



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΣΤΟ ΦΙΝΟΚΑΛΙΑ ΛΑΣΙΘΙΟΥ

<http://finokalia.chemistry.uoc.gr>

Ε.ΠΕ.ΧΗ.ΔΙ., Τμήμα Χημείας, Πανεπιστημιούπολη Βουτών, Ηράκλειο, Τ.Θ. 2208, Τ.Κ.
70013, Κρήτη,

Κουβαράκης Γεώργιος, Καλυβίτης Νικόλαος, Τσαγκαράκη Μαρία, Ζάρμπας Παύλος,
Κανακίδου Μαρία, Μιχαλόπουλος Νικόλαος
gkouvarakis@uoc.gr; mariak@uoc.gr; mihalo@uoc.gr;

Φινοκαλιά – ερημική σκόνη -μεθοδολογία-

Ο σταθμός στο Φινοκαλιά ως σταθμός περιοχικού υποβάθρου

Ο Σταθμός Ατμοσφαιρικών Μετρήσεων του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης λειτουργεί από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών (ΕΠΕΧΗΔΙ) στο Φινοκαλιά Λασιθίου από το 1993 (<http://finokalia.chemistry.uoc.gr/>) και παρέχει σε συνεχή βάση δεδομένα επιφανειακού όζοντος από το 1998 και αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ10) από το 2004.

Ο σταθμός στο Φινοκαλιά αποτελεί σταθμό περιοχικού υποβάθρου στην Ανατολική Μεσόγειο, τόσο για το Βόρειο όσο και για το Νότιο Αιγαίο και βρίσκεται κοντά στην βόρεια ακτογραμμή της Κρήτης (35°20'N, 25°40'E) στην κορυφή ενός λόφου με υψόμετρο 250 μέτρα. Ο σταθμός απενίζει απρόσκοπτα την θάλασσα σε οπτική γωνία μεταξύ 270° και 90°, τομέας που καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό ανέμων (περίπου 65%) που φθάνουν στο σταθμό και στον οποίον δεν υπάρχουν τοπικές πηγές ρύπανσης. Η κοντινότερη μεγάλη πόλη (περίπου 150 χιλιάδες κάτοικοι) είναι το Ηράκλειο Κρήτης σε απόσταση 50 χιλιομέτρων (σε ευθεία γραμμή) δυτικά του σταθμού, το πλησιέστερο μικρό χωριό βρίσκεται σε απόσταση 3 χιλιομέτρων στα νότια ενώ παρατηρείται έλλειψη σημαντικής ανθρωπογενούς δραστηριότητας σε μια απόσταση τουλάχιστον 15 χλμ.

Με πρωταρχικό στόχο τη μελέτη της διασυννοριακής ρύπανσης και συγκεκριμένα του οργανικού σωματιδιακού φορτίου της ατμόσφαιρας της Ν.Α. Μεσογείου, η περιοχή επιλέχθηκε λόγω του υψηλού αιολικού δυναμικού της, το οποίο ελαχιστοποιεί τη τοπική επίδραση με αποτέλεσμα την ανάδειξη της μεταφοράς χημικών ενώσεων από μεγάλη απόσταση από τα αστικά κέντρα της ευρύτερης περιοχής (π.χ. Αθήνα και Κωνσταντινούπολη), από βιομηχανικές δραστηριότητες στα Βαλκάνια, τη Ρωσία και τη κεντρική Ευρώπη, από μεγάλες πυρκαγιές στην ευρύτερη περιοχή και τέλος από μεταφορά ερημικής σκόνης από την Σαχάρα.

Μέσα στα 27 χρόνια λειτουργίας του ο σταθμός έχει εξελιχθεί σε σταθμό αναφοράς για την ατμοσφαιρική ρύπανση στη χώρα μας και γενικότερα για το ατμοσφαιρικό περιβάλλον της Ν.Α. Μεσογείου. Ταυτόχρονα είναι ο αρχαιότερος σταθμός στην περιοχή, ο μοναδικός στο είδος του σε ακτίνα 700 χιλιομέτρων και έτσι λόγω της θέσης του θεωρείται ως αντιπροσωπευτικός για την περιοχή της Ν.Α. Μεσογείου. Μέσα από τις μετρήσεις του σταθμού βλέπουμε την ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη περιοχή μας.

1. Για το όζον, μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στο Φινοκαλιά και ταυτόχρονα στο Αιγαίο πέλαγος έχουν καταδείξει την απουσία σημαντικών διαφοροποιήσεων από δυτικά έως ανατολικά της Κρήτης και καθώς και μεταξύ του Βόρειου και του Νότιου Αιγαίου κατά τη διάρκεια όλων των εποχών για αέριες μάζες που έχουν παρόμοια προέλευση (Kouvarakis et al., 2000; 2002) . Οι παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι ο κύριος παράγοντας που προκαλεί τα αυξημένα επίπεδα όζοντος πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο

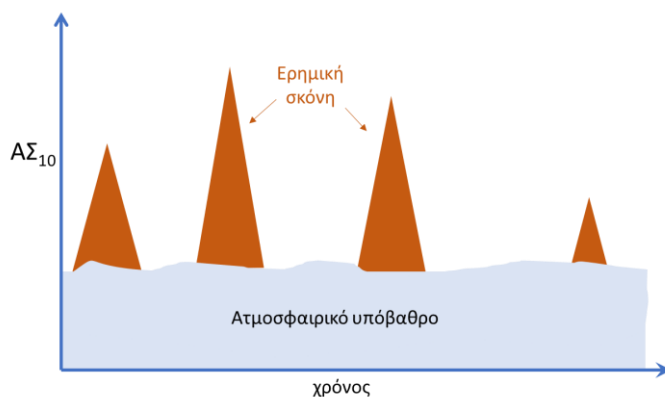
Θάλασσα είναι η μεταφορά αερίων μαζών μεγάλης κλίμακας και έτσι, τα δεδομένα όζοντος στο Φινοκαλιά, όπου υπάρχει καταγεγραμμένη και η μεγαλύτερη χρονοσειρά στην ανατολική Μεσόγειο, έχουν περιφερειακή σπουδαιότητα. Τα συμπεράσματα αυτά υποστηρίζονται και από την ανάλυση με μοντέλα μεταφοράς και χημείας (Mygiokefalitikis et al., 2017) καθώς και από εκστρατείες μετρήσεων με αεροπλάνα στην Μεσόγειο με βάση το Φινοκαλιά και το αεροδρόμιο του Ηρακλείου (Lelieveld et al., 2001).

2. Για τα αιωρούμενα σωματίδια -πέραν των επεισοδίων ερημικής σκόνης, οι συγκεντρώσεις $A\Sigma_{10}$ στο σταθμό στη Φινοκαλιά, δεν έχουν αξιοσημείωτες τοπικές επιδράσεις λόγω της θέσης του σταθμού (Mihalopoulos et al., 1997, Kouvarakis et al., 2000, Koulouri et al., 2008). Αξίζει να σημειωθεί ότι η συμμετοχή των θαλάσσιων σωματιδίων στα συνολικά αιωρούμενα σωματίδια έχει προσδιοριστεί στα περίπου $5 \mu\text{g m}^{-3}$ κατά μέσο όρο για τα έτη 2009-2015.

Όταν υπάρχει μεταφορά ερημικής σκόνης οπότε και υπάρχει έντονη χωρική και χρονική μεταβλητότητα της συγκέντρωσης $A\Sigma_{10}$, ο σταθμός στο Φινοκαλιά εξακολουθεί να είναι αντιπροσωπευτικός τουλάχιστον στις περιπτώσεις που παρατηρούνται έντονα φαινόμενα που επηρεάζουν εκτεταμένες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου. Χαρακτηριστικό είναι ότι για την περίοδο 2006-2017, το 42% των επεισοδίων σκόνης που παρατηρήθηκαν στο Φινοκαλιά παρατηρήθηκαν και στο σταθμό στην Αγ. Μαρίνα Ξυλάτου στην Κύπρο, ενώ το 28% αυτών των επεισοδίων παρατηρήθηκαν στη Μπερ Σίβα στο Ισραήλ (Achilleos et al., 2020).

Προσδιορισμός επιπέδων ερημικής σκόνης

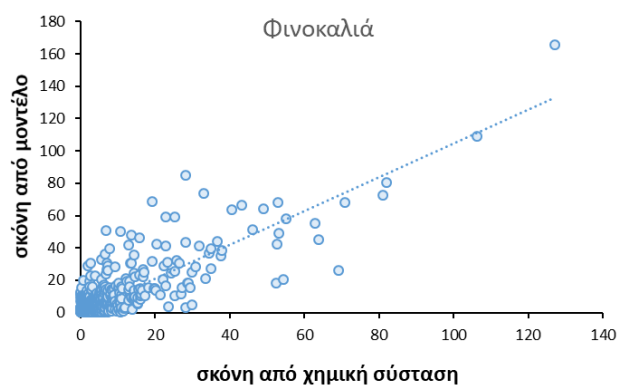
Λόγω της μη ύπαρξης σημαντικών τοπικών πηγών αιωρούμενων σωματιδίων ανθρωπογενούς προέλευσης που να επηρεάζουν το σταθμό του Φινοκαλιά, οι συγκεντρώσεις των $A\Sigma_{10}$ είναι το άθροισμα του υποβάθρου της περιοχής και της μεταφερόμενης σκόνης από την Αφρικάνικη ήπειρο.



Εικόνα 1. Οι συγκεντρώσεις των $A\Sigma_{10}$ είναι το άθροισμα του υποβάθρου και των ποσοτήτων ερημικής σκόνης

Η συνεισφορά της ερημικής σκόνης στην μετρούμενη συνολική συγκέντρωση AS_{10} μπορεί να υπολογιστεί μέσω υπολογιστικών μοντέλων, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία των Querol et al. (2006; 2009), που περιγράφεται αναλυτικά στην εργασία των Escudero et al. (2007). Για αυτό χρησιμοποιούνται για κάθε μέρα οι ρετροπορείες των αέριων μαζών μέχρι 5 μέρες πριν την άφιξή τους στη περιοχή δειγματοληψίας. Αυτές υπολογίζονται με την χρήση του υπολογιστικού μοντέλου Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) της υπηρεσίας NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) των ΗΠΑ (Stein et al., 2015, Rolph et al., 2017, <http://www.ready.noaa.gov>). Κατόπιν ταξινομούνται ανάλογα με την περιοχή προέλευσής τους και προσδιορίζονται οι 'καθαρές' ημέρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει εμφανής επίδραση ερημικής σκόνης στην περιοχή (π.χ. όχι νοτιάδες ή ανατολικοί άνεμοι ή άνεμοι μικτής διεύθυνσης). Έτσι επιλέγονται οι συγκεντρώσεις AS_{10} που μετρήθηκαν τις ημέρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει σκόνη λόγω μεταφοράς από την έρημο. Αυτές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τιμής υποβάθρου για όλες τις μέρες των μετρήσεων και η διαφορά μεταξύ των παρατηρήσεων και του υπολογισμένου υποβάθρου, θεωρείται ότι αποτελεί την μεταφερόμενη σκόνη. Περισσότερες πληροφορίες για τη μεθοδολογία περιγράφονται στην εργασία των Escudero et al. (2007) όπως έχει επικαιροποιηθεί από τους Querol et al. (2009).

Η προσαρμοσμένη μέθοδος έχει συγκριθεί επιτυχώς με προσδιορισμό της ερημικής σκόνης από τη χημική σύσταση των AS_{10} σε ατμοσφαιρικά δείγματα τόσο από την Κύπρο (για το 2015, κλίση 0.89 και $R=0.96$) όσο και στο Φινοκαλιά (για το 2014, κλίση 1.02 και $R=0.82$, ενώ για 509 δείγματα για τα οποία έχουμε άμεσα διαθέσιμα δεδομένα χημικής σύστασης (AI) και τα οποία καλύπτουν την περίοδο 2004-2016, η κλίση είναι 1.05 και $R=0.81$).



Εικόνα 2. Σύγκριση συμμετοχής σκόνης στα AS_{10} με βάση την υπολογιστική μέθοδο (Querol et al., 2009) και με βάση τη χημική σύσταση των AS_{10} στο Φινοκαλιά.

Αναφορές

Achilleos, S., et al. "Spatio-temporal variability of desert dust storms in Eastern Mediterranean (Crete, Cyprus, Israel) between 2006 and 2017 using a uniform methodology." *Science of the Total Environment* 714 (2020): 136693.

- Escudero M., Querol, X., Pey, J., Alastuey A., Pérez N., Ferreira F., Alonso, S., Rodríguez, S., Cuevas E., A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks, *Atmospheric Environment*, 41, 26, 5516-5524, 2007. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.04.047.
- Koulouri E., S. Saarikoski, C. Theodosi, Z. Markaki, E. Gerasopoulos, G. Kouvarakis, T. Mäkelä, R. Hillamo, N. Mihalopoulos. Chemical composition and sources of fine and coarse aerosol particles in the Eastern Mediterranean, *Atmospheric Environment*, Volume 42, Issue 26, 6542-6550, 2008
- Kouvarakis G., Tsigaridis K., Kanakidou M., and N. Mihalopoulos, Temporal variations of surface regional background ozone over Crete Island in the Southeast Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 105, 4,399 - 4,407, 2000.
- Kouvarakis G., Vrekoussis M., N. Mihalopoulos, Kourtidis K., Rappengluck B., Gerasopoulos E. and Zerefos C., Spatial and temporal variability of tropospheric ozone (O3) in the boundary layer above the Aegean Sea (Eastern Mediterranean), *J. Geophys. Res.*, 107, 8137, 10.1029/2000JD000081, 2002
- Lelieveld J., Berresheim H., Borrmann S., Crutzen P. J., Dentener F. J., Fischer H., Feichter J., Flatau P. J., Heland J., Holzinger R., Korrmann R., Lawrence M. G., Levin Z., Markowicz K. M., Mihalopoulos N., Minikin A., Ramanathan V., de Reus M., Roelofs G. J., Scheeren H. A., Sciare J., Schlager H., Schultz M., Siegmund P., Steil B., Stephanou E. G., Stier P., Traub M., Warneke C., Williams J., Ziereis H. (2002) *Global Air Pollution Crossroads over the Mediterranean*, *Science*, 298, 794-799
- Mihalopoulos N., Stephanou E., Pilitsidis S., Kanakidou M., Bousquet P., (1997) Atmospheric aerosol composition above the Eastern Mediterranean region, *Tellus*, 49B, 314-326.
- Myriokefalitakis S., N. Daskalakis, G.S. Fanourgakis, A. Voulgarakis, M.C. Krol, J.M.J. Aan de Brugh, M. Kanakidou, (2016): Ozone and carbon monoxide budgets over the Eastern Mediterranean, *Science of the Total Environment*, 563–564, 40–52.
- Querol X., Alasuey A., Pey J., Escudero M., Castillo S., Gonzalez Ortiz A., Pallares M., Jimenez S., Cristobal A., Ferreira F., Marques F., Monjiardino J. Cuevas E., Alonso S., Artinano B., Salvador P., De La Rosa J. (2006): Spain and Portugal Methodology for the identification of natural African dust episodes in PM10 and PM2,5, and justification with regards to the exceedances of the PM10 daily limit value, 2006, modified version from November 2009. Ministerio De Medio Ambiente, Y Medio Rural Y Marino – Spain S.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, DGCEA) and Ministerio Do Ambiente, Ordenamento Do Territorio E Desenvolvimento Regional – Portugal Agência Portuguesa do Ambiente, 32 pp.
- Querol X., Alastuey A., Pey J., Pandolfi M., Cusack M., Perez N., Viana M., Moreno T., Mihalopoulos N., Kallos G. Kleanthous S. (2009): African dust contributions to mean ambient PM10 mass-levels across the Mediterranean Basin. *Atmospheric Environment* 43, 28, 4266-4277.
- Rolph, G., Stein, A., and Stunder, B., (2017). Real-time Environmental Applications and Display sYstem: READY. *Environmental Modelling & Software*, 95, 210-228, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.025>.

Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, Bull. Amer. Meteor. Soc., 96, 2059-2077, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>