

Εθνικό δίκτυο μετρήσεων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας: αποτελέσματα από τα τρία χρόνια λειτουργίας και προοπτικές

A. Μπάης¹, X. Μελέτη¹, A. Καζαντζίδης¹, X. Τοπάλογλου¹, X.Σ. Ζερεφός^{2,3}, E. Κοσμίδης¹

¹**Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης**

²**Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών**

³**Εργαστήριο Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών (ΙΙΒΕΑΑ)**

Περίληψη

Κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων ετών έχει επιχειρηθεί η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός δικτύου μέτρησης της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα και την Κύπρο. Το δίκτυο αποτελείται από ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα μετρήσεων σε περιοχές του υπεριώδους και στο ορατό τμήμα του ηλιακού φάσματος και δίνουν τη δυνατότητα υπολογισμού και άλλων ατμοσφαιρικών παραμέτρων, όπως το ολικό όζον, η ερυθματώδης δόση, η επίδραση των νεφών και οι ρυθμοί φωτόλυσης ατμοσφαιρικών συστατικών.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζονται οι διαδικασίες βαθμονόμησης και συντήρησης των οργάνων, καθώς και ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των μετρήσεων. Επίσης, παρουσιάζονται αποτελέσματα από μετρήσεις των σταθμών του δικτύου και από τη διαδικασία πρόγνωσης των επιπέδων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.

Υπεριώδης ακτινοβολία, όζον, επίγειες μετρήσεις

Greek UV Network: Results and perspectives after three years

A.F. Bais¹, C. Meleti¹, A. Kazantzidis¹, C. Topaloglou¹, C.S. Zerefos^{2,3}, E. Kosmidis¹

¹**Laboratory of Atmospheric Physics, Physics Department, Aristotle University of Thessaloniki**

²**Faculty of Geology & Geoenvironment, University of Athens**

³**Laboratory of Atmospheric Environment, Foundation for Biomedical Research of the Academy of Athens**

Summary

Scientists from the Greek UV Network has been establish and operate a number of stations in Greece and Cyprus during the last three years. The instruments of the network (multichannel filter actinometers) can provide measurements of irradiance in the UV and the visible part of the solar spectrum. Other atmospheric parameters such total ozone, erythemal UV dose, cloud transmittance and photolysis rates can be calculated.

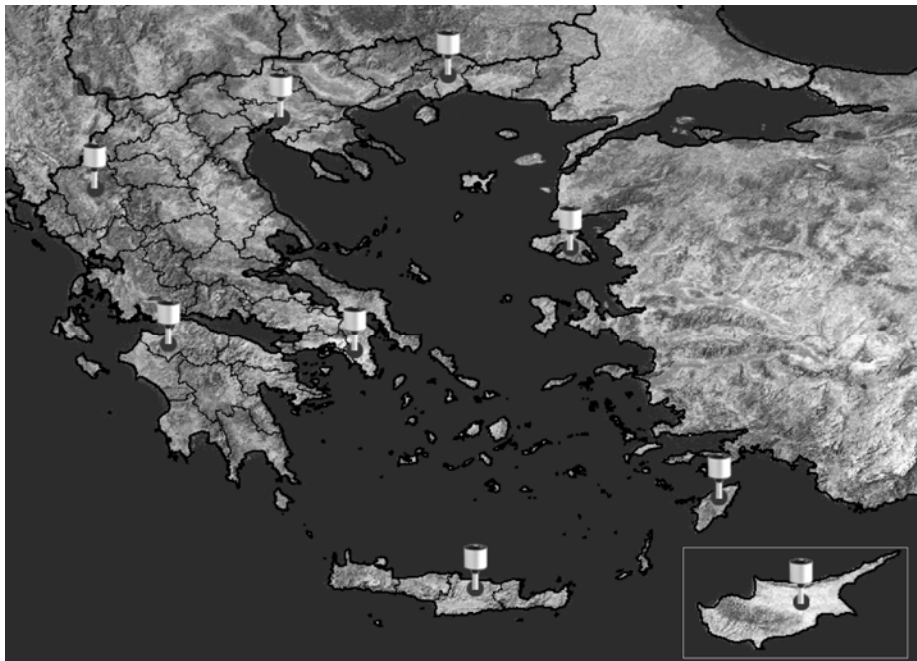
In this study, the calibration, quality control and assurance procedures, measurements and UV forecasts are presented.

Ultraviolet radiation, ozone, filter instruments

1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια της ανάπτυξης ενός εθνικού Δικτύου μέτρησης της υπεριώδους ακτινοβολίας επιχειρείται η εγκατάσταση σταθμών σε περιοχές της ελληνικής επικράτειας, χρησιμοποιώντας σύγχρονη τεχνολογία τόσο για τη διενέργεια των μετρήσεων, όσο και για την διάχυση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

Στα πλαίσια του προγράμματος έχουν εγκατασταθεί σταθμοί στις εξής περιοχές: Θεσσαλονίκη, Μυτιλήνη, Ιωάννινα, Αθήνα, Πάτρα, Ηράκλειο, Λευκωσία, Ρόδο και Ξάνθη (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Οι τοποθεσίες των σταθμών του δικτύου

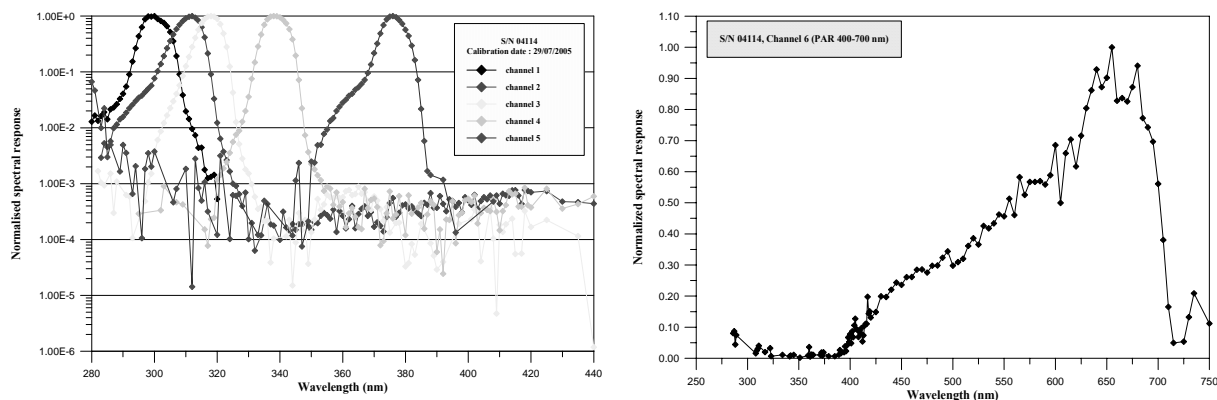
Στις περιοχές αυτές έχουν εγκατασταθεί ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών τύπου NILU-UV (<http://www.nilu.no/products/files/products/uv/u2.cfm>). Τα συγκεκριμένα όργανα, είναι ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών, τα οποία έχουν τη δυνατότητα μετρήσεων ακτινοβολίας τόσο στην περιοχή του UVB και UVA, όσο στο ορατό τμήμα του ηλιακού φάσματος (400-700nm). Τα 5 κεντρικά μήκη κύματος των καναλιών αυτών βρίσκονται στα 302, 312, 320, 340 και 380nm, με εύρος στο ήμισυ του μεγίστου (FWHM) 10nm. Ένα έκτο κανάλι μετρά την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR) στην περιοχή των 400-700nm. Το οπτικό μέρος των οργάνων αποτελείται από πλακίδιο διάχυσης Teflon από το οποίο εισέρχεται η ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια περνά μέσα από φίλτρα συμβολής για την επιλογή των μηκών κύματος και τέλος γίνεται αισθητή και μετράται από ανιχνευτές πυριτίου τοποθετημένους πίσω από το πλακίδιο διάχυσης.

2. Βαθμονόμηση των οργάνων

Η βαθμονόμηση των οργάνων περιλαμβάνει αφενός τη μέτρηση της φασματικής και της γωνιακής τους απόκρισης σε ετήσια βάση, αφετέρου τη χρήση λυχνιών για τον έλεγχο της σταθερότητας της λειτουργίας στον ενδιάμεσο χρόνο.

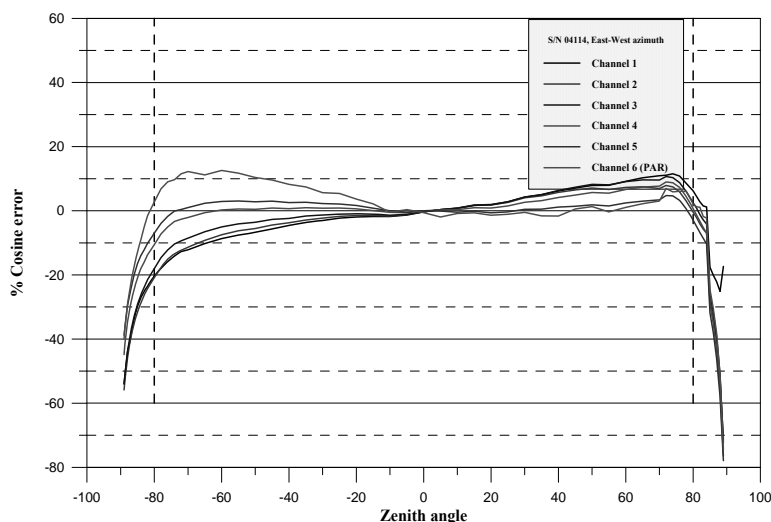
2.1 Φασματική και γωνιακή απόκριση

Η φασματική και γωνιακή απόκριση των οργάνων μετρήθηκε στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του ΑΠΘ. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν επέδειξαν πολύ καλή συμφωνία με τις μετρήσεις της κατασκευάστριας εταιρείας. Τυπικά αποτελέσματα παρουσιάζονται για το ακτινόμετρο NILU-UV 114 στην εικόνα 2.



Εικόνα 2: Οι φασματικές αποκρίσεις στα πέντε κανάλια του ακτινόμετρου NILU-UV 114 στην υπεριώδη περιοχή (δεξιά) και στο κανάλι της ορατής ακτινοβολίας (αριστερά).

Η μετρήσεις της γωνιακής απόκρισης έδειξαν ότι το συνημιτονοειδές σφάλμα για όλα τα κανάλια μέτρησης των οργάνων είναι της τάξης του 10% για ηλιακές ζενίθιες γωνίες μικρότερες από 80 μοίρες (εικόνα 3).



Εικόνα 3: Το συνημιτονοειδές σφάλμα για τα έξι κανάλια του ακτινόμετρου NILU-UV 114.

Όσον αφορά τη χρήση λυχνιών για το έλεγχο της σταθερότητας των οργάνων, παρατηρείται στο υπεριώδες μια αναμενόμενη πτώση της ευαισθησίας των φίλτρων (της τάξης του 20% κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους λειτουργίας), λόγω της γήρανσης τους από την έκθεση στην ακτινοβολία. Αντίθετα, για την ορατή ακτινοβολία δεν παρατηρούνται αξιόλογες μεταβολές. Τα

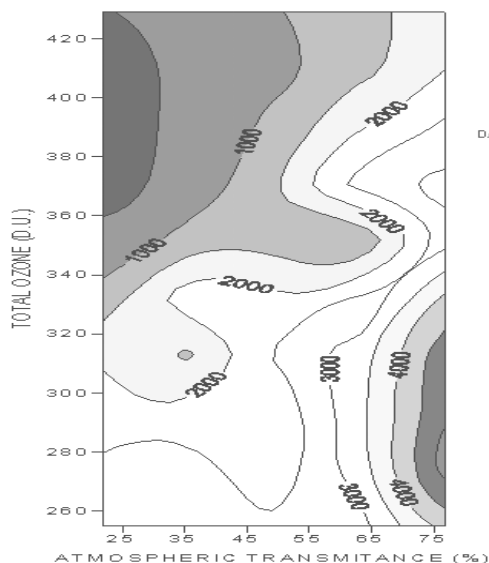
παραπάνω συμπεράσματα είναι σε συμφωνία με παρόμοιες μελέτες που αφορούν τον ίδιο τύπο οργάνων (Lakkala et al, 2005, Bernhard et al, 2005).

3. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Τα όργανα του Δικτύου είναι συνδεδεμένα on-line με τη βάση δεδομένων, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η άμεση συλλογή και παρουσίαση των μετρήσεων. Με την χρήση της κατάλληλης μεθοδολογίας εξάγονται:

- Η ακτινοβολία και σε συγκεκριμένα μήκη κύματος (302, 312, 320, 340 και 380nm)
- Η ολική στήλη όζοντος
- Η διαπερατότητα της ατμόσφαιρας στο υπεριώδες και το ορατό φάσμα
- Το οπτικό βάθος των νεφών
- Οι ρυθμοί φωτόλυσης του όζοντος, του διοξειδίου του αζώτου και της φορμαλδεΐδης
- Η ολική ακτινοβολία στις περιοχές UV-B, UV-A και στο ορατό τμήμα του ηλιακού φάσματος
- Δόσεις που σχετίζονται με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στον άνθρωπο και τα φυτά

Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποιες από τις μετρήσεις του οργάνου από τον σταθμό που είναι εγκατεστημένος στο Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών (ΙΙΒΕΑΑ) για το έτος 2005. Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται οι ημερήσιες τιμές της ηλιακής ερυθματογόνου ακτινοβολίας κατά το έτος 2005, συναρτήσει των τιμών του ολικού όζοντος και της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας στο υπεριώδες (% ποσοστό της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος σε σχέση με εκείνο που θα έφτανε υπό καθαρό ουρανό, χωρίς νέφη και αιωρούμενα σωματίδια). Διαπιστώνεται η αναμενόμενη ελάττωση των τιμών της ηλιακής ερυθματογόνου ακτινοβολίας με την αύξηση των τιμών του ολικού όζοντος και τη μείωση της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας λόγω της ύπαρξης νεφών και αιωρούμενων σωματιδίων.

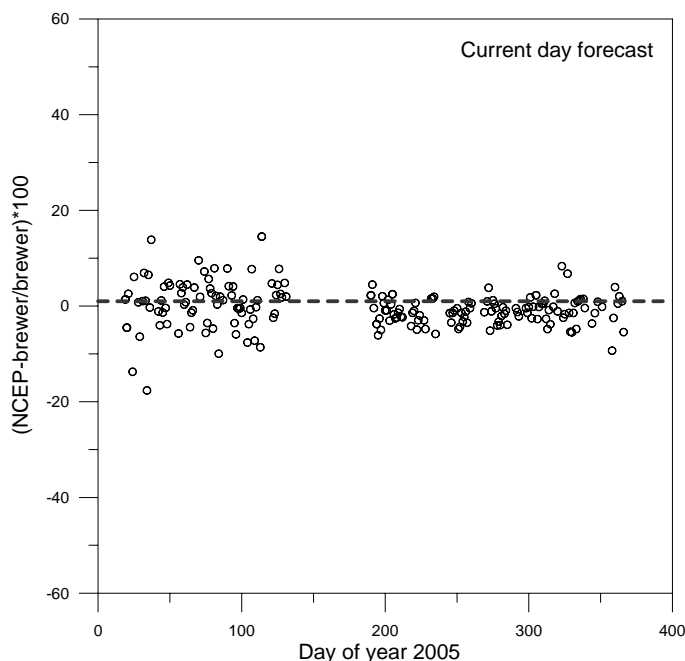


Εικόνα 4: Ημερήσια δόση της ερυθματογόνου ηλιακής ακτινοβολίας (J/m^2) συναρτήσει των τιμών του όζοντος (total ozone) και της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας (atmospheric transmittance) στο υπεριώδες.

4. Πρόγνωση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας

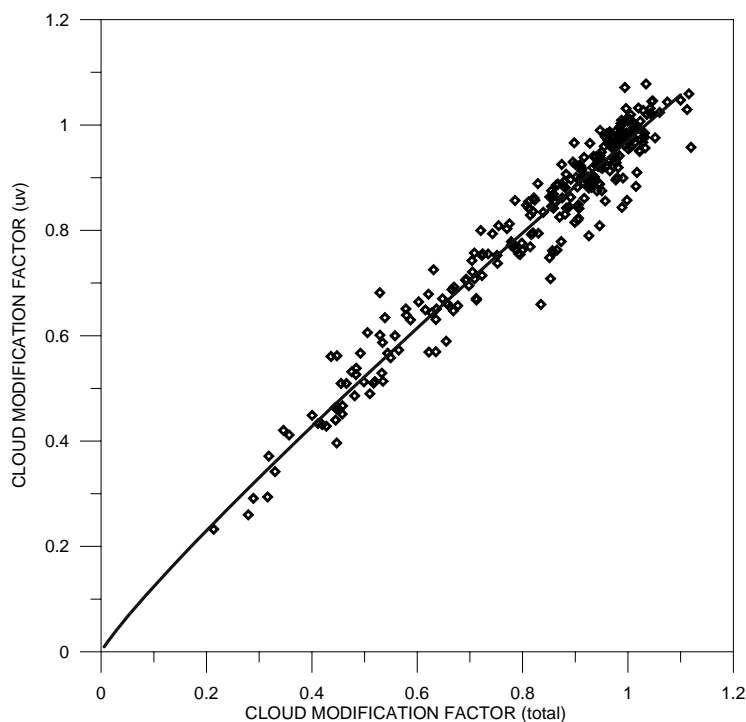
Για την πρόγνωση των επιπέδων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται τα εξής:

- Προγνώσεις του ολικού όζοντος από το NCEP (National Center of Environmental Prediction, USA). Η σύγκριση των συγκεκριμένων προγνώσεων κατά το έτος 2005 για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, παρουσιάζεται στην εικόνα 5.
- Προγνώσεις της ολικής ροής της ηλιακής ακτινοβολίας από το μοντέλο SKIRON της Ομάδας Ατμοσφαιρικών Μοντέλων και Πρόγνωσης Καιρού του Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://forecast.uoa.gr>).
- Θεωρητικοί υπολογισμοί της ερυθματώδους δόσης και της ολικής ροής της ηλιακής ακτινοβολίας από το μοντέλο LibRadTran (π.χ. Mayer et al., 1997).
- Εμπειρική σχέση που συνδέει τον παράγοντα επίδρασης των νεφών (cloud modification factor, CMF) στην υπεριώδη ακτινοβολία με τον ίδιο παράγοντα για την ολική ακτινοβολία και προκύπτει από τη συσχέτιση του μοντέλου LibRadTran με μετρήσεις στην περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά την τελευταία δεκαετία. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται η συσχέτιση των δύο παραγόντων για το 2002, στην εικόνα 6.



Εικόνα 5: Εκατοστιαία διαφοροποίηση ανάμεσα στις τιμές πρόγνωσης του ολικού όζοντος και τις μέσες ημερήσιες τιμές του φασματοφωτομέτρου Brewer, που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του

Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας, στη Θεσσαλονίκη για το έτος 2005. Η μέση διαφορά είναι $-0.5\pm 5\%$.



Εικόνα 6: Οι υπολογιζόμενοι παράγοντες επίδρασης των νεφών για την υπεριώδη (uv) και την ολική (total) ηλιακή ακτινοβολία, όπως προκύπτουν από τις ημερήσιες τιμές της ακτινοβολίας για την περιοχή της Θεσσαλονίκης και θεωρητικούς υπολογισμούς από το μοντέλο LibRadTran για ανέφελο ουρανό. Για το συγκεκριμένο έτος οι παράγοντες συσχετίζονται με μία συνάρτηση της μορφής $CMF_{UV}=b*CMF_{total}^a$, με $r^2=0.95$.

Βιβλιογραφία

Lakkala K., A. Redondas, O. Meinander, C. Torres, T. Koskela, E. Cuevas, P. Taalas, A. Dahlback, G. Deferrari, K. Edvardsen and H. Ochoa, Quality assurance of the solar UV network in the Antarctic, *Journal of Geophysical Research*, VOL. 110, D15101, doi:10.1029/2004JD005584, 2005

Bernhard G., Charles R. Booth, James C. Ebrahimian, Real-time ultraviolet and column ozone from multichannel ultraviolet radiometers deployed in the National Science Foundation's ultraviolet monitoring network, *Optical Engineering*, 44(4), 041011 (April 2005)

Mayer, B., G. Seckmeyer, and A. Kylling, 1997: Systematic long-term comparison of spectral UV measurements and UVSPEC modeling results, *J. Geophys. Res.*, 102, 8755-8767