεια ενεργοποιείται με την ακτινοβολία που δημιουργείται κατά την ηλεκτρική εκκένωση, φθορίζει και δίνει το μεγαλύτερο μέρος της ροής του λαμπτήρα. Έχουν μεγάλη φωτεινή απόδοση έως 104 lm/W και μεγάλη διάρκεια ζωής. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σαν κυκλικοί, σωληνωτοί και σε σχήμα πετάλου με ισχύ από 4-140 W. Το εκπεμπόμενο φως είναι λευκό με διάφορες αποχρώσεις, ενώ κυκλοφορούν και έγχρωμοι λαμπτήρες με μήκος 0,60 m και 1,20 m για ροζ, κίτρινο, ανοικτό πράσινο και ανοικτό κυανό φως.

Από τους λαμπτήρες αυτούς, οι λαμπτήρες φθορισμού τύπου «Cool White», «Daylight» κ.λ.π. αποκλείονται για τον ηλεκτροφωτισμό των σπηλαίων γιατί παρέχουν φάσμα εκπομπής σ' όλη την περιοχή του ορατού που ευνοεί τη φωτοσύνθεση (Σχήμα 3). Κατάλληλοι όμως θεωρούνται οι λαμπτήρες φθορισμού πράσινου φωτός, όπως είναι ο τύπος «TL», Color 17 της Philips, των οποίων το μεγαλύτερο μέρος της εκπεμπομένης ακτινοβολίας βρίσκεται μεταξύ 500-600 nm (Σχήμα 4). Επιπρόσθετα οι λαμπτήρες αυτοί, σαν λαμπτήρες φθορισμού που είναι, εκπέμπουν από όλους γενικά τους λαμπτήρες τη μικρότερη θερμική ακτινοβολία.

## β) Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης

Κυκλοφορούν σαν ελλειψοειδείς και σα σφαιρικοί με επικάλυψη από 50-1000 W. Έχουν καλή φωτεινή απόδοση που φθάνει έως 60 lm/W. Το εκπεμπόμενο φως είναι πρασινοκίτρινο (98%) με ελάχιστο ερυθρό (1%) και ιώδες (1%), γεγονός που τους καθιστά κατάλληλους για τον ηλεκτροφωτισμό των σπηλαίων (Σχήμα 5).

## γ) Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης

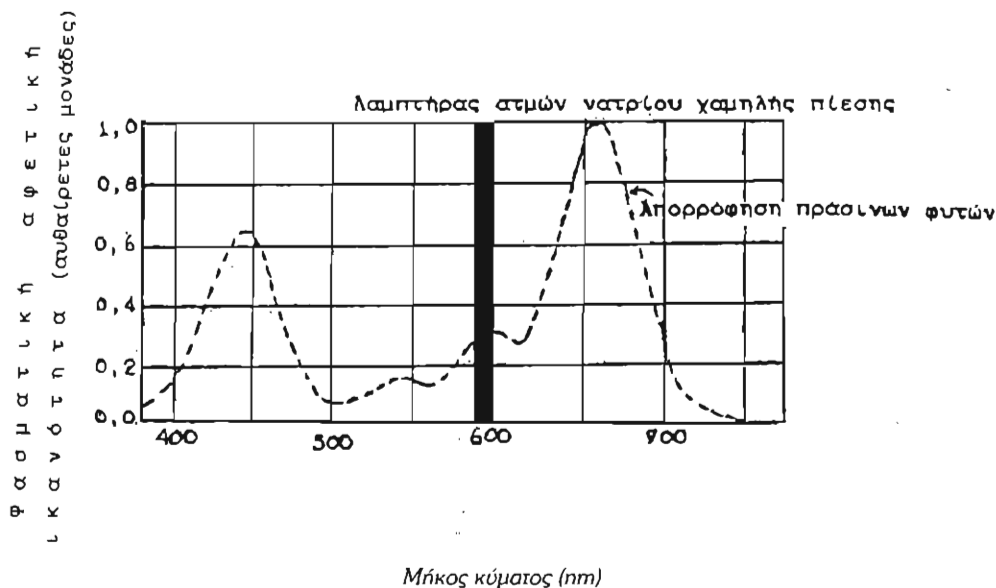
Οι λαμπτήρες αυτοί κυκλοφορούν στο εμπόριο σαν ελλειψοειδείς με επικάλυψη από 50-1000 W, σα σωληνωτοί διαφανείς από 50-1000 W και σα σωληνωτοί διπολικοί από 70-400 W. Έχουν πολύ υψηλή φωτεινή απόδοση που φθάνει έως 130 lm/W. Το εκπεμπόμενο φως είναι ασπροκίτρινο, με φάσμα εκπομπής εξαρτώμενο από τον τύπο του λαμπτήρα. Το μεγαλύτερο μέρος της εκπεμπομένης ακτινοβολίας βρίσκεται στα 500-600 nm, υπάρχει όμως και ένα μικρό ποσοστό εκπομπής στην περιοχή ιδιαίτερα του ερυθρού

(Σχήμα 6). Για τους ανωτέρω λόγους θεωρούνται κατάλληλοι για το φωτισμό των σπηλαίων.

#### δ) Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης

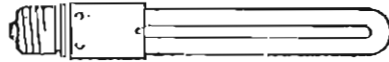
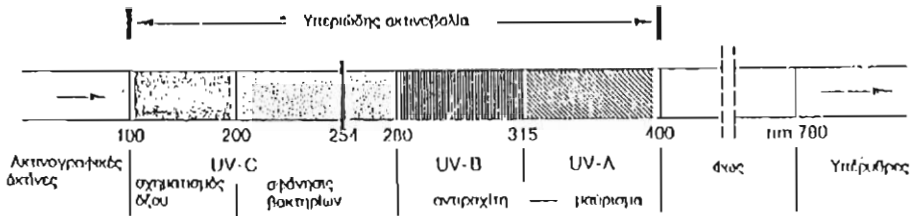
Κυκλοφορούν στο εμπόριο σα σωληνωτοί διαφανείς με υπέρυθρη επιφάνεια ανάκλασης και ισχύ από 18-180 W. Έχουν τη μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση από οποιοδήποτε άλλο τύπο λαμπτήρα που φθάνει έως 183 lm/W. Το εκπεμπόμενο φως είναι μονοχρωμικό κίτρινο-πορτοκαλί. Το 98,9% περίπου της ακτινοβολίας εκπέμπεται στα 589 και 586,6 nm, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό περίπου 1,1% εκπέμπεται σε άλλα μήκη κύματος (Σχήμα 7). Τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης που μας κάνουν να τους προτείνουμε σαν τους πιο κατάλληλους για το φωτισμό των σπηλαίων είναι τα ακόλουθα:

1. Η εκπομπή του 99% περίπου της ακτινοβολίας τους στην περιοχή που είναι η πιο δυσμενής για τη φωτοσύνθεση των φυκών και των βρυοφύτων που επικρατούν στις φωτιζόμενες επιφάνειες των σπηλαίων.
2. Η εκπομπή της ακτινοβολίας τους στην περιοχή της μεγίστης ευαισθησίας του ανθρώπινου οφθαλμού.
3. Το μικρότερο κόστος λειτουργίας από κάθε άλλο λαμπτήρα, επειδή η φωτεινή τους απόδοση φθάνει τα 183 lm/W.
4. Η μεγάλη διάρκεια ζωής τους.

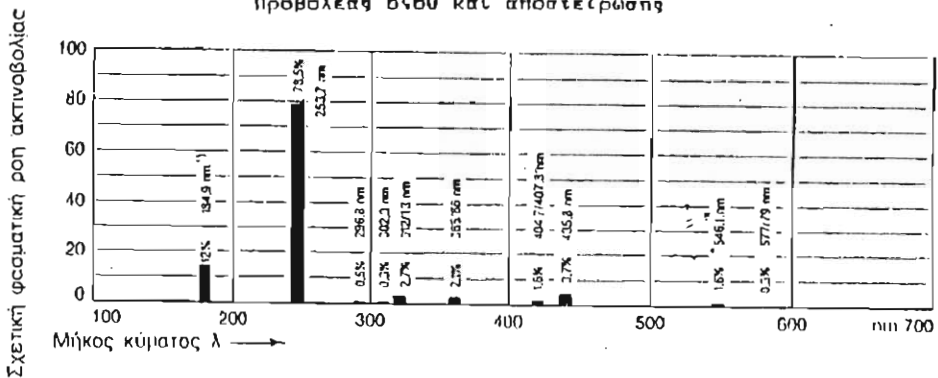


Σχήμα 7. Φάσμα εκπομπής λαμπτήρων ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης σε σχέση με το φάσμα απορρόφησης των πράσινων φυτών.





Προβολέας όζону και αποστείρωση



Σχήμα 8. Φάσμα εκπομπής προβολέων υπεριωδών ακτίνων.

## ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑΣ

Για την παρεμπόδιση όμως της ανάπτυξης της χλωρίδας των σπηλαίων εκτός από την ποιότητα, που εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα, επιβάλλεται και ο έλεγχος της διάρκειας και της έντασης της παρεχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας. Για το σκοπό αυτό συστήνεται:

(1) Η λειτουργία δύο χωριστών δικτύων φωτισμού, ήτοι ενός δικτύου κυκλοφορίας επισκεπτών και ενός δικτύου επίδειξης. Το δίκτυο κυκλοφορίας επισκεπτών θα λειτουργεί μόνο κατά τις ώρες των επισκέψεων και θα διακόπτεται στη συνέχεια, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να χωριστεί και σε ζώνες οι οποίες θα φωτίζονται χωριστά, έτσι ώστε όταν ο ξεναγός προχωρεί στην επόμενη ζώνη να σβήνει την προηγούμενη. Το δίκτυο επίδειξης θα λειτουργεί με διακόπτες που θα υπάρχουν στο διάδρομο κυκλοφορίας για την επίδειξη των σχημασμών του σπηλαίου (στολακίτες, σταλαγμίτες κ.λ.π.).

(2) Η διατήρηση της έντασης του φωτός σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα και όταν δεν υπάρχουν επισκέπτες ο φωτισμός θα πρέπει να είναι τελείως κλειστός.

Άλλα μέτρα που επίσης συστήνονται είναι:

(1) Η διερεύνηση της δυνατότητας εγκατάστασης, τουλάχιστο στα πιο ευαίσθητα σημεία των σπηλαίων από πλευράς εμφάνισης ανεπιθύμητης μικροκλωρίδας, ενός δικτύου προβολέων υπεριώδων (UV) ακτίνων. Το δίκτυο αυτό θα λειτουργεί με ξεχωριστό κύκλωμα και θα είναι αναμμένο μόνο κατά τη διάρκεια της νύκτας ή όταν δεν πραγματοποιούνται επισκέψεις. Οι προβολείς υπεριώδους ακτινοβολίας, οι οποίοι εκπέμπουν το 80% της ακτινοβολίας τους στα 253,7 nm, έχουν την ικανότητα με τις βραχείες κύματος UV-C υπεριώδεις ακτίνες που εκπέμπουν να καταστρέφουν ολοσχερώς διάφορους οργανισμούς, όπως βακτήρια, μύκητες, φύκη κ.λ.π., από τους οποίους συντίθενται οι ανεπιθύμητες κλωρίδες των σπηλαίων (Σχήμα 8).

(2) Το κλείσιμο των σπηλαίων για κάποιο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους, π.χ. κατά τη διάρκεια του χειμώνα που η τουριστική κίνηση είναι μειωμένη. Η ενέργεια αυτή θα βοηθήσει πάρα πολύ στην εξάλειψη της ανεπιθύμητης κλωρίδας αφού όμως προηγουμένως γίνει προσεκτικός πειραματισμός. Από προσωπική επικοινωνία που είχαμε με διάφορους ερευνητές του εξωτερικού, πληροφορηθήκαμε ότι στη Γαλλία χρησιμοποιείται με επιτυχία η διάλυση φορμόλης 1% και στην Αμερική η διάλυση υποκλωριώδους νατρίου 5%.

Συμπερασματικά θα θέλαμε να αναφέρουμε ότι η συντήρηση των «αξιοποιημένων» σπηλαίων είναι έργο πολύ σημαντικό, απαραίτητο και υπεύθυνο και η εφαρμογή των παραπάνω μέτρων σε συνδυασμό με μερικά ακόμα που αφορούν άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος όπως η διατήρηση της υγρασίας σε υψηλά επίπεδα, θα συμβάλουν αποτελεσματικά στην παράταση της ζωής του θαυμαστού αυτού κόσμου που, ενώ χρειάστηκε χιλιάδες χρόνια για να γίνει, σήμερα κινδυνεύει να καταστραφεί από την επέμβαση του ανθρώπου σε μερικές μόνο δεκαετίες.

Ας προσπαθήσουμε λοιπόν να διατηρήσουμε τις αρχικές συνθήκες των σπηλαίων ή να τις διαταράξουμε σε όσο το δυνατόν μικρότερο βαθμό, ώστε να μπορούμε να παρουσιάσουμε τα σπήλαια με ελάχιστη καταστροφή τους.